**Welcome Message from the Chair of ATRANS Symposium**

**& Activity Committee**



Dear ATRANS Young Researcher's Forum 2015 participants,

It is a pleasure to welcome you to 8th ATRANS Symposium: Young Researcher's Forum 2015. In this eighth year, ATRANS receives magnificent supports from reputedly well-known speakers coming from multidisciplinary area across the continent to share their knowledge, information and valuable experiences with the symposium's delegates and participants on 21st August.

In the world of Transportation research, there is no limited boundary of study so far as accessibility of transport infrastructure is co-existence. Air, water and land transports provide a convenient mean and modal choice for traveling from one place to another in a certain time and distance with a variable choice of fares. Particularly, transport infrastructure plays a very important role in connecting peoples and transporting commodities across the continents. However, the more we developed transport-related technology the more adverse effects continue to increase co-existentially. Safety precaution should be taken into consideration when it comes to implementation for operation and services. This is one among other reasons why this year symposium's theme is upon "Transportation for a Better Life: Harnessing Finance for Safety and Equity in ASEAN Economic Community (AEC)."

On behalf of ATRANS, I wish to express my sincere gratitude to the Young Researcher's Forum Committee who worked relentlessly to make the Young Researcher's Forum 2015 possible. I earnest hope that you all, will enjoy listening to the presentations and have a good time spending in our ATRANS Symposium and the Young Researcher's Forum as well as the technical visit at Air Traffic Control, Suvarnbhumi Airport, Samutprakarn.

Tuenjai Fukuda, Dr. Eng.

ATRANS Secretary-General and

Chair of Symposium & Activity Committee

August, 2015

**Welcome Message from ATRANS Young Researcher's Forum**

**Advisory Committee 2015**



Dear ATRANS Young Researcher's Forum 2015 participants,

It is my great pleasure to welcome you to the 8th ATRANS International Symposium and the ATRANS Young Researcher's Forum (AYRF) 2015. This flagship congress of the Asian Transportation Research Society is one of the leading annual forum where both highly experienced to young researchers, decision makers, transport planners, practitioners, and even students from various countriescoming over to meet and discuss to each other.

This year Young Researcher's Forum has accepted many interesting papers to be presented and discussed. I encourage you, especially the young colleagues, to attend the paper presentation session, share ideas, and exchange opinions. My sincere appreciation goes to the AYRF members for their hard works in organizing and making the conference successful. I believe, on the other hand, they have obtained a great experience by involving in such professional and international activities. I hope the AYRF will expand their strong networking across the countries especially Asia.

Finally I wish this year symposium be as fruitful and informative as the previous years and marks another step of success of ATRANS.

VaramethVichiensan, Ph.D.

Kasetsart University
Vice-Chair of Symposium & Activity Committee

August, 2015

## Welcome Message from ATRANS Young Researcher's Forum Advisory Committee 2015



Dear ATRANS Young Researcher's Forum 2015 participants,

It is my great pleasure to welcome all distinguish guests to the ATRANS Symposium, and this year theme is "Transportation for a Better Life: Harnessing Finance for Safety and Equity in AEC (ASEAN Economic Community)". We have an interesting program including our honorable guest speakers that will deliver fascinating speeches and also a number of inspiring panelists in this year symposium.

The ATRANS Symposium also provides a great opportunity for young researchers to participate in the Young Researcher's Forum to present their papers to the public. As an advisor to the Young Researcher's Forum, I am delighted to tell you that the papers this year are very interesting. A great number of papers were submitted and the topics of these papers will be of your great interests.

In organizing the Young Researcher's Forum, I would like to congratulate our young researcher committee who works very hard to bring us a great event this year.

I hope that we will have a successful symposium this year.

Sumet Ongkittikul, Ph.D.

Thailand Development Research Institute (TDRI)
Vice Chair of ATRANS Symposium & Activity Committee

August, 2015

## Welcome Message from President of ATRANS Young Research's Forum Committee 2015



Dear ATRANS Young Researcher's Forum 2015 participants,

First of all I would like to express my great pleasure to have the opportunity to participate in organisation of this Symposium, it is a great honor for me and also a big opportunity to exchange experiences with other participants.

I wish you a warm welcome to the 8th ATRANS International Symposium and the ATRANS Young Researcher's Forum (AYRF) 2015 which will take place at the Swissotel Nai Lert Park, Bangkok. This year theme is "Transportation for Better Life: Harnessing Finance for Safety and Equity I AEC."

Hopefully, the organization of this event will be completed successfully, following the theme. I hope that we will fulfill your desire for knowledge.

Finally, I would like to genuinely thank to all kind advices of the Young Researcher's Forum Advisory Committees and deeply appreciate great cooperation between our colleagues and friends, the ATRANS Young Researcher's Forum Committee 2015.

Thanks to all friends from various universities and institute for working together and helping each other, without this the task will not be achieved.

Naruphol Niyom

President of ATRANS Young Research's Forum Committee 2015

August 2015

# List of ATRANS Young Research's Forum 2015
# Organizing and Scientific Committee

| Organizing and Scientific Committee | |
|---|---|
| **Mr. Naruphol Niyom**<br>**(President and Organizing Committee)** | Prince of Songkla University<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Pitchaya Panwan**<br>**(Vice-President of Scientific Committee)** | King MongKut's University of Technology Thonburi<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Jiralak Suttitum**<br>**(Vice-President of Organizing Committee)** | Kasetsart University<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Suchawan Chunarong**<br>**(Secretary)** | Kasetsart University<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Supattra Inthasong**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Page making & Publishing Units)** | Kasetsart University<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Kamolchanok Anu-an**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Page making & Publishing Units)** | Kasetsart University<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Chomphunut Sutheerakul**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Paper Submission)** | Chiang Mai University<br>Department of Civil Engineering |
| **Mr. Thanutchai Loymai**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Paper Submission)** | Chiang Mai University<br>Department of Civil Engineering |
| **Mr. Pawee Koowibul**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Paper Submission)** | Chiang Mai University<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Myat Pan Ei Naing**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Paper Database)** | Asian Institute of Technology<br>Department of Civil Engineering |

Continued:-

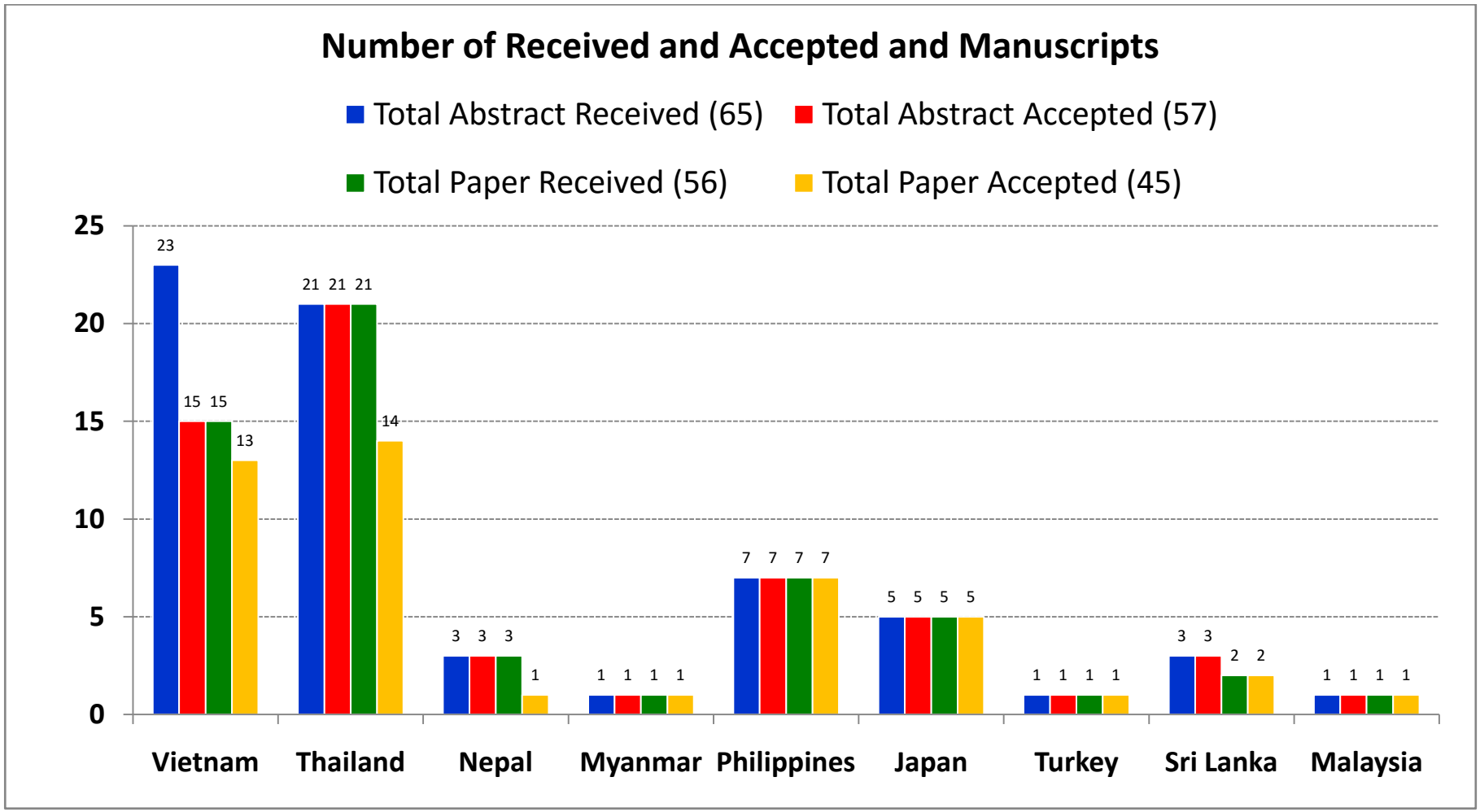
# List of ATRANS Young Research's Forum 2015
# Organizing and Scientific Committee

| Organizing and Scientific Committee | |
|---|---|
| **Mr. S.R.B.W.M.S.R.B Wanninayake**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Paper Database)** | Asian Institute of Technology<br>Department of Civil Engineering |
| **Mr. Saroj Maharjan**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Paper Database)** | Asian Institute of Technology<br>Department of Civil Engineering |
| **Mr. Tiwakorn Prachaiboon**<br>**Member of Scientific Committee**<br>**(Page making & Publishing Units)** | KhonKaen University<br>Department of health education and health promotion |
| **Ms. Sininad Jaisue**<br>**Member of Organizing Committee**<br>**(Registration Coordinator, Photography & Exhibition)** | King MongKut's University of Technology Thonburi<br>Department of Civil Engineering |
| **Mr. Sumathee Jaroentham**<br>**Member of Organizing Committee**<br>**(Arts & Design, Symposium Materials Unit)** | Prince of Songkla University<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Nidhi Adhikari**<br>**Member of Organizing Committee**<br>**(Registration Coordinator)** | Asian Institute of Technology<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms. Cristin Swar**<br>**Member of Organizing Committee**<br>**(Registration Coordinator)** | Asian Institute of Technology<br>Department of Civil Engineering |
| **Mentor** | |
| **Mr. Thana Potanon** | Chulalongkorn University<br>Department of Civil Engineering |
| **Ms.ChanidaIntasien** | Chulalongkorn University<br>Department of Civil Engineering |
| **Mr.Jakarin Na Banchan** | Chulalongkorn University<br>Department of Civil Engineering |

## List of ATRANS Young Researcher's Forum Advisory Committee

| | |
|---|---|
| **International Advisory Committee** | |
| Dr. Tuenjai Fukuda | Nihon University, Japan |
| **Local Advisory Committee** | |
| Asst. Prof. Dr. Varameth Vichiensan | Kasetsart University |
| Dr. Sumet Ongkitikul | Thailand Development Research Institute (TDRI) |
| Dr. Passakorn Prathommbutr | National Electronics and Computer Technology Center |
| Asst. Prof. Dr. Sittha Jaensirisak | Ubon Ratchathani University |
| Dr. Paramet Luathep | Prince of Songkla University |

## Number of Accepted Abstracts and Manuscripts



# List of ATRANS Young Researcher's Forum Paper Reviewers

| No. | Title and Name | Organization |
|---|---|---|
| 1. | Prof. Dr. Wiroj Rujopakarn | Kasetsart University |
| 2. | Prof. Dr. Paibul Suriyawongpaisal | Mahidol University |
| 3. | Dr. Rungsun Udomsri | ATRANS Board Committee |
| 4. | Dr. Tuenjai Fukuda | Nihon University, Japan |
| 5. | Assoc. Prof. Dr. Chumnong Sorapipatana | King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) |
| 6. | Asst. Prof. Dr. Pongrid Klungboonkrong | KhonKaen University |
| 7. | Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti | Chulalongkorn University |
| 8. | Assoc. Prof. Dr. Viroat Srisurapanon | King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) |
| 9. | Dr.Thirayoot Limanond | THAI OIL GROUP |
| 10. | Dr. Apiwat Ratanawaraha | Chulalongkorn University |
| 11. | Dr. Preda Pichayapan | Chiang Mai University |
| 12. | Asst. Prof. Dr. Varameth Vichiensan | Kasetsart University |
| 13. | Asst. Prof. Dr. Thaned Sathiennam | KhonKaen University |
| 14. | Asst. Prof. Dr. Paramet Luathep | Prince of Songkla University |
| 15. | Dr. Nuwong Chollacoop | National Metal and Materials Technology Center (MTEC) |
| 16. | Dr. Siradol Siridhara | Suranaree University of Technology |
| 17. | Dr. Saroch Boonsiripant | Kasetsart University |
| 18. | Dr. Sumet Ongkittikul | Thailand Development Research Institute (TDRI) |
| 19. | Dr. PattarathepSillapacharn | Department of Highways |
| 20. | Dr. PassakonPrathombutr | National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) |
| 21. | Assoc. Prof. Dr. Chulaporn Sota | Khon Kaen University |
| 22. | Asst. Prof. Dr. Sittha Jaensirisak | Ubon Ratchathani University |
| 23. | Dr. Masahiko Nagai | Asian Institute of Technology (AIT) |
| 24. | Dr. Alexis Morales Fillone | De La Salle University – Manila, Philippines |
| | | |

**8th ATRANS SYMPOSIUM: YOUNG RESEARCHER'S FORUM 2015**

"Transportation for a Better Life: Harnessing Finance for Safety and Equity in AEC"

21 August 2015 - BANGKOK, THAILAND

***Day 1: 21 August - Main Symposium***

| Duration | Program |
|---|---|
| 9:00 – 9:40 | **Opening Session** |
| | 9:00 – 9:10 Introductory Speech |
| | By Mr. Akira Hasegawa, Managing Director of IATSS |
| | 9:10 – 9:20 Welcoming Speech |
| | By Prof. Dr. Wiroj Rujopakarn, ATRANS Chairperson |
| | 9:20 – 9:40 **Opening Speech** |
| | By **His Excellency Air Chief Marshall Prajin Junthong** Minister of Transport (MOT), Thailand |
| 9:40 – 10:0 | Coffee Break & Poster Session |
| | Poster session and exhibition and Riding simulator corner |
| 10:00 – 12:00 | **Session 1: Panel Discussion - "Harnessing Finance for Safety and Equity in AEC"**<br>**Moderated by Asst. Prof. Dr. Pongrid Klungboonkrong, ATRANS Board, Khon Kaen University (KKU)**<br>(each speaker has 20-minute for presentation and 5-minute for Q&A) |
| | 10:00-10:25 Harnessing Finance for Safer Road |
| | By Mr. Michael Woodford Executive Chairman of Safer Road Foundation, U.K. |
| | 10:25 – 10:50 "Green Safety": Suggesting the Driver Behavior / Attribute Strongly Related to Accident - Lesson Learnt from Japan |
| | By Mr. Tomiji Sugimoto, Deputy Director, Honda Motor, Japan |
| | 10:50 – 11:15 Harnessing Finance for Safety and Equity in AEC in Vietnam Perspective |
| | By Dr. Khuat Viet Hung, Executive Vice Chairman of National Traffic Safety Committee, Vietnam |
| | 11:15 – 11:45 Harnessing Finance for Safety and Equity in Thailand and AEC in WHO Point of View |
| | By Dr. Witaya Chadbanchachai, ATRANS Board and WHO Expert Advisory Panel for Injury Prevention & Control |
| | 11:45 – 12:00 Discussion |
| 12:00 – 13:00 | Buffet Lunch provided |

***Day 1: 21 August - Main Symposium (continued)***

| | |
|---|---|
| 13:00 – 15:10 | Session 2: Parallel Session of Main Symposium and ATRANS Young Researcher's Forum |
| | **Session2A: Traffic Safety**<br>**moderated by Prof. Dr. PichaiTaneerananon, ATRANS Board, Prince of Songkla University (PSU)**<br>(each speaker has 20-minute for presentation and 5-minute for Q&A) |
| | 13:00-13:25 Multilateral and Bilateral donors to harness investment in safety and the potential for road safety social impact bonds<br>By Mr. Greg Smith, Regional Director of International Road Assessment Programme (iRAP), Australia |
| | 13:25 – 13:50 ADB ASEAN Road Safety Capacity Building Project<br>By Dr. Robert Klein, Asian Development Bank Consultant |
| | 13:50 – 14:15 What would be optimal measures to tackle Road Safety Problems in Asia: Traffic Engineering Aspect?<br>By Prof.Dr. PichaiTaneerananon, ATRANS Board, Prince of Songkla University (PSU) |
| | 14:15 – 14:40 ATRANS Research Project on Safety Map Applica for Community<br>By Dr. Saroch Boonsiripant, ATRANS Committee, Kasetsart University |
| | 14:40 – 15:10 Questions & Answers |
| 15:10 – 15:30 | Coffee Break & Poster Session |

***Day 1: 21 August – ATRANS Young Researcher's Forum***

| Duration | Program | | | |
|---|---|---|---|---|
| 13:00 – 15:10 | <Session 2>: Parallel Session of ATRANS Young Researcher's Forum<br>(Each presenter has 7-minute for presentation and 3-minute for questions and answers) | | | |
| | <Session 2B-1>Topics: 1 – 9 (English Session)<br>**Room: Park A, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2C-1>Topics: 1 – 9 (English Session)<br>**Room: Park B, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2D-1>Topics: 1 – 9 (Eng. &TH Session)<br>**Room: Park C, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2E-1>Topics: 1 – 9 (Thai Session)<br>**Room: Ballroom B, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative |
| 13:00 – 13:10 | AYRF15-001 Estimating bus passenger loading in London using Automated Fare Collection system and Automatic Vehicle Location system<br>By Minh Tam Vu, ThanhHuong Pham | AYRF15-031Factors Influencing Footbridge Usage Along Epifanio Delos Santos Avenue (EDSA), Metro Manila<br>By So-Aaron-Nicklaus Tan King, Rigel Kent Ilagan Cadag, Rei Robin Roland AbacanTumambing, Mr. Jireh Daniel ViragDespabiladeras, Dr. Alexis M. Fillone | AYRF15-044 Travel survey data: Comparative analysis from different travel survey methods<br>By Dr. Nguyen ThanhTu | AYRF15-007แนวทางการออกแบบเส้นทางจักรยานโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน กรณีศึกษาเทศบาลนครสวรรค์<br>(Public Participation in Design Process of Bicycle Lane: A Case Study of NakhonSawan Municipality)<br>By YupapornBunprasert, Dr. PrapatpongUpala |
| 13:10 – 13:20 | AYRF15-002 Evaluation of urban bus service quality using Servqual model in Hanoi<br>By Hieu Nguyen, Linh Nguyen | AYRF15-033 Traffic conflict technique development to analyze traffic safety at signalized intersections under mixed traffic conditions<br>By Vuong Tran Quang, Dr.Tuan Vu Anh | AYRF15-057Safety Improvements of Black Spot Intersections in Lampang Municipality<br>By ThodsaponHunsanon, Dr. NopadonKronprasert, Dr. AuttawitUpayokin, AkharapongTepkeaw | AYRF15-008การวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางของผู้ใช้บริการขนส่งสาธารณะเชิงวัฒนธรรมในเมืองตรัง<br>(A Travel Behavior Analysis of Urban Cultural Transit in Trang City : The Case Study of TukTuk)<br>By SaowapakWuti, Dr. PrapatpongUpala |
| 13:20 – 13:30 | AYRF15-003 Viability Of New Toll Road Infrastructure under Operational Uncertainties<br>By TroungThi My Thanh, Dr. ChotchaiCharoenngam, Dr. Hanno Friedrich | AYRF15-034 Characterizing Bus Passenger Demand along Epifanio de los Santos Avenue (EDSA), Metro Manila<br>By Sean JohnleeQuema Ting, Kervin Joshua Cervantes Lucas, Dr. Alexis M. Fillone | AYRF15-046 Examination of Problems faced by the Drivers of Three-Wheelers I Kurunegala District, Sri Lanka<br>By ChamodyaSathsaraniRanathunga, Dr. DjoenSantoso | AYRF15-009การบูรณาการโครงสร้างพื้นฐาน การขนส่งและการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ปัญหาต้นไม้ทอดข้ามน้อยที่สุดและอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาบริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ทุ่งมหาเมฆ (Integration of Infrastructure, Transportation and Land Use Planning with Minimum Spanning Tree Problem and Saving Algorithm: A Case Study of Aeronautical Radio of Thailand Ltd. Tungmahamek)<br>By CharinThongpiam, Dr. PrapatpongUpala |

Continued:

## *Day 1: 21 August – ATRANS Young Researcher's Forum*

| Duration | Program | | | |
|---|---|---|---|---|
| 13:00 – 15:10 | <Session 2>: Parallel Session of ATRANS Young Researcher's Forum<br>(Each presenter has 7-minute for presentation and 3-minute for questions and answers) | | | |
| | <Session 2B-1>Topics: 1 – 9 (English Session)<br>**Room: Park A, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2C-1>Topics: 1 – 9 (English Session)<br>**Room: Park B, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2D-1>Topics: 1 – 9 (Eng. &TH Session)<br>**Room: Park C, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2E-1>Topics: 1 – 9 (Thai Session)<br>**Room: Ballroom B, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative |
| 13:30 – 13:40 | AYRF15-005A study of the relationships between quality, customer satisfaction, and customer loyalty in public transport of Hanoi, Vietnam<br>By Ngoc Minh An, Dr. Tuan Anh Vu, Luong Tuan Anh | AYRF15-030Revisiting Volume-Delay-Functions Used in Transport Studies in Metro Manila<br>By Jiaan Regis Go Gesalem, Dr. Alexis Morales Fillone | AYRF15-054 Comparison of Different Standards in Designing Signalized Mid-Way Crossings for Maharagama, Sri Lanka<br>By SohaniPramoodhaLiyanage, Dr. Djoen San Santoso | AYRF15-010การศึกษาการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเมืองภูเก็ต<br>(A Study of Public Bus Service in Phuket)<br>By SumatheeJaroentham, Dr. ParametLuathep |
| 13:40 – 13:50 | AYRF15-013Impact Analysis of the Proposed Ferry Service On Commuter Travel In Iloilo City<br>By Lhora Lee ZafraAlcantara, Robert JenerVallente Moya, Karlo-MickaelRemoquilloGarrido, Christian James Llorente Pimentel, Dr. Alexis M. Fillone | AYRF15-036Logit choice models for the Western Visayas Region, Philippines<br>By Nicanor Jr. Rodriguez Roxes, Dr. Alexis Morales Fillone | AYRF15-060An Analysis of Signalized Intersection and Solution for Applying Real-Time Traffic Control Technologies: A Case Study for Mixed Traffic Condition in Hanoi city<br>By Hoang Trung Thong, Truong Hoang Ha, Truong Hoang Ha | AYRF15-011การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์<br>(Development of Bus Location Identification System in Prince of Songkla University)<br>By SarayutJulkaew,Dr. ParametLuathep |
| 13:50 – 14:00 | AYRF15-014 Characterizing Public Transport Terminals in Shopping Malls in Metro Manila<br>By Trina Gabrielle AnonuevoBasilio, Raymond PontillasMarchan, Romiel Rae OcastroUy, | AYRF15-038 Traffic Safety at Intersection Between Road and Railway in Vietnam<br>By Tung Thanh Vu, Hang Thi Tran, Prof.DangThi Kim Tran | AYRF15-061An Efficient Solution to Promote Public Transportation toward Sustainable Development: A Case Study in Haiphong city<br>By Mr.NguyenQuangThanh, Hoang Trung Thong, Dr. Dinh Van Hiep | AYRF15-012การศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์<br>(Factors Affect non-motorized transport in Prince of Songkla University)<br>By Naruphol Niyom, Dr. ParametLuathep |
| | **10-minute break and switching sessions** | | | |

Continued:-

| Duration | Program | | | |
|---|---|---|---|---|
| | <Session 2B-2>Topics: 1 – 9 (English Session)<br>**Room: Park A, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2C-2>Topics: 1 – 9 (English Session)<br>**Room: Park B, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2D-2>Topics: 1 – 9 (English Session)<br>**Room: Park C, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative | <Session 2E-2>Topics: 1 – 9 (Eng. & TH Session)<br>**Room: Ballroom B, G-Floor**<br>Chaired by AYRF Advisory Committee & Representative |
| 14:20 – 14:30 | AYRF15-021 Transportation Modes Detection in Bangkok Using GPS Logger Data and GIS Data<br>By KunnareeKritiyutanont, Dr. Masahiko Nagai, Dr. ApichonWitayangkurn | AYRF15-048Study on Estimation for Impact of CO2 Emission Reduction under the Policies Considered the Change of Transportation Network and Land Use: Case Study of Niigata, Japan<br>By Hiroki Kikuchi, Prof. Dr. Atsushi Fukuda, Dr. Tetsushiro Ishizaka | AYRF15-063 Study of Vehicle Ownership in Yangon Using Household Data<br>By NandarTun, Dr. PiyapongJiwattanakulpaisarn, Dr. KunnaweeKanitpong, Dr. Hironori Kato | AYRF15-026การศึกษาความปลอดภัยของชุมชนนอกเมืองบริเวณริมทางหลวงแผ่นดิน<br>(A Study of Highway Safety in Roadside Communities outside Urban Area: Songkhla Case Study)<br>By KrittanonSriklamahanto, Prof.Dr. PichaiTaneerananon |
| 14:30 – 14:40 | AYRF15-023Characteristics of Travel Behavior of the Community Café's Visitors in Local Cities of Japan<br>By Koki Okada, Dr. KunihiroKishi | AYRF15-050Bangkok Taxi Probe's Big Data Processing for Traffic Hotspot Analysis and Visualization Using the Apache Hadoop Distributed System<br>By SauravRanjit, Dr.Masahiko Nagai, Dr. ApichonWitayangkurn | AYRF15-064Walkability Indicators regarding the Structures of Street Network<br>By Dr.SathitaMalaitham, Prof. Atsushi Fukuda, VasineeWasuntarasook, Dr. VaramethVichiensan | AYRF15-052การประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยบนถนนของผู้ใช้รถใช้ถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่<br>(Evaluating Traffic Safety Culture of Road Users in Chiang Mai Municipality)<br>By PongpatMakad, Dr. NopadonKronprasert, Dr. PredaPichayapan |
| 14:40 – 14:50 | AYRF15-025 The relationship between an improved transportation system and FDI inflows into a country<br>By HanhThi Hong Vu | AYRF15-056 Queue Length Estimation for Adaptive Traffic Signal Control Based on Traffic Information Collected from GPS Probe Data<br>By NaponSrisakda, Prof.Dr.Atsushi Fukuda, Dr. Tetsushiro Ishizaka | AYRF15-049การวิเคราะห์พฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>(Analysis of Travel Mode Choice Behavior in Chiang Mai University)<br>By WutichaiChaiya, Dr.AuttawitUpayokin | AYRF15-055การสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย:กรณีอุบัติเหตุรถกระบะ<br>(In-dept Accident Investigation in The Upper Northeastern Region of Thailand: Case Studies of The Pick-up Truck Involved Accidents)<br>By PhuwanaiChaiyawarn, Dr.PongridKlungboonkrong |
| 14:50 – 15:00 | AYRF15-028 Intelligent Parking Management System For Automobile In Downtown Area of Ha Noi<br>By Tien Le Ngoc, Ngan Pham Thien, Linh Nguyen Ngoc, Yen Nguyen Thi, Hang Tran Thi | AYRF15-035 Traffic safety in two-lane expressway on mountainous area<br>By Hang Thi Tran, Tung Thanh Vu, HuyenThi Tran, AnhThi Mai Nguyen | AYRF15-065การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์ความเร็วของยานพาหนะ<br>(Study on Development of Vehicle Speed Prediction Model)<br>By JetsadaKumphong, Dr.ThanedSatiennam | AYRF15-058 การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก กรณีศึกษาเมืองขอนแก่น<br>(Development of a Prototype of Expert System to Recommend Appropriate Speed Limits of the Main Roads: KhonKaen Case Study) |

| Duration | Program | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | By RatchamongkolKummuntree, Dr.PongridKlungboonkrong |
| 15:00 – 15:10 | Discussion & Questions & Answers | Discussion & Questions & Answers | Discussion & Questions & Answers | Discussion & Questions & Answers |
| | Poster Session | AYRF15-029 Sustainable Mobility and Designing Living Streets by Pedestrianization For a Better life For Community in Istanbul, Turkey<br>By AbdulbasidDogru, Gokhan Yilmaz, FatihKafali, YasinInan, YenerBakis, Ahmet Yildirim | | |

Continued:

***Day 1: 21 August – Main Symposium*** *(continued)*

| Duration | Program | | | |
|---|---|---|---|---|
| 15:10 – 15:30 | Coffee break and see poster session & exhibition | | | |
| | <Session 3>: Parallel Session of Main Symposium<br>(each speaker has 20-minute for presentation and 5-minute for Q&A) | | | |
| 15:30 – 7:30 | <Session 3A> Rail System and Transit Oriented Development (TOD)<br><br>Room: Ballroom AB, Ground Floor<br><br>Moderated by Asst. Prof. Dr. SitthaJaensirisak, ATRANS Committee, UBU | <Session 3B> Logistics and Disaster Management<br><br>Room: Park A, Ground Floor<br><br>Moderated by Mr. OravitHemachudha, ATRANS Board, Navamindradhiraj University, Bangkok | <Session 3C> Transportation-related, Energy & Environment<br><br>Room: Park B, Ground Floor<br><br>Moderated by Prof. Dr. Atsushi Fukuda, ATRANS Honorable Advisor, Nihon U, Japan | <Session 3D> Intelligent Transportation System (ITS)<br><br>Room: Park C, Ground Floor<br><br>Moderated by Assoc. Prof. Dr. SorawitNarupiti, ATRANS Committee, Chulalongkorn U. |
| 15:30 – 15:55 | Rail System and TOD in Thailand<br><br>By Mr. Tetsuhisa Kobayashi, Railway System Specialist, TEAM Consulting Engineering and Management Co.,Ltd., Thailand | Logistic and Disaster Management in Thailand<br><br>By Dr.BhichitRattakul, President of Navamindhradhiraj University and Former Bangkok Governer | Future Transportation and Global Low Carbon Society<br><br>By Prof. Dr. Yoshitsugu Hayashi, WCTRS President, Nagoya University, Japan | V2V Technology for Road Safety<br><br>By Dr. Hideaki Nanba, Denso, Japan |
| 15:55 – 16:20 | Rail System and Area Development along the Train Stations: A Case of Hikarie Project<br><br>By Mr. Shuichi Ueno, Manager, Tokyu Construction, Japan | Transportation and Disaster Management<br><br>By Prof. Dr. Anthony Chen, Head of Transportation Division, Utah State University | Sustainable Mobility and Design Livable Streets as Pedestrianization for a Better Life of Community in Istanbul, Turkey<br><br>By Mr.Gokhan Yilmaz, Head of Housing and Urban Development Dept. & Mr. Abdul BasidDogru, Specialist of Urban and Transport Planner, Itanbul Municipality, Turkey | Monitoring Movement of People and Its Applications: A Case of Nepal<br><br>By Assoc. Prof. Dr. Masahiko Nagai<br><br>Center for Spatial Information Science, University of Tokyo, Japan |
| 16:20 – 16:45 | Government Policy on Transit-Oriented Development (TOD) and Housing Development along Rail Stations<br><br>By Mr. ThanongsakWikul, Former Deputy Governor of National Housing Authority, | Logistic in Disaster Medicine<br><br>By Dr. PuminSilapun, Deputy Secretary-General of National Institute for Emergency Medicine, Thailand | Tuning for Sustainable Urban Transport Development Utilizing Real Time Traffic Monitoring and Information System: A Case Study of Hanoi<br><br>By Dr.VuAnh Tuan, Director of Vietnamese- | ITS for Public Transportation System in Bangkok<br><br>By Dr. PadetPraditphet, Acting Director of Office of Common Ticketing Administration Project, OTP, MOT |

| Duration | Program | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Thailand | | German Transport Research Center, Vietnam | |
| 16:45 – 17:10 | TOD and Opportunity and Potentiality of Real Estate Development in Private Sector Point of View<br><br>By Mr.PornaritChuanchaiyasit, Chairman of The Thai Real Estate Association | Disater Preparedness and Management for AEC<br><br>By Dr. PeerananTowashiraporn, Director of Asian Disaster Preparedness Center (ADPC) | National Policy and Planning for Implementation of Transport-related Environment Project in Thailand<br><br>By Mr.ChutinthornMankhong, Office of Transport and Traffic Policy and Planning OTP, MOT | ITS Technology for Improvement of Taxi Service: A Practical Case of All Thai Taxi<br><br>By Assoc. Prof. Dr. AgachaiSumalee, Director of Smart City Research Centre, Faculty of Engineering, KMITL |
| 17:10 – 17:30 | Questions and Answers | Questions and Answers | Questions and Answers | Questions and Answers |
| 17:30 – 18:00 | **Closing Ceremony**<br><br>**Room: Ballroom AB, Ground Floor** | | | |
| | Young Researcher's Forum Best Paper and Presentation Award<br><br>By Mr. ChamroonTangpaisalkit, 1st Vice Chairperson | Present Certification of Appreciation to AYRF Committee<br><br>By Mr. ChamroonTangpaisalkit, 1st Vice Chairperson | Closing Remark<br><br>By Mr. ChamroonTangpaisalkit<br><br>1st Vice Chairperson | |

***Day 2: 22 August - Technical Visit - Air Traffic ControlTower,Suvarnabhum Airport***

| Duration | Tentative Program/Tentative Agenda | Remarks |
|---|---|---|
| 8:00 | Gathering at SwissotelNaiLert Park Lobby | The technical visit can accept only 60 persons. So, to reserve your seat, early registration is required.<br><br>2 buses are provided by AP HONDA.<br><br>Light meal and soft drink are provided on board. |
| 8:30 | Departure from Hotel by Buses | |
| 10:00 | Arrival at airport terminal to Air Traffic Control | |
| 10:00 – 11:00 | Visit Air Traffic Control Tower, Introduction of ATRANS participants and Listen to presentation & See practical operation | |
| 11:00 - 11:30 | Conclusion of technical visit and thankful speech and present a token of appreciation & Group Photo Taken | |
| 11:30 – 12:30 | Leave Air Traffic Control and back to Hotel by buses | |
| | | |
| | | |

# CONTENTS

Welcome Message from the Chair of ATRANS Symposium & Activity Committee 201 I

Welcome Message from Vice-Chair of ATRANS Young Researcher's Forum Advisory Committee 2015 II- III

Welcome Message from President of ATRANS YoungResearch's Forum Committee 2015 IV

List of ATRANS Young Research's Forum (AYRF) Committee 2015 V-VI

List of ATRANS Young Research's Forum Advisory Committee 2015 VI

Diagram of Number of Received and Accepted Abstracts and Manuscripts VII

List of ATRANS Young Researcher's Forum Paper Reviewers VIII

Program of ATRANS Young Researcher's Forum Sessions and its Paper Presentations IX

## AYRF Paper Presentations Sessions

**AYRF2015-001**: Estimating bus passenger loading in London using Automated Fare Collection system and Automatic Vehicle Location system 1-10

Mr. Minh Tam Vu, ThanhHuong Pham

**AYRF2015-002**: Evaluation of urban bus service quality using Servqual model in Hanoi 11-18

Hieu NGUYEN, Linh NGUYEN

**AYRF2015-003**: Viability Of New Toll Road Infrastructure under Operational Uncertainties 19-28

TroungThi My Thanh, ChotchaiCharoenngam, Hanno Friedrich

**AYRF2015-005**: A study of the relationships between quality, customer satisfaction, and customer loyalty in public transport of Hanoi, Vietnam 29-37

Ngoc Minh An, Tuan Anh Vu, Luong Tuan Anh

**AYRF2015-007TH**: Public Participation in Design Process of Bicycle Lane: A Case Study of NakhonSawan Municipality 38-44

YupapornBunprasert, PrapatpongUpala

**AYRF2015-008TH**: Urban Cultural Transit in Trang City: TukTuk (Frog Head) 45-52

SaowapakWuti, PrapatpongUpala

**AYRF2015-009TH**: Integration of Infrastructure, Transportation and Land Use Planning with Minimum Spanning Tree Problem and Saving Algorithm: A Case Study of Aeronautical Radio of ThailandLtd. 53-62
Tungmahamek

CHARIN THONGPIAM, PrapatpongUpala

**AYRF2015-010TH**: A Study of Public Bus Service: A Case of Phuket City 63-72
(การศึกษาการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะกรณีศึกษาเมืองภูเก็ต)

SumantheeJaroentham, ParametLuathep

**AYRF2015-011TH**: Development of Bus Location Identification System in Prince of Songkla University 73-82
(การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

SarayutJulkaew, ParametLuathep

**AYRF2015-012TH**: Factorys Affect non-motorized transport in Prince of Songkla University 83-92
(การศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

Naruphol Niyom, ParametLuathep

**AYRF2015-013**: Impact Analysis of the Proposed Ferry Service On Commuter Travel In Iloilo City 93-102

Lhora Lee ZafraAlcantara, Robert JenerVallente Moya, Karlo-MickaelRemoquilloGarrido, Christian James Llorente Pimentel, Alexis M. Fillone

**AYRF2015-014**: Characterizing Public Transport Terminals in Shopping Malls in Metro Manila 103-111

Trina Gabrielle AnonuevoBasilio, Raymond PontillasMarchan, Romiel Rae OcastroUy

**AYRF2015-015**: Reconstruction Prioritization and Robustness of Road Network in Metro Manila based on Possible Random Terrorist Attacks 112-121

Jacob Trinidad Chan, KardiTeknomo, Leandro Isla

**AYRF2015-020TH**: Road Safety Improvement in Hatyai Municipality from Theory to Practice 122-131
(การปรับปรุงความปลอดภัยทางถนนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ)

ChaithepSacornwises, ParametLuathep

**AYRF2015-021**: Transportation Modes Detection in Bangkok Using GPS Logger Data and GIS Data 132-143

KunnareeKritiyutanont, Masahiko Nagai, ApichonWitayangkurn

**AYRF2015-023**: Characteristics of Travel Behavior of the Community Café's Visitors in Local Cities of Japan 144-151

Koki Okada, KunihiroKishi

**AYRF2015-025**: The relationship between an improved transportation system and FDI inflows into a country 152-158

HanhThi Hong Vu

**AYRF2015-026TH**: A Study of Highway Safety in Roadside Communities outside Urban Area: Songkhla Case Study 159-167

KrittanonSriklamahanto, PichaiTaneerananon

**AYRF2015-028**: Intelligent Parking Management System For Automobile In Downtown Area of Ha Noi 168-174

Tien Le Ngoc, Ngan Pham Thien, Linh Nguyen Ngoc, Yen Nguyen Thi, Hang Tran Thi

**AYRF2015-029**: Sustainable Mobility and Designing Living Streets by Pedestrianization For a Better life For Community in Istanbul, Turkey 175-197

AbdulbasidDogru, Gokhan Yilmaz, FatihKafali, YasinInan, YenerBakis, Ahmet Yildirim

**AYRF2015-030**: Revisiting Volume-Delay-Functions Used in Transport Studies in Metro Manila 198-204

Jiaan Regis Go Gesalem, Alexis Morales Fillone

**AYRF2015-031**: Factors Influencing Footbridge Usage Along Epifanio Delos Santos Avenue (EDSA), Metro Manila 205-212
So-Aaron-Nicklaus Tan King, Rigel Kent Ilagan Cadag, Rei Robin Roland AbacanTumambing, Jireh Daniel ViragDespabiladeras, Alexis M. Fillone

**AYRF2015-033**: Traffic conflict technique development to analyze traffic safety at signalized intersections under mixed traffic conditions 213-219

Vuong Tran Quang, Tuan Vu Anh

**AYRF2015-034**: Characterizing Bus Passenger Demand along Epifanio de los Santos Avenue (EDSA), Metro Manila 220-225
Sean JohnleeQuema Ting, Kervin Joshua Cervantes Lucas, Alexis M. Fillone

**AYRF2015-035**: Traffic safety in two-lane expressway on mountainous area 226-233

Hang Thi Tran, Tung Thanh Vu, HuyenThi Tran, AnhThi Mai Nguyen

**AYRF2015-036**: Logit choice models for the Western Visayas Region, Philippines 234-243

Hang Thi Tran, Tung Thanh Vu, HuyenThi Tran, AnhThi Mai Nguyen

**AYRF2015-038**: TRAFFIC SAFETY AT INTERSECTION BETWEEN ROAD AND RAILWAY IN VIETNAM 244-253

Tung Thanh Vu, Hang Thi Tran, Dang Thi Kim Tran

**AYRF2015-043**: Integrating development of multi-modal transportation and logistics infrastructure in medium-sized cities in Vietnam: case study in Danang 254-260

Dr.Le Thu Huyen

**AYRF2015-044**: Travel survey data: Comparative analysis from different travel survey methods 261-267

Nguyen ThanhTu

**AYRF2015-046**: EXAMINATION OF PROBLEMS FACED BY THE DRIVERS OF THREE -WHEELERS IN KURUNEGALA DISTRICT, SRI LANKA 268-274

ChamodyaSathsaraniRanathunga, DjoenSantoso

**AYRF2015-048**: Study on Estimation for Impact of CO2 Emission Reduction under the Policies Considered the Change of Transportation Network and Land Use - Case Study of Niigata, Japan 275-281

Hiroki Kikuchi, Dr.Atsushi Fukuda, Tetsushiro Ishizaka

**AYRF2015-049TH**: Analysis of Travel Mode Choice Behavior in Chiang Mai University 282-290

WutichaiChaiya, AuttawitUpayokin

**AYRF2015-050**: Bangkok Taxi Probe's Big Data Processing for Traffic Hotspot Analysis and Visualization Using the Apache Hadoop Distributed System 291-300

SauravRanjit, Masahiko Nagai, ApichonWitayangkurn

**AYRF2015-052TH**: Evaluating Traffic Safety Culture of Road Users in Chiang Mai Municipality (การประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยบนถนนของผู้ใช้รถใช้ถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่) 301-307

PongpatMakad, NopadonKronprasert, PredaPichayapan

**AYRF2015-054**:Comparison of Different Standards in Designing Signalized Mid-Way Crossings for Maharagama, Sri Lanka 308-318

SohaniPramoodhaLiyanage, Djoen San Santoso

**AYRF2015-055TH**:IN-DEPTH ACCIDENT INVESTIGATION IN THE UPPER NORTHEASTERN REGION OF THAILAND: CASE STUDIES OF THE PICK-UP TRUCK INVOLVED ACCIDENTS 319-329
(การสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย: กรณีอุบัติเหตุรถกระบะ)

PhuwanaiChaiyawarn, PongridKlungboonkrong

**AYRF15-056:** Queue Length Estimation for Adaptive Traffic Signal Control Based on Traffic Information Collected from GPS Probe Data 330-336

NaponSrisakda, Prof.Dr.Atsushi Fukuda, Dr. Tetsushiro Ishizaka

**AYRF15-057:**Safety Improvements of Black Spot Intersections in Lampang Municipality 337-342

ThodsaponHunsanon, Dr. NopadonKronprasert, Dr. AuttawitUpayokin, AkharapongTepkeaw

**AYRF15-058:**Development of a Prototype of Expert System to Recommend Appropriate Speed Limits of the Main Roads: KhonKaen Case Study 343-353
(การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักกรณีศึกษาเมืองขอนแก่น)

RatchamongkolKummuntree, Dr.PongridKlungboonkrong

**AYRF15-060:**An Analysis of Signalized Intersection and Solution for Applying Real-Time Traffic Control Technologies: A Case Study for Mixed Traffic Condition in Hanoi city 354-360

Hoang Trung Thong, Truong Hoang Ha, Truong Hoang Ha

**AYRF15-061:**An Efficient Solution to Promote Public Transportation toward Sustainable Development: A Case Study in Haiphong city 361-368

Mr.NguyenQuangThanh, Hoang Trung Thong, Dr. Dinh Van Hiep

**AYRF15- 062**: Person trip monitoring and analysis method for extracting rapid socio-environmental changes 369-378

Satomi Kimijima, Dr. Masahiko Nagai

**AYRF15-063**: Study of Vehicle Ownership in Yangon Using Household Data 379-388

NandarTun, Dr. PiyapongJiwattanakulpaisarn, Dr. KunnaweeKanitpong, Dr. Hironori Kato

**AYRF15-064:** Walkability Indicators regarding the Structures of Street Network 389-394

Dr.SathitaMalaitham, Prof.Dr.AtsushiFukuda, VasineeWasuntarasook, Dr.VaramethVichiensan

**AYRF15-065**:การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์ความเร็วของยานพาหนะ 395-402
(Study on Development of Vehicle Speed Prediction Model)

JetsadaKumphong, Dr.ThanedSatiennam

# ESTIMATING BUS PASSENGER LOADING IN LONDON USING AUTOMATED FARE COLLECTION SYSTEM AND AUTOMATIC VEHICLE LOCATION SYSTEM

Paper Identification number: **AYRF15-001**

Minh Tam VU[1], Thanh Huong PHAM[2]

[1]Department of Highway and Traffic Engineering, Faculty of Bridges and Roads
National University of Civil Engineering
Telephone (+84)966835858
E-mail: vuminhtam.xd@gmail.com

[2]Hanoi Social Security
Telephone (+84)916586698
E-mail: huong.p.thanh02@gmail.com

## Abstract

London Buses manages one of the largest bus networks in the world. These buses are equipped with new on-board technologies such as Oyster card system (Automated Fare Collection system) and iBus system (Automatic Vehicle Location system). Data from Oyster card system and iBus system can be effectively mined for bus planning and operation. Such the valuable data has been used in this paper for developing a method capable of estimating bus passenger loading. The accuracy of the method is tested in reality for the year 2013 and the result is acceptable. As a result, the method can be potentially implemented for bus services in Hanoi, the capital of Vietnam, where new on-board technologies have begun to be equipped since 2014.

**Keywords:** Bus passenger loading, Data mining, Automatic Vehicle Location (AVL) system, Automated Fare Collection (AFC) system, London (UK).

## 1. Introduction

Public transportation systems provide individuals with communal transport services. Public transport has many advantages: it saves money for passengers, reduces traffic jams and negative impacts on the environment and is convenient to use. Therefore, the government and the public have had greater support for public transportation in recent years. Operation planning is one of the most important functions in order to provide better services. Main planning elements consist of data collection, problem identification and passenger estimation. The maximum schedule passenger load allowed on buses, which is defined as the maximum number of people aboard each bus, and the service frequency are two major factors directly under the control of a transit agency (Transportation Research Board, 2003). In addition, detailed monitoring of passenger loads can provide information to adjust service frequency (Strathman et al, 2002). As a result, understanding of bus passenger loading as buses proceed along their routes is valuable information for operation planning.

Traditionally, transit agencies conduct occasional surveys based on manual information including boarding / alighting counts and arrival / departure time at stops. However, such surveys are expensive to carry out and therefore are not frequent. Another problem is the sample size which is limited because of the high cost of data collection.

AFC systems have become increasingly common as they are effective and cost-saving alternatives to traditional manual fare collection methods. In the meantime, the AVL system is integrated with AFC systems to provide vehicle locations in real time and real time passenger information on bus locations and arrival times.

Using London Buses' case is a good example. Oyster smart card was introduced in 2003. iBus is one of the world's largest integrated AVL projects. In order to estimate bus passenger loading, two data samples are used: (i) Oyster card data for a given London bus route and (ii) iBus system data (AVL data) for this selected bus route on the same day. The methodology is to match two data systems

to infer boarding location and alighting location of bus passenger journey, as well as bus passenger loading at each bus stop of a bus route. The inference results are further validated by comparing with the manual survey data which was carried out on the same day. In addition, estimated bus passenger loading results are used to develop a prediction model of bus passenger loading in real time. Finally, this model is tested by comparing with manual survey data.

## 2. Literature review

### 2.1 Bus passenger loading

"The passenger load is simply the number of passengers on a single transit vehicle" (Transportation Research Board, 2003). Loads can be identified by number of boarding passengers and alighting passengers at each stop of the bus route.

### 2.2 Bus passenger loading Estimation

There are three ways to estimate bus passenger loading: using manual data, using Automatic Passenger Counter (APC) system and using AVL system and AFC system:

Firstly, manual survey data seem to be the simplest method to estimate bus passenger loading. These survey are based on manual information including boarding / alighting counts and arrival / departure time at stops. Surveyors are on the bus during the whole trip (from the origin of the bus route to the destination of the bus route) and collect the manual information. After each bus trip is observed, loading at each bus stop is estimated through the manual information.

Secondly, APC systems are principally known as data collection systems to provide data obtained through ride-checks or "on-off" counts. The numbers of boarding/alighting passengers at each stop are recorded by APC systems, as well as the time and stop location (Cui, 2006).

Thirdly, AVL systems provide vehicle location information through one of the following methods: (i) Global Positioning System (GPS), (ii) Use radio between signposts at key locations and (iii) Odometer and gyroscope combined with predetermined route information (Cui, 2006).

There are two kinds of AVL systems. The first system might be connected via wireless communications to a central computer, which allows the transit agency to access real-time vehicle location data. The second system can store the data in an onboard computer, which are then uploaded to a central computer overnight at the bus garage.

Regarding AFC system, smart cards might be used in place of traditional fare media including paper tickets and magnetic stripe cards. Each smart card can be registered to an individual and identified by a unique serial number. According to Bagchi and White (2005), transport service providers can obtain the following information through smart card systems: (i) Larger volumes of personal travel data, (ii) Linking those data to the individual card and/or traveller including transaction record at every entry and exit (on bus with exit control) and (iii) Having access to continuous trip data which cover longer periods than those obtained by existing transport data sources.

In recent years, many researchers have estimated the Origin-Destination matrix using AVL data and AFC data when alighting information is not recorded. Trépanier, Transchant and Chapleau (2007) suggest a model to estimate destination location for each individual passenger boarding a bus with a smart card in Québec, Canada. The destination inference is based on two hypotheses: first, in terms of a trip, passengers return to their previous trip's destination location ('normal trips') and second, at the end of the day, passengers return to the first boarding location of the day ('last trips'). The results showed that there was 66% success rate in the application of this methodology.

Wang (2010) researched 'Bus Passenger Origin-Destination Estimation using Automated Data Collection Systems in London'. A method is suggested to infer bus origins by matching Oyster card data and iBus data. Oyster timestamps are recorded in minutes and their second component can be treated as a random variable between 0 and 59. Therefore, the value of Oyster transaction time is assumed to be equal to the value recorded in the Oyster database plus 30 seconds. Each Oyster transaction time falls between two iBus transaction times which are the departure time of 'previous stop' and the departure time of 'next stop'. 'Closest stop' is the minimum of {(the departure time of 'next stop' - Oyster transaction time), (Oyster transaction time - the departure time of 'previous stop')}. 'Closest stop' is used to infer the origin.

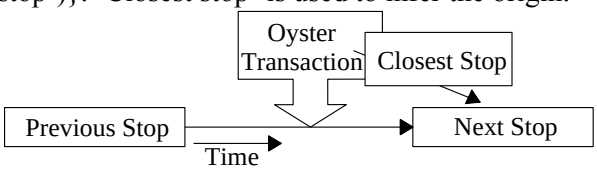



**Fig. 1 '**Closest Stop' rule for origin inference
**Source**: Wang, 2010

'Normal trip' rule and 'last trip' rule as mentioned above are used to infer destination for each passenger journey. This method was applied to all the bus passenger journeys using the Oyster Cards on the selected routes. The results showed that around 90% of the bus passenger journeys have the origins determined and closely 50% of the bus passenger journeys have both the origins and destinations determined (Wang, 2010). Wang (2010) shows two limitations of Oyster inference. Firstly, nearly 90% of all passengers use Oyster card for their journeys. Secondly, not all Oyster trips can have origins and destination inferred.

### 2.3 London Buses

London Buses, part of Transport for London (TfL), manages one of the largest bus networks in the world, with around 8,500 vehicles in the fleet and 21,000 stops. London Buses plans routes, specifies service levels and monitors service quality. The services are operated by private sector companies, who bid for contracts awarded by the agency (Transport for London, 2012a). Passengers are charged a flat fare, regardless of travel location or time of day. Fares can be paid in cash on board or passengers can tap their Oyster cards on the ticket machine upon boarding, to deduct credit.

Oyster card is a 'contactless' smartcard that has made it easier for passengers to buy and use tickets, and to pay as they go. (Transport for London, 2012b). When passengers board buses, they need to touch their Oyster cards on yellow readers. Data about each transaction might be read from the card by the card reader and might be sent to the card. The central Oyster database then keeps every record of individual card use which included time transaction, bus route number and direction.

iBus is an integrated AVL system. iBus uses a combination of technologies, including satellite tracking and GPRS data transfer which has been installed on all of the buses in London to help London Buses deliver a more reliable, consistent service.

Gordon (2012) also indicates that iBus system record information about the time at which each bus approached a stop, opened its doors, closed its doors and left the stop. It shows the door opening time as the stop arrival time and the door closing time as the stop departure time.

From the literature review discussed above, it is feasible to estimate bus passenger loading in the case of London Buses using manual data and using AVL/AFC data.

## 3. Data collection and methodology

### 3.1 Bus route 243

Bus route 243 in London has been chosen for this research. Route 243 includes two opposite directions: (i) direction 1 is from Redvers Road to Waterloo Station/Mepham Street (Wood Green Station - Tottenham - Stamford Hill - Dalston - Shoreditch - Holborn - Waterloo Station) and (ii) direction 2 is from Waterloo Station/Mepham Street to Redvers Road (Waterloo Station - Holborn - Shoreditch - Dalston - Stamford Hill - Tottenham - Wood Green Station). This route is around 16.5km long with day time headway of 4 to 9 minutes and 10 to 20 minutes during the early morning and late night respectively. There are 59 bus stops for each direction.

### 3.2 iBus data

iBus data provide information about route number, trip number and the direction of each bus trip, however, most importantly, it contains a record for each 'stop event' including the observed arrival time and the observed departure time for each bus stop. iBus data for the bus route 243 on 10th July, 2013, which are provided by TfL, are used in this study. 322 trips, which are defined from number 1 to 322, were run from 4:00 on 10th July, 2013 to 1:34 on 11th July, 2013. Odd trip numbers are for direction 1 and even trip numbers are for direction 2. These datasets contain the following fields:

- Direction - direction of trip.
- Trip number - trip number run by the vehicle.
- Stop code - bus stop ID.
- Stop name - bus stop name.
- Stop sequence - sequence number of stops within the route at each direction.
- Scheduled departure time - scheduled departure time from the stop, including the date and time (to the second).
- Observed arrival time - observed arrival time from the stop, including the date and time (to the second).
- Observed departure time - observed departure time from the stop, including the date and time (to the second).

### 3.3 Oyster Card data

The key contribution of this study is to develop a methodology to estimate bus passenger boardings, alightings and loadings using the Oyster card data in London. Oyster card data for the bus route 243 on 10th July, 2013, which are provided by

TfL, are used in this research. 179,585 Oyster transactions of 29,005 Oyster card holders are recorded. 37,874 of these transactions occurred on the bus route 243. In other words, 29,005 Oyster card holders made 37,874 journeys on the bus route 243 on 10th July, 2013. These data include the following data fields:

- Card - unique card ID, encrypted to provide anonymity and protect privacy.
- Transaction time (in minutes after midnight).
- Sequenceno - sequence number of the transaction.
- Busstopid - The ID of bus stop passenger boarded.

### 3.4 Manual survey

In order to analyze the accuracy of bus passenger loading estimation using Oyster card data and iBus data and test a prediction model of bus passenger loading in reality, a manual survey on 10th July, 2013 is carried out. We have two people observing 4 trips of the bus route 243 from 8:51 to 15:47, covering both morning peak period and off peak period. They are trips numbers 68, 119, 138 and 191 in iBus data. For each bus trip, the surveyors boarded a bus at the origin of route 243 and alighted the bus at the destination of route 243.

On the buses, one surveyor observed the following data fields for every bus stop along the bus route 243: (i) Bus stop arrival time; (ii) Number of passenger boarding and (iii) Bus stop departure time. The other surveyor observed the number of passenger alightings at each bus stop.

### 3.5 Methodology

#### 3.5.1 Boarding Inference method

When each Oyster passenger boards buses, the Oyster transaction records the time and the location; however no information about the bus trip is recorded. However, the arrival time and the departure time of each bus trip at each bus stop are recorded in iBus system data. So the bus trip number that passengers boarded is inferred by matching the Oyster transaction times with iBus time data for each bus stop. Thus each Oyster transaction has information about bus trip number.

The boarding inference procedure is implemented through MATLAB (matrix laboratory) program, according to the assumptions and process below.

**Assumptions:**

- The Oyster transaction times are truncated to the minute, while the iBus times are shown to the second. In order to match two kinds of data times, expected value of Oyster transaction time is assumed to be equal to the value recorded in the Oyster database plus 30 seconds. Consequently, both expected Oyster transaction time and iBus times are shown to the second.
- After setting Oyster card data and iBus system data for the same bus stop, if the expected Oyster transaction time falls between a bus trip's arrival time and departure time, that bus trip is chosen as the bus passenger boarded. If the Oyster time happened between two trips, boarding bus trip will be selected where Oyster time is closer to the previous trip's departure time and the next trip's arrival time.
- Oyster transactions at the last bus stop (the bus route destination) will be discarded due to no passenger boards at the last bus stop of the route.

**Process of boarding inference:**

1) Step 1: The Oyster card data should be adjusted. Oyster transaction times in minute are added 0.5 minute and are then converted into time standard time format (i.e. 4:13:24).

2) Step 2: Oyster card data for each bus stop are filtered separately. Oyster card data for one bus stop are taken separately to match. So 108 Oyster data of 108 bus stops (2 directions) are taken individually due to one bus stop has one unique ID. They are then sorted as the order of "transaction time" from smallest to largest.

3) Step 3: iBus data for each bus stop are filtered separately from raw iBus data. Similarly, 108 iBus data of 108 bus stops are created. The iBus data for each bus stop including all trips (one direction) on 10th July, 2013 are then sorted as the order of "arrival/departure time" from smallest to largest. 14 early trips after midnight 11th July, 2013 are not used for this process. Because Oyster card data show time after midnight of 10th July, 2013 whilst iBus data of these trips show time after midnight of 11th July, 2013. As a result, these data cannot be matched.

4) Step 4: Oyster card data and iBus data for the same stop are matched to identify the bus trip number that each bus passenger boarded. Two data are imported into the MATLAB program to look up bus trip number of each Oyster transaction according to the process below (in Fig. 2).

The outputs from the MATLAB program are information about trip number for all transactions at the bus stop.

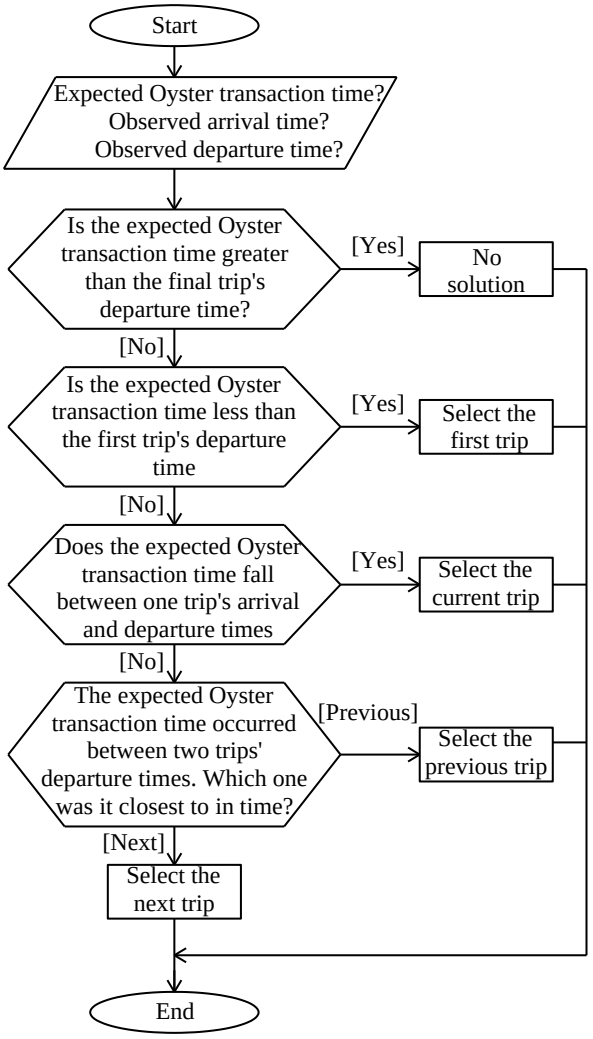



**Fig. 2** Diagram of boarding inference

5) Step 5: Information about trip number in the MATLAB program is added to Oyster card data for one bus stop according to order of Oyster transaction time.

6) Step 6: Repeat the steps of 2) ~ 5) for all bus stops of 2 directions.

7) Step 7: 108 Oyster card data for 108 bus stops are added to create one excel file, which include information about card number, transaction time, bus trip number, boarding bus stop ID. This excel file is called as "*Boarding Oyster card data*", which is used for alighting inference process.

### 3.5.2 Alighting Inference method

After the boarding inference process is finished, every Oyster card holder has information about the boarding location and bus trip of each journey in Oyster card data. Alighting location of each journey is inferred using the following assumptions:

- Alight stop of a bus route 243's journey is the boarding location of the next bus route 243's journey. ("Next journey rule").

- Alight stop of the last journey of the day is the boarding location of the first journey of that day ("Last journey rule").

- Regarding the bus route origin, any passengers who are inferred to alight at the first bus stop of the bus route are discarded.

- In this study, only bus route 243 is observed, so 2 parallel bus stops in 2 directions are assumed to be the same adjusted bus stop number in the alighting inference process.

**Process of alighting inference:**

1) Step 1: "*Boarding Oyster card data*" includes information about card number, transaction time, bus trip number, boarding bus stop ID of all Oyster card holders who boarded bus route 243 on whole day of 10th July. This file is sorted as the order of "transaction time" from smallest to largest.

2) Step 2: These data are imported into the MATLAB program to look up alighting bus stops, according to the following diagram of alighting inference.

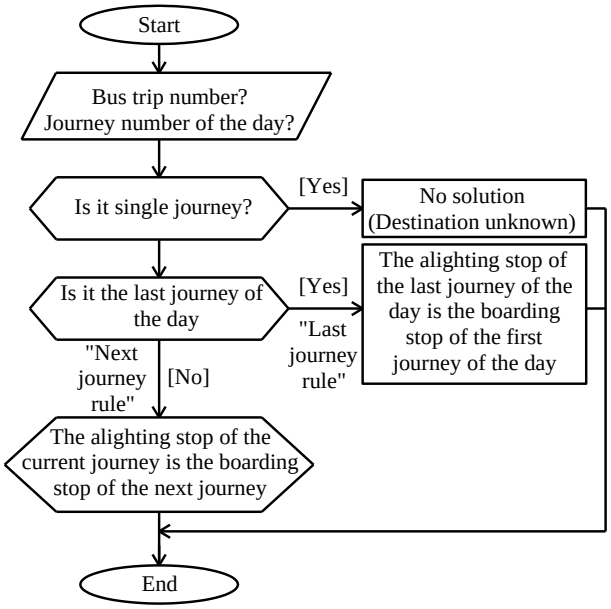



**Fig. 3** Diagram of alighting inference

In outputs from the MATLAB program, information about alighting bus stop for transactions is inferred.

3) Step 3: Information about alighting bus stop in the MATLAB program is added to "*Boarding Oyster card data*" according to order of Oyster transaction time. This file is defined as "*Boarding-Alighting Oyster card data*" which is used for loading inference.

### 3.5.3 Loading Inference method

A method is used to estimate loading, according to the assumptions and process below.

**Assumptions:**

- Passengers on bus trip number i who were inferred to have boarded at stop O (but for whom no destinations were inferred) are assumed to have the same destination distribution as passengers on bus trip number i who also boarded at stop O but had destinations inferred. In this case, a formula can be used to adjust alighting data.

$$A'_{i,O,j} = A_{i,O,j} + B_{i,O} \times A_{i,O,j} / (\sum_j A_{i,O,j}) \quad (1)$$

Where:

$A_{i,O,j}$ is the number of passengers on bus trip number i were inferred to board at bus stop O and alight at bus stop number j.

$A'_{i,O,j}$ is *adjusted number* of passengers on bus trip number i were inferred to board at bus stop O and alight at bus stop number j.

$B_{i,O}$ is the number passengers on bus trip i who were found to have boarded at stop O but for whom no destination stops could be inferred.

$\sum_j A_{i,O,j}$ is the total number passenger on bus trip i who also boarded at stop O but had destinations inferred.

- Inferred boardings at each stop from Oyster data is expanded by multiplying a factor to take into account of non-Oyster boardings, which is used for Formula 2 and Step 3 below. This factor is chosen after comparing total boardings between manual data and inferred automatic data for 4 trips numbers 68, 119, 138 and 191.

- In order to ensure total boardings and alightings for one bus trip are the same, number of adjusted alightings are expanded as Formula 2.

$$A''_{i,j} = A'_{i,j} \times (\sum B'_i) / (\sum A'_i) \quad (2)$$

Where:

$A'_{i,j}$ is the *adjusted number* of passengers on bus trip number i were inferred to alight at bus stop number j, which is sum of $A'_{i,O,j}$ (Formula 1).

$A''_{i,j}$ is the *expanded number* of passengers on bus trip number i were inferred to alight at bus stop number j.

$(\sum B'_i)$ is the total expanded number passengers on bus trip i who were found to have board location. This value is *'expanded boardings'*.

$(\sum A'_i)$ is the total adjusted number passengers on bus trip i who have destination inferred. This value is *'adjusted alightings'*.

**Process of loading estimation:**

1) Step 1: *"Boarding-Alighting Oyster card data"* is sorted as the order of "trip number" from smallest to largest. Data for each bus trip are taken separately. There are 305 data for 305 bus trips (excluding early 14 trips after midnight 11th July, 2013 and 3 trips missing iBus data).

2) Step 2: Each data for one trip are imported into the Matlab program to calculate number of inferred boardings and adjusted alightings at each bus stop according to order of adjusted bus stop number.

3) Step 3: For each data of one trip, inferred boardings at each bus stop (step 2) is expanded by multiplying a factor of (1/0.946). The reason for this choice is shown in Section 4.1.1.

4) Step 4: For each data of one trip, number of passengers alighting inferred at each bus stop (step 2) will be expanded to ensure that total *expanded boardings* (step 3) and *expanded alightings* for one bus trip are the same.

5) Step 5: For each data of one trip, bus passenger loading is calculated by the Formula 3:

$$L_{i,j} = \sum_{k=1}^{j} (B'_{i,k} - A''_{i,k}) \quad (3)$$

Where:

$L_{i,j}$ is the number of loadings for bus trip number i at bus stop number j.

$B'_{i,k}$, $A''_{i,k}$ are the number of *expanded boardings* and *expanded alightings* for bus trip number i at bus stop number k ( k = 1, 2, 3, … j) (Step 3 and step 4).

6) Step 6: If loadings at bus stops are negative, they are adjusted to become 'zero'. The number of *adjusted loading* in each data is the final value of loading estimation.

7) Step 7: Repeat the steps of 2) ~ 6) for the rest 304 trips.

## 4. Results

### 4.1 Results of inferred boarding/alighting and estimated loading for route 243

#### 4.1.1 Boarding inference

Of a total of 37,874 Oyster transactions that are recorded on route 243 on 10th July, 2013, 36,937 or 97.5% of Oyster transactions have origins and bus trips that were successfully inferred. Majority of 2.5% remaining Oyster transactions occurring on 14 early trips after midnight on 11th July, 2013, so cannot be inferred successfully. Another reason is that some boardings are inferred at the arrival terminal stops for a finishing trip,

which is impossible in reality. These inferred results are discarded in this process. A likely explanation is that bus drivers might not log off the completed trip on the iBus system on time, and therefore the bus trip number and direction are not changed before a new bus trip begins.

In the 4 trips which were observed manually, total inferred boardings from Oyster data and actual boardings from manual data are shown in Table 1. Approximately 94.6% of actual passengers boarding these trips are inferred to have origins. So a factor of (1/0.946) is chosen in step 3 of loading estimation process (see Section 3.5.3).

**Table 1** Total inferred boardings for 4 trips 68, 119, 138 and 191

| Trip number | Total inferred boardings | Total actual boardings | Inferred Percentage |
|---|---|---|---|
| 68 | 178 | 184 | 96.7% |
| 119 | 120 | 127 | 94.5% |
| 138 | 142 | 152 | 93.4% |
| 191 | 147 | 157 | 93.6% |
| Total | 587 | 620 | 94.6% |

### 4.1.2 Alighting inference

For route 243, 36,937 Oyster transactions are inferred to have origins and bus trips, of which 14,173 (38.4%) have destinations inferred. Table 2 shows the results of alighting inference process.

**Table 2** Destination inference results

| Reason | Quantity | Percentage |
|---|---|---|
| Total transactions with destinations inferred | 14,173 | 38.4% |
| Single journey | 21,412 | 57.9% |
| Invalid inferred results | 1,352 | 3.7% |
| Total Oyster transactions having origins and bus trips | 36,937 | 100.0% |

The first reason for the inference could not be completed for 22,764 journeys is that 21,412 journeys were only single journey on 10th July, 2013. As mentioned in the inference methodology, the alighting location of the single journey cannot be determined because there is no "next journey' data from which to infer the destination.

The second reason is that 1,352 transactions are inferred to have the same alighting location and boarding location. Hence, the inferred results are invalid. This situation happens when two successive bus route 243's journeys of one Oyster card holder have the same boarding locations.

In addition, there are some limitations in the alighting inference process. The first limitation concerns the "last journey rule", which is based on the last recorded bus transaction of the day for an Oyster Card, is not always certain. Indeed, it may not actually be the last journey of the day for each Oyster Card holder; the actual last journey of the day for those people might be by car or another transport mode. For instance, someone who goes to a pub late in the evening by bus can return home by a taxi or a carpool.

The second limitation relates the "next journey rule", which is not valid in some cases. For example, any rider who alights a bus, walks alongside the bus route to visit two or more businesses, then makes his next Oyster transaction at a bus stop that is close to the alighting stop of the previous journey. Thus inferred alighting stop and actual alighting stop are different. Another illustration is that someone makes an alternative bus route of the bus route 243 for journeys having the same destination. Indeed, he travels to work on bus route 243. After his work, he catches an alternative bus route to go shopping and returns home on bus route 243 from the shopping center. In this research, the inferred alighting stop of the first journey is the shopping centre, which is different to the actual alighting location (his office).

Furthermore, the alighting inference rate can be higher if journeys after midnight on 11th July, 2013 are inferred to have boarding locations and trips. This can lead to an increase in the number of Oyster card holder making more than one journey on that day.

### 4.1.3 Loading estimation

For route 243, 322 bus trips are scheduled on that day, of which 305 have loading estimation. The remaining 17 include 14 early trips after midnight 11th July and 3 trips missing iBus data. As loadings are calculated from inferred boardings and alightings, the ratio of Oyster transactions inferred to have boarding trip number and alighting location affects the accuracy of estimated loading results. The assumptions of the estimated loading processes cannot reflect absolutely actual loading, however, they seem to reflect the best estimates of loading.

## 4.2 Comparison of boarding, alighting and loading between automated data and manual survey data

The results of inferred boarding/alighting and estimated loading are compared with the results

from the manual survey data including trips 68, 119, 138 and 191. Boarding results for the four trips support the same conclusion that inferred boardings at each bus stop can be very close to actual boardings. Thus the boarding inference methodology has acceptable accuracy.

In the meantime, the range of alighting difference appears to be mainly from 0 to 3 passengers and the minority of bus stops where a huge number of passengers alighted in reality has larger difference of 4 to 6. Therefore, the alighting inference methodology might be accurate enough.

The loading results for the four trips uphold the same conclusions as follows:

- Estimated loadings and actual loadings seem to be similar along the route.

- There are few large differences in short segments.

### 4.3 Prediction model of bus passenger loading in real time

#### 4.3.1 Prediction model

Using historical Oyster card data and iBus system data we can estimate boardings, alightings and loadings, which are close to actual numbers. So a prediction model of bus passenger loading in real time can be developed by using an algorithm based on alighting rate and boardings. Alighting rate, which is the proportion of alightings to loadings (passenger occupancy) at each bus stop, is identified from historical Oyster data and iBus data. This model is applied for each direction during different time periods. The model is then forecasted for manual surveyed trips to evaluate the feasibility of this model. Regarding direction 1, trip 119 and 191 run at Midday, therefore, one trip (trip 191) needs to be represented. For direction 2, trip 68 represents the AM Peak and trip 138 is the representation for Midday and direction 2.

For each direction, average alightings and average loadings at each bus stop for one period are calculated by the following formulas:

$$AA_{i,j} = \sum_j A''_{i,j} / \sum T_j \quad (4)$$

$$AL_{i,j} = \sum_j L_{i,j} / \sum T_j \quad (5)$$

Where,

$AA_{i,j}$, $AL_{i,j}$: numbers of average alightings and loadings at bus stop number i for period j.

$A''_{i,j}$, $L_{i,j}$: numbers of *expanded alightings* and loadings at bus stop number i for each trip belongs to period j (in section 3.5.3).

$\sum T_j$: number of total trips for the period j.

Then, average alighting rate at each bus stop for each period is determined by Formula 6:

$$AAR_{i,j} = AA_{i,j} / AL_{(i-1),j} \quad (6)$$

Where,

$AAR_{i,j}$ is average alighting rate at bus stop i for period j.

$AA_{i,j}$ is the number of average alightings at bus stop number i for period j (in Formula 4).

$AL_{(i-1),j}$ is the number of average loadings at bus stop number (i -1) for period j (shown in Formula 5). This is the number of the bus occupancy in a bus travelling from bus stop number (i-1) to bus stop number i.

Obviously, the average alighting rate at the first stop of the route is 0% and that number at the last stop of the route is 100%.

The prediction model assumes that the average alighting rate at each bus stop in one period, using historical Oyster data and iBus data, can be representative of all trips in this period. In reality, the number of boardings at one bus stop can be calculated by a ticket reader on the ticket machine after Oyster card holders tap their cards on it. However, non-Oyster transactions cannot be identified. In order to obtain better results, this model uses the factor of (1/0.946) (as shown in Section 4.1.1) to take into account of non-Oyster boardings. So after having the average alighting rate at each bus stop, this model can forecast loads at the next bus stop once boardings at the current bus stop are identified.

The model is implemented for each period according to the following steps:

1) Step 1: Determine period of day and direction an individual bus trip runs to choose corresponding average alighting rate for forecasting.

2) Step 2: Forecast loadings at the first bus stop of the route. The number of loadings at the first bus stop is forecasted as the following formula:

$$FL_{1,j} = B^*_{1,j} / 0.946 \quad (7)$$

Where,

$FL_{1,j}$: number of forecasted loadings at the first stop of an individual trip running in period j.

$B^*_{1,j}$: number of boardings at the first bus stop in real time. This number can be calculated in real time in the ticket machine after Oyster card holders tap their cards on the card reader. This seems to be feasible for London Buses.

(1/0.946) is adjusted to take into account of non-Oyster passengers.

3) Step 3: Forecast loadings for the rest of the bus stops of the route. Loadings at next bus stop can be predicted by the formula as follows:

$$FL_{(i+1),j} = FL_{i,j} - AAR_{(i+1),j} \times FL_{i,j} + B^*_{(i+1),j}/0.946 \quad (8)$$

Where:

$FL_{(i+1),j}$ is the number of forecasted loading at bus stop number (i+1) for the trip in period j.

$FL_{i,j}$ is the number of forecasted loading at bus stop number i (previous stop) for the trip in period j.

$AAR_{(i+1),j}$ is average alighting rate at bus stop number i for period j (as shown in Formula 6), which is estimated from historical data.

$B^*_{(i+1),j}$ is the number of boardings at bus stop number (i+1) for this trip in real time. This number can be calculated in real time through the ticket machine after Oyster card holders tap their cards on the card reader.

### 4.3.2 Applying the prediction model to trips 68, 138 and 191

After using the prediction model to trips 68, 138 and 191, forecasted loads are compared with actual loads. In general, forecasted loads and actual loads of the three trips have slight differences along the route, except few short segments. For example, the graph lines represent two loads profiles of trip 191 in Fig. 4.

### 4.3.3 Hypothesis testing

A Paired-Samples T Test is carried out to test that forecasted loads and actual loads of each bus trip are the same at 59 bus stops.

- Let's create a variable $D_i = FL_i - AL_i$ (9)

Where:

$D_i$ is difference in passengers between forecasted loads and actual loads at bus stop number number i.

$FL_i$, $AL_i$ are the number of forecasted loads and actual loads at bus stop number i.

- Null Hypothesis is $H_0$: $\delta = 0$.

- Alternative Hypothesis is $H_1$: $\delta \neq 0$ (Two sided alternative hypothesis). Sample size: n = 59.

This test is carried out by using SPSS program and the results shown that the P value for trip 191 is 0.428 > 0.025 (test point) and the values for trips 68, 138 are 0.000 < 0.025. Thus there is no evidence (at the 5% level) to reject the suggestion that forecasted loads and actual loads of bus trip 191 are the same at 59 bus stops. Whilst the suggestions for trip 68 and 138 are rejected.

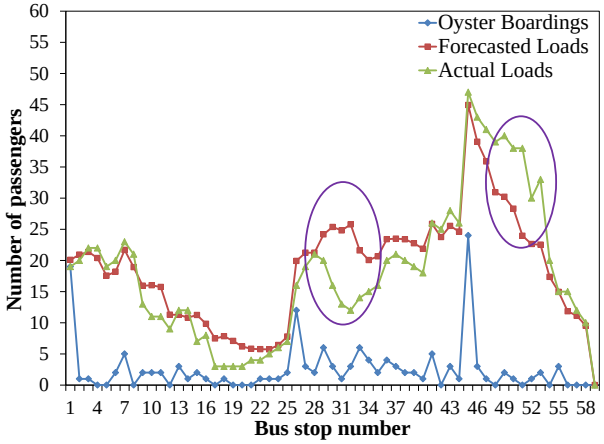



**Fig. 4** Comparison between forecasted loads and actual loads for trip 191

## 5. Conclusion and recommendation

### 5.1 Summary of key results

The research has lead to the following key findings:

1) This study has designed a method to match the Oyster card data and iBus system data to infer which bus trip each Oyster card holder boarded. Of a total of 37,874 Oyster transactions that are recorded on that day, 36,937 or 97.5% of Oyster transactions have origins and bus trips that were successfully inferred. Furthermore, compared to manual surveyed bus trips, the results show that approximately 94.6% of total actual passengers using those bus trips are inferred to have boarding locations. Therefore, this method and these matched data might be ensured to be accurate enough.

2) This research has used a trip-chaining method to infer alighting location of each Oyster card holder's journey. Approximately 38.4% of 36,937 Oyster transactions that have origins and bus trips are inferred to have alighting stops. This percentage is not high due to the reasons which are discussed in Section 4.1.2. The main reason is that around more than 50% of Oyster card holders made only one 'single journey' on 10th July, 2013.

3) The results of inferred boarding and alighting process are used to estimate loading at each bus stop for every bus trip during the whole of the 10th July, 2013. Then these results for 4 trips 68, 119, 138 and 191 are compared to manual survey data in order to evaluate the accuracy of the estimation process. In general, estimated loadings

and actual loadings are approximately similar, except for large dissimilarities in certain segments.

4) A model is suggested to forecast bus passenger loading in real time using historical Oyster card data and iBus data. The model is developed by using an algorithm based on an average alighting rate. After the model is tested with the actual data for 3 trips 191 (Midday for direction 1), 68 (AM Peak for direction 2) and 138 (Midday for direction 2), the results show that forecasted loads and actual loads at each stop along route 243 can be similar, although there are few large differences. In the results of the Paired-Samples T Tests, there is no evidence to reject the suggestion that forecasted loads and actual loads of bus trip number 191 are the same at 59 bus stops whilst this suggestion is false for trips numbers 68 and 138. Thus, this model is suggested as an approximate application rather than an absolute one, and is feasible in reality.

5) This study might be helpful for London bus planners to evaluate some bus route standards such as maximum standees, standees versus no-standees and duration of standee time, bus capacity and bus frequency.

6) Moreover, this method of estimating bus passenger loading and this prediction model can be potentially transferred and implemented in other major cities in Europe, the United States and South America, Asia where AFC system and AVL system are being operated in transit agencies. Hanoi, the capital of Vietnam, is a feasible case. Indeed, smart card system and AVL system have begun to be equipped for only bus route 6 since 2014. Therefore, after collecting historical smart card data and AVL system data for the route 6, this method might be used feasibly.

### 5.2 Recommendations for improvement

More complete and accurate iBus data: during the process of inferring boarding trips and alighting locations, a major problem is a lack of iBus data for 3 bus trips and some of the bus stops of certain bus trips. The main reason for missing information in iBus system is bus drivers failing to log in on the bus iBus system at the beginning of a trip or to log off it at the end of a completed trip. Therefore, in order to limit these errors, a system or supervisors at the bus control centers are necessary to remind drivers to log in/off on time.

Improve the temporal precision of recorded Oyster transactions as mentioned in Section 3.5.1's methodology. If the Oyster transaction times are recorded in seconds in the future, the boarding inference could be more accurate. This can also improve the accuracy of the destination inference and loading estimation.

## 6. Acknowledgment

I would like to thank Prof. Nick Hounsell and Dr. Birendra Shrestha for their guidance and data assistance throughout my study. Also, I am grateful to TfL for providing the data.

## References

[1] Bagchi, M. and White, P.R. (2005) The potential of public transport smart card data?, *Transport Policy*, Vol.12, No.5, pp.464-474.

[2] Cui, A. (2006). *Bus Passenger Origin-Destination Matrix Estimation Using Automated Data Collection Systems*. Master thesis. Massachusetts Institute of Technology.

[3] Gordon, J.B. (2012). *Intermodal Passenger Flows on London's Public Transport Network*. Master thesis. Massachusetts Institute of Technology.

[4] Strathman, J.G., Kimpel, T.J, Dueker, K.J., Gerhart, R.L. and Callas, S. (2002) Evaluation of transit operations: data applications of Tri-Met's automated Bus Dispatching System, *Transportation*, Vol.29, pp.321-345.

[5] Transport for London (2012) *London Buses Factsheet*. Available at: http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/corporate/london-buses-factsheet.pdf.

[6] Transport for London (2012) *Oyster Factsheet*. Available at: http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/corporate/oyster-factsheet.pdf.

[7] Transportation Research Board (2003) *Transit Cooperative Research Program report 100 – Transit Capacity and Quality of Service Manual* - 2nd Edition. Washington: Transportation Research Board.

[8] Trépanier,M., Tranchant, N., Chapleau, R. (2007) Individual trip destination estimation in a transit smart card automated fare collection system. *Intelligent Transportation Systems.* Vol. 11, No. 1, pp.1-14.

[9] Wang, W. (2010) *Bus Passenger Origin-Destination Estimation and Travel Behavior Using Automated Data Collection Systems in London, UK*. Master thesis. Massachusetts Institute of Technology.

# Measuring Urban Bus Service Quality Using Servqual Model in Hanoi

Paper Identification Number: **AYRF 15-002**

NGUYEN Minh Hieu [(1)], NGUYEN Thi Thuy Linh [(2)]

[(1)] Faculty of Transport and Economics, University of Transport and Communications
Telephone: +84904294424
Email: minhhieuutc@gmail.com

[(2)] Vietnam Hikari Joint Stock Company
Telephone: +84897053258
Email: linhyaya@gmail.com

## Abstract

The objectives of the research are to assess the service quality of urban bus and to determine the factors affecting the bus quality based on the modified Servqual model. A study is conducted in Hanoi, the capital of Vietnam, where bus plays the most important role because it is still the only high capacity means of public transport. After working out a survey with more than 850 passengers, the research group analyzed exactly 800 adequate responses by SPSS. The findings showed that the service quality were affected by six dimensions (Cost-Competence, Assurance, People, Reliability, Information, Vehicle) and the adjusted $R^2$ expressed that 72.5% the quality was explained by the dimensions. The results could be useful in proposing effective measures for boosting the bus service quality.

**Keywords***:* Servqual, Bus Service Quality, Factor Analysis, Dimension, Satisfaction.

## 1. Introduction

The urban bus network consists of 65 subsidized routes operating in the urban area of Hanoi. The target of this study is the passengers on these routes. Along with them, there are just over ten other routes which operate on the out skirts of Hanoi without the government's financial support

Most vehicles have large and medium capacity (more than 60 seats). There are various types of route based on the position with the center such as: the circle, the ring road, the radial… It is undeniable that buses plays the most essential role in meeting the transport demand because there are not other high capacity means such as BRT, UMRT...

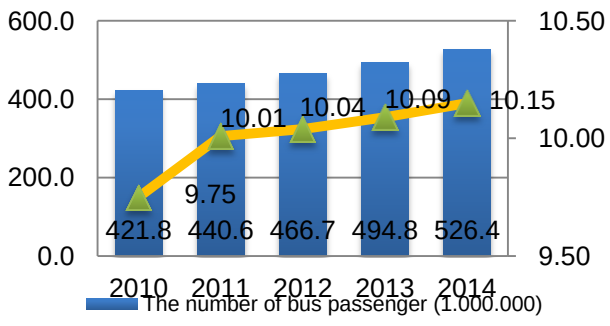



**Fig. 1** *Statistical figures for Urban Bus in Hanoi*

The statistics indicates that over the five year period, buses carried more than 400 million of passengers. It increased gradually from 421.8 million in 2010 to 494.8 million in 2013.

The figure in 2014 reached more than 500 million (meeting approximately 10.2% of the total transport demand in Hanoi).

According to recent study (2010) conducted by the authority, Hanoi has six bus lines satisfying above 20 000 passengers per day for example: line 32, line 2, line 26, line 8 with daily passenger figures reaching 50 000, 36 000, 25 000, 20 000 respectively.

As a result of realizing the importance of bus in urban development, Hanoi subsidizes a great number of money for bus operator every year. The figure in 2014 of 53.6 million USD increased by half million in comparison with 2013.

Because of receiving the financial support, the operators have to try their best to assure as well as improve the bus quality for the rise in the number of passengers. In reality, although both the operators and TRAMOC (Hanoi Public Transport Management and Operation Center) have still collected the passengers' claims and conducted several surveys, the results could not reflect the comprehensive view on the quality, especially

based on the attitudes of passengers who are the main target of public transport.

The reason for the less effective surveys is the lack of the scientific method which can show a clear process of collecting, analyzing data before revealing persuasive findings.

Based on the practical issue, the main objective of this paper is to adapt the SERVQUAL scale to assess the urban bus quality in Hanoi.

## 2. Literature Review

### 2.1. Public Transport

Public transport plays a key role to entitle metropolises to develop sustainably on the whole and deal with the increasingly enormous demand of citizens' travelling in particular. As a result of being aware of the importance of public means of transport, the government put efforts like cutting down some taxes, giving subsidies not to mention issuing restrictions on private vehicles, yet in some circumstances, the environmentally friendly method has difficulties in attracting passengers.

Among kinds of different public modes, bus is the most popular method on the grounds that operating bus is requires less initial investment, operating cost, technological standard, to name but a few. Notwithstanding, the popularity of bus in almost all big cities does not mean that it can meet customers' expectations, in other words it need to be enhance its quality progressively.

### 2.2. Service quality

There are many ways to definite "service quality". For example, Oliver (1997) defined satisfaction as the customer's fulfillment. However, experts over the world, in a way, agree with Parasuraman and et all that service quality rely on directly users' expectations and real experience. The widening gulf between them reflects the poor quality and companies, thus, whether confront and overcome challenges to foster their services or go bankrupt.

According to Parasuraman et all, the bottom line of nurturing service quality is to discover its factors affecting users' satisfaction. Theoretically, five elements, called also dimensions or Servqual model, were responsible for service quality included:

- Reliability: The ability to perform the promised service dependably and accurately

- Assurance: The knowledge and courtesy of employees and their ability to convey trust and confidence.

- Tangibles: The appearance of physical facilities, equipment, personnel and communication materials.

- Empathy: The provision of caring, individualized attention to customers.

- Responsiveness: With willingness to help customers and to provide prompt service.

It is believed that these dimensions are found relevant for various business services. However, when applying the model in a particular field, it is necessary to modify elements in order to have an reliable scale.

### 2.3. Service quality in the Public Bus Transport

The ostensible reason for losing the balance between private vehicles and bus may be the flexibility of the former, yet undoubtedly bus which fails to obtain customers' satisfaction is the main grounds. There have been numerous research on the factors changing users' conservative attitudes to bus usage. Several typical examples are as following

Van Vugt et al. (1996) figured out the connection between the lower intervals and an increase in travelling.

Gatersleben and Uzzell (2007), through a survey, discovered that dissatisfaction came from repeated delays.

UK Department for Transport (2003) indicated that service that is reliable, reasonable and highly frequent is priorities to choose. Moreover, the users also reported about the importance of understandable time table information in bus stops.

Fujii et al. (2001) conducted an investigation in Osaka (Japan) during the closure of freeway. The important finding was that the closure of the freeway increased public transport use and commute time by public transport was overestimated by automobile commuters.

Fellesson and Friman (2008) conducted the comparison of customers' public transport perceived satisfaction in eight European cities. The results showed several factors affecting service quality included: traffic supply, reliability, information, bus stop design…

In Vietnam, there has been some research associated to bus service quality like Thai (1999), Mai (2014)... Among them, almost all the studies concentrated on improving the quality. Yet, the quality measurement is only a minor part in the research. Every now and again, proposing solutions

and assessment of their feasibility are less persuasive on the grounds that the roles of factors affected to service quality are not identified obviously.

## 3. Methodology

### 3.1. Procedure

The methodology of the research is based on the data gathered from a survey conducted in the study area. The detailed procedure is illustrated in the Figure 2; however, it can be divided into three main stages as following:

- Design questionnaire and conduct survey.
- Analyze gathered data.
- Discuss results.

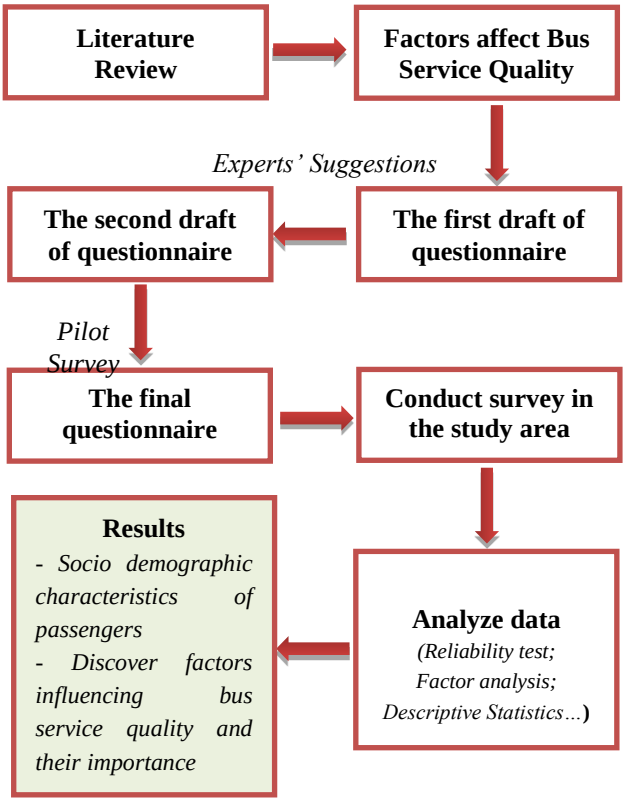



**Fig. 2** *The Procedure of Research*

### 3.2. Design questionnaire and conduct survey

*** Design questionnaire**

The original version of the Servqual scale uses 22 questions to measure five dimensions. Based on the original version, the first draft of questionnaire with 22 questions on bus service had designed before sending to ten the transport specialists working at the University of Transport and bus companies. They suggested that the first draft should be added one more factor related to cost of bus usage.

From adding three questions representing the factor 'cost' then on, a pilot survey carried out with the second draft in Longbien Bus Station and Caugiay Bus Station with 20 respondents in order to ensure that the results are reliable and realistic. Afterwards, based on the passengers' answers, the final version was designed and had three main parts.

- The first was about demographics of respondents (gender, age, occupation, income…). All the questions in this part were multiple-choice, the passengers would choose the most relevant answers for themselves.

- The second was the adapted SERVQUAL scale with 33 questions divided in 6 groups (Reliability: 5; Empathy: 7; Responsiveness: 6; Assurance: 5; Tangibles: 6; Cost: 4).

- The third part had 3 questions about the respondent's satisfaction of bus service quality in real.

All of the measurement of these parts were based on a 5–point Likert scale following: (1): strongly disagree, (2) disagree, (3) neutral, (4) agree and (5) strongly agree.

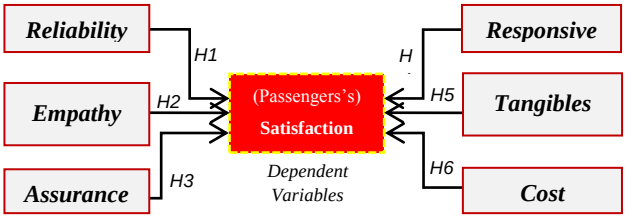



**Fig. 3** *Research model*

In the research model, dimensions of the modified SERVQUAL were taken as independent variables, whereas, passengers' satisfaction was taken a dependent variable. There are some hypotheses that H1 (Reliability), H2 (Empathy), H3 (Assurance), H4 (Responsiveness), H5 (Tangibles), H6 (Cost) have positive associations with passengers' satisfaction regarding urban bus service quality respectively.

*** Sampling method and size of survey**

The passengers of the bus service in Hanoi were targeted for this research. Face to face interviews of passengers waiting for buses in stops, stations, interchanges were conducted in Hanoi between September and November of 2014.

A total of 865 questionnaires were distributed, however there were 800 completed

ones which could use as data for the next analyzing steps. According to Bollen (1989), the minimum size is 5 samples for the item (question); therefore, the number of samples for the research is acceptable.

### 3.3. Analyze collected data

*** Analyse the reliability of data**

Reliability is the fact that a scale should consistently reflect the construct it is measuring.

The reliability of the scale was estimated by the Cronbach's alpha test. The Cronbach's alpha coefficients of the measurement items assessed the internal consistency reliability. Hair *et al.* (2006) suggested that Cronbach's alpha coefficient over 0.6 is adequate for basic research.

Every item in dimensions also meets the Item total correlation test. Item total correlation is the test which performed to purify the measure by eliminating "garbage" items prior to determining the factors that represent the construct. According to Nunnally & Burnstein (1994), the factor is only suitable when its total item correlation is equal or more than 0.3.

**Table 1** The Standard of Cronbach's Alpha

| Cronbach's alpha | Internal consistency |
|---|---|
| $\alpha \geq 0.9$ | Excellent (High-Stakes testing) |
| $0.7 \leq \alpha < 0.9$ | Good (Low-Stakes testing) |
| $0.6 \leq \alpha < 0.7$ | Acceptable |
| $0.5 \leq \alpha < 0.6$ | Poor |
| $\alpha < 0.5$ | Unacceptable |

After the process of analyzing, all dimensions met the tests because Cronbach's Alpha of their items were more than 0.7 and their item total correlation indexes also were greater than 0.3.

**Table 2** Cronbach's Alpha Coefficients of Factors

| Item | Name of groups (dimensions) | Cronbach's Alpha | Number of items |
|---|---|---|---|
| A | Dependent variables | | |
| 1 | Reliability | 0.725 | 05 |
| 2 | Empathy | 0.754 | 07 |
| 3 | Responsiveness | 0.703 | 06 |
| 4 | Assurance | 0.732 | 05 |
| 5 | Tangibles | 0.763 | 06 |
| 6 | Cost | 0.785 | 04 |
| **Total** | | | **33** |
| B | Independent variables | | |
| 1 | Satisfaction | 0.852 | 3 |

**** Exploratory Factor Analysis***

It is a statistical method used to describe variability among observed, correlated variables in terms of a potentially number of unobserved variables called factors. In factor analysis, Exploratory Factor Analysis (EFA) is used to identify complex interrelationship among items and group items that are part of unified concepts.

**Table 3** The result of applying exploratory factor analysis technique
(Rotated Component Matrix[a])

| Parameter | **Components** (New identified factors) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| Number of new items | 7 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| Eigenvalue | 7.299 | 2.466 | 1.924 | 1.560 | 1.304 | 1.097 |
| Percentage of Variance | 17.683 | 14.414 | 12.738 | 10.394 | 9.493 | 7.782 |
| Cronbach's Alpha | 0.891 | 0.752 | 0.707 | 0.770 | 0.745 | 0.721 |
| Abbreviation | COS-COM | ASS | PEO | REL | INF | VEH |

Eigenvalues are calculated and used in deciding how many factors to extract in the overall factor analysis. They indicate the amount of variance explained by each principal component or each factor. As shown by the table 3, the results of all new components were greater than the minimum standard of 1.

The result of the analysis showed that there were six discovered items (factors) affecting the customers' satisfaction. It also revealed that there were two first dimensions (Responsiveness and Empathy) whose items were redistributed to new factors.

Based on the modified item groups (new identifying factors), the author group analyzed and gave names to them.

- The first factor is Cost-Competence (COS-COM) which focuses on customers' assessment related to cost, prices and the bus network.

- The following factor is Reliability (REL) which is the original dimension of the basic model.
- The next factor is Vehicle (VEH) which is a part the Tangibles dimension in the basic model.
- Another factor is Assurance (ASS) which is the original dimension of the basic model.
- The fourth factor is People (PEO) which concentrates on staff (drivers and ticket collectors).
- The last factor is Information (INF) which describes timetable and its changes.

Output of exploratory factor analysis continued to experience KMO and Bartlett's test. According to Hutcheson and Sofroniou (1999), a bare minimum of 0.5 and that values between 0.5 and 0.7 are mediocre, values between 0.7 and 0.8 are good, values between 0.8 and 0.9 are great and values above 0.9 are superb.

**Table 4** Result of KMO test

| *Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.* | | .738 |
|---|---|---|
| *Bartlett's Test of Sphericity* | Approx. Chi-Square | 243.950 |
| | Df | 3 |
| | Sig. | .000 |

The value was 0.738, which fell into the range of being good, thereby the research group was confident that the sample size is adequate.

* **Descriptive statistics**

Table 5 illustrates the mean score and standard deviation of the dimensions. First and foremost, with the higher mean value of customers' satisfactory (3.22) than the neutral level, it was evident that passengers satisfied partly with the urban bus quality. However the large difference between this level and the maximum one (5.00) demonstrated that this service was only acceptable.

To turn to other dimensions, in general, there were two main group. The first included 4 dimensions which passengers satisfied with. Among them, COS_COM, with mean score 4.11, was the highest on the table with the lowest standard deviation. This means the dimensions were appreciated with the large amount of proponents. By contrast, INF has the lowest mean of only 3.09 and the largest standard deviation (.69302) in the group. The mean scores of Reliability and Assurance were the level of 3.22 and 3.15 respectively.

As regard the group of unsatisfied dimensions, while the mean of VEH was nearly the medium level (3.00), PEO showed alarmingly low level (2.51). This could be the cardinal reasons for declining the level of SAT.

**Table 5** Descriptive Statistics

| | N | Mean | Std. Deviation |
|---|---|---|---|
| COS_COM | 800 | 4.11 | .48278 |
| REL | 800 | 3.22 | .62490 |
| VEH | 800 | 2.98 | .51490 |
| ASS | 800 | 3.15 | .58902 |
| PEO | 800 | 2.51 | .63116 |
| INF | 800 | 3.09 | .69302 |
| SAT | 800 | 3.32 | .52039 |

## 4. Results

### 4.1. Results of Regression Analysis

The adjusted R-square ($R^2$) in the table show that the dependent variable (satisfaction) is affected by 72.5% due to independent variables (discovered factors: Cost-Competence, Assurance, People, Reliability, Information, Vehicle). It shows that these factors are responsible for satisfying customers as well as found association with customers' satisfaction level.

**Table 6** Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|---|---|---|---|---|
| 1 | .859 | .738 | .725 | .48840617 |

*a. Predictors: (Constant), COS_COM, ASS_SAF, PEO, RELY, VEH.*

*b. Dependent Variable: SAT*

On the other hand, the overall model was also significant, tested with the help of ANOVA.

**Table 7** ANOVA Statistics

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Regression | 97.955 | 6 | 16.326 | 26.265 | .000[a] |
| | Residual | 151.045 | 243 | .622 | | |
| | Total | 249.000 | 249 | | | |

*a. Predictors: (Constant), COS_COM, ASS_SAF, PEO, RELY, VEH.*

*b. Dependent Variable: SAT*

With the F value = 26.265 and p-value of .000, it is said that all the predictors in the study truly is bound up with customers' satisfaction.

**Table 8** Correlation coefficient

**Coefficients**[a]

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *B* | *Std. Error* | *Beta* | | |
| 1 | (Constant) | -1.209E-17 | .050 | | 7.293 | .004 |
| | COS_COM | .457 | .050 | .457 | 9.146 | .000 |
| | REL | .123 | .050 | .147 | 2.470 | .000 |
| | VEH | .087 | .050 | .087 | 1.739 | .002 |
| | ASS | .302 | .050 | .302 | 6.052 | .000 |
| | PEO | .221 | .050 | .221 | 4.421 | .001 |
| | INF | .147 | .050 | .123 | 2.941 | .000 |

*a. Dependent Variable: SAT*

Standardized coefficients reflected how much change occurs in dependent variable because of the change in predictors. In addtion, the beta also depicted the importance of every factor.

Since all the beta were not minus, all these factors were positively associated with customers' satisfaction. To put it another way, all the hypotheses (*fig 3*) were correct.

The connection between independent variables and the dependent one can be show through the following regression.

**SAT** = **0.457***COS_COM* + **0.302***ASS* + **0.221***PEO* + **0.147***REL*+ **0.123***INF* + **0.087***VEH* *(1)*

Based on the formula, Cost-Competence played the most important role in customers' satisfaction. If it had increase by one point, the satisfaction level also would have witnessed a rise of 0.457 point.

Assurance, People, Reliability, Information, Vehicle also took responsibility for the change of satisfaction with levels of 0.302, 0.221, 0.147, 0.123, 0.087 respectively.

## 4.2. Customers' socio demographic characteristics

*The frequency of using bus:* The proportion of using bus often (more than 7 times per week) was the largest with the figure of just over half while the people using bus sometimes (less than 3 times per week) was only 13.75%.

**Table 9** Frequency of using bus

| Attribute | Frequency | Percent |
|---|---|---|
| **Total** | **800** | **100.00%** |
| More than 7 times per week | 438 | 54.75% |
| 3 times/week – 7 time per week | 234 | 29.25% |
| Less than 3 times per week | 110 | 13.75% |
| The first time | 18 | 2.25% |

Age group: Most of bus passengers were young people whose ages were less than 25 while the senior accounted for more than 15%.

**Table 10** Age group of Passenger

| Attribute | Frequency | Percent |
|---|---|---|
| **Total** | **800** | **100.00%** |
| Less than 25 | 467 | 58.38% |
| 25 - 34 | 146 | 18.25% |
| 35 – 55 | 59 | 7.38% |
| More than 55 | 128 | 16.00% |

Occupation: Pupils and students are the main customers of bus service with the proportion of approximately 70%. The second popular group was freelancer which is not comparable with pupils and students'number.

**Table 11** Occupation of Passenger

| Attribute | Frequency | Percent |
|---|---|---|
| **Total** | **800** | **100.00%** |
| Employee of company | 65 | 8.13% |
| Pupil, student | 543 | 67.88% |
| Housewife/ Retiree | 47 | 5.88% |
| Freelancer/ Private business | 79 | 9.88% |
| Government employee | 25 | 3.13% |
| Others | 41 | 5.13% |

Purpose of the trip: Studying and others were the 2 group possessing the highest proportion (more than 30%). This was is suitable for the fact that most of passengers were students and pupils. The main other objective was to come back home.

**Table 12** Travelling Purpose

| Attribute | Frequency | Percent |
|---|---|---|
| **Total** | **800** | **100.00%** |
| Business | 127 | 15.88% |
| Visit | 149 | 18.63% |
| Studying | 254 | 31.75% |
| Others | 270 | 33.75% |

Income per month: People earning much money (more than 300 USD monthly) used bus less while the ones with low income tended to catch bus much more than the others.

**Table 13** Occupation of Passenger

| Attribute | Frequency | Percent |
|---|---|---|
| **Total** | **800** | **100.00%** |
| Less than 100 USD | 534 | 66.75% |
| 100 USD – 150 USD | 115 | 14.38% |
| More than 150 USD – 300 USD | 64 | 8.00% |
| More than 300 USD | 87 | 10.88% |

Type of ticket: Because of saving money, most of people bought monthly ticket for all network, the number for these were 67.75% while single ticket were only 21%.

**Table 14** Used Ticket Type

| Attribute | Frequency | Percent |
|---|---|---|
| **Total** | **800** | **100.00%** |
| Monthly ticket for one route | 85 | 10.63% |
| Monthly ticket for all routes | 542 | 67.75% |
| Single ticket | 168 | 21.00% |
| Others | 5 | 0.63% |

## 5. Conclusion

Customers' satisfaction plays a decisive role in the survival of bus service in urban areas. For the reason, the fact remains that it is necessary to measure the satisfaction level. The study made attempt to apply the modified Servqual for the bus service assessment in Hanoi.

*As regard theoretical implications*, the paper shows one modified version of Servqual model which was considered as an appropriate method to measure the urban bus quality. In comparison with other previous studies, the questionnaires of the papers are different to what have been used to ever before. And thus, these are likely references for following research projects in megacities of developing as well as emerging countries.

*Turning to the practical benefits*, the distinctions of study are the newly identified dimensions figured out by EFA technique. Besides, the roles of dimensions are various. For example, according to a similar research published in 2014 on Daewoo Express Bus in Pakistan, the factor Assurance was the most important with the highest beta value in regression analysis however, in Hanoi the cardinal factor was cost and competence (COS_COM). The motives for the difference clearly are complicated and belong to the case studies.

As indicated above, there has not been the similar research with the case of Hanoi come out, therefore this is a new and useful approach to measure the bus service quality.

Based on descriptive statistics of the dimensions, the bus service quality in Hanoi is only acceptable. In other words customers, to some extent, satisfy with this however the bus service still confronts difficulties in improving the quality. On the other hand, in order to enhance the quality, the urgent problems are vehicles and people having low mean scores.

According to the regression analysis result, in Hanoi, among all the theses factors (dimensions), Cost-Competence had the strongest correlation with customer satisfaction. In this sense, it was perceived as the dominant factor. This finding is suitable with the customers' characteristics. Most of the responders were students with low income who are willing to turn to bus to commute every day. Thus, in theory, to keep and improve customers' satisfaction, bus companies should prioritize solutions related to cost and competence. Notwithstanding, the fact remained that this factor are appreciated by passengers. Therefore, the solutions related to cost should not be the priority on the time being.

The combination between descriptive statistics and regression results also show that although vehicles were the weak point in the bus service with their beta score being the smallest.

Thus, improving vehicle quality may not be the bread-and-butter solution.

On the contrary, people-related-measures should be paid more attention to because people factor was the third strongest connection with customers' satisfaction and had the poorest mean score.

All things considered, the authors believe that the paper provides useful insights to bus companies about their bus service quality based on customers' attitudes. Especially, its findings, in a way, contribute to help the companies to issue feasible solutions to enhance their bus quality. Similarly important is that the research can be highly recommended to future research related to bus service quality as a whole as well as to socio-demographic studies in the future particularly.

*For limitations,* although the authors did their best to conduct a rigorous research, some limitations probably occur since the data was collected only in Hanoi on convenient basis. In addition, sample size, despite meeting the theoretical constrains, seems to have difficulties in representing for all citizens' attitudes here. The study discovered only six factors which explained 72.5% of satisfaction, as a result, the authorsgroup will continue to undertake other research to gain pictures of Hanoi bus quality in more details.

## References

[1]. Lehtinen, U & J. R. Lehtinen (1982), *A study of Quality Dimensions,* Working paper, Service Managenment Institute, Helsinki, Finland.

[2]. Parasuraman, V. A. Zeithaml & L. L. Berry (1988), "SERVQUAL: A multiple – Item scale for measuring consumer perception of service qualtity", *Journal of Retailing,* Vol 64, Pages 12 – 40.

[3]. Parasuraman (2005), *New way of Listening to Library Users: New Tools for Measuring Service Quality*, University of Miami.

[4]. Lauren Redman, M. F (2013), Quality Attributs of Public Transport that attract Car Users, *Transport Plicies*, Volume 25, 119-127.

[5]. Friman, M. (1998), *Satisfaction with Public Transport Services,* Service Science Program, Karlstad University.

[6]. Cabral, J. A (2007), Understanding Attitudes towards public Transport and Private Car: A qualitative study, *Transport Policy*, 14 (6), 478-489

[7]. Greene, D. L & Wegener, M. (1997), Sustainable Transport, *Journal of Transport Geography*, 5 (3), 177-190.

[8]. K S Muthupandian (2012), *Measurement of Passengers Service Quality in Public Transportation: Sevqual Analysis*, The institute of Cost an Works Accountants of India.

[9]. Magareta Friman, Markus Fellesson (2009), Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation: The Quality Paradox, *Journal of Public Transport*, Vol 12, No. 4, 57-69.

[10]. Castilo, F. G (2012), A Methodology for Modeling and Identifying Users Satisfaction Issues in Public Transport Systems Based on User Surveys, *Procedia – Social and Behavioral Studies*, Volume 54, 1104-1114.

[11]. Sabir et al (2014), Assessing Customer Satisfaction Level of Transport Services Using Servqual – A Case of Daewoo Express, Pakistan, *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, Volume 4, 207-213.

[12]. Nguyen Hong Thai (1999), Solutions to Improve the Bus Service Quality, *The thesis for Doctoral Degree*.

[13]. Nguyen Hong Mai (2014), Improving the Operating Effectiveness of Bus System, *The thesis for Doctoral Degree*.

# Viability of New Toll Road Infrastructure under Operational Uncertainties

Paper Identification Number: **AYRF15-003**

TRUONG Thi My Thanh[1], Chotchai CHAROENNGAM[2], Hanno FRIEDRICH[3]

[1]Vietnamese-German Research Centre
Vietnamese-German University
Telephone +84-915252553, Fax. 0-2427-9063
E-mail: ttmthanh@vgtrc.vgu.edu.vn

[2]Construction Engineering and Infrastructure Management, School of Engineering
Asian Institute of Technology
Telephone 662-524 5538, Fax. 662-524 6059
E-mail: chot@ait.ac.th

[3]Institute of Traffic and Transport
Darmstadt University of Technology
Telephone +49 6151 16-2025, Fax. +49 6151 16-4625
E-mail: friedrich@verkehr.tu-darmstadt.de

## Abstract

The main objective of the study is to develop a success-factor model for toll road infrastructure to achieve financial viability during their operational management lifecycle, then giving recommendations to key stakeholders planning toll road projects more attractive to private investment. This paper describes a comprehensive analysis of seven case studies of new toll road infrastructure in China. All the data were captured from the post-project reports of the World Bank (WB) and Asian Development Bank (ADB) in their project database resources. The planning and operating of the seven toll roads reveals various aspects of projects' financial viability, such as revenue generation, penalty for truck overload, point of time of investment and some financial risk absorbing strategies. The research gives recommendations to key stakeholders involving in toll road infrastructure for enhancing the financial viability. The critical factors will assist policy makers, toll road operators and international lending organization in foreseeing the financial viability of toll roads. The findings also facilitate toll road operators to control and enhance the financial viability in different management stages through the risk mitigation instruments.

**Keywords:** Toll road, Financial viability, Infrastructure management, Operational uncertainties

## 1. Introduction

At the beginning of the 21st century, China was locked in a massive effort to rebuild and extend its transport system as a major contributing component to the overall modernization of the Chinese economy [1]. Chinese Government viewed road development as a key component of its strategy to improve access to markets and services. The heart of the road network is National Trunk Highway System (NTHS), a network of interprovincial expressways and high-class highways of about 35,500 km, to be constructed over a 20-year period up to 2010 [2]. This plan also called for strengthening access from less developed communities and disadvantaged areas to the economic mainstream, particularly developed coastal regions and economic centers in China.

The great investment and the long repayment period of the high-class highways make the domestic financial resources insufficient to accomplish this enormous task. China needed to look for new and efficient ways of using both domestic and foreign capital for roads [3]. Since 1991, the ADB has provided 22 loans totaling nearly $ 3.6 billion to finance 3,000 km of highway development, in addition to 4,484 km of local roads [2]. By 1998 China had obtained eighteen road loans from the WB totaling about US$3,300 million. The WB loans have supported the financing of 1,300 km of highway roads and 4,000 km of other roads. The loans have played a

central role in helping to solve the funding shortfall in China's road construction [3].

From 2009 there has been a trend of cancellation of private involvement in infrastructure projects in developing countries [4]. The global economic crises have been the main factor for this problem; however, many other factors arose from the nature of infrastructure investment. Construction projects, which toll roads being part of, are one-off endeavors with many unique features such as long project duration, complicated process, environmental challenges, financial intensity and dynamic organization structures [5].

From the perspective of the time horizon in infrastructure projects, during the initial period of three to five years from the start of construction, there normally exist high risks in toll road projects such as delays in construction and cost overrun. Zou et al (2007) carried out a study in Chinese construction industry and found out that the unique risks included project funding problem, contractors' poor management ability, difficulty in reimbursement, unwillingness to buy insurance and lack of awareness of construction safety and pollution [5].

For the duration of the initial period of three to five years from the start of operation, there generally present significant troubles of toll roads such as lower than expected traffic demand, higher than estimated operating cost which results in low profits of project. In consideration of traffic demand, Pickrell (1990) and Richmond (1998) point out that estimates of the financial viability of projects are heavily dependent on the accuracy of traffic demand forecasts. Such forecasts are also the basis for socioeconomic and environmental appraisal of transportation projects. According to the experiences gained with the accuracy of demand forecasting in the transportation sector, covering traffic volumes, spatial traffic distribution, and distribution between transportation modes, there is evidence that demand forecasting - like cost forecasting, and despite all scientific progress in modeling - is a major source of uncertainty in the appraisal of transportation projects.

All of the above-mentioned factors have a significant impact on the financial sustainability of toll road projects. The study therefore aims to identify critical success factors for Chinese toll roads to achieve financial viability during their operational lifecycle. This can help toll road project developers to ensure that toll road project can be more sustainable and thus more attractive to private investors.

## 2. Overview of projects

### Chengdu - Nanchong Expressway

The Chengdu-Nanchong Expressway Project was one of the priority sections of the NTHS plan. The expressway runs from Chengdu, the capital of Sichuan Province, to Nanchong in the poorer, eastern part of the province. The project comprised civil works for construction of about 208 km of controlled access toll expressway and upgrading of approximately 300 km of provincial and county roads. Sichuan Chengnan Expressway Limited Liability Company (SCELLC) was established and responsible for the construction, operation, and management of the expressway. The company has three shareholders—Sichuan Province High-Grade Roads Construction and Development Group Co. (SPHRCD), Chengdu Jintang Transport Company, and Suining Chuanzhong High-grade Roads Limited Corporation. However, SPHRCD owns 97.5% of SCELLC's share capital.

### Changyu Expressway

The project, 161km of four-lane, access-controlled toll expressway was constructed from the provincial capital of Changchun to the Lalinhe River. The Jilin province is landlocked and forms part of the northeastern hinterland of China. The Jilin Provincial Expressway Corporation (JPEC) was established under the Jilin Provincial Communications Department and responsible for the construction, operation, and management of the expressway. JPEC initiated a revenue bond financing scheme, which raised $62 million (33 percent of total $191 million equity) from investors in China for the project construction fund through People's Bank of China.

### Hunan Expressway

The Project comprised the construction of 52 km of four-lane toll expressway connecting Changsha and Xiangtan (the Changtan Expressway) and the construction of the 25 km Changsha to Yongan Class-I toll highway (the Changyong Highway). The project was constructed by the Hunan Provincial Expressway Construction and Development Corporation (HPEC) under the Hunan Provincial Communications Department (HPCD). The operation of the Changtan Expressway and the Changyong Highway were carried out by Changtan Company and Changyong Company, respectively.

Changyong Company was successfully listed in the A-share section of the Hong Kong's Shenzhen Stock Exchange after being operational for two years. Since the listing, the ownership structure has changed. In 2009 HPEC owned 32.6 percent, a highway company owned 13.7 percent, HPEC's employees owned 11.6 percent, and the company which operated this project owned 42.1 percent.

**Hebei Expressway**

The Hebei Expressway, located in the southeast of the Hebei Province, formed part of the priority section of the NTHS from Beijing to Shanghai. The Project comprised the construction of 140 km of a four-lane, controlled-access toll expressway connecting Qingxian to Wuqiao and upgrading about 230 km of county connector roads adjoining the expressway. An International Financial Institutions Loan Project Office was set up under Hebei Provincial Communications Department and its Highway Administration Bureau, and was responsible for planning, implementing, managing, and supervising the Project. The project was run by a Project Implementation Unit (PIU) which was set up under Hebei Provincial Communications Department. The PIU also acted as liaison between Hebei Provincial Communications Department, contractors, and suppliers. After the opening of the project expressway, the PIU was disbanded and staff reassigned to the International Financial Institutions Loan Project Office to handle the operation, management, and maintenance of the expressway, including other facilities of the expressway.

**Xiaogan-Xiangfan Expressway**

The Xiaogan-Xiangfan Expressway was a key element of the NTHS as part of the Shanghai-Wuhan-Xi'an-Urumqi corridor. The Project comprised construction of 243.5 km of a four-lane, controlled-access toll expressway in the western and mountainous part of Hubei and upgrading about 259 km of county connector roads. The Project Headquarter (Hubei Provincial Xiaoxiang Expressway Construction Headquarter) established within the Hubei Provincial Communications Department and a shareholding company owned by Hubei Provincial Communications Department (Hubei Provincial Xiao Xiang Expressway Company Ltd) were implementing the project.

**Taihe-Ganzhou Expressway**

The Taihe-Ganzhou Expressway formed a key part of the NTHS, as a section of the Beijing-Nanchang-Shenzhen corridor. The Project comprised the construction of 128 km of a four-lane, a design speed of 100 km/h, and a sub-grade width of 26 m toll expressway in Ganzhou, the second largest city in Jiangxi. The project also constructed interconnecting roads totaling 49 km and upgrading of about 180 km of county connector roads. The Project Management Office was set up under Jiangxi Provincial Communications Department and was responsible for all project stages. The Jiangxi Provincial Communications Department established the 'Ganzhou Administration Division' to be in charge of the operation, management and maintenance of the Taihe-Ganzhou Expressway.

**Zhengdian – Changsha Expressway**

The Zhengdian – Changsha Expressway formed a key part of the NTHS, as a section of the Wuhan-Changsha high-priority transport corridor. The project comprised the construction of 293 km of a four lane, access controlled toll expressway with a design speed of 120 km/h. The project also upgraded about 58 km of county connector roads. For the Hubei component, People's Government of Hubei Province founded the Hubei Jingzhu expressway construction headquarters and Hubei Jingzhu expressway Chief Engineer's Office, in charge of the implementation of each component in this project. For the Hunan component, Hunan Provincial Expressway Construction and Development Corporation was responsible for the construction of the project. After project was opened, Hunan Provincial Expressway Construction and Development Corporation established the Tucheng-Changsha Expressway Management Division to be in charge of operation, management and maintenance of the expressway.

Table 1 shows the general information of the projects.

## 3. Methodology

This research is based on secondary data from Asian Development Bank (ADB) and World Bank (WB) post-project appraisal reports, which are annually published and available to the public. These reports are prepared at the end of the project to record projects related practices, learned lessons, and performance in regards to 'triple constraints' –

**Table 1** General information of the selected projects

| Project name | Year of Start-Finish for Construction | New facility (km) | Upgrade (km) | Number of lanes | Total cost (USD million) | Debt/ Equity | Cost/km (USD million) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zhengdian – Changsha Expressway | 1999-2006 | 293 km | 58 km | 4 lanes | 890.80 | 75/25 | 2.30 |
| Changyu Expressway | 1999-2001 | 161 km | 240 km | 4 lanes | 470.00 | 67/33 | 0.27 |
| Xiaogan- Xiangfan Expressway | 2003-2007 | 244 km | 259 km | 4 lanes | 862.47 | 67/33 | 2.10 |
| Chengdu–Nanchong Expressway | 1999-2003 | 208 km | 300 km | 4 lanes | 772.20 | 54/46 | 0.34 |
| Hunan Expressway | 2002-2007 | 77 km | 0 km | 4 lanes | 182.60 | 52/48 | 0.28 |
| Taihe-Ganzhou Expressway | 2002-2006 | 130 km | 180 km | 4 lanes | 371.20 | 42/58 | 2.80 |
| Hebei Expressway | 1999-2003 | 140 km | 230 km | 4 lanes | 479.30 | 35/65 | 2.30 |

scope, time and cost. Individuals or organizations may consult these project records for future project planning and research. The results of the project appraisal are published every year and are available to the public.

The report is prepared under the direction of the project manager, incorporating information provided by consultants and contractors. Generally, upon completing the project, the executing agency submits its own report to the ADB/WB and within 12–24 months ADB/WB staff visit the project site and prepare the project completion report [6].

The focus of this paper is the emerging economy of China. This country represents almost 20% of the world population (Chinese official population clock) and has been ranked the second largest economies in the world (2015). The construction stage of the studied toll road projects was completed between 1999 and 2003. The projects are part of the national trunk highway system program and were designed to help eliminate road transport bottlenecks that constrained economic growth, particularly in the export-oriented manufacturing industry and agriculture.

The study has attempted to analyze the financials and costs of toll road projects in China after the construction stage and their three-to-five years of operation.

## 4. Analysis and results

### 4.1. Timely investment reflected in the high level of traffic demand

Demand forecasting is a major source of uncertainty and risk in the appraisal of transport infrastructure projects [7]. Traffic demand of seven projects were estimated and written in project appraisal documents which prepared by international consultants. It is found that all selected toll road projects had to face the problem of lower than expected traffic demand. The main reason was that toll roads were not developed in accordance with the socio-economic development. This is partly due to insufficient numbers of studies investigating the socio-economic conditions in addition to the fact that the economic development of regions was so low that traffic demand could not reach the planned level.

A good example can be seen in the case of Chengdu Nanchong Expressway. After this toll road was opened, the traffic volume was about 30% lower than expected in 2003 and about 20% lower in 2004. The actual traffic on Changyu Expressway was about 27.7% lower. The same problem happened to projects that were built and operated by government organizations. The actual traffic volumes on Hebei Roads Development, Hubei Xiaogan- Xiangfan Highway Project, Second Jiangxi Highway Project, National Highway Project were about 35%, 19%, 7%, 38% lower respectively.

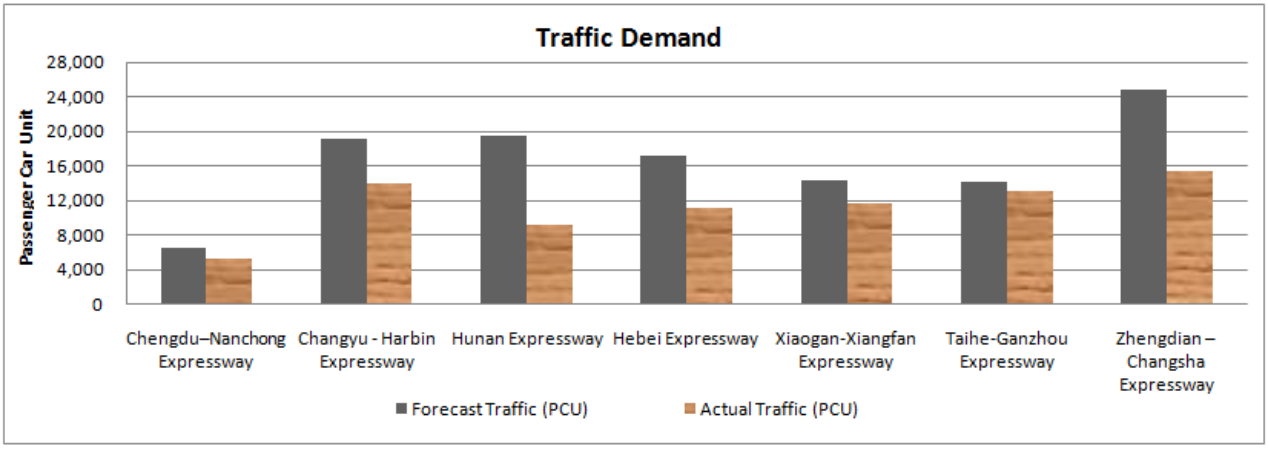



**Fig. 1** Difference between forecast and actual traffic demand

Figure 1 below shows the difference between forecasted and actual traffic demand. Additionally, traffic demand significantly influences the operating ratio, which measures the amount of operating expenses versus the total amount of operating revenue, since it impacts on the revenue generated through the toll rate. For all toll road projects selected for this study, the expressway was constructed with four-lane width, which was suitable for the traffic volume of around 25,000PCU-50,000PCU in the next five to ten years. In fact, it is found that the actual traffic flow of most projects was much lower than the expected volume of the designed width. The minimum planned traffic flow was only reached after about 10 to 15 years of operation. That was the reason why for some projects with two or three years delay, the operating revenue was higher than that for projects with no delay. Table 2 below shows the risk assessment for the impact of actual traffic demand on project financial sustainability. The longer period that traffic volume can reach 25,000 PCU, the higher the risk is.

The traffic demand has an immediate impact on the operating ratio of the projects. For instance, Chengdu–Nanchong Expressway project got a very high operating ratio (102 percent and 118 percent in the first two years of operation) since the project generated very low revenue. Its actual traffic demand was too low (5,214 PCU) compared with the designed traffic for four-lane expressway (25,000PCU – 50,000PCU). The traffic demand was forecasted to reach 25,000 PCU in 2022, 19 years after the project stared to operate.

By contrast, the operating ratio of Zhengdian – Changsha Expressway was much lower, decreasing from 52.7 percent in the first year to 32.9 percent in the fifth year. It can be seen that right after the start of operation, the actual traffic demand was about 90% of the forecast. The demand was also estimated to reach 28,860PCU in 2010, only after 7 years of operation. This shows that timely investment ensures proper traffic flows and high project revenues. Table 3 below shows the risk assessment for the impact of actual traffic demand on current operating ratio. It is obvious that that low traffic demand not only affects the financial sustainability of toll road companies in operation but also limits the attractiveness for investments of private sectors.

### 4.2. Coordinated development of toll roads, feeder roads, and industrial areas

The traffic growth rate determines the revenue of a project and hence its financial sustainability. It is obvious that the actual traffic growth rate is influenced by the upgrade of feeder roads and the development of local industrial zones along the toll road. This can be seen in the analyzed projects.

In Changyu Expressway Project, the economic development of the Project was coordinated in the project-influenced area and provincial government connected the project expressway to the adjacent road network through the construction of appropriate link roads and interchanges (240km). As a result, the growth rate of traffic demand was high and reached 25 percent in the first five year.

The Xiaogan-Xiangfan Expressway was developed in combination with the construction and upgrade of 259km local road network to improve the access of low-income counties to the markets in the economic centers, leading to 20- percent traffic growth in the first five years.

**Table 2** The impact of actual traffic demand on project financial sustainability

| Project name | Actual traffic demand | Duration before traffic flow reaches 25,000 PCU | Assessment for the timely investment | Risk assessment |
|---|---|---|---|---|
| Chengdu–Nanchong Expressway | 5,214 PCU | 19 years | Too early | Very high |
| Changyu - Harbin Expressway | 13,922 PCU | 7 years | Appropriate | Medium |
| Hunan Expressway | 9,212 PCU | 9 years | Early but needed | Medium |
| Hebei Expressway | 11,078 PCU | 4 years | Appropriate | Low |
| Xiaogan-Xiangfan Expressway | 11,588 PCU | 8 years | Early but needed | Medium |
| Taihe-Ganzhou Expressway | 13,114 PCU | 11 years | Early but needed | High |
| Zhengdian – Changsha Expressway | 15,364 PCU | 5 years | Appropriate | Low |

**Table 3** The impact of actual traffic demand on current operating ratio

| Project name | Actual traffic demand | Current Operating Ratio (%) | Risk assessment |
|---|---|---|---|
| Chengdu–Nanchong Expressway | 5,214 PCU | 88.9% (High) | Very high |
| Changyu - Harbin Expressway | 13,922 PCU | 27.2% (Low) | Low |
| Hunan Expressway | 9,212 PCU | 33.1% (Medium) | Medium |
| Hebei Expressway | 11,078 PCU | 39.0% (Medium) | Medium |
| Xiaogan-Xiangfan Expressway | 11,588 PCU | 59.9% (High) | High |
| Taihe-Ganzhou Expressway | 13,114 PCU | 34.4% (Medium) | Medium |
| Zhengdian – Changsha Expressway | 15,364 PCU | 42.2% (Medium) | Medium |

Hebei Expressway Project got the highest traffic growth rate (39 percent) since local Government increased the transport of building materials, mineral ore, steel, and timber from north-eastern China to the central region. In addition, the local road network was upgraded or constructed (230km) and major expressway interchanges with the surrounding network were established. It can be seen that the parallel development of industrial zones contributes significantly to the increase of traffic flows. This is well illustrated in the case of Hunan Expressway: the local Government advanced the opening of three economic development zones right after the opening of the expressway and the region around the expressway became a strategic business location. As a result, a dramatic traffic growth (25 percent) was witnessed although no local road upgrading was included in the project.

In contrast, Chengdu–Nanchong Expressway got the lowest traffic growth rate (11 percent). The Nanchong province, where the project was located, has several famous tourist spots and the economy depends mostly on tourism industry. The local Government planned to accelerate tourism-oriented development, by improving the infrastructure at several major tourist attractions, but failed to reach the planned growth rates. Thus, although the project included the upgrading of 300km local road, the traffic growth rate was very low. Table 4 below shows the risk assessment for the impact of traffic growth rate on future revenue through current operating ratio.

### 4.3. Appropriate combination of source of funds

There should be an appropriate relationship between the ability of generating revenue and the combination of funding sources [8]. The appropriate debt to equity ratio helps projects to have high leverage and get private investors for equity capital. If projects use too much debt while operating revenue being low, then almost all operating (revenue will be used for debt payments, hence the risk of losing the investment seems high.

**Table 4** The impact of actual traffic growth on current operating ratio

| Project name | Traffic growth rate (%) | Current Operating Ratio (%) | Risk assessment |
|---|---|---|---|
| Chengdu–Nanchong Expressway | 11.0% (Low) | 88.9% (High) | Very high |
| Changyu - Harbin Expressway | 25.0% (High) | 27.2% (Low) | Very low |
| Hunan Expressway | 25.2% (High) | 33.1% (Medium) | Low |
| Hebei Expressway | 38.6% (Very High) | 39.0% (Medium) | Low |
| Xiaogan-Xiangfan Expressway | 20.3% (Medium) | 59.9% (High) | Medium |
| Taihe-Ganzhou Expressway | 23.0% (Medium) | 34.4% (Medium) | Medium |
| Zhengdian – Changsha Expressway | 19.7% (Medium) | 42.2% (Medium) | Medium |

**Table 5** The impact D/E ratio on financial sustainability

| Project name | Actual traffic demand | D/E ratio | Debt coverage ratio(= Net operating income/Total Debt service) | Risk assessment |
|---|---|---|---|---|
| Chengdu–Nanchong Expressway | 5,214 PCU | 54/46 | 0.62 | Very high |
| Changyu - Harbin Expressway | 13,922 PCU | 67/33 | 1.34 | High |
| Hunan Expressway | 9,212 PCU | 52/48 | 1.00 | Medium |
| Hebei Expressway | 11,078 PCU | 35/65 | 0.72 | Medium |
| Xiaogan-Xiangfan Expressway | 11,588 PCU | 67/33 | 1.15 | Medium |
| Taihe-Ganzhou Expressway | 13,114 PCU | 42/58 | 3.51 | Low (project should use higher D/E ratio to get higher financial leverage) |
| Zhengdian – Changsha Expressway | 15,364 PCU | 75/25 | 3.72 | Low |

On the contrary, if a project uses too much equity while the ability to generate operating revenue is high, the leverage of debt will not be sufficiently used. The capital of Chengdu–Nanchong Expressway Project was raised from four sources: grant (18 percent), ADB loan (32 percent), domestic loan (21 percent) and equity (28 percent), and D/E ratio=60/40. In this project, high debt to equity ratio does not seem suitable since the project was constructed in an area where traffic demand was low. Hence, not enough revenue could be generated to cover the debt services, resulting in a very high operating ratio and accordingly the finance situation was unsustainable. The project, therefore, needed more support from Government to secure the financial condition and showed that the Government-Build-and-Operate model appeared more appropriate than a PPP model.

On the contrary, the Zhengdian – Changsha Expressway is located in an area with a high economic growth rate generating high traffic demand. Although this project had a high D/E ratio (75/25), its financial situation was still sustainable because of the sharp increase in revenue. Besides, with high profit and high returns on equity (ROE), the project was appealing for investors from private sector. Apparently, in this case, a Public Private Partnership model proved to be effective in reducing the financial burden of the Government.

As for Changyu Expressay, its finance situation was unsustainable despite its low operating ratio and high traffic demand. One possible reason was that the project owner used 50% of the revenue to invest to local construction project, so the cash available was low. In addition, the project had a high D/E ratio (66/34). Table 5 above shows the risk assessment of the toll road project which considering the impact of actual traffic demand and D/E ratio.

**Table 6** Toll rate level for car and small truck of each case study

| Project name | Chengdu–Nanchong Expressway | Changyu - Harbin Expressway | Hunan Expressway | Hebei Expressway | Xiaogan-Xiangfan Expressway | Taihe-Ganzhou Expressway | Zhengdian – Changsha Expressway |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Actual toll Rate (for cars and small trucks) | 0.32 | 0.40 | 0.35 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| Period to increase | 5 years | 5 years | 5 years | 5 years | 5 years | 5 years | 5 years |

### 4.4. Appropriate toll rate structure

The toll rate has a significant impact on toll road revenue since toll charges are the main source of revenue [11]. Tolls can be used to recover debt and operating expenses. The toll rate structures of Chengdu–Nanchong Expressway and Hunan Expressway were set at lower rates than other projects (0.32 and 0.35 CNY per vehicle-km respectively); hence, the operating ratio was higher since there was not enough revenue generated through toll.

Furthermore, the volume of traffic on the project expressway depends upon the toll charged. The proportion of vehicles that will transfer from the existing network to the new expressway depends upon the total cost of travel perceived by users and the savings expected from using the expressway. For the seven case studies investigated, toll rate was planned to increase by 10 percent to 15 percent every five years in current terms to offset the impact of domestic inflation. However, Provincial Department of Communication was unable to adopt a firm policy on future toll adjustments that would allow the developer to predict future revenues with confidence.

Moreover, the toll rate for large truck is assumed to remain at the current level for at least three to seven years. Most concession agreements regarding this matter are vague, mainly specifying that toll adjustments will adhere to provincial policies. Thus, investors have no option but to prepare for an additional risk premium. This additional cost would be lower if the concession agreement clarified how future toll increases would be handled (e.g. by specifying a fixed adjustment frequency and indexing the tolls to an independent standard of cost inflation). Table 6 above shows the toll rate level for car and small truck of each case study.

### 4.5. Limit the problem of truck overloading

Truck overloading was a problem throughout China and it was found that over 75% of trucks were overloaded with the average overload sometimes exceeding 100% [11]. A few years after opening, the right hand lane of many expressways already showed signs of damages due to the high number of overloaded trucks.

In Changyu Expressway Project, the excess of weight over the allowed maximum ranged from 18 to 27 tons per truck (equivalent to 3.6–4.5 tons of excess weight per axle.) The problem was rooted in the transformation of the formerly state-owned transport sector into a private one, an environment with higher competitive pressure. This pressure caused truck operators to manipulate axles, overload their vehicles, or maximize operating hours to increase the payload. These factors not only contributed to accidents but also had a negative impact on the economic life of the pavement and thus the sustainability of the expressway.

However, truck overloading was a national problem which cannot be addressed separately by each province. The expressway companies had no right to force overloaded trucks to stop and unload. The police did this for grossly overloaded trucks, which they spotted while on patrol and divert to a weighing station. However, these stations were too few to have a significant impact. They were also too small to impound more than a fraction of the culprits. Some provinces, including Jiangxi, had started charging overloaded trucks higher tolls, but even a doubling or tripling of the toll rate did not come near matching the amount of damage done to

**Table 7** The problem of truck overloading and solutions to each project

| Project name | Truck overloading happened | Solution to solve problem |
|---|---|---|
| Chengdu–Nanchong Expressway | Yes | Yes, a mobile weighing machine was in place at the Chengdu toll gate and is used for random weighing of heavy trucks. |
| Changyu - Harbin Expressway | Yes | No |
| Hunan Expressway | Yes | Yes, vehicle weigh-in-motion detectors were installed to detect overloaded trucks. However, the equipment was only installed at the northern entrance to the expressway on the Tianjin- Hebei border and at the southern entrance to the Hebei-Shandong border. By the end of 2006, weigh-in-motion stations will have been permanently installed along the expressway at all entry and exit points. |
| Hebei Expressway | Yes. Owing to the absence of weighbridges installed on the expressway, information on the level of truck loading had to be collected by visual assessment, supplemented by interviews with traffic engineers. It was found that more than 30 percent of the trucks (light, medium-size, and large) are routinely overloaded, and that the overload could reach 40 percent of the respective trucks' capacity. | No |
| Xiaogan-Xiangfan Expressway | Yes | Yes, by enhancing enforcement overloading of trucks was reduced from 90% to 15%. |
| Taihe-Ganzhou Expressway | Yes | No |
| Zhengdian – Changsha Expressway | Yes | Not yet, but Hunan Government decided to implement toll surcharge policy (levying higher tolls on overloaded trucks) from October 2006. |

the road by the extra heavy vehicle, since damage increased with the fourth power of the axle load.
To keep transport costs low, the Government has been reluctant to take strong measures to enforce legal axle loads. The measures presently in place, including spot checking and fining by the police, and higher tolls based on weigh, seem to do little to persuade truckers to reduce overloading. Another solution, which might not have been considered sufficiently, would be to increase the design axle load. Designing stronger pavements, while more costly initially, may lower the total cost of transport by allowing heavier trucks. Higher permissible axle loads may also make enforcement more acceptable to the transporters. Axle loads were increased in the European Union after studies showed that they would result in lower overall transport costs, including infrastructure and vehicle operating costs. Table 7 above shows the problem of truck overloading of each project and their solutions.

## 4. Conclusion

This paper describes a comprehensive examination of seven toll road projects in China. The operating of the seven toll road projects reveals various aspects of projects' financial

sustainability, such as revenue generation, penalty for truck overload, point of time of investment and some financial risk absorbing strategies. The study suggests the following five success factors that should be considered when developing toll road projects.

First, government should provide a proper toll rate structure and fix frequency of tolling adjustment to ensure the certainty of revenue stream and help toll road developers to foresee their profit.

Second, government should establish strict penalties for truck overloading to reduce the maintenance cost of toll roads.

Third, project developers need to select the point of time of investment carefully. An appropriate point of time of investment based on socio-economic situation ensures proper traffic demand.

Forth, project developers should develop toll road infrastructure in combination with feeder roads and industrial areas to guarantee sufficient actual traffic growth rate.

Fifth, project developers should use appropriate combination of sources of fund, corresponding to the ability to generate revenue of project.

## References

[1] ADB-financed TA 2952-PRC: Corporatization, Leasing, and Securitization in the Road Sector, Consultant's Final Report, December 2001.

[2] ojiro. Private sector participation in the road sector in China. Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific. 2003, No. 73.

[3] Ping, L., Sanli, Z. and Talvitie, A. (2005). New models for financing and managing highways: asset-based road corporations in China. World Bank Working Paper.

[4] Harris, C and Pratap, K.V. (2009). What drives private sector exit from infrastructure? World Bank Note No.46.

[5] Zou, P et al. (2007). Understanding the key risks in construction projects in China. *International Journal of Project Management*, 25, 601–614.

[6] ADB Project Performance Manual. Guidelines for preparing performance evaluation reports for public sector operations, guidelines, handbooks, manuals. February 2006.

[7] Flyvbjerg B, et al. How accurate are demand forecast in public work projects. *Journal of the American Planning Association*. 2005. 71(2).

[8] Gonzales, A.D. and Paul, H. (2000). Financing of private infrastructure investments in the emerging markets of Southeast Asia. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, *8*(2), 61-78.

[9] Ramamurti, R. (2003). Can government make credible promise? Insights from infrastructure projects in emerging economics. *Journal of International Management, 9*, 253-269.

[10] Zou, P et al. (2007). Understanding the key risks in construction projects in China. *International Journal of Project Management*, 25, 601–614.

[11] Yang, X and Lee, J. (2008). Toll road corporatization strategy: Toward better governance. Asian Development Bank.

# A Study of the Relationship between Quality, Customer Satisfaction, and Customer Loyalty in Public Transport of Hanoi, Vietnam

Paper Identification number: **AYRF15-005**

An Minh NGOC[1], Vu Anh TUAN[2], Luong Tuan ANH[1]

[1]Department of Transport Planning and Management
University of Transport and Communications
Telephone 84-(0)4 3766-4053, Fax. 84-(0)4 3766-6496
E-mail: anminhngoc79@yahoo.com, luongtuananh1988@gmail.com

[2]Vietnamese-German Transport Research Centre
Vietnamese-German University
Telephone +84-(0)650 222 0990, Fax. 043-261457
E-mail: Drtuan.va@vgtrc.vgu.edu.vn

## Abstract

This study explores the relationships between the service quality of public transport, customer satisfaction and loyalty while attempting to find out the influence of quality variables on customer satisfaction and customer loyalty, respectively. A case study in Hanoi City is conducted. Data is provided through on-board survey. A questionnaire-based survey was conducted to capture customers' perceptions. 500 samples were successfully collected with a financial support of University of Transport and Communication, Hanoi, Vietnam. By using the Structural Equation Modelling (SEM), this study firstly maps paths to many measured variables of quality, customer satisfaction, and loyalty and then analyses all the paths simultaneously to provide the complete picture of the relationships between quality, customer satisfaction, and customer loyalty, as well as the influence of customer satisfaction on customer loyalty. The main concern was in identifying important variables to customer satisfaction but customer loyalty that can be of significance when introducing measures that could encourage and attract private vehicle-using individuals to use public transport. The results of this study are important in the planning of new actions that encourages the use of public transport in Hanoi.

**Keywords:** Public transport, Service quality, Customer satisfaction, Customer loyalty

## 1. Introduction

Covering an area of more than 3.300km$^2$ and with a population of nearly seven million, Hanoi is one of the most populated cities in Asian after Jakarta (Indonesia) and Hochiminh City (Vietnam) and is facing a large number of travel demands[1]. Currently, Hanoi is dealing with high traffic congestion. Road users are composed of 80-90% motorcycles and 6-10% cars. Approximately 95% of road vehicles are private vehicles and only 2% are public bus transport (TRAHUD, 2009). Developing attractive and marketable public transport is critical; otherwise Hanoi will suffer even higher levels of congestion and other negative effects related to high private vehicle use.

Although Hanoi covers a vast area and has a large population, the public transport system consists of only a bus system with 71 routes and 1.200 bus vehicle, which serves more than one million trips every day (TRANCONCEN, 2011). This public bus system is over capacity. Over the past ten years, the city government has invested a large amount of money in the vehicle fleet and to improve service quality, with an aim to attract new users. However, whether the quality of service meets the customers' expectations is still unknown.

The significant of this study is better understanding the behaviour of the public transport users and the key factors affecting their choices in ridership. The results can be used to recommend public transport policy plans and define actions to reduce the gap between customers' needs and expectation and perceived values. Therefore, this article will explore the influence of service quality on customer satisfaction and loyalty by using

[1] Source: Data statistics available from Vietnam General Statistics Office (www.gso.gov.vn), and the Official Site of Jakarta Capital City (www.jakarta.go.id)

Structural Equation Modelling (SEM). The beneficial characteristic of this model is that it maps paths to many measured variables of quality, customer satisfaction, and loyalty and analyses all the paths simultaneously to provide the complete picture of the relationships between quality, customer satisfaction, and customer loyalty, as well as the influence of customer satisfaction on customer loyalty.

The structure of this paper is organized as follows: In section 2 we present the theoretical framework for public transport quality and customer satisfaction as well as review of the topics prerequisite to the understanding and application of structural equation models. The question of how to measure the relationship between the three concepts of quality, satisfaction, and loyalty is dealt with in section 3. The key findings are shown in section 4, according to the Structural Equation Model. The paper then offers a conclusion and recommends possible future work (section 5).

## 2. Literature Review

### 2.1. Quality, Customer Satisfaction and Customer Loyalty

Quality is defined by several definitions. For example, in the one hand, Joseph M.Juran (1998) states that quality has two meanings that are critically important to its management. Quality means "features of products which meet customer need and thereby provide customer satisfaction". In the other hand, Parasuramne et al (1988) defines service quality as "a comparison between customer expectation and perception of service". The most complete definition comes from ISO 9000, where quality is defined as "the degree to which a set of inherent characteristics fulfil requirement".

As defined by Yannis. T. et al. (2007), customer satisfaction is an indicator used to define and assess quality of service. In public transport, customer satisfaction can be defined as the overall level of attainment of a customer's expectations.

Loyalty is developed over a period of time from a consistent record of meeting, and sometimes even exceeding customer expectations (Teich, 1997). Gremler & Brown (1996) offer one definition of customer loyalty as the degree to which a customer exhibits repeat purchasing behavior from a service provider, possesses a positive attitudinal disposition toward the provider, and considers using only this provider when a need for this service exists. Zeithaml et al. (1996) states that loyalty is a multi-dimensional construct and includes both positive and negative responses. However, a loyal customer may not necessarily be a satisfied customer. Colgate et al. (1996) also noted that it is not always the case that customer defection is the inverse of loyalty, while Levesque and Mc Dougall (1993) suggested that, "even [if] a problem is not solved, approximately half of the customers would remain with the firm".

The relationship between those items is complex due to the intricate interplay between performance dimension used in each item. For example, Oktiani (2009) indicates that quality is one dimension on which satisfaction is based, and satisfaction is one potential influence on quality perceptions. Meanwhile, Eboli and Mazzulla (2007) found that perceived quality attributes of bus service had an impact on customer satisfaction. Joewono and Kubota (2007) also found a significant relationship between overall satisfaction and loyalty in predicting the customer's use of the public transport service in the future.

### 2.2. Structural Equation Modelling (SEM)

SEM is a group of statistical techniques firstly introduced by Sewall Wright (1921). In the 1940's, it was developed into testing and estimating causal relationships. SEM is considered to be a methodology for representing, estimating, and testing a network of relationships between variables (measured variables and latent constructs).

The SEM model contains two inter-related models – the measurement model and the structural model. The measurement model defines the constructs (latent variables) that the model will use, and assigns measured variables to each. Meanwhile, the structural model defines the causal relationship among these latent variables.

SEM may be used to consider the relationships among attributes that compose customer satisfaction, and the relationships between quality and customer satisfaction or quality and loyalty, as well as customer satisfaction and loyalty. The advantage of this model is that it breaks down the many drivers of customer satisfaction and reveals the relationships among many levels of variables (Stuart et al, 2000).

## 3. Methodology

### 3.1. Model and Hypotheses

Based on the literature, this study develops some hypotheses to investigate the influences of public transport quality and customer satisfaction and customer loyalty as well as the influence of

customer satisfaction on customer loyalty. Three hypotheses are developed to explore the direct effect of these factors.

*Hypothesis 1 (H1):* Public transport quality has positive influences on customer satisfaction.

*Hypothesis 2 (H2):* Public transport quality has positive influences on customer loyalty.

*Hypothesis 3 (H3):* Customer satisfaction has positive influences on customer loyalty

The theoretical model and assumptions are presented in Fig. 1.

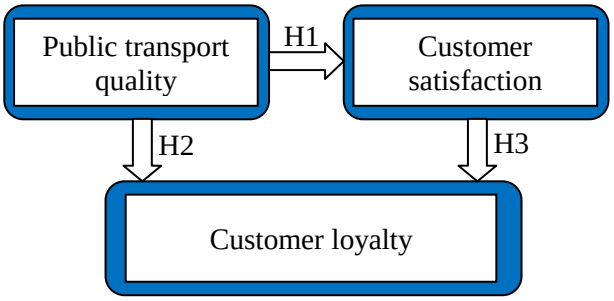



**Fig. 1** Theoretical model and hypotheses

This study uses thirteen (13) indicators to measure quality, three (3) indicators are used to rate the customer satisfaction and two (2) indicators are used to measure customer loyalty. Table 1 illustrates the indicators (manifest variables) that are used in the model.

### 3.2. Scale Rate

All survey indicators are measured on a five-point Likert-type scale. For quality, likert-type scale rates from very good, good, neither good nor not good, bad and very bad.

Meanwhile, for customer satisfaction and customer loyalty, likert-type scale rates ranged from strongly disagree, disagree, neither agree nor disagree, agree and strongly agree.

**Table 1** The variables used in the modeling process

| Quality | Satisfaction | Loyalty |
|---|---|---|
| Q1-Punctuality and reliability<br>Q2-Network coverage<br>Q3-Customer care<br>Q4-Passenger information<br>Q5-Speed<br>Q6-Ticket availability<br>Q7-Safety<br>Q8-Security<br>Q9-Span of service<br>Q10-Envir. Friendliness<br>Q11-Bus comfort<br>Q12-Stop comfort<br>Q13-Fare | Sa1-Satisfaction of physical condition of bus stops<br>Sa2-Satisfaction of journey<br>Sa3-Overall satisfaction of performance | Loy1: I use the bus for every trips.<br>Loy2: My first choice for transportation is the bus |

### 3.3. Sample

The sample of this study is narrowed down to Hanoi Capital of Vietnam. Gorsch (1983) and Hatcher (1994) recommend a minimum sample to indicator ratio of at least 5:1. It means that if the indicators of this study are 18, the minimum sample is 90. However, these authors note that higher ratios are generally better. For the purpose of this study, 500 respondents were selected for a questionnaire survey and direct observations were made on buses.

### 3.4. Data analysis

Statistical tools (SPSS) were used for data input and analysis. Initially the data was coded in numerical order in an excel spreadsheet for easy data entry purposes before it was transferred to the SPSS spreadsheet. All data was first scanned and treated for errors and missing values; the data was visually scanned for errors in data entry.

Prior to assessing the measurement scales, descriptive statistics were conducted with the

assistance of SPSS 17. The mean and standard deviation were initially tested to identify the central tendency and dispersions of the variables. Subsequently, this study conducted reliability tests and exploratory factor analysis (EFA) by SPSS 17 to initially purify the scale measurement and check the unidimensionality of each construct. Scale reliability refers to the proportion of variance attributable to the true score of latent variables, which can be defined as the internal consistency reliability. The internal consistency of a scale is an important measurement property as it implies that items of the scale, notwithstanding their distinctiveness and specificity, share a common core and measure the same concept. This study evaluates the internal consistency reliability of scales by testing their coefficient alpha (Cronbach α) and item-to-total correlation for each construct in the theoretical model. Theoretically, the coefficient alpha is concerned with the degree of interrelatedness among a set of items designed to measure a single construct. Items with a corrected item-to-total correlation above 0.3 and constructs with a coefficient alpha about 0.5 are accepted for scale reliability.

The primary objectives of an exploratory factor analysis are to determine the number of common indicators influencing a set of measures and the strength of the relationship between each factor and each observed measure in this research. The method of principal component analysis with varimax rotation to evaluate the unidimensionality of the latent variables is used in EFA. According to Hair et al. (2006), there are some rules to drop off the items in factor analysis such as eigenvalue less than 1.0, factors with only one item in them, items without loading factors, items with similar or near loadings to more than one factor, and items with item communality greater than 0.4. EFA is used to ensure that the manifest variables are loaded on their intended construct and items loading on other factors are eliminated from further consideration. The remaining items are then used to estimate in structural equation models.

Finally, we use the measurement scales refined in reliability tests and EFA as input for simultaneously estimating the measurement and structural models by applying AMOS (Analysis of Moment Structures).

## 4. Results

### 4.1. Descriptive Analysis

- **Basic Information**

The basic information of respondents is illustrated in Table 2. The age of interviewed passengers is distributed as follow: For public transport users, the age under 24 is 58.54%; the age of 24-34 is 25.61%; the age of 35-55 is 13.21%, and the age from 55 is 2.65%.

**Table 2** Basic information of respondents

| | **Percentage** |
|---|---|
| **Age** | |
| Less than 24 year | 58.54% |
| 24-34 year | 25.61% |
| 35-55 year | 13.21% |
| More than 55 year | 2.65% |
| **Income** | |
| Under 2 million | 49.06% |
| 2-4 million | 17.93% |
| 4-6 million | 20.75% |
| Above 6 million | 12.26% |
| **Purpose** | |
| To or from work | 21.69% |
| To or from school | 36.79% |
| Leisure | 18.87% |
| Others | 22.64% |

The income of major public transport users (49%) is under USD 100; the people with income of USD 100-200 make up 17.93% which is ranked third; and ranked second is the people with income of USD 200-300 with 20.75%; 12.26% of public transport users have income of from USD 300.

Commuting trips (i.e., going to work or study) accounts for the highest percentage of the total (58.48%). Non-mandatory trips (i.e., shopping, leisure) take 18.87% of the total trips. The rest are mainly consisting of back home with 22.64% of total bus trips.

- **Trip Information**

Trip information is set out in Table 3. Trip length has affected on mode choice because access and waiting times dominate the total journey-time.. Majority of the people, about 41.51% respondents have to travel for more than 7 km. 26.27% mostly go for 5-7 km, 21.70% mostly for 3-5 km and 7.5% for less than 3 km.

**Table 3** Trip information

| | Percentage |
|---|---|
| **Trip length** | |
| 1-3 km | 7.50% |
| 3-5 km | 21.70% |
| 5-7 km | 26.42% |
| More than 7 km | 41.51% |
| **Bus use frequency** | |
| Everyday | 23.59% |
| Three day per week | 23.59% |
| Every week | 40.57% |
| First time | 9.43% |
| **Average walking distance** | |
| Less than 200 m | 24.53% |
| 200 – 400 m | 29.25% |
| 400 – 700 m | 19.81% |
| More than 700 m | 23.59% |

Respondents are asked how often they used the bus for given trip purpose. 23.6% of users choose bus for both daily trips and three day per week. Less than a half of respondents choose bus for weekly trips (40.57%). People who rarely use bus account for 9.43%.

Bus public transport seems to be only attractive within a maximum buffer corridor of 400 meters. Accessibility by walking to the bus stops is restricted for the people who live over 400 metres. Unfortunately, only about 54% of respondent access to/from bus stop with less than 400 meters walking.

## 4.2. Statistical Analysis

- **Reliability test and factor analysis**

Firstly, reliability test and factor analysis will be conducted to evaluate factorial solutions of each component. Any measured variable whose communality (CO) is less than 0.4 or whose item-total correlation (ITC) is less than 0.30 is dropped out. Table 4 provides descriptive statistics of the items including mean, standard deviation (SD), and results of reliability test.

**Table 4** Descriptive statistics and reliability test

| Component | Mean | SD | ITC | CO |
|---|---|---|---|---|
| **Quality (Cronbach alpha = 0.822)** | | | | |
| Q1-Punctuality and reliability | 3.26 | 0.73 | 0.62 | 0.69 |
| Q2-Network coverage | 3.88 | 0.97 | 0.31 | 0.56 |
| Q3-Customer care | 3.44 | 0.65 | 0.65 | 0.67 |
| Q4-Passenger information | 3.88 | 0.73 | 0.56 | 0.46 |
| Q5-Speed | 3.39 | 0.99 | 0.46 | 0.75 |
| Q6- Ticket availability | 4.07 | 0.89 | 0.52 | 0.62 |
| Q7-Safety | 3.35 | 0.89 | 0.37 | 0.68 |
| Q8-Security | 3.01 | 1.06 | 0.45 | 0.75 |
| Q9-Span of service | 2.51 | 0.99 | 0.47 | 0.61 |
| Q10-Envir. friendliness | 2.97 | 0.99 | 0.45 | 0.74 |
| Q11-Bus comfort | 3.33 | 0.91 | 0.47 | 0.60 |
| Q12-Stop comfort | 3.42 | 0.94 | 0.42 | 0.49 |
| Q13-Fare | 4.37 | 0.77 | 0.42 | 0.64 |
| **Satisfaction (Cronbach alpha = 0.703)** | | | | |
| Sa1-Satisfaction of physical condition of bus stops | 3.04 | 0.72 | 0.44 | 0.19 |
| Sa2-Satisfaction of journey | 3.87 | 0.78 | 0.33 | 0.51 |
| Sa3-Overall satisfaction of performance | 3.70 | 0.85 | 0.31 | 0.51 |
| **Loyalty (Cronbach alpha = 0.696)** | | | | |
| Loy1: I use the bus for every trip. | 3.42 | 1.09 | 0.54 | 0.57 |
| Loy2: My first choice for transport is the bus | 3.14 | 1.25 | 0.54 | 0.63 |

The results of the reliability test for quality indicate that no measured variable is removed out because ITC is greater than 0.3 and communality is greater than 0.4. The coefficient alpha is found to meet the criteria (Cronbach alpha = 0.822). The mean score of measured variables has averages ranging from 2.51 to 4.37.

Customer Satisfaction is measured through three variables Sa1-satisfaction of physical condition of bus stops, Sa2-satisfaction of journey, and Sa3-overall satisfaction of performance. Sa1 has the item-to-total correlations less than the threshold value; this variable, therefore, was dropped when we recalculated the measurement model.

The assessment of internal consistency reliability for factor Customer Loyalty shows an acceptable level of coefficient alpha (0.696). All the item-to-total correlations are found to be greater than the threshold value. The mean scores range from 3.14 to 3.42, indicating the average loyalty for public transport.

There are four factors were found from FA for quality as illustrated in Table 5. Factor 1 includes the measured variables of Q3-customer care, Q9-span of service, Q10-environmental friendliness, and Q11-bus comfort. Hence, the first factor is termed as planning and environment. The second factor contains two variables: Q1-punctuality and reliability, and Q5-speed and is termed as reliability. The third factor combines three variables, which are Q7-safety, Q8-security, and Q12- stop comfort. It is termed as safety and comfort. Finally, the forth factor includes three variables, which are Q2-network coverage, Q6-ticket availability, and Q13-fare and is termed as availability.

- **Structural Equation Modelling**

In order to test the fit of model, this study uses four fit indices: Chi-square, Root mean square error of approximation (RMSEA), Normed-fit index (NFI), and Comparative fit index (CFI). The threshold value and the calculated results are mentioned in Table 6.

In this case, both the ratio of the Chi-square to the degrees of freedom (1.67) and Root mean square error of approximation (RMSEA) index (0.079) indicate that the model is a reasonably good-fitting model and could be estimated with the respondent's data. Furthermore, the value of CFI (comparative fit index) and NFI (Normed-fit index) greater than 0.9 consolidate this affirmation.

**Table 5** Factor analysis results

| | **Planning and envir.** | **Relia-bility** | **Safety and comfort** | **Avail-ability** |
|---|---|---|---|---|
| **Quality** | | | | |
| Q3 | 0.66 | | | |
| Q9 | 0.76 | | | |
| Q10 | 0.75 | | | |
| Q11 | 0.58 | | | |
| Q1 | | 0.71 | | |
| Q5 | | 0.84 | | |
| Q7 | | | 0.55 | |
| Q8 | | | 0.84 | |
| Q12 | | | 0.66 | |
| Q2 | | | | 0.72 |
| Q6 | | | | 0.67 |
| Q13 | | | | 0.76 |

**Table 6** Value of fit indices

| **Fit indicators** | **Threshold value** | **Estimated results** |
|---|---|---|
| Chi-square/df | 1.00 – 2.00 | 1.67 |
| RMSEA | ≤ 0.8 | 0.079 |
| NFI | ≥ 0.9 | 0.936 |
| CFI | ≥ 0.9 | 0.959 |

The findings from the statistical tests are shown in Table 6. The standardized estimates for all the indicators are positive and significant at 1 % level of significance. The results of structural model indicate that H1, H2 and H3 are significant and in the positive directions.

Referring to Table 6, quality is significantly associated with customer satisfaction. This result is similar to the findings in other studies (Oliver, R.L. (1997); Eboli & Mazzulla, 2007). Furthermore, quality is also found to have positive relationship with customer loyalty. This result can lead to the conclusion that there is a changing trend and respondents treat quality as an important measurement of satisfaction.

**Table 6** Key results

| Hypothesis | | | Est. | S.E | P |
|---|---|---|---|---|---|
| H1 | Service quality | –► Customer Satisfaction | 3.23 | .25 | .02 |
| H2 | Service quality | –► Customer Loyalty | 0.48 | .13 | .01 |
| H3 | Customer Satisfaction | –► Customer Loyalty | 0.39 | 0.2 | .03 |

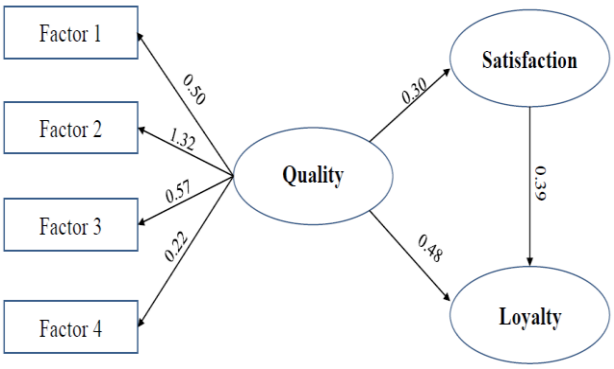



**Fig. 2** Structural model

From the fig. 2, it can be investigated from passengers' perspective that span of service and environment friendliness are the elements that have the significant impact on customer satisfaction and loyalty. However, they are not satisfied with these attributes. By contrast, punctuality/reliability and travel speed are the elements that have the great influence on customer satisfaction and loyalty but customers are relative satisfied with these attributes. Therefore, it can assumed that in the short terms, the most of the opportunities for improvement are related to improving span of service and transport environment and that these improvements would consequently shift non-users to using bus. In the long terms, the improvement should focus on punctuality and travel speed.

These results also imply that current measures such as heavy investment in the vehicle fleet and improving passenger comfort that were implemented by the city government to enhance quality would be effective in improving customer satisfaction and ensuring customer loyalty.

On the other hand, both quality and customer satisfaction have positive influences on customer loyalty. The effect size of these factors on loyalty is medium with Standardized Regression Weight obtaining the value 0.484 and 0.391, respectively. These values demonstrate that the changes in quality can account for 0.48% of the variance in loyalty and the changes in customer satisfaction can account for 0.39% of the variance in loyalty. The finding is supported by the previous researchers including Bloemer & Kasper (1995), Yannis.T. et al. (2007), and Joewono & Kubota (2007).

## 5. Conclusions/Discussions

This paper examined the effect of perceived quality on customer satisfaction and customer loyalty, as well as the relationship between customer satisfaction and customer loyalty. Feedback from respondents concerning various aspects of quality were summarized by the FA into three factors combine eleven measured variables, the last of measured variables were dropped out because their communality is less than 0.4 or their item-total correlation is less than 0.3. The SEM results showed that significant effect of quality on satisfaction was detected and that both quality and customer satisfaction was positively significant in customer loyalty.

As mentioned in the introduction, several studies have demonstrated the causal relationship between customer satisfaction and customer loyalty (Kubota, 2007). In view of that finding, in this study, we chose to hypothesize about the possible effect of the quality on the customer loyalty as well as effect of customer satisfaction on customer loyalty. The results indicate that these hypotheses were confirmed in Hanoi. Thus, efforts to make bus service in Hanoi more attractive to users could increase patronage for the bus. Finally, the SEM model in this study still did not have high goodness of fit, as shown by the indexs of CFI, NFI. This implies that other important variables such as on-time performance, waiting time at transfer, accessibility to disabled and mobility impaired persons may be lacking in this study. Such deficiencies in this study should be explored in follow-up research.

The results from SEM can be used by policy and decision makers to improve the service provided to customers. In this case, looking on the short term, the quality attributes that have the relative importance on bus users' satisfaction and loyalty are span of service (load factor = 0.76) and environmental friendliness (load factor = 0.75) with regression weight in the model is 0.50. Moreover, passengers are particularly dissatisfied with these attributes. Therefore, the need special attention is:

- Transport operators need to pay attention to span of service in operation process. They have plans to extend service hours in day.

- An improvement of environment may increase customer satisfaction. Therefore, transport authorities need to pay attention to improve transport environment.

Otherwise, in the long terms, a well-coordinated timetable and bus priority should be the primary concern of the policy makers in Hanoi, followed by other quality attributes such as safety, security and comfort. In addition, the transport operators should include in their plans immediate measures placing more emphasis on the service punctuality and speed improvement.

In conclusion, this study focuses how structural equation modelling may be used to analyze the relationship between quality - customer satisfaction – customer loyalty and how the results and findings of its may contribute to policy and decision making. The transport operators and authorities should include in their quality control programs such as development of quality measurement, formulation of short and medium term action plans. This study may also assist in operational adjustment related to service punctuality, travel speed, security, safety and other attributes.

**Acknowledgment**

This research was conducted at University of Transport and Communication, Hanoi, Vietnam and supported by Consulting Centre for Transport Development (TRANCONCEN) of University of Transport and Communications. The authors would like to pay sincere gratitude to TRANCONCEN.

## References

[1] Bitner, M. J. (1990). Evaluating service encounters the effects of physical surroundings and employee responses. *Journal of Marketing, 52(2)*, 69-82.

[2] Bloemer, J.M.M., and Kasper, H.D.P. (1995). The complex relationship between consumer satisfaction and brand loyalty. *Journal of Economic Psychology*, 16, 311-329.

[3] Colgate, M., et al., (1996). Customer defection: a study of the student market in Ireland. *International Journal of Bank Marketing*, 14(3), 23-29.

[4] Gremler, D.D., and Brown, S.W. (1996). Service loyalty: its nature, importance and implications. Proceedings American Marketing Association, 171-180.

[5] Eboli, L., Mazzulla, G. (2011). A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view. *Transport Policy*, Vol. (18), 172–181.

[6] Ennew, C.T., and Binks, M.R. (1996). The impact of service quality and service characteristics on customer retention: small businesses and banks in the UK. *British Journal of Management*, 7, 219-230.

[7] Joewono and Kubota (2007). User satisfaction with paratransit in competition with motorization in Indonesia: Anticipation of future implications. *Transport*, 33(3): 337-355.

[8] Juran, J. M. (1998). Juran's quality handbook. McGraw-Hill companies, Inc.

[9] Kotler, P., et al. (1999). Marketing management: An Asian perspective. New Yersey: Prentice Hall Inc.

[10] Levesque, T.J., and McDougall, G.H.G. (1993). Managing customer satisfaction: the nature of service problems and customer exit, voice and loyalty. *Asia Pacific Journal of Quality Management*, 2(2), 40-58.

[11] Oktiani Astuti Budiono (2009), Customer satisfaction in public bus transport – A study of travelers' perception in Indonesia. Master thesis, Karlstad University.

[12] Oliver, R.L. (1997). Satisfaction: A behavioural perspective on the consumer. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

[13] Satoshi Fujii, Hong Tan Van (2009). Psychological determinants of the intention to use the bus in Hochiminh City. *Journal of Public Transportation*, Vol. 12, No. 1.

[14] Trinh Tu Anh et al., (2005). Analyzing of bus service in Hanoi, Vietnam. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.5, pp.352-362.

[15] Parasuraman, A., et al (1988). Servqual: A multiple-item scale for measuring consumer perception of service quality. *Journal of Retailing*, Vol. 64, No. 1, pp. 12-40.

[16] Teich, I. (1997). Holding on to customers: the bottom-line benefits of relationship building. Bank Marketing, 29(2), 12-13.

[17] TRAHUD project (2009). Draft report of traffic engineering evaluation. This report is one part of the project of Traffic Safety Human

Resource Development in Hanoi (TRAHUD) which was full-fledgedly formed by Hanoi People Committee.

[18] Tranconcen (2011). Proposal of public transport improvement in Hanoi Capital in period of 2011-2015 and oriented to 2020. Final Report.

[19] Yannis. T. et al. (2008). Public transit user satisfaciton - Variability and policy implications. *Transport Policy*, Vol. (15), 260–272, 2008

[20] Yannis. T. et al. (2008). A complete methodology for the quality control of passenger Services in the Public Transport Business. *European Transport*, pp.1-16.

[21]. Zeithaml, V.A., et al. (1996). The behavioral consequences of service quality. *Journal of Marketing*, 60, April, 31-46.

# แนวทางการออกแบบเส้นทางจักรยาน โดยการมีส่วนร่วมของประชาชน กรณีศึกษา เทศบาลนครนครสวรรค์

# Design Guideline of Bicycle Lane from Public Participation A Case Study of Nakhon Sawan Municipality

**หมายเลขบทความ : AYRF15-007TH**

ยุภาพร บุณประเสริฐ[1] , ประพัทธ์พงษ์ อุปลา[2]

Yupaporn Bunprasert, Prapatpong Upala

[1] กลุ่มวิชาการวางแผนภาคและเมือง สาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02-329-8384 โทรสาร 02-329-8383
E-mail: aomminiart@gmail.com

[2] กลุ่มวิชาการวางแผนภาคและเมือง สาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02-329-8384 โทรสาร 02-329-8383
E-mail: p_upala@yahoo.com

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นในเรื่องของการออกแบบเส้นทางจักรยานโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อพัฒนากระบวนการมีส่วนร่วมในสังคม โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ (1) เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ ข้อจำกัด และกฎหมาย ของเส้นทางจักรยาน (2) เพื่อศึกษารูปแบบของเส้นทางจักรยานที่ได้มาตรฐาน (3) เพื่อศึกษากระบวนการการมีส่วนร่วมของประชาชนในการแสดงความคิดเห็นต่อรูปแบบเส้นทางจักรยานที่เหมาะสม (4) เพื่อเสนอแนะเส้นทางจักรยานที่เหมาะสมพื้นที่ศึกษา การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้ (1) การสำรวจทางภายภาพ (2) การสังเกตและการจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) โดยมีผู้ที่เกี่ยวข้อง 4 ส่วน คือ (1) ผู้บริหาร (2) นักออกแบบ (3) ผู้ใช้งาน/ประชาชน (4) สื่อมวลชน ผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดการใช้จักรยานของประชาชนในพื้นที่มี 2 ปัจจัย คือ (1) ปัจจัยด้านการรณรงค์การใช้จักรยานเพื่อให้ประชาชนในพื้นที่เกิดความสนใจในการใช้จักรยาน (2) ปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของเส้นทางจักรยาน จะทำให้ประชาชนหันมาใช้จักรยานมากขึ้น เพราะกระบวนการมีส่วนร่วมนั้นมีส่วนสำคัญที่ทำให้ไม่เกิดความขัดแย้งในพื้นที่ และนำไปสู่การเกิดเมืองจักรยานแบบยั่งยืนได้

**คำสำคัญ:** 1) จักรยาน 2) เส้นทางจักรยาน 3) การมีส่วนร่วม

## Abstract

The purpose of this research are (1) to study physical of bicycle lane, limitations and law of bicycle lane (2) to study standard of bicycle lane (3) to study public participation of suitable bicycle lane and (4) to design the suitable bicycle lane in study area. The research tools are composed of the physical survey questionnaire, design evaluation and focus group. The target group are administrators, designers, bicycle users, and mass communication. Data was analyzed by content analysis. The results shown that there are 2 factors encourage people use bicycle: the first is the cycling campaign that can attract people, and the second is facility of bicycle lane that induce to increase of bicycle users.

**Keywords:** 1) Bicycle 2) Bicycle Lane 3) Participation

**1. บทนำ**

การใช้จักรยานเป็นพาหนะมีประโยชน์หลายประการ การปั่นจักรยานก่อให้เกิดผลดีต่อร่างกายโดยทำให้ระบบไหลเวียนเลือดดีขึ้น ทำให้หัวใจและกล้ามเนื้อแข็งแรง ช่วยเสริมสร้างสุขภาพที่ดีให้แก่ผู้ขับขี่ จักรยานยังถือว่าเป็นพาหนะเดียวที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเดินทางน้อย และเป็นการอำนวยความสะดวกสำหรับคนส่วนใหญ่ มีความเหมาะสมสำหรับคนทุกระดับรายได้ และทุกวัตถุประสงค์การเดินทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในระยะที่ไกลเกินกว่าจะเดินเท้าได้ และใกล้เกินกว่าจะใช้รถยนต์ส่วนบุคคล หรือบริการขนส่งสาธารณะหรือพื้นที่ที่บริการขนส่งสาธารณะเข้าไม่ถึง [4]

จากประโยชน์ของการใช้จักรยานดังกล่าวในต่างประเทศจึงได้มีการส่งเสริมการใช้โดยทั่วไป โดยในปัจจุบันประเทศที่มีพลเมืองใช้จักรยานมากที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรได้แก่ ประเทศเนเธอร์แลนด์ เทศบาลนครนครสวรรค์เป็นหน่วยงานหนึ่งที่เห็นถึงความสำคัญของการใช้จักรยานเป็นพาหนะในการเดินทาง เนื่องจากพื้นที่ในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์มักจะประสบกับปัญหาการจราจรอยู่เสมอ เทศบาลนครนครสวรรค์จึงได้จัดทำโครงการนครสวรรค์เมืองจักรยานขึ้น เพื่อรณรงค์ให้ประชาชนปั่นจักรยานและใช้จักรยานในชีวิตประจำวัน ทั้งเพื่อการสัญจร การออกกำลังกาย และการรักษาสุขภาพ

อย่างไรก็ตาม การใช้จักรยานเป็นพาหนะให้ปลอดภัยต้องมีเส้นทางจักรยานที่ได้มาตรฐาน ทั้งนี้การออกแบบเส้นทางจักรยานต้องสอดคล้องกับสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ในแต่ละพื้นที่และต้องสอดคล้องกับความต้องการของผู้ขับขี่จักรยานในแต่ละพื้นที่ด้วย ซึ่งการออกแบบเส้นทางจักรยานให้สอดคล้องกับกับความต้องการของผู้ขับขี่จักรยานนั้น ต้องนำกระบวนการการมีส่วนร่วมเข้ามาบูรณาการในการออกแบบเส้นทางด้วย [3] [1]

วันชัย วัฒนศัพท์ (2551) [3] ได้สรุปประโยชน์ของการมีส่วนร่วมของประชาชนมีดังนี้

1) คุณภาพของการตัดสินใจดีขึ้น เนื่องจากกระบวนการปรึกษาหารือกับสาธารณชนจะช่วยสร้างความกระจ่างให้กับวัตถุประสงค์และความต้องการของโครงการหรือนโยบาย และบ่อยครั้งที่การมีส่วนร่วมของประชาชนนำมาสู่การพิจารณาทางเลือกใหม่ ๆ ที่น่าจะเป็นคำตอบที่มีประสิทธิผลที่สุดได้

2) ใช้ต้นทุนน้อยและลดความล่าช้าลง แม้ว่าการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมจะต้องใช้เวลาและมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการตัดสินใจฝ่ายเดียว แต่การตัดสินใจฝ่ายเดียวที่ไม่คำนึงถึงความต้องการแท้จริงของประชาชนนั้น อาจนำมาซึ่งการโต้แย้งคัดค้านหรือการฟ้องร้องกัน อันทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในระยะยาว เกิดความล่าช้าและความล้มเหลวของโครงการได้ในที่สุด

3) การสร้างฉันทามติ การมีส่วนร่วมของประชาชนจะสร้างข้อตกลงและข้อผูกพันอย่างมั่นคงในระยะยาวระหว่างกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน ช่วยสร้างความเข้าใจระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ลดข้อโต้แย้งทางการเมืองและช่วยให้เกิดความชอบธรรมต่อการตัดสินใจของรัฐบาล

4) การนำไปปฏิบัติง่ายขึ้น การเข้ามามีส่วนร่วมในการตัดสินใจทำให้ประชาชนมีความรู้สึกของการเป็นเจ้าของการตัดสินใจนั้นและทันทีที่การตัดสินใจได้เกิดขึ้น พวกเขาก็อยากเห็นมันเกิดผลในทางปฏิบัติ และยังอาจเข้ามาช่วยกันอย่างกระตือรือร้นอีกด้วย

5) การหลีกเลี่ยงการเผชิญหน้าที่เลวร้ายที่สุด เพราะการเปิดโอกาสให้ฝ่ายต่าง ๆ เข้ามาแสดงความต้องการและข้อห่วงกังวลตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ จะช่วยลดโอกาสของการโต้แย้งและการแบ่งฝ่าย ที่จะเป็นปัจจัยให้เกิดการเผชิญหน้าอย่างรุนแรงได้

6) การคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือและความชอบธรรม เนื่องจากกระบวนการตัดสินใจที่ โปร่งใสและเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม จะสร้างความน่าเชื่อถือต่อสาธารณชนและเกิดความชอบธรรมโดยเฉพาะเมื่อต้องมีการตัดสินใจในเรื่องที่มีการโต้แย้งกัน

7) การคาดการณ์ความห่วงกังวลและทัศนคติของสาธารณชน เพราะเมื่อเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้มาทำงานร่วมกับสาธารณชนในกระบวนการมีส่วนร่วม พวกเขาจะได้รับรู้ถึงความห่วงกังวล และมุมมองของสาธารณชนต่อการทำงานขององค์กร ซึ่งจะทำให้เจ้าหน้าที่สามารถคาดการณ์ปฏิกิริยาตอบสนองของสาธารณชนต่อกระบวนการและการตัดสินใจขององค์กรได้

8) การพัฒนาภาคประชาสังคม ประโยชน์อย่างหนึ่งของการมีส่วนร่วมของประชาชน คือ ทำให้ประชาชนมีความรู้ทั้งในส่วนของเนื้อหาโครงการและกระบวนการตัดสินใจของรัฐ รวมทั้งเป็นการฝึกอบรมผู้นำ และทำให้ประชาชนได้เรียนรู้ทักษะการทำงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวทางการออกแบบเส้นทางจักรยานในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ โดยใช้กระบวนการการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ โดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมเป็นประเด็นหลักประกอบกับการใช้แนวคิดและทฤษฎีในการออกแบบเส้นทางจักรยานอย่างไรก็ตาม การออกแบบเส้นทางจักรยานจะประสบความสำเร็จหรือไม่นั้น นอกจากการมีส่วนร่วมของประชาชนแล้ว ต้องอาศัยกระบวนการความร่วมมือโดยมีผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นด้วย ได้แก่ ผู้บริหาร นักออกแบบ และสื่อมวลชน ร่วมแสดงความคิดเห็นต่อเส้นทางจักรยาน และหากมีการส่งเสริมการใช้จักรยานในพื้นที่ ก็จะสามารถนำไปสู่การพัฒนาให้เกิดเส้นทางจักรยาน และมีการใช้จักรยานในพื้นที่แบบยั่งยืนได้ [2]

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ แบ่งลักษณะของการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) การศึกษาลักษณะทางกายภาพ ศักยภาพ ข้อจำกัด ของพื้นที่เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบเส้นทางจักรยานให้เหมาะสมกับการใช้งาน

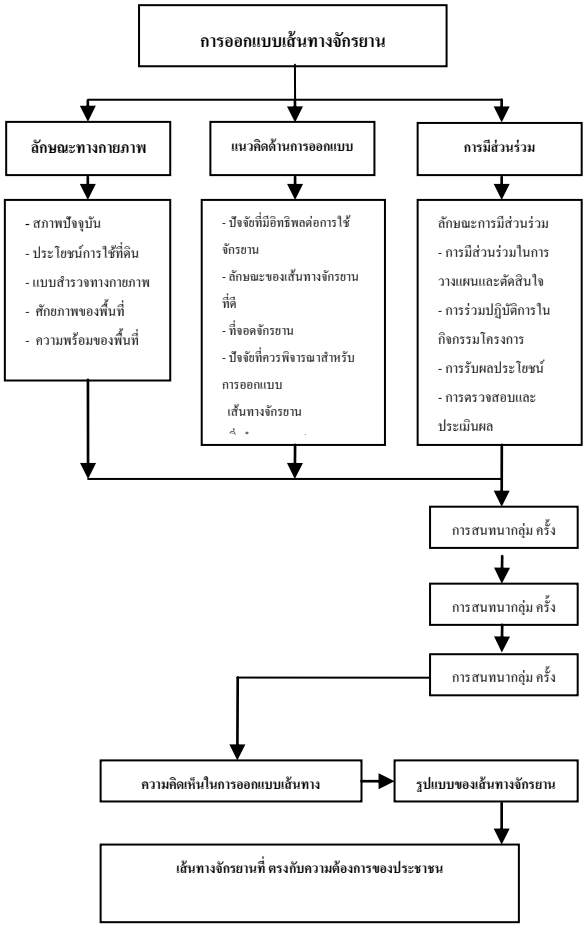
2) การศึกษาแบบเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ในการมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นของประชาชน ต่อรูปแบบเส้นทางจักรยานด้วยวิธีการสนทนากลุ่ม

ขอบเขตของพื้นที่การศึกษา คือ พื้นที่ ภายในเขตเทศบาลเมือง นครนครสวรรค์ มีถนนสายหลัก คือ ทางแยกสายเชียงใหม่ – พิษณุโลก ติดกับทางหลวงสายเอเชียและถนนรอบใน คือ ถนนสวรรค์วิถี ถนนวงษ์สวรรค์ มีพื้นที่ประมาณ 27.87 ตารางกิโลเมตร

กลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วย ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบเส้นทาง จักรยานภายในพื้นที่ศึกษา ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มผู้บริหาร คือ บุคคลที่มีอำนาจในการตัดสินใจและการกำหนดนโยบาย 2) กลุ่มผู้ออกแบบ คือ บุคคลที่มีอำนาจหน้าที่ในการออกแบบ 3) กลุ่มผู้ใช้งาน คือ ประชาชนทั่วไปที่อยู่บริเวณพื้นที่ศึกษา 4) กลุ่มสื่อมวลชน คือ บุคคลที่มีหน้าที่ประชาสัมพันธ์ข่าวสารภายในพื้นที่ โดยสามารถสรุปลักษณะพื้นที่และกรอบการวิจัยได้ดังนี้



**รูปที่ 1** ลักษณะของพื้นที่



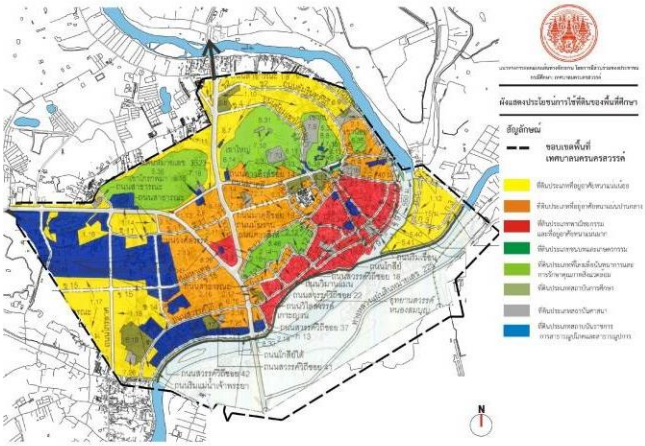

**รูปที่ 2** กรอบการวิจัย

## 3. ผลการวิจัย

### 3.1 ลักษณะทางกายภาพ

จากการศึกษา พื้นที่ในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ ครอบคลุมตำบลปากน้ำโพทั้งตำบล ตำบลนครสวรรค์ตก ตำบลนครสวรรค์ ตำบลวัดไทรเฉพาะ และตำบลแควใหญ่ มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 27.78 ตารางกิโลเมตร การใช้ประโยชน์ที่ดินแบ่งเป็น 7 ประเภท

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นชุมชนเมือง มีการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน มีย่าน พาณิชยกรรม ห้างสรรพสินค้า ตลาดสด และพื้นที่สีเขียวขนาดใหญ่อยู่ใจกลางเมือง คือ อุทยานสวรรค์



**รูปที่ 3** ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

**ที่มา :** ผังเมืองรวมนครสวรรค์ พ.ศ. 2554

**ศักยภาพ** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า

1) เส้นทางที่มีความปลอดภัย คือ เส้นทางภายในอุทยานสวรรค์ เนื่องจากเป็นที่สถานที่ออกกำลังกายจึงทำให้การปั่นจักรยานมีความปลอดภัยมากกว่าเส้นทางอื่น เหมาะสำหรับผู้เริ่มปั่นจักรยานที่ยังไม่กล้าออกสู่ถนนหลักเปรียบเสมือนเป็นสถานที่เรียนรู้ทักษะการปั่นจักรยานและประชาชนปั่นจักรยานเพื่อสุขภาพ

2) เส้นทางในพื้นที่สามารถใช้ในการปั่นอย่างต่อเนื่องได้

3) พื้นที่มีส่วนใหญ่ความลาดเอียงน้อย มีเส้นบางเส้น เช่น ช่วงแยกของถนนอรรถกวี ลงมาถนนสวรรค์วิถี มีความชันบางช่วงเนื่องจากลักษณะของพื้นที่เป็นเนินสูง

4) ลักษณะพื้นผิวถนนสามารถใช้เป็นเส้นทางจักรยานได้ เนื่องจากเป็นลาดยางและถนนคอนกรีตเป็นบางช่วงเส้นทาง ส่วนทางเท้าบางช่วงเส้นทาง เช่น ช่วงถนนมาตุลี สามารถใช้ปั่นจักรยานได้

5) ถนนริมเขื่อนและเส้นรอบเกาะญวนมีความดึงดูดการใช้งานเนื่องมีการจราจรน้อย ไม่มีการจอดรถริมถนนมีการตีเส้นแบ่งเลนชัดเจน จักรยานสามารถปั่นได้สะดวกกว่าเส้นทางอื่น

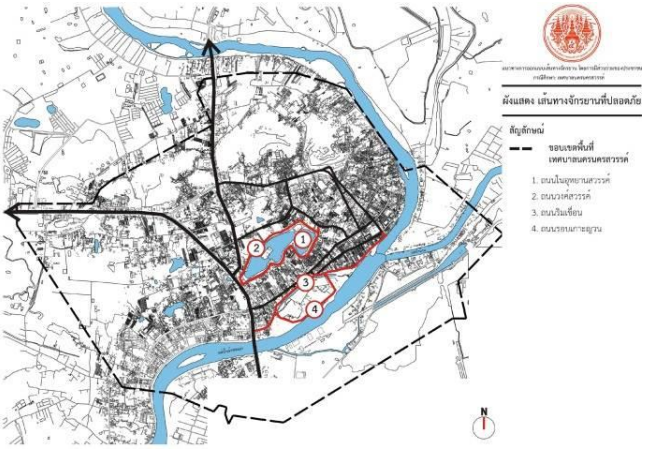
**ข้อจำกัด** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า

1) บริเวณถนนทางลวงหลายเลข 1 พหลโยธิน ตั้งแต่ ลงสะพานเดชาติวงศ์ ถึงแยกบิ๊กซี และถนนทางหลวงหมายเลข 117 ถนนนครสวรรค์-พิษณุโลก เป็นถนนสายหลัก มีความปลอดภัยน้อยในการปั่นจักรยานเนื่องจากเป็นถนนสายหลักมรการจราจรหนาแน่น

2) บริเวณทางเท้าส่วนใหญ่เป็นที่จำหน่ายสินค้า ถนนภายในตัวเมืองมีขนาดเล็กและแคบ การจราจรหนาแน่นบางช่วงเวลา บางเส้นทางมีการจราจรทางเดียว คือ ถนนสวรรค์วิถี ถนนโกสีย์ มีการจอดรถยนต์ และจักรยานยนต์บริเวณริมถนน

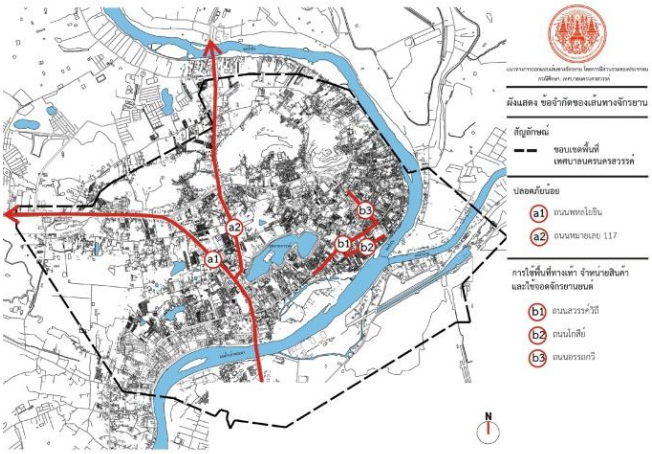
3) มีสิ่งอำนวยความสะดวกมีน้อย เช่น จุดจอดจักรยาน

4) ระบบไฟส่องสว่าง มีเฉพาะที่เป็นชุมชน กรณีซอยระหว่างที่อยู่อาศัย ระบบไฟส่องสว่างจะน้อยลงกว่าพื้นที่ที่เป็นแหล่งชุมชนและย่านการค้า



**รูปที่ 4** เส้นทางที่มีความปลอดภัย

**ที่มา :** ผู้วิจัย



**รูปที่ 5** ข้อจำกัดของเส้นทางจักรยาน

**ที่มา :** ผู้วิจัย

### 3.2 รูปแบบของเส้นทางจักรยานที่ได้มาตรฐาน

จากพื้นที่ศึกษาพบว่า ลักษณะของพื้นที่ มีลักษณะทางกายภาพที่ตรงกับ รูปแบบของเส้นทางมาตรฐาน [5] 2 ประเภท คือ

1) Class II Bikeway หรือ Bicycle lane คือ ส่วนหนึ่งของถนนหรือทางเดินเท้าแต่มีที่กั้นหรือโดยการทาสีตีเส้น ติดสัญญาณหรือทำเครื่องหมายเพื่อใช้เป็นทางจักรยานโดยเฉพาะพบบริเวณถนนภายในอุทยานสวรรค์

2) Class III Bikeway หรือ Bicycle route คือ การใช้ทางจักรยานร่วมกับการจราจรประเภทอื่น ๆ ได้แก่ รถยนต์หรือคนเดินเท้า ทางจักรยานประเภทนี้จะมีราคาถูกที่สุด แต่ไม่ควรใช้กับบริเวณที่มีความเร็วของการจราจรสูง พบบริเวณถนนสวรรค์วิถี ถนนมาตุลี ถนนอรรถกวี ถนนโกสีย์ และถนนริมเขื่อน

### 3.3 การมีส่วนร่วมของประชาชนในการแสดงความคิดเห็นต่อรูปแบบเส้นทางจักรยาน

การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการแสดงความคิดเห็นต่อรูปแบบเส้นทางจักรยาน ดำเนินการโดยใช้กระบวนการสนทนากลุ่ม โดยแบ่งการสนทนากลุ่มออกเป็น 3 ครั้ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ดังนี้

1) การสนทนากลุ่มครั้งที่ 1 เป็นการเริ่มแสดงความคิดเห็นครั้งแรก มีเนื้อหาในการสนทนา 4 ประเด็น ประกอบด้วย

ประเด็นที่ 1 ความคิดเห็นอย่างไรที่จะมีเส้นทางจักรยานในเขตพื้นที่ เขตเทศบาลนครนครสวรรค์

ประเด็นที่ 2 เส้นทางจักรยานควรผ่านบริเวณใด

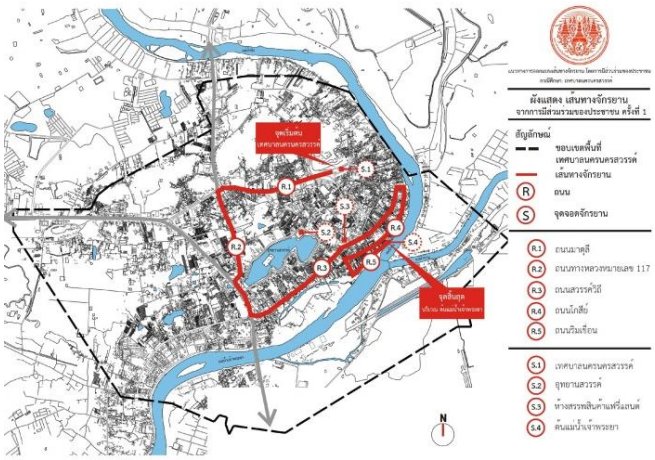
ประเด็นที่ 3 ลักษณะเส้นทางจักรยานที่ต้องการมีลักษณะอย่างไร

ประเด็นที่ 4 จุดจอดและสิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทางจักรยาน ควรมีลักษณะอย่างไร

ประเด็นที่ 5 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

จากการสนทนากลุ่มครั้งที่ 1 สรุปได้ว่าผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มมีความคิดเห็นว่าการมีเส้นทางจักรยานเป็นสิ่งที่ดี และต้องการเส้นทางจักรยานสำหรับปั่นจักรยานรอบเมือง แต่ควรเป็นเส้นทางจักรยานที่ชัดเจน ปลอดภัย มีการรณรงค์ให้ประชาชนใช้จักรยานมากขึ้น มีการป้องกันไม่ให้รถยนต์เข้ามาใช้เส้นทางจักรยาน เส้นทางจักรยานควรผ่านสถานที่สำคัญ เช่น โรงพยาบาล โรงเรียน วัด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์ราชการ สถานีตำรวจ ที่ทำการไปรษณีย์ ธนาคาร โรงแรม รวมทั้งควรผ่านชุมชน สถานที่ท่องเที่ยว และริมแม่น้ำเจ้าพระยา ลักษณะเส้นทางจักรยานที่ต้องการควรมีความสะดวก ปลอดภัย มีไฟสว่าง ผิวถนนต้องเรียบ แข็งแรง ไม่ขรุขระ ไม่เป็นหลุมเป็นบ่อ ไม่สะท้อนแสง ไม่ลาดชัน ทางเป็นเส้นตรง ไม่โค้งมาก สามารถเชื่อมต่อกับทางอื่นได้ ควรแยกต่างหากจากถนน มีที่กั้นไม่ให้รถยนต์มาชนจักรยาน เส้นทางมีความสวยงาม นอกจากนี้เส้นทางจักรยานควรมีจุดจอดที่ปลอดภัย สิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทางจักรยานประกอบด้วยจุดเติมลม เครื่องหมายที่บอกถึงเส้นทางจักรยาน ป้ายบอกทาง ป้ายที่แสดงสัญลักษณ์เส้นทางจักรยาน จุดเติมลมต้องมีอุปกรณ์พร้อมใช้งาน ตลอดเวลา มีจุดซ่อมจักรยาน ข้อมูลจากการสนทนากลุ่มครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้นำมาออกแบบเส้นทางจักรยานดังปรากฏในรูปที่ 6

เส้นทางจักรยานในรูปที่ 6 เป็นเส้นทางจักรยานตามแนวถนนในเขตเมืองนครสวรรค์ โดยมีจุดเริ่มต้นของเส้นทางอยู่ที่เทศบาลนครนครสวรรค์เข้าสู่ถนนมาตุลี ถนนพหลโยธิน ถนนสวรรค์วิถี ถนนโกสีย์ และถนนริมเขื่อน



**รูปที่ 6** เส้นทางจักรยาน จากการสนทนากลุ่ม ครั้งที่ 1
**ที่มา :** ผู้วิจัย

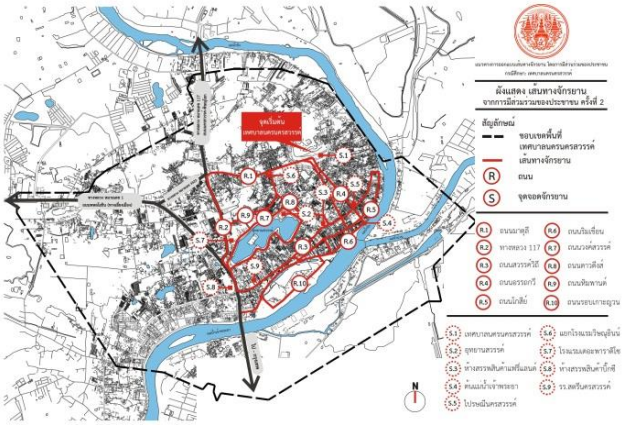
ตามลำดับ เนื่องจากข้อมูลจากการสนทนากลุ่มต้องการให้เส้นทางจักรยานผ่านสถานที่สำคัญและมีจุดจอด เส้นทางจักรยานในแผนที่จักรยานจึงผ่านสถานที่สำคัญ เช่น วิทยาลัยอาชีวะศึกษานครสวรรค์ ธนาคารกสิกรไทย โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ โรงพยาบาลสวรรค์ประชารักษ์ ห้างสรรพสินค้าแฟรี่แลนด์ ตลาดริมน้ำ 100 ปี ตลาดสดเทศบาลนครสวรรค์ ศูนย์ปฏิบัติการสายตรวจสถานีตำรวจภูธร วัดโพธิ์ธาราม สำหรับจุดจอดมีจุดจอด 4 จุดด้วยกัน คือ อุทยานสวรรค์ ต้นแม่น้ำเจ้าพระยา แฟรี่แลนด์ ดิพาร์ทสโตร์และเทศบาลนครนครสวรรค์

2) การสนทนากลุ่มครั้งที่ 2 เป็นการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับแผนที่เส้นทางจักรยานที่จัดทำขึ้น ในการสนทนากลุ่มครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้นำแผนที่เส้นทางจักรยานที่ได้จัดทำขึ้นดังรูปที่ 6 มานำเสนอต่อผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่ม ซึ่งเป็นบุคคลกลุ่มเดียวกับการสนทนากลุ่มในครั้งที่ 1 เพื่อให้ผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มแสดงความคิดเห็นและให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มส่วนใหญ่เห็นด้วยกับเส้นทางจักรยานที่พัฒนาขึ้น แต่มีความคิดเห็นเพิ่มเติมซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเส้นทางจักรยานควรเพิ่มเส้นทางและเพิ่มจุดจอดให้มากขึ้น หลังหลังจากการการสนทนากลุ่มในครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการสนทนากลุ่มมาออกแบบแผนที่เส้นทางจักรยานเพิ่มเติม ดังปรากฏในรูปที่ 7

เส้นทางจักรยาน จากการสนทนากลุ่มครั้งที่ 7 มีการเพิ่มเส้นทาง ได้แก่ ถนนวงศ์สวรรค์ ถนนอรรถกวี ถนนดาวดึงส์ ถนนหิมพานต์ และถนนวงศ์สวรรค์ นอกจากนี้ยังเพิ่มจุดจอดจักรยาน คือ บิ๊กซี

โรงแรมเดอะพาราดิโซ โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ แยกโรงแรมวิษณุอินน์ และไปรษณีย์นครสวรรค์

3) การสนทนากลุ่มครั้งที่ 3 เป็นการนำเสนอแผนที่เส้นทางจักรยานที่ปรับปรุงตามความคิดเห็นจากการสนทนากลุ่มครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้นำแผนที่เส้นทางจักรยานที่ได้จัดทำขึ้นดังรูปที่ 7 มานำเสนอต่อผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่ม ซึ่งทุกคนเห็นด้วยกับเส้นทางจักรยานที่พัฒนาขึ้น



**รูปที่ 7** เส้นทางจักรยาน จากการสนทนากลุ่ม ครั้งที่ 2
**ที่มา :** ผู้วิจัย

อย่างต่อเนื่องได้ พื้นที่ส่วนใหญ่ความลาดเอียงน้อย ลักษณะพื้นผิวถนนสามารถใช้เป็นเส้นทางจักรยานได้ และถนนริมเขื่อนและเส้นรอบเกาะญวนมีความดึงดูดการใช้งาน ข้อจำกัด คือ ถนนบางส่วนมีความปลอดภัยน้อย บริเวณทางเท้าส่วนใหญ่เป็นที่จำหน่ายสินค้า ถนนภายในตัวเมืองมีขนาดเล็กและแคบ การจราจรหนาแน่นบางช่วงเวลา บางเส้นทางมีการจราจรทางเดียว คือ ถนนสวรรค์วิถี ถนนโกสีย์ มีการจอดรถยนต์ และจักรยานยนต์บริเวณริมถนน มีสิ่งอำนวยความสะดวกมีน้อย เช่น จุดจอดจักรยาน ระบบไฟส่องสว่าง มีเฉพาะที่เป็นชุมชน กรณีซอยระหว่างที่อยู่อาศัย ระบบไฟส่องสว่างจะน้อยลงกว่าพื้นที่ที่เป็นแหล่งชุมชนและย่านการค้า 2) รูปแบบของเส้นทางจักรยานที่ได้มาตรฐานลักษณะของพื้นที่ มีลักษณะทางกายภาพที่ตรงกับ รูปแบบของเส้นทางมาตรฐาน 2 ประเภท คือ Class II Bikeway หรือ Bicycle lane และ Class III Bikeway หรือ Bicycle route

ข้อสรุปจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ ศักยภาพ ข้อจำกัดของพื้นที่ และการสนทนากลุ่มสามารถสรุปได้ว่าเส้นทางจักรยานในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์เป็นเส้นทางตามแนวถนนในเขตเมืองนครสวรรค์ โดยมีจุดเริ่มต้นของเส้นทางอยู่ที่เทศบาลนครนครสวรรค์เข้าสู่ถนนมาตุลี ถนนพหลโยธิน ถนนสวรรค์วิถี ถนนอรรถกวี ถนนโกสีย์ ถนนริมเขื่อน ถนนวงศ์สวรรค์ ถนนดาวดึงส์ ถนนหิมพานต์ และถนนรอบเกาะญวน โดยมีจุดจอดจักรยาน คือ เทศบาลนครนครสวรรค์ อุทยานสวรรค์ โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ แฟร่แลนด์ ดิพาร์ทสโตร์ ไปรษณีย์นครสวรรค์ แยกโรงแรมวิษณุอินน์ โรงแรมเดอะพาราดิโซ และห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี เส้นทางจักรยานที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาปรากฏในรูปที่ 7

## 4. ข้อเสนอแนะ

### 4.1 ด้านสภาพแวดล้อม

1) ควรรณรงค์ส่งเสริมประชาชนในพื้นที่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ประชาชนใช้จักรยานเพิ่มมากขึ้น

2) ควรปรับปรุงทัศนวิสัยการจราจรให้สามารถใช้งานร่วมกันระหว่าง จักรยาน มอเตอร์ไซค์ รถยนต์ได้ ในอนาคตการทำเส้นทางจักรยาน ควรเป็นเส้นทางที่ใช้ร่วมกันกับพาหนะประเภทอื่น ๆ (Share the road) สำหรับถนนสายเก่า หรือบริเวณย่านใจกลางเมืองที่ถนนค่อนข้างแคบ ควรเพิ่มความปลอดภัยในการใช้จักรยาน ด้วยสันชะลอความเร็ว (Rumble strip) ทำให้รถประเภทอื่นวิ่งได้ช้าลง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งต่อตัวผู้ใช้จักรยานและผู้ใช้ถนนคนอื่น

### 4.2 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

1) เพิ่มจุดจอดจักรยานตามเส้นทางในการสัญจร เช่น ตามสี่แยก ทางแยก ที่มีการใช้จักรยาน เนื่องจากบางพื้นที่ที่ทางเทศบาลได้จัดจุดไว้ให้ยังไม่สามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้จักรยานได้อย่างเพียงพอ และลักษณะที่จอดจักรยานควรแสงสว่างและสร้างความปลอดภัยแก่ผู้ใช้จักรยาน

2) ควรมีป้ายหรือสัญลักษณ์ที่บอกถึงการใช้จักรยานในพื้นที่เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ที่ยังไม่คุ้นเคยเส้นทาง และเพื่อให้ประชาชนที่ใช้ถนนได้รับทราบว่ามีการเส้นทางนี้มีจักรยานสามารถได้ร่วมกับยายพาหนะอื่นๆ

3) ควรมีจุดซ่อมและจุดเติมลมจักรยานตามสถานที่หลักที่มีการใช้จักรยาน






**รูปที่ 8** สันชะลอความเร็วและสัญลักษณ์ Share the road
**ที่มา:** ผู้วิจัย

### 4.3 ด้านการมีส่วนร่วมของประชาชน

1) ควรรักษากระบวนการและระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนที่เป็นอยู่ให้เหมาะสมซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้การพัฒนาเมืองจักรยานไปสู่ความสำเร็จได้ในอนาคต

2) ควรสนับสนุนการสร้างกระบวนการมีส่วนของประชาชนในการพัฒนาระบบจักรยานเรื่องอื่น ๆ เช่น การรณรงค์ชวนปั่น การสร้างจุดจอดจักรยาน และการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้จักรยานอื่นๆ เป็นต้น

3) ควรมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านความปลอดภัยในการใช้จักรยานให้กับประชาชนในเขตเทศบาลนครนครสวรรค์เพื่อทำให้เกิดความปลอดภัยในการใช้จักรยานและสามารถใช้ถนนร่วมกันได้ในอนาคต





**รูปที่ 9** การสร้างกระบวนการมีส่วนของประชาชน
**ที่มา:** ผู้วิจัย

## เอกสารอ้างอิง

[1] บุญเลิศ โพธิ์ขำ และเจษฎา ไชยตา "สิทธิของคนใช้จักรยานบนทางสัญจร."ในการประชุมวิชาการการส่งเสริมการเดินและการใช้จักรยานในชีวิตประจำวัน ครั้งที่ 3 : ความปลอดภัยต่อ เดินจักรยาน สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (สช). หน้า 11-20

[2] ประพัทธ์พงษ์ อุปลา, 2556. เมืองจักรยาน Bicycle City. วารสารบ้านและเมือง. Number17 (ม.ค.-มี.ค.) การเคหะ แห่งชาติ หน้า 18-21.

[3] วันชัย วัฒนศัพท์, 2551. การมีส่วนร่วมของประชาชน กรุงเทพฯ : สมาคมนานาชาติเพื่อการมีส่วนร่วมของประชาชน (The InternationalAssociation for Public Participation, IAP2)

[4] เศรษฐพล ประเสริฐผล , 2549. โครงข่ายทางจักรยานในเมืองประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[5] American Society of Civil Engineers (ASCE), 1980. Bicycle Transportation: A Civil Engineer's Notebook for Bicycle Facilities. New York: ASCE

# การวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางของผู้ใช้บริการรถขนส่งสาธารณะเชิงวัฒนธรรมในเมืองตรัง : กรณีศึกษา รถตุ๊กตุ๊ก

# A TRAVEL BEHAVIOUR ANALYSIS OF URBAN CULTURAL TRANSIT IN TRANG CITY: THE CASE STUDY OF TUK TUK

**หมายเลขบทความ: AYRF15-008TH**

เสาวภาคย์ วุฒิ[1] , ประพัทธ์พงษ์ อุปลา[2]

Saowapak Wutti, Prapatpong Upala

[1] กลุ่มวิชาการวางแผนภาคและเมือง สาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02-329-8384 โทรสาร 02-329-8383
E-mail: Mtt_x_yunmoum@hotmail.com

[2] กลุ่มวิชาการวางแผนภาคและเมือง สาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02-329-8384 โทรสาร 02-329-8383
E-mail: p_upala@yahoo.com

## บทคัดย่อ

รถตุ๊กตุ๊กหัวกบ เป็นรถขนส่งสาธารณะที่ได้รับความนิยมใช้บริการของคนเมืองตรังตั้งแต่อดีต จนมาถึงปัจจุบัน ถือเป็นเสน่ห์อย่างหนึ่งของจังหวัดตรัง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาวิวัฒนาการ ความเป็นมาและรูปแบบของรถตุ๊กตุ๊ก (2) ศึกษาความพึงพอใจและการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้บริการ (3) ศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการใช้บริการ (4) เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการในอนาคต โดยใช้แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ และการสำรวจภาคสนามเป็นเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามจำนวน 238 ตัวอย่างจากผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊ก การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ให้บริการ (คนขับตุ๊กตุ๊ก) ทั้งหมด 10 คน ผลการศึกษา พบว่า รถตุ๊กตุ๊กหัวกบเป็นรถขนส่งสาธารณะที่นิยมใช้กันมาตั้งแต่อดีต เนื่องจากลักษณะพื้นที่จังหวัดเป็นเนิน สูง ๆ ต่ำ ๆ ถนนแคบ การใช้รถตุ๊กตุ๊กในการขนส่งทั้งสินค้าและผู้โดยสาร จึงมีความเหมาะสมและสะดวก เพราะนอกจากจะช่วยทุ่นแรงแล้ว ยังสามารถเข้า-ออก ภายในซอยที่คับแคบได้โดยง่าย ถึงแม้ปัจจุบันคนในเมืองตรังใช้บริการลดน้อยลง แต่มีกลุ่มนักท่องเที่ยวที่มาเยือนให้ความนิยมในการใช้บริการจำนวนมาก เพราะรูปแบบยานพาหนะที่มีลักษณะพิเศษเป็นเอกลักษณ์แตกต่างจากตุ๊กตุ๊กในกรุงเทพ มีลักษณะคล้ายหัวกบ ในอนาคตหน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องควรเข้ามาช่วยเหลือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้ให้บริการ(คนขับ) ส่งเสริมและประชาสัมพันธ์การใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบควบคู่กับการอนุรักษ์รถตุ๊กตุ๊กหัวกบให้อยู่คู่กับจังหวัดตรังต่อไป

**คำสำคัญ:** 1) พฤติกรรมการเดินทาง 2) บริการขนส่งสาธารณะเชิงวัฒนธรรม 3) รถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

## Abstract

Frog-headed Tuk Tuk is a pararansit and cultural transit service that has been popularly used among Trang people from past to present. It is considered one of Trang's charms. The objectives of this study are (1) to study evolution, general background and patterns of Tuk Tuk (2) to study satisfaction and analysis of behavior (3) to investigate problems of services of Tuk Tuk, and (4) to propose guidelines to improve the quality of services of Tuk Tuk. The tools used for data collection were questionnaires, interviews and field surveys. The data was collected from 238 samples of those using Tuk Tuk services, 10 depth interviews of service providers (Tuk Tuk Driver), and a field survey on services of Tuk Tuk both parking areas and routes by interviewing the drivers. The results of that Frog-headed Tuk Tuk is a public transport service that has been popularly used from the past because of the nature of the province is high hill ranges and low hill areas, and narrow streets, using Tuk Tuk to transport both goods and

passengers is therefore appropriate and convenient. It is not only labor-saving but it is also able to enter into a narrow alley easily. Currently, although people in the city of Trang have used the services less than before, but still popular among a group of visitors because the vehicle model is its identity that different from Tuk Tuk in Bangkok as it's look like frog's head. In the future, agencies or organizations involved should help resolve problems occurred to the service providers (Drivers), promote and publicize the services of frog-headed Tuk Tuk coupled with conservation of frog-headed Tuk Tuk in order to be along with Trang province continuously.

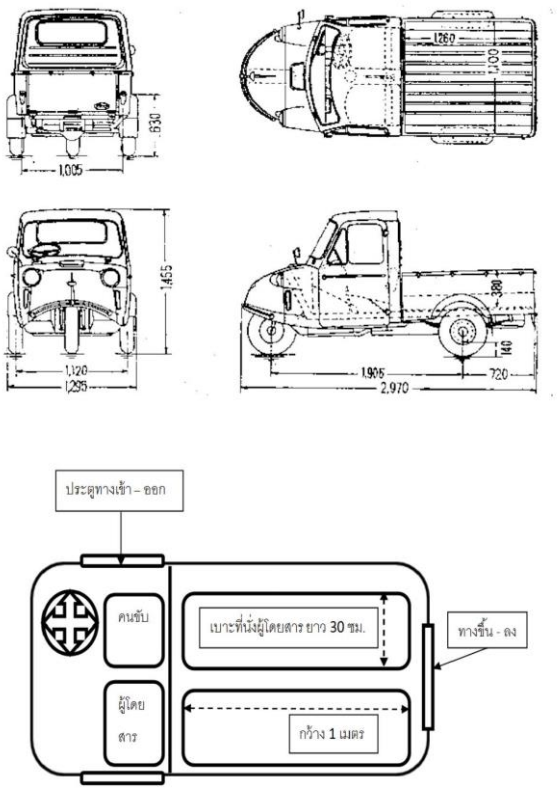
**Keywords:** 1) Travel behavior 2) Cultural public transport services 3) Frog-headed Tuk Tuk

## 1. บทนำ

เมืองตรังหรือเมืองทับเที่ยงเป็นจังหวัดท่องเที่ยวอีกแห่งหนึ่งของภาคใต้ในอดีตเคยเป็นเมืองท่าค้าขายกับต่างประเทศเป็นศูนย์กลางการคมนาคมไปสู่จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นเมืองท่าค้าขายที่เจริญรุ่งเรื่องมาตั้งแต่อดีตและเติบโตต่อเนื่องยาวนานมาถึงปัจจุบัน การท่องเที่ยวเมืองตรังจึงได้ทั้งการท่องเที่ยวธรรมชาติ วัฒนธรรมและประวัติศาสตร์

เทศบาลนครตรัง ตั้งอยู่ในทางภาคใต้ของประเทศไทย สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่โดยทั่วไปจะเป็นเนินสูงต่ำ สลับด้วยภูเขาใหญ่ ถนนตรอก ซอยค่อนข้างแคบ ตามสภาพพื้นที่ของจังหวัดตรังส่งผลทำให้การเดินทางค่อนข้างลำบาก ต้องใช้ยานพาหนะทุ่นแรง และเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ซึ่งในสมัยก่อนคนในเมืองนิยมเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ โดยการใช้รถบรรทุกสามล้อขนาดเล็ก หรือ รถตุ๊กตุ๊กหัวกบในการขนส่งทั้งสินค้าและผู้โดยสาร จึงมีความเหมาะสมและสะดวกเพราะนอกจากจะช่วยทุ่นแรงแล้ว ยังสามารถเข้า-ออก ภายในซอยที่แคบได้โดยง่ายอีกด้วย จึงถือได้ว่ารถตุ๊กตุ๊กหัวกบเป็นวัฒนธรรมในการเดินทางอย่างหนึ่งของคนตรัง ที่เป็นภาพสะท้อนพฤติกรรมของการเดินทางในการดำเนินชีวิตประจำวันตั้งแต่อดีตมาถึงในปัจจุบันนี้ และกลุ่มคนขับรถตุ๊กตุ๊กในเมืองตรังได้มีการรวมกลุ่มกันจัดตั้งชมรม "ชมรมสามล้อเครื่อง" เพื่อเป็นการอนุรักษ์รถตุ๊กตุ๊กหน้าตาประหลาด ที่ยังคงเหลือให้ได้เห็นกว่า 300 คัน และมีแนวโน้มการให้บริการลดลงในอนาคตให้คงอยู่คู่กับชาวเมืองตรังต่อไป เพราะ "รถตุ๊กตุ๊กหัวกบ" ได้กลายเป็นสัญลักษณ์สำคัญอย่างหนึ่งประจำจังหวัดตรัง และจะเห็นนักท่องเที่ยวที่ไปเยือนเมืองตรังส่วนใหญ่ ทั้งคนไทยและชาวต่างชาติให้ความสนใจใช้บริการนั่งรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ โดยลักษณะทากายภาพของรถแสดงรายละเอียดไว้ในรูปที่ 1






**รูปที่ 1** รถตุ๊กตุ๊กหัวกบในเมืองตรัง

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อศึกษาวิวัฒนาการ ความเป็นมาและรูปแบบของการให้บริการของรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ
- เพื่อศึกษาถึงความพึงพอใจและการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ
- เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบและให้ผู้ให้บริการ

- เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการของรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในอนาคตให้มีศักยภาพมากยิ่งขึ้น

## 3. กรอบแนวความคิดงานวิจัย

การศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปเป็นรายละเอียดสำคัญและนำไปใช้เป็นกรอบแนวความคิดการวิจัยดังนี้

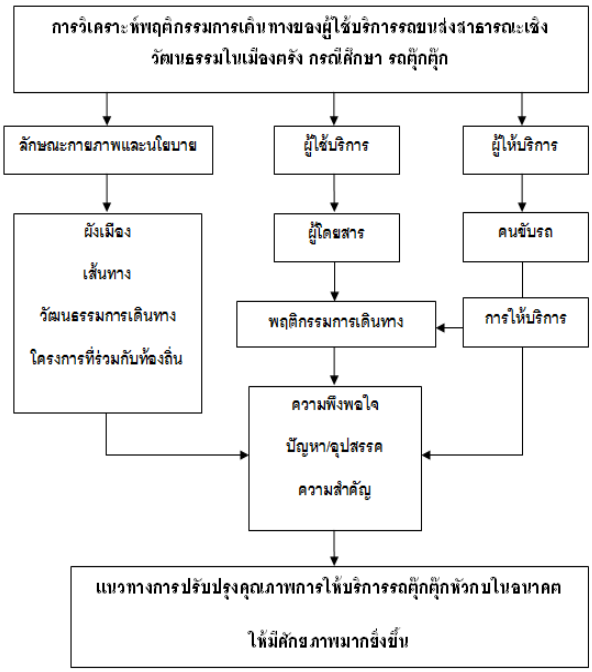
1) แนวความคิดเกี่ยวกับวัฒนธรรม เป็นวิถีชีวิตหรือเป็นแบบแผนของการดำเนินชีวิตของมนุษย์ จะเห็นได้ว่าในแต่ละพื้นที่จะมีวัฒนธรรมที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสภาพสังคม เศรษฐกิจ ลักษณะภูมิประเทศ ทรัพยากรทางธรรมชาติ และอื่นๆ ประกอบกัน วัฒนธรรมจึงถือได้ว่าเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของมนุษย์ในการดำเนินชีวิตในสังคมนั้นๆ (กระทรวงวัฒนธรรม, 2553)

2) แนวคิดเกี่ยวกับการเดินทาง แนวคิดนี้ทำให้ทราบพฤติกรรมในการเดินทางของผู้ใช้บริการจากต้นทางสู่ปลายทาง [3] ทั้งวัตถุประสงค์ในการเดินทาง รูปแบบการเดินทางของประชากรและความต้องการเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชน [2]

3) แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจในการบริการ ทำให้เข้าใจระดับความพึงพอใจ ประเภทของความพึงพอใจ และความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของผู้รับบริการกับผู้ให้บริการ เพื่อจะได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ปรับปรุงการบริการให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพ ทั้งในด้านอัตราค่าโดยสาร ระยะเวลาในการเดินทาง ลักษณะการบริการของผู้ให้บริการ ความปลอดภัย ความสะดวกสบายในขณะใช้บริการ ความเชื่อถือได้ของการบริการและความสะดวกในการเข้ามาใช้ [4]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้บริการรถขนส่งสาธารณะเชิงวัฒนธรรม พบว่า การปรับปรุงคุณภาพการบริการของรถขนส่งสาธารณะควรคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นหลัก แต่ไม่ควรละเลยความต้องการของผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ ด้วย หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจะเข้ามามีส่วนร่วมกันในการเป็นผู้วางแผน ทั้งภาครัฐ ผู้มีส่วนได้เสีย ผู้ลงทุน เจ้าของกิจการ ผู้ใช้บริการและชุมชน เพื่อนำไปสู่แนวทางในการแก้ปัญหาการใช้บริการรถขนส่งสาธารณะอย่างยั่งยืน ควรมีการรณรงค์ส่งเสริมให้ยกระดับรถขนส่งสาธารณะประเภทรถตุ๊กตุ๊ก/กระป๋อ,รถเมล์แดง เป็นรถเชิงวัฒนธรรมของท้องถิ่นเนื่องจากสามารถสะท้อนถึงวัฒนธรรมและวิถีชีวิตของคนในพื้นที่นั้น ๆ ได้ดีที่สุด [1] [5] [6] [7] [8]

จากข้อมูลการศึกษาค้นคว้า เอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางของผู้ใช้บริการรถขนส่งสาธารณะเชิงวัฒนธรรมในเมืองตรัง กรณีศึกษารถตุ๊กตุ๊กหัวกบนั้น ผู้วิจัยได้นำแนวคิดทั้งหมดมาเชื่อมโยงและประยุกต์เพื่อให้ได้มาซึ่งตัวแปรในการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 2

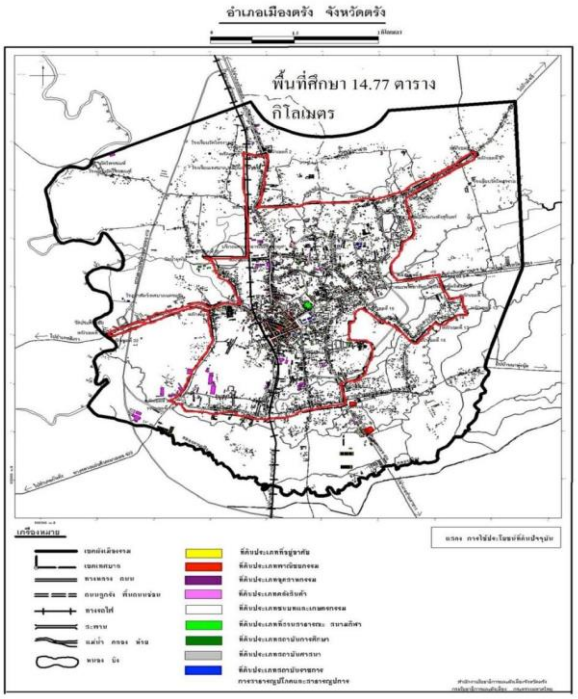



**รูปที่ 2** กรอบแนวความคิดในการวิจัย

## 4. ขอบเขตงานวิจัย

### 4.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

เทศบาลนครตรัง จังหวัดตรัง มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 14.77 ตารางกิโลเมตร จากการสัมภาษณ์ผู้ให้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในเมืองตรังมีลักษณะการให้บริการจากจุดเริ่มต้นเท่านั้น โดยปลายทางผู้ใช้บริการเป็นคนกำหนดเอง พื้นที่การให้บริการผู้ประกอบการเป็นผู้จัดตั้งขึ้นเอง สามารถแบ่งได้ออกเป็น 7 เส้นทาง โดยรายละเอียดแสดงไว้ในรูปที่ 3 และรูปที่ 4




**รูปที่ 3** ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา




**รูปที่ 4** จุดจอดรถของรถตุ๊กตุ๊กในเมืองตรัง

### 4.2 ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และวิธีการสุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นที่จะศึกษาพฤติกรรมการเดินทางของผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ ระดับความความพึงพอใจ ปัญหา/อุปสรรค และความสำคัญโดยรวมของการให้บริการและใช้บริการของรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการของรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในอนาคตให้มีศักยภาพยิ่งขึ้น โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในเมืองตรัง เฉลี่ยประมาณ 588 คนต่อวัน โดยการหาจำนวนผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบจากการคำนวณจำนวนความถี่ที่ให้บริการโดยประมาณคูณกับจำนวนรถตุ๊กตุ๊กหัวกบที่ให้บริการในแต่ละคิวโดยประมาณ และคูณกับจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการตลอดเส้นทางโดยเฉลี่ยต่อเที่ยวและนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมาบวกกัน ก็จะได้จำนวนประชากรที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบโดยประมาณในแต่ละวัน และการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane จากจำนวนประชากร พบว่าขนาดตัวอย่างในการศึกษานี้มีประมาณ 238 ตัวอย่าง โดยสามารถคิดเป็นสัดส่วนเพื่อจะเก็บตัวอย่าง จำแนกตามเส้นทางที่ได้เลือกศึกษา ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แสดงคำนวณหาประชากรที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

| เส้นทาง | จำนวนความถี่ (เที่ยว/วัน) | จำนวนผู้โดยสาร (คน/วัน) | จำนวนรถที่ให้บริการ (คัน/วัน) | เฉลี่ย (คน/วัน) | จำนวนตัวอย่าง แต่ละจุด (ชุด) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.ห้างสรรพสินค้า | 5 | 2 | 15 | 150 | 61 |
| 2.โรงพยาบาล | 7 | 2 | 10 | 140 | 57 |
| 3.โรงแรม | 3 | 2 | 5 | 30 | 12 |
| 4.สถานีรถไฟ | 5 | 2 | 10 | 100 | 41 |
| 5.สถานีขนส่ง | 7 | 2 | 5 | 70 | 28 |
| 6. ตลาดสด | 5 | 2 | 5 | 50 | 20 |
| 7. ถนนคนเดิน | 3 | 2 | 8 | 48 | 19 |
| **รวมผู้ใช้บริการทั้งหมด** | | | | **588** | **238** |

การวางแผนการสุ่มตัวอย่าง ตัวอย่างจากประชากรศึกษา ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (Systematic Random sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่าง แบบสุ่มเป็นช่วงๆ โดยดำเนินการดังนี้ เช่น การสุ่มตัวอย่างคนใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กเริ่มนับคนที่ 5 นับเป็นคนที่ 1 คนถัดไปก็คือ คน 10 ถือว่าเป็นคนที่ 2 ในการสัมภาษณ์ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊ก เป็นต้น

ในส่วนการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ให้บริการ (คนขับรถตุ๊กตุ๊ก) อาศัยวิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบ Quota Sampling โดยสัมภาษณ์คนขับรถตุ๊กตุ๊กทั้งสิ้น 10 ราย มีผู้ประกอบกิจการแต่ละวันมีจำนวนรถตุ๊กตุ๊กที่ให้บริการประมาณ 60 คันต่อวัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทำให้การสัมภาษณ์คนขับรถตุ๊กตุ๊กจำนวน 10 คน หรือ ประมาณ 10% ของจำนวนคนขับรถตุ๊กตุ๊กทั้งหมดจึงน่าจะเพียงพอในการได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความละเอียด

## 5. ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาความพึงพอใจและพฤติกรรมของผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ กรณีศึกษาอำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง ประกอบด้วยการศึกษาค้นคว้า การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ สรุปผลและข้อเสนอแนะ โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

1) การศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกรอบความคิดในการศึกษาครั้งนี้

2) ออกแบบสอบถามและสร้างแบบสร้างถามที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบแบบสอบถาม (Pilot Survey) เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูล

3) ทำการรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งรายละเอียดออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.1) การสังเกตการณ์และสำรวจภาคสนาม

3.2) การใช้แบบสอบถาม

- แบบสอบถามผู้ให้บริการรถตุ๊กหัวกบ(คนขับ) 10 ตัวอย่าง

- แบบสอบถามผู้ใช้บริการรถตุ๊กหัวกบ 238 ตัวอย่าง

3.3) การสัมภาษณ์

4) นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS

5) สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลและข้อเสนอแนะ

## 6. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตการณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แบบสอบถาม ซึ่งจะประกอบด้วยคำถามปลายปิดและปลายเปิด ผู้ศึกษาได้จัดเก็บแบบสอบถามผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในเมืองตรัง โดยการเก็บตัวอย่างทดสอบแบบสอบถาม (Pre-Test) ครั้งที่ 1 จำนวน 20 คน และนำมาปรับปรุงเพื่อความเหมาะสมในการใช้จริง จากนั้นนำแบบสอบถามไปจัดเก็บข้อมูล 238 คน โครงสร้างของแบบสอบถามประกอบด้วย 6 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่1 แบบสอบถามเกี่ยวกับผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของประชากรศึกษา ได้แก่ เพศ อายุ ศาสนา การศึกษา อาชีพ รายได้

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบเพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์การในเดินทาง จุดเริ่มต้นของการเดินทาง จุดหมายปลายทาง ช่วงเวลาที่ใช้บริการ ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการ ระยะเวลาที่ใช้บริการโดยสาร ความถี่ในการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ เพื่อให้ทราบถึงด้านคุณภาพการให้บริการ ด้านราคา ด้านความปลอดภัยในการใช้บริการ และด้านการนำเสนอเอกลักษณ์

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับปัญหาและอุปสรรคของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบทั้งในด้านคุณภาพการให้บริการ ด้านราคา ด้านความปลอดภัยในการใช้บริการ และด้านการนำเสนอเอกลักษณ์

ส่วนที่ 5 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญในการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

ส่วนที่ 6 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพในการบริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในอนาคต

2) การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ประกอบการ ประกอบไปด้วย 4 ประเด็นดังต่อไปนี้

- การประกอบการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ
- ลักษณะการให้บริการ
- ปัญหาในการให้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ
- แนวโน้มในอนาคต

**3) การสังเกตการณ์** ประกอบด้วยข้อมูล 2 ประเด็นดังนี้

- ลักษณะการให้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในเมืองตรัง
- จุดจอดและเส้นทางในการให้บริการผู้ใช้บริการ

การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS) อาศัยสถิติทดสอบแบบ t-test และ One-way ANOVA มาอธิบายข้อมูล 2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพรรณนา

## 8. ผลการวิจัย

### 8.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบส่วนใหญ่เป็น เพศหญิงร้อยละ 65.2 มีอายุน้อยกว่า 20 ปี ร้อยละ 70.0 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 81.2 การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช ร้อยละ 34.8 มีอาชีพนักเรียน/นักศึกษาร้อยละ 54.8 และมีรายได้ต่อเดือน 5,000 – 10,000 บาท ร้อยละ 45.6

สรุป ลักษณะของผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบส่วนใหญ่ พบว่าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ซึ่งส่วนใหญ่ มีอายุโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 20 ปี เป็นนักเรียน/นักศึกษา กำลังศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า กลุ่มนักเรียน/นักศึกษาเป็นกลุ่มที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบเป็นหลักในการเดินทางไปตามวัตถุประสงค์การการเดินทางนั้น ๆ

### 8.2 ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊ก

พฤติกรรมในการเดินทาง พบว่า วัตถุประสงค์การในเดินทางกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์การในเดินทางไปโรงเรียนร้อยละ 32.8 มีจุดเริ่มต้นของการเดินทาง ไปโรงเรียน ร้อยละ 25.6 มีจุดหมายปลายทางไปโรงเรียน ร้อยละ 32.0 ช่วงเวลาที่ใช้บริการ 05.00 - 08.00 น. ร้อยละ 36.8 มีค่าใช้จ่ายในการใช้บริการต่อครั้ง 30 บาท ร้อยละ 42.0 ระยะเวลาที่ใช้บริการโดยสาร 10 นาที ร้อยละ 37.6 และมีความถี่ในการใช้บริการ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 57.6

สรุป พบว่า พฤติกรรมผู้ใช้บริการส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ในการเดินทาง จุดเริ่มต้นในการเดินทางและมีจุดหมายปลายทางในการเดินทางเพื่อไปโรงเรียน ช่วงเวลาในการเดินทางมากที่สุดคือ ช่วงเช้า ซึ่ง

สะท้อนให้เห็นว่า กลุ่มผู้ใช้บริการ คือ กลุ่มนักเรียน/นักศึกษาเป็นกลุ่มที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบเป็นหลักในการเดินทางเพื่อไปโรงเรียน

## 8.3 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

ความพึงพอใจในการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ ในทุกด้านของความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง ( $\overline{X} = 3.20$ )โดยผู้ที่ใช้บริการมีความพึงพอใจ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

1) ด้านพฤติกรรมการบริการมากที่สุด ( $\overline{X} = 3.27$)
2) ด้านการนำเสนอเอกลักษณ์ ( $\overline{X} = 3.18$)
3) ด้านความปลอดภัยในการใช้บริการ ( $\overline{X} = 2.97$)
4) ด้านราคา ( $\overline{X} = 2.73$)

รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงความพึงพอใจในการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

| ความพึงพอใจในการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ | ระดับความพึงพอใจ (พึงพอใจน้อยที่สุด=1 พึงพอใจมากที่สุด=5) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ด้านพฤติกรรมการบริการ | | | | | |
| 1. จำนวนรถที่ให้บริการ | | | | | |
| 2. ความรวดเร็วในการเดินทาง | | | | | |
| 3. จุดจอดรถ/ป้าย/สถานี | | | | | |
| 4. ความสามารถในการเข้าถึงผู้โดยสาร (การรับ – ส่ง) | | | | | |
| 5. มารยาทของคนขับรถ | | | | | |
| ด้านราคา | | | | | |
| 1. ความคุ้มค่าของราคาค่าโดยสารกับระยะทาง | | | | | |
| 2. ความคุ้มค่าของราคาค่าโดยสาร เมื่อเทียบกับรถบริการสาธารณะ ประเภทอื่น เช่น มอเตอร์ไซค์ รถสองแถว เป็นต้น | | | | | |
| ด้านความปลอดภัยในการใช้บริการ | | | | | |
| 1. สภาพรถที่นำมาให้บริการ | | | | | |
| 2. ความปลอดภัยขณะใช้บริการของผู้โดยสาร | | | | | |
| 3. พฤติกรรมการขับขี่ของพนักงานขับรถ | | | | | |
| ด้านการนำเสนอเอกลักษณ์ | | | | | |
| 1. ลักษณะหัวรถเหมือนหน้ากบ | | | | | |
| 2. เสียงที่ดังเป็นเอกลักษณ์ | | | | | |
| 3. การตกแต่งภายในและภายนอกรถ | | | | | |
| 4. สีสันของรถ | | | | | |

## 8.4 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับปัญหาและอุปสรรคของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊ก

ระดับปัญหาและอุปสรรคของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ จากภาพรวม มีปัญหาและอุปสรรคอยู่ในระดับปานกลาง ( $\overline{X} = 2.85$) โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

1) ด้านราคาเป็นปัญหาและอุปสรรคมากที่สุด ( $\overline{X} = 3.18$)
2) ด้านความปลอดภัยของใช้บริการ บริการ ( $\overline{X} = 2.98$)
3) ด้านการนำเสนอเอกลักษณ์ ( $\overline{X} = 2.65$)
4) ด้านพฤติกรรมการบริการ ( $\overline{X} = 2.56$)

โดยรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ปัญหาและอุปสรรคการให้บริการของรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

| ปัญหาและอุปสรรคการให้บริการของรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ | ปัญหาและอุปสรรค (ปัญหาน้อยที่สุด=1 ปัญหามากที่สุด=5) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ด้านพฤติกรรมการบริการ | | | | | |
| 1. จำนวนรถตุ๊กตุ๊กที่ให้บริการไม่เพียงพอ | | | | | |
| 2. ความล่าช้าในการเดินทาง | | | | | |
| 3. จุดจอดกระจัดกระจาย | | | | | |
| 4. ความสามารถในการเข้าถึงผู้โดยสาร (การรับ-ส่ง) | | | | | |
| 5. มารยาทพนักงานขับรถไม่ดี | | | | | |
| ด้านราคา | | | | | |
| 1. อัตราค่าโดยสารไม่คงที่ | | | | | |
| 2. ความคุ้มค่าของราคาค่าโดยสาร เมื่อเทียบกับรถบริการสาธารณะ ประเภทอื่น เช่น มอเตอร์ไซค์ รถสองแถว เป็นต้น | | | | | |
| ด้านความปลอดภัยในการใช้บริการ | | | | | |
| 1. ความทรุดโทรมของสภาพรถที่ให้บริการ | | | | | |
| 2. ความปลอดภัยขณะใช้บริการของผู้โดยสาร | | | | | |
| 3. พฤติกรรมการขับขี่ของพนักงานขับรถ | | | | | |
| ด้านการนำเสนอเอกลักษณ์ | | | | | |
| 1. ไม่มีการปรับปรุงสภาพตัวรถตุ๊กตุ๊กหัวกบทั้งภายในและภายนอกรถ | | | | | |
| 2. เครื่องยนต์มีเสียงดังและมีควันพิษจากท่อไอเสีย | | | | | |
| 3. สีสันของรถ ไม่โดดเด่น | | | | | |

## 8.5 ข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญในการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

**เหตุผลสำคัญที่เลือกใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ**

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีเหตุผลสำคัญที่เลือกใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ เพราะรูปแบบของตัวรถที่เป็นเอกลักษณ์ (หัวกบ) ร้อยละ 28.4 รองลงมา คือ ความเคยชินในการใช้บริการตั้งแต่อดีตร้อยละ 25.6 และสีสันของรถ ร้อยละ 10.0 ตามลำดับ

สรุป รถตุ๊กตุ๊กหัวกบมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือ ลักษณะของหัวรถ คล้ายหัวกบ จึงเป็นที่สนใจของผู้พบเห็น อยากจะใช้บริการรถสาธารณะ โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวให้ความสนใจมากกับรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ และคนในพื้นที่เองด้วยความเคยชินในการใช้บริการตั้งแต่อดีต จึงกลายเป็นวัฒนธรรมส่วนหนึ่งในชีวิตของคนตรังไปโดยไม่รู้ตัวเป็นคุณค่าและเสน่ห์ของรถตุ๊กตุ๊กเมืองตรัง จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ผู้ใช้บริการเลือกใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

**เหตุผลสำคัญที่จะเปลี่ยนจากการใช้รถตุ๊กตุ๊กหัวกบไปใช้รถโดยสารชนิดอื่น**

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีเหตุผลสำคัญที่จะเปลี่ยนจากการใช้รถตุ๊กตุ๊กหัวกบไปใช้รถโดยสารชนิดอื่นเพราะอัตราค่าโดยสารที่สูงขึ้น/ไม่แน่นอน ร้อยละ 50.4 รองลงมา คือ สภาพรถโดยรวม ทรุดโทรม ร้อยละ 22.8 และมีบริการขนส่งสาธารณะรูปแบบอื่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ร้อยละ 16.4 ตามลำดับ

สรุป เหตุผลสำคัญ คือ อัตราค่าโดยสารที่สูงขึ้นและไม่แน่นอน เนื่องจากปัจจุบันคนในเมืองตรังใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กลดน้อยลงเพราะเศรษฐกิจที่ดีขึ้นส่งผลให้คนเมืองตรังซื้อรถยนต์ส่วนตัวจำนวนมาก สภาวะน้ำมันแพงส่งผลให้อัตราค่าบริการสูงขึ้นไปด้วย และสภาพรถโดยรวมที่ทรุดโทรม นอกจากนี้ยังมีการให้บริการของรถสองแถวและมินิบัส วิ่งรอบเมืองทับเส้นทางกัน ที่อัตราค่าโดยสารที่ต่ำกว่าแย่งผู้โดยสารกัน ส่งผลทำให้จะเปลี่ยนจากการใช้รถตุ๊กตุ๊กหัวกบไปใช้รถโดยสารชนิดอื่นแทน

## 8.6 ข้อมูลเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพในการบริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในอนาคต

**การให้บริการรถตุ๊กตุ๊กที่อยากให้มีการปรับปรุงมากที่สุด**

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการให้บริการรถตุ๊กตุ๊กที่ท่านอยากให้มีการปรับปรุงมากที่สุด คือ ข้อมูล ข่าวสารและประชาสัมพันธ์ในการให้บริการ ร้อยละ 28.8 รองลงมา คือ ระบบโครงสร้างอัตราค่าโดยสารที่ชัดเจน ร้อยละ 26.0 และสภาพรถที่ให้บริการ ร้อยละ 23.2 ตามลำดับ

**หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาปรับปรุง**

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยากให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาปรับปรุงเรื่องข้อมูล ข่าวสารและประชาสัมพันธ์ในการให้บริการร้อยละ 41.2 รองลงมา คือ ระบบโครงสร้างอัตราค่าโดยสารที่ชัดเจนร้อยละ 26.8 และสภาพรถที่ให้บริการ ร้อยละ 13.2 ตามลำดับ

สรุป การให้ข้อมูลข่าวสารและประชาสัมพันธ์ที่ดีเป็นสิ่งจำเป็นในการส่งเสริมการท่องเที่ยว ทำให้นักท่องเที่ยวสนใจ มาเที่ยวจังหวัดตรัง องค์กรหรือหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชนควร เข้ามีบทบาทในการประชาสัมพันธ์ ในการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในการท่องเที่ยว เมืองตรัง และเข้ามาควบคุมดูแลการให้บริการของรถให้ได้มาตรฐานทั้ง ด้านราคา ด้านความปลอดภัย และพฤติกรรมการให้บริการเพื่อสร้างความมั่นใจของผู้ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

## 8.7 การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่ 1 ผู้ใช้บริการที่มีข้อมูลลักษณะประชากร แตกต่างกันมีความพึงพอใจในการใช้บริการรถตุ๊กหัวกบแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 2 ผู้ใช้บริการที่มีข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางแตกต่างกันมีความพึงพอใจในการใช้บริการรถตุ๊กหัวกบแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 3 ผู้ใช้บริการที่มีข้อมูลลักษณะประชากร แตกต่างกันมีปัญหาและอุปสรรคในการใช้บริการรถตุ๊กหัวกบแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 4 ผู้ใช้บริการที่มีข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางแตกต่างกันมีปัญหาและอุปสรรคในการใช้บริการรถตุ๊กหัวกบแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 5 ลักษณะประชากรของผู้ใช้บริการ มีความสัมพันธ์กับเหตุผลสำคัญในการเลือกใช้ของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 6 พฤติกรรมการเดินทางมีความสัมพันธ์กับเหตุผลสำคัญในการเลือกใช้ของผู้ที่ใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## 8.8 การสัมภาษณ์คนขับรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ

ปัจจุบัน ผู้ประกอบอาชีพนี้เริ่มจะลดน้อยถอยลงทุกวัน เนื่องจากมีรายได้ ที่ไม่เพียงพอ จุนเจือครอบครัว และเข้าใจว่าประชาชนในจังหวัดตรัง เริ่มมีรถส่วนตัว กันมากขึ้น รวมทั้งรถจักรยานยนต์รับจ้างที่มีจำนวนมาก และยังประสบปัญหาในการซ่อมแซมเพราะอะไหล่หายากและมีราคาแพง นอกจากนั้น ก็ยังจะมีความยุ่งยากในการขึ้นทะเบียนรถเป็นอย่างมาก เพราะเจ้าของรถถอดไส้ในท่อพักออกเพื่อ ให้รถวิ่งดีแต่มีปัญหา เสียงดังมาก ขณะเดียวกันการที่น้ำมันมีราคาแพงก็ทำให้ต้นทุนสูงมากขึ้น ที่สำคัญก็คือรถรุ่นนี้ ไม่มีการผลิตอีกแล้ว คันใดพังไปก็เท่ากับจบสิ้นไปเลย จึงอยากให้ประชาชนสนใจมาใช้บริการเหมือนเมื่อครั้งในอดีต ซึ่งก็จะทำให้เมืองตรังมี "รถตุ๊กตุ๊กหัวกบ" เป็นสัญลักษณ์ และยังทำให้มีจุดเด่นในการท่องเที่ยวในเมืองตรังด้วย และอยากให้องค์กรหรือหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชนควร เข้ามีบทบาทในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและส่งเสริมการประชาสัมพันธ์ สนับสนุนในการใช้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบในการท่องเที่ยว เมืองตรัง

## 9. บทสรุป

การวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางของผู้ใช้บริการรถขนส่งสาธารณะเชิงวัฒนธรรมในเมืองตรัง กรณีศึกษา รถตุ๊กตุ๊ก พบว่า ปัจจุบันคนในเมืองตรังใช้บริการลดน้อยลงเพราะเศรษฐกิจที่ดีขึ้นส่งผลให้คนเมืองตรังซื้อรถยนต์ส่วนตัวจำนวนมาก สภาวะน้ำมันแพงส่งผลให้อัตราค่าบริการสูงขึ้นไปด้วย และมีประเด็นปัญหาที่เพิ่งเกิดขึ้น คือ มีการให้บริการของรถสองแถวและมินิบัส วิ่งรอบเมืองทับเส้นทางกัน ที่อัตราค่าโดยสารที่ต่ำกว่าแย่งผู้โดยสารกัน แต่ก็มีกลุ่มนักท่องเที่ยวที่มาเยือนให้ความนิยมในการใช้บริการจำนวนมาก เพราะรูปแบบยานพาหนะที่แตกต่างจากตุ๊กตุ๊กในกรุงเทพ มีลักษณะคล้ายหัวกบ มีเอกลักษณ์ที่โดดเด่น นอกจากนี้ยังกลุ่มคนในพื้นที่ในเมืองตรังและคนต่างอำเภอใช้บริการอยู่บ้าง ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มนักเรียนและกลุ่มพ่อค้าแม่ค้า ความพึงพอใจปัญหาและอุปสรรคในการใช้บริการ อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งควรมีการปรับปรุงด้านราคาการใช้บริการค่อนข้างสูงและความทรุดโทรมของสภาพรถที่ให้บริการ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยสถิติทดสอบแบบ t-test และ One-way ANOVA มาอธิบายข้อมูลที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## 10. ข้อเสนอแนะ

1) ภาครัฐหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรมีการกำหนดอัตราค่าโดยสารที่แน่นอน

2) การปรับปรุงการให้บริการรถตุ๊กตุ๊กหัวกบ ประเด็นปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการให้บริการ โดยคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้บริการเป็นหลัก แต่ไม่ควรละเลยความต้องการของผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ ด้วย ทั้งในด้านราคา พฤติกรรมการให้บริการ ความปลอดภัย เป็นต้น

3) การบริหารจัดการระบบขนส่ง ในอนาคตหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจะเข้ามามีส่วนร่วมกันในการเป็นผู้ส่งเสริมและรณรงค์ในการใช้บริการ รวมทั้งการอนุรักษ์รถตุ๊กตุ๊กหัวกบให้คู่กับจังหวัดตรังต่อไป ทั้งจากองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ส่วนกลาง เช่น กรมขนส่งทางบก เทศบาลนครตรัง ผู้มีส่วนได้เสีย ผู้ลงทุน เจ้าของกิจการ ผู้ใช้บริการและชุมชน เพื่อนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการรถขนส่งสาธารณะเชิงวัฒนธรรมในเมืองตรังอย่างยั่งยืน

## เอกสารอ้างอิง

[1] ประพัทธ์พงษ์ อุปลา, 2552. อิทธิพลของรูปแบบเมืองที่มีผลต่อรถขนส่งสาธารณะนอกระบบและพฤติกรรมของผู้ใช้บริการในเมืองขนาดใหญ่ : กรณีศึกษา หาดใหญ่ เชียงใหม่ ขอนแก่น และกรุงเทพมหานคร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ปริญญา ปฏิพันธกานต์, 2550. ความต้องการระบบขนส่งมวลชนสำหรับเมืองเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์การวางแผนภาคและเมือง มหาบัณฑิต สาขาการวางแผนชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[3] ภราดร แช่มสุ่น. 2548. พฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อการบริหารจัดการรถตู้ร่วมบริการสาธารณะ. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

[4] เอนก สุวรรณบัณฑิต และภาสกร อดุลพัฒนกิจ.จิตวิทยาบริการ, 2545 กรุงเทพฯ: เพรส แอนด์ ดีไซน์

[5] Pagano, M. A. and McKnight, E.C. (1984) *Quality of service in special service paratransit: the users' perspective.* Transportation Research Record 934 : 14-23.

[6] Transportation Research Board. 2003. *Transit Capacity and Quality of Service Manual* **:** the Second Edition. Transportation Research Board : Washington D.C .

[7] Upala, P.( 2006) *Evaluating Bangkok's express passenger van service based on stated preference techniques, Proceedings of the 11th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (HKSTS),* Hong Kong.

[8] Upala, P. and Narupiti, S. (2007) *Valuing Passenger van service in Bangkok based on stated preference surveying techniques***.** Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Thailand.

# การบูรณาการโครงสร้างพื้นฐาน การขนส่ง และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ปัญหาต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด และอัลกอริทึมแบบประหยัด: กรณีศึกษา บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ทุ่งมหาเมฆ

# Integration of Infrastructure, Transportation and Land Use Planning with Minimum Spanning Tree Problem and Saving Algorithm: A Case Study of Aeronautical Radio of Thailand Ltd. Tungmahamek

**หมายเลขบทความ : AYRF15-009TH**

เรืออากาศเอก ชรินทร์ ทองเปี่ยม[1] , ประพัทธ์พงษ์ อุปลา[2]

Flt.Lt. Charin Thongpiam, Prapatpong Upala

[1] กลุ่มวิชาการวางแผนภาคและเมือง สาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02-329-8384 โทรสาร 02-329-8383
E-mail: charin1313@yahoo.com

[2] กลุ่มวิชาการวางแผนภาคและเมือง สาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02-329-8384 โทรสาร 02-329-8383
E-mail: p_upala@yahoo.com

**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผังกายภาพ เพื่อการประหยัดพลังงาน โดยบูรณาการโครงสร้างพื้นฐานและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายเพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุดของปัญหาต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด(Minimum Spanning Tree Problem) ร่วมกับการเขียนรูป(Graphic) และตารางคำนวณ (Spreadsheet) เพื่อช่วยวิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุดจากการจำลองเส้นทางของระบบสาธารณูปโภค จำนวน 4 กรณี เปรียบเทียบกับเส้นทางของระบบสาธารณูปโภคปัจจุบัน(ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร) จากการศึกษา พบว่า เส้นทางจำลองในกรณีที่ 1 มีระยะทางสั้นที่สุดเท่ากับ 1,182.50 เมตร และสั้นกว่าเส้นทางปัจจุบันของงานไฟฟ้า โทรศัพท์และสื่อสารเท่ากับ 715.50 เมตร งานประปาเท่ากับ 299.50 เมตร งานท่อรวมน้ำเสียเท่ากับ 360 เมตร ซึ่งลดต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของระบบสาธารณูปโภค (ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร) เป็นเงินเท่ากับ 2,313,555 บาท หรือประมาณร้อยละ 35.09 ของต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดในส่วนระบบสาธารณูปโภคสภาพปัจจุบัน และการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) พบว่า ระยะทางลดลงเท่ากับ 277.50 เมตร ซึ่งสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของพลังงานเชื้อเพลิงในการเดินทางเป็นเงินเท่ากับ 157,987 บาทต่อปี หรือประมาณร้อยละ 27.15 ดังนั้น การบูรณาการโครงสร้างพื้นฐานในส่วนระบบสาธารณูปโภค (ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร) และถนน ซึ่งมีตัวแปรของระยะทางและรูปแบบโครงข่ายถนนตาตาราง(Grid Pattern) ช่วยในการจัดกลุ่มอาคารสิ่งปลูกสร้างเป็นโซนพื้นที่(Zoning) ที่ใช้ในการควบคุมพลังงานและเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผังกายภาพ เพื่อการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายของพื้นที่บริษัท วิทยุการบินฯ ทุ่งมหาเมฆ และพื้นที่อื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

**คำสำคัญ:** 1) ผังกายภาพ, 2) บูรณาการ, 3) โครงสร้างพื้นฐาน, 4) ปัญหาต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด, 5) อัลกอริทึมแบบประหยัด

**Abstract**

This study created the network model to specify the optimal path using the Minimum Spanning Tree Problem, which involves the techniques of graphic drawing and spreadsheet calculation. Four scenarios were simulated, then each scenario and existing of utility lines including electricity, water supply, sewer system, and telephone and communication lines was compared. The result revealed that the simulation of case I generates the shortest distance of 1,182.50 meters. Such simulation contains shorter distance than existing electricity line by 715.50 meters, water supply line by 299.50 meters, and sewer line by 360 meters. Moreover, the simulation of case I could reduce 2,313,555 Baht or 35.09 percent of the existing utility cost. Utilization of the Saving Algorithm Economy method, total distance of the simulated road network was 277.50 meters shorter than the current road network, and this could help saving 157,987 Baht per year or equivalent to 27.15 percent of the total cost of energy consumed in travel section in the case study area. The aforementioned evidence showed that a guideline for energy and cost saving master plan lied upon designing building clusters into energy-and-security controlled zone by manipulation of utility lines in terms of their length and grid pattern. This helps enhancing efficiency in the use of land and resource of Aeronautical Radio of Thailand, Tungmahamek, and also in other cases.

**Keywords:** 1) Integration, 2) Infrastructure, 3) Land Use, 4) Minimum Spanning Tree Problem, 5) Saving Algorithm

## 1. บทนำ

บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ทุ่งมหาเมฆ เป็นรัฐวิสาหกิจ สังกัดกระทรวงคมนาคม ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตสาทร ซึ่งเป็นที่ดินราชพัสดุที่เช่าพื้นที่จากกรมธนารักษ์ และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทสถาบันราชการ ส่วนพื้นที่ข้างเคียงโดยรอบมีการใช้ที่ดินประกอบด้วย การใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม และสถาบันราชการ ลักษณะพื้นที่มีการต่อเชื่อมกับย่านศูนย์กลางธุรกิจของเมือง (CBD) ทำให้เกิดการพัฒนาเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ข้างเคียงอย่างมาก เช่น ที่พักอาศัยแบบบ้านแถว คอนโดมิเนียม สถานศึกษา อาคารพาณิชย์ สวนสาธารณะ และหน่วยงานภาครัฐ ตลอดจนแหล่งชุมชนผู้มีรายได้น้อย เป็นต้น จึงเป็นย่านหรือชุมชน[6] ที่มีความต้องการในการใช้พลังงานด้านระบบไฟฟ้า ระบบสื่อสาร(โทรศัพท์/อินเตอร์เน็ต) และน้ำประปาเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังต้องพึ่งพาด้านระบบสาธารณูปการของภาครัฐเกี่ยวกับการระบายน้ำ การจัดเก็บขยะมูลฝอยและเส้นทางขนส่ง(ถนน)

การพึ่งพาพลังงานต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการใช้งานกับอาคาร สิ่งปลูกสร้าง เครื่องมืออุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกภายในพื้นที่ศึกษา เพื่อภารกิจการปฏิบัติการด้านควบคุมจราจรทางอากาศ ด้านวิศวกรรมจราจรทางอากาศ และด้านสื่อสารการบินแก่ภาครัฐและเอกชน และการเป็นพื้นที่ศูนย์กลางควบคุมจราจรทางอากาศของประเทศที่เชื่อมโยงกับศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศในส่วนกลาง ประกอบด้วย ท่าอากาศยานนานาชาติสุวรรณภูมิ ท่าอากาศยานดอนเมือง และศูนย์ควบคุมการบินในส่วนภูมิภาค ประกอบด้วย เชียงใหม่ หาดใหญ่ ภูเก็ต อุบลราชธานี พิษณุโลก นครราชสีมา และสุราษฎร์ธานี โดยให้บริการด้านการควบคุมจราจรทางอากาศ และบริการสื่อสารการบินแก่สายการบินทั้งภายในประเทศและต่างประเทศตลอดเวลา 24 ชั่วโมง(ไม่มีวันหยุด) และให้การสนับสนุนกองทัพอากาศทางด้านข้อมูลการควบคุมจราจรทางอากาศระหว่างประเทศและภายในประเทศ เพื่อใช้ในการป้องกันภัยทางอากาศและความมั่นคงของประเทศ[2] แต่ปัญหาในอดีตจนถึงปัจจุบันด้านโครงสร้างพื้นฐานในส่วนระบบสาธารณูปโภค (ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย.โทรศัพท์และสื่อสาร และถนน) และการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาที่มีการออกแบบระบบสาธารณูปโภคมาตั้งแต่เมื่อ 20 ปีที่ผ่านมา ทำให้ขาดการวางผังแม่บทที่ชัดเจน และไม่สัมพันธ์กัน ดังนั้น การใช้งานในอีก 10 ปีข้างหน้า(พ.ศ.2558–2568) ที่มีความต้องการการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงจากการขยายงานและจัดทำโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ทดแทนอาคารเก่าจะก่อเกิดปัญหาด้านโครงสร้างพื้นฐานและการใช้ประโยชน์ที่ดินต่าง ๆ ดังนี้

1) สภาพระบบสาธารณูปโภค และถนนภายในที่ใช้งานปัจจุบัน มีแนวเส้นทางระบบสาธารณูปโภคปัจจุบันตัดกันหรือวางซ้อนทับกัน เกิดความสับสนและยากแก่การซ่อมบำรุงรักษา และมีค่าใช้จ่ายสูงในการทำงาน

2) การสูญเสียพลังงานจากวัสดุอุปกรณ์และค่าซ่อมบำรุงรักษาของแนวเส้นทางระบบสาธารณูปโภค และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถยนต์ในการเดินทาง อันเนื่องจากมีระยะทางมากเกินความจำเป็น

3) ความหนาแน่นในการใช้ที่ดินของพื้นที่ศึกษาเพิ่มมากขึ้นภายในพื้นที่ศึกษา และมีพื้นที่ว่างระหว่างอาคาร และพื้นที่ติดกับแนวเขตที่ดินที่ไม่ก่อเกิดประโยชน์ใช้สอยที่คุ้มค่ากับราคาที่ดิน ซึ่งเป็นพื้นที่ย่านศูนย์กลางธุรกิจของเมือง(CBD.)

การวางแผนแก้ไขปัญหาระบบสาธารณูปโภค(ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร และถนน) ให้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นการบูรณาการโครงสร้างพื้นฐาน และการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ให้มีศักยภาพการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้นและมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานอย่างเป็นระบบ และถูกต้องตามข้อกำหนด กฎหมาย ฯลฯ [3]

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึม(Algorithm) ที่เป็นกระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการเป็นขั้น ๆ และมีส่วนที่ต้องทำแบบวนซ้ำอีกจนเสร็จสิ้นการทำงาน ซึ่งนำมาใช้ประกอบกับแนวคิดฮิวริสติกส์ทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการตัดสินใจจากการใช้ทฤษฎีกราฟ(Graph Theoretic) ที่เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่สามารถเข้าใจได้ และมีลำดับหรือวิธีการในการแก้ไขปัญหาและค้นหาวิธีการเป็นคำตอบได้ โดยการสร้างรูปแบบกราฟิกจำลองโครงข่ายของระบบสาธารณูปโภค(ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร) ที่เป็นการประยุกต์ใช้รูปแบบจำลองโครงข่าย(Applications of Network Models) เพื่อการหาทางเลือกที่ดีที่สุด ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์อยู่หลายวิธี เช่น วิธีการวิเคราะห์เส้นทางเดินที่สั้นที่สุด(Shortest Path Analysis) เป็นวิธีที่ต้องการหาทางเดินสั้นที่สุดตลอดข่ายงานที่มีทิศทางจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดปลายทางแต่ละเส้นทาง วิธีปริมาณการไหลสูงสุด(Maximum Flow Method) เป็นแนววิธีที่เหมาะกับการหาของไหลที่ผ่านเส้นท่อที่มีปริมาณสูงสุด วิธีปริมาณการไหลน้อยสุด(Minimum Flow Method) เป็นแนววิธีที่หาปริมาณผลิตผลของสินค้าหรือการลงทุน และวิธีต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด (Minimum Spanning Tree Method) เป็นแนววิธีที่ใช้ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของโครงข่ายที่มีการเชื่อมต่อกันทุกจุด

จากสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาที่ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองโครงข่ายของเส้นทางแนวระบบสาธารณูปโภคปัจจุบันและการสร้างแบบจำลองเส้นทางใหม่ของระบบสาธารณูปโภคที่มีเส้นทางสั้นที่สุด จึงได้ประยุกต์ใช้วิธีต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด(Minimum Spanning Tree Method) เพื่อการสร้างรูปแบบกราฟิกจำลองโครงข่ายเพื่อวิเคราะห์คำนวณหาระยะทางที่ดีที่สุดของระบบสาธารณูปโภคในส่วนงานไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร โดยสามารถเชื่อมโยงได้ทุกจุดของอาคาร สิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ศึกษา และประยุกต์ใช้แนวคิดทฤษฎีอัลกอริทึมแบบประหยัด (The Saving Algorithm) เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และกราฟิกในการวิเคราะห์คำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของงานถนน ซึ่งมีการนำพื้นที่ว่างระหว่างอาคารหรือพื้นที่ว่างติดแนวเขตที่ดิน ทางเดินเท้า และพื้นที่สีเขียวบางส่วนมาใช้ประโยชน์ในการลดความแออัดของเส้นทาง(ถนน) และเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินให้คุ้มค่าราคาที่ดิน(ค่าเช่า) ที่เป็นพื้นที่ย่านศูนย์กลางธุรกิจของเมือง(CBD) และการจัดโซนพื้นที่การควบคุมการใช้พลังงานของพื้นที่ ซึ่งมีระยะทางที่เป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เกิดการประหยัดด้านพลังงานและค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง โดยคาดว่าผลจากการศึกษาครั้งนี้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาผังกายภาพเพื่อการประหยัดพลังงานของพื้นที่ศึกษา (บ.วิทยุการบินฯ ทุ่งมหาเมฆ และพื้นที่อื่น ๆ ได้ในอนาคต

## 2. วัตถุประสงค์

1) ศึกษาลักษณะและรูปแบบโครงสร้างพื้นฐาน และการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการใช้งานของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เพื่อการจัดกลุ่มอาคารและโซนพื้นที่ควบคุมการใช้พลังงาน

2) เพื่อสร้างรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุดในส่วนของระบบสาธารณูปโภค

3) เพื่อเสนอแนะแนวทางในการบูรณาการโครงสร้างพื้นฐานและการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เกิดการประหยัดพลังงาน

## 3. กรอบงานศึกษา

1) ทบทวนแนวคิดกระบวนการวางผังบริเวณ แนวคิดทฤษฎีฮิวริสติกส์ในการแก้ปัญหา นโยบายและแผนงานที่เกี่ยวข้อง การสร้างแบบจำลองโครงข่ายเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ตามหลักการของการวิจัยการดำเนินงาน

2) ศึกษาลักษณะและรูปแบบทางกายภาพของพื้นที่ สภาพปัญหาและปริมาณการใช้งานของระบบสาธารณูปโภค(ไฟฟ้า-ประปา-โทรศัพท์และสื่อสาร-รวมน้ำเสีย และถนน)

3) การกำหนดรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และกราฟิกเพื่อการตัดสินใจ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและใช้การเขียนรูปกราฟิก(Graphic) และเอ็กเซลสเปรดชีต (Excel Spreadsheet) สำหรับการสร้างแบบจำลองแนวเส้นทางที่สั้นที่สุดในส่วนระบบสาธารณูปโภค

4) การวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะทางของเส้นทางระบบสาธารณูปโภคปัจจุบันกับเส้นทางจำลองรูปแบบโครงข่ายระบบสาธารณูปโภค (4 กรณี) ร่วมกับการประเมินศักยภาพพื้นที่การใช้ที่ดิน

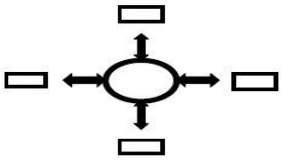
5) สรุปผลการวิเคราะห์และจัดเส้นทางระบบสาธารณูปโภคและถนนภายในสำหรับใช้เป็นแนวทางการพัฒนาผังกายภาพ

## 4. ทบทวนวรรณกรรม

### 4.1 การวางผังบริเวณ

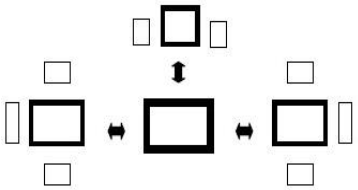
เดชา บุญค้ำ (2554) [1] กล่าวว่า รูปแบบการจัดวางผังแม่บทสถานศึกษา มีวิธีการวางที่แตกต่างกันออกไปหลายวิธีตามแต่เงื่อนไขและการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพพื้นที่ งบประมาณ แผนงานและนโยบาย เป็นต้น และคำนึงถึงระยะทางการเดินทางที่เหมาะสมระหว่างส่วนต่าง ๆ ภายในพื้นที่ ซึ่งสามารถแยกรูปแบบวิธีการได้ 6 รูปแบบ ดังนี้

1) Central Pattern of Growth (Concentric or Redial) เป็นการจัดผังที่มีการใช้พื้นที่แบบมีส่วนใช้สอยร่วม เช่น หอสมุดกลาง สำนักงานอธิการบดี อาคารเรียนรวม เป็นต้น ให้อยู่ในบริเวณส่วนกลางล้อมด้วยอาคารเรียนและที่ทำการคณะต่าง ๆ การจัดแยกแบบนี้มีข้อดีคือการรวมกลุ่มที่กระชับ ส่งเสริมให้เกิดการใช้สอยร่วมกัน ทำให้เกิดความประหยัด ส่วนข้อเสียคือ กลุ่มใช้สอยกลางอาจถูกปิดล้อมทำให้ขยายตัวได้ยาก



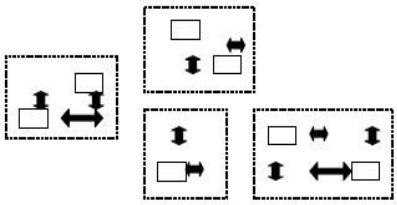
**รูปที่ 1** รูปแบบ Central Pattern of Growth (Concentric or Redial)

2) Molecular (Cluster, Satellite, Campus) เป็นการจัดผังแบบแยกออกเป็นคณะวิชา โดยแต่ละคณะวิชาจะมีความสมบูรณ์ในตัวเองต้องการการบริการจากส่วนกลางน้อย ข้อดีคือ แต่ละคณะมีการบริหารและบริการของตนเองที่สะดวก รวดเร็ว ลดความยุ่งยากในการติดต่อ ส่วนข้อเสียคือ มีความสิ้นเปลืองในการบริหาร บริการและการลงทุนสูงมาก



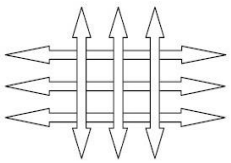
**รูปที่ 2** รูปแบบ Molecular (Cluster, Satellite, Campus)

3) Zonal Pattern of Growth เป็นการจัดผังแบบกลุ่มตามการใช้สอย เช่น เขตการศึกษา เขตบริหาร เขตบริการ เป็นต้น องค์ประกอบในแต่ละกลุ่มสามารถขยายตัวได้ในขอบเขตของกลุ่ม ข้อดีคือ แต่ละองค์ประกอบสามารถขยายตัว โดยส่งผลกระทบกับส่วนอื่น ๆ น้อย แบ่งแยกเขตการใช้สอยได้อย่างชัดเจน ส่วนข้อเสียคือ ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาจทำได้อย่างจำกัด หลีกเลี่ยงการตัดกันของถนนและทางเดินเท้าได้ยาก



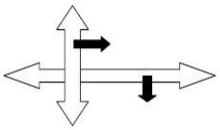
**รูปที่ 3** รูปแบบ Zonal Pattern of Growth

4) Grid (Cellular) Pattern of Growth เป็นกลุ่มการใช้แยกออกเป็นส่วน ๆ แต่ละส่วนสามารถขยายตัวได้ตามตาราง ซึ่งอาจกำหนดโดยถนน หรือทางเดินที่จะเป็นตัวแยกส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ออกจากกัน ข้อดีคือ มีความเป็นระเบียบขององค์ประกอบทางด้านสาธารณูปโภคและการบำรุงรักษา ส่วนข้อเสียคือ เกิดความสับสนในการใช้สอยได้ง่าย ขาดความกระชับขององค์ประกอบและไม่ประหยัด



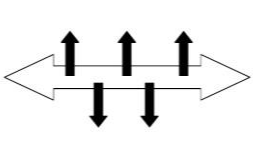
**รูปที่ 4** รูปแบบ Grid (Cellular) Pattern of Growth

5) Axial (Cross) Pattern of Growth เป็นการจัดองค์ประกอบที่ให้ส่วนกลาง มีลักษณะเป็นแกนยาว 2 แกนตัดกันและขยายตัวออกไปได้ 4 ทิศทาง ส่วนองค์ประกอบอื่นตั้งฉากกับแกนทั้งสอง ข้อดีคือ สามารถขยายส่วนบริหารและบริการออกไปตามการขยายตัวขององค์ประกอบอื่นได้ ส่วนข้อเสียคือ หากมีการขยายตัวมากไปเกิดความสับสนในการสัญจร และการบริหารและบริการจะลดลงตามระยะทาง



**รูปที่ 5** รูปแบบ Axial (Cross) Pattern of Growth

6) Linear Pattern of Growth เป็นส่วนใช้สอยกลางที่มีลักษณะเป็นแนวแกนยาวขยายตัวออกไปได้ 2 ข้าง องค์ประกอบอื่นตั้งฉากกับแกนกลางนี้ และอาจขยายออกไปได้ในแนวที่ตั้งฉากเช่นกัน ข้อดีของการจัดแบบนี้คือความสามารถในการขยายตัวออกไปได้



**รูปที่ 6** รูปแบบ Linear Pattern of Growth

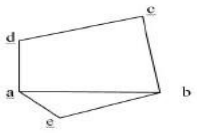
### 4.2 แนวคิดฮิวริสติกส์ทางคณิตศาสตร์

แนวคิดฮิวริสติกส์ทางคณิตศาสตร์เป็นแนวคิดเพื่อช่วยในการตัดสินใจจากการใช้ทฤษฎีกราฟ (Graph Theoretic) ที่เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่สามารถเข้าใจได้ และมีลำดับหรือวิธีการในการแก้ไขปัญหาและค้นหาวิธีการเป็นคำตอบได้ โดยการสร้างรูปแบบจำลองของระบบสาธารณูปโภค (ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร) ที่เป็นการประยุกต์ใช้รูปแบบจำลองโครงข่าย(Applications of Network Models) เพื่อการหาทางเลือกที่ดีที่สุด ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์อยู่หลายวิธี เช่น วิธีการวิเคราะห์เส้นทางเดินที่สั้นที่สุด(Shortest Path Analysis) เป็นวิธีที่ต้องการหาทางเดินสั้นที่สุดตลอดข่ายงานที่มีทิศทางจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดปลายทางแต่ละเส้นทาง วิธีปริมาณการไหลสูงสุด(Maximum Flow Method) เป็นแนววิธีที่เหมาะกับการหาของไหลที่ผ่านเส้นท่อที่มีปริมาณสูงสุด วิธีปริมาณการไหลน้อยสุด(Minimum Flow Method) เป็น

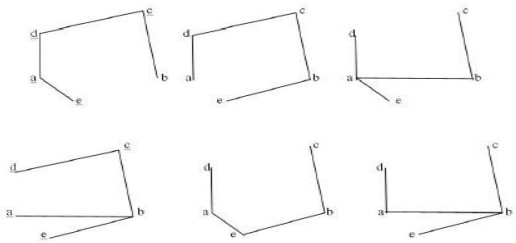
แนววิธีที่หาปริมาณผลิตผลของสินค้าหรือการลงทุน และวิธีต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด(Minimum Spanning Tree Method) เป็นแนววิธีที่ใช้ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของโครงข่ายที่มีการเชื่อมต่อกันทุกจุด [4] [7] และ [8]

ปัญหาต้นไม้แบบทอดข้ามของกราฟที่เชื่อมต่อเป็นกราฟย่อยที่เป็นต้นไม้และเชื่อมต่อทุกจุดเข้าด้วยกัน กราฟเดียวสามารถมีต้นไม้ทอดข้ามที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดน้ำหนักไปที่ขอบแต่ละเส้นเชื่อมโยงจุด ซึ่งเป็นตัวเลข และใช้เพื่อกำหนดน้ำหนักหรือทรัพยากรต่าง ๆ ให้กับต้นไม้ทอดข้าม โดยการคำนวณผลรวมของน้ำหนักของขอบที่เชื่อมโยงจุด ในการที่ต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด (Minimum Spanning Tree, MST) หรือน้ำหนักต้นไม้ทอดต่ำนั้นก็เป็นต้นไม้ที่ทอดที่มีน้ำหนักน้อยกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักของต้นไม้ทุกต้นที่ทอดข้ามอื่น ๆ มากกว่าปกติใด ๆ ของกราฟไม่ระบุทิศทาง (ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อ) มีเขตพื้นที่ในการทอดต่ำซึ่งเป็นเขตแดนของส่วนประกอบของต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด

บทนิยามของต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุดคือ ต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุดหรือต้นไม้แผ่ทั่วที่มีผลรวมของค่าน้ำหนักของแต่ละเส้นเชื่อมน้อยที่สุด โดยพิจารณาหาผลรวมของค่าน้ำหนักจากสมการที่ (1)




**รูปที่ 7** กราฟ G ที่ประกอบด้วยจุดยอดทุกจุดของ G



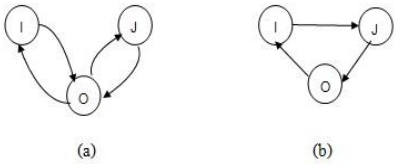
**รูปที่ 8** กราฟต้นไม้ทอดข้ามของ G

- เป็นกราฟที่ไม่ระบุทิศทาง G = (V, E)
- น้ำหนัก w(u,v) ของแต่ละเส้นเชื่อม (u,v) ∈ E.
- หา T ⊆ E โดย T ต่อเชื่อมทุกโหนด
  (T คือ ต้นไม้ทอดข้ามน้อยที่สุด)

$$W(T) = \sum_{(u,v)\in T} w(u,v) \qquad (1)$$

และ จำนวนเส้นเชื่อมโยงโหนด = |V| - 1

Clarke and Wright .(1964). ได้ประยุกต์วิธี The Saving Algorithm โดยการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า พิจารณาจากระยะทางการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า (o) ไปจนถึงตำแหน่งของลูกค้า i และ j โดย $S_{ij}$ คือต้นทุนระยะทางการขนส่งสินค้าที่ประหยัดได้จากผลของการเชื่อมโยง ( i , j ) ทำให้เกิดเส้นทาง ( o ,i ,j ) [4] ดังรูปที่ 9




**รูปที่ 9** ระยะทางจากคลังสินค้า (o) ไปยังลูกค้า i และ j

จะได้สมการในการคำนวณค่าประหยัด ดังนี้

$$S_{ij} = D_{oi} + D_{oj} - D_{ij} \qquad (2)$$

โดยที่ O คือ จุดเริ่มต้นในการขนส่งสินค้าไปให้ลูกค้า i และ j
$S_{ij}$ คือ ค่าประหยัดระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j
$D_{oi}$ คือ ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า o และ i
$D_{oj}$ คือ ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า o และ j
$D_{ij}$ คือ ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

## 5. พื้นที่การศึกษา

การใช้พื้นที่และสภาพทางกายภาพในปัจจุบันของบริษัทวิทยุการบินฯ ทุ่งมหาเมฆ เป็นพื้นที่เช่าราชพัสดุของกรมธนารักษ์ เนื้อที่ 37 ไร่ 2 งาน 7 ตารางวา หรือ 60,028 ตารางเมตร ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินสีน้ำเงิน ประเภทสถาบันราชการ ดังแสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษาไว้ในรูปที่ 10 โดยมีอาคาร สิ่งปลูกสร้างคิดเป็นอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดิน(Ground Area Coverage Ratio) เท่ากับ 29.44 % หรือ 17,674 ตารางเมตร และอัตราส่วนพื้นที่ว่างอันปราศจากสิ่งก่อสร้างต่อพื้นที่แปลงที่ดิน (Open Space Ratio, OSR) ประมาณ 66.28% หรือ 39,790 ตารางเมตร และจำนวนพื้นที่ใช้งานของอาคารสิ่งปลูกสร้างปัจจุบันเท่ากับ 70,495 ตารางเมตร ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน หรือ FAR. (Floor Area Ratio) เท่ากับ 1.18 ไม่เกินจากค่า FAR. ของพื้นที่ความหนาแน่นในเขต กทม. ที่เขตพาณิชยกรรมกำหนดเป็นพื้นที่สีแดง ( พ.1 ≤ 5 )

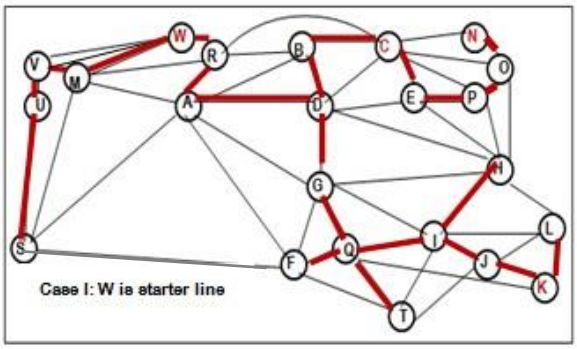



**รูปที่ 10** ผังขอบเขตพื้นที่ศึกษา และพื้นที่ใกล้เคียง

## 6. ผลการศึกษา

การจำลองโครงข่ายทางคณิตศาสตร์และกราฟิกของเส้นทางระบบสาธารณูปโภค(ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร) จำนวน 4 กรณี สำหรับใช้เปรียบเทียบระยะทางกับแนวระบบสาธารณูปโภคปัจจุบัน ดังนี้

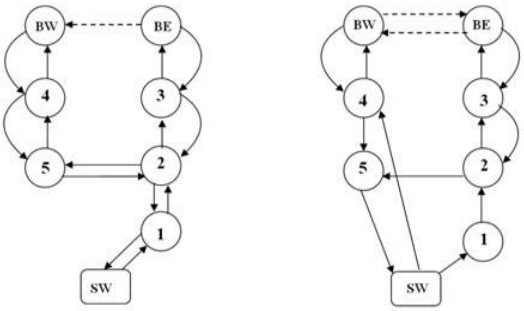
- กรณีที่ 1 ใช้จุดโหนด "W" (อาคารโรงสูบน้ำ) เป็นจุดเริ่มต้นที่เชื่อมต่อกับระบบประปาของการประปานครหลวงปัจจุบัน โดยแสดงรายละเอียดไว้ในรูปที่ 11 มีความยาวรวมสั้นที่สุดเท่ากับ 1,182.50 เมตร
- กรณีที่ 2 ใช้จุดโหนด "N" (เคบินไฟฟ้า-สิ่งแวดล้อม) เป็นจุดเริ่มต้น มีความยาวรวมเท่ากับ 1,188.50 เมตร
- กรณีที่ 3 ใช้จุดโหนด "C" (อาคารโรงไฟฟ้าแห่งที่ 1) เป็นจุดเริ่มต้นที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าแรงสูง Line 1 ของการไฟฟ้านครหลวงปัจจุบัน มีความยาวรวมเท่ากับ 1,223.50 เมตร
- กรณีที่ 4 ใช้จุดโหนด "K" (อาคารดาวเทียม) เป็นจุดเริ่มต้นที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าแรงสูง Line 2 ของการไฟฟ้านครหลวงปัจจุบัน มีความยาวรวมเท่ากับ 1,188.50 เมตร




**รูปที่ 11** การจำลองโครงข่ายระบบสาธารณูปโภค กรณีที่ 1 (A, B,.., W แทนตำแหน่งของอาคาร สิ่งปลูกสร้าง)

จากสภาพแวดล้อมทางกายภาพด้านโครงสร้างพื้นฐานของระบบสาธารณูปโภคปัจจุบันในส่วนงานไฟฟ้า โทรศัพท์และสื่อสารจะมีรูปแบบท่อร้อยสายหลายชนิด เช่น แบบรางคอนกรีต(บนผิวดินและฝังดิน) แบบท่อพีอี(ฝังดิน) และแบบรางเหล็ก(เหนือพื้นดิน) มีระยะทางเท่ากับ 1,898 เมตร ส่วนงานประปาเป็นท่อเหล็ก(ฝังดิน) มีระยะทางเท่ากับ 1,482 เมตร และงานท่อน้ำเสียเป็นท่อพีอี(ฝังดิน) มีระยะทางเท่ากับ 1,542.50 เมตร

ผลการศึกษา พบว่า การจำลองโครงข่ายกรณีที่ 1 มีระยะทางสั้นกว่าแนวสาธารณูปโภคปัจจุบันของงานไฟฟ้า โทรศัพท์และสื่อสารเท่ากับ 715.50 เมตร งานประปาเท่ากับ 299.50 เมตร งานท่อน้ำเสียเท่ากับ 360 เมตร และการพัฒนาผังกายภาพของโครงสร้างพื้นฐานในส่วนระบบสาธารณูปโภคที่เชื่อมต่อถึงกันแต่ละโซนพื้นที่(Zoning) ของพื้นที่ศึกษา (บ.วิทยุการบินฯ ทุ่งมหาเมฆ) ควรเลือกวิธีการฝังดิน(แบบปูแผ่นคอนกรีตทับ) เพื่อเป็นแนวป้องกัน หรือใช้แนวพื้นที่กันชน(Buffer Zone) ที่จะป้องกันความเสียหายกับระบบสาธารณูปโภค อันเนื่องจากมีแนวเขตพื้นที่อยู่ใกล้ถนนสาธารณะและมีความเสี่ยงสูงในการเกิดความเสียหาย



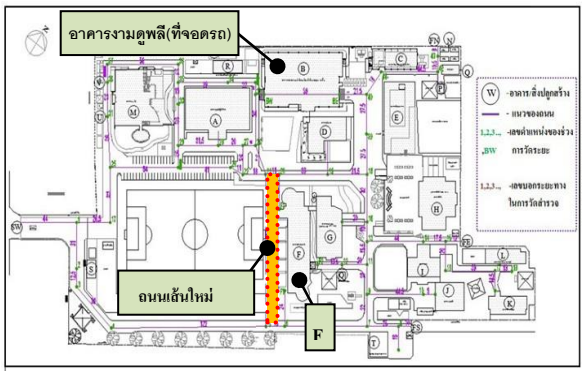

a) เส้นทางเดิม (b) เส้นทางใหม่

**รูปที่ 12** แนวเส้นทางแบบจำลองของเส้นทางถนนใหม่

การจำลองโครงข่ายทางคณิตศาสตร์และรูปแบบกราฟิกของเส้นทางถนน ซึ่งใช้ระยะทางจากประตู1 ถนนนางลิ้นจี่ (SW) ในการเดินทางไป-กลับทุก ๆ จุดของอาคารที่จอดรถ (BE) และ(BW) โดยมีรายละเอียดแสดงไว้ในรูปที่ 12 สำหรับการประมวลผลด้วยวิธี The Saving Algorithm จากสมการที่ (2) จะได้แบบจำลองคณิตศาสตร์ว่า

$$S_{(BE,BW)} = [\{\sum D_{(SW,BE)} + \sum D_{(BE,SW)}\} + \{\sum D_{(SW,BW)} + \sum D_{(BW,SW)}\}] - [\, D_{(SW,BE)} + D_{(BW,SW)} + D_{(BE,BW)} \,] \quad (3)$$

โดยที่ $S_{(BE,BW)}$ คือต้นทุนระยะทางการเดินทางขนส่งที่ประหยัดได้จากผลของการเชื่อมโยง BE และ BW ทำให้เกิดเส้นทาง SW-BE-BW-SW และเส้นทาง SW-BW-BE-SW




**รูปที่ 13** แบบจำลองโครงข่ายถนนเส้นใหม่เชื่อมต่อแนวเส้นทางถนนของเดิมแบ่งพื้นที่เป็นแบบตาตาราง (Grid Pattern)

การจำลองแนวเส้นทางใหม่ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 13 เป็นถนนแบบ 2 ช่องทางจราจร (2ทิศทาง) เป็นเส้นทางที่สร้างขึ้น(Artificial Way) เพื่อลดระยะทางของการเดินทางและสร้างรูปแบบโครงข่ายถนนตาตาราง(Grid Pattern) สำหรับแบ่งโซนพื้นที่(Zoning) และจัดกลุ่มอาคาร สิ่งปลูกสร้างสำหรับการควบคุมพลังงาน และการพัฒนาเพิ่มศักยภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นพื้นที่สีเขียว(สนามฟุตบอล) ของพื้นที่ศึกษา บริเวณด้านหน้าอาคารอำนวยการ "F" ขนาดกว้างเท่ากับ 12.00 ม. และความยาวเท่ากับ 102.5 ม. เชื่อมต่อกับเส้นทางถนนภายในของเดิมที่มีขนาดความกว้างของถนนเท่ากับ 6.00-8.00 เมตร และการจัดรูปแบบการจราจรแบบ 2 ช่องจราจร(สองทิศทาง)รองรับปริมาณการจราจรสูงสุด(ปัจจุบัน) ต่อ 1 ช่องจราจร(Critical Lane Volume; CLV) เท่ากับ 122 คันต่อชั่วโมง

**ตารางที่ 1** ค่าประหยัดในการเดินทางจากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด

| Saving no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| $D_{(SW,BE)}$ ,ม. | 715.50 | 715.50 | 507.50 | 423.00 | 295.50 |
| $D_{(BE,SW)}$ ,ม. | 573.50 | 573.50 | 507.50 | 508.00 | 413.00 |
| $D_{(SW,BW)}$ ,ม. | 507.50 | 507.50 | 715.50 | 295.50 | 423.00 |
| $D_{(BW,SW)}$ ,ม. | 507.50 | 507.50 | 413.00 | 413.00 | 508.00 |
| $D_{(BE,BW)}$ ,ม. | 59.00 | 59.00 | 59.00 | 59.00 | 59.00 |
| $S_{(BE,BW)}$ ,ม. | 1,022 | 1,164 | 861.50 | 777.00 | 744.50 |
| แตกต่าง ,ม. | 0 | -142 | 160.50 | 245.00 | 277.50 |
| ร้อยละ | 0 | -13.89 | 15.70 | 23.97 | 27.15 |

ผลการศึกษา พบว่า ค่าความประหยัดของระยะทางที่ใช้ในการเดินทางโดยรถยนต์จากจุดประตู 1 ถนนนางลิ้นจี่ ถึงทางเข้าอาคารงามดูพลี(ที่จอดรถ) ด้านทิศตะวันออกเชื่อมต่อกับช่องทางออกอาคารงามดูพลี(ที่จอดรถ) ด้านทิศตะวันตก ถึงจุดประตู 1 ถนนนางลิ้นจี่ จะได้ค่าความประหยัดของการใช้เส้นทางเดิมปัจจุบันเท่ากับ 1,022 เมตร และมีค่าความประหยัดของการใช้เส้นทางจากการจำลองแนวเส้นทางใหม่เท่ากับ 744.50 เมตร ทำให้ระยะทางสั้นลงเท่ากับ 277.50 เมตร คิดเป็นร้อยละ 27.15 ของค่าความประหยัดของแนวเส้นทางเดิมในปัจจุบัน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1

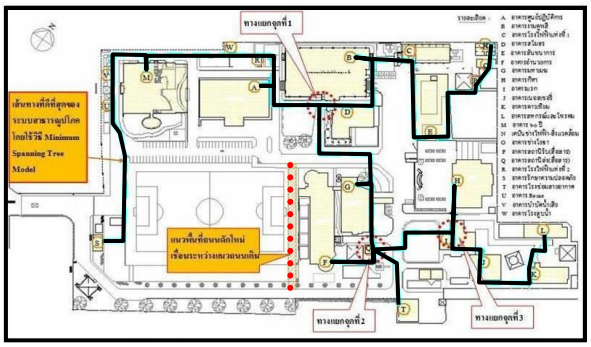
จากการพิจารณาจัดกลุ่มอาคาร และแบ่งโซนพื้นที่ควบคุมการใช้พลังงานของอาคาร สิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา พบว่าองค์ประกอบในการพิจารณาประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

(1) <u>อาคารและสิ่งปลูกสร้าง(Building)</u> เป็นส่วนสำคัญในการหาจำนวนพื้นที่ใช้สอยที่ใช้งานปัจจุบัน ปริมาณจำนวนของพนักงานและผู้ใช้บริการ และประเภทชนิดของรูปเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้กับอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เพื่อให้สอดคล้องกับการวางแผนจัดโซนพื้นที่ควบคุมพลังงานและการเชื่อมโยงกิจกรรมของอาคารที่มีประเภทการใช้งานรูปแบบกิจกรรมอย่างเดียวกันได้

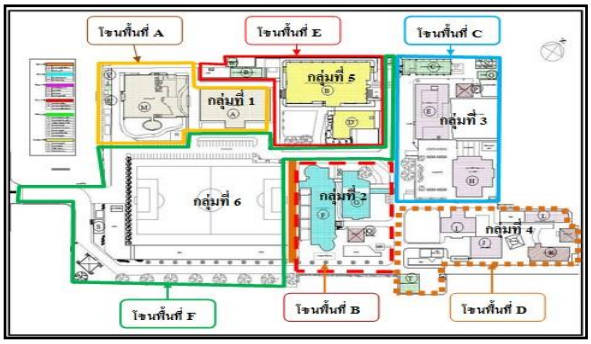
(2) <u>พื้นที่ภายนอกอาคาร(Outdoor Space)</u> ซึ่งเป็นพื้นที่ในส่วนที่มิใช่อาคาร ได้แก่ ลานกีฬา ที่ออกกำลังกายกลางแจ้ง เป็นต้น ปัจจุบันพื้นที่ศึกษา(บ. วิทยุการบินฯ ทุ่งมหาเมฆ) มีพื้นที่ที่ดินเท่ากับ 60,028 ตารางเมตร พื้นที่ใช้สอยของอาคารและสิ่งปลูกสร้างปกคลุมดินจำนวนเท่ากับ 70,495 ตารางเมตร และในอนาคตจะมีพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้นเป็น ประมาณ 100,000 ตารางเมตร ดังนั้น การคำนวณอัตราส่วนพื้นที่อาคาร สิ่งปลูกสร้างต่อพื้นที่ที่ดิน หรือ FAR.(Floor Area Ratio) เท่ากับ 1.67 ไม่เกินค่าความหนาแน่นด้านผังเมืองรวม กทม. และข้อบัญญัติควบคุมอาคารของ กทม. กำหนดค่า FAR ไม่เกิน 6 เท่า และค่า OSR ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 (เขตโซนพื้นที่สีแดง พ.5)

(3) <u>ส่วนสนับสนุนต่าง ๆ</u> เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเชื่อมโยงกิจกรรมระหว่างอาคารและสิ่งปลูกสร้างได้แก่ ระบบสาธารณูปโภค ทางสัญจร(ถนน ทางเดินเท้า) เป็นต้น และพื้นที่สีเขียว

การจัดโซนแบ่งพื้นที่การควบคุมพลังงาน โดยการนำอาคารเดี่ยวที่อยู่ใกล้เคียงอาคารหลักของโซนพื้นที่ ซึ่งมีการสนับสนุนสอดคล้องกัน หรือส่งเสริมซึ่งกันและกันในด้านสภาพพื้นที่ทางกายภาพของตำแหน่งอาคาร สิ่งปลูกสร้าง และแนวระบบสาธารณูปโภค(ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร) ซึ่งได้จากการจำลองโครงข่ายโดยรายละเอียดแสดงไว้ในรูปที่ 14




**รูปที่ 14** แนวระบบสาธารณูปโภคจากการจำลองโครงข่าย(เส้นทึบ) และแนวถนนตัดใหม่ (เส้นประ)




**รูปที่ 15** การแบ่งโซนพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง

ผลการศึกษาพบว่าจัดแบ่งกลุ่มและโซนพื้นที่การควบคุมพลังงาน ให้มีความสอดคล้องกับสภาพทางกายภาพและกิจกรรม และการใช้ประโยชน์ที่ดิน แยกออกเป็น 6 โซน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในรูปที่ 15 ดังนี้

1) โซนพื้นที่ A เป็นกลุ่มอาคารปฏิบัติการจราจรทางอากาศ และอาคารบริการ มีจำนวนพื้นที่เท่ากับ 9,066 ตารางเมตร (15.1% ของพื้นที่ทั้งหมด)

2) โซนพื้นที่ B เป็นกลุ่มอาคารบริหารและพัฒนา และกลุ่มอาคารสื่อสาร มีจำนวนพื้นที่เท่ากับ 6,874 ตารางเมตร(11.45% ของพื้นที่ทั้งหมด)

3) โซนพื้นที่ C เป็นกลุ่มสนับสนุนสาธารณูปโภค กลุ่มอาคารสื่อสาร และกลุ่มอาคารธุรกิจและสวัสดิการ มีจำนวนพื้นที่เท่ากับ 8,507 ตารางเมตร (14.17% ของพื้นที่ทั้งหมด)

4) โซนพื้นที่ D เป็นกลุ่มอาคารธุรกิจและสวัสดิการ และกลุ่มอาคารสื่อสาร มีจำนวนพื้นที่เท่ากับ 9,825 ตารางเมตร(16.37% ของพื้นที่ทั้งหมด)

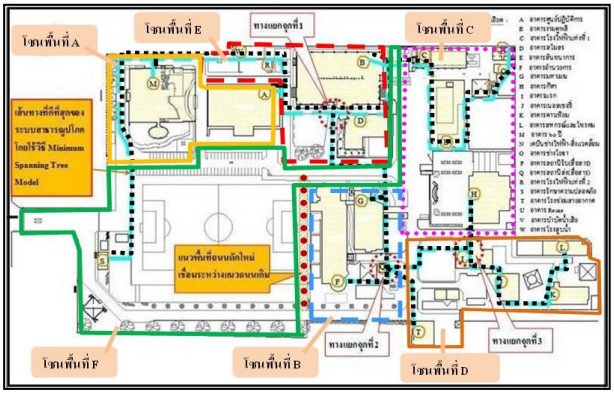
5) โซนพื้นที่ E เป็นกลุ่มอาคารสนับสนุนบริการ และกลุ่มกลุ่มสนับสนุนสาธารณูปโภค มีจำนวนพื้นที่เท่ากับ 6,534 ตารางเมตร (10.89% ของพื้นที่ทั้งหมด)

6) โซนพื้นที่ F เป็นกลุ่มอาคารบริหารและพัฒนา และพื้นที่สีเขียว มีจำนวนพื้นที่เท่ากับ 19,222 ตารางเมตร (32.02% ของพื้นที่ทั้งหมด)

## 7. สรุปและข้อเสนอแนะ

- การวิเคราะห์จำลองโครงข่ายของแนวเส้นทางระบบสาธารณูปโภค โดยใช้ปัญหาต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด(Minimum Spanning Tree Model) จำนวน 4 กรณี โดยทั้ง 4 กรณีนี้มีระยะทางสั้นกว่าเส้นทางของระบบสาธารณูปโภคปัจจุบัน และกรณีที่ 1 มีระยะทางสั้นที่สุดเท่ากับ 1,182.50 เมตร และสั้นกว่าเส้นทางของระบบสาธารณูปโภคปัจจุบันในส่วนงานไฟฟ้า โทรศัพท์และสื่อสารเท่ากับ 715.50 เมตร งานประปาเท่ากับ 299.5 เมตร งานท่อน้ำเสียเท่ากับ 342.50 เมตร ซึ่งลดต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของระบบสาธารณูปโภค(ไฟฟ้า ประปา ท่อน้ำเสีย โทรศัพท์และสื่อสาร) คิดเป็นเงิน 2,313,555 บาท หรือร้อยละ 35.09 ของต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดในส่วนระบบสาธารณูปโภคสภาพปัจจุบัน
- การใช้แบบจำลองโครงข่ายทางคณิตศาสตร์ของถนน ซึ่งประยุกต์วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด พบว่า การจัดแนวเส้นทางถนนใหม่ทำให้เกิดความสะดวกคล่องตัวในการใช้เส้นทางมากขึ้น และการบูรณาการโครงสร้างพื้นฐานในส่วนระบบสาธารณูปโภคและเส้นทางสัญจร(ถนน) ด้านระยะทาง(Distance) ทำให้พื้นที่ถนนเป็นลักษณะตาตาราง (Grid Pattern) ลดระยะทางในการเดินทางลงเท่ากับ 277.50 เมตร และลดต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของพลังงานเชื้อเพลิงในการเดินทางคิดเป็นเงิน 157,987 บาทต่อปี หรือร้อยละ 27.15
- การทำโครงข่ายถนนตาตาราง (Grid Pattern) ที่มีลักษณะรูปบล็อคสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือจัตุรัส ร่วมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินของการจัดกลุ่มอาคารเป็นโซนพื้นที่เพื่อการควบคุมพลังงาน ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในรูปที่ 16 ประกอบด้วย 1) การนำอาคารเดี่ยวมารวมกันโดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยจะต้องมีลักษณะสอดคล้องสัมพันธ์กัน หรือส่งเสริมซึ่งกันและกัน 2) การใช้แบบจำลองแนวเส้นทางระบบสาธารณูปโภคที่มีระยะทางสั้นที่สุดและมีความสมดุลหรือค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงและน้ำประปาที่สามารถใช้ทดแทนกันแต่ละพื้นที่ได้ 3) การเปลี่ยนแปลงลักษณะและสภาพแวดล้อมทางกายภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการสร้างแบบจำลองถนนเส้นใหม่เชื่อมต่อถนนเส้นเดิมเป็นรูปโครงข่ายถนนตาตาราง(Grid Pattern) เพื่อการใช้แยกออกเป็น

ส่วน ๆ แต่ละส่วนสามารถขยายตัวได้ตามตาตาราง ทำให้มีความเป็นระเบียบขององค์ประกอบทางด้านสาธารณูปโภคและการบำรุงรักษา




**รูปที่ 16** ผังแบ่งโซนพื้นที่ แนวเส้นทางระบบสาธารณูปโภคที่สั้นที่สุดและแนวจำลองถนนเส้นใหม่

● การใช้วิธีต้นไม้ทอดข้ามน้อยสุด(Minimum Spanning Tree Model) เพื่อหาเส้นทางระบบสาธารณูปโภค สามารถสรุปข้อดีข้อเสียในการใช้เครื่องมือในการวิจัยของการศึกษาครั้งนี้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ข้อดี ประกอบด้วย (1) มีการใช้งานที่สะดวก และรวดเร็วสำหรับการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและมีการเชื่อมต่อกับโหนดที่ต้องการทั้งหมดทุกจุด (2) กำหนดเส้นทางที่เป็นไปได้ที่สามารถเชื่อมต่อโหนดที่ต้องการได้ทุกจุด (3) การจำลองรูปแบบมีการเลือกจุดโหนดเริ่มต้นที่กำหนดมาจากสภาพแวดล้อมกายภาพของพื้นที่จริง (4) การจำลองรูปแบบเป็นโครงข่ายที่ไม่ระบุทิศทาง แต่มีการกำกับแนวเส้นทางเป็นค่าน้ำหนัก ระยะทาง หรือทรัพยากรอื่น ๆ ได้ (5) ใช้งานได้กับพื้นที่ที่มีอาคาร สิ่งปลูกสร้างอยู่เดิม และพื้นที่ว่างที่เป็นโครงการใหม่ไม่มีสิ่งปลูกสร้าง

2) ข้อเสีย ประกอบด้วย (1) การใช้งานจะต้องมีการใช้กราฟิกและการวัดระยะของเส้นทางจริงในแนวราบควบคู่กัน ทำให้ต้องศึกษาพื้นที่ก่อนนำวิธีนี้ไปใช้งานในพื้นที่นั้น ๆ (2) การจำลองเชื่อมต่อโหนดที่ใช้ในพื้นที่จริงอาจมีข้อจำกัดของพื้นที่ที่จะมีการเพิ่มระยะทางมากขึ้น (3) การเปลี่ยนจุดโหนดเริ่มต้นในการจำลองเป็นการตรวจสอบความถูกต้องที่ต้องกระทำ แต่ไม่สามารถจะระบุจำนวนปริมาณที่จะใช้เปรียบเทียบได้ (4) การใช้รูปแบบโครงข่ายจะสามารถใช้ระบุทิศทางเดียวกันแบบเส้นทางเดียว(One Way)ทั้งหมดไม่สามารถแยกเปลี่ยนทิศทางได้ในการคำนวณ ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับการคิดเส้นทางที่มีการสลับเส้นทางกัน หรือเป็นวงจรที่มีเส้นบรรจบกัน (5) การใช้งานกับสภาพแวดล้อมกายภาพที่มีอาคาร สิ่งปลูกสร้างอยู่จะมีข้อจำกัดด้านแนวถนน แนวระบบสาธารณูปโภคของเดิม ทำให้ต้องพิจารณารูปแบบและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่นำพื้นที่ว่างส่วนอื่น ๆ มาใช้งาน โดยไม่กีดขวางกับเส้นทางเดิม

● การใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด(The Saving Algorithm) เพื่อหาเส้นทางถนนในการเดินทาง สามารถสรุปข้อดีข้อเสียในการใช้เครื่องมือในการวิจัยของการศึกษาครั้งนี้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ข้อดี ประกอบด้วย (1) มีการใช้งานที่สะดวก และรวดเร็วสำหรับการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (2) กำหนดเส้นทางจำลองที่เป็นไปได้ที่ใช้ในการเดินทางในพื้นที่ได้ทั้งหมด (3) การจำลองรูปแบบมีการเลือกจุดโหนดเริ่มต้นที่กำหนดมาจากสภาพแวดล้อมกายภาพของพื้นที่จริง (4) การจำลองรูปแบบเป็นโครงข่ายที่ระบุทิศทาง และคิดเส้นทางเปรียบเทียบระยะทางได้อย่างเหมาะสม

2) ข้อเสีย ประกอบด้วย (1) การใช้งานจะต้องมีการใช้กราฟิกและการวัดระยะของเส้นทางจริงในแนวราบควบคู่กัน ทำให้ต้องศึกษาพื้นที่ก่อนนำวิธีนี้ไปใช้งานในพื้นที่นั้น ๆ (2) การจำลองเส้นทางใหม่อาจต้องมีทิศทางของการใช้งานปัจจุบันที่ต้องมีการออกแบบส่วนประกอบอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ป้ายจราจร การตีเส้นจราจร เป็นต้น (3) การเปลี่ยนจุดโหนดเริ่มต้นในการจำลองเพื่อการเปรียบเทียบข้อมูลให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น แต่ไม่สามารถกระทำได้ เพราะมีเพียงจุดโหนดเดียวเท่านั้น(ประตู 1 ถนนนางลิ้นจี่) ที่มีใช้งานอยู่ในพื้นที่ศึกษา (4) การใช้รูปแบบโครงข่ายจะต้องมีการใช้จำนวนปริมาณรถยนต์ที่ใช้ในการเดินทางสูงสุดทั้งปัจจุบัน และอนาคต เพื่อหาขนาดของถนนที่ถูกต้องมาใช้ประกอบการวิจัยที่จะผลการวิจัยใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

● แนวทางที่ใช้ในการพัฒนาผังกายภาพของพื้นที่ควรมีการวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยด้านอื่น ๆ เช่น รูปทรงของอาคารสิ่งปลูกสร้างกับพื้นที่ใช้สอย และการจัดวางตำแหน่งของพื้นที่อาคาร สิ่งปลูกสร้างในอนาคตที่มีการเชื่อมต่อกับระบบสาธารณูปโภค ที่จะมีผลต่อการประหยัดพลังงานโดยการบูรณาการระบบสาธารณูปโภคกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน และนำมาใช้วิเคราะห์หาอัตราค่าตอบแทนในการลงทุน (Benefit Cost Ratio)

## เอกสารอ้างอิง

[1] เดชา บุญค้ำ, 2554. การวางผังบริเวณและงานบริเวณ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด, 2555. การศึกษาความเหมาะสมทางกายภาพของโครงการ AEROTHAI Complex เพื่อการเติบโตอย่างชาญฉลาด และการพัฒนาอย่างยั่งยืน. ฝ่ายบริหารศูนย์ประกอบการ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด.

[3] ประพัทธ์พงษ์ อุปลา, 2554. เอกสารประกอบการเรียนวิชา Urban Infrastructure and Transportation Planning. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] อุบลรัตน์ เธียรธนาคม, 2551. การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง. วิทยานิพนธ์

ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5] Clarke, G. & J. W. Wright. (1964). *Scheduling of vehicle from a central depot to a number of delivery points, Operation Res.* No.12, pp.568-581

[6] Lynch, K. 1960. ***The Image of The City***, The Massachusetts Institute of Technology and The President and Fellows of Howard College. United States of America. (47-48)

[7] Vijayalakshmir. and kalaivani, R.(2014) ***Minimum Cost Spanning Tree using Matrix Algorithm,*** Retrieved March 27,2015 ,from http://www.ijsrp.org/research-paper-0914/ijsrp-p3319.pdf.

[8] Kenneth, H. R. (2007), ***Discrete Mathematics and Its Applications ,*** 6th ed., McGraw-Hill Companies, United States of America ,New York, pp. 683-745

# การศึกษาการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ กรณีศึกษาเมืองภูเก็ต

## A Study of Public Bus Service: A Case of Phuket City

**หมายเลขบทความ: AYRF15-010TH**

สุเมธี เจริญธรรม[1], ปรเมศวร์ เหลือเทพ[2]

Sumathee JAROENTHAM[1], Paramet LUATHEP[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์0-8588-06275
E-mail: suma.thee@hotmail.com

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์ 0-74-287-125 โทรสาร 0-74-459-396
E-mail: paramet.l@psu.ac.th

**บทคัดย่อ**

ระบบขนส่งสาธารณะมีความสำคัญต่อการพัฒนาเมืองทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม การมีระบบขนส่งสาธารณะที่ดีมีส่วนช่วยให้ผู้เดินทางเปลี่ยนจากรถส่วนตัวมาใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น ซึ่งช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดและปัญหาอุบัติเหตุจราจรทางถนนอย่างไรก็ตาม หลายเมืองสำคัญในต่างจังหวัด เช่น เชียงใหม่ พิษณุโลก ขอนแก่น และหาดใหญ่ มีปัญหาการจัดการระบบขนส่งสาธารณะ เช่น เส้นทางการให้บริการไม่ครอบคลุมความถี่การให้บริการไม่เพียงพอ ค่าโดยสารไม่เหมาะสมรวมทั้งการขาดทุนและหนี้สิน บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเมืองภูเก็ตคณะผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ เช่น เส้นทาง ความถี่ จำนวนรถ เป็นต้น และข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้บริการทั้งชาวไทย(436ตัวอย่าง)และชาวต่างชาติ(8ตัวอย่าง) ผลจากการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการปรับปรุงการจัดการระบบรถโดยสารสาธารณะของเมืองภูเก็ตและเป็นแนวทางให้กับเมืองอื่นๆ ต่อไป

**คำสำคัญ**:รถโดยสารประจำทางสาธารณะ, การจัดการการให้บริการ, ความพึงพอใจ,ภูเก็ต

**Abstract**

Public transport system is vital to economic and social development of a city. A good public transport system has contributed to a strong modal shiftfrom private vehicles to its system. This could alleviatetraffic congestion andtraffic accident problems. Although public transportation systems in major cities, e.g., Chiang Mai, Phitsanulok, KhonKaen, and Hatyai,have faced several service related issues, e.g., undercover service area, insufficient service frequency,improper fare rate, loss from operation and debt. The objective of this paper is to investigate a good case study of public fixed-routed bus service in Phuket. The researchers explored the service characteristics such as route, frequency, anda number of buses in service. The satisfaction surveyof passengersboth Thais (436 samples) and foreigners (8 samples) was alsoconducted. The results of this study would be information for improving the bus systems in Phuket and could be a guideline for other cities.

**Keywords:** Public Bus, Service Management,Satisfaction, Phuket

## 1. บทนำ

ระบบขนส่งสาธารณะมีความสำคัญต่อการพัฒนาเมืองทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม การมีระบบขนส่งสาธารณะที่ดีมีส่วนช่วยให้ผู้เดินทางปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจากการใช้รถส่วนบุคคลทั้งรถจักรยานยนต์และรถยนต์ มาใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้นซึ่งจะช่วยบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดและปัญหาอุบัติเหตุจราจรทางถนนได้

ระบบขนส่งสาธารณะของหลายเมืองในต่างประเทศมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการเดินทางในชีวิตประจำวันเช่น เมืองลอนดอนประเทศอังกฤษ มีการเดินทางประมาณ25.9 ล้านคน-เที่ยวต่อวัน โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 21 เดินทางด้วยรถโดยสารประจำทางที่มีให้บริการกว่า 700 เส้นทาง (TfL, 2013) ส่วนเมืองมุมไบประเทศอินเดีย มีการเดินทางจากการใช้รถโดยสารประจำทางทั้ง365 เส้นทางประมาณ 3.5 ล้านคน-เที่ยวต่อวัน(EMBARQ, 2011)

สำหรับประเทศไทยจากการทบทวนแผนแม่บทด้านการจราจรและการขนส่ง32 จังหวัดทั่วประเทศ (เจนศิริศักดิ์, 2549)พบว่าการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะในเขตเมืองมีเพียงร้อยละ10 เท่านั้นสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการกระจายตัวของเมือง ประกอบกับคุณภาพและประสิทธิภาพของการให้บริการด้วยระบบขนส่งสาธารณะยังไม่ดีเท่าที่ควรเช่น สภาพรถเก่า ค่าโดยสารแพง การบริการไม่ประจำเส้นทาง ไม่สามารถคาดการณ์เวลาเดินทางได้ เป็นต้น ทำให้ผู้คนยังคงนิยมเดินทางด้วยรถส่วนบุคคล ซึ่งสะดวกและรวดเร็วกว่า ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะในเขตเมืองลดน้อยลง เกิดปัญหาขาดทุนจากการดำเนินงานและหนี้สินจนต้องยกเลิกกิจการอย่างเช่นตัวอย่าง กรณีรถโดยสารประจำทางรอบเมืองพิษณุโลก หรือแม้แต่รถโดยสารประจำทางสาย 8 ในเมืองหาดใหญ่ เป็นต้น

แม้ว่าหลายเมืองประสบปัญหาการให้บริการรถโดยสารประจำทางแต่ยังมีเมืองภูเก็ตที่ประสบความสำเร็จในการให้บริการรถโดยสารประจำทาง (รถโพถ้อง)จนได้รับรางวัลนวัตกรรมท้องถิ่นไทยดีเด่นด้านการจัดการการให้บริการรถโดยสารประจำทาง(อบจ.ภูเก็ต, 2553)ดังนั้น เป็นความท้าทายอย่างยิ่งที่ควรมีการถอดบทเรียนการให้บริการรถโพถ้องในเมืองภูเก็ต เพื่อเป็นแนวทางในการให้บริการรถโดยสารประจำทางสำหรับเมืองอื่นๆต่อไป

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการให้บริการรถโดยสารประจำทาง (รถโพถ้อง) ในเมืองภูเก็ตเป็นกรณีศึกษา และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถดังกล่าว ผลจากการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการปรับปรุงการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะของเมืองภูเก็ตและเป็นแนวทางให้กับเมืองอื่นๆ ต่อไป

บทความนี้ประกอบด้วย 5 หัวข้อ ประกอบด้วย หัวข้อที่ 1. กล่าวถึงบทนำ หัวข้อที่ 2.เป็นการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3. อธิบายวิธีการวิจัย หัวข้อที่ 4. แสดงผลการศึกษาและการอภิปราย และหัวสุดท้ายเป็นการสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

## 2. การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนระบบขนส่งสาธารณะในต่างประเทศ พบว่าลอนดอนเป็นเมืองหนึ่งที่มีระบบขนส่งสาธารณะครอบคลุมมากที่สุดในโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถโดยสารประจำทาง พบว่ามีเส้นทางให้บริการมากกว่า 700 เส้นทาง ซึ่งคิดเป็นระยะทางรวมกันประมาณ 3,730 กิโลเมตร มีรถโดยสารประจำทางให้บริการทุกๆ 2-3นาทีตั้งแต่เวลา 4:00 น. - 24:00 น. และมีหลายเส้นทางที่ให้บริการตลอด 24 ชั่วโมงจากข้อมูลทางสถิติของ TfL(2013) พบว่าในปี ค.ศ.2012มีจำนวนการเดินทางทั้งสิ้น 25.9 ล้านคน-เที่ยวต่อวันซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ1.5จากปี ค.ศ.2011โดยการเดินทางส่วนใหญ่ (ร้อยละ 21) ใช้รถโดยสารประจำทางซึ่งมากกว่าผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าใต้ดิน (ร้อยละ11) ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า ลอนดอนเป็นเมืองหนึ่งที่ประสบความสำเร็จในการให้บริการรถโดยสารประจำทางในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ปัจจัยที่ส่งเสริมความสำเร็จดังกล่าวมาจากการผลักดันและดำเนินการในหลากหลายมาตรการ เช่น การจัดการด้านการให้บริการ การปรับปรุงรถโดยสารประจำทางการให้ความสำคัญกับรถโดยสารประจำทาง และการส่งเสริมให้ผู้คนหันมาใช้บริการรถโดยสารประจำทางมากขึ้น

เมืองเซาเปาโล ประเทศบราซิล ปัจจุบันมีโครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะหลายชนิดประกอบด้วย รถโดยสารประจำทางในเขตเมือง รถโดยสารประจำทางระหว่างเมือง และรถไฟฟ้าใต้ดิน แต่เมื่อย้อนไปในอดีตช่วงปี ค.ศ.1990 กลับพบว่ารถโดยสารประจำทางในเมืองเซาเปาโลประสบความล้มเหลวอย่างหนักจากปัญหาการบริหารจัดการ การขาดทุนจากการดำเนินการ ความถี่ในการให้บริการ ทำให้รัฐบาลในขณะนั้นได้มีนโยบายปฏิรูประบบรถโดยสารประจำทางขึ้นในปี ค.ศ. 2001โดยได้ปรับโครงข่ายเส้นทางการเดินรถโดยสารประจำทางใหม่และจัดสรรช่องทางจราจรแยกเฉพาะสำหรับรถโดยสารประจำทาง จากนั้นจึงได้มีการพัฒนาระบบจัดเก็บค่าโดยสารให้เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์แทนการใช้เหรียญ ปรับปรุงและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ป้ายจอด และอาคารผู้โดยสาร เพื่อยกระดับรถโดยสารประจำทางให้มีคุณภาพมากขึ้น (SPTrans, 2008) แนวทางการปรับปรุงดังกล่าวเป็นการปฏิวัติครั้งสำคัญที่ทำให้ผู้คนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาใช้รถโดยสารประจำทางเพิ่มมากขึ้น

เมืองมุมไบประเทศอินเดียเป็นอีกหนึ่งเมืองตัวอย่างที่มีการเดินทางมากถึง 3.5 ล้านคน-เที่ยวต่อวัน ด้วยรถโดยสารประจำทางที่บริหารจัดการโดยบริษัท BEST Undertaking โดยมีรถโดยสารประจำทางทั้งหมด 4,700 คัน และมีเส้นทางให้บริการกว่า 365 เส้นทาง (EMBARQ, 2011)

EMBARQ (2011) ได้จำแนกปัจจัยสำคัญของการปฏิรูปรถโดยสารประจำทางเพื่อให้การบริหารจัดการประสบความสำเร็จโดยเปรียบเทียบระหว่าง ลอนดอนเซาเปาโลและโซลดังสรุปในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ปัจจัยสำคัญของการปฏิรูปรถโดยสารประจำทางในต่างประเทศ

| ลอนดอน | เซาเปาโล | โซล |
|---|---|---|
| **1. การได้รับความร่วมมือจากรัฐบาล** | | |
| ● แนวทางการปฏิรูป:ดำเนินการแบบค่อยเป็นค่อยไป<br>● ผู้นำในการปฏิรูป: นายกเทศมนตรี<br>● หน่วยงานดำเนินการ: TfL | ● แนวทางการปฏิรูป: ดำเนินการแบบค่อยเป็นค่อยไปผสมกับดำเนินการทันที<br>● ผู้นำในการปฏิรูป: นายกเทศมนตรี<br>● หน่วยงานดำเนินการ: SPTrans | ● แนวทางการปฏิรูป: ดำเนินการทันที<br>● ผู้นำในการปฏิรูป: นายกเทศมนตรี<br>● หน่วยงานดำเนินการ: Seoul Metropolitan Government (SMG) |
| **2. การได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานและสถาบันการศึกษาที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การวางแผนระบบขนส่ง** | | |
| หน่วยงานที่วางแผน: TfLโดยมีการศึกษาค้นคว้า วิจัย ก่อนปฏิรูป | หน่วยงานที่วางแผน: SPTransโดยมีการศึกษา ค้นคว้า วิจัย ก่อนปฏิรูป | หน่วยงานที่วางแผน: Seoul Development Institute (SDI)<br>โดยมีการศึกษาค้นคว้า วิจัย ก่อนปฏิรูป |
| **3.การบริหารจัดการด้านการเดินรถโดยสารประจำทาง** | | |
| ● มีช่องจราจรสำหรับรถโดยสารประจำทาง 280 กิโลเมตร<br>● มีการวางแผนการจัดการจราจรรถโดยสารประจำทางร่วมกับรถส่วนตัว | ● มีช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถโดยสารประจำทาง 204 กิโลเมตร<br>● 353 กิโลเมตรเป็นช่องจราจรบนเกาะกลางถนน<br>● 31.8 กิโลเมตรเป็นช่องจราจรแบบใช้ร่วมกับรถส่วนตัว | ● มีช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถโดยสารประจำทาง 294 กิโลเมตร<br>● และ 74 กิโลเมตรเป็นช่องจราจรบนเกาะกลางถนน |
| **4. การใช้เทคโนโลยี** | | |
| ● รถโดยสารประจำทางติดตั้งGPS<br>● บัตรสมาร์ทการ์ดเก็บค่าโดยสารอัติโนมัติ (ระบบ Oyster)<br>● ติดตั้งกล้องเพื่อรายงานการเดินรถและผู้โดยสารแบบReal Time ไปยังศูนย์ควบคุมรถโดยสารประจำทาง | ● รถโดยสารประจำทางติดตั้งGPS<br>● บัตรสมาร์ทการ์ดเก็บค่าโดยสารอัติโนมัติ (ระบบBilheteUico)<br>● ติดตั้งกล้องเพื่อรายงานการเดินรถไปยังศูนย์ควบคุมรถโดยสารประจำทาง | ● รถโดยสารประจำทางติดตั้งGPS<br>● บัตรสมาร์ทการ์ดเก็บค่าโดยสารอัติโนมัติ (ระบบT-money)<br>● ติดตั้งระบบรายงานผู้โดยสารแบบReal Timeไปยังศูนย์ควบคุมรถโดยสารประจำทาง |
| **5. การทำสัญญาและการประมูล** | | |
| ● แบบเหมารวม | ● แบบร่วมลงทุน | ● แบบเหมารวม |
| **6.งบประมาณในการบริหารจัดการและปรับปรุงคุณภาพของการบริการ** | | |
| ● 1.018 พันล้านดอลลาร์ (ปีค.ศ.2006) | ● 17.5 ล้านดอลลาร์ (ปีค.ศ.2006) | ● 163 ล้านดอลลาร์(ปีค.ศ.2007) |
| **7. ระบบตรวจสอบการเดินรถโดยสารประจำทางและความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ** | | |
| ● ใช้ระบบGPS รายงานการเดินรถโดยสาร<br>● มีการสำรวจความพึงพอใจของผู้โดยสาร<br>● มีการตรวจสอบรถโดยสารประจำทางขณะให้บริการ<br>● มีการสำรวจการเดินทางของผู้โดยสาร<br>● มีการตรวจสอบเครื่องยนต์ของรถโดยสาร | ● ใช้ระบบGPS รายงานการเดินรถโดยสาร<br>● มีการสำรวจความพึงพอใจของผู้โดยสาร | ● ใช้ระบบGPS รายงานการเดินรถโดยสาร<br>● มีการสำรวจความพึงพอใจของผู้โดยสาร |

**ที่มา:** EMBARQ (2011)

สำหรับประเทศไทย สนข. (2557)ได้ศึกษาออกแบบแนวเส้นทางและรูปแบบ ระบบขนส่งมวลชนที่เหมาะสมในเส้นทางระหว่างท่าอากาศยานนานาชาติจังหวัดภูเก็ตกับห้าแยกฉลอง(ดังรูปที่ 1) เพื่อพัฒนาระบบขนส่งมวลชนในจังหวัดภูเก็ตให้มีมาตรฐานและสามารถรองรับการขยายตัวของเมือง เศรษฐกิจ และการท่องเที่ยว จากการศึกษาพบว่า ระบบขนส่งมวลชนที่พิจารณา 4 อันดับแรก ได้แก่รถรางไฟฟ้า (Tramway)รถโดยสารด่วนพิเศษ(Bus Rapid Transitหรือ BRT)รถไฟฟ้าแบบมีทางเฉพาะ (Automated Guideway Transit หรือAGT)และรถไฟฟ้ารางเดี่ยว(Monorail)




**รูปที่ 1** แนวเส้นทางระบบขนส่งมวลชน จังหวัดภูเก็ต
**ที่มา:** สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร(2557)

รัชนี นันทวัฒนาศิริชัย (2540)ได้ศึกษาระบบรถโดยสารประจำทางในเขตเมืองพิษณุโลก โดยศึกษาในประเด็นของโครงข่าย ลักษณะการให้บริการ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการระบบรถโดยสารประจำทาง ปริมาณการเดินทางโดยรถสารประจำทาง ประสิทธิภาพในการให้บริการ ระดับความพึงพอใจของผู้เดินทางที่ใช้รถโดยสารประจำทางและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้รถโดยสารประจำทาง ในการศึกษาดังกล่าวได้มีการสำรวจข้อมูล 3ส่วนประกอบด้วย 1)ข้อมูลสภาพการให้บริการ 2) ข้อมูลผู้ใช้บริการ และ 3)ข้อมูลผู้ประกอบการ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประเมินลักษณะการให้บริการประสิทธิภาพ ข้อเด่น และข้อด้อยของระบบรถโดยสารประจำทาง ผลจากการศึกษาสภาพการให้บริการ พบว่า ความเร็วของการให้บริการรถโดยสารประจำทางในเขตเมืองช้ากว่า การให้บริการบริเวณชานเมืองประมาณ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงถึงแม้ความถี่และจำนวนรถที่ให้บริการในเมืองจะสูงกว่าบริเวณชานเมืองก็ตาม นอกจากนี้ยังพบว่า รถที่ให้บริการในเมืองมีการรักษาเวลาในการเดินรถค่อนข้างเคร่งครัดมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสายชานเมือง ปัญหาที่พบส่วนใหญ่มาจากป้ายรถโดยสารประจำทางไม่ชัดเจนและมีระยะห่างไม่สม่ำเสมอผลจากการศึกษาลักษณะผู้ใช้บริการพบว่า มีผู้โดยสารประมาณ 36,000คนต่อวัน ส่วนมากเป็นนักเรียน (ร้อยละ 44) ระยะทางที่ใช้บริการประมาณ 3 กิโลเมตร โดยนิยมเส้นทางตรงที่ไม่ต้องต่อรถ และผู้ใช้บริการส่วนมากพึงพอใจและมีทัศนคติที่ค่อนข้างดีต่อการให้บริการรถดังกล่าว สำหรับผลจากการศึกษาผู้ประกอบการ พบว่าผู้ประกอบการมีกำไรในการดำเนินการอยู่บ้างและพยายามปรับปรุงระดับการให้บริการให้ดียิ่งขึ้น

วิรัช หิรัญ (2557)ได้ประเมินระบบการขนส่งที่สนับสนุนการท่องเที่ยวในพื้นที่หนองหารจังหวัดสกลนครโดยได้วิเคราะห์สภาพการณ์ปัจจุบันของระบบขนส่งที่เชื่อมไปยังแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ศึกษาใน3ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) ความสามารถในการเข้าถึงถนน 2)ความสามารถในการเข้าถึงรถโดยสาร และ3) คุณภาพการให้บริการของรถโดยสารประจำทาง ซึ่งการวิเคราะห์ในประเด็นสุดท้ายนั้น ผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลเส้นทางรถโดยสารประจำทางและสำรวจความพึงพอใจของผู้โดยสารโดยใช้แบบสอบถาม ผลจากการศึกษาพบปัญหาที่สำคัญของรถโดยสารประจำทาง ได้แก่ เส้นทางไม่ครอบคลุมสถานที่ท่องเที่ยว ความเร็วในการเดินทางค่อนข้างต่ำ จึงต้องใช้เวลาเดินทางค่อนข้างนาน ส่วนผลจากการสำรวจความพึงพอใจพบว่า ผู้โดยสารส่วนใหญ่มีความพึงพอใจดี แต่ควรปรับปรุงเวลาในการเดินทางให้น้อยลง และควรเดินรถโดยสารให้ตรงเวลา

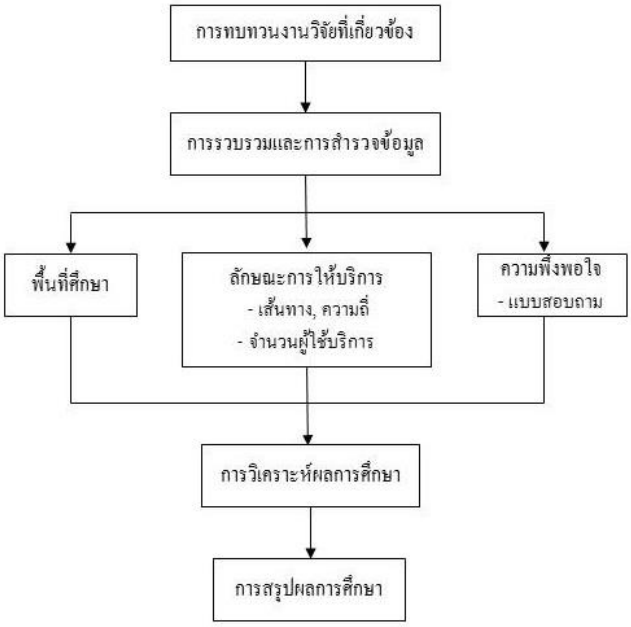
วโรภาส แสงพายัพ (2544) ได้ศึกษาการให้บริการรถโดยสารสาธารณะระหว่างเมืองสงขลาและหาดใหญ่ เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงระบบขนส่งให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการและให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อันจะเป็นแนวทางในการปฏิบัติให้กับผู้ให้บริการรถโดยสารสาธารณะเพื่อช่วยลดปัญหาอุบัติเหตุและปัญหาสิ่งแวดล้อม รถโดยสารสาธารณะที่พิจารณาในการศึกษาครั้งนั้นประกอบด้วย รถบัส รถตู้ปรับอากาศ รถสองแถว และรถแท็กซี่ ส่วนเส้นทางที่พิจารณาประกอบด้วย ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 407 (ถนนกาญจนวนิช) และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 414(ถนนลพบุรีราเมศวร์) จากการศึกษา พบว่ามีการให้บริการรถโดยสารสาธารณะระหว่างเมือง 348 เที่ยวต่อวัน อัตราค่าโดยสารเฉลี่ย 25 บาทต่อเที่ยว นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีลิเคิร์ทสเกล (Likert, 1964) และฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ในการหาค่าความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ ผลจากการศึกษาพบว่า ผู้ใช้บริการรถบัสและรถตู้ปรับอากาศพอใจในราคาค่าโดยสาร และคาดหวังความสะดวกสบายจากการใช้บริการมากที่สุด ส่วน

ผู้ใช้บริการรถสองแถวพอใจในเรื่องเวลาเดินทาง และคาดหวังในด้านมารยาทของการให้บริการมากที่สุด นอกจากนี้ ยังพบว่า ผู้ใช้บริการรถแท็กซี่มีความพอใจในเวลาและการให้บริการ และคาดหวังด้านลักษณะและสภาพรถที่ให้บริการมากที่สุด

## 3. วิธีการวิจัย

### 3.1 กรอบการศึกษา

คณะผู้วิจัยมีกรอบการดำเนินการศึกษาดังรูปที่2 โดยเริ่มจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นรวบรวมและสำรวจข้อมูล นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์สุดท้ายเป็นการสรุปผลการศึกษา โดยรายละเอียดของขั้นตอนการรวบรวมและสำรวจข้อมูลได้อธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

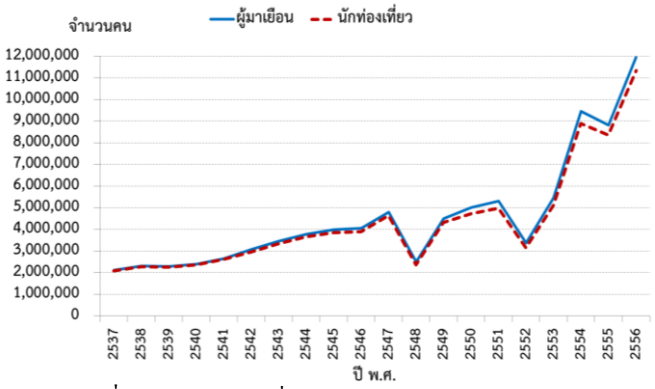



**รูปที่ 2** กรอบการศึกษา

### 3.2 พื้นที่ศึกษา

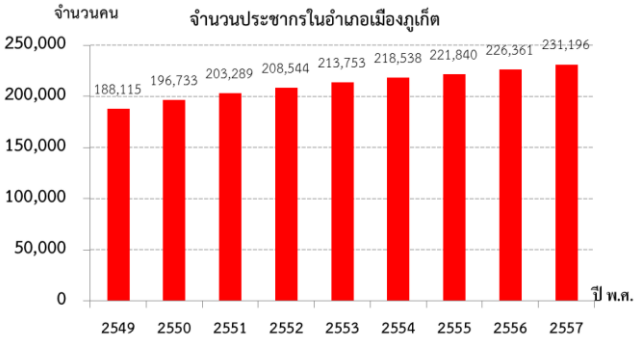
จังหวัดภูเก็ต เป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคใต้ มีลักษณะเป็นเกาะขนาดประมาณ543 ตารางกิโลเมตร และเป็นเมืองหลักแห่งหนึ่งของการท่องเที่ยวฝั่งทะเลอันดามันจากข้อมูลในรูปที่ 3 พบว่า จำนวนผู้มาเยือน (ชาวไทย) และนักท่องเที่ยว (ชาวต่างชาติ) มีแนวโน้มเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวและดำเนินการทางธุรกิจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552จนมียอดรวมกว่า 23 ล้านคนในปี พ.ศ. 2556

นอกจากจำนวนผู้มาเยือนและนักท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นประชากรท้องถิ่นในอำเภอเมืองภูเก็ตเอง ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกันตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา (ดังรูปที่ 4)จนมีประชากรสูงสุด 231,196 ในปี พ.ศ. 2557 ที่ผ่านมา




**รูปที่ 3** จำนวนนักท่องเที่ยวและผู้มาเยือนจังหวัดภูเก็ต

**ที่มา:** การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (2557)




**รูปที่ 4** จำนวนประชากรในอำเภอเมืองภูเก็ต

**ที่มา:** สำนักบริหารทะเบียน, กรมการปกครอง (2557)

จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นข้างต้น ทำให้เมืองมีการขยายตัวเศรษฐกิจเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ความต้องการเดินทางโดยเฉพาะในเขตเมืองมีปริมาณสูงขึ้น รถโดยสารประจำทางสาธารณะ (รถโพถ้อง ดังรูปที่ 5) จึงเป็นหนึ่งทางเลือกที่ใช้สำหรับการเดินทางในเขตเมืองภูเก็ตในปัจจุบัน

สำหรับพื้นที่การศึกษานี้ คืออำเภอเมืองภูเก็ต ประกอบด้วยตำบลเกาะแก้ว ตำบลฉลอง ตำบลวิชิต ตำบลรัษฎา ตำบลราไวย์ ตำบลกะรน ตำบลตลาดเหนือ และ ตำบลตลาดใหญ่ครอบคลุมเส้นทางเดินรถโดยสารประจำทางสาธารณะทั้งหมด4 เส้นทาง (รูปที่ 6)



**รูปที่ 5** รถโดยสารประจำทาง (รถโพถ้อง) ในเมืองภูเก็ต

### 3.3 การสำรวจข้อมูล

ผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลระบบรถโดยสารประจำทางสาธารณะและข้อมูลผู้ใช้บริการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การสำรวจข้อมูลระบบรถโดยสารประจำทางสาธารณะเป็นการสำรวจเส้นทางและจำนวนผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ โดยแบ่งช่วงเวลาสำรวจ 3 ช่วง ได้แก่ 7:00-9:00 น. 11:00-13:00 น. และ 16:00-18:00 น. และได้สำรวจไปเมื่อวันที่ 19 และ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นวันทำงานและวันหยุดราชการตามลำดับ

2) การสำรวจข้อมูลผู้ใช้บริการ เป็นการสอบถามความพึงพอใจของตัวอย่างผู้บริการซึ่งสามารถคำนวณจำนวนตัวอย่างใช้สูตรของ Taro Yamane (1967) ดังสมการที่ 1

$$n = \frac{N}{(Ne^2 + 1)} \quad (1)$$

เมื่อ $n$ แทนกลุ่มตัวอย่าง

N แทนจำนวนประชากร

$e$ ความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า

จากข้อมูลของสำนักบริหารทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย พบว่า จำนวนประชากรของอำเภอเมืองภูเก็ตใน พ.ศ. 2557มีอยู่ 231,196 คน เมื่อกำหนดความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าให้ไม่เกินร้อยละ 5 สามารถคำนวณกลุ่มตัวอย่างได้ดังนี้

$$n = \frac{231,196}{(231,196\text{x}0.05^2 + 1)} \approx 400$$

อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 444 ตัวอย่าง (ชาวไทย436ตัวอย่างและชาวต่างชาติ8ตัวอย่าง) ระหว่างวันที่ 18-20มิถุนายน พ.ศ. 2558

## 4. ผลการศึกษาและการอภิปราย

คณะผู้วิจัยนำเสนอผลจากการศึกษาการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเมืองภูเก็ต ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

### 4.1 เส้นทางรถโดยสารประจำทางสาธารณะ

รถโดยสารประจำทางสาธารณะในเมืองภูเก็ตให้บริการตั้งแต่ 6:00-19:00 น. รถออกทุกๆ 15 นาที นักเรียนและนักศึกษาไม่เสียค่าบริการนอกนั้นเสียค่าบริการ 15 บาทตลอดเส้นทาง ประกอบด้วย4 เส้นทาง (รูปที่ 6) ดังนี้

เส้นทางที่1ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี-วิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ต

เส้นทางที่2 ตลาดสี่มุมเมือง-ซุปเปอร์ชีป

เส้นทางที่3สถานีขนส่งผู้โดยสาร 1-สถานีขนส่งผู้โดยสาร 2

เส้นทางที่4 สะพานหิน - เกาะสิเหร่

คณะผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลความถี่ และจำนวนรถโดยสารที่ให้บริการในแต่ละเส้นทาง สรุปได้ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ความถี่และจำนวนรถโดยสารประจำทาง

| เส้นทาง | ความถี่ (เที่ยว/วัน) | จำนวนรถที่ให้บริการ(คัน) |
|---|---|---|
| ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี - วิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ต | 49 | 7 |
| ตลาดสี่มุมเมือง - ซุปเปอร์ชีป | 49 | 7 |
| สถานีขนส่งผู้โดยสาร 1 - สถานีขนส่งผู้โดยสาร 2 | 48 | 4 |
| สะพานหิน - เกาะสิเหร่ | 49 | 7 |

### 4.2 จำนวนผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ

จากผลการสำรวจจำนวนผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง (รูปที่ 7)พบว่า ในวันทำงานมีผู้ใช้บริการรถโดยสารมากกว่าวันหยุดและพบว่า เส้นทางที่1 มีผู้ใช้บริการมากที่สุด เนื่องจากผ่านสถานที่สำคัญทั้งโรงเรียน โรงพยาบาล และห้างสรรพสินค้า นอกจากนี้ ยังพบว่า ช่วงเวลาเย็น (16:00-18:00 น.) ของทั้งวันทำงานและวันหยุด เป็นช่วงที่มีผู้ใช้บริการมากที่สุด

### 4.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางโดยใช้แบบสอบถามที่คณะผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามประเด็นต่างๆ ประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ รายได้ส่วนตัว การครอบครองยานพาหนะ วัตถุประสงค์ในการเดินทาง ทัศนคติต่อการเก็บค่าโดยสารและความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ โดยมีผลการศึกษาดังนี้

1) เพศ

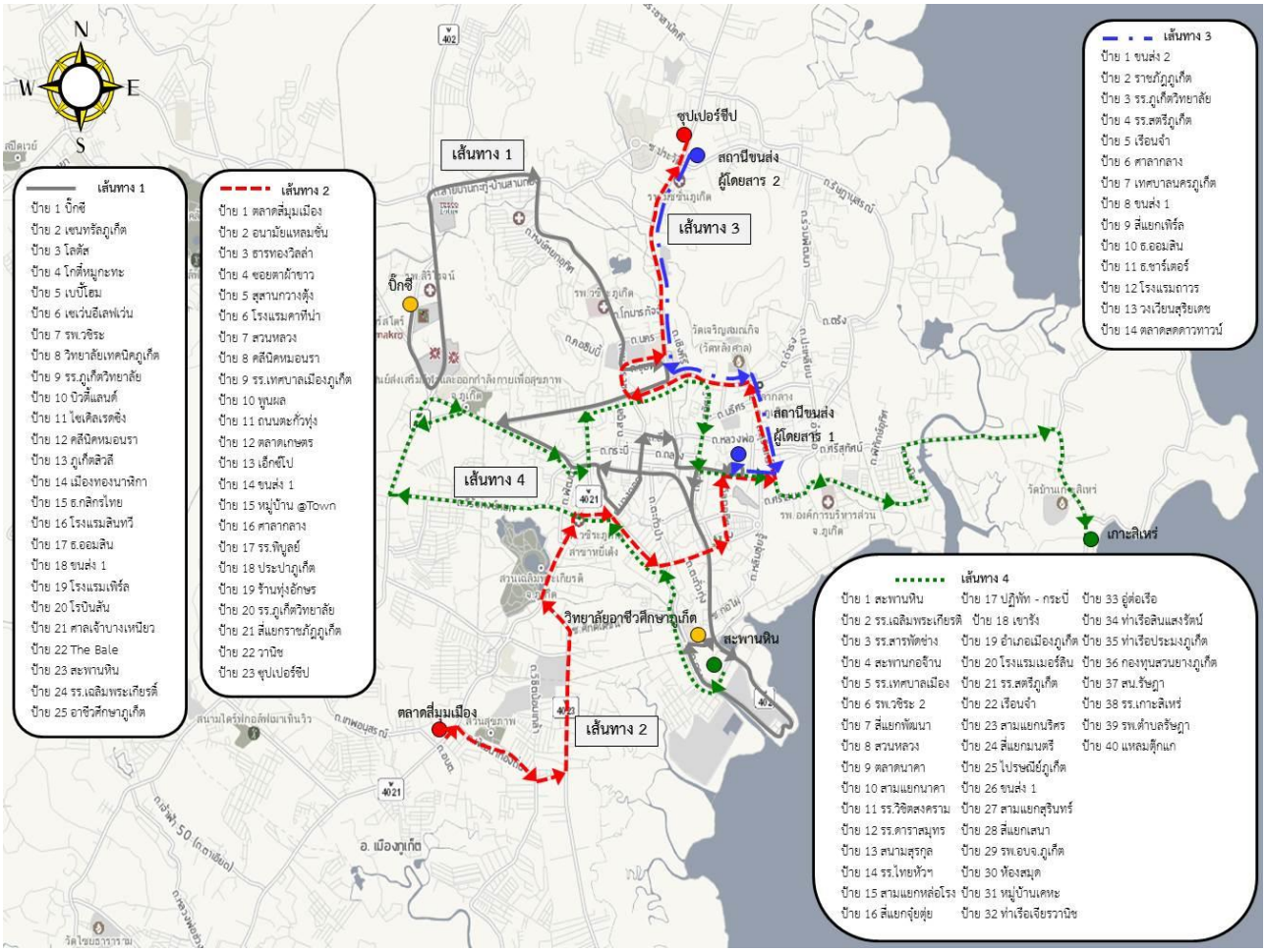
ผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะ พบว่าส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง (ร้อยละ65)มากกว่าผู้ชายที่ใช้บริการเพียง ร้อยละ35(ดังรูปที่ 8)

2) อายุ

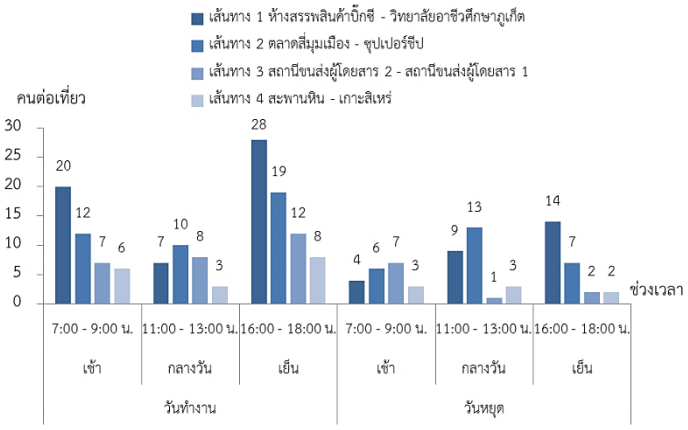
จากรูปที่ 9 พบว่า ผู้ใช้บริการรถโดยสารส่วนใหญ่ร้อยละ 36 อยู่ในกลุ่มอายุ 10-20 ปี รองลงมา คือ กลุ่มอายุ 21-30 ปี (ร้อยละ 22) และ 31-40 ปี (ร้อยละ 14) ตามลำดับ สาเหตุที่กลุ่มอายุ 10-20 ปีใช้บริการมากสุดเพราะอยู่ในช่วงเป็นนักเรียนและนักศึกษา ซึ่งไม่เก็บค่าโดยสาร

3) อาชีพ

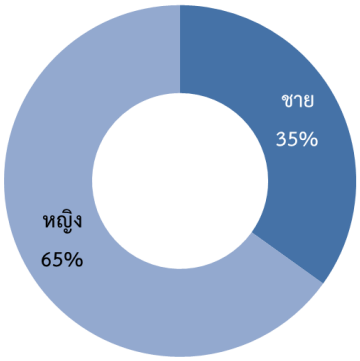
เมื่อพิจารณาผู้ใช้บริการจำแนกตามอาชีพ (รูปที่ 10) พบว่าส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษา (ร้อยละ38) รองลงมา คือ แม่บ้าน/พ่อบ้าน (ร้อยละ22) และลูกจ้างที่มีรายได้ประจำ (ร้อยละ20) ตามลำดับ



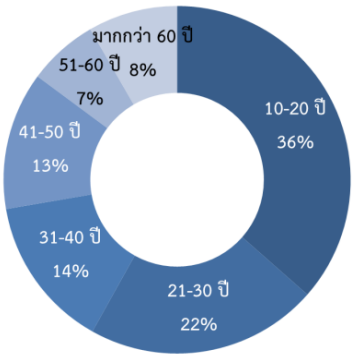

**รูปที่ 6** เส้นทางการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเมืองภูเก็ต



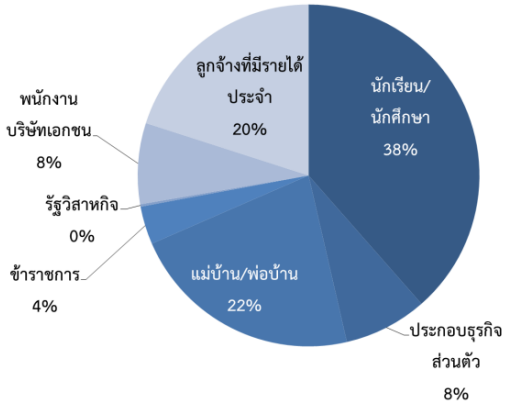

**รูปที่ 7** จำนวนผู้ใช้บริการในวันทำงานและวันหยุด




**รูปที่ 8** สัดส่วนผู้ใช้บริการจำแนกตามเพศ



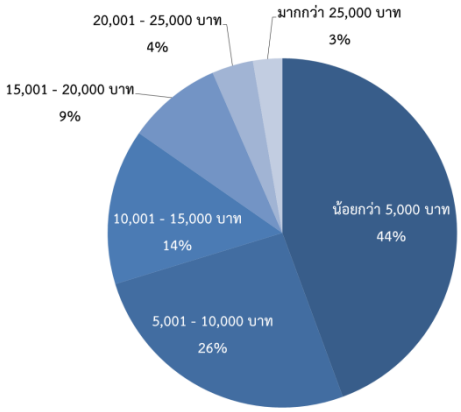

**รูปที่ 9** สัดส่วนผู้ใช้บริการจำแนกตามช่วงอายุ




**รูปที่ 10** สัดส่วนผู้ใช้บริการจำแนกตามอาชีพ

4) รายได้ส่วนตัว

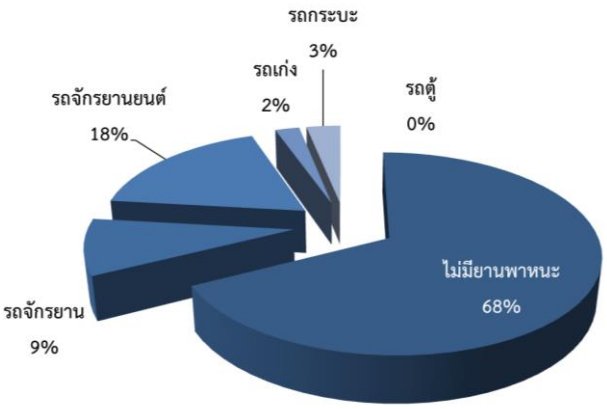
จากรูปที่ 11พบว่า ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ร้อยละ44มีรายได้น้อยกว่า 5,000 บาท เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษา รองลงมา คือ กลุ่มที่มีรายได้ 5,001-10,00 บาท (ร้อยละ 26) และ กลุ่มที่มีรายได้ 10,001-15,000 บาท (ร้อยละ 14) ตามลำดับ




**รูปที่ 11** สัดส่วนรายได้ส่วนตัว

5) การครอบครองยานพาหนะ

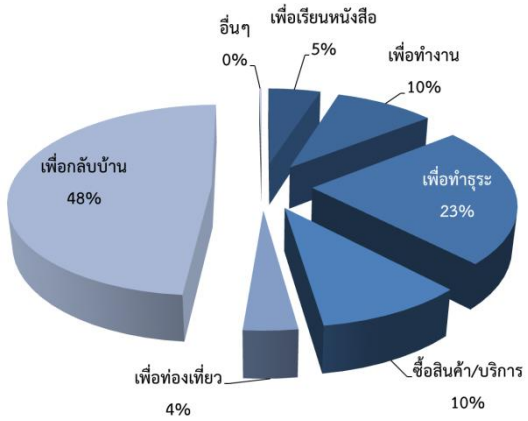
จากรูปที่ 12ผู้ใช้บริการร้อยละ68ไม่มียานพาหนะครอบครอง รองลงมา กลุ่มที่มีรถจักรยานยนต์ส่วนตัว (ร้อยละ18) และร้อยละ9มีจักรยานส่วนตัวตามลำดับ




**รูปที่ 12** สัดส่วนการครอบครองยานพาหนะ

6) วัตถุประสงค์ในการเดินทาง

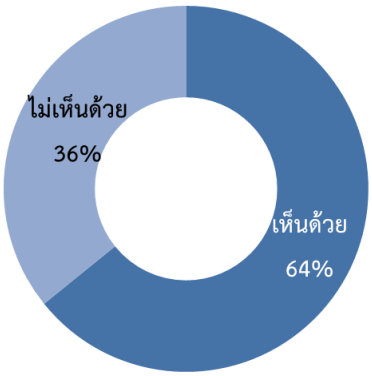
วัตถุประสงค์ในการเดินทาง (รูปที่ 13) พบว่า ส่วนใหญ่ใช้รถโดยสารประจำทางเพื่อเดินทางกลับบ้านมากถึงร้อยละ48ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาเย็นที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมาก รองลงมา เพื่อทำธุระ (ร้อยละ 23) เพื่อทำงานและเพื่อซื้อสินค้า/บริการ อย่างละ 10% ตามลำดับ




**รูปที่ 13** สัดส่วนวัตถุประสงค์ในการเดินทาง

7) ทัศนคติของผู้ใช้บริการต่อการเก็บค่าโดยสาร

จากรูปที่ 14 พบว่าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ ร้อยละ64 เห็นด้วยกับการไม่เก็บค่าโดยสาร แต่มีร้อยละ 36 ที่เห็นควรให้เก็บค่าโดยสารทุกคนเนื่องจากเห็นว่าค่าโดยสารที่เก็บไปส่วนหนึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการให้บริการ เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงค่าจ้างพนักงานขับรถ และส่วนหนึ่งสามารถนำใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบรถโพถ้องให้ดียิ่งขึ้น




**รูปที่ 14** ทัศนคติของผู้ใช้บริการหากไม่เก็บค่าโดยสาร

8) ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ

ในการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้ที่ใช้บริการ คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีของ Likert (1967) เพื่อจำแนกระดับความพึงพอใจเฉลี่ยออกเป็น 5ระดับดังนี้

คะแนน 4.21 - 5.00 หมายถึง พอใจมากที่สุด

คะแนน 3.41 - 4.20 หมายถึง พอใจมาก

คะแนน 2.61 - 3.40 หมายถึง พอใจปานกลาง

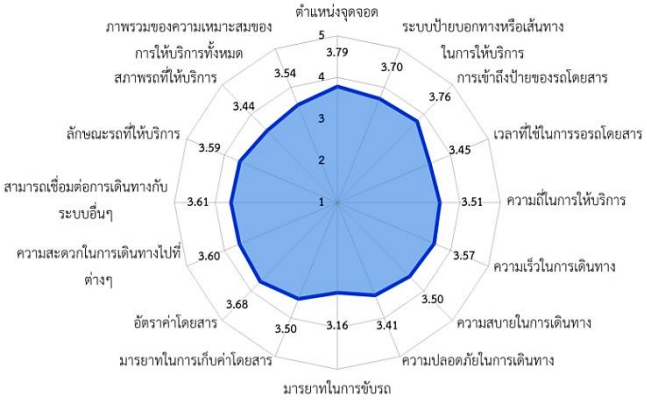
คะแนน 1.81 - 2.60 หมายถึง พอใจน้อย

คะแนน 1.00 - 1.80 หมายถึง พอใจน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการ ดังรูปที่ 15และรายละเอียดค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความพึงพอใจดังตารางที่ 3 พบว่าในภาพรวมผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพอใจมาก (คะแนนเฉลี่ย3.54) โดยพอใจต่อตำแหน่งจุดจอดของรถมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 3.79) รองลงคือ การเข้าถึงป้ายหยุดรถโดยสาร (คะแนนเฉลี่ย 3.76) และระบบป้ายบอกเส้นทางให้บริการ (คะแนนเฉลี่ย 3.70) ตามลำดับ ส่วนมารยาทในการขับรถโดยสาร มีความพอใจปานกลาง (คะแนนเฉลี่ย 3.16)

นอกจากนี้ ผู้ใช้บริการพอใจมากกับความถี่ที่ให้บริการในปัจจุบัน (คะแนนเฉลี่ย 3.51) ซึ่งเพียงพอกับความต้องการเดินทางสำหรับเวลาในการรอรถโดยสาร พบว่ามีความพอใจมากเช่นกัน (คะแนนเฉลี่ย 3.45)ถึงแม้ว่าอาจต้องรอรถช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นนานกว่าช่วงอื่นๆ ประเด็นถัดมา คือ ความเร็วในการเดินทาง พบว่า พอใจมาก (คะแนนเฉลี่ย 3.57) ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นความปลอดภัยในการเดินทาง (คะแนนเฉลี่ย 3.41) สำหรับความสะดวกในการเดินทาง ได้คะแนนเฉลี่ย 3.60 (พอใจมาก) บ่งบอกได้ว่าเส้นทางที่ให้บริการครอบคลุมในตัวเมืองภูเก็ต ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจแนวเส้นทางของคณะผู้วิจัยที่พบว่าเส้นทางส่วนใหญ่ผ่านสถานที่สำคัญ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า สถานที่ราชการ เป็นต้น ประเด็นสุดท้าย คือ อัตราค่าโดยสารพบว่า พอใจมาก (คะแนนเฉลี่ย 3.68) ถึงแม้ว่าที่ผ่านมาได้มีการปรับค่าโดยสารเพิ่มขึ้นแต่ยังอยู่ในราคาที่ผู้ใช้บริการยอมรับได้

ในส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในตารางที่ 3 พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างน้อย อาจกล่าวได้ว่าความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างมีความเห็นแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย




**รูปที่ 15** คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยของผู้ใช้บริการ

**ตารางที่ 3** คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ

| ประเด็น | ค่าเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|
| ตำแหน่งจุดจอด | 3.79 | 0.90 |
| ระบบป้ายบอกทางหรือเส้นทางในการให้บริการ | 3.70 | 0.97 |
| การเข้าถึงป้ายของรถโดยสาร | 3.76 | 0.87 |
| เวลาที่ใช้ในการรอรถโดยสาร | 3.45 | 0.87 |
| ความถี่ในการให้บริการ | 3.51 | 0.80 |
| ความเร็วในการเดินทาง | 3.57 | 0.83 |
| ความสบายในการเดินทาง | 3.50 | 0.90 |
| ความปลอดภัยในการเดินทาง | 3.41 | 0.90 |
| มารยาทในการขับรถ | 3.16 | 0.97 |
| มารยาทในการเก็บค่าโดยสาร | 3.50 | 0.96 |
| อัตราค่าโดยสาร | 3.68 | 0.94 |
| ความสะดวกในการเดินทางไปยังที่ต่างๆ | 3.60 | 0.90 |
| สามารถเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ | 3.61 | 0.90 |
| ลักษณะรถที่ให้บริการ | 3.59 | 0.90 |
| สภาพรถที่ให้บริการ | 3.44 | 0.92 |
| ภาพรวมของความเหมาะสมของการให้บริการทั้งหมด | 3.54 | 0.91 |

นอกจากนี้ ความพึงพอใจข้างต้นแล้ว คณะผู้วิจัยได้สอบถามข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้ใช้บริการ โดยสามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้

1) ควรมีการประชาสัมพันธ์หรือรณรงค์ให้คนหันมาใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะให้มากขึ้น

2) ไม่ควรติดตั้งป้ายหยุดรถโดยสารใกล้บริเวณทางแยก เนื่องจากการหยุดรถให้ผู้โดยสารขึ้น/ลง อาจก่อเกิดอุบัติเหตุได้

3) ควรมีหลังคาคลุมให้ผู้โดยสารที่มารอบริเวณป้ายหยุดรถ

4) ควรมีบัตรค่าโดยสารแบบรายเดือน หรือรายสัปดาห์ให้ผู้โดยสารที่ใช้บริการเป็นประจำ

5) ควรมีมาตรการเก็บค่าบริการจากนักเรียนและนักศึกษาในราคาที่เหมาะสม เช่น คิดค่าบริการครึ่งหนึ่งของราคาเต็ม เพื่อเพิ่มรายได้ให้สามารถนำมาปรับปรุงบริการให้ดีขึ้นต่อไป

## 5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ (รถโพถ้อง) ในเมืองภูเก็ตเป็นกรณีศึกษา พบว่าปัจจุบันมีให้บริการทั้งหมด4 เส้นทาง (ระหว่าง6:00-19:00 น.) ความถี่การให้บริการเฉลี่ย 48 เที่ยวต่อวันในแต่ละเส้นทาง จากการสำรวจข้อมูลผู้ใช้บริการ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนและนักศึกษา (ร้อยละ38) เนื่องจากไม่เสียค่าโดยสารนอกจากนี้ จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการพบว่า ในภาพรวมมีความพอใจมาก (คะแนนเฉลี่ย 3.54) โดยพอใจมากต่อ ตำแหน่งจุดจอดการเข้าถึงป้ายหยุดรถ และระบบป้ายบอกเส้นทางให้บริการ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้บริการเห็นว่าควรมีการปรับปรุงเรื่องมารยาทในการขับขี่ของผู้ขับรถโพถ้องให้มากขึ้นเพื่อดึงดูดคนมาใช้รถโพถ้องให้มากขึ้น

ผลในการศึกษานี้ ทำให้เห็นความจำเป็นในการมีระบบรถโดยสารประจำทางสาธารณะที่ดีสำหรับการเดินทางในเมือง ซึ่งเป็นการขนคนแทนการขนรถ(ส่วนตัว)อันจะช่วยลดปัญหาจราจรติดขัดได้อย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตาม การมีระบบขนส่งสาธารณะที่ดีได้นั้นจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากผู้ใช้บริการและผู้ร่วมทางที่จะเป็นพลังสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นการศึกษาในอนาคต ควรพิจารณาศึกษาในประเด็นของการบริหารจัดการองค์กรหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบในการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ รวมทั้งประเด็นทางการเงินเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลกำไร/ขาดทุนและการวางแผนการบริหารจัดการรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเมืองภูเก็ตให้มีความยั่งยืนต่อไป

## 6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งจนการศึกษานี้สำเร็จได้ด้วยดี และผู้วิจัยคนที่ 1 ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนบัณฑิตศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2557

## เอกสารอ้างอิง

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2557) สถิตินักท่องเที่ยวในประเทศ.

รัชนี นันทวัฒนาศิริชัย. (2540) ระบบรถโดยสารประจำทางในเขตเมืองพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิรัช หิรัญ. (2557) การประเมินระบบการขนส่งเพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในพื้นที่หนองหารจังหวัดสกลนคร. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, หน้า 2575-2581.

วโรภาส แสงพายัพ. (2544) การศึกษาบริการขนส่งสาธารณะในแนวเส้นทางสงขลา-หาดใหญ่.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สิทธา เจนศิริศักดิ์. (2549) สรุปภาพรวมแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค. การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 3.

สำนักบริหารทะเบียน กรมการปกครอง (2557)

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร(2557)เอกสารประกอบการประชุมใหญ่ ครั้งที่ 2, การคัดเลือกแนวเส้นทาง/รูปแบบทางเลือกที่เหมาะสม การศึกษาออกแบบ และวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ตในเส้นทางท่าอากาศยานนานาชาติจังหวัดภูเก็ต - ห้าแยกฉลอง.

องค์การบริหารส่วนจังหวัดภูเก็ต. (2553) วารสารเพื่อการประชาสัมพันธ์ประจำเดือนกันยายนพ.ศ.2553.

EMBARQ (2011) Bus Karo: A Guidebook on Bus Planning & Operation. The World Resources Institute (WRI) Center for Sustainable Transport (EMBARQ).

Likert, R.A. (1961) New Patterns of Management. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.

SPTrans (2008) Public Transport in Sao Paulo and Metropolitan Region. Sao Paulo Transport SA (SPTrans), Brazil.

TfL(2013)Travel in London report 6. Transport for London (TfL), United Kingdom.

Yamane, T.(1967) Statistics: an Introductory Analysis, 2nd Ed, Harper and Row, New York.

# การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

# Development of Bus Location Identification System in Prince of Songkla University

**หมายเลขบทความ: AYRF15-011TH**

ศรายุทธ จุลแก้ว[1],ปรเมศวร์ เหลือเทพ[2]

Sarayut Julkaew, ParametLuathep

[1]โครงการจัดการศึกษาพิเศษ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์ 083-685-6889
E-mail: sarayut.j@psu.ac.th

[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์ 074-287-125
E-mail:paramet.l@psu.ac.th

## บทคัดย่อ

การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งระบบขนส่งสาธารณะเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการให้บริการเป็นที่นิยมแพร่หลายทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย เทคโนโลยีที่นำมาใช้มีหลายรูปแบบ เช่น ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ระบบยืนยันตัวตนด้วยคลื่นวิทยุ (RFID) และ ระบบเครือข่ายไร้สาย (WLAN) เป็นต้น บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบการระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ ระบบถูกพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้ A-GPS (Assisted Global Positioning System) บนสมาร์ทโฟนและสามารถใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android นอกจากนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นยังสามารถบันทึกตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยสารสาธารณะและและแจ้งข้อมูลดังกล่าวให้กับผู้ใช้บริการเพื่อตัดสินใจเลือกใช้บริการได้ทันที

**คำสำคัญ:**ระบบระบุตำแหน่ง, รถโดยสารสาธารณะ,สมาร์ทโฟน

## Abstract

Applying technology to locate a public transport system to increase a reliability of its service has been widely implemented in international and national practices. Various forms of technology has been adapted, e.g., Global Positioning System (GPS), Radio Frequency Identification (RFID), and Wireless Local Area Network (WLAN). This paper presents the development of location identification system of the public bus system serviced in the Prince of Songkla University, Hat Yai campus. The system was developed by adapting the A-GPS (Assisted Global Positioning System) operated on a smartphone. The developed system is compatible with both iOS and Android smartphones. In addition, the system is able to record the current location of a bus and inform the data to users in order to decide a bus choice in real time.

**Keyword:**Location Identification System, Public Bus, Smartphone

## 1. บทนำ

การนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะเป็นที่นิยมในหลายเมืองของประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ประเทศออสเตรเลีย [1]และญี่ปุ่น [2]ได้ลงทุนติดตั้ง Global Positioning System (GPS) ไว้ในตัวรถโดยสารสาธารณะที่ให้บริการแก่ประชาชนในแต่ละคันนั้น เพื่อยืนยันตำแหน่งและนำข้อมูลมาแสดงให้กับผู้ใช้บริการได้รับทราบ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555อีกทั้งข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำมาใช้วิเคราะห์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะคันที่ใกล้ที่สุดได้อีกด้วย

ส่วนในสิงคโปร์ [3] ซึ่งเป็นประเทศที่มีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจในประชาคมอาเซียน มีผู้ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะเป็นจำนวนมาก โดยมีผู้ใช้บริการระบบรถบัสขนส่งสาธารณะเฉลี่ยวันละ 3,601 คนต่อเที่ยว อันเป็นผลมาจากความร่วมมือกันระหว่างรัฐบาลกับองค์กรเอกชนที่ได้พัฒนาระบบขนส่งสาธารณะไปพร้อมกับระบบการให้ข้อมูลการเดินทาง ทำให้ระบบขนส่งสาธารณะมีความน่าเชื่อถือจนเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบแจ้งเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะในแต่ละป้ายเป็นแบบเวลาจริง (Real Time) ผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและได้นำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ร่วมกับจำนวนผู้ใช้บริการเพื่อบริหารจัดการตารางการให้บริการรถโดยสารสาธารณะให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สำหรับประเทศไทย ได้มีการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะเช่นกัน ดังตัวอย่างของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[4]ซึ่งได้นำเทคโนโลยี GPS มาติดตั้งบนรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยเพื่อระบุตำแหน่งปัจจุบันของรถและแจ้งข้อมูลตำแหน่งให้กับผู้ใช้บริการทราบผ่านแอพพลิเคชันที่ชื่อ "KU Smart Bus" บนสมาร์ทโฟน ระบบดังกล่าวสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการบริการได้เป็นอย่างดี ทำให้มีผู้ใช้บริการเพิ่มมากขึ้นและยังช่วยลดปัญหาการจราจรภายในมหาวิทยาลัยได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งโดยใช้ GPS นั้นยังคงมีต้นทุนในการติดตั้งและบำรุงรักษาที่ค่อนข้างสูงการใช้เทคโนโลยีที่ใกล้เคียงกับ GPS เช่น Assisted Global Positioning System (A-GPS) บนสมาร์ทโฟนถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งรถสาธารณะที่มีประสิทธิภาพในต้นทุนที่ลดลง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้จัดให้มีระบบรถโดยสารสาธารณะประจำทางภายในวิทยาเขตหาดใหญ่เพื่อให้บริการแก่นักศึกษาและบุคลากร และเพื่อเป็นการจัดระเบียบการจราจรภายในวิทยาเขตมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 อย่างไรก็ตาม การให้บริการดังกล่าวยังประสบปัญหาจำนวนผู้ใช้บริการน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากการสำรวจข้อมูลและประเด็นปัญหาการใช้บริการรถโดยสารสาธารณะโดยคณะผู้วิจัย พบว่าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ไม่ทราบเส้นทางและตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยสารสาธารณะ ทำให้ไม่มั่นใจในการรอใช้บริการรถโดยสารสาธารณะและไม่สามารถคาดการณ์เวลาในการเดินทางได้ ประเด็นดังกล่าวส่งผลอย่างยิ่งต่อการเลือกใช้ระบบรถโดยสารสาธารณะของนักศึกษาและบุคลากรในปัจจุบัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะโดยประยุกต์ใช้A-GPS บนสมาร์ทโฟนระบบดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ข้อมูลตำแหน่งและเส้นทางของรถโดยสารสาธารณะแก่ผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ซึ่งแอพพลิเคชันนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android

บทความนี้ประกอบด้วย 5 หัวข้อ ได้แก่ หัวข้อที่ 2 กล่าวถึงการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3อธิบายการออกแบบระบบ หัวข้อที่ 4 นำเสนอผลการศึกษาและการพัฒนาระบบ และสุดท้ายเป็นการสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems, ITS) เป็นระบบที่มีการนำเทคโนโลยีด้านการคำนวณ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้กับการบริหารจัดการขนส่งและการจราจรให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุด โดยอาจมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น เพิ่มความสะดวกรวดเร็ว เพิ่มความปลอดภัยในการเดินทางเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบขนส่ง เป็นต้น ปัจจุบันมีการนิยมนำสมาร์ทโฟนมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ผู้เดินทางสามารถเข้าถึงข้อมูลของITS ผ่านทางแอพพลิเคชันได้อย่างสะดวกสบายและรวดเร็ว[5]

แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน (Mobile Application) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้บนสมาร์ทโฟน โดยแอพพลิเคชันจะต้องทำงานบนระบบปฏิบัติการ (Operating System หรือ OS) ของสมาร์ทโฟน ซึ่งแต่ละยี่ห้อมีระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันไป International Data Corporation (IDC) [6]ซึ่งเป็นองค์กรนานาชาติที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านธุรกิจเกี่ยวกับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานสมาร์ทโฟนย้อนหลังจนถึงปัจจุบัน พบว่า ปริมาณการใช้งานสมาร์ทโฟนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยระบบปฏิบัติการบนสมาร์ทโฟนที่ได้รับความนิยมมากที่สุด 2 อันดับในปัจจุบัน ได้แก่Android และiOS สาเหตุเนื่องมาจากแอพพลิเคชันที่พัฒนาบนสองระบบนี้สามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งานในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดีอย่างไรก็ตาม การพัฒนาการแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนให้สามารถทำงานได้หลายระบบปฏิบัติการนั้น เป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับนักพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

การพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเพื่อรองรับการทำงานหลายระบบปฏิบัติการ (Mobile Application Cross Platform) เป็นการพัฒนาแอพพลิเคชันให้สามารถทำงานบนสมาร์ทโฟนได้มากกว่า 1 ระบบปฏิบัติการ โดยใช้การพัฒนาแอพพลิเคชันเพียงครั้งเดียว ดังนั้น การพัฒนา Mobile Application Cross Platform จำเป็นต้องใช้โครงร่าง (Framework) ของซอฟท์แวร์ต่างๆ เช่น Adobe PhoneGap[7] Apache Cordova [8] และ Worklight[9] เป็นต้นเพื่อให้แอพพลิเคชันสามารถทำงานในแต่ละระบบปฏิบัติการของสมาร์ทโฟนได้ โดยซอฟท์แวร์ดังกล่าวได้ถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของเทคโนโลยีเว็บ HTML5 CSS และ JavaScript ซึ่งในปัจจุบันนั้นมีฟังก์ชันการทำงานหลากหลายรูปแบบ เช่น การแสดงข้อมูลรูปภาพ เสียง วิดีโอหรือแม้แต่แผนที่นอกจากนี้ ยังมีคำสั่งที่สามารถเรียกใช้งานการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกที่แม่นยำผ่าน A-GPS บนสมาร์ทโฟนได้อีกด้วย

ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System, GPS) [10]เป็นระบบรับและส่งตำแหน่งบนพื้นโลกโดยอาศัยพิกัดสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียม ซึ่งดาวเทียมแต่ละดวงจะส่งสัญญาณออกมาเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลที่มากับสัญญาณจะมีสองประเภทคือ เวลาที่ส่งและตำแหน่งโคจรของดาวเทียม ในส่วนของอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ เช่น GPS Tracking หรือสมาร์ทโฟน เมื่อได้รับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียม อุปกรณ์ดังกล่าวจะตรวจสอบเวลาของสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียมและเวลาที่อุปกรณ์นั้นได้รับสัญญาณ แล้วนำมาคำนวณหาระยะเวลาเดินทางของสัญญาณและระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ภาครับสัญญาณกับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณออกมา โดยความแม่นยำของการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนของดาวเทียมที่อุปกรณ์ภาครับสามารถรับสัญญาณได้ หากอุปกรณ์ภาครับสามารถรับสัญญาณของดาวเทียมได้หลายดวง (มักมีราคาสูง) จะยิ่งมีความแม่นยำของตำแหน่งบนพื้นโลกมากขึ้น

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบ GPS ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น โดยเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาต่อยอดจากระบบ GPS มีชื่อว่า "A-GPS" หรือ Assisted Global Positioning System [11] เป็นระบบ GPS ที่มีการสนับสนุนข้อมูลผ่านระบบ GPRS (General Package Radio Service) ซึ่งเป็นการรับและส่งข้อมูลตำแหน่งบนพื้นโลกผ่านระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แทนการรับส่งข้อมูลผ่านดาวเทียม ข้อมูลดังกล่าวจะได้มาจากเสาส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ให้บริการต่างๆ ทำให้อุปกรณ์ภาครับ GPS สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นโลกโดยประมาณได้ก่อนที่จะรับสัญญาณ GPS ที่แท้จริงจากดาวเทียมส่งผลให้การประมวลผลหาตำแหน่งอย่างละเอียดทำได้เร็วมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันหลายบริษัทได้นำ A-GPS ไปประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกให้กับสมาร์ทโฟนกันอย่างแพร่หลาย

การระบุตำแหน่งบนพื้นโลกจำเป็นต้องใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System , GIS) [12]ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ข้อมูลเชิงลักษณะ (Attribute Data) โดยข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นใช้อุปกรณ์ GPS ช่วยในการระบุตำแหน่ง ส่วนข้อมูลเชิงลักษณะเป็นอธิบายลักษณะต่างๆ ของพื้นที่ที่พิจารณา เช่น ลักษณะของพื้นดินหรือพื้นน้ำ

โดยทั่วไประบบ GIS มีการทำงานเป็นลำดับขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดหมวดหมู่และรูปแบบของข้อมูล การปรับปรุงแก้ไขข้อมูลเพื่อการใช้งาน ไปจนถึงขั้นตอนการบันทึกเป็นฐานข้อมูลซึ่งข้อมูลที่ถูกบันทึกลงในระบบ GIS นั้นควรมีการปรับปรุงอยู่สม่ำเสมอ เพื่อให้ง่ายต่อการสืบค้น (Retrieval) และสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ประมวลผล ตลอดจนแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของรูปภาพ แผนที่หรือตารางตัวเลข ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพ [12]

การคำนวณระยะห่างของตำแหน่งบนพื้นโลกระหว่างจุด 2 จุดที่ได้จาก GPS หรือ A-GPS ถือเป็นหนึ่งกระบวนการสำคัญของการประมวลผลภายในระบบ GISซึ่งจำเป็นต้องใช้ทฤษฎีทางตรีโกณมิติมาช่วยในการคำนวณ จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า กฎของ Haversine (Harversine Formula) [13] เป็นที่นิยมแพร่หลายในการประยุกต์ใช้กับระบบ GIS ซึ่งในระบบแผนที่ของกูเกิ้ล (Google Maps) ก็ได้นำทฤษฎีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาค่าระยะห่างของตำแหน่งภายในระบบแผนที่เช่นกัน [14] กฎดังกล่าวจะนำค่าละติจูด ลองจิจูดและรัศมีแกนโลกมาใช้ในการคำนวณ ดังสมการที่ (1) ถึง (5)

$$\Delta lat = lat_2 - lat_1 \quad (1)$$

$$\Delta long = long_2 - long_1 \quad (2)$$

$$a = sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1)\cos(lat_2)\, sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right) \quad (3)$$

$$c = 2\, atan2(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)}) \quad (4)$$

$$d = Rc \quad (5)$$

โดยที่

| | |
|---|---|
| $lat_1$ | คือ ค่าละติจูดจากจุดที่ 1 |
| $lat_2$ | คือ ค่าละติจูดจากจุดที่ 2 |
| $long_1$ | คือค่าลองจิจูดจากจุดที่ 1 |
| $long_2$ | คือ ค่าลองจิจูดจากจุดที่ 2 |
| $R$ | คือ รัศมีโลก (6,371 กิโลเมตร) |
| $d$ | คือ ค่าระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด (กิโลเมตร) |

### 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สโรช บุญศิริพันธ์ [15] ได้พัฒนาระบบรายงานการเดินรถโดยสารสาธารณะเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้บริการ โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ GPS ที่มีความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่ง มาติดตั้งบนรถสวัสดิการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หลังจากนั้นตำแหน่งของรถสวัสดิการจะถูกนำไปประมวลผลและแสดงผลให้ผู้ใช้บริการที่กำลังรอได้รับทราบในทันที โดยแสดงข้อมูลตำแหน่งปัจจุบัน เส้นทางการให้บริการ และเวลาการมาถึงของรถสวัสดิการผ่านจอแสดงผลที่ติดตั้งอยู่ที่ป้ายหยุดรถ เว็บไซต์ และแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

สรินทร มังกรงาม และคณะ [16] ได้พัฒนาระบบติดตามยานพาหนะแบบเวลาจริงโดยใช้สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์ในการส่งค่าตำแหน่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ระบบดังกล่าวสามารถส่งข้อมูลได้ทุกๆ 1 วินาที ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ และแสดงผลข้อมูลผ่านระบบแผนที่ Google Maps ซึ่งระบบยังไม่มีการนำทฤษฎีการพัฒนา Mobile Application Cross Platform มาประยุกต์ใช้ อย่างไรก็ตาม จากการพัฒนาระบบดังกล่าวทำให้เห็นถึงศักยภาพของการนำสมาร์ทโฟนมาใช้ระบุตำแหน่งของยานพาหนะได้อย่างแม่นยำ และความสะดวกในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ของระบบ

จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้น พบว่า หลายงานวิจัยมีการนำอุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลกมาใช้เพื่อระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ใช้มีราคาและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยต้องการพัฒนาระบบที่เรียกว่า PSU eBusให้สามารถระบุตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะโดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่มีต้นทุนต่ำและสามารถจัดหามาใช้งานได้ง่าย แต่ยังคงให้ประสิทธิภาพการทำงานใกล้เคียงกับอุปกรณ์ GPS ที่มีราคาสูง และเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบ PSU eBusให้สามารถใช้งานได้บนสมาร์ทโฟนหลากหลายระบบปฏิบัติการ โดยไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนและลดขั้นตอนในการพัฒนาระบบสำหรับผู้พัฒนาให้ได้มากที่สุด

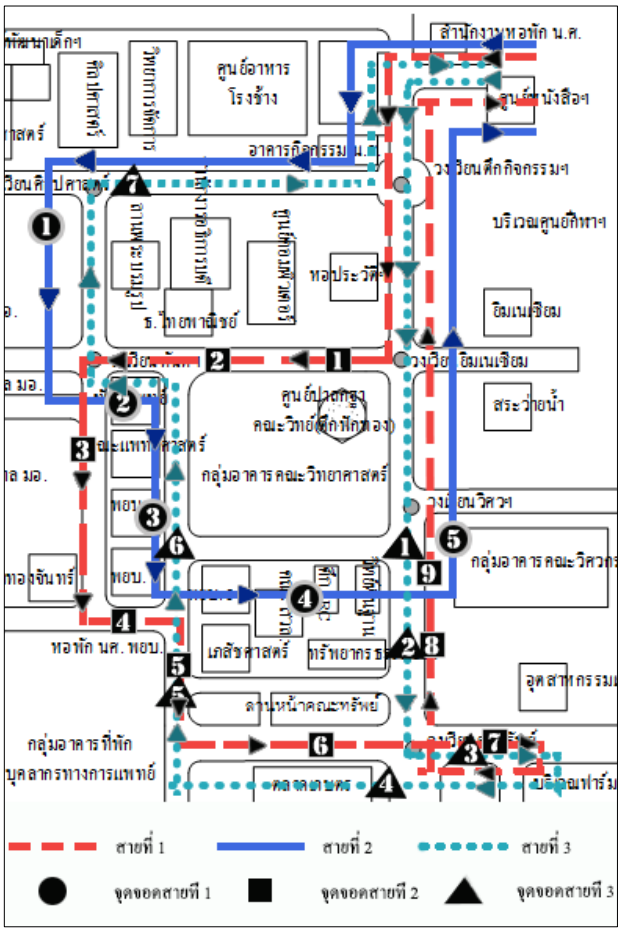
## 3. การศึกษาและออกแบบระบบ PSU eBus

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาการให้บริการระบบรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสม และพัฒนาระบบ PSU eBusโดยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1 การให้บริการระบบรถโดยสารสาธารณะมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รถโดยสารสาธารณะมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นระบบขนส่งสาธารณะแบบประจำทางให้บริการแบบไม่คิดค่าใช้จ่ายแก่ผู้เดินทางภายในวิทยาเขตหาดใหญ่มี 3 เส้นทาง (ดังรูปที่ 1) ระยะทางการให้บริการต่อรอบ 2 กิโลเมตรโดยประมาณมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดบริเวณหน้าศูนย์อาหารของมหาวิทยาลัยฯเปิดให้บริการทุกวันจันทร์ - ศุกร์ตั้งแต่เวลา 07.30 น.- 17.30 น. มีความถี่ในการออกรถประมาณ 10 นาทีรถโดยสารสาธารณะที่ให้บริการมีทั้งหมด 14 คันโดย 12 คันเป็นรถพลังงานไฟฟ้า (Electric bus หรือเรียกสั้นๆว่าeBus) และมีรถเครื่องยนต์ดีเซล 2 คัน

สำหรับผู้ใช้บริการจากข้อมูลของงานยานยนต์กองอาคารสถานที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์พบว่าปัจจุบันมีผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะเฉลี่ย 33,046 คนต่อเดือนหรือประมาณ 135 คนต่อวัน ซึ่งค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับประชากรกว่าหนึ่งหมื่นคนภายในวิทยาเขต ซึ่งส่วนใหญ่ยังคงนิยมใช้รถจักรยานยนต์และรถยนต์ในการเดินทางแต่ละวัน




**รูปที่ 1** เส้นทางการให้บริการทั้ง 3 เส้นทาง
**ที่มา :** งานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

หลังจากที่ได้ศึกษาระบบการให้บริการรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยฯ แล้ว ในขั้นตอนถัดไปคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและคัดเลือกเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ PSU eBusรายละเอียดของการคัดเลือกเทคโนโลยีกล่าวในหัวข้อถัดไป

### 3.2 การคัดเลือกเทคโนโลยีในการพัฒนาระบบ PSU eBus

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาการคัดเลือกเทคโนโลยีเพื่อหาเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะ (PSU eBus) โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของเทคโนโลยี 3 ประเภท ประกอบด้วย GPS RFID และ A-GPS บนสมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถสรุปต้นทุนในการพัฒนาระบบ PSU eBus (กำหนดอายุการใช้งาน 5 ปี) หากใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภทได้ดังตารางที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

**ตารางที่ 1** ต้นทุนในการพัฒนาระบบPSU eBusหากใช้ GPS

| อุปกรณ์ที่ใช้ | รายละเอียด | ค่าอุปกรณ์ 5 ปี (บาท/เครื่อง) |
|---|---|---|
| **GPS Tracking** | ค่าอุปกรณ์ GPS (รวมคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าติดตั้ง) | 9,900 |
| | ค่ารับ/ส่ง ข้อมูล | 17,500 |
| | **รวม** | **27,400** |

ที่มาของราคาต่อหน่วย: บริษัท ชิณ อินเตอร์ เทค จำกัด[17]

**ตารางที่ 2** ต้นทุนในการพัฒนาระบบPSU eBusหากใช้RFID

| อุปกรณ์ที่ใช้ | รายละเอียด | ค่าอุปกรณ์ (บาท) |
|---|---|---|
| **RFID** | เครื่องอ่าน RFID 18 เครื่อง (เครื่องละ 21,500 บาท) | 387,000 |
| | เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย | 70,000 |
| | ป้ายอิเล็คทรอนิกส์ (Tag) 14 ชิ้น (ชิ้นละ 50 บาท) | 700 |
| | **รวม** | **457,700** |

ที่มาของราคาต่อหน่วย : บริษัท สมาร์ท ไอเดนทิฟาย จำกัด[18]

**ตารางที่ 3** ต้นทุนในการพัฒนาระบบ PSU eBusหากใช้A-GPS บนสมาร์ทโฟน

| อุปกรณ์ที่ใช้ | รายละเอียด | ค่าอุปกรณ์ 5 ปี (บาท/เครื่อง) |
|---|---|---|
| **สมาร์ทโฟน** | ค่าอุปกรณ์สมาร์ทโฟน (เครื่องละ 3,000 บาท) | 15,000 |
| | ค่ารับ/ส่ง ข้อมูลผ่านเครือข่าย 3G (เดือนละ 200 บาท/เครื่อง) | 12,000 |
| | **รวม** | **27,000** |

ตารางที่ 1 แสดงค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบ PSU eBusหากนำเทคโนโลยี GPS มาประยุกต์ใช้ผ่านอุปกรณ์ GPS Tracking ที่มีความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะ โดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวประกอบด้วยค่าอุปกรณ์ GPS (รวมคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าติดตั้ง) และค่ารับ/ส่งข้อมูล GPS รวมเป็นเงิน 13,400 บาท/เครื่อง/ปี หากคำนวณค่าใช้จ่ายในการพัฒนาทั้งระบบสำหรับรถโดยสารสาธารณะจำนวน 14 คัน และกำหนดระยะเวลาการใช้งาน 5 ปีจะมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ประมาณ383,600 บาท ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าซ่อมแซมในกรณีที่อุปกรณ์ GPS มีปัญหา

ส่วนต้นทุนการพัฒนาระบบPSU eBusโดยใช้เทคโนโลยี RFID(ตารางที่ 2)ซึ่งต้องใช้เครื่องอ่าน RFID (ติดตั้งบริเวณป้ายหยุดรถทั้งหมด 18 จุด) ที่มีคลื่นความถี่สูง เพื่อให้สามารถอ่านข้อมูลได้รวดเร็วตอบสนองได้ดีต่อจุดรับสัญญาณบนรถโดยสารสาธารณะซึ่งเคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่าน RFID ค่อนข้างเร็วโดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวประกอบด้วยค่าเครื่องอ่าน RFID ค่าเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าป้ายอิเล็คทรอนิกส์สำหรับระบุสัญญาณวิทยุ รวมเป็นเงิน457,700 บาททั้งนี้ยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีการติดตั้งป้ายหยุดรถเพิ่มเติม

สำหรับค่าใช้จ่ายของการพัฒนาระบบโดยใช้ A-GPS บนสมาร์ทโฟน (ตารางที่ 3)ค่าใช้จ่ายดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ประเมินราคาในกรณีที่มีการเปลี่ยนสมาร์ทโฟนสำหรับการใช้งานทุก 1 ปี ซึ่งสมาร์ทโฟนที่จัดซื้อมีระยะเวลาการประกันอุปกรณ์เป็นเวลา 1 ปี หากอุปกรณ์เกิดการชำรุดสามารถส่งให้ทางผู้ผลิตสมาร์ทโฟนดำเนินการแก้ไขโดยไม่มีค่าใช้จ่าย ส่งผลให้ไม่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ เมื่อคำนวณต้นทุนในการพัฒนาทั้งระบบรวมเป็นเงิน 5,400 บาท/เครื่อง/ปี หากคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับรถโดยสารสาธารณะจำนวน 14 คัน และกำหนดระยะเวลาการใช้งาน 5 ปีจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ378,000 บาท ในส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ทางศูนย์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้มีบริการให้ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Server) [19]สำหรับหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยซึ่งไม่คิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

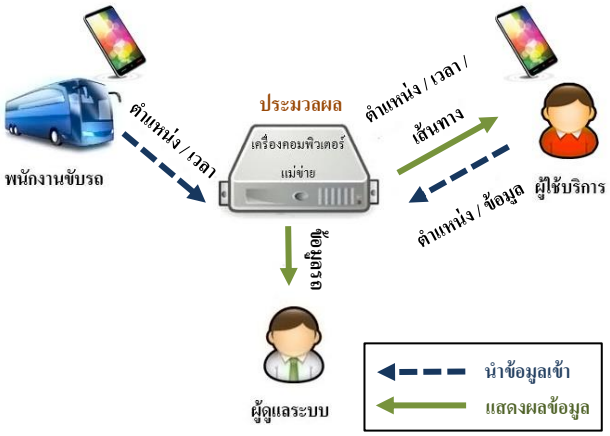
จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้เทคโนโลยี A-GPS บนสมาร์ทโฟนในการพัฒนาระบบ PSU eBus เนื่องจากมีค่าต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด อีกทั้งปัจจุบันมีผู้ใช้งานสมาร์ทโฟนอย่างแพร่หลาย การรับแจ้งข้อมูลตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะผ่านช่องทางนี้จึงมีความสะดวก รวดเร็ว และครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งานซึ่งเป็นนักศึกษาและบุคลากรได้ดีที่สุด

### 3.3 การออกแบบระบบPSU eBus

หลังจากได้คัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบภาพรวมโครงสร้างของระบบ PSU eBus ดังรูปที่ 2 คณะผู้วิจัยได้แบ่งระบบ PSU eBusออกเป็น 2 ส่วน คือ 1)

ระบบสำหรับรถโดยสารสาธารณะ และ 2) ระบบสำหรับผู้ใช้บริการ โดยมีผู้ดูแลระบบเป็นตัวกลางในการดูแล ติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลระบบทั้งหมด (รายละเอียดของการพัฒนาระบบทั้ง 2 ส่วนนี้กล่าวในหัวข้อ 3.3.1) ซึ่งการทำงานของระบบ PSU eBusสามารถแบ่งได้ 3 กระบวนการได้แก่1) การนำข้อมูลเข้า 2) การประมวลผลและ 3) การแสดงผลข้อมูลโดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้

1) การนำข้อมูลเข้า แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้ถูกออกแบบให้สามารถส่งตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยสารสาธารณะไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเพื่อบันทึกข้อมูลตำแหน่งและเวลาของรถโดยสารสาธารณะในแต่ละสาย




**รูปที่ 2** โครงสร้างของระบบ PSU eBus

2) การประมวลผลข้อมูล เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายบันทึกข้อมูลจากข้อ 1) แล้ว ระบบ PSU eBusจะนำข้อมูลไปประมวลผลเพื่อแสดงตำแหน่งและเส้นทางของรถโดยสารสาธารณะให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบ ในกรณีที่ผู้ใช้บริการต้องการค้นหารายละเอียดอื่นๆ ของรถโดยสารสาธารณะ เช่น เส้นทางที่ให้บริการหรือหมายเลขรถโดยสารสาธารณะ ผู้ใช้บริการจะต้องส่งรายละเอียดข้อมูลที่ต้องการค้นหาไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย หลังจากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะประมวลผลข้อมูลที่ต้องการ แล้วส่งกลับไปยังผู้ใช้บริการ

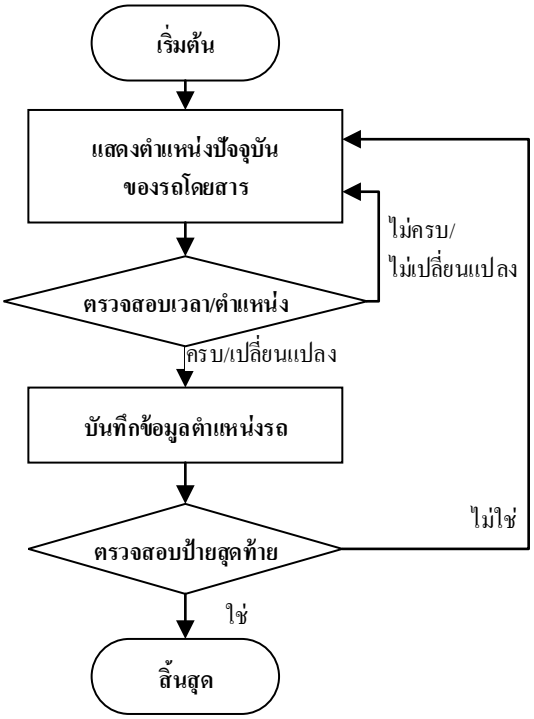
3) การแสดงผลข้อมูล ผู้ใช้บริการสามารถเรียกดูข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับรถโดยสารสาธารณะ เช่น ตำแหน่ง เส้นทางของรถที่ให้บริการอยู่ได้ โดยระบบ PSU eBusจะดึงข้อมูลที่บันทึกไว้ผ่านการประมวลผลจากข้อ 2) มาแสดงผลผ่านแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนของผู้ใช้บริการให้ได้รับทราบ

จากกระบวนการทำงานทั้งสามขั้นตอนข้างต้น คณะผู้วิจัยได้อธิบายการพัฒนาระบบ การพัฒนาแอพพลิเคชัน และการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ในลำดับถัดไป

### 3.3.1 การพัฒนาระบบ (Systems Development)

ระบบ PSU eBusได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยแบ่งแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนสำหรับบันทึกตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ และ 2) ส่วนสำหรับผู้ใช้บริการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แอพพลิเคชันสำหรับบันทึกตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะมีหน้าที่หลักในการรับส่งข้อมูลตำแหน่งและเวลาของรถโดยสารสาธารณะขณะให้บริการ โดยมีขั้นตอนการทำงาน (รูปที่ 3) ดังนี้




**รูปที่ 3** การทำงานของระบบในการบันทึกตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ

ขั้นตอนที่ 1 สมาร์ทโฟนที่อยู่บนรถโดยสารสาธารณะจะทำการแสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถจากระบบ A-GPS ในสมาร์ทโฟน

ขั้นตอนที่ 2 แอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะตรวจสอบตำแหน่งจากสมาร์ทโฟนทุกครั้ง ตามอัตราเวลาการรับส่งข้อมูล (Execution Time)ที่คณะผู้วิจัยได้กำหนดไว้(5 วินาที/ครั้ง)

ขั้นตอนที่ 3 หากเวลารับส่งข้อมูลครบตามที่กำหนดหรือตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะมีการเปลี่ยนแปลง แอพพลิเคชันจะส่งตำแหน่งของรถขณะนั้นไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ขั้นตอนที่ 4 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายบันทึกตำแหน่งและเวลาที่ได้รับลงในฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการประมวลผลและแจ้งข้อมูลให้ผู้ใช้บริการต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 แอพพลิเคชันจะดำเนินการซ้ำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จนกระทั่งรถโดยสารสาธารณะให้บริการจนถึงป้ายสุดท้าย แอพพลิเคชันจึงหยุดการส่งตำแหน่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

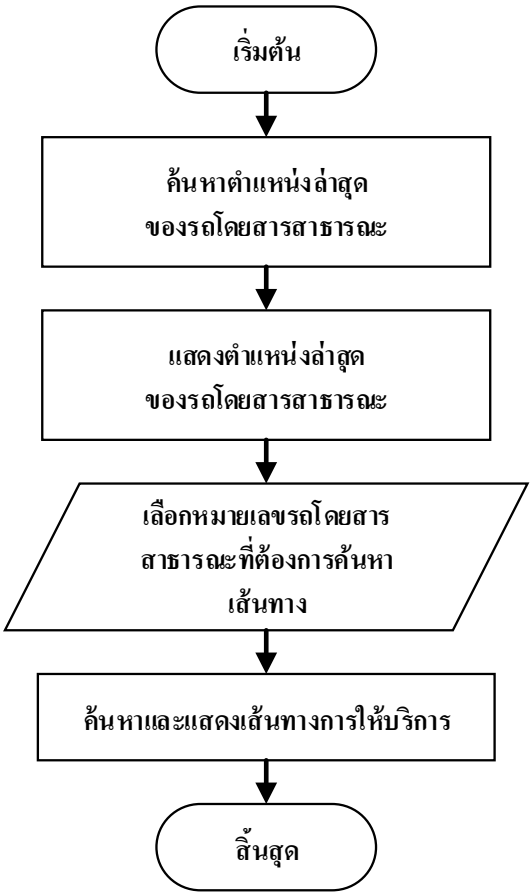
2) แอพพลิเคชันสำหรับผู้ใช้บริการ มีหน้าการทำงานหลักอยู่ 2 ส่วน คือ การแสดงตำแหน่งและการค้นหาเส้นทางของรถโดยสารสาธารณะในแต่ละสาย โดยมีขั้นตอนการทำงาน (รูปที่ 4) ดังนี้

ขั้นตอนที่1ผู้ใช้บริการเริ่มต้นเปิดใช้แอพพลิเคชัน

ขั้นตอนที่2ระบบPSU eBusจะทำการประมวลผลและแสดงตำแหน่งล่าสุดของรถโดยสารสาธารณะทุกสายให้ทราบ

ขั้นตอนที่3ผู้ใช้บริการเลือกหมายเลขรถโดยสารสาธารณะหรือจุดปลายทางที่ต้องการเดินทาง

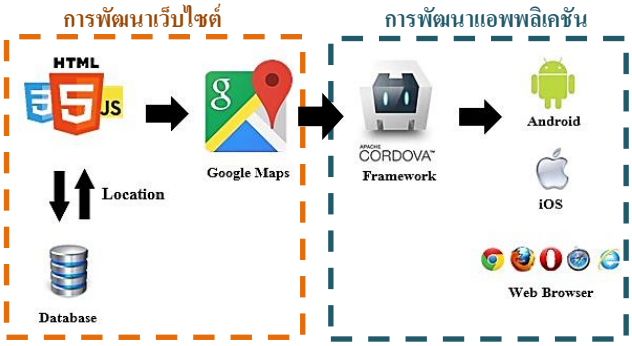
ขั้นตอนที่4 ระบบPSU eBusจะค้นหาและแสดงเส้นทางและตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะตามที่ผู้ใช้บริการได้ระบุไว้




**รูปที่ 4** การทำงานของระบบสำหรับผู้ใช้บริการ

### 3.3.2 การพัฒนาแอพพลิเคชัน (Application Development)

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแอพพลิเคชันของระบบ PSU eBusให้สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.3.1 โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังรูปที่ 5 ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้



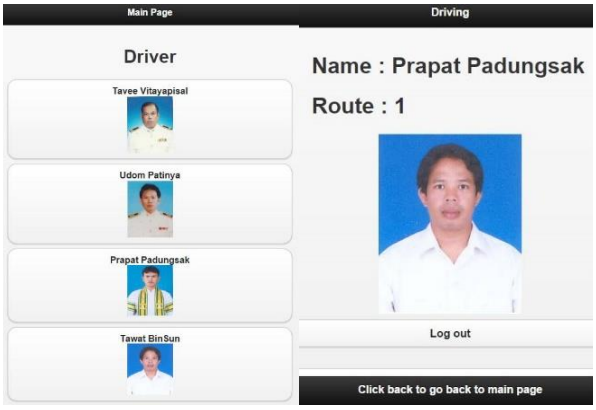

**รูปที่ 5** เครื่องมือและขั้นตอนในการพัฒนาระบบPSU eBus

1) การพัฒนาเว็บไซต์ ได้พัฒนาเว็บไซต์บนโครงสร้างของภาษา HTML ในการแสดงผลบนเว็บไซต์และบันทึกข้อมูลตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะในส่วนของการแสดงผลตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะได้ประยุกต์ใช้ระบบแผนที่จาก Google Maps เพื่อแสดงตำแหน่งที่ได้จากสมาร์ทโฟนลงบนแผนที่

2) การพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ได้ประยุกต์ใช้ซอฟท์แวร์ระบบเปิด (Open Source) ชื่อว่า "Apache Cordova" ในการพัฒนาเป็นแอพพลิเคชันซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

### 3.3.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design)

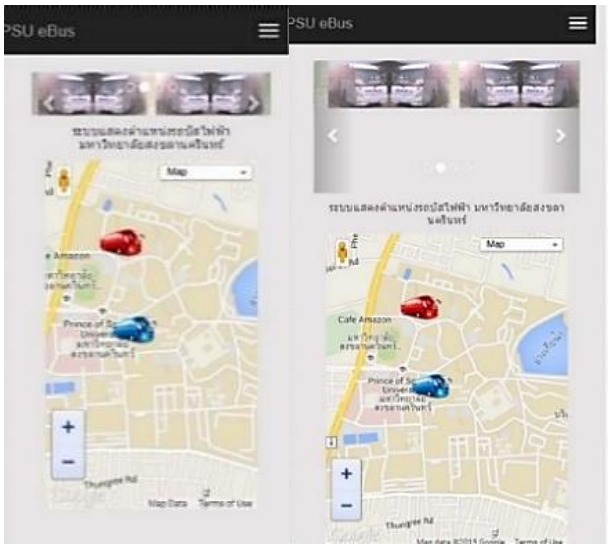
เมื่อคณะผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ PSU eBus เรียบร้อยแล้ว ในระหว่างขั้นตอนของการพัฒนาระบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ไปพร้อมกันโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะและส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับผู้ใช้บริการ ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7



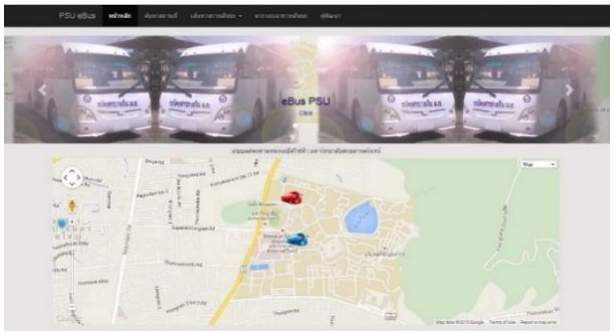

**รูปที่ 6** ส่วนติดต่อผู้ใช้สำหรับบันทึกตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นภาพหน้าจอติดต่อสำหรับพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะโดยแสดงรายชื่อของพนักงานขับรถทั้งหมดในหน้าแรก พนักงานขับรถทุกคนจำเป็นต้องยืนยันตัวตนก่อนให้บริการรถโดยสารสาธารณะและถือเป็นการเริ่มต้นการทำงานของระบบ PSU eBus

ส่วนรูปที่ 7 เป็นตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งานสำหรับผู้ใช้บริการโดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบให้สามารถแสดงผลได้ทั้งสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถใช้งานระบบPSU eBus ได้สะดวกและรวดเร็ว โดยหน้าจอจะแสดงตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะแต่ละสายตามสีที่แตกต่างกันไป หากผู้ใช้บริการเลือกจุดปลายทางที่ต้องการแล้ว ระบบ PSU eBusจะดึงข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้บริการและรถโดยสารสาธารณะสายที่ผ่านจุดปลายทาง มาประมวลผลและแสดงเส้นทางพร้อมทั้งป้ายหยุดรถให้กับผู้ใช้บริการได้รับทราบ ดังตัวอย่างในรูปที่ 8




**ก)** หน้าจอบนสมาร์ทโฟน **ข)** หน้าจอบนแท็บเลต




**ค)** หน้าจอบนเว็บบราวเซอร์

**รูปที่ 7** ส่วนติดต่อผู้ใช้สำหรับผู้ใช้บริการ



**รูปที่ 8** ตัวอย่างการแสดงผลเส้นทางการเดินรถโดยสารสาธารณะ

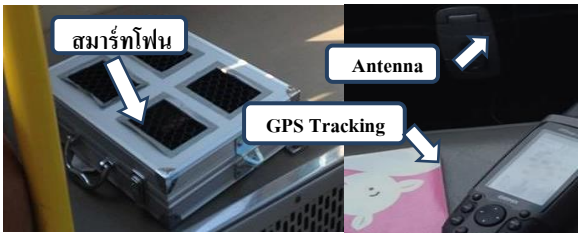
## 4. การติดตั้งและทดสอบระบบ PSU eBus

เมื่อพัฒนาระบบ PSU eBusเสร็จสิ้นแล้ว คณะผู้วิจัยได้นำระบบไปติดตั้งและทดสอบระบบ โดยอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

### 4.1 การติดตั้งระบบ

คณะผู้วิจัยได้นำระบบPSU eBusมาทดสอบใช้งานกับระบบรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์โดยนำกล่องที่บรรจุสมาร์ทโฟนยี่ห้อ ASUS รุ่น Phonepad 7 ระบบปฏิบัติการ Android และติดตั้งแอพพลิเคชันสำหรับบันทึกตำแหน่งรถเรียบร้อยแล้ว ไปติดตั้งไว้ที่บริเวณด้านหน้าภายในตัวรถ (ดังรูปที่ 9) เพื่อให้สมาร์ทโฟนสามารถรับส่งสัญญาณA-GPS ได้ชัดเจนที่สุด ขณะเดียวกันคณะผู้วิจัยได้ติดตั้งเครื่อง GPS Tracking ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPSMaps 60cxs [20]เพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของรถที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองประเภท โดยผลการเปรียบเทียบจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

ในส่วนของแอพพลิเคชันสำหรับผู้ใช้บริการ คณะผู้วิจัยได้นำแอพพลิเคชันPSU eBus ไปติดตั้งบนสมาร์ทโฟนทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และAndroid โดยได้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนจากภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ซึ่งเป็นสมาชิกในการพัฒนาแอพพลิเคชันของสมาร์ทโฟนทั้ง 2 ระบบปฏิบัติการอยู่แล้วส่งผลให้แอพพลิเคชัน PSU eBusสามารถใช้งานได้เฉพาะสมาร์ทโฟนที่ใช้ในงานวิจัยเท่านั้น เมื่อแอพพลิเคชันPSU eBusสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยจะเปิดให้ผู้ใช้บริการสามารถดาวน์โหลดได้แบบสาธารณะต่อไป



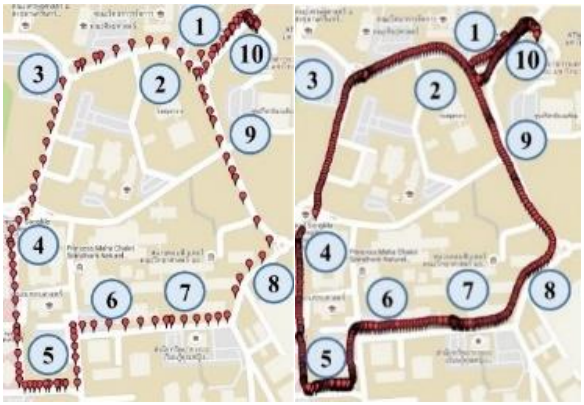

**รูปที่ 9** การติดตั้งกล่องบรรจุสมาร์ทโฟนและ GPS Tracking

### 4.2 ผลการทดสอบระบบ

คณะผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและความถูกต้องของระบบที่พัฒนาขึ้นทั้งหมด โดยได้ทดสอบใน 3 ประเด็นหลัก ประกอบด้วย 1) ความถูกต้องและแม่นยำ 2) ความเสถียรของระบบ และ3) ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

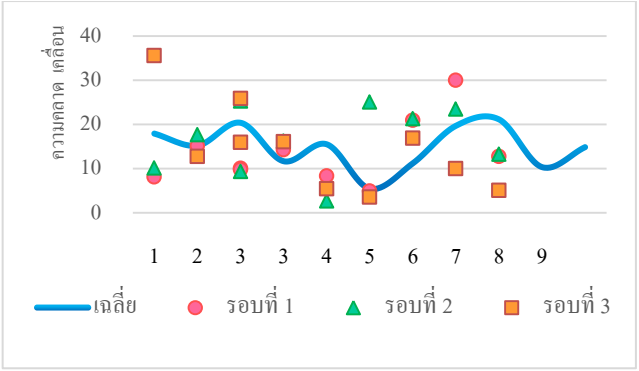
จากการเปรียบเทียบข้อมูลตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Tracking โดยบันทึกค่าตำแหน่งทุกๆ 5 วินาที และจากระบบ PSU eBus (รูปที่ 10) พบว่า ระบบ PSU eBusที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น (รูปที่ 10 ข) สามารถระบุตำแหน่งของรถได้ถี่กว่าการใช้ GPS Tracking (รูปที่ 10 ก) เนื่องจากระบบระบุตำแหน่งได้ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถเลือกบันทึกตำแหน่งทุกครั้งเมื่อรถมีการเคลื่อนที่ หรือบันทึกเมื่อถึงเวลาที่กำหนด (5 วินาที)

เมื่อพิจารณาความถูกต้องและแม่นยำ คณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลตำแหน่งรถที่ให้บริการในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ เป็นเวลา 3 อาทิตย์ และแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เวลา 07:30-09:30 น. ช่วงที่ 2 เวลา 12:00-13:00 น. และช่วงที่ 3 เวลา 15:30-17:30 น. เนื่องด้วยข้อจำกัดของจำนวนหน้าในบทความ คณะผู้วิจัยจึงนำตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งรถในวันที่ 8 กรกฎาคม 2558 และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนระหว่างระบบ GPS Tracking และระบบ PSU eBusจากทุกข้อมูลการสำรวจมาสรุปในตารางที่ 4 จากผลการศึกษา พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งรถโดยใช้ระบบ PSU eBusที่คำนวณจากทฤษฎีของ Haversineอยู่ที่ 15 เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS Tracking ที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ คือ 10 เมตร [20]




**ก)**ใช้GPS Tracking **ข)**ใช้ระบบ PSU eBus

**รูปที่ 10** ตำแหน่งรถโดยสารฯ จากGPS Tracking และระบบPSU eBus




**รูปที่ 11** ความเคลื่อนเฉลี่ยระหว่าง GPS Tracking กับPSU eBus

**ตารางที่ 4** เวลา ตำแหน่งและค่าความคลาดเคลื่อนของGPS Tracking กับ สมาร์ทโฟนของ PSU eBus

| จุดจอดที่ | ป้ายหยุดรถ | เวลาที่ถึง | GPS Tracking | | PSU eBus | | ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (เมตร) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ละติจูด | ลองจิจูด | ละติจูด | ลองจิจูด | |
| 1 | ศูนย์อาหาร | 08.33.50 | 7.01128246 | 100.5002174 | 7.0112219 | 100.5001768 | 18 |
| 2 | วงเวียนศูนย์อาหาร | 08.35.30 | 7.01065063 | 100.4990673 | 7.0105286 | 100.4991281 | 15 |
| 3 | คณะศิลปฯ | 08.36.07 | 7.01077938 | 100.4974794 | 7.0106942 | 100.4974489 | 20 |
| 4 | คณะทันตฯ | 08.37.39 | 7.00802709 | 100.4960514 | 7.0079938 | 100.4961333 | 12 |
| 5 | หอพักพยาบาล | 08.39.19 | 7.00555125 | 100.4963665 | 7.005569 | 100.4962384 | 16 |
| 6 | ตึกพยาบาล 3 | 08.41.09 | 7.00649815 | 100.4972488 | 7.0065400 | 100.4971866 | 5 |
| 7 | ตึก LRC | 08.41.44 | 7.00659111 | 100.4987674 | 7.006634 | 100.4987563 | 11 |
| 8 | คณะวิศวะฯ | 08.42.54 | 7.00786147 | 100.5004263 | 7.0076793 | 100.5003797 | 20 |
| 9 | ศูนย์กีฬา | 08.43.21 | 7.00918656 | 100.4997024 | 7.0089291 | 100.4997839 | 21 |
| 10 | ศูนย์อาหาร | 08.44.28 | 7.01145747 | 100.5000067 | 7.0113866 | 100.4999158 | 10 |
| | | | **เฉลี่ยทั้งหมด** | | | | **15** |

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะในแต่ละป้ายหยุดรถ (รูปที่ 11) พบว่า ข้อมูลตำแหน่งบางจุดมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง เช่น จุดจอดที่ 1 และ 9 ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัจจัยในหลายๆ ด้าน เช่น ความถี่ในการรับส่งสัญญาณ A-GPS สภาพอากาศที่ไม่โปร่งใส อาคารหรือต้นไม้ที่บดบังสัญญาณโทรศัพท์ เป็นต้น

ด้านความเสถียรของระบบ คณะผู้วิจัยได้นำระบบ PSU eBus ไปติดตั้งไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่เป็นระบบกลุ่มเมฆ (Cloud Server) จึงทำให้มีความเป็นไปได้น้อยที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะหยุดทำงาน และสมาร์ทโฟนที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลได้ใช้บริการอินเทอร์เน็ต 3G ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งถือเป็นอินเทอร์เน็ตที่มีความเสถียรในปัจจุบัน ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้มีความต่อเนื่องไม่ขาดหาย ในส่วนของการใช้พลังงานของสมาร์ทโฟน คณะผู้วิจัยได้บันทึกค่าการใช้งานแบตเตอรี่ของสมาร์ทโฟนไว้ทั้งก่อนและหลังการทดสอบ พบว่า ในแต่ละรอบสายการเดินรถ สมาร์ทโฟนใช้พลังงานไปเพียงร้อยละ 2 ของความจุของแบตเตอรี่ทั้งหมด

ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน คณะผู้วิจัยได้สุ่มสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และ กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป พบว่า ผู้ใช้งานทั้งสองกลุ่มมีความพอใจในระดับหนึ่ง และมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงแอพพลิเคชันและหน้าจอการใช้งานให้ครอบคลุมและสะดวกต่อการใช้งานให้มากยิ่งขึ้น

## 5. สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้นำเสนอการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยนำเทคโนโลยี A-GPS บนสมาร์ทโฟนมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการบริการรถโดยสารสาธารณะในมหาวิทยาลัย อันเป็นการส่งเสริมการใช้บริการรถสาธารณะแทนการใช้รถส่วนตัวให้มากขึ้น ระบบได้พัฒนาบนโครงสร้างของ Mobile Application Cross Platform ซึ่งสามารถใช้งานได้กับสมาร์ทโฟนที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ผลการทดสอบให้ค่าความคลาดเคลื่อนในระดับที่ใกล้เคียงกับค่าที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการพัฒนาความแม่นยำของระบบต่อไป รวมทั้งการพัฒนาระบบการออกรายงานการให้บริการรถโดยสารสาธารณะเพื่อนำไปวิเคราะห์ในการกำหนดตารางเวลาและเส้นทางการให้บริการรถโดยสารสาธารณะให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนาระบบที่สามารถวิเคราะห์เส้นทางและทำนายเวลาการมาถึงได้ตามปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพการจราจร วันและเวลา เป็นต้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัยปีการศึกษา 2557 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

## เอกสารอ้างอิง

[1] NSW Government. (2012) Real Time Bus Apps Available for Customers. www.transport.nsw.gov.au.

[2] Hitachi Systems. (2014) Hyperdia. www. hyperdia.com.

[3] LTA of Singapore. (2015) Taking a bus. www.lta.gov.sg.

[4] Department of Civil Engineering. Kasetsart University. (2014) KU Smart Bus. www.ce.eng.ku.ac.th/ku-smart-bus.

[5] ไวพจน์ กุลาชัย. (2557) ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems). www.trafficpolice.go.th.

[6] IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker. (2015) Android and iOS Squeeze the Competition. www.idc.com.

[7] Adobe Systems Inc. (2014) Phonegap. http://phonegap.com/.

[8] The Apache Software Foundation. (2013) Apache Cordova. https://cordova.apache.org.

[9] IBM. IBM Worklight. www.ibm.com/developerworks.

[10] กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.). (2556)จีพีเอสระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้โลก. www.most.go.th.

[11] สำนักงานขนส่งจังหวัดลำพูน.(2557) AGPS คืออะไร. http://lamphun.dlt.go.th.

[12] โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2555) ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. http://kanchanapisek.or.th/kp6.

[13] The University of Texas Institute for Geophysics. (2012) Haversine Formula. www.ig.utexas.edu/googleearth0

[14] Google. (2015) Haversine Formula Google Maps. https://developers.google.com/maps.

[15] สโรช บุญศิริพันธ์. (2556) โครงการปรับปรุงการให้บริการรถสวัสดิการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน (KU Smart Bus). ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[16] สรินทร มังกรงาม. (2556) ระบบติดตามยานพาหนะแบบเวลาจริงโดยใช้สมาร์ทโฟน. การประชุมวิชาการ ATRANS ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร.

[17] บริษัท ชิณ อินเตอร์ เทค จำกัด. (2556) ระบบ GPS ติดตามรถ. www.chintrack.com/en/pricelist.html.

[18] บริษัท สมาร์ท ไอเดนทิฟาย จำกัด. (2556) Product RFID. www.smartiden.com.

[19] ศูนย์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2554) บริการพื้นที่เว็บไซต์. http://webhost.psu.ac.th/regist.

[20] Garmin Ltd. (2012) Garmin GPSMAP 60CSx. https://buy.garmin.com.

# การศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

# Factors Affecting Non-motorized Transport in Prince of Songkla University

**หมายเลขบทความ: AYRF15-012TH**

ณฤพล นิยม[1] และ ปรเมศวร์ เหลือเทพ[2]

Naruphol NIYOM[1], Paramet LUATHEP[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์. 083-183-4629 โทรสาร 074-459-396
E-mail: Naruphol@outlook.com

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์ 074-287-125 โทรสาร 074-459-396
E-mail: paramet.l@psu.ac.th

## บทคัดย่อ

ระบบคมนาคมขนส่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตและการพัฒนาพื้นที่รวมทั้งเศรษฐกิจของเมือง อย่างไรก็ตาม การเดินทางด้วยรถส่วนตัวทั้งรถจักรยานยนต์และรถยนต์ก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและปัญหามลพิษต่อสังคมตามมาเช่นกัน บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่ส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นกรณีศึกษา โดยเน้นศึกษารูปแบบการเดินเท้าและการใช้จักรยานเป็นหลัก คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลการเลือกรูปแบบการเดินทางภายใต้สถานการณ์สมมติ (Stated Preference) เพื่อสุ่มสัมภาษณ์ตัวอย่างนักศึกษาและบุคลากรจำนวน 400 คน และนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางหลายทางเลือกแบบโลจิต จากผลการศึกษา พบว่า ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นสองปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางมาเป็นเดินเท้าและการใช้จักรยาน โดยหากมีมาตรการที่สามารถเพิ่มระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางด้วยรถส่วนตัวให้สูงขึ้น เช่น การจำกัดพื้นที่และการเก็บค่าที่จอดรถ เป็นต้น จะทำให้มีคนเปลี่ยนมาเดินเท้าและใช้จักรยานมากขึ้น

**คำสำคัญ**: การเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์, แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง, แบบจำลองโลจิต

## Abstract

The transportation system is essential to daily life and the development of land use and economy in the city. However, the travels by private vehicles, both motorcycle and passenger car, consequently generate traffic congestion and pollution problems to society. The objective of this paper is to study the factors affecting on the increase of non-motorized transport in the Prince of Songkla University, Hat Yai campus. Walking and cycling were primarily focused in this study. The researchers applied the State Preference technique to interview the samples from 400 students and staff. Then, multimodal transport models were developed based on the logit model. The results showed that the travel time and travel cost are two major contributing factors affecting a modal shift to walking and cycling. The higher travel time and travel cost of private vehicles by implementing such a measure, e.g. , parking area limitation, or parking pricing, the higher travelers would shift to walking and cycling.

**Keywords:** Non-motorized Transports, Mode Choice Model, Logit Model

## 1. คำนำ

การเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ (Non-motorized Transportation) หมายถึง การเดินทางในชีวิตประจำวันที่เน้นการใช้พลังงานจากคนเป็นหลัก โดยปราศจากการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้า และพลังงานจากน้ำมันฟอสซิล เช่น การเดินเท้า หรือการปั่นจักรยาน เป็นต้น การเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ถือได้ว่าเป็นรูปแบบการเดินทางที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการเดินทางอื่นๆ เช่น การใช้รถส่วนตัว และยังส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้คนและสิ่งแวดล้อมภายในสังคมนั้นๆ เนื่องจากการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ช่วยลดการปล่อยก๊าซมลพิษและก๊าซเรือนกระจกของภาคคมนาคมขนส่ง ที่จะส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนได้ (KEEI, 2010)

จากการทบทวนกรณีศึกษาของหลายเมืองใหญ่ในต่างประเทศ เช่น กรุงอัมสเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก เมืองโบโกตา ประเทศโคลัมเบีย เมืองคูริติบา ประเทศบราซิล พบว่า ผู้คนนิยมใช้รถจักรยานเพื่อการเดินทางในชีวิตประจำวันเป็นจำนวนมาก (Hal Amen, 2011) และมีอีกหลายเมืองที่ประสบความสำเร็จในการรณรงค์ให้ผู้คนหันมาใช้รถจักรยานเพื่อการเดินทางมากยิ่งขึ้น

สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่า ผู้คนตื่นตัวและนิยมใช้รถจักรยานเพิ่มมากยิ่งขึ้น และได้มีการก่อตั้งชมรมจักรยานต่างๆ เพื่อรณรงค์ให้มีการใช้จักรยานและทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปั่นจักรยาน อาทิเช่น ชมรมจักรยานเพื่อสุขภาพแห่งประเทศไทย (Thai Cycling Club) ชมรมจักรยานวันอาทิตย์ (เชียงใหม่) สำหรับหาดใหญ่ได้มีชมรมจักรยานเกิดขึ้นเช่นกัน ได้แก่ ชมรมจักรยานหาดใหญ่ (Hat Yai Cycling) ชมรมจักรยานมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PSUbike) และอื่นๆ อีกหลายชมรม แต่ถึงกระนั้นวัตถุประสงค์หลักของการใช้จักรยานในปัจจุบันยังคงเพื่อการออกกำลังกายมากกว่าการใช้เพื่อการเดินทางในชีวิตประจำวัน

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) วิทยาเขตหาดใหญ่ ถือว่าเป็นสังคมขนาดใหญ่ระดับหนึ่ง มีพื้นที่ประมาณ 1.1 ตารางกิโลเมตร แต่กลับมีจำนวนนักศึกษาและบุคคลากรรวมกันมากกว่า 30,000 คน จากการศึกษาสัดส่วนการใช้ยานพาหนะในการเดินทางภายใน ม.อ. ของศุภกร สุทธิพันธ์ (2557) ดังรูปที่ 1 พบว่า นักศึกษาและบุคคลากรภายใน ม.อ. ส่วนใหญ่เกือบ 3 ใน 4 ยังคงนิยมและคุ้นชินกับการใช้รถส่วนตัว ทั้งรถจักรยานยนต์และรถยนต์ มีเพียงร้อยละ 1.91 ที่ใช้รถจักรยานในการเดินทาง ส่วนผู้เดินเท้าพบว่า มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 21 ซึ่งถือว่ามีพอสมควร เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ซึ่งไม่อนุญาตให้นำรถส่วนตัวมาใช้ภายในวิทยาเขต ประกอบระยะทางการเดินทางภายในวิทยาเขตที่ไม่ไกลมากนัก (ระยะทางเฉลี่ยประมาณ 500 เมตร ส่วนระยะทางไกลสุดประมาณ 1.5 กิโลเมตร)




**รูปที่ 1** สัดส่วนการใช้ยานพาหนะเพื่อเดินทางภายใน ม.อ.

อย่างไรก็ตาม การรณรงค์ให้มีการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ เช่น การเดินเท้า และการใช้จักรยาน ภายใน ม.อ. วิทยาเขตหาดใหญ่ยังคงเป็นความท้าทายสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยและมาตรการส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ ภายใน ม.อ.วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นกรณีศึกษา

บทนี้ประกอบด้วยทั้งหมด 5 หัวข้อ ได้แก่ 1) คำนำ 2) ทบทวนวรรณกรรม 3) วิธีการศึกษา 4) ผลการศึกษาและอธิปรายผล 5) การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการทดสอบนโยบาย/มาตรการ 6) สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ และ 7) กิตติกรรมประกาศ

## 2. ทบทวนวรรณกรรม

วราลักษณ์ และสาธิดา (2555) ได้ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการใช้จักรยานภายใน 5 มหาวิทยาลัย ได้แก่ มหาวิทยาลัยมหิดล (ศาลายา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) มหาวิทยาลัยศิลปากร (พระราชวังสนามจันทร์) และมหาวิทยาลัยบูรพา โดยใช้แบบสอบถามสุ่มสำรวจข้อมูลความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรีทั้งที่ใช้และไม่ใช้จักรยาน จากผลการศึกษา พบว่า รูปแบบการเดินทางมีทั้งการขี่จักรยาน การขับรถยนต์ การขับรถจักรยานยนต์ การเดินเท้า และการใช้รถบริการสาธารณะ สำหรับการใช้จักรยาน พบว่า นักศึกษาของมหาวิทยาลัยมหิดลนิยมใช้จักรยานที่ค่อนข้างมาก แต่นักศึกษายังตระหนักในผลดีของการใช้จักรยาน อย่างไรก็ตาม สาเหตุหลักของนักศึกษาจากทุกมหาวิทยาลัยที่ไม่ใช้จักรยาน คือ อากาศที่ร้อนและบางช่วงมีฝนตก ส่วนปัญหาและอุปสรรคของการไม่ใช้จักรยาน ได้แก่ 1) ความไม่ปลอดภัยของการใช้จักรยานในการเดินทาง 2) โครงข่ายเส้นทางจักรยานไม่เชื่อมโยงต่อเนื่อง 3) เส้นทางจักรยานไม่สนับสนุนการใช้งาน 4) การขาดความตระหนักในความสำคัญการใช้จักรยาน 5) การขาดการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และ 6) การขาดแคลนจุดจอดรถจักรยาน จากทั้ง 5 มหาวิทยาลัยข้างต้น มีเพียงมหาวิทยาลัยมหิดล ที่มีประเด็นเรื่องจุดจอดรถจักรยานบาง

พื้นที่ขาดร่มเงา จุดจอดไม่มีระเบียบ และขาดแคลนการปรับปรุงระบบการให้บริการรถจักรยานสาธารณะให้เพียงพอกับความต้องการ

มาตรการในการส่งเสริมการใช้จักรยานจากการศึกษาข้างต้นประกอบด้วย การจัดทำทางจักรยานให้มีความครอบคลุมและชัดเจนมากขึ้น การปรับปรุงจุดจอดรถจักรยานและเส้นทางจักรยานที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนนโยบายในการส่งเสริมการใช้จักรยาน ได้แก่ การประชาสัมพันธ์และรณรงค์การใช้จักรยานภายในมหาวิทยาลัย การกำหนดแผนและนโยบายในการส่งเสริมการใช้จักรยานและเป็นการร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การวางมาตรการควบคุมการจอดรถส่วนตัว ตลอดจนการพัฒนาระบบการให้บริการรถจักรยานสาธารณะ

จิราคม สิริศรีสกุลชัย และคณะ (2551) ได้ศึกษาผลสนองต่อมาตรการการจัดการอุปสงค์การเดินทางโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองแบบมิกซ์โลจิต (Mixed Logit) กับกรณีศึกษาการใช้ค่าธรรมเนียมการเข้าพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่ มาตรการดังกล่าวเป็นการจัดการกับอุปสงค์ของการเดินทาง (Transportation Demand Management, TDM) ที่เป็นยุทธศาสตร์หนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจราจรในต่างประเทศ TDM เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรด้านการขนส่งที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า โดยสนับสนุนมาตรการที่ส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชน และการสร้างข้อจำกัดให้กับการใช้รถส่วนบุคคล ในการศึกษาดังกล่าวได้แบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การศึกษาทัศนคติการยอมรับต่อมาตรการ TDM ต่างๆ ของประชาชนในเมืองเชียงใหม่และปัจจัยทางทัศนคติการยอมรับ และ 2) การสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางเพื่อศึกษากระทบต่อพฤติกรรมการเลือกการเดินทาง เมื่อมีการนำมาตรการเก็บค่าธรรมเนียมการเข้าพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่ ค่าธรรมเนียมการจอดรถ และการสนับสนุนการใช้รถโดยสารสาธารณะโดยการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการ จากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางที่พัฒนาขึ้น พบว่า ทั้งสองมาตรการสามารถลดจำนวนผู้เดินทางโดยรถส่วนตัวลงได้ร้อยละ 27-73 โดยผู้เดินทางจะเปลี่ยนไปเลือกการโดยสารโดยการใช้รถร่วมกัน (Carpool) และรถบัส ผลจากการคาดการณ์โดยแบบจำลองสามารถสรุปได้ว่ามาตรการจัดเก็บค่าธรรมเนียมสามารถลดจำนวนผู้เดินทางด้วยรถส่วนตัวได้อย่างมีนัยสำคัญ

ปิยฉัฐ จันโทสุทธิ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาการดำเนินโครงการรถประจำทางด่วนพิเศษภายในเขตเมืองขอนแก่น เพื่อสนับสนุนให้เมืองขอนแก่นเป็นเมืองคาร์บอนต่ำ โดยในการศึกษาได้ประเมินการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) จากภาคการคมนาคมในสถานการณ์จำลองที่หากเมืองขอนแก่นมีโครงการรถประจำทาง 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) รถประจำทางขนาดเล็ก 2) รถประจำทางด่วนพิเศษที่ไม่มีระบบเสริม (Feeder) และสถานที่จอดแล้วจร (Park & Ride) และ 3) รถประจำทางด่วนพิเศษที่มีระบบเสริมและสถานที่จอดแล้วจร นอกจากนี้ในการศึกษาดังกล่าวได้มีการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการคมนาคมระหว่างปีฐาน (พ.ศ. 2555) กับปีอนาคต (พ.ศ. 2565) และได้แบ่งสถานการณ์จำลองในการศึกษาเป็น 4 สถานการณ์ ประกอบด้วย 1) กรณีไม่ดำเนินการใดๆ 2) กรณีดำเนินโครงการรถประจำทางขนาดเล็ก 3) กรณีดำเนินโครงการรถประจำทางด่วนพิเศษที่ไม่มีระบบเสริมและสถานที่จอดแล้วจร และ 4) กรณีดำเนินโครงการรถประจำทางด่วนพิเศษที่มีระบบเสริมและสถานที่จอดแล้วจร จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของปีฐานเท่ากับ $22.91 \times 10^4$ ตัน-คันต่อปี และปีอนาคตกรณีไม่ดำเนินการใดๆ เท่ากับ $23.93 \times 10^4$ ตัน-คัน ต่อปี ส่วนกรณีที่มีรถประจำทางด่วนพิเศษให้บริการในแต่ละสถานการณ์ มีค่าเท่ากับ $22.59 \times 10^4$, $20.78 \times 10^4$ และ $17.63 \times 10^4$ ตัน-คันต่อปี ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบแต่ละสถานการณ์กับกรณีไม่ดำเนินการใดๆ พบว่า รถประจำทางทั้ง 3 รูปแบบมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ร้อยละ 5.56 13.16 และ 26.32 ตามลำดับ ซึ่งรูปแบบรถประจำทางด่วนพิเศษที่มีระบบเสริมและสถานที่จอดแล้วจร เป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ศุภกร สุทธิพันธ์ และคณะ (2557) ได้พัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถส่วนบุคคลกับรถโดยสารประจำทางภายในม.อ. วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยคณะผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองการเดินทางแบบโลจิตสองทางเลือก (Binary Logit Model) จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพการเดินทางในกรณีปัจจุบันและในกรณีสมมติของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาและบุคลากร ผลจากศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง ประกอบด้วย เวลาในการเดินทางของรถบัสโดยสาร เวลาในการรอรถบัสโดยสาร ค่าโดยสาร เวลาในการเดินทาง และค่าใช้จ่ายของรถส่วนบุคคล

สุเมธ เดชธำรงค์ และคณะ (2556) ได้พัฒนาแบบจำลองการเลือกประเภทการเดินทางระหว่างยานพาหนะส่วนบุคคลและรถประจำทางด่วนพิเศษ (BRT) ภายในเมืองขอนแก่น โดยได้ศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง และสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายพฤติกรรมการเลือกใช้ BRT รูปแบบต่างๆ ที่สามารถจะให้ผู้ใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางมาใช้ BRT จากผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ BRT ของผู้ใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่เดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลให้ความสำคัญกับเวลามากกว่าค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ในทางตรงกันข้าม กลุ่มที่เดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายมากกว่าเวลาในการเดินทาง นอกจากปัจจัยเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางแล้ว เพศ อายุ การครอบครองใบอนุญาตขับขี่ และตำแหน่งที่พักอาศัย ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ BRT อย่างไรก็ตาม ในภาพรวมของการศึกษาดังกล่าว พบว่า ถึงแม้จะมีระบบ BRT ที่มีประสิทธิภาพเพียงใด แต่กลุ่มที่ใช้รถส่วนบุคคลส่วนใหญ่ยังคงให้ความสำคัญกับการใช้ยานพาหนะประเภทเดิมอยู่ เนื่องจากความสะดวกสบาย และใช้เวลาในการเดินทางน้อยกว่า BRT

อรพันธ์ แหวนเครือ และคณะ (2557) ได้ศึกษาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของยานพาหนะส่วนบุคคล จากข้อมูลระยะการเดินทางรวมกรณีศึกษาเมืองหาดใหญ่ โดยการสำรวจข้อมูลระยะการเดินทาง (Vehicle Kilometer Traveled, VKT) และสอบถามพฤติกรรมการเดินทาง ชนิด และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง จากผลการศึกษาคาดการณ์ในปีปัจจุบันและอนาคต พบว่า ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์ รถยนต์นั่งส่วนตัว และรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50.33 61.12 และ 56.39 ตามลำดับ และเมื่อคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของรถจักรยานยนต์ รถยนต์นั่งส่วนตัว และรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล พบว่า มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50.38 61.12 และ 56.39 ตามลำดับเช่นกัน และเมื่อนำผลการคาดการณ์ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเมืองหาดใหญ่ เปรียบเทียบกับกรุงเทพฯ นครราชสีมา และขอนแก่น พบว่า เมืองหาดใหญ่ มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเป็นลำดับต้นๆ ดังนั้น การรณรงค์และสนับสนุนการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ในเมืองหาดใหญ่ รวมถึงมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จึงเป็นจะต้องเร่งดำเนิน

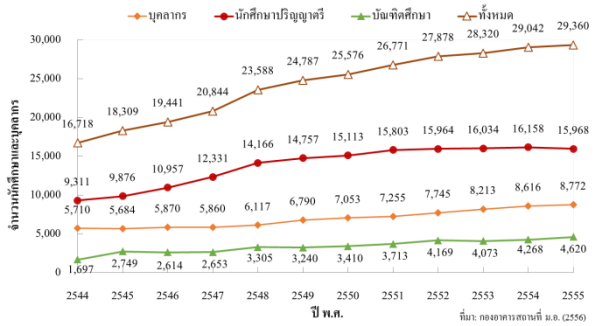
จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยได้นำแนวคิด ทฤษฎี และวิธีการต่างๆ มาประยุกต์ใช้กับวิธีการศึกษาของงานวิจัยนี้ โดยกล่าวในหัวข้อถัดไป

## 3. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย ลักษณะพื้นที่ศึกษา วิธีการสำรวจข้อมูล การออกแบบแบบสอบถาม และการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) วิทยาเขตหาดใหญ่ มีพื้นที่รวมประมาณ 1.1 ตารางกิโลเมตร และมีความยาวโครงข่ายถนนทั้งหมดประมาณ 38 กิโลเมตร จากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนได้ยกระดับเป็นมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของนักศึกษาและบุคคลากร (ดังรูปที่ 2) โดยปัจจุบันมีจำนวนนักศึกษาและบุคลากรรวมประมาณ 30,000 คน (กองอาคารสถานที่ ม.อ., 2556)




**รูปที่ 2** สถิติจำนวนนักศึกษาและบุคลากร ม.อ. (พ.ศ. 2544-2555)

จากข้อมูลการจดทะเบียนยานพาหนะเข้า-ออกวิทยาเขต ของนักศึกษาและบุคลากร (กองอาคารสถานที่ ม.อ., 2556) พบว่า มีรถจักรยานยนต์จำนวน 20,974 คัน และรถยนต์ 7,693 คัน ตามลำดับ ทั้งนี้ยังไม่รวมนักศึกษาและบุคคลากรที่ใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลซึ่งไม่ได้จดทะเบียนข้างต้นอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด ปัญหาที่จอดรถไม่เพียงพอ ปัญหามลพิษ และปัญหาอื่นๆ ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

### 3.2 วิธีการสำรวจ

คณะผู้วิจัยได้แบ่งการสำรวจข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การสำรวจข้อมูลสภาพการเดินทางในสถานการณ์ปัจจุบัน (Reveled Preference หรือ RP survey) และ 2) การสำรวจข้อมูลสภาพการเดินทางภายใต้สถานการณ์สมมติ (Stated Preference หรือ SP survey) โดยสุ่มสำรวจตัวอย่างนักศึกษาและบุคลากรจำนวน 400 ตัวอย่าง (ดังรูปที่ 3) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งเสริมการเลือกการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ภายในวิทยาเขต โดยพิจารณารูปแบบการเดินทาง 5 ทางเลือก ได้แก่ การเดินเท้า รถจักรยาน รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถประจำทาง ม.อ.



**รูปที่ 3** การสำรวจแบบสอบถามกลุ่มผู้ใช้รถจักรยาน

### 3.3 การออกแบบแบบสอบถาม

ข้อมูลสภาพการเดินทางในสถานการณ์ปัจจุบัน (RP survey) ในแบบสอบถาม ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการเดินทางปัจจุบัน และข้อมูลทัศนคติ โดยรายละเอียดแสดงในหัวข้อที่ 4.

สำหรับข้อมูลสภาพการเดินทางภายใต้สถานการณ์สมมติ (SP survey) ที่ใช้เพื่อพิจารณาการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง (จาก 5 ทางเลือกข้างต้น) ของผู้เดินทาง คณะผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นสองปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยปัจจัยเวลาได้พิจารณารวมเวลารอและเวลาเข้าถึงรูปแบบการเดินทางนั้นเข้าด้วยกัน ส่วนปัจจัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางได้พิจารณาเพียงค่าใช้จ่ายส่วนที่เพิ่มจากการเดินทางโดยปกติ (ไม่รวมต้นทุนมูลค่ารถและค่าเสื่อมราคา) เช่น ค่าเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นจากมาตรการต่างๆ และค่าเช่ารถจักรยาน เป็นต้น นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยกำหนดให้แต่ละปัจจัยมีความแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยแสดงรายละเอียดในส่วนถัดไป

**ตารางที่ 1** สถานการณ์การเลือกรูปแบบการเดินทาง

| รูปแบบการเดินทาง / สถานการณ์ | การเดินเท้า | | จักรยาน | | จักรยานยนต์ | | รถยนต์ | | รถประจำทาง ม.อ. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เวลาเดินทาง (นาที) | ค่าใช้จ่าย (บาท) | เวลาเดินทาง (นาที) | ค่าใช้จ่าย (บาท) | เวลาเดินทาง (นาที) | ค่าใช้จ่าย (บาท) | เวลาเดินทาง (นาที) | ค่าใช้จ่าย (บาท) | เวลาเดินทาง (นาที) | ค่าใช้จ่าย (บาท) |
| 1 | 6 | 0 | 5 | 1 | 4 | 3 | 8 | 5 | 8 | 2 |
| 2 | 7 | 0 | 5 | 2 | 3 | 5 | 7 | 10 | 9 | 1 |
| 3 | 8 | 0 | 5 | 5 | 2 | 10 | 6 | 15 | 10 | 0 |
| 4 | 9 | 0 | 8 | 1 | 7 | 3 | 11 | 5 | 11 | 2 |
| 5 | 10 | 0 | 8 | 2 | 6 | 5 | 10 | 10 | 12 | 1 |
| 6 | 11 | 0 | 8 | 5 | 5 | 10 | 9 | 15 | 13 | 0 |
| 7 | 12 | 0 | 10 | 1 | 9 | 3 | 13 | 5 | 13 | 2 |
| 8 | 13 | 0 | 10 | 2 | 8 | 5 | 12 | 10 | 14 | 1 |
| 9 | 14 | 0 | 10 | 5 | 7 | 10 | 11 | 15 | 15 | 0 |

จากการกำหนดข้างต้นทำให้เกิดสถานการณ์ทางเลือกที่เป็นไปได้มากมาย อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้พิจารณาตัดสถานการณ์ที่ผู้ตอบไม่จำเป็นต้องพิจารณาเนื่องจากเวลาหรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางของแต่ละทางเลือกแตกต่างกันอย่างชัดเจน จนคงเหลือเพียง 9 สถานการณ์ในแบบสอบถาม (รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1) อนึ่ง เมื่อพิจารณาเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางของแต่ละรูปแบบการเดินทาง จะเห็นว่าระยะเวลาและค่าใช้ใช้ในการเดินทางมีค่าไม่สูงมากนัก เนื่องด้วยระยะทางของโครงข่ายถนนภายในวิทยาเขตที่ค่อนข้างสั้น

### 3.4 การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

ในส่วนของการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง คณะผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีอรรถประโยชน์เพื่ออธิบายพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยผู้เดินทางจะเลือกเดินทางด้วยรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ก็ต่อเมื่อผู้เดินทางได้รับค่าความพึงพอใจและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในรูปแบบการเดินทางนั้นๆ ซึ่งคณะผู้วิจัยพิจารณาจากปัจจัยเวลาและค่าใช้จ่ายในผู้เดินทางเป็นหลัก

Ben-Akiva and Lerman (1985) ได้อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีอรรถประโยชน์ โดยใช้ฟังก์ชั่นความพึงพอใจ (Utility Function) ที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่วัดค่าได้ (Systematic Components) และส่วนที่ไม่สามารถวัดค่าได้อย่างแน่นอน (Random Components) ดังสมการที่ (1)

$$U_{in}=V_{in}+\varepsilon_{in} \quad (1)$$

โดยที่ $U_{in}$ คือ ค่าความพอใจของผู้เดินทางคนที่ n ที่ได้จากรูปแบบการเดินทาง i

$V_{in}$ คือ ส่วนประกอบตัวแปรอิสระ ของผู้เดินทางคนที่ n จากรูปแบบการเดินทาง i

$\varepsilon_{in}$ คือ ส่วนประกอบของความพึงพอใจแบบสุ่มของผู้เดินทางคนที่ n จากรูปแบบการเดินทาง i

### 3.5 การตรวจสอบและคัดเลือกแบบจำลอง

การตรวจสอบและคัดเลือกแบบจำลอง เป็นการทดสอบค่าทางสถิติของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยคณะผู้วิจัยได้แบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายใน และการตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอกของแบบจำลอง ดังนี้

- **การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายในแบบจำลอง**

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายในแบบจำลอง เป็นการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการประมาณค่าจากผลการสำรวจข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) การตรวจสอบเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์ 2) การตรวจสอบค่านัยสำคัญทางสถิติของตัวแปร และ 3) การตรวจสอบระดับความสอดคล้องของแบบจำลอง ดังนี้

1) การตรวจสอบเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์ เป็นการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ ที่จะแสดงทิศทางของตัวแปรในเชิงเป็นบวกหรือลบ โดยที่เครื่องหมายสัมประสิทธิ์ที่เป็นบวก หมายถึง เมื่อค่าของตัวแปรนั้นสูงแล้ว ค่าความพึงพอใจก็จะ

เพิ่มขึ้นตาม คือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่เครื่องหมายสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบ หมายถึง เมื่อค่าของตัวแปรนั้นสูงขึ้นแล้ว ค่าความพึงพอใจจะลดลง (ทิศทางตรงกันข้าม) ยกตัวอย่างเช่น เมื่อค่าใช้จ่ายในการเดินทางด้วยยานพาหนะส่วนบุคคลที่เพิ่มสูงขึ้น ก็จะทำให้ค่าความพึงพอใจในการเลือกเดินทางด้วยยานพาหนะส่วนบุคคลลดลงนั้นเอง

2) การตรวจสอบค่านัยสำคัญทางสถิติของตัวแปร เป็นการตีความจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ โดยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติจะยอมรับสมมติฐานที่ตั้งขึ้นก็ต่อเมื่อค่าความน่าจะเป็นมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าน้อยกว่าก็จะปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งโดยปกติแล้วนิยมกำหนดค่าความเชื่อมั่นไว้ที่ร้อยละ 95 โดยพิจารณาจากค่าสถิติ t (t-statistics) ของตัวแปร ซึ่งต้องให้ค่าสถิติ t ที่สูงกว่าค่าสัมบูรณ์ของ 1.96

3) การตรวจสอบระดับความสอดคล้องของแบบจำลอง เป็นการตรวจสอบความแม่นยำในการอธิบาย/พยากรณ์ของแบบจำลอง ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทาง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรคำนวณดัชนีวัดความสอดคล้อง (Likelihood Ratio Index) ดังสมการที่ (2)

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\beta)}{L(0)} \qquad (2)$$

โดยที่ $\rho^2$ คือ ดัชนีความสอดคล้อง (Likelihood Ratio Index)

L (0) คือ ค่า Log Likelihood Function ในกรณีที่พารามิเตอร์ทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์

L (β) คือ ค่า Log Likelihood Function จากค่าพารามิเตอร์

ค่าดัชนีความสอดคล้อง ($\rho^2$) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 แบบจำลองจะมีความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ได้อย่างสมบูรณ์ ก็ต่อเมื่อค่า $\rho^2$ เข้าใกล้ 1 และโดยปกติ $\rho^2$ ที่ยอมรับได้จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.20

- **การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอกแบบจำลอง**

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือภายนอกเป็นการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองในการอธิบายหรือพยากรณ์การตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทาง โดยใช้ค่าร้อยละความถูกต้องในการพยากรณ์ (Percentage correctly predicted) ซึ่งใช้ตัวอย่างข้อมูลจากแบบสอบถามการเลือกรูปแบบการเดินทาง ส่วนที่เหลือจากการพัฒนาแบบจำลอง โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3)

$$\%correct = \frac{\sum_{n=1}^{N} W_n}{N} \qquad (3)$$

โดยที่ $W_n$ คือ ตัวอย่างข้อมูลแบบสอบถามการเลือกรูปแบบการเดินทาง ที่พยากรณ์ถูกต้องด้วยแบบจำลอง

N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง

## 4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากขั้นตอนและวิธีการศึกษาของงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว ต่อไปผู้วิจัยขอเสนอผลที่ได้จากการศึกษา รวมถึงการอธิปรายผลการศึกษา

### 4.1 ลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการสุ่มสัมภาษณ์แบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาและบุคลากรภายในวิทยาเขต จำนวน 400 ตัวอย่าง สามารถสรุปลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง และเพศชาย ในสัดส่วนร้อยละ 58.59 และ 41.41 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53.28) อยู่ในช่วง 21-30 ปี รองลงมา คือ น้อยกว่า 21 ปี (ร้อยละ 40.66) และ อื่นๆ (ร้อยละ 6.06)

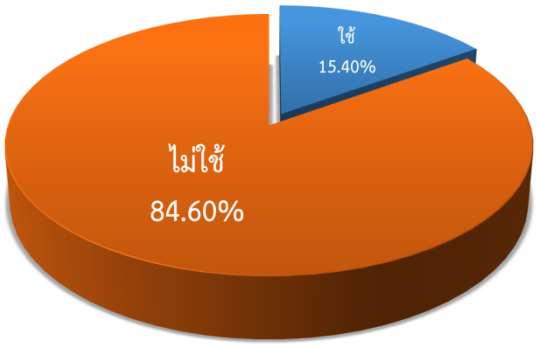
**ตารางที่ 2** ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

| ลักษณะ | | สัดส่วน |
|---|---|---|
| เพศ (Gender) | เพศชาย | 41.41% |
| | เพศหญิง | 58.59% |
| อายุ (Age) | < 21 ปี | 40.66% |
| | 21-30 ปี | 53.28% |
| | 31-40 ปี | 4.54% |
| | 41-50 ปี | 0.76% |
| | > 50 ปี | 0.76% |
| อาชีพ (Occupation) | นักศึกษาปริญญาตรี ปี 1 | 20.45% |
| | นักศึกษาปริญญาตรี ปี 2 | 25.76% |
| | นักศึกษาปริญญาตรี ปี 3 | 15.91% |
| | นักศึกษาปริญญาตรี ปี 4 | 4.04% |
| | นักศึกษาปริญญาโท | 0.51% |
| | นักศึกษาปริญญาเอก | 0.25% |
| | อาจารย์ | 1.26% |
| | บุคลากร ม.อ. | 4.04% |
| รายได้ต่อเดือน | < 10,000 บาท | 88.67% |
| | 10,001 - 20,000 บาท | 10.34% |
| | 20,001 - 30,000 บาท | 0.33% |
| | 30,001 - 40,000 บาท | 0.00% |
| | 40,001 - 50,000 บาท | 0.33% |
| | > 50,001 บาท | 0.33% |
| การครอบครองรถ | ไม่มีรถ | 32.75% |
| | รถจักรยาน | 7.00% |
| | รถจักรยานยนต์ | 41.00% |
| | รถยนต์ | 19.25% |

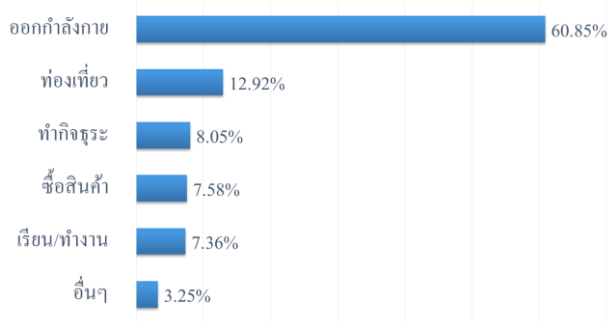
ในส่วนของรายได้ต่อเดือน พบว่า ส่วนใหญ่ร้อยละ 88.67 มีรายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาท รองลงมามีรายได้ 10,001-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 10.34 สำหรับการครอบครองรถของประชากร พบว่า อันดับหนึ่งคือ รถจักรยานยนต์ (ร้อยละ 41.00) อันดับสอง คือ ไม่มีรถ (ร้อยละ 32.75) และอันดับสาม คือ มีรถยนต์ (ร้อยละ 19.25) ส่วนผู้มีรถจักรยานมีค่อนข้างน้อย (ร้อยละ 7.00)

### 4.2 ผลการสำรวจข้อมูลสภาพการเดินทางภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน (Reveled Preference, RP)

จากการสุ่มสำรวจข้อมูลการใช้จักรยานในชีวิตประจำวันภายใน ม.อ. ดังรูปที่ 4 พบว่า มีเพียงร้อยละ15.40 ที่ใช้จักรยาน ส่วนที่ไม่ใช้จักรยานมีมากถึงร้อยละ 84.60 โดยวัตถุประสงค์หลักในการใช้จักรยาน (รูปที่ 5) เป็นการใช้เพื่อออกกำลังกาย ร้อยละ 60.85 รองลงมาคือ ใช้เพื่อการท่องเที่ยว (ร้อยละ 12.92) และอื่นๆ อีกร้อยละ 26.23

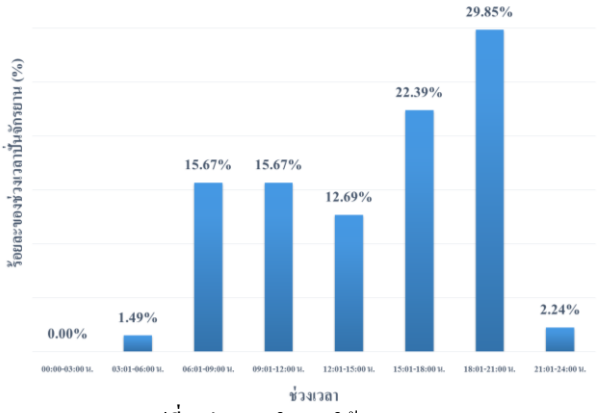



**รูปที่ 4** สัดส่วนผู้ใช้รถจักรยาน ภายใน ม.อ.

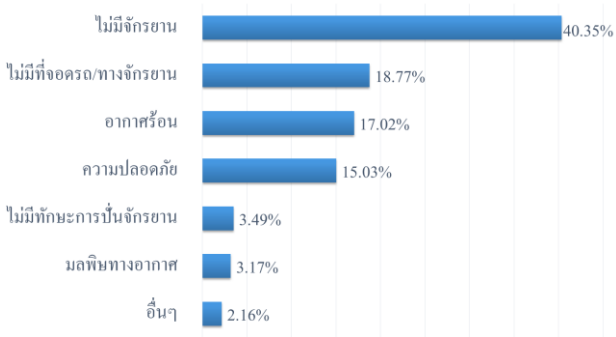



**รูปที่ 5** วัตถุประสงค์ในการใช้จักรยาน

จากการสำรวจช่วงเวลาที่นิยมใช้รถจักรยาน (รูปที่ 6) พบว่าส่วนใหญ่ ใช้ช่วงเวลา 18:00-21:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเลิกงาน ดังนั้นการอำนวยความสะดวกและความปลอดภัย โดยเฉพาะไฟส่องสว่างจึงมีความสำคัญยิ่งอย่างยิ่ง และรองลงมาคือ ช่วงเวลา 15:00-18:00 น. คิดเป็นร้อยละ 22.39 และช่วงเวลาอื่นๆ อีกร้อยละ 47.76



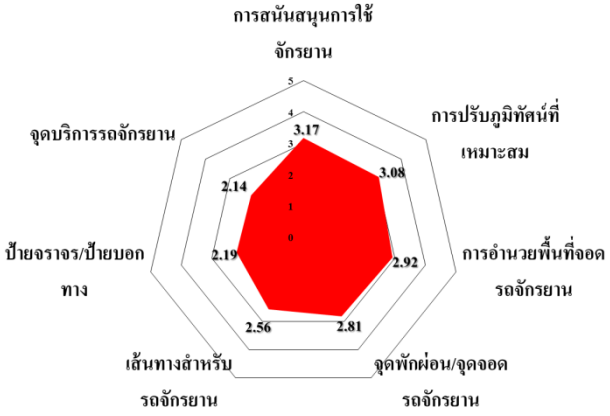

**รูปที่ 6** ช่วงเวลาในการใช้รถจักรยาน




**รูปที่ 7** เหตุผลหลักของผู้ที่ไม่ใช้จักรยาน

จากสัดส่วนผู้ไม่ใช้จักรยานซึ่งมีมากถึงร้อยละ 84.60 (รูปที่ 4) คณะผู้วิจัยจึงได้สอบถามเหตุผลหลักที่ไม่ใช้จักรยาน จากรูปที่ 7 พบว่าอันดับหนึ่งเป็นเพราะไม่มีจักรยานส่วนตัว (ร้อยละ 40.35) ซึ่งถึงได้มีเอกชนเข้ามาให้บริการเช่ารถจักรยานภายในวิทยาเขต แต่ยังไม่สะดวกและเพียงต่อความต้องการ เหตุผลรองลงมา คือ การขาดสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ที่จอดรถ ทางจักรยาน ซึ่งจากสำรวจพื้นที่ของคณะผู้วิจัยพบว่า จำนวนจุดจอดรถจักรยานมีน้อยมาก อีกทั้งยังไม่มีทางเฉพาะสำหรับจักรยาน ต้องสัญจรบนถนนร่วมกับรถอื่นๆ รวมทั้งจุดเชื่อมต่อทางขึ้น/ทางลงจักรยานไม่ได้มาตรฐาน เหตุผลถัดไปเป็นด้านสภาพอากาศที่ร้อนจัด (ร้อยละ 17.02) ด้านความปลอดภัยในการใช้จักรยาน (ร้อยละ 15.03) และอื่นๆ อีกร้อยละ 8.82

จากการสำรวจระดับความพึงพอใจของผู้ใช้รถจักรยานภายในวิทยาเขตในปัจจุบัน (ดังรูปที่ 8) จากคะแนน 5 คะแนนเต็ม พบว่า ด้านการสนับสนุนการใช้จักรยาน มีคะแนนมากที่สุด คิดเป็น 3.15/5.00 คะแนน รองลงมาคือการปรับภูมิทัศน์ เช่น การเพิ่มไฟส่องสว่าง/หลังคาคลุม คิดเป็น 3.08/5.00 คะแนน การอำนวยพื้นที่จอดรถ จุดพักรถ เส้นทางจักรยาน และป้ายจราจร คิดเป็น 2.92/5.00 2.80/5.00 2.56/5.00 และ 2.19/5.00 คะแนน ตามลำดับ และสุดท้ายสำหรับจุดบริการจักรยาน เช่น จุดซ่อมรถ ที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจน้อยสุด เพียง 2.14/5.00 คะแนน ซึ่งโดยภาพรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง




**รูปที่ 8** ระดับความพึงพอใช้ต่อสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้รถจักรยาน ภายใน ม.อ.

### 4.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

จากการสำรวจแบบสอบถามข้อมูลสภาพการเดินทางภายใต้สถานการณ์สมมติ (SP survey) ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางหลายทางเลือก (Multinomial logit models) ของทางเลือก การเดินเท้า (Walk) รถจักรยาน (BC) รถจักรยานยนต์ (MC) รถยนต์ (PC) และรถประจำทาง ม.อ. (Ebus) โดยกำหนดสมการอรรถประโยชน์ของทั้ง 5 รูปแบบการเดินทาง ดังสมการที่ (4) ถึง (8) ตามลำดับ โดยได้สรุปผลการพัฒนาแบบจำลองที่ตรวจสอบความถูกต้องแล้วไว้ในตารางที่ 3

$$U_{walk} = Constant_{walk} + \beta_1 (Travel\ time_{walk}) \quad (4)$$

$$U_{bc} = \beta_2 (Travel\ time_{bc}) + \beta_3 (Travel\ cost_{bc}) \quad (5)$$

$$U_{mc} = Constant_{mc} + \beta_4 (Travel\ time_{mc}) + \beta_5 (Travel\ cost_{mc}) \quad (6)$$

$$U_{pc} = Constant_{pc} + \beta_6 (Travel\ time_{pc}) + \beta_7 (Travel\ cost_{pc}) \quad (7)$$

$$U_{Ebus} = Constant_{Ebus} + \beta_8 (Travel\ time_{Ebus}) + \beta_9 (Travel\ cost_{Ebus}) \quad (8)$$

ในภาพรวมของตารางที่ 3 พบว่า สัมประสิทธิ์ของตัวแปรเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางมีเครื่องหมายลบซึ่งสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของสมการอรรถประโยชน์ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม ค่าร้อยละการพยากรณ์ได้อย่างถูกต้อง (45.75%) ยังถือว่าค่อนข้างน้อย แต่เมื่อพิจารณาค่า $\rho^2$ เท่ากับ 0.2365 ถือว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

จากการนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาวิเคราะห์หามูลค่าของเวลาในการเดินทางของแต่ละรูปแบบการเดินทาง มูลค่าดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่าผู้เดินทางแต่ละรูปแบบยอมที่จ่ายเงินเท่าไหร่เพื่อแลกกับการลดเวลาในการเดินทางลง 1 นาที จากผลการศึกษาในตารางที่ 4 พบว่ามูลค่าเวลาในการเดินทางของผู้ใช้รถยนต์และผู้ใช้รถจักรยานยนต์มีค่าเท่ากับ 2.389 และ 1.881 บาท/นาที ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณามูลค่าเวลาของผู้ใช้รถประจำทาง ม.อ. และรถจักรยาน กลับพบว่ามีค่าเท่ากับ 3.643 และ 2.791 บาท/นาที ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าผู้ใช้รถส่วนบุคคล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลุ่มผู้ใช้รถประจำทางและรถจักรยานมีความคล่องตัวในการเดินทางมากกว่ากลุ่มผู้ใช้รถส่วนบุคคล เนื่องจากภายในวิทยาเขตมีการกำหนดให้สิทธิในการเข้าสู่ทางแยก/วงเวียนแก่รถประจำทางไปก่อน รวมทั้งกลุ่มผู้ใช้รถประจำทางอาจได้รับความรวดเร็วในการเดินทางมากกว่ารถส่วนบุคคล เนื่องจากไม่ต้องใช้เวลาเพื่อหาที่จอดรถ เป็นต้น เช่นเดียวกันกับกลุ่มผู้ใช้รถจักรยานที่มีมูลค่าเวลาเดินทางสูง อาจเนื่องจากความสะดวกและความรวดเร็วสำหรับการใช้รถจักรยานในการเดินทางที่มากกว่ากลุ่มผู้ใช้รถส่วนบุคคล ซึ่งไม่ต้องปะสบปัญหารถติดเช่นเดียวกับรถส่วนบุคคล เป็นต้น อย่างไรก็ตาม มูลค่าเวลาของการเดินทางด้วยรถประจำทาง ม.อ. รถจักรยาน และการเดินเท้า จำเป็นต้องมีการศึกษาในรายละเอียดอีกครั้งสำหรับงานวิจัยในอนาคตของคณะผู้วิจัย

**ตารางที่ 3** ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในแบบจำลอง

| ตัวแปร | ค่าสัมประสิทธิ์ ($\beta$) | t-ratio |
|---|---|---|
| ค่าคงที่ ($Constant_{walk}$) | + 4.47890 | +14.22 |
| เวลาในการเดินทางของการเดินเท้า ($\beta_1$) | - 1.03495 | -15.20 |
| เวลาในการเดินทางของรถจักรยาน ($\beta_2$) | - 0.54928 | -7.06 |
| ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของรถจักรยาน ($\beta_3$) | - 0.19679 | -5.09 |
| ค่าคงที่ ($Constant_{mc}$) | + 2.18085 | +7.94 |
| เวลาในการเดินทางของรถจักรยานยนต์ ($\beta_4$) | - 0.77979 | -13.99 |
| ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของรถจักรยานยนต์ ($\beta_5$) | - 0.41467 | -11.18 |
| ค่าคงที่ ($Constant_{pc}$) | + 5.19859 | +14.99 |
| เวลาในการเดินทางของรถยนต์ ($\beta_6$) | - 0.70217 | -12.62 |
| ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของรถยนต์ ($\beta_7$) | - 0.29390 | -10.49 |
| ค่าคงที่ ($Constant_{Ebus}$) | + 6.69096 | +15.05 |
| เวลาในการเดินทางของรถประจำทาง ($\beta_8$) | - 1.01280 | -14.84 |
| ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของรถประจำทาง ($\beta_9$) | - 0.27798 | -2.73 |
| จำนวนตัวอย่าง | 540 | |
| $\rho^2$ | 0.2365 | |
| ค่าร้อยละการพยากรณ์ได้อย่างถูกต้อง | 45.75% | |

**ตารางที่ 4** มูลค่าของเวลา (Value of time)

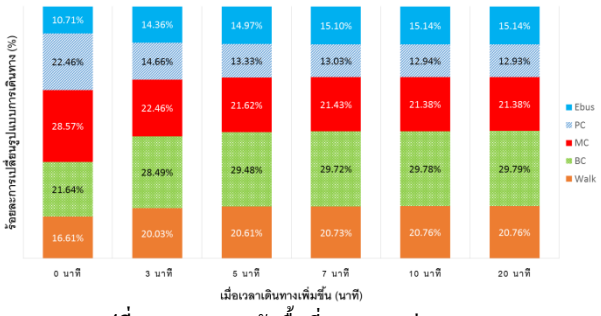
| รูปแบบการเดินทาง | มูลค่าของเวลา (บาท/นาที) |
|---|---|
| รถยนต์ (PC) | 2.389 |
| รถจักรยานยนต์ (MC) | 1.881 |
| รถประจำทาง ม.อ. (Ebus) | 3.643 |
| รถจักรยาน (BC) | 2.791 |
| การเดินเท้า (Walk) | - |

## 5. การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการทดสอบนโยบาย/มาตรการ

จากผลการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางที่ได้ตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้นำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบมาตรการเพื่อสนับสนุนให้มีการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางจากรถส่วนบุคคล คือรถจักรยานยนต์ และรถยนต์ มาเป็นรถจักรยาน การเดินเท้า และรถประจำทาง คณะผู้วิจัยได้นำเสนอนโยบายทั้งหมด 3 มาตรการ คือ 1) มาตรการจำกัดพื้นที่จอดรถรถส่วนบุคคล 2) มาตรการเก็บค่าที่จอดรถรถส่วนบุคคล และ 3) มาตรการเก็บค่าเช่ารถจักรยาน โดยแสดงรายละเอียดและผลการศึกษาของแต่ละมาตรการดังนี้

1) มาตรการจำกัดพื้นที่จอดรถรถส่วนบุคคล

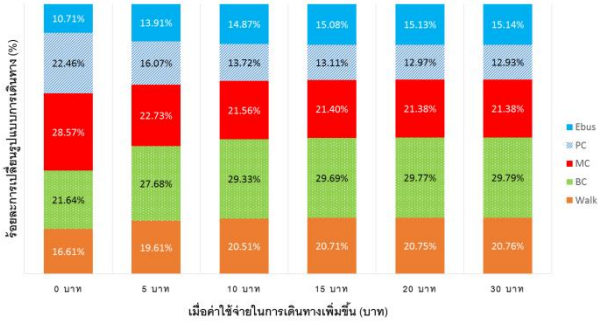
มาตรการจำกัดพื้นที่จอดรถของรถส่วนบุคคล เป็นมาตรการที่สร้างข้อจำกัดในการใช้รถส่วนบุคคล โดยการจำกัดพื้นที่จอดรถส่วนบุคคล เช่น การกำหนดให้รถส่วนบุคคลจอดได้เฉพาะพื้นที่บางพื้นที่เท่านั้น หรือการกำหนดไม่ให้นักศึกษานำรถส่วนบุคคลเข้ามาจอดภายในคณะของผู้ใช้เอง (แต่ทั้งนี้ทางวิทยาเขต ควรต้องเสริมบริการรถประจำทาง ม.อ. จากจุดจอดรถไปยังพื้นที่ต่างๆ) เป็นต้น ซึ่งทำให้ผู้ใช้รถส่วนตัวต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเพื่อหาที่จอดรถ ส่งผลให้ผู้ใช้อาจเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง โดยในรูปที่ 9 ได้แสดงถึงสัดส่วนของผู้ใช้ยานพาหนะทั้งหมดเมื่อมีการดำเนินมาตรการเพิ่มเวลาในการเดินทาง ซึ่งพบว่า เมื่อเวลาเดินทางจากการหาที่จอดรถเพิ่มมากขึ้น ผู้ใช้รถส่วนตัวจะเปลี่ยนมาใช้จักรยานและเดินมากขึ้น




**รูปที่ 9** มาตรการจำกัดพื้นที่จอดรถรถส่วนบุคคล

2) มาตรการเก็บค่าที่จอดรถรถส่วนบุคคล

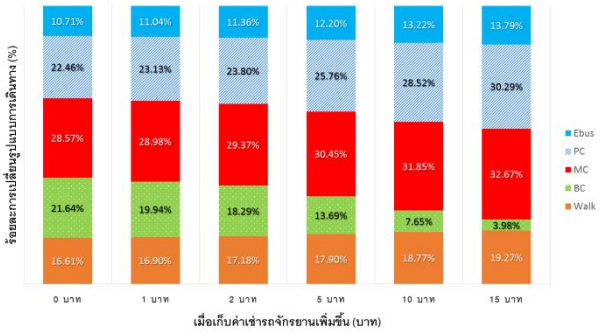
มาตรการเก็บค่าที่จอดรถรถส่วนบุคคล เป็นมาตรการที่สร้างข้อจำกัดของผู้ใช้รถส่วนบุคคลด้วยการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการเดินทางด้วยการเก็บค่าที่จอดรถภายในวิทยาเขต โดยมีผลการศึกษาดังรูปที่ 10 ซึ่งพบว่า เมื่อค่าใช้จ่ายในเดินทางจากค่าที่จอดรถส่วนตัวเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ผู้ใช้รถส่วนตัวจะเปลี่ยนมาใช้จักรยานและเดินมากขึ้น




**รูปที่ 10** มาตรการเก็บค่าที่จอดรถส่วนบุคคล

3) มาตรการเก็บค่าเช่ารถจักรยาน

มาตรการเก็บค่าเช่ารถจักรยาน เป็นมาตรการที่ใช้ทดสอบสัดส่วนการเลือกใช้รถจักรยาน เมื่อมีการเก็บค่าเช่ารถจักรยาน (บาท/ครั้ง/วัน) ซึ่งทำให้ทราบถึงพฤติกรรมของผู้ใช้ และใช้ในการกำหนดราคาค่าเช่าจักรยานที่เหมาะสม โดยมีผลการศึกษาดังรูปที่ 11 ซึ่งพบว่า เมื่อมีการเก็บค่าเช่าจักรยานในอัตราที่สูงขึ้น จะเป็นการไม่ดึงดูดให้คนมาใช้จักรยานเท่าที่ควร




**รูปที่ 11** มาตรการเก็บค่าเช่ารถจักรยาน

## 6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้จักรยานและการเดินเท้าซึ่งเป็นรูปแบบการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ภายใน ม.อ. วิทยาเขตหาดใหญ่ จากผลการสำรวจข้อมูลสภาพการเดินทางในปัจจุบันของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาและบุคคลากร พบว่า มีผู้ใช้จักรยานในสัดส่วนที่ยังน้อยอยู่ (ร้อยละ 15.4) ส่วนผลจากการสำรวจความพึงพอใจต่อสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้จักรยาน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจปานกลางและเห็นควรเสนอให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องพิจารณาปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกโดยเฉพาะด้านความปลอดภัยในการใช้จักรยาน คณะผู้วิจัยยังได้สำรวจข้อมูลการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง (การเดินเท้า รถจักรยาน รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถโดยสาร ม.อ.) ในสถานการณ์สมมติที่มีเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่แตกต่างกันไป แล้วนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางแบบโลจิต และนำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหา

สัดส่วนการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางจาก 3 มาตรการที่ส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ จากการศึกษา พบว่า มาตรการจำกัดพื้นที่จอดรถส่งผลให้ผู้ใช้รถส่วนบุคคล (รถยนต์และรถจักรยานยนต์) เปลี่ยนรูปแบบการเดินทางมาเป็นการใช้รถจักรยานมากยิ่งขึ้น เมื่อต้องใช้เวลาเดินทางมากขึ้นจากการหาที่จอดรถ ผลการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางดังกล่าวเป็นไปแนวทิศทางเดียวกันหากมีการนำมาตรการเก็บค่าที่จอดรถส่วนบุคคลมาใช้ ในทางตรงกันข้ามกับมาตรการเก็บค่าเช่ารถจักรยาน หากมีการเก็บค่าเช่ารถจักรยานสูงเกิน 5 บาทต่อครั้ง จะไม่เป็นการดึงดูดให้นักศึกษาและบุคคลากรหันมาใช้รถจักรยานได้มากเท่าที่ควร

ผลจากการศึกษานี้เป็นเพียงแนวทางในการวางแผนส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ใน ม.อ. แต่การวางแผนดังกล่าวจะไม่สามารถประสบความสำเร็จได้หากไม่ได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ประเด็นดังกล่าวเป็นความท้าทายสำหรับการวิจัยในอนาคต รวมทั้งการนำแบบจำลองจากการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองการเดินทางบนโครงข่ายถนนภายใน ม.อ. เพื่อนำแบบจำลองที่ได้ไปประเมินมาตรการด้านอื่นๆ ต่อไป

## 7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี และผู้วิจัยคนที่ 1 ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาศิษย์ก้นกุฏิ ประจำปีงบประมาณ 2557

## เอกสารอ้างอิง

กองอาคารสถานที่ สำนักอธิการบดี. (2556) . ระบบสาระสนเทศมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. http://www.planning.psu.ac.th (สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2557)

จิราคม สิริศรีสกุลชัย. (2551). ผลสนองต่อมาตรการการจัดการอุปสงค์การเดินทางโดยแบบจำลิงมิกซ์โลจิต กรณีศึกษาค่าธรรมเนียม การเข้าพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปิยณัฐ จันโทสุทธิ์. (2556). การศึกษารถประจำทางด่วนพิเศษเพื่อสนับสนุนเมืองคาร์บอนต่ำ: กรณีศึกษาเมืองขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วราลักษณ์ คงอ้วน และสาธิดา สกุลรัตนกุลชัย. (2555). แนวทางการส่งเสริมการใช้จักรยานภายในมหาวิทยาลัย. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ศุภกร สุทธิพันธ์และ ปรเมศวร์ เหลือเทพ. (2557). การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถส่วนบุคคลกับรถโดยสารประจำทางในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุเมธ เดชธำรงค์. (2556). แบบจำลองการเลือกประเภทการเดินทางระหว่างยานพาหนะส่วนบุคคลและรถบีอาร์ที: กรณีศึกษารถบีอาร์ทีเมืองขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรพันธ์ แหวนเครือ และ ปรเมศวร์ เหลือเทพ. (2557). การคาดการณ์ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของยานพาหนะส่วนบุคคลจากข้อมูลระยะการเดินทางรวมกรณีศึกษาเมืองหาดใหญ่, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, หน้า 2566-2574.

Ben-Akiva, M., Lerman, S.R., (1985). Discrete choice analysis: theory and application to travel demand. Cambridge: MIT Press.

Korea Energy Economics Institute: KEEI, (2010). "Greenhouse gas emission in the transportation sector", Sustainable Urban Transport Project (The Avoid, Shift, Improve Strategy).

Hal Amen, (2011). 15 of the world's most bike-friendly cities. Cable News Network, CNN. http://edition.cnn.com/2011/TRAVEL/05/06/bike.friendly.cities.matador/index.html (accessed 23 June, 2015)

# Impact Analysis of the Proposed Ferry Service on Commuter Travel in Iloilo City

Paper Identification number:**AYRF15-013**

Lhora Lee ALCANTARA[1], Robert Jener MOYA[2], Karlo-Mickael GARRIDO[3], Christian James PIMENTEL[4], Alexis FILLONE[5]

[1]Department of Civil Engineering
De La Salle University
Telephone (02) 524-4611
E-mail: lhora.alcantara@gmail.com

[2]Department of Civil Engineering
De La Salle University
Telephone (02) 524-4611
E-mail: rjmoya_913@yahoo.com

[3]Department of Civil Engineering
De La Salle University
Telephone (02) 524-4611
E-mail: karlo_garrido@yahoo.com

[4]Department of Civil Engineering
De La Salle University
Telephone (02) 524-4611
E-mail: cjisdmasta@yahoo.com

[5]Department of Civil Engineering
De La Salle University
Telephone (02) 524-4611
E-mail: amfillone@gmail.com

## Abstract

The main objective that this thesis aimed to accomplish was to lessen the traffic volume in the main street of Iloilo City by proposing an alternative mode of transportation in the form of a water ferry transport system. The introduction of the water ferry transport system would not affect the current land traffic routes along Iloilo City.

The researchers proposed seven stations within the Iloilo River where passengers would embark and disembark. The placements of the seven stations were based on the adjacent land use and trip attractions located in each station. The said land uses are trip generating locations along the river such as schools, malls, and recreational areas. The researchers used travel time analyses onboard jeepneys being the most common mode of transportation in the city. An origin-destination survey was also done in order to determine the possible origins and destinations of passengers. The data gathered were then processed in EMME 4 software in order to analyze the impact of the water ferry system along the roads of Iloilo City. Additional data were gathered in order to assess whether the public would also patronize the river being a tourist destination.

The design of the river ferry system was analyzed and presented, and results would show less traffic congestion, traffic volume, and travel time along the main street of Iloilo City parallel to the river.

**Keywords:**Alternative Transportation, River Ferry Transport Service, Forecast, Travel Demand, Transportation

## 1. Introduction

Iloilo City is one of the developing cities in the Philippines, and with development within a city the increase in population is inevitable, which leads to traffic congestion. That is why the researchers conducted a study to try to lessen the traffic congestion within the city. The researcher's solution--a ferry service transportation that will run through the Iloilo River.

The researchers assigned 8 ferry service stations that can be found along the Iloilo River which can be seen through Figure 1. The assignment of the said 8 stations was based on surveying, accessibility and the different landmarks that is located near the vicinity. The landmarks that can be located near the vicinity was based by the range of the impact area per station which was determined through the program EMME.

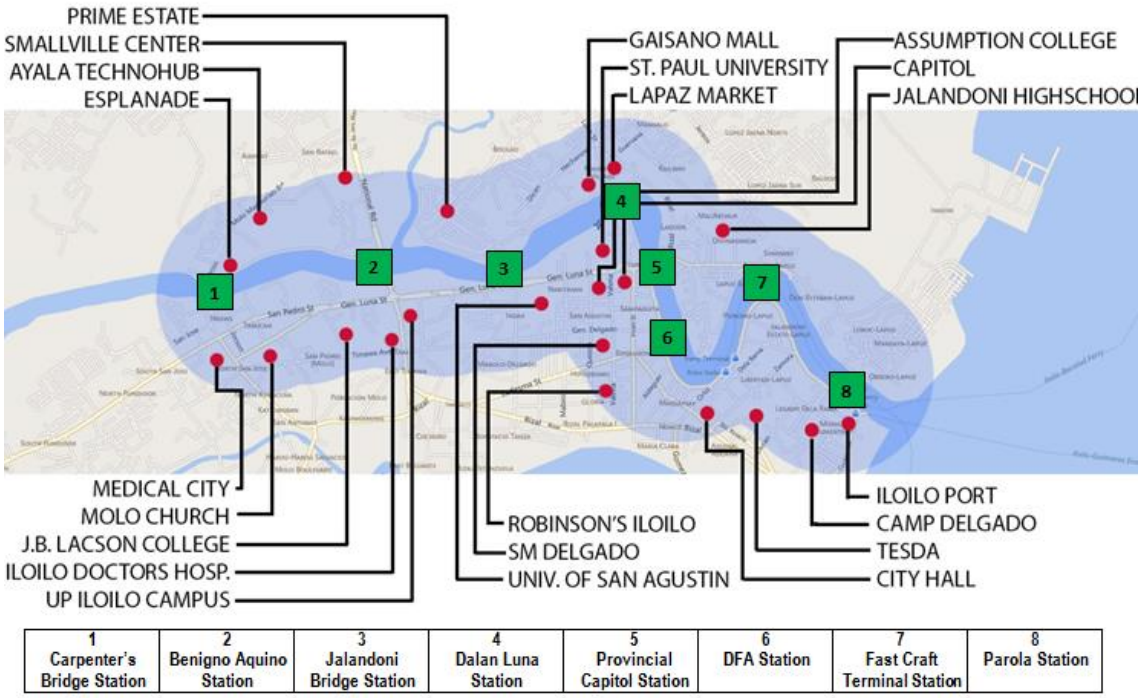



**Figure 1** Impact Area of the Ferry Transit and theAssigned Ferry Transit Stations with the Landmarks near their vicinities

## 2. Review of Related Literature

One of the most valuable sources that this experiment studied was another experiment with a very similar premise. In 2014, Frederick Sosuan studied the feasibility of having a bus rapid transit (BRT) for Iloilo city.[1] He studied subjects similar to this experiment such as Iloilo city's traffic congestion problem, statistics for travel characteristics in Iloilo city, and etc. The researchers were able to convey valuable data from his work and apply them throughout many stages of the experiment.

In order to understand the significance of this study, the researchers read news articles regarding Iloilo city. It was found out that Iloilo city was presented at the 16th International River Symposium by Jed Mabilog, Iloilo city's mayor.[2]

Megaworld, a renowned investor and developer, expressed interest in turning Iloilo River into a selling point for tourism activities.[3]

The market potential of river cruising in Iloilo has also been noted as a majestic and amazing experience in the Philippines and maybe even in Asia as stated by the Department of Interior and Local Government of the Philippines.[4]

Various other studies were also researched for the benefit of the experiment. Topics such as ferry transportation design, service quality, and even floating restaurants were investigated through examination of other scientific works concerning the aforementioned points.

## 3. Methodology

### 3.1 Primary Data

The primary means for data gathering in this experiment was the use of survey questionnaires. These were handed out to citizens--especially commuters--of Iloilo city and contained queries pertaining to different aspects of the transportation system in Iloilo city (e.g. average travel time, modal choice, trip origins and destination, etc.)

### 3.2 Secondary Data

In addition to survey questionnaires, the researchers obtained data from previous studies in Iloilo City that are related to the experiment. Furthermore, demographics and statistics were acquired from several government administrations that included (but were not limited to) National Statistics Office and the Transportation Management and Traffic Regulation of the Office of the City Mayor of Iloilo City; data regarding socio-demographics such as population and growth rate were gathered from NSO; peak traffic hours, traffic regulations and other land transportation related data were gathered from the Office of the City Mayor of Iloilo City.

### 3.3 Method of Sampling

Stratified random sampling was used by the researchers for this study. Survey questionnaires were handed out to random commuters around the city. The minimum number of samples was determined using stratified random sampling methods.

### 3.4 Data Analysis

The data that were gathered were analysed through the use of the Four-step approach.

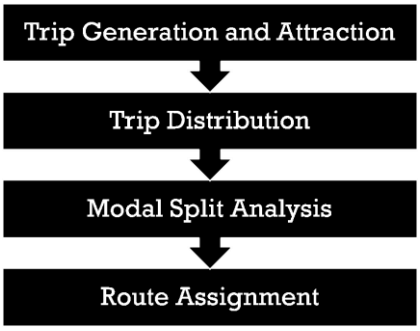



**Figure 2** The Four-Step Approach

### 3.5 Data Interpretation

After analyses of the data using the aforementioned methods were done, the researchers input them in the software programs JICA STRADA and EMME 4. These programs were used to model the current scenario of the Iloilo City transport system according to the data received from the surveys, demographics and statistics thus allowing the researchers to modify and create new scenarios that would serve to improve the status of the transportation system.

## 4. Results

Data gathered during the data gathering period were presented and analyzed in this chapter. Data that were presented in this chapter include On Board Data of selected Jeepney routes in Iloilo City, Survey results with regards to passenger origin/destination and mode of choice. Secondary data regarding volume delay function from previous studies on Iloilo City were utilized in the study while further analysis was done using the software EMME 4.

### 4.1 On Board Data

On board data collected from 5 selected jeepney routes which connects areas along Iloilo River were used to determine the passenger volume carried by a jeepney with respect to its distance travelled while traversing its designated route and passenger embarkation and disembarkation along each jeepney routes.

**Table 1** On-board Characteristics of Iloilo City

| Jeepney Route | Ave.Trip Length (km) | Ave. Boarding/km | Ave. Passenger Vol/km | Average Speed (kph) |
|---|---|---|---|---|
| Molo – Baluarte | 8.86 | 1.58 | 9.38 | 9.57 |
| Molo – Timawa | 13.8 | 0.87 | 10.23 | 17.78 |
| Villa – Baybay | 10.12 | 3.56 | 9.25 | 8.47 |
| Villa – Mohon | 19.26 | 1.56 | 18.11 | 36.33 |
| Mandurriao | 8.47 | 0.48 | 8.69 | 20.75 |

### 4.2 Survey Results

The researchers conducted a survey along the pathway of Iloilo river, the survey was used to determine the current mode of transportation that

the citizens of Iloilo commonly use, the purpose of their trip, the amount of fare that they spend per trip, the average time of their trip, their interest in ferry transportation their type of ferry preference and their origin and destination with respect to the proposed ferry station. The number of respondents that the researchers were able to gather in this survey is 300 people.

### 4.2.1 Choice Mode of Transportation

It was seen from Table 2 that out of 300 respondents 77% or 231 of them choose jeepney as their mode of transportation going to their destination while the other 10% picked car and the remaining 13% were distributed among motorcycle, taxi, walking, tricycle and bus.

**Table 2** Choice Mode of Transportation

| Mode Choice | |
|---|---|
| Jeepney | 77% |
| Car | 10% |
| Motorcycle | 4% |
| Taxi | 3% |
| Walk | 3% |
| Bus | 2% |
| Tricycle | 1% |

### 4.2.2 Purpose of Trip

Table 3 shows that the respondents purpose of trip of going out. The most common purpose of trip that the respondent answered was that their purpose of trip was to go to school. The next in ranking was going to work which was somehow close to the number of respondents whose purpose was to go to school. Then less than 60 respondents answered that their purpose of trip was to go shopping. While the Vacation/Tourism and other reasons ranked at the bottom two.

**Table 3** Purpose of Trip

| Purpose of Trip | |
|---|---|
| School | 39% |
| Work | 38% |
| Shopping | 19% |
| Tourism | 2% |
| Others | 2% |

### 4.2.3 Trip Fare

The researchers gave a range in the trip fare where in the respondent spend in going to their destination as seen above. Based on Table 4 the most common trip fare that one spends in going from their origin to their destination was at the range of P10-P20, while only few of the respondents spends P41-P50. However the rate of respondents that spends more than P50 was way higher to that of the ones who just spends P41-50.

**Table 4** Trip Fare

| Trip Fare | |
|---|---|
| <P10 | 18% |
| P10-P20 | 25% |
| P21-P30 | 21% |
| P31-P40 | 8% |
| P41-P50 | 7% |
| >P50 | 20% |

### 4.2.4 Average Travel Time

Table 5 indicates that the average travel time that it takes for the respondent to arrive to his/her destination by the respondent's chosen mode of transportation. It was seen from Figure 5.16 that the top two time range where in the respondent takes in order for him/her to arrive in his/her destination were 10-20 minutes and 21-30 minutes. While there were less than 40 respondents that takes more than 50 minutes before arriving to the destination.

**Table 5**Average Travel Time

| Average Travel Time | |
|---|---|
| <10min | 6% |
| 10-20min | 25% |
| 21-30min | 29% |
| 31-40min | 20% |
| 41-50min | 7% |
| >50 min | 13% |

### 4.2.5 Ferry Transportation Interest

The researchers introduced a new transportation system, which was the water ferry system, to the respondents and asked their opinion if they will use that mode of transportation if

established in Iloilo river. Table 6 shows that there was a big gap between the respondents that were interested in using the ferry system and to that of that were not interested and not sure.

**Table 6** Ferry Transportation Interest

| Ferry System Interest | |
|---|---|
| Yes | 77% |
| No | 4% |
| Not Sure | 19% |

### 4.2.6 Type of Ferry Transportation

The researchers also asked the respondents which type of ferry do they prefer in riding either it's an air-conditioned ferry, a non-air-conditioned ferry, or either of the two would be fine. It was seen from Figure 5.18 that most of the respondent wanted an air-conditioned ferry while more than 120 of the respondent answer that they were willing to ride whether it's air-conditioned or non-air-conditioned and just below 40 respondents preferred a non-air-conditioned one.

**Table 7** Type of Ferry Transportation

| Ferry Transport Type | |
|---|---|
| Aircon | 45% |
| Non-Aircon | 12% |
| Either | 43% |

The researcher proposed ferry stations based on the preliminary data that were gathered and asked the respondent that if ever they would ride a ferry where will they Embark and where will they Disembark. Based on Figure 3 most of the respondents selected Benigno Aquino Ave as the ferry station to where they will Embark and the station in Provincial Capitol was most respondent prefer to embark going to their destination

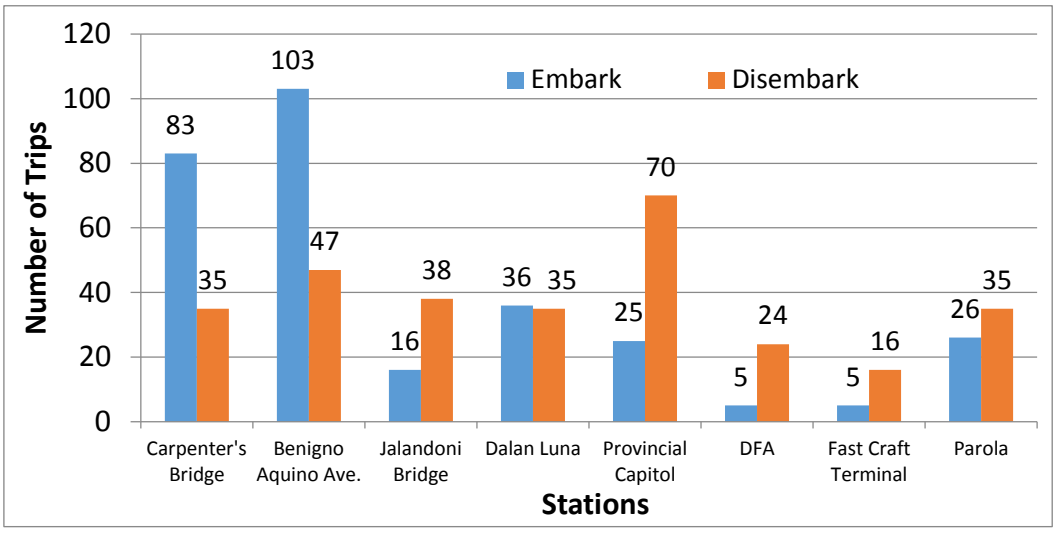



**Figure 3** Embark and Disembark per Ferry station

### 4.3 Ferry Stations

In scenario 2, the proposed ferry route consists of 8 ferry stations from right to left. The placement of the ferry stations were initially assumed by the researchers based on the nearby establishments that could generate and attract trips such as schools, malls, government offices and the like. The ferry stations for scenario 2 were shown in Figure 4.

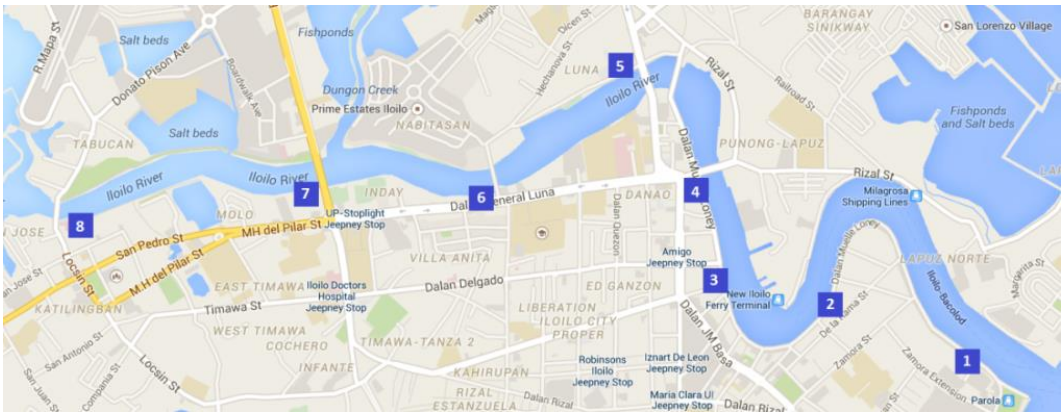



**Figure 4** Ferry stations proposed in Scenario 2

## 4.4 Growth Factor Analysis

Population in Iloilo City taken from the National Statistics Office from the past years were plotted in a scatterplot to get the relationship of the population vs year. This resulted to the equation:

$$y = 6.038x - 11707 \qquad (1)$$

where $y$ is the population in thousand and $x$ is in years. This equation was used to get the population for the years 2020 and 2030. The resulting R-value is 0.995 which shows a high linear correlation between population and years.

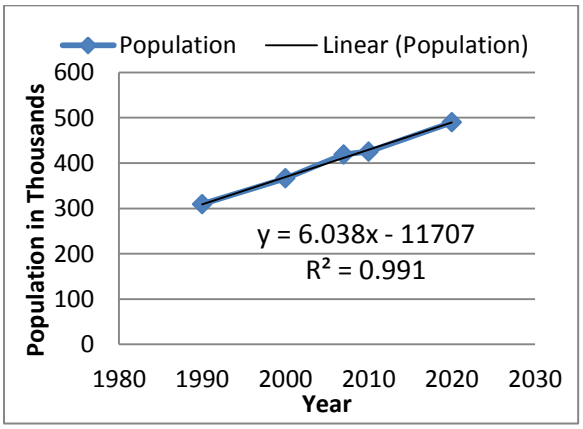



**Figure 5**Population in thousands vs. Time in Years in Iloilo City

The household sizes per barangay in Iloilo City were taken from secondary[5] which resulted to an average of 4.5 members. This was then used to get the household number for each year. Based on a previous study in MMUTIS, the average trips generated per household is 2.5 trips per household. This was used to get the total trips per year.

**Table 8** Total Trips and Growth Rate

| Year | Population | Household Number | Total Trips |
|---|---|---|---|
| 2014 | 425344 | 93355 | 233387.5 |
| 2020 | 489760 | 94521 | 272088.9 |
| 2030 | 550140 | 122253 | 305633.3 |

| Year | Growth Rate |
|---|---|
| 2014-2020 | 1.545% |
| 2020-2030 | 1.17% |

## 4.5 EMME 4 Results

EMME 4 was used by the researchers in order to effectively try out multiple scenarios to the Iloilo network providing this study a better way to see results of multiple schemes to solve several cases of congestions in Iloilo City. EMME 4 was also able to provide this study several graphs that were able to help the researchers analyze the effects of the schemes applied on the Iloilo network.

There are five (5) different scenarios for this experiment.

Scenario 1: This scenario represents the current status of the transportation network in Iloilo City based on the data gathered--the controlled variable. No alterations have been made to the road network and no ferry services exist.

Scenario 2: In this scenario, 8 ferry stations were added in EMME and JICA. These 8 stations spanned the majority of Iloilo River from the entrance to the river to the start of the fishing area

Scenario 3: The same 8 stations in scenario 2 were implemented, but two (2) express lines were added; one bound for Carpenter's Bridge and the other bound for Parola

Scenario 4: 7 stations were implemented in this scenario. Stations 4 and 3 were merged together on the assumption that it will be more economical yet similar in efficiency as Scenario 2.

Scneario 5: 10 stations were implemented in this scenario. The original 8 stations were implemented but an additional 2 stations are implemented to the south by the sea.

**Table 9** Total Passenger Served for the Peak Hour per Scenario

| Total Number of Passengers Served per Scenario | | | |
|---|---|---|---|
| Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 | Scenario 5 |
| 935 | 1045 | 646 | 775 |

The graph below shows the total number of commuters served for the peak hour per scenario. Scenario 3 (with the added the express lines) obtained the most demand with a total of 1045 commuters served at the peak hour. Scenario 2 came in second with 935 passengers served at the peak hour, 110 commuters less than the third scenario. Scenario 4 (-1 river ferry station) did not get that much users, it being utilized by only 646 commuters, far less than the previous two scenarios. Finally, Scenario 5 (with the extended line and added stations) came in 3rd with 775 commuters served. Though scenario 5 served a lot of commuters, the minimal or outright lack of use of the two added stations has deterred the researchers from labeling this scenario as beneficial.

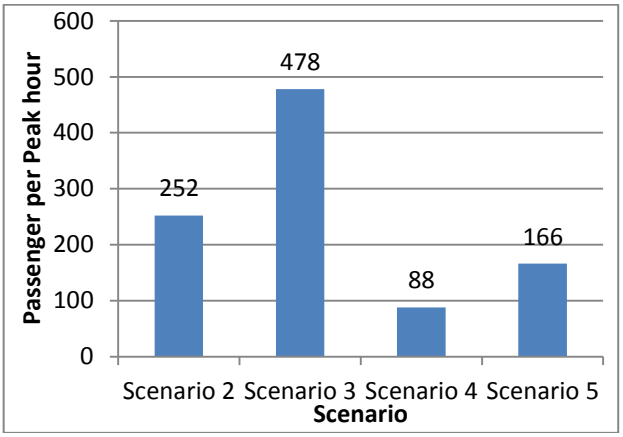



**Figure 6** Potential Shift from Private to Public Vehicle Use

It can be seen in Figure 6, the potential number of private car users that would patronize the use of a more developed public transport system in Iloilo City with respect to the various scenarios simulated by the researchers through the use of EMME4 software. It can be noticed through the said figure that more than 450 private car users would be able to make the shift of using a private car into using the several modes of public transportation in Iloilo City when scenario 3 is implemented which involves the proposed 8 station ferry system with the express lanes.

**Table 10** Link Volume Comparison per Scenario

| Persons/ Hour [Peak Hour] | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Scenario | B. Aquino Ave. | Dalan Luna (front ofUSA) | Dalan Luna (near Gaisano) | DalanIznart |
| 1 | 331 | 388 | 419 | 313 |
| 2 | 317 | 154 | 244 | 152 |
| 3 | 278 | 176 | 270 | 149 |
| 4 | 279 | 177 | 314 | 160 |
| 5 | 279 | 178 | 318 | 160 |

Comparing link volumes in major roads per scenario it can be seen through table 10 that in B. Aquino Avenue the most link volume can be seen in scenario 1 while the least can be seen in scenario 3. In Dalan Luna road which is a main artery of the city, the most link volume can be seen in scenario 1 while scenario 2 produces that most reduction in link volume in the said road. Lastly in DalanIznart

which runs through the city proper, Scenario 1 again produces the most link volume while scenario 3 results to the least link volume

### 4.5.1 Scenario without Ferry Service in 2020 and 2030

Origin destination matrices were used to describe the Iloilo network in the year 2020 and 2030 through a projection method using a growth factor. It can be seen that through an increasing population in the city of Iloilo, it shows that a higher rate of usage public transport is registered and due to this, an increasing intensity of congestion is expected in the year 2020 then in 2030 supported through EMME simulations.

### 4.5.2 Scenario with Ferry Service in 2020 and 2030

Scenarios were also produced using EMME 4 where the proposed ferry system was assumed to be in place in the years 2020 and 2030 to forecast possible usage of the proposed ferry line of the researchers considering the same characteristics of the ferry system in the scenario considering the year 2014 when the research was conducted. It can be seen Figure 7 that ferry system that was proposed by the researchers was heavily used by the commuters in Iloilo in 2020 and in 2030

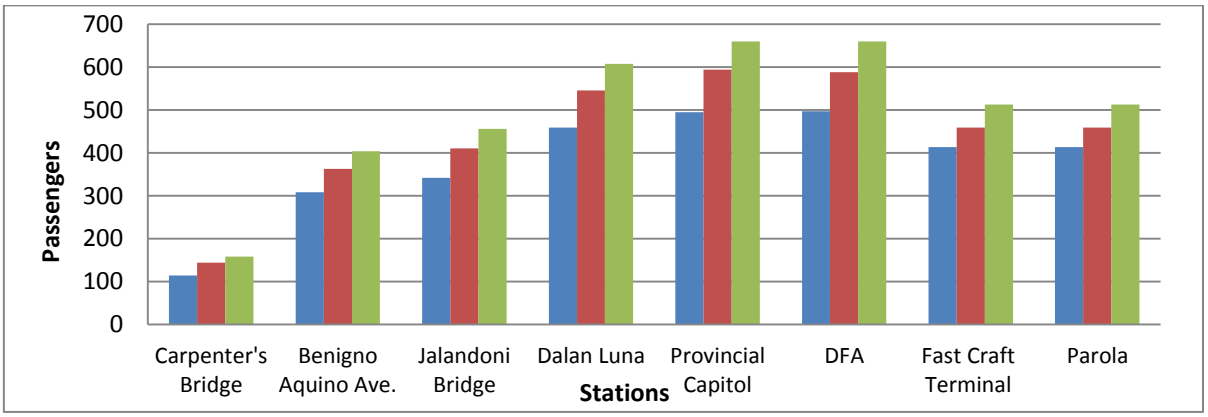



**Figure 7** Demands in 2014, 2020 and 2030 per Ferry Station

### 4.6 Willingness to Use Ferry Transport and Tourism

The survey inquired about the correspondents' willingness to use a ferry transport system in the hypothetical scenario that there was on operating in Iloilo River. The results showed that around 90 percent of the correspondents approved of the 8 peso fare regardless of the travel time. For the 12 peso range, 64 percent opted for a ferry transport if it were 20 minutes shorter than their usual way of travel and understandably decreasing for every interval after. Finally, the 15 peso range won the favor of only 32 percent of correspondents with the 20 minutes shorter option while the 20 peso range intrigued less than 20 percent.

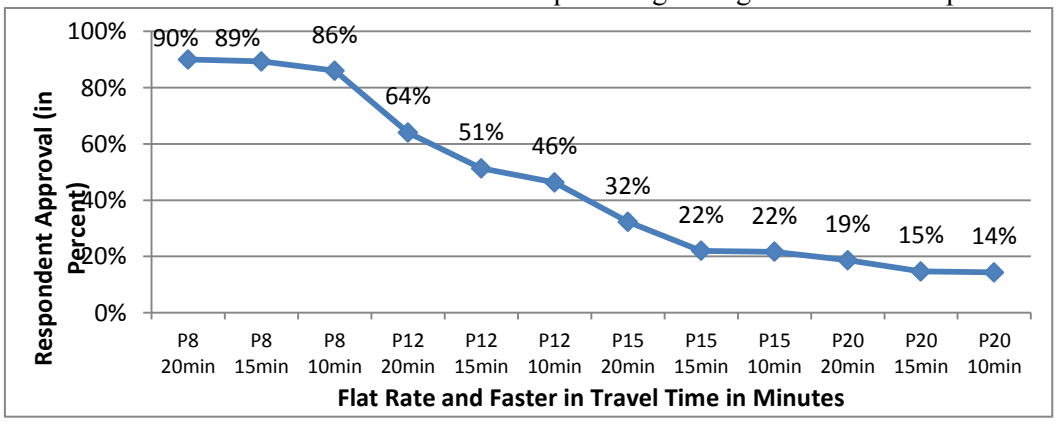



**Figure 8** Willingness to Use Ferry Transport

Based on the survey results that can be seen through Table 11, it shows that different concepts of tourism attractions that could utilize Iloilo River would be patronized by Iloilo city residents and visitors.

**Table 11** Tourism Attractions' Appeal

| | Floating Restaurant | Boat City Tour | Fishing Park |
|---|---|---|---|
| Definitely Yes | 36% | 18% | 16% |
| Yes | 41% | 53% | 42% |
| Maybe | 16% | 23% | 27% |
| No | 6% | 6% | 12% |
| Definitely Not | 1% | 0% | 3% |

## 5. Conclusion

Majority of the trips that occur in the city of Iloilo originate from the outskirt residential areas of the city and sometimes even municipalities outside the city going to several establishments of different types like schools, offices and shopping malls which most of them are situated in the city proper district of Iloilo City. These trips made by commuters of the city tend to accumulate considerable delay around the city proper district due to the concentration of vehicles and people making their way in or out of the city proper district.

Determining travel characteristics mentioned in the objectives refer to the data factors obtained in the survey questionnaires (e.g. travel time, trip fare, origin and destination). In the survey questionnaire results, 77% of the commuters in the city choose jeepneys due to the high number of these jeepneys serving public transport. The high number of jeepney presence in the city is also the reason of high congestion in the city most especially in the city proper district.

Through the use of the software EMME 4, survey and simulation results show that a river ferry system can be sustained by the City of Iloilo due to the high trip generation and attraction of the zones around the city proper and most especially the city proper district. High usage of the river ferry system that can be seen through EMME 4 simulation is due to the number of establishments around the city proper district and the Iloilo River like malls and schools that attract high number of trips. Alleviation of the present congestion along the roads that are nearby the Iloilo River is instant product of the application of the Iloilo river ferry system which would decrease travel time of Iloilo City commuters on their way to their respective destinations.

It can also be seen in the EMME 4 simulation results of ferry route from Parola to Carpenter's Bridge that there is only a significant number of passenger embarkations from Provincial Capitol and Dalan Luna stations with a significant disembarkation from Benigno Aquino Ave station before ending the route in Carpenter's Bridge while observing the opposite route of Carpenter's Bridge to Parola significant embarkations in Carpenter's bridge and Benigno Aquino Avenue stations with significant disembarkations in Dalan Luna and Provincial Capitol stations can be seen, thus an express line can be established starting a ferry service only from Provincial Capitol station and terminating in Carpenter's Bridge and vice versa for the opposite route while also sustaining a line that serves all the proposed stations from Parola to Carpenter's Bridge and vice versa due to potential demand of passengers from the port areas of Iloilo City. Applying the use of growth rate analysis to the results from the simulations-- the researchers forecasted the demand in the years 2020 and 2030 in order to assess the proposed ferry transport system's performance in the future.

Through the survey conducted by the researchers, it shows that ferry service for tourism purposes can also be sustained by the City of Iloilo. Majority of the respondents that were able to participate during the survey has shown their own approval of the idea of establishing a ferry service for tourism purposes. This component of the ferry service along the Iloilo River can also serve locals of the city that tends to find new leisure experience around the city and with the recent entry of numerous businesses into the city, increasing willingness to spend by the locals of the city can be the reason to make the said component of the ferry service sustainable.

## References

[1] Sosuan, F. (2014, December) *Mode ChoiceAnalysis of Urban Trips in Iloilo City*, De La Salle University, Manila City, Philippines

[2] Mabilog, J. (2013, September). 16th International River Symposium . In J. Mabilog (Chair*), Iloilo River: Shaping Iloilo's Development Landscape. S*ymposium conducted at 16th International River Symposium, Brisbane, Australia.

[3] Pineda, L. (2014, January 14). *Iloilo River to be the City's Center of Tourism*. Philippine Information Agency, Philippines.

[4] Pendon, L. (2013, February 5). *Parola Ferry Terminal Work to Start April*. Sunstar, Iloilo, Philippines

[5] Chiu, R. et. al(2014)*Developing the Traffic Analysis Zones for Urban Transport Planning Purposes of Iloilo City*, De La Salle University, Manila City, Philippines

[6] Vogel, J., Smith, J., Brown, P., Troell, J., & Ray, A. *An Assessment of Water Security, Development, and Climate Change in Iloilo Philippines and the TIgumagananWatershed*. International Resources Group

[7] Hendrickx C, Breemersch T. (2012). *The effects of Climate change on inland waterway transport*. Procedia Social and Behavioral Sciences 48. 1837-1847.

[8] Jonkeren O, Jourquin B, Rietveld P. (2011) *Modal-split effects of climate change: The effect of low water levels on the competitive position of inland waterway transport in the river Rhine area*. Transportation Research Part A.45. 1007-1019

[9] Talley, W., Jin, D., Kite-Powell, H. (2008). *Determinants of the Damage Cost*. WMU Journal of Maritime Affairs, 7(1). 175 – 188

# Characterizing Public Transport Terminals in Shopping Malls in Metro Manila

Paper Identification number: **AYRF15-014**

Trina Gabrielle BASILIO[1], Raymond MARCHAN[2], Romiel Rae UY[3]

[1]Department of Civil Engineering, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University-Manila
Telephone 63-917-8190625
E-mail: trinabasilio@yahoo.com

[2]Department of Civil Engineering, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University-Manila
Telephone 63-917-3290462
E-mail: mond.marchan@gmail.com

[3]Department of Civil Engineering, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University-Manila
Telephone 63-915-6141442
E-mail: romiel_uy@dlsu.edu.ph

## Abstract

The purpose of this thesis is to characterize parameters for the design of transport terminals of shopping malls that could be used in the design of new terminals in Metro Manila in the future. Transport terminals provided by shopping malls in Metro Manila are widely used transportation hubs by commuters when going to work, school and personal trips. Several qualitative and quantitative data, such as the waiting time of both passengers and vehicles, and transport terminal satisfaction survey results from the commuters, were taken from selected existing transport terminals in shopping malls all around Metro Manila and were analyzed in order to determine the significant parameters that could be used in the planning of transport terminals in shopping malls. Through the analysis of the data collected, the significant parameters of each shopping mall's transport terminal were identified and discussed. With the regression model generated where the terminal area is the dependent variable and an interaction between two independent variables (i.e. waiting time of passengers and total floor area of the mall) was considered, it was found out that it had an effect on the significance level of the number of passengers inside the terminal.

**Keywords:** Transport Terminals, Shopping Malls, Regression Modeling, Queuing Diagram, Metro Manila

## 1. Introduction

### 1.1 Background of the Study

Shopping malls have always been the centers of commuting in Metro Manila. Different routes going to and coming from shopping malls are available at times when the mall is open thus making it convenient for mall-goers without their own means of travelling (e.g. driving a car) to visit the mall. Mall developers usually establish public transport terminals beside shopping malls to attract and obtain customers. Commuters often use these terminals to reach different destinations aside from the shopping mall because of the different routes and the close proximity of the malls to city centers. The individual mall developers create and design their own public transport terminals according to the vicinity and availability of an empty land which makes the different public transport terminals beside shopping malls to have different and unique traffic and physical layouts. As time progresses, less and less space is utilized for the use of public transportation terminals in malls making efficiency and soundness an important parameter in design and planning of these terminals.

Different shopping malls in Metro Manila have different designs for their terminals. These designs are made by the malls developers themselves and did not consider all the possible inefficiencies that can take effect. Identifying the different parameters that affect the efficiency of public transport terminals in shopping malls can help in developing a more effective and sound

facility for the commuters. The unstable or varying traffic flow inside and surrounding the shopping mall affect the supply of the Public Utility Vehicles serving the commuters. The proper designing and planning of a public transportation terminal would be a great help in easing traffic in and around the shopping mall.

## 1.2 Statement of the Problem

As of today, there are no specific planning parameters for designing public transport terminals in shopping malls. The planning of designs for transport terminals lack analysis of quantitative data such as the waiting time of both the PUVs and passengers, the hourly arrival and departure rate of the vehicles, the mall and terminal area, the number of routes, and the cities that are covered by the terminal, etc. that may improve the operations inside the terminal. In usual designs for the terminals, certain parameters that affect actual performance of traffic terminals are not taken into account leading to less efficient public transport terminals. An in-depth study, analysis, and characterization of parameters that surround traffic terminals would allow planners and engineers to distinguish the different parameters for design that affect the operations of public transport terminals near shopping malls.

## 1.3 Objectives of the Study

The primary objective of this study is to develop planning parameters for public transportation terminal design in shopping malls in Metro Manila.

The specific objectives of the study are:

1. To characterize the public transportation terminals in terms of their physical attributes, and supply characteristics in several shopping malls in Metro Manila.
2. To identify the parameters that would affect the physical design of the public transportation terminals.
3. To obtain the opinion of commuters through a survey of pedestrians that use public transportation terminals as input to the facility design standards.
4. To recommend further study corollary to this research.

## 1.4 Hypothesis

The group hypothesized that the area provided for the public transport terminal is highly correlated to the mall shopping area. On the presumption that larger shopping areas would attract more shoppers, it was hypothesized that a larger terminal would be required in order to accommodate more passengers due to larger shopping areas. It was also hypothesized that when there is a high demand and supply of public transportation, the satisfaction rating of the passengers of the terminal is also high.

## 1.5 Scopes, Limitations, and Delimitations

The data collection was limited to the commuters and pedestrians who are using public transport, as their main mode of transportation, with terminals beside or surrounded by shopping malls, shops, markets, etc. Variables for data gathering such as physical description of terminals and volume of public utility vehicles, arrival and departure rates, average waiting time if passenger and public utility vehicle, and traffic characteristics were collected. Observations were limited during the shopping malls' operating hours only. The group only considered seven big shopping malls in Metro Manila with a dedicated space for their transportation terminal and is managed by mall personnel.

## 1.6 Significance of the Study

The identification of planning parameters could help designers or planners to formulate effective public transportation terminal plan in shopping malls and could potentially increase efficiency of transport terminals and would be beneficial to most of the entities that are affected by the terminal. An increase in efficiency would mean that more passengers would be able to and will be encouraged to come to shopping malls due to an easier, faster, and a more convenient commute, which can generate more income for the shopping malls. As such, the passengers will have a more comfortable experience in using these public terminals due to lesser waiting time and faster travel time. An increase in terminal efficiency will also improve the traffic situation in the surrounding roads. Finally, the research data and analysis will be useful as a source for future research concerning transportation terminals in the Philippines.

### 1.7 Assumptions

The following are the assumptions of the study:

1. The traffic and pedestrian flow within the vicinity to be considered vary throughout the day.
2. It is the prerogative of the mall developers to provide a PUV terminal for shopping malls.
3. The pedestrians and commuters have a pre-trip choice where their activities and routes are planned beforehand.

## 2. Literature Review

The Department of Transportation of Beijing Institute of Technology under Li-ya Yao, et. al. conducted the study regarding a "Concept Layout Model of Transportation Terminals." There are three main categories when conceptualizing the layout. First, the mapping mechanisms among demand, function and structure where the data from the passenger's engagement to activities done both inside and outside of the transport terminals are analyzed. Second is concept layout model. Here the passenger demand is broken down into sub demands such as transportation, business, civil aviation, etc. Last are the constraints of the transportation concept layout model. In forming a very detailed and accurate layout design, the growing elements must also be calculated and considered. Such are as follows; constraint of time utility, constraint of distance utility, constraint of structure utility.

Considering the properties of a successful public travel network, a study was conducted by Nielsen et. al. The main point of his study is to be able to give definition to some basic concepts that are clearly very useful for public transport planners when considering to build a high quality public transport service in their desired location. Some of the most important properties of the travel network that Nielsen proposes are to become the backbone of urban regions in the future. First will be the importance of service frequency. Second, the network factor gives implication of the networks effects on planning of public transport. Certain locational parameters were to be considered as well such as in areas like squaresville, medium sized city, large town, small town, village and station or express bus stops.

A research done by Daamen (2005) is about a computational tool that is used to assess the designs of public transport facilities and similar public spaces with intensive pedestrian flow. The research does not only concentrate on walking but also to pedestrian behavior such as route choice, performing activities, and boarding and alighting from public transport vehicles.

Paratransits, such as jeepneys, buses, etc., play a big role for the informal sector. Most people from this sector use paratransits as their mode of transportation to go to different places. The different lifestyles, defined in this research by Okamura et al. based from personal circumstances such as personal choices etc., are potential factors for the mode of transportation choice.

## 3. Framework of the Study

### 3.1 Conceptual Framework

Fig. 3.1 is conceptual framework of the study that represents the relationship of each aspect in the research and it also presents an organized idea of the study. Below each aspect are the details and specific topics that will be further discussed.

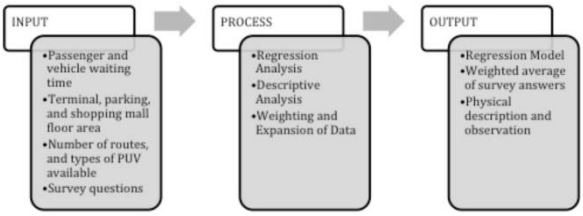



**Fig. 3.1** Conceptual Framework

In identifying the parameters for design for public transport terminals in shopping malls, certain variables were considered. The pedestrian waiting time, current situation of the terminal, its design and layout, and area were taken into consideration. Parameters identified that affect the service of the terminal can be used when designing and laying out a terminal for all future public transport terminals in shopping malls which can provide a more effective flow for the passengers and the public utility vehicles. An organized public transport terminal can also attract and encourage more customers to go to the shopping mall and can increase its revenue.

### 3.2 Theoretical Framework

For each public transport terminal, data variables such as the volume of PUVs, arrival and departure rates, average waiting time, and passenger satisfaction were collected along with the terminal's physical description. The theoretical framework (see Fig. 3.2) shows how we can

identify parameters for the design of transport terminals from the data collected.

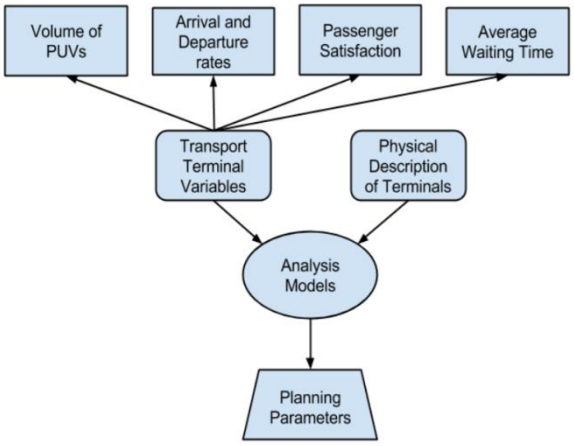



**Fig. 3.2** Theoretical Framework

The queuing theory for passengers used follows deterministic queue characteristics wherein the demand volumes and capacity is known. The total delay for the terminal is determined by equation (1) and can be further simplified to be the area between the arrival and departure diagrams.

$$d_T = \frac{(v - c_R)(c - c_R)t}{2(c - v)} \quad (1)$$

The average waiting time is the average amount of time that passengers wait before being able to board the transport vehicle as well as the average time a vehicle is waiting in the public transportation terminal before being filled to capacity and leaving.

$$E(w) = \frac{I}{m(m - I)} \quad (2)$$

Regression analysis was used to get the relationship between the dependent variable, in this case the number of routes in the terminal, and the independent variables, which are mall floor area, parking area and public transportation terminal area.

## 4. Methodology

In this study, in order to characterize the different public transportation terminals in shopping malls in Metro Manila and identify parameters for design, the physical description, satisfaction rating questionnaire and waiting time were collected.

The physical description of seven big shopping malls in Metro Manila were observed and analyzed. Through the observations the characterization of the parameters were determined. The physical description includes orientation of public transportation terminals (scattered or centralized), number of routes coming from and going to the PUV terminal, the different kinds of public transportation vehicles, presence of barkers and security personnel, and the layout of the terminal.

The satisfaction rating questionnaire was used to assess the satisfaction of the PUV terminal users on specific malls they frequent through commute. This assessment was used to gauge which malls have better services. The satisfaction survey includes demographic questions about the respondent, and the satisfaction rating. The satisfaction rating was divided into four parts which included terminal system, physical aspects, safety and security, and aesthetics. The waiting time of passengers while in line as well as the waiting time of the public transportation vehicles of each PUV terminal were obtained in order to characterize the terminal's capacity to serve the passengers.

A multiple regression analysis was used to determine the relationship of the public transportation area to the mall area, number of routes covered, number of available PUV slots, passenger count, average total waiting time of the passenger, and the presence of a depot. This was used to determine how much terminal area is needed given the different parameters.

## 5. Results

### 5.1 Physical Aspects

All of the shopping malls observed in Metro Manila have their public transport terminals (jeepney and UV Express terminals) in a specific and single location. However, in SM North Edsa's case, its terminals are oriented lengthwise which will require the commuter to walk more.

The terminal areas vary with the different terminals observed by the group. All of the terminals observed have only 1 level of terminal area which results to a small total area of terminal when compared to the total floor area of the mall and parking. Some malls and parking areas have large floor areas due to the number of floors allotted for each.

## 5.2 Waiting Time

Passenger waiting time is different when comparing the earlier time range, around 4:00pm to 5:00pm, of data gathering which is around 5:30pm to 7:00pm.

Fig. 5.1 shows the summary of all the PUV waiting times collated. The Mall of Asia South FX Terminal has the longest vehicle waiting time which means that the supply is greater that the demand. One probable cause of this high demand but low supply situation is that there is only a certain number of PUVs that is allocated for a specific route and when the PUV supply runs out, the passengers that are in queue have to wait for the PUVs to go back to the public transport terminal after taking the earlier passengers to their respective destinations. Passengers often board the PUV at an early time and would wait for it to be filled to its maximum capacity before the PUV could leave the terminal.

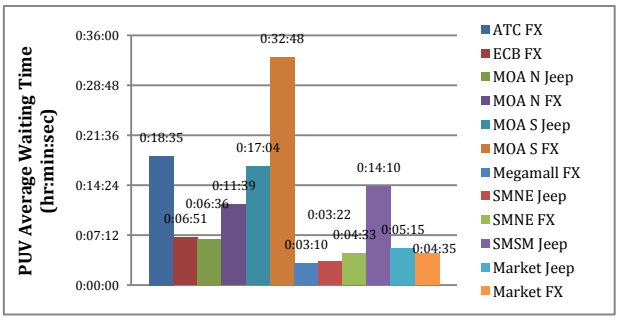



**Fig. 5.1** Average Vehicle Waiting Time

Similar to Fig 5.1, Fig. 5.2 shows the summary of all of the passenger waiting times collated. Market! Market! has the highest in-queue line passenger waiting time with a value of 44 minutes and 26 seconds. This indicates that the queue line for this PUV ride is long and passengers are waiting in line for long periods of time. On the other hand, there are no passengers waiting in line for the SM Southmall terminal. Instead, the PUVs are the ones waiting for the passengers to arrive at the terminal.

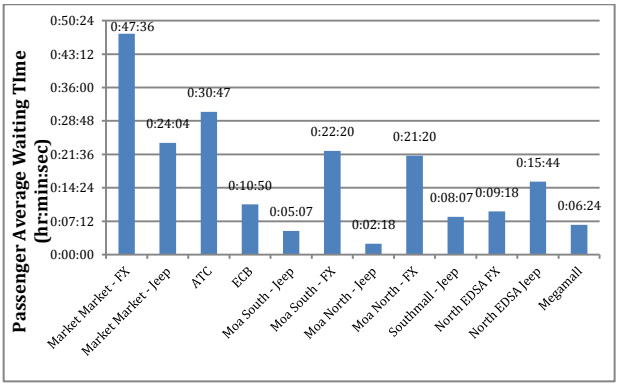



**Fig. 5.2** Average Passenger Waiting Time

The hourly arrival and departure rates signify a lot of things. One example is, it reflects the routes being travelled by the public utility vehicles. PUVs who have farther routes will take longer time on the road and will result in lesser arrival cars in the terminal. Another factor that affects the hourly arrival and departure rate is the traffic around the vicinity of the terminal. Traffic slows down vehicles which also result in lesser arrival and departing cars. Table 1 shows the summary of the hourly arrival and departure rates.

**Table 1** Hourly Arrival and Departure Rates

| | Arrival | | Departure | |
|---|---|---|---|---|
| Lowest | Alabang Town Center and SM Mall of Asia South FX terminal | 5 | SM Mall of Asia South FX terminal | 5 |
| Highest | Megamall | 85 | Megamall | 86 |

## 5.3 Satisfaction Rating Questionnaire Results

The weighted average of the questionnaire results were taken by assigning a specific weight for each answer (5 = 2, 4 = 1, 3 = 0, 2 = -1, 1 = -2) the weight is then multiplied to the corresponding number of answer per question per mall and

divided by the number of respondents to get the average. This means that the transportation terminal with the highest number for each question will be the most recommended aspect of the specific terminal.

Table 2 to Table 5 show the weighted average of each question in each terminal where the weighted average of the best terminal in each question is highlighted. The actual average waiting times found in Table 6 is the average of all passenger waiting times collected in a specific mall which means terminals with two or more PUV types were averaged together. The performance of the terminal can be assessed through the actual average passenger waiting times. The shopping mall with a lower actual average waiting time would mean that it has a better performing transportation terminal. The physical satisfaction rating is the weighted average of the physical aspects, safety and security, and aesthetics.

**Table 2** Weighted Average of Question 1-3 and Transportation Terminal

| Malls | Waiting time | Payment system | Alighting and riding |
|---|---|---|---|
| ATC | -0.44 | -0.22 | -0.78 |
| ECB | -0.47 | 0.53 | 0.29 |
| Market! Market! | -0.13 | 0.38 | -0.13 |
| MOA | 0.50 | 0.80 | 0.55 |
| Megamall | 0.24 | 0.35 | 0.35 |
| North Edsa | -0.03 | 0.39 | 0.24 |
| Southmall | 0.78 | 1.00 | 0.33 |

**Table 3** Weighted Average of Question 4-6 and Transportation Terminal

| Malls | Walking distance | Roofing | Space |
|---|---|---|---|
| ATC | -0.44 | -0.33 | -0.78 |
| ECB | 0.41 | 0.94 | -0.41 |
| Market! Market! | 0.88 | 0.50 | -0.38 |
| MOA | 0.90 | 0.80 | 0.60 |
| Megamall | 0.59 | 0.71 | 0.00 |
| North Edsa | 0.42 | 0.55 | -0.11 |
| Southmall | 1.11 | 0.22 | 0.33 |

**Table 4** Weighted Average of Question 7-10 and Transportation Terminal

| Malls | Ameni-ties | Light-ing | Security | Path-ways |
|---|---|---|---|---|
| ATC | -0.33 | 0.11 | 0.00 | -0.67 |
| ECB | -0.18 | 0.18 | 0.29 | 0.12 |
| Market! Market! | 0.13 | 0.50 | 0.63 | 1.00 |
| MOA | -0.15 | 0.35 | 0.70 | 0.65 |
| Mega-mall | -1.00 | 0.59 | 0.71 | 0.41 |
| North Edsa | -0.45 | 0.32 | 0.47 | 0.32 |
| South-mall | -0.22 | 0.33 | 0.44 | 0.67 |

**Table 5** Weighted Average of Question 11-13 and Transportation Terminal

| Malls | Clean-liness | Land-scape | Beauti-fication |
|---|---|---|---|
| ATC | -0.44 | -0.44 | -0.44 |
| ECB | 0.00 | -0.29 | -0.65 |
| Market! Market! | 0.38 | 0.13 | 0.25 |
| MOA | 0.70 | 0.40 | 0.00 |

| Malls | Clean-liness | Land-scape | Beauti-fication |
|---|---|---|---|
| Megamall | 0.06 | -0.47 | -0.88 |
| North Edsa | 0.05 | -0.08 | -0.37 |
| Southmall | 0.56 | 0.00 | -0.11 |

**Table 6** Comparison Between Satisfaction Rating and Actual Average Waiting Time

| Malls | Terminal System (Satisfac-tion Rating) | Physical (Satisfac-tion Rating) | Actual Average Waiting Time (hr:mm:ss) |
|---|---|---|---|
| ATC | -0.44 | -0.38 | 0:30:47 |
| ECB | -0.47 | 0.04 | 0:10:50 |
| Market! Market! | -0.13 | 0.40 | 0:28:47 |
| MOA | 0.50 | 0.50 | 0:06:43 |
| Megamall | 0.24 | 0.07 | 0:06:24 |
| North Edsa | -0.03 | 0.11 | 0:12:31 |
| Southmall | 0.78 | 0.33 | 0:08:07 |

Comparing the weighted average of waiting time to the actual average passenger waiting time, the four lowest weighted averages also have the highest actual average waiting times. These malls are Alabang Town Center, Edsa Carpark Building, Market! Market!, and SM North Edsa with -0.44, -0.47, -0.13, and -0.03 weighted averages respectively and the waiting times are 30:47, 10:50, 28:47, and 12:31 respectively. Similarly, the three highest weighted average waiting time scores have the lowest actual average waiting times which are SM Mall of Asia, SM Megamall and SM Southmall. This indicates that the results of the satisfaction rating questionnaire are close to the actual performance of the terminal.

The weighted average of the physical aspects compared to the weighted average of the waiting time Alabang Town Center has the second lowest weighted average score for waiting time and the lowest weighted average score for the physical while Edsa Carpark Building has the lowest weighted average score for waiting time and the second lowest weighted average score for physical. SM Mall of Asia has the second highest weighted average score for waiting time and the highest weighted average score for the physical. This means that the physical aspects share the same relationship with the waiting time with just slight differences. According to the questionnaire results the higher weighted score for waiting time also results to a high score in physical aspects. Shopping malls with a better terminal system also has better physical aspects. This means that according to the survey results the best terminal system would be SM Southmall but the best physical aspect is SM Mall of Asia.

## 5.4 Regression Model

Regression analysis was used to see the relationship of different independent variables to the dependent variable which is the area of the terminal. Table 7 shows the regression statistics for all of the considered public transport terminals in shopping malls in Metro Manila. The model formulated generated an R-square value of 0.97681 which indicates a good model for the data gathered. The residual plot (see Fig. 5.3) shows that the model generated can be considered fit or correct through the scattered residuals in the graph which are symmetrical and are centered on zero.

**Table 7** Regression Statistics

| | |
|---|---|
| R | 0.98833 |
| $R^2$ | 0.97681 |
| Adjusted $R^2$ | 0.97165 |
| S | 214.28969 |
| Total Number of Observations | 12 |
| Terminal Area =- 1195.4693 + 388.8658 * Routes + 108.1299 * PUV Slot | |

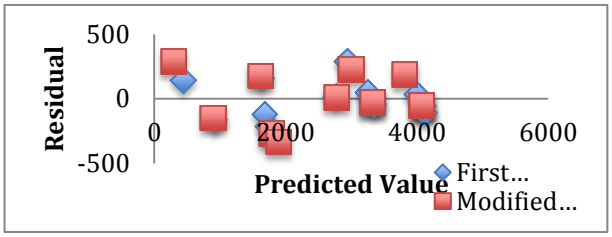



**Fig. 5.3** Residual Plot

Considering the interaction of different independent variables used in modeling the previous regression model in Table 7, a better regression model was generated, see Table 8 by isolating the insignificant variable, number of cities covered. The new regression analysis yielded a higher r-squared value of 0.9897 compared to the previous regression analysis which has an r-squared value of 0.97681 which will make the former more acceptable.

**Table 8** Regression Statistics with Interaction of Independent Variables

| | |
|---|---|
| $R^2$ | 0.9897 |
| Adjusted $R^2$ | 0.9837 |
| S | 162.243911 |
| Terminal Area =-1603.7 + 397.05*Routes + 86.20*PUV Slot + 0.0008212*MxWait + 1.6897*Passenger | |

## 6. Conclusion

The demand of public utility vehicles increase during peak hours that result in long passenger queues inside the terminal. The routes being covered by the PUVs in each terminal and location of the terminal both have an effect on the hourly arrival and departure rate because farther routes will result in longer travel times and public transport terminals located in central business districts will have lower hourly arrival and departure rates due to the medium to heavy traffic surrounding the vicinity.

Based on the survey, all of the terminals included in the study have adequate lighting to illuminate the area and the management provided security guards to ensure the safety of the passengers and the order inside the terminal. Among all of the terminals observed, the transport terminal in Alabang Town Center was considered worst because of the result of the satisfaction rating of the passengers which gave a result of negative weighted average in almost every questions asked by the group.

A regression model was formulated for all of the terminals in shopping malls in Metro Manila. Considering the interaction of two independent variables, the total floor area of the mall and the average waiting time of passengers, a better regression model was generated. The terminal area is dependent on the number of routes, number of PUV slots, the number of passengers, and the interaction term: total floor area of the mall and average waiting time of the passengers.

One of the biggest problems with the research study is the limited amount of time that was available for conducting the passenger and vehicle waiting time surveys. Data gathering was only possible for one day per mall. The lack of surveyors also posed as a problem since it was only possible to perform the passenger waiting time surveys for one to three routes at a given time.

The group recommends further study that analyzes each of the routes available for each terminal and comparing their traffic variable characteristics with each other. In doing so, an ample amount of surveyors is required.

It is also recommended to gather waiting time data for the whole week per terminal instead of only one day.

## 7. Acknowledgement

The group would like to thank and acknowledge the following people:

To our thesis adviser, Dr. Alexis M. Fillone, we would like to express our sincerest gratitude for the continuous support and the knowledge that he has imparted with us. We could not have finished our thesis without his guidance.

To Engr. Jamiel Jayme, for the time and effort that he gave to us to help us with our data analysis.

To the mall managers from the different malls namely, Alabang Town Center, Glorietta, SM Mall of Asia, Market! Market!, SM Southmall, SM Megamall and SM North Edsa, for granting us the permission to gather waiting time data for our thesis and,

To the Almighty God for the continuous guidance and support that He has given us throughout our study.

## References

[1] Yao, L., Sun, L., Wang, W., & Xiong, H. (2012). Concept Layout Model of Transportation Terminals. *Discrete Dynamics in Nature and Society, 2012*, 1-8.

[2] Nielsen, G., & Lange, T. (n.d.). Network Design For Public Transport Success – Theory and Examples.

[3] Daamen, W. (2004). Modelling passenger flows in public transport facilities.

[4] Frost, J. (2012, April 5). Why You Need to Check Your Residual Plots for Regression Analysis: Or, To Err is Human, To Err Randomly is Statistically Divine | Minitab. Retrieved from http://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics/why- you-need-to-check-your-residual-plots-for-regression- analysis

[5] Frost, J. (2013, July 1). How to Interpret Regression Analysis Results: P-values and Coefficients | Minitab. Retrieved from http://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics/how-to-interpret-regression-analysis-results-p-values-and- coefficients.

# Hub Identification of the Metro Manila Road Network Using PageRank

Paper Identification number: **AYRF15-015**

Jacob CHAN[1], Kardi TEKNOMO[2]

[1]Department of Information Systems and Computer Science, School of Science and Engineering
Ateneo de Manila University, Loyola Heights, Quezon City, Philippines 1108
Telephone +632-426-6001, Fax. +632-4261214
E-mail: jtchan@ateneo.edu

[2]Department of Information Systems and Computer Science, School of Science and Engineering
Ateneo de Manila University, Loyola Heights, Quezon City, Philippines 1108
Telephone +632-426-6001, Fax. +632-4261214
E-mail: teknomo@gmail.com

## Abstract

We attempt to identify the different node hubs of a road network using PageRank for preparation for possible random terrorist attacks. The robustness of a road network against such attack is crucial to be studied because it may cripple its connectivity by simply shutting down these hubs. We show the important hubs in a road network based on network structure and propose a model for robustness analysis. By identifying important hubs in a road network, possible preparation schemes may be done earlier to mitigate random terrorist attacks, including defense reinforcement and transportation security. A case study of the Metro Manila road network is also presented. The case study shows that the most important hubs in the Metro Manila road network are near airports, piers, major highways and expressways.

**Keywords:** PageRank, Terrorist Attack, Robustness

## 1. Introduction

Roads are important access points because connects different places like cities, districts, and landmarks. Studying road networks is important because disrupting at least one road can affect the connectivity of a road network, the safety of the people, and the accessibility of each road [1].

Studying the robustness of a network is a relatively new research area. Generally, network robustness is defined as the ability of a system to operate correctly under a wide range of change in operational conditions, and to fail gracefully under these conditions by tolerating sudden changes caused by different scenarios [6,10]. However, in transportation studies, road network robustness is the ability of the system to keep a certain capacity level to handle traffic situations under abnormal conditions. Table 1 shows a wide-ranging overview of several road network robustness indices and measures and is compared to one another based on their approach, strengths, and weaknesses.

**Table 1** Comparative analysis of different methodologies on network robustness indices

| Author | Method | Strength | Weakness |
|---|---|---|---|
| Scott, et.al [14] | Network Robustness Index | Better than V/C model | Cannot handle isolated nodes |
| Wakaba-yashi and Fang [20] | Cost-Benefit Analysis with different indices | Useful reliability index | Useful for limited networks only |
| Tampère, et.al [16] | Dynamic Traffic Assignment | Realistic | Incomplete methodology |
| Knoop, et.al [8] | Incidence Impact | Good correlation | Not good for freeways |
| de Olivera, et.al [3] | Vulnerability and Congestion Indicators | Good vulnerability indicators | Computation time |
| Murray, et.al [12] | Multi-methodology | Scenario identification | Biased |

However, the indices used in analyzing road robustness did not consider random attacks on the network, specifically man-made disasters like terrorist attacks. Terrorist attacks pose different

issues not found in natural disasters because they are difficult to protect for law enforcement agencies [19]. Furthermore, aggressors are motivated, and thus exploit schedules in order to get around patrol schedules from law enforcement agencies. As a result, these agencies randomize their scheduling techniques. However, these agencies need to protect thousands of vehicles from terrorist attacks, which pose different risks like threat, vulnerability, and consequence [21].

In this paper, we propose a model that uses PageRank to identify the most important hubs in a road network, where each hub has a certain level of importance. Knowing these hubs may contribute to awareness of safety during terrorist attacks. In Section 2, we discuss the important terms used for the study, as well as different literature on road robustness analysis. Section 3 deals with how our model was designed. We present a case study in the Metro Manila road network in Section 4. Finally, in Section 5, we discuss the conclusions we have from our case study, as well as possible future works regarding road network analysis.

## 2. Literature Review

In this section, we define the terminologies used for our research to better understand our proposed model. We also present research on terrorist attacks and its effects on transportation networks, as well as the concept of PageRank and its variants.

### 2.1. Road Networks

A road network is a weighted directed graph where links represent actual roads, and nodes represent intersections and corners. The weight of each link represents the distance of the link from one source node to a destination node. Each link can only be traversed in one direction only, depending on where the destination node the link is directed. Road networks differ from another in terms of network topology and link distances. Road networks can be represented in several ways, including images from geographical information systems and adjacency matrices.

### 2.2. Network Connectivity

In graph theory, a strongly connected network is a property where each node is reachable from any node, regardless of weight or distance. Tarjan [17] proposed an algorithm that finds the strongly connected components in a graph using depth-first search. A graph is divided into sub-graphs, where each component in each sub-network is strongly connected. Tarjan's algorithm has a runtime of O (|V| + |E|), where |V| represents the number of nodes in the network, while |E| represents the number of links. However, the runtime of the algorithm was reduced to O(|V|) using a binary decision technique [5].

### 2.3. Terrorist Attacks and Robustness

Natural disasters like earthquakes and landslides have been used to find possible evacuation routes and assess road networks before such disasters happen [7,13]. However, planned disasters like terrorist attacks pose different issues because unlike natural disasters, they are less uniform due to their unpredictability [9]. Furthermore, transportation networks and public transits are the primary target of most terrorist attacks because it an easy and accessible way to take lives, cause damage, spread fear, and impact local, regional, and national economies [4].

Willis, et.al [21] estimated the risks involved in terrorist attacks through quantification. He used threat, vulnerability, and consequences, and multiplied it to get an estimation of terrorism risks, which are probabilistic. Threat is the probability that a target will be attacked at a certain time in a certain way. Vulnerability is probability that an attack results in damages, given that an attack occurs. Lastly, consequence is the magnitude of damage given a specific attack type.

### 2.4. PageRank

PageRank is a technique used to determine the importance of nodes in a network, and is applied in search engines like Google [2]. A website node in a web network is considered important when referenced by other websites. The more that the website is cited, the more likely that it is important. In short, PageRank measures the inflow of the nodes and ranks each node based on the number of inflowing links.

For transportation networks, a method called NodeRank [11] was created based on the PageRank algorithm. Three standards were used to measure the degree of importance of each node, namely the topology, weights of each link, and importance of other vertices it connects to. Part of traffic flow information can be acquired using this technique. Using this technique can also assist in

traffic system analysis, safety evaluation, and optimization.

## 3. Methodology

We divided our network structure into two major parts. The first part is cleaning the data with Tarjan's algorithm. We then identified the most significant nodes called hubs using PageRank. Finally, we used our model in a case study of the Metro Manila road network, and studied and analyzed our results.

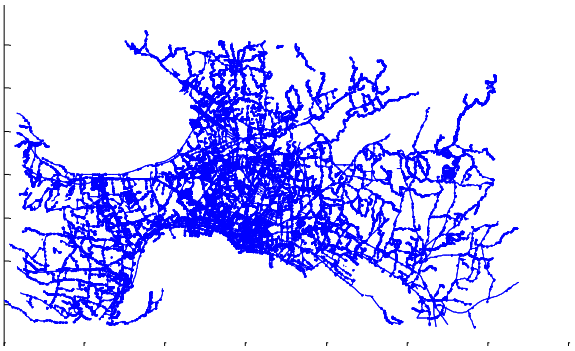


**Fig. 1** Metro Manila Road Network

### 3.1. Distance Calculation

We collected a road network data and mapped it as nodes and links using a distance matrix **D**, which has n rows and n columns, where n respresents the number of nodes. Each node in the data set has a node ID and a longitude-latitude value, and represents an intersection in the entire road network. The nodes are arranged by node ID, and are mapped as an index in **D.**

Each link connects exactly two nodes in the network, and are placed in a designated row and column address to represent its corresponding source and destination node, respectively. The weight of each link was calculated using the Haversine [15] distance formula because it remains well conditioned even at small distances. The Haversine formula can be expressed as a Haversine function, as shown in the following equation:

$$\text{hav}\,(\theta) = \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (1)$$

Given two points with a corresponding latitude and longitude coordinates in degrees, denoted by ($\phi_1$, $\lambda_1$) and ($\phi_2$, $\lambda_2$), respectively, we first converted the coordinate values to radians. Then we computed the distance *d* (in kilometers) of each link, and stored it in row *i* and column *j* of matrix **D**, denoting the source and destination nodes as shown in this equation:

$$d_{ij} = 2r \sin^{-1}\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos\phi_1 \cos\phi_2 \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\right) \quad (2)$$

The value of $\Delta\phi$ and $\Delta\lambda$ represent the change in latitude and longitude values of the node pair, respectively. The resulting distance is put in row *i* and column *j* of matrix **D** to indicate a link between node *i* and node *j*. However, the value of the $d_{ij}$ is 0 if no link exists between node *i* and node *j*.

### 3.2. Data Cleaning

Once the distance values have been computed for each element in matrix **D**, we cleaned our data with Tarjan's algorithm [17]. The network was divided into smaller groups known as sub-networks that represented the strongly connected nodes in the network. The sub-network with the most number of strongly connected components was retained in the network, while the sub-networks with less number of strongly connected nodes were considered weaker sub-networks, and were immediately removed from the network. We considered the strongly connected nodes and links because they would greatly affect the connectivity and topology of the entire network. The largest strongly connected sub-network was used for analysis of our case study, as shown in Figure 1. The new network is represented as a distance matrix $\mathbf{D}_{new}$, which is an m by m matrix, where m represents the number of nodes in the strongly connected network.

### 3.3. PageRank

After cleaning the data, we performed PageRank on the network through matrix $\mathbf{D}_{new}$. Given the matrix **B**, which represents the adjacency matrix version of $\mathbf{D}_{new}$, we computed the probability matrix **P**, which is the probability of each element over the sum of the outbound links, represented by the element *j*. Matrix **P** has the same dimensions as matrix **B** and $\mathbf{D}_{new}$. The following equation further explains this:

$$p_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} b_{ij}} \quad (3)$$

The value of *m* is the number of nodes in the network, which are the dimensions of matrix **B.**

Next, we computed the sum-product *sp* of each row using the following formula:

$$sp_i = \sum_{j=1}^{m} p_{ij} * c_j \quad (4)$$

The value of $c_j$ represents the number of outbound nodes in the network. After computing for the sum-product value of each row, we calculated the value of PageRank $c_i$ for each row for the next iteration using the recursive rank formula:

$$c_i = (1-d) + d * sp_i \quad (5)$$

The variable *d* is an adjustable parameter. We chose the value of 0.85 because it was the default value in Teknomo's [18] PageRank algorithm. The PageRank algorithm will run until convergence, where the sum of $c_i$ is equal to the number of nodes in the network. The results of PageRank always have the same ranks for a number of iterations. This is known as recursive ranking, which is an optimization technique. Teknomo [18] gives a simulation and more details on PageRank for further understanding on how the technique works.

Once the values of *c* have been computed, their normalized values were computed using the following formula:

$$norm_i = \frac{c_i}{\sum_{i=1}^{m} c_i} \quad (6)$$

When each normalized value was computed, the nodes were sorted and ranked according to their normalized values. A standard competition ranking was used for ranking the normalized values. The tied values were assigned exactly the same rank values, and then the next element after the tied elements was left with a gap in the ranking. A higher normalized value means that the node has more impact to the network, thus a higher rank is assigned. However, a lower normalized value means that the node was less important.

### 3.4 Hub Location

Once we gathered the necessary data, we proceeded with hub identification and location. Using the longitude and latitude data we gathered from OpenStreet Map (OSM), we located the most important hubs using Google Maps. We also counted the in-degree and out-degree nodes, and their total values to be compared in line with PageRank. We multiplied the normalized values by 1,000,000 to measure the *strength* of the node, and correlated it with the rank in the network. We also did further analysis in the Metro Manila network.

## 4. Results and Analysis

The Metro Manila road network was used for the case study of our model. The data was collected using OSM. A total of 69,577 nodes were found in the Metro Manila network. When Tarjan's algorithm was run to clean the network, the number of nodes was reduced to 66,854. PageRank was used to rank the importance of each node. The PageRank algorithm of Teknomo [18] was run for 204 iterations to produce the ranks of each node in the road network.

### 4.1. Identifying the Highest Ranked Nodes

We collected the 25 most important node hubs in the Metro Manila road network by plotting their respective latitude-longitude values to Google Maps in order to find their exact location, and which area is approximately the nearest among those hubs. Table 2 shows the 25 most important hubs based on PageRank. The landmarks were included because we wanted to know which areas does each location capture. We did not assume anything in determining the landmarks, except the local knowledge we had about these places.

**Table 2** First 25 Ranked Nodes According to PageRank

| Node Strength | Location | Landmark/s |
|---|---|---|
| 69.96 | Claveria, Binondo, Manila | Ongpin China town |
| 65.70 | Tomas Pinpin, Binondo, Manila | Ongpin China town |
| 62.88 | P.Burgos Ave., Ermita, Manila | Manila City Hall/Philippine Normal University |
| 57.82 | Valenzuela, Quezon City | North Luzon Expressway |
| 57.65 | P.Burgos Ave., Ermita, Manila | Manila City Hall/Philippine Normal University |
| 55.634 | Sta. Maria, Bulacan | Sacred Heart Academy/Sta. Maria Elem.School |
| 52.77 | EDSA-Greenhills, San Juan | Corinthian Gardens |

| Node Strength | Location | Landmark/s |
|---|---|---|
| 52.31 | Newport, Pasay | Manila International Airport 3/Villamor Air force base/Resorts World/Marriott Hotel |
| 51.33 | Dasmariñas, Binondo, Manila | Ongpin China town |
| 48.47 | Valenzuela, Quezon City | North Luzon Expressway |
| 48.07 | C5-Taguig | West Bicutan National HS/C5 Highway/Heritage Park |
| 46.30 | Bacoor, Cavite | Coastal Road/Bali Garden/Manila-Cavite Expressway |
| 46.17 | Santa Cruz, Manila | Carriedo Train Station |
| 45.82 | Ermita, Manila | Paco Park/Manila Science HS |
| 45.49 | Guiguinto, Bulacan | McArthur Highway |
| 45.41 | Sta. Teresita, Quezon City | SM Sun Residences/Welcome Roundabout |
| 44.65 | EDSA Highway-Ortigas Flyover | Corinthian Gardens |
| 44.38 | Greenhills, San Juan | EDSA Highway |
| 43.97 | Bacoor,Cavite | Coastal Road/Bali Garden/Manila-Cavite Expressway |
| 43.8104675 | Balintawak, Quezon City | Cry of Balintawak/North Luzon Expressway/EDSA Highway |
| 43.42223344 | Ayala Avenue, Makati | Glorietta 5/InterContinental Manila/SM Makati/EDSA Highway |
| 43.36666459 | Sampaloc, Manila | Legarda Elementary School/Aldana School |
| 43.30983927 | Barangka, Marikina | Riverbanks/Barangka Elementary School |
| 43.26685007 | San Bartolome, Quezon City | Quirino Ave/Mindanao Ave/Quirino Roundabout |
| 42.76296099 | Marcelo Green, Parañaque | Osmeña Highway/Skyway/Pasay Train Station |

Out of the 25 highest ranked hubs, 8 were located in Manila. Out of the 10 highest ranked hubs, 5 were located in Manila. Based on these findings, we found out that Metro Manila has some of the most important roads in the network. Cutting these roads may impact the connectivity of the entire network. We also found out that the landmarks from the 25 most important hubs were mostly found public places like schools, malls, business districts, or even at major roads, especially the North Luzon Expressway (NLEX), EDSA, and the C5 Roads, as shown in Figures 2 and 3.

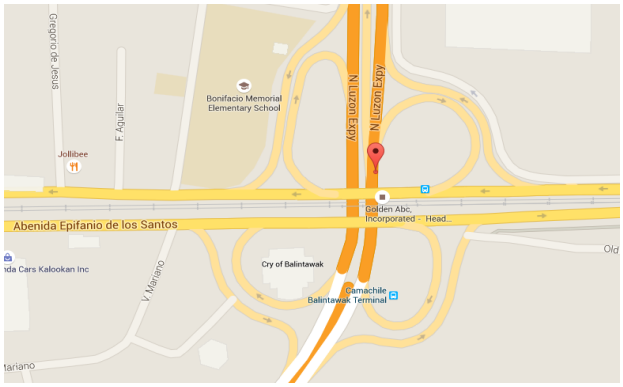



**Fig. 2** EDSA-Balintawak-NLEX Interchange

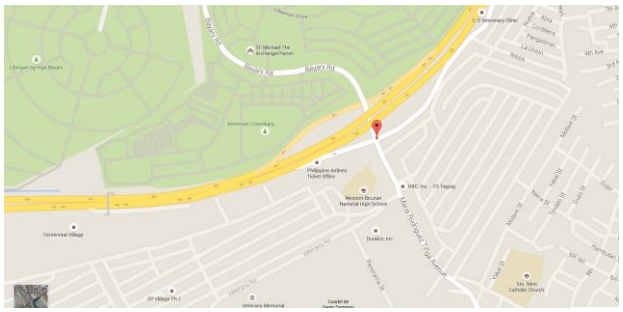


**Fig. 3** C5-Taguig Highway Near Heritage Park



**Fig. 4** Manila International Airport Terminal 3, Pasay City

Figure 4 shows a hub near Terminal 3 of the Manila International Airport, which is near the Philippine Air Force military base. PageRank was able to identify this as a hub, despite that only topology was used to find out the important hubs.

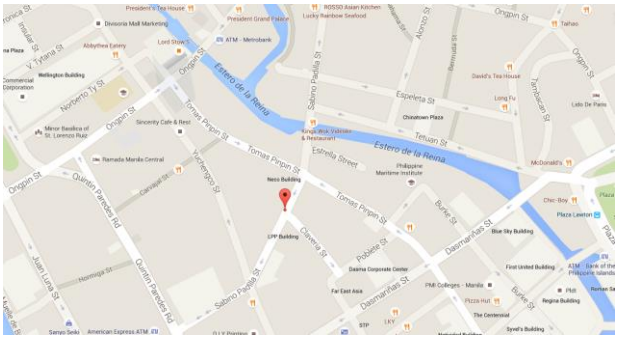


**Fig. 5** Binondo Chinatown Hub, Manila



**Fig. 6** Ayala Ave. Business District Hub, Makati

Figure 5 shows a hub in Binondo, Manila. This is a place where trade is most prominent since the place is known as the Chinatown of Manila. The place is also near a flea market and a mall. According to PageRank, this was the most important hub in the Metro Manila road network. Again, PageRank was able to identify the important hubs given the topology alone.

Figure 6 shows a hub in Makati, which is the central business district in Metro Manila. This is also important to note because incidentally, a bombing occurred in one of the five Glorietta malls last 2007. In other words, the Makati road network is very important to mitigate sooner based on PagRank. However, this was not the case all the time, as shown in Table 3.

**Table 3** Bottom 5 Lowest Ranked Hubs

| Strength | Location | Landmark |
|---|---|---|
| 3.55 | Kalayaan Ave, Makati | Bel-Air |
| 3.55 | Makati Ave., Makati | Bel-Air |
| 3.55 | Kalayaan Ave, Makati | Bel-Air |
| 3.63 | Meycauayan, Bulacan | McArthur Highway |
| 3.63 | Meycauayan, Bulacan | McArthur Highway |

The lowest ranked hubs were also located in Makati, specifically Kalayaan Avenue, which is one of the busiest streets in the city. Even though Makati is a business district, the least ranked hubs were located here perhaps because most roads in Makati are one-way. All the locations specified by Table 3 were one way. The two roads in the province of Bulacan were also one-way, which means that these roads were not a threat to be attacked by terrorists according to PageRank. Makati would more likely be attacked because it is a business district, but topologically, in the Bel-Air area, it has the lower rank, as shown in Figure 7.



**Fig. 7** Makati-Bel Air Hub

There were also important hubs located outskirt of Metro Manila, like there was one in Bulacan and one in Cavite, which are not included as part of the National Capital Region. Perhaps, this was also a result of the data gathered by OSM, or the processing during data cleaning with Tarjan's algorithm.

## 4.2. Hub Analysis

The strength of each normalized value was computed in order to assess its impact to the road network on a larger scale. The results of the strength were plotted to the rank of each node, as shown in Figure 8.

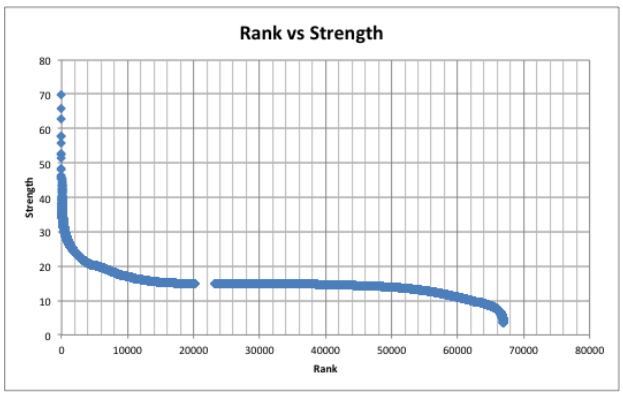



**Fig. 8** Comparing Rank and Strength of Each Node

A sigmoid-like function can be seen in Figure 8. The highest strength value was 69.97, which is located at Binondo, Manila. The lowest strength value was 3.55, which was the strength value located at Kalayaan Avenue, Makati. Holes were present in some parts of the graph, which represents the ties in the ranking. The normalized values and their ranks were logarithmic in nature. The first few ranks were nearer to one another, yet had different strength values and decreased gradually, signifying that these nodes were very important nodes compared to the rest of the network. As the ranks increased, the strength values began to have fewer changes, implying that the discrepancies of the strength values among nodes became smaller, even though a downward movement can still be seen. The values began to subside at the strength value of approximately 15. In other words, the important nodes were highly clustered together, which signifies the importance of each node in the network.

Figure 9 illustrates the trend of the first 25 nodes shown in Table 2. The first 11 hubs had big discrepancies in terms of their strengths, and as the rank increases, the strength starts to converge linearly, meaning that nodes began to be closer to one another. This was evident starting from Node 12 up to 25. In relation to Figure 8, the trends do not necessarily have to dramatically drop, but they get reduced little by little until the lowest rank is achieved. In other words, Figure 9 supports the claim we made in Figure 8.

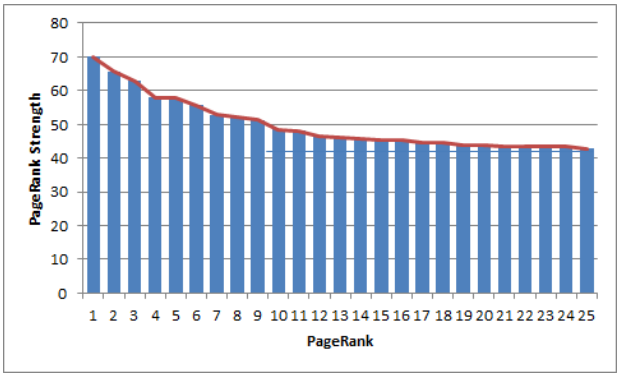



**Fig. 9** PageRank Strength and Actual PageRank Comparison

Another interesting trend is found in Figure 10. Both PageRank and PageRank strength explained the outflowing nodes with 35% and 39% R-square values, respectively for linear and exponential model. This implies that most of the PageRank trends done in the network was influenced by outflowing nodes. The inward nodes, on the other hand, as shown in Figure 11, show that they less influenced the PageRank trends because they were only able to explain 32% and 29% of the PageRank strength and PageRank, respectively. In other words, the outflowing links are more critical to the performance of the road network compared to the inflowing links.

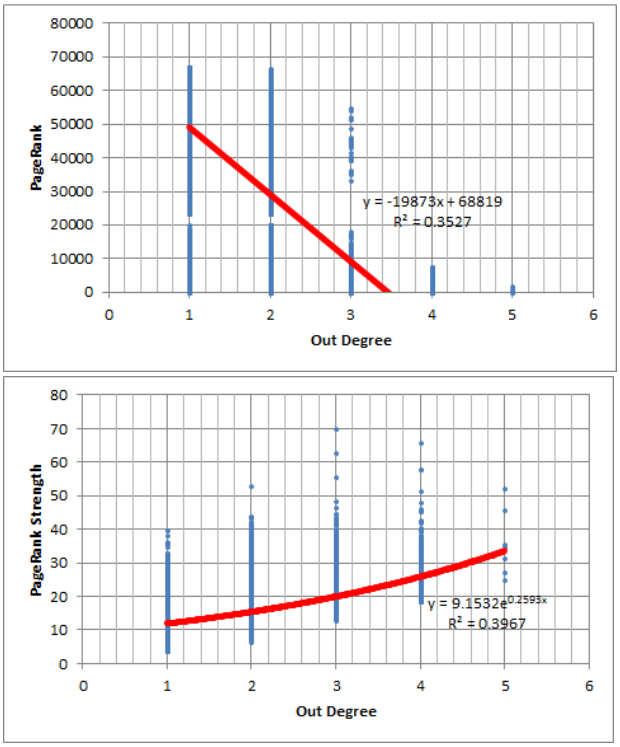



**Fig. 10** Out-degree Plot Against PageRank and PageRank Strength

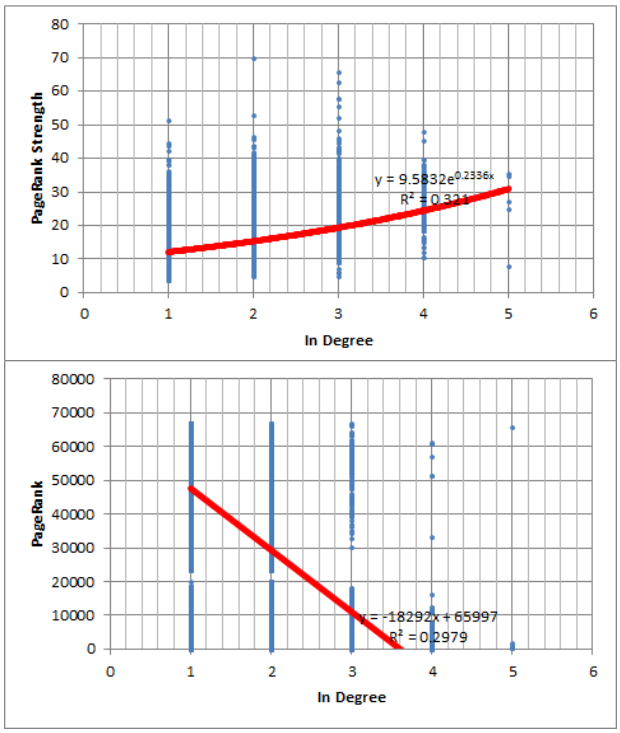



**Fig. 11** In-degree Plot Against PageRank and PageRank strength

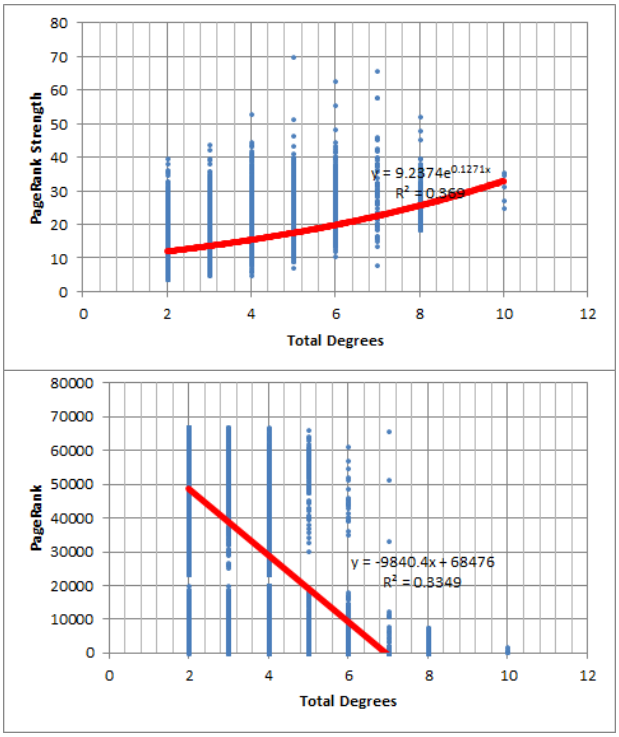



**Fig. 12** All-degree Plot Against PageRank and PageRank Strength

The relationship between the PageRank and PageRank strength of the total degrees had R-values of 29% and 36%, respectively, as shown in Figure 12. This means that the total nodes influenced the PageRank and PageRank strength in accordance to the in-degree and out-degree. The three analyses were consistent to one another, meaning that as the PageRank strength increased, the number of links, whether in-degree or out-degree, increased as well. This implies that the reason why a road is considered critical because of the number of links it is connected to. A lower PageRank meant that less links were connected, specifically the outflowing links. This goes for both comparison with PageRank and PageRank strength, which explains Brin and Page's assumption that more important nodes are more likely to receive more links [3].

The lower ranking hubs had lesser strength compared to the higher-ranking hubs because the out-degrees for lower ranking hubs were only limited to 1. On the other hand, higher-ranked hubs were significantly stronger, as we have shown in the study, because they had multiple out-degrees and in-degrees. This shows that PageRank was effective in classifying important hubs in the network. Figure 14 shows that one segment of the network in which least-ranked nodes only had at least 1 out-degree or in-degree, while higher-ranked nodes had 3 or 4 links connected to them, with more outflowing links than inflowing links.

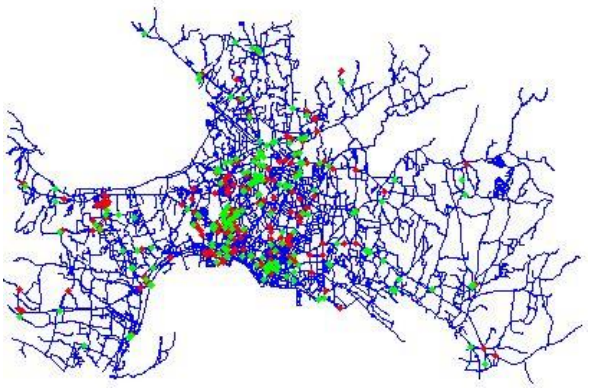


**Fig. 13** Node Ranks of 250 Highest and Lowest Ranked Nodes in Metro Manila Network

Based on Figure 13, the red markers, which signify the 250 highest-ranking hubs, were situated almost the same locations similar to the 250 lowest-ranking nodes. Upon looking at the detail, however, this is not the case.

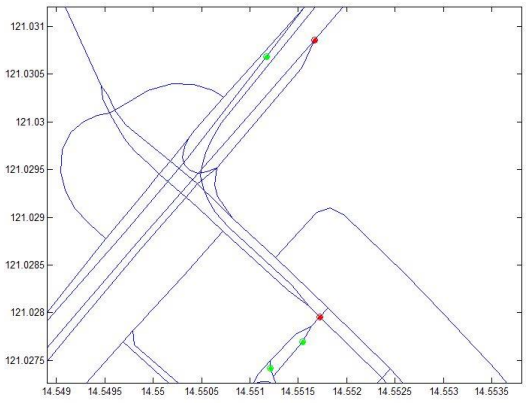



**Fig. 14** Sample Higher-Ranked Nodes (Red) with Lesser-Ranked Nodes (Green)

In detail, we found out that throughout Metro Manila, the highest and lowest ranked hubs were located at different locations, with the higher ranked hubs situated in intersections and T-junctions, while the lowest ranked nodes situated in connecting nodes between two links in one-way routes or corner roads. Figure 14 shows an example of the detail locations of nodes with the highest and lowest ranked nodes being emphasized in red and in green dots, respectively.

## 5. Conclusion

We conducted a road network analysis by identifying the most important hubs in a road network using PageRank based on topology. We propose this model to identify which nodes in the road network would be prone to possible terrorist attacks. Based on topology alone, we were able to identify the different hubs in the case study of the Metro Manila road network. We found out that the ranking trend is a sigmoid-like function, where the highest-ranking hubs were highly important compared to the lower-ranking hubs. We found out that the capital city of Manila has the most number of highest-ranking hubs. Furthermore, most high-ranking hubs were located in public places, specifically in highways, expressways, business districts, schools, train stations, and even in the port and airport.

We used topology-based PageRank and local knowledge of the places in Metro Manila. We found out that intersections and T-junction roads were the most critical hubs, while the roads with only one outflow was considered the least important hubs.

Possible future work for this research may include flow and capacity analysis with PageRank to assess vehicle behavior. We would also like to analyze road network topology using PageRank through road reconstruction. We are also looking to apply our model to different road networks, provided that we have local knowledge of the roads that we are studying. Our model is applicable to any kind of road network, not just in the Manila network. But the gathered data will be from the OSM.

## 6. Acknowledgement

We would like to acknowledge Leandro Isla for providing the data from OSM used for our research. We would also like to give acknowledgement to DOST-ERDT for sponsoring the primary author's scholarship program, as well as CHED-PHERNET for the research fund.

## References

[1] Aksu D.T. and Ozdamar L. (2014) A Mathematical Model for Post-Disaster Road Restoration: Enabling Accessibility and Evacuation, *Transportation Research Part E*, Vol.61, pp.56-67.

[2] Brin, S. and Page, L. (1998) The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine, *Computer Networks and ISDN Systems*, Vol.30, No.1-7, pp.107-117.

[3] de Olivera, E.L., de Silva Portugal, L. and Junior, W.P. (2014) Determining Critical Links in a Road Network: Vulnerability and Congestion Indicators, *Procedia-Social Sciences and Behavioral Sciences*, No.162, pp.158-167.

[4] FTA, Federal Transit Administration. (2001) Transit Security Design Considerations, http://transit-safety.fta.dot.gov/security/SecurityInitiatives/DesignConsiderations/CD/front.htm#toc

[5] Gentilini, R., Piazza, C. and Policriti, A. (2003) Computing Strongly Connected Components in a

Linear Number of Symbolic Steps, In *Proceedings of the 14th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms* (San Francisco, 2003), Society of Industrial and Applied Mathematics, pp.573-582.

[6] Gribble, S.D. (2001) Robustness in Complex Systems, In *Proceedings of the 8th Workshop on Hot Topics in Operation Systems* (Germany, 2001), IEEE, pp.21-26.

[7] Jaafari, A., Najafi, A., Rezaeian, J., Sattarian, A. and Ghajar, I. (2015) Planning Road Networks in Landslide-Prone Areas: A Case Study from the Northern Forests of Iran, *Land Use Policy*, No.47, pp.198-208.

[8] Knoop, V.L., Snelder, M., van Zuylen, H.J. and Hoogendorn, S.P. (2012) Link-Level Vulnerability Indicators for Real-World Network, *Transportation Research Part A*, Vol.46, No.5, pp.843-854.

[9] Leung, L., Lambert, J.H. and Mosenthal, A. (2004) A Risk-Based Approach to Setting Priorities in Protecting Bridges Against Terrorist Attacks, *Risk Management*, Vol.24, No.4, pp.963-984.

[10] Li, M. (2006) Combining DTA Approaches for Studying Road Network Robustness, *Delft University of Technology*.

[11] Lianxiong, G., Jianping, W. and Rui, L. (2009) Key Nodes Mining in Transport Networks Based in PageRank Algorithm, In *Control and Decision Conference CCDC'09* (China, 2009), pp.4413-4416, IEEE.

[12] Murray, A.T., Matisziw, C.T. and Grubesic, T.H. (2008) A Methodological Overview of Road Network Vulnerability Analysis, *Growth and Change*, Vol.39, No.4, pp.573-592.

[13] Pourrahmani, E., Delavar, M.R., Pahlavani, P. and Mostafavi. (2015) Dynamic Evacuation Routing Plan After an Earthquake, *Natural Hazards Review*, p.04015006.

[14] Scott, D.M., Novak, D.C., Aultman-Hall, L. and Guo, F. (2006) Network Robustness Index: A New Method for Identifying Critical Links and Evaluating the Performance of Transportation Networks, *Journal of Transport Geography*, Vol.14, No.3, pp.215-227.

[15] Sinnott, R.W. (1984) Virtues of the Haversine, *Sky and Telescope*, Vol.68, No.2, p.159.

[16] Tampère, C.M.J., Stada, J., Immers, B., Peetermans, E. and Organe, K. (2007) Methodology for Identifying Vulnerable Sections in a National Road Network, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* No.2012.

[17] Tarjan, R. (1972) Depth-First Search and Linear Graph Algorithms, *Siam Journal of Computing*, Vol.1, No.2, pp.146-160.

[18] Teknomo, K. (2012) PageRank Tutorial, http://people.revoledu.com/kardi/tutorialPageRank/

[19] Tsai, J., Kiekintveld, C., Ordonez, F., Tambe, M. and Rathi, S. (2009) IRIS – A Tool for Strategic Security Allocation in Transportation Networks, *Non-Published Research Reports*, No.71.

[20] Wakabayashi, H. and Fang, S. (2014) Comparison of Importance Indices for Highway Network Reliability Improvement Combined with Cost-Benefit Analysis, In De Sousa, J.F. and Rossi, R. ed. *Computer-Based Modeling and Optimization in Transportation*, Springer International Publishing, pp.265-280.

[21] Willis, H.H., Morral, A.R., Kelly, T.K. and Medby, J.J. (2006) *Estimating Terrorim Risk*, RAND Corporation.

# การปรับปรุงความปลอดภัยทางถนนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ

# Road Safety Improvement in Hatyai Municipality from Theory to Practice

**หมายเลขบทความ: AYRF15 - 020TH**

ชัยเทพ สาครวิเศษ

ChaithepSacornwises

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 086-9535322

E-mail: num_highway@hotmail.com

## บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการประยุกต์ใช้หลักการแก้ไขจุดอันตรายและหลักการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนที่เปิดให้บริการแล้วในการปรับปรุงความปลอดภัยทางถนนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยใช้ถนนธรรมนูญวิถีเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากถนนเส้นดังกล่าวเป็นเส้นทางหลักสายหนึ่งที่เชื่อมโยงการเดินทาง การค้า และการท่องเที่ยวของเมืองหาดใหญ่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก อีกทั้งเป็นเส้นทางที่รองรับปริมาณจราจรจำนวนมากเพื่อเข้าสู่และออกจากสถาบันการศึกษาในช่วงเช้าและเย็น อย่างไรก็ตาม ถนนเส้นนี้โดยเฉพาะบริเวณใกล้สถาบันการศึกษามักมีอุบัติเหตุจราจรทางถนนเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ในบทความนี้ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุจราจร ข้อมูลปริมาณการจราจร และข้อมูลกายภาพของถนนกรณีศึกษา เพื่อนำมาศึกษาปัญหาความไม่ปลอดภัยเกิดขึ้นโดยใช้หลักการดังกล่าวข้างต้นโดยผลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยทางถนนให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในท้องถิ่นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ถนนและรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในปลายปีนี้

**คำสำคัญ** การแก้ไขจุดอันตราย, ความปลอดภัยทางถนน, ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

## Abstract

This paper applied black spot principle and road safety audit principle to improve road safety in Hatyai Municipality. Thumnoonvithi Road was selected as a case study. This road is one of the main routes linking the travel, trade and tourist along east-west corridor. The road also serves heavy traffic from a few educational institutions during morning and evening. However, traffic accidents frequently occur on this road, especially the sections serving educational institutions. In this paper, the researchers collected traffic accident data, traffic volume, and geometry of road section in the study area. to study the safety issues arise by the principles mentioned above.Safety measures were also proposed to improve black spot locations. The results of this study would support local authorities to enhance road safety condition for all road users and support ASEAN Economic Community establishment this year.

**Keywords :** Black Spot Treatment, Road Safety, ASEAN Economic Community

## 1. ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาอุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาสำคัญที่ทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบันซึ่งได้ส่งผลกระทบทำให้เกิดการเสียชีวิต บาดเจ็บ และพิการเป็นจำนวนมาก องค์การอนามัยโลกระบุว่าทุกปีมีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนประมาณ 1.3 ล้านคน มีผู้บาดเจ็บหรือพิการประมาณ 50 ล้านคน อุบัติเหตุทางถนนเป็นสาเหตุการตายอันดับแรกในกลุ่มอายุระหว่าง 15 – 29 ปี และเป็นสาเหตุการตายอันดับ 2 ในกลุ่มเด็กอายุระหว่าง 5 -14 ปี หากไม่มีการวางแผนป้องกันการแก้ไขปัญหาดังกล่าว อัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศที่ยากจนถึงปานกลางจะสูงขึ้นเป็นสองเท่าในปี ค.ศ. 2020 และอุบัติเหตุทางถนนยังเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับหกของประชาชนอีกด้วย จากสภาพปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการเรียกร้องให้ทุกประเทศให้ความสำคัญกับเรื่องความปลอดภัยทางถนน โดยองค์การสหประชาชาติได้เรียกร้องให้ประเทศสมาชิกดำเนินการตามกรอบปฏิญญามอสโก เพื่อเรียกร้องให้ประเทศสมาชิกได้ยกระดับการแก้ปัญหาด้านความปลอดภัยทางถนนเป็นวาระที่สำคัญของทุกประเทศในโลกชื่อ A Decade of Action for Road Safety 2010 – 2020 ซึ่งกำหนดให้ ค.ศ. 2011 – ค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2554 – พ.ศ. 2563) เป็น "ทศวรรษแห่งการปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัยทางถนน" เพื่อให้แต่ละประเทศกำหนดทิศทาง แผนงาน มาตรการในการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนน โดยมีเป้าหมายลดอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนของโลกถึงร้อยละ 50 ในปี ค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2563) [1]

ทางแยกถนนชลธาราตัดกับถนนธรรมนูญวิถีซึ่งตั้งอยู่บนถนนธรรมนูญวิถีในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ก็ประสบปัญหาอุบัติเหตุจราจรเช่นกัน จากการรวบรวมสถิติอุบัติเหตุจราจรของทางแยกดังกล่าวย้อนหลังสามปีจาก พ.ศ.2555 – พ.ศ.2557 โดยใช้ข้อมูลของมูลนิธิมิตรภาพสามัคคี (ท่งเซียเซี่ยงตึ๊ง)หาดใหญ่ ซึ่งรายงานเฉพาะเหตุการณ์ที่ได้ออกไปปฏิบัติงาน โดยจะออกปฏิบัติงานเฉพาะกรณีที่มีผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตเท่านั้นพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวมีอุบัติเหตุจราจรเกิดขึ้นจำนวน 14 ครั้ง มีผู้ได้รับบาดเจ็บจำนวน 17 ราย ไม่มีผู้เสียชีวิต และไม่มีรายงานทรัพย์สินเสียหาย[2]

จากการที่ถนนเส้นดังกล่าวเป็นเส้นทางหลักสายหนึ่งที่เชื่อมโยงการเดินทาง การค้า และการท่องเที่ยวภายในเมืองในแนวตะวันออก-ตะวันตก อีกทั้งเป็นเส้นทางที่ต้องรองรับปริมาณจราจรจำนวนมากเพื่อเข้าสู่และออกจากสถาบันการศึกษาในช่วงเช้าและเย็น อย่างไรก็ตาม ถนนเส้นนี้โดยเฉพาะบริเวณทางแยกดังกล่าว ซึ่งอยู่ใกล้สถาบันการศึกษามักมีอุบัติเหตุจราจรทางถนนเกิดขึ้นบ่อยครั้งดังสถิติข้างต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการปรับปรุงความปลอดภัยเพื่อให้การสัญจรผ่านบริเวณดังกล่าวมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และยังเป็นการรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในปลายปีนี้

เพื่อให้มติของคณะรัฐมนตรีที่กำหนดให้ พ.ศ. 2554 – พ.ศ. 2563 เป็นทศวรรษแห่งการปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัยทางถนนตามข้อเรียกร้องขององค์การสหประชาชาติบรรลุตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ การปรับปรุงความปลอดภัยทางถนนโดยใช้หลักการ การแก้ไขจุดอันตรายและหลักการ การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนที่เปิดให้บริการแล้วก็เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนได้ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการแก้ไขจุดอันตรายจึงเป็นที่มาของหัวข้อวิจัยและได้คัดเลือกทางแยกถนนชลธาราตัดกับถนนธรรมนูญวิถี เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นและเป็นความต้องการของหน่วยงานในท้องถิ่นที่ต้องการปรับปรุงความปลอดภัยบนถนนเส้นดังกล่าวอย่างไรก็ตามถ้าหากสามารถลดจำนวนอุบัติเหตุโดยใช้หลักการข้างต้นในพื้นที่ศึกษาได้ก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ประเทศไทยสามารถบรรลุเป้าหมายที่กำหนดเอาไว้จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้

### 1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

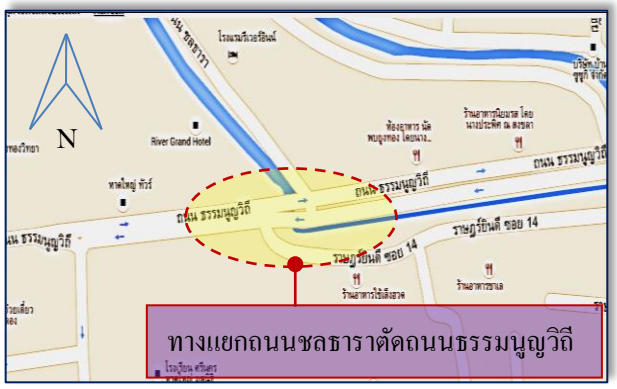
บทความนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อดังต่อไปนี้

1)เพื่อศึกษาปัญหาความไม่ปลอดภัยทางถนนที่ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุของพื้นที่ศึกษา

2)เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยในพื้นที่ศึกษา

### 1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีขอบเขตการศึกษาบริเวณทางแยกถนนชลธาราตัดกับถนนธรรมนูญวิถีซึ่งตั้งอยู่บนถนนธรรมนูญวิถีดังแสดงในรูปที่ 1-1 โดยได้ทำการศึกษาปัญหาอุบัติเหตุจราจรและเสนอแนะแนวทางปรับปรุงแก้ไข เพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ถนนทุกประเภทในการสัญจรผ่านบริเวณดังกล่าว




รูปที่ 1-1 พื้นที่ศึกษา

## 2. การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สนิท รัตนศฤงค์ (2553) ได้ประเมินผลความคุ้มค่าของโครงการปรับปรุงแก้ไขจุดเกิดอุบัติเหตุ บนทางหลวงชนบทหมายเลข นม. 1020 แยกทางหลวงหมายเลข2 –บ้านหนองปลิง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยการนำสถิติก่อนและหลังการปรับปรุงมาใช้เป็นตัวชี้วัดความคุ้มค่า ค่าสถิติจะถูกแปลงเป็นมูลค่าอุบัติเหตุเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเงินลงทุนในโครงการปรับปรุงแก้ไขจุดอุบัติเหตุ[3]

ประวีณ์ พวงโต, พีรพลพงษ์หนองใน, และสวนิต ด้วยชัยภูมิ (2557) ได้ทำการศึกษาการแก้ไขจุดอันตรายบนโครงข่ายถนนในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยนำกระบวนการแก้ไขจุดอันตรายมาประยุกต์ใช้ ซึ่งได้คัดเลือกบริเวณอันตรายที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น 3 บริเวณ มาเป็นกรณีศึกษา และได้นำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุเปรียบเทียบกับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์[4]

ปิติ จันทรุไทย และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาจุดอันตรายบนถนนในเขตเทศบาลนครศรีธรรมราช เพื่อค้นหาปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุจราจร โดยใช้แบบจำลอง Binary Logistic Regression ซึ่งได้ทำการสำรวจจำนวน 3 บริเวณ และจากการศึกษาทำให้ทราบถึงตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุของจุดที่ทำการศึกษาทั้ง 3 บริเวณ [5]

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม ได้จัดทำเอกสารประกอบการอบรมการแก้ไขจุดอันตรายโดยมีเนื้อหาครอบคลุมถึงวิธีการแก้ไขจุดอันตรายบนถนนเพื่อใช้ประกอบการจัดอบรมผู้มีส่วนเกี่ยวข้องด้านความปลอดภัยบนถนน ซึ่งได้จัดการอบรมทั่วประเทศ[6]

ชัยวุฒิ กาญจนะสันติสุข และ พนกฤษณ คลังบุญครอง ได้ทำการศึกษา การระบุจุดเสี่ยงอันตรายโดยให้ชุมชนมีส่วนร่วม : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยนำหลักการ Hiyari-Hattoมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาเพื่อกำหนดบริเวณเสี่ยงอันตรายบนถนน จากการศึกษาทำให้ทราบถึงบริเวณที่เป็นจุดอันตรายในพื้นที่ศึกษา[7]

Austrods(2007) เป็นคู่มือที่ได้ให้คำแนะนำในการบริหารจัดการทางแยกต่างๆซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ เช่นการแบ่งช่องจราจร การติดตั้งป้ายควบคุมการจราจร การทำเครื่องหมายบนผิวจราจร [8]

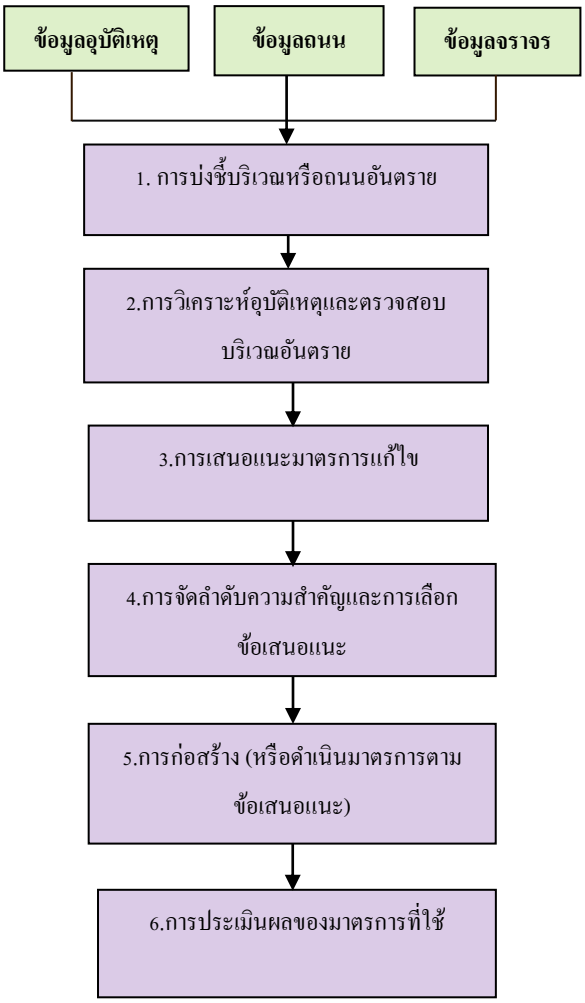
## 3. วิธีวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการแก้ไขจุดอันตรายมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาและใช้หลักการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนที่เปิดให้บริการแล้ว เพื่อวิเคราะห์หาประเด็นปัญหาที่มีอยู่ และนำเสนอวิธีการปรับปรุงความปลอดภัยโดยใช้ความคุ้มค่าของโครงการและจุดขัดแย้งในกระแสการจราจรเป็นตัวชี้วัดหลักการของการแก้ไขจุดอันตรายซึ่งอธิบายได้ในหัวข้อที่ 3.1และหลักการของการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนที่เปิดให้บริการแล้วสามารถอธิบายได้ในหัวข้อที่ 3.2 ตามลำดับ

### 3.1 การแก้ไขจุดอันตราย

3.1.1 กระบวนการแก้ไขจุดอันตราย

หลักการแก้ไขจุดอันตรายเพื่อเพิ่มความปลอดภัยทางถนนมีกระบวนการ 6 ขั้นตอน ซึ่งแสดงได้ในรูปที่ 3-1 โดยมีข้อมูลที่จำเป็นเพื่อนำมาวิเคราะห์ได้แก่ ข้อมูลอุบัติเหตุ ข้อมูลถนน และข้อมูลจราจร ของพื้นที่ศึกษา เมื่อรวบรวมข้อมูลดังกล่าวได้แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการแก้ไขจุดอันตรายตามลำดับขั้นตอน




**รูปที่ 3-1** กระบวนการแก้ไขจุดอันตราย

**ที่มา :** เอกสารประกอบการอบรมการแก้ไขจุดอันตราย สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร[6]1

3.1.2 การวิเคราะห์ทางสถิติในการจัดลำดับบริเวณอันตราย

การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อจัดลำดับบริเวณอันตรายของงานวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ (Accident FrequencyMethod) ในการวิเคราะห์โดยมีรายละเอียดดังนี้

**วิธีความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ (Accident FrequencyMethod)**

ใช้การเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งในการพิจารณา ซึ่งจะนับจากจำนวนอุบัติเหตุในช่วงถนนที่ทำการแบ่งเรียบร้อยแล้ว วิธีนี้จะบอกว่าช่วงถนนที่ทำการวิเคราะห์ที่มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นบ่อยนั้นจะเป็นช่วงถนนที่มีอันตรายสูงโดยไม่นำปริมาณจราจรและค่าอื่นมาพิจารณา แต่มีข้อเสียเนื่องจากจำนวนอุบัติเหตุที่สูงไม่ได้บ่งบอกถึงจุดอันตรายที่แท้จริง ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 ดังนี้

$$F=A/(L*T) \qquad (3.1)$$

เมื่อ

F=ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ

A=จำนวนอุบัติเหตุในช่วงเวลาที่วิเคราะห์(ครั้ง)

T=ช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์(ปี)

L=ความยาวช่วงถนน(กิโลเมตร)

สำนักอำนวยความปลอดภัยกรมทางหลวง ได้จัดทำค่ากำหนดบริเวณอันตรายบนทางหลวงแผ่นดินจำแนกเป็นบริเวณทางแยก และบริเวณที่มิใช่ทางแยก (ทางตรง ทางโค้ง และสะพาน) เพื่อใช้ค้นหาบริเวณอันตรายบนถนนโดยใช้วิธีความถี่ข้างต้น เป็นตัวกำหนดค่าอันตราย[9]ดังแสดงได้ในตารางที่ 3-1และตารางที่ 3-2ตามลำดับ

**ตารางที่ 3-1** ค่ากำหนดบริเวณทางแยกอันตราย

| บริเวณทางแยก | ค่ากำหนดบริเวณทางแยกอันตราย |
|---|---|
| ทางสามแยก | เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 5 ครั้ง |
| ทางสี่แยก | เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 6 ครั้ง |
| ทางห้าแยก | เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 4 ครั้ง |
| ทางแยกอื่น ๆ | เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 5 ครั้ง |

**ที่มา:** สำนักอำนวยความปลอดภัย, 2546

**หมายเหตุ:** บริเวณทางแยกครอบคลุมถึงระยะ 100 เมตร ของทุกทางแยก

**ตารางที่ 3-2** ค่ากำหนดบริเวณอันตราย

| บริเวณ | ค่ากำหนดบริเวณอันตราย |
|---|---|
| ทางตรง | เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 4 ครั้ง |
| ทางโค้ง | เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 3 ครั้ง |
| สะพาน | เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 4 ครั้ง |

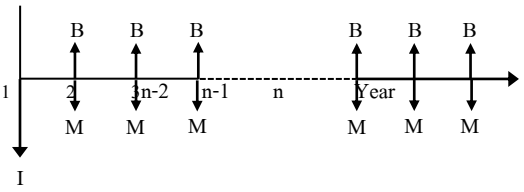
**ที่มา:** สำนักอำนวยความปลอดภัย, 2546

**หมายเหตุ:** บริเวณทางโค้งคำนึงถึงระยะทางตอนเข้าโค้งและออกจากโค้งข้างละ 50 เมตร, บริเวณสะพานคำนึงถึงระยะก่อนถึงเชิงลาดของสะพานข้างละ 15 เมตร

3.1.3 การวิเคราะห์หาความคุ้มค่าของโครงการ

ในการปรับปรุงความปลอดภัยทางถนน สิ่งสำคัญที่ต้องการทราบคือโครงการที่จะดำเนินการปรับปรุงนั้นมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ โดยมีหลายวิธีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าดังกล่าวสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการประเมินจาก อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย(BenefitCost Ratio, B/CRatio) ซึ่งเป็นที่นิยมในทางวิศวกรรม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย หมายถึง อัตราส่วนของผลประโยชน์เมื่อคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันต่อมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายของโครงการ โดยใช้อัตราส่วนลด (Discount Rate) เพื่อประเมินเป็นมูลค่าปัจจุบัน ถ้าโครงการลงทุนมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายมากกว่าหนึ่ง แสดงว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมในการลงทุน ซึ่งค่า B/C นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.2 ดังต่อไปนี้




$$B/C = \frac{\text{ผลประโยชน์ตอบแทนรายปี}}{\text{ค่าใช้จ่ายรายปี}}$$

$$= \frac{B}{EUAC + M} \qquad (3.2)$$

$$\text{Equivalent Uniform Annual Cost}(EUAC) = (I).\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right] \qquad (3.3)$$

เมื่อ

$\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$ = Capital recovery Factor(Given P to Find A), CRF (3.4)

i= Interest rate or discount rate, % per year

n= Analysis period, year

### 3.2 การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน

พิชัย ธานีรณานนท์,ยอดพล ธนาบริบูรณ์, และลำดวน ศรีศักดา (2548) ได้จัดทำคู่มือการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนเพื่อเป็นคู่มือปฏิบัติสำหรับประเทศไทย [10] ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 แนวคิดของการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน

วัตถุประสงค์หลักของการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน คือการลดจำนวนการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนถนนโดยอาศัยวิธีการที่มีลักษณะเป็นเชิงรุก (Proactive Approach) วิธีการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุที่หน่วยงานต่าง ๆ ดำเนินการกันอยู่ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นกรมทางหลวง กรมโยธาธิการและผังเมือง กรมการพัฒนาชุมชน กรุงเทพมหานครฯ หรือเทศบาลต่าง ๆ โดยการปรับปรุงจุดหรือบริเวณที่มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นมากเป็นวิธีที่เรียกกันว่า Blackspot Improvement วิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ถือปฏิบัติกันมาเป็นระยะเวลานานและมีลักษณะเป็นการตามแก้ปัญหา (Reactive Approach) ที่เกิดขึ้นจากจุดบกพร่องในโครงข่ายถนน ซึ่งอาจเกิดจากการมองข้ามความปลอดภัยในการออกแบบการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือการขาดการบำรุงรักษา หรือถ้าหากการออกแบบถนนได้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ความบกพร่องอาจเกิดจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการควบคุมทางแยกก็ได้ซึ่งไม่ว่าจุดอันตรายจะเกิดจากสาเหตุใดก็ตาม ผลที่ตามมาคือ การบาดเจ็บและเสียชีวิตของประชาชนคนไทย และความสูญเสียทางเศรษฐกิจต่อประเทศชาติ ดังนั้นการนำแนวคิดการตรวจสอบความปลดภัยทางถนนมาใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการเริ่มออกแบบถนน ไปจนถึงการตรวจสอบในขั้นตอนอื่น ๆ จึงเป็นวิธีการที่ประหยัดกว่าในการที่จะป้องกันปัญหาอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นก่อนที่จะทำการก่อสร้างถนน ซึ่งก็เป็นไปตามหลักปรัชญาที่ว่า *"การป้องกันดีกว่าการแก้ไข"*

3.2.2 การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน คืออะไร?

การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit) หรือ ตปถ. หมายถึง การตรวจสอบโครงการด้านถนนหรือการจราจรอย่างเป็นทางการโดยผู้ตรวจสอบอิสระที่ทรงคุณวุฒิ ซึ่งการตรวจสอบนี้จะครอบคลุมถึงโครงการหรือถนนที่มีอยู่แล้ว โครงการที่กำลังก่อสร้าง หรืออยู่ระหว่างการออกแบบ โดยผู้ตรวจสอบจะรายงานถึงศักยภาพในการเกิดอุบัติเหตุและความปลอดภัยในการใช้งานของโครงการและถนนดังกล่าว

3.2.3 นิยามของการตรวจความปลอดภัยทางถนน

Institution of Highways and Transportation (IHT) (1996) ในสหราชอาณาจักร ได้ให้คำนิยาม ตปถ.ว่าคือ วิธีการที่เป็นทางการสำหรับใช้ในการประเมินศักยภาพในการเกิดอุบัติเหตุและความปลอดภัยในการใช้งานของโครงการก่อสร้างถนนใหม่ และโครงการปรับปรุงและบำรุงรักษาถนนที่มีอยู่ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าการนำวิธีการดังกล่าวมาใช้อย่างเป็นระบบ จะทำให้หน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการว่าจ้างออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษาถนน เกิดความตระหนักถึงเรื่องหลักการที่ดีในเรื่องความปลอดภัยบนถนน

3.2.4 การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนที่เปิดให้ใช้บริการแล้ว

หลังจากที่เปิดถนนให้บริการแล้วไม่นานนัก สามารถตรวจสอบความปลอดภัยได้อีกครั้ง การตรวจสอบนี้ จะเป็นโอกาสให้ผู้ตรวจสอบสามารถสังเกตการใช้งานได้จริงของถนน ซึ่งอาจตรวจพบประเด็นปัญหาที่ไม่อาจเห็นได้ชัดเจนในขณะที่ยังไม่มีการจราจรจริงบนถนน อนึ่ง การแก้ไขจุดบกพร่องของโครงการในขั้นตอนนี้อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าขั้นตอนก่อนหน้านี้ แต่กระนั้นก็ตามยังมีความคุ้มค่าที่จะทำการแก้ไขจุดบกพร่องเหล่านี้ เมื่อพิจารณาในแง่ของความปลอดภัย ดังตัวอย่างที่ปรากฏในประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ และเหตุผลในการตรวจสอบถนนที่เปิดให้ใช้บริการแล้วแสดงได้ในตารางที่ 3-3

**ตารางที่ 3-3** เหตุผลในการตรวจสอบถนนที่เปิดให้ใช้บริการแล้ว

| **เหตุผลในการตรวจสอบถนนที่เปิดให้ใช้บริการแล้ว** |
|---|
| • ถนนที่สร้างมานานในสมัยที่ประเทศไทยยังค่อนข้างขาดแคลนงบประมาณในการก่อสร้างมักขาดความปลอดภัยเนื่องจากงบประมาณที่มีอยู่จำกัด<br>• มักมีการติดตั้งป้าย, เสา บริเวณทางโค้งหรือใกล้เขตทาง โดยขาดการพิจารณาด้านความปลอดภัย<br>• การใช้งานของถนน/พื้นที่ริมถนนเปลี่ยนไปตามระยะเวลา<br>• สภาพทั่วไปของถนนยังมีลักษณะที่เป็นอันตรายอยู่มาก โดยเฉพาะพื้นที่ริมสองข้างทาง<br>• ภูมิทัศน์, ต้นไม้ เจริญเติบโตขึ้น และอาจบดบังการมองเห็น<br>• วิธีปฏิบัติซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอยู่ เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ประสบการณ์ และความรู้ที่เพิ่มขึ้น<br>• อุปกรณ์ของถนน (ป้าย,หมุด ฯลฯ) เก่าลงตามเวลา<br>- การมองเห็น, การสะท้อนแสงลดลง<br>• เพื่อทำการตรวจสอบเวลากลางคืน<br>- ความสับสนในการมองเห็นจากแสงไฟของรถที่วิ่งสวน<br>- ความชัดเจนในการมองเห็น<br>• ช่วยให้ค้นพบสิ่งอันตรายที่เป็นปัญหาทั้งระบบ เช่น<br>- การติดตั้งอุปกรณ์กันอันตรายอย่างไม่ถูกต้อง<br>- ขนาดของเสาที่ติดตั้งป้าย, ลักษณะของป้าย, ตำแหน่งของเสา สามารถสร้าง "อันตราย" แก่ผู้ขับขี่ที่พลาดพลั้งได้ ถึงแม้ว่าจะเป็นแบบมาตรฐาน |

**ที่มา :** การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน คู่มือปฏิบัติสำหรับประเทศไทย, 2548

### 3.3 การวิเคราะห์จุดขัดแย้งในกระแสการจราจร

จาก[6]ได้อธิบายถึงการศึกษาความขัดแย้งในกระแสการจราจร ว่า เหมาะสำหรับใช้ศึกษาบริเวณทางแยกที่มีปริมาณจราจรมากและมีความเร็วของการจราจรไม่เกิน 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ข้อดีของวิธีการนี้คือ ทำให้สามารถเห็นถึงปัญหาหรือสถานการณ์ด้านความปลอดภัยในบริเวณอันตรายโดยใช้ระยะเวลาค่อนข้างสั้น วิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาก่อนและหลังดำเนินการ ซึ่งลักษณะของการขัดแย้งของกระแสจราจร (Conflict) มี 4 ลักษณะได้แก่

1) ตัดกัน (crossing)

2) แยกออกจากกัน (diverging)

3) แทรกเข้าหากัน (merging)

4) แทรกสลับกัน (weaving)

ซึ่งแต่ละลักษณะยังแบ่งออกได้เป็น แบบพื้นฐาน (Elemental) และแบบซับซ้อน (multiple) ควรหลีกเลี่ยงลักษณะแบบซับซ้อนเนื่องจากจะทำให้คนขับสับสน นอกจากนี้ยังทำให้ความปลอดภัยและความจุลดลง ในการออกแบบทางแยกควรแทนลักษณะการขัดแย้งแบบซับซ้อนด้วยลักษณะแบบพื้นฐานหลาย ๆ ชุด ลักษณะของการขัดแย้งของกระแสจราจรบริเวณทางแยก ซึ่งจำนวนของการขัดแย้งขึ้นกับ

1) จำนวนของขาทางแยก

2) จำนวนช่องจราจรของแต่ละขาทางแยก

3) ชนิดของระบบสัญญาณไฟจราจร

4) รูปแบบของการจัดช่องการไหล(channelization)

5)แนวการเคลื่อนที่ซึ่งอนุญาตให้ไปได้

## 4. วิธีการศึกษา

เพื่อความชัดเจนของการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาการวิจัยออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ 1) การรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษา 2) การวิเคราะห์ข้อมูล 3)สรุปและเสนอแนะผลการวิจัย

### 4.1 การรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษา

แบ่งการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 5 ส่วน ดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจราจร

2)ข้อมูลจราจร

3) ข้อมูลกายภาพของถนน

4) ข้อมูลการตรวจสอบความปลอดภัยของถนนที่เปิดให้ใช้บริการแล้ว

5) ข้อมูลเสริมจากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ซึ่งรายละเอียดของการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษาดังกล่าวข้างต้นได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ 5

### 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อมูลที่ได้รวบรวมมาเพื่อสรุปประเด็นปัญหาของการเกิดอุบัติเหตุ ทำการวิเคราะห์จุดขัดแย้งในกระแสการจราจร และใช้หลักการแก้ไขจุดอันตราย เพื่อแก้ไขปัญหาที่มีอยู่โดยวัดผลความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากค่า B/C และจากจำนวนจุดขัดแย้งในกระแสการจราจรที่เปลี่ยนไปซึ่งได้กล่าวถึงรายละเอียดไปแล้วในหัวข้อที่ 3

### 4.3 สรุปและเสนอแนะผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษา และทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปลักษณะและสาเหตุของปัญหาความไม่ปลอดภัยในพื้นที่ศึกษา ซึ่งทำให้สามารถเสนอแนะแนวทางปรับปรุงเพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ที่สัญจรผ่านบริเวณดังกล่าว และได้กล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 6 และหัวข้อที่ 7 ตามลำดับ

## 5. การรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษา

### 5.1 ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจราจร

ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจราจรบริเวณทางแยกที่ศึกษาได้รวบรวมจากมูลนิธิมิตรภาพสามัคคี(ท่งเซียเซี่ยงตึ๊ง)หาดใหญ่ ในใบบันทึกเหตุต่าง ๆ ของศูนย์วิทยุกู้ภัยจังหวัดสงขลาย้อนหลังเป็นเวลา 3ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 – พ.ศ.2557 ดังแสดงในตารางที่ 5-1

**ตารางที่ 5-1**สถิติการเกิดอุบัติเหตุบริเวณพื้นที่ศึกษา

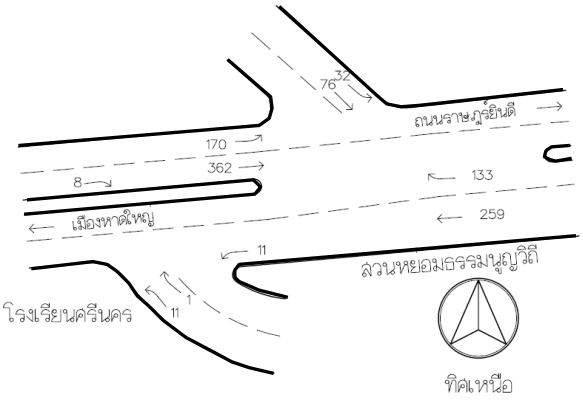
| พ.ศ. | จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง) | บาดเจ็บ (ราย) | เสียชีวิต (ราย) |
|---|---|---|---|
| 2555 | 6 | 8 | 0 |
| 2556 | 6 | 7 | 0 |
| 2557 | 2 | 2 | 0 |
| รวม | 14 | 17 | 0 |

**ที่มา:** มูลนิธิมิตรภาพสามัคคี(ท่งเซียเซี่ยงตึ๊ง)หาดใหญ่, 2558

### 5.2 ข้อมูลการจราจร

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจราจรในพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้แก่ ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยที่เข้าสู่ทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า โดยทำการรวบรวมในวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2558 ช่วงเวลา7.00น. – 9.30 น. การ

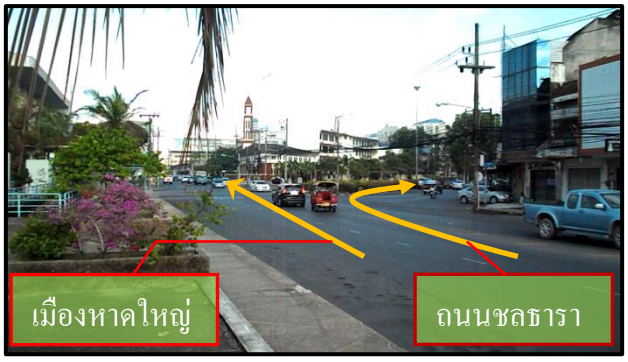
รวบรวมใช้วิธีจดบันทึกในแบบสำรวจปริมาณจราจร และผลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่5-1




**รูปที่ 5-1** ปริมาณการจราจรเฉลี่ยที่เข้าสู่ทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า
**หมายเหตุ :**หน่วยเป็น คันPCU/ชั่วโมง

### 5.3 ข้อมูลภายภาพของถนน

จากการสำรวจข้อมูลกายภาพของทางแยกที่ศึกษาพบว่า มีลักษณะเป็นทางสี่แยกที่เยื้องกัน โดยทางเอก(ถนนธรรมนูญวิถี)มี 4 ช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ช่องจราจรต่อหนึ่งทิศทาง และแบ่งทิศทางการจราจรด้วยเกาะสี มีความกว้างของช่องจราจรจากเกาะสี 3 เมตร และ 5 เมตร ตามลำดับ ทั้งสองทิศทาง ทางโททางทิศเหนือ (ถนนชลธารา) มี 2 ช่องจราจร กว้าง 4 เมตร ทั้งสองทิศทาง แบ่งทิศทางการจราจรด้วยเส้นจราจร ทางโททิศใต้(ถนนราษฎร์ยินดี ซอย 14) มี 2 ช่องจราจร แบ่งเป็น 1 ช่องจราจรต่อหนึ่งทิศทาง มีความกว้างของช่องจราจร 3 เมตร ทั้งสองทิศทาง และแบ่งทิศทางการจราจรด้วยเส้นจราจร และข้อมูลทางภายภาพดังกล่าวข้างต้นแสดงได้ในรูปที่5-2และรูปที่ 5-3 ตามลำดับ




**รูปที่ 5-2** ลักษณะทั่วไปของทางแยกจากทิศตะวันออกมุ่งสู่ทิศตะวันตก




**รูปที่ 5-3** ลักษณะทั่วไปของทางแยกจากทิศตะวันตกมุ่งสู่ทิศตะวันออก

### 5.4 ข้อมูลจากการตรวจสอบความปลอดภัยของถนนที่เปิดให้บริการแล้ว

ประเด็นปัญหาความปลอดภัยในพื้นที่ศึกษา

1)ระบบไฟฟ้าแสงสว่างไม่เพียงพอในเวลากลางคืน

2) มีรถโดยสารขนาดใหญ่จอดใกล้ทางแยกบนทางเอกในทิศตะวันออกมุ่งตะวันตก ทำให้กีดขวางการจราจร

3)ป้ายควบคุมการจราจรไม่เพียงพอ ผู้ขับขี่ไม่สามารถรับทราบได้

4)มีพุ่มไม้บดบังการมองเห็นรถทางเอกของรถที่มาจากถนนชลธารามุ่งสู่ทิศใต้

5)มีปริมาณรถที่มุ่งสู่ทิศตะวันตกต้องการเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนชลธาราปริมาณมาก ทำให้การจราจรติดขัด

6) มีรถที่ตัดกระแสจราจรในทิศเหนือไปทิศใต้ (ถนนชลธาราไปถนนราษฎร์ยินดี ซอย 14)

7)มีปริมาณรถเข้าสู่ทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วนปริมาณมากทำให้การจราจรติดขัด

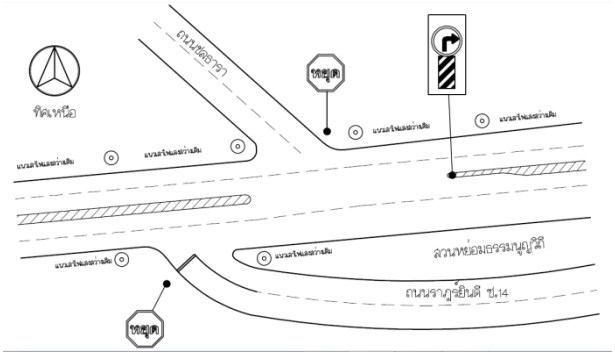
### 5.5 ข้อมูลเสริมจากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ได้ทำการสัมภาษณ์สอบถามผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลเสริมในการวิเคราะห์ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัย บุคคลที่สัมภาษณ์ได้แก่ เจ้าหน้าที่จากมูลนิธิมิตรภาพสามัคคี(ท่งเชียเซี่ยงตึ้ง)หาดใหญ่ ที่เคยไปปฏิบัติงานช่วยเหลือผู้ประสบเหตุ เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยโรงเรียนแสงทองวิทยา และเจ้าของร้านขายไอศกรีมซึ่งต่างก็ให้ข้อมูลไปในทิศทางเดียวกันว่า ทางแยกขาดการควบคุมการจราจรที่ดี กลางคืนแสงสว่างไม่เพียงพอ และผู้ขับขี่ขับรถด้วยความประมาท ส่งผลบริเวณดังกล่าวเกิดอุบัติเหตุจราจรบ่อยครั้ง

## 6. ผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงลักษณะกายภาพเดิมของพื้นที่ศึกษา(รูปที่ 6-1) และได้สรุปปัญหาความไม่ปลอดภัยและแนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยในพื้นที่ศึกษาซึ่งผลจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

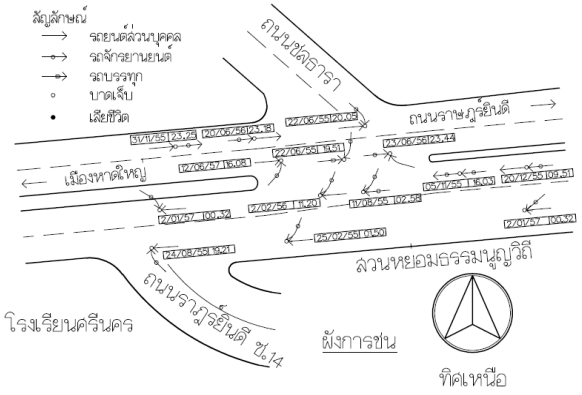
### 6.1 ลักษณะกายภาพเดิมของพื้นที่ศึกษา




**รูปที่ 6-1** พื้นที่ศึกษาก่อนปรับปรุงความปลอดภัย

### 6.2 ลักษณะการชนในพื้นที่ศึกษา

ลักษณะการชนในพื้นที่ศึกษาได้รวบรวมจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่จากมูลนิธิมิตรภาพสามัคคี(ท่งเซียเซี่ยงตึ้ง)หาดใหญ่ ที่ได้ออกปฏิบัติหน้าที่ในวันเกิดเหตุ สาเหตุที่ต้องใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เพราะในใบบันทึกเหตุต่างๆ ของศูนย์วิทยุกู้ภัยจังหวัดสงขลา ไม่ได้ระบุลักษณะการชนไว้ ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวอาจมีความคลาดเคลื่อนไปบ้าง ผลจากการสัมภาษณ์สามารถสรุปได้ในรูปที่ 6-2




**รูปที่ 6-2** ลักษณะการชนในพื้นที่ศึกษา

### 6.3 การวิเคราะห์ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ

จากการวิเคราะห์ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุจราจรในพื้นที่ศึกษาซึ่งทำการศึกษาจากข้อมูลอุบัติเหตุจราจรที่ได้รวบรวมมาและจากการสำรวจภาคสนามสามารถสรุปปัญหาและได้เสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาตามคำแนะนำใน[6]ซึ่งได้สรุปรายละเอียดไว้ในตารางที่ 6-1 ดังนี้

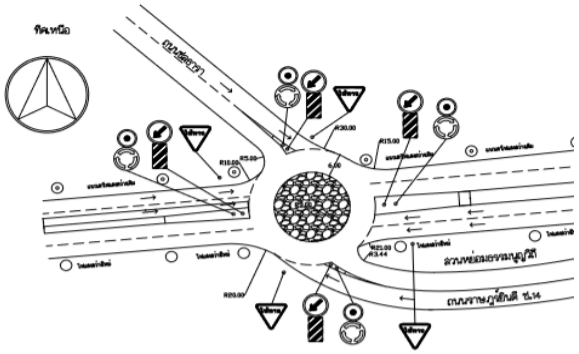
**ตารางที่ 6-1** สรุปปัญหาความไม่ปลอดภัยในพื้นที่ศึกษา

| ลักษณะของปัญหา | สาเหตุ | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| 1. ชนกันช่วงเวลากลางคืน | แสงสว่างไม่เพียงพอ | ติดตั้งไฟแสงสว่างเพิ่มเติมและติดตั้งไฟกระพริบทั้ง 4 ทิศทาง |
| 2.ชนท้ายรถรอเลี้ยวขวาบนทางเอก ในแนวทิศตะวันออกมุ่งสู่ทิศตะวันตก | ไม่มีช่องรอเลี้ยวขวาและมีรถโดยสารขนาดใหญ่จอดทางด้านซ้าย | เพิ่มช่องจราจรสำหรับรถรอเลี้ยวขวาและห้ามรถโดยสารจอด |
| 3.รถทางเอกชนรถที่วิ่งตัดกระแสการจราจรในแนวทิศเหนือมุ่งสู่ทิศใต้ | แนวถนนไม่ได้ตั้งฉากกันและมีพุ่มไม้บดบังการมองเห็น | ปรับแนวถนนให้ตั้งฉากกัน และเอาสิ่งกีดขวางออก |
| 4.รถทางเอกชนรถที่วิ่งตัดกระแสการจราจรในแนวทิศใต้มุ่งสู่ทิศเหนือ | แนวถนนไม่ได้ตั้งฉากกันและการจราจรในแนวนี้มีลักษณะสวนกระแสการจราจร | ห้ามเดินรถในทิศทางนี้ |

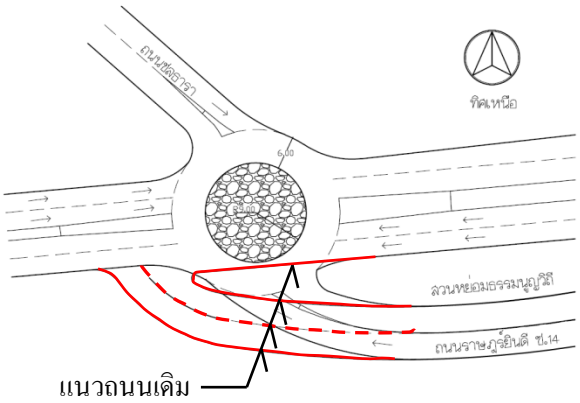
### 6.4 แนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยในพื้นที่ศึกษา

จากการนำหลักการแก้ไขจุดอันตรายมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยทางกายภาพโดยใช้วงเวียน ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 6-3สำหรับรูปที่ 6-4 เป็นการเปรียบเทียบแนวถนนในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง เหตุผลที่เลือกใช้วงเวียนในการปรับปรุงความปลอดภัย เนื่องจากลักษณะกายภาพของทางแยกเดิมก่อนทำการปรับปรุงความปลอดภัยมีปัญหาการจราจรติดขัดและเกิดอุบัติเหตุจราจรบ่อยครั้ง ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากหลายสาเหตุดังแสดงในตารางที่ 6-1 และข้อดีของวงเวียนก็คือ สามารถลดความเร็วของยานพาหนะลงได้ และมีความลื่นไหลของกระแสการจราจรดีกว่าทางแยกทั่วไป ส่งผลทำให้ลดการติดขัดของกระแสการจราจร และเพิ่มความปลอดภัยในการสัญจรผ่านบริเวณดังกล่าวได้ ประกอบกับแนวทางการ

ปรับปรุงโดยการปรับปรุงแนวถนนชลธาราให้ตั้งฉากกับถนนธรรมนูญวิถี(ข้อที่ 3 จากตารางที่ 6.1)เป็นแนวทางการปรับปรุงที่ไม่เหมาะสมมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับวงเวียน เพราะลักษณะทางกายภาพของถนนเป็นถนนเลียบคลอง การปรับแนวถนนให้ตั้งฉากจะต้องรุกล้ำพื้นที่ของคลอง นอกจากจะใช้งบประมาณในการปรับปรุงที่สูงแล้ว การปรับปรุงดังกล่าวยังเป็นการกระทบต่อระบบการระบายน้ำของหน่วยงานในท้องถิ่น ซึ่งอาจส่งผลกระทบให้เกิดภาวะน้ำท่วมในพื้นที่ดังกล่าวได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วงเวียนเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้



**รูปที่ 6-3** การใช้วงเวียนปรับปรุงความปลอดภัย




**รูปที่ 6-4** แนวถนนก่อนและหลังการปรับปรุง

6.4.1 การคำนวณความคุ้มค่าของโครงการปรับปรุงความปลอดภัย

ได้เสนอมาตรการแก้ไขเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยดังนี้

1) ก่อสร้างวงเวียน
2) จัดช่องจราจรใหม่
3) ติดตั้งไฟกระพริบทั้ง 4 ทิศทาง
4) ย้ายเสาไฟฟ้าและสิ่งกีดขวาง
5) ตีเส้นจราจรใหม่
6)ติดตั้งไฟส่องสว่าง
7) ติดตั้งป้ายจราจรใหม่
8) ปรับแนวถนนใหม่

หลังจากคัดเลือกใช้มาตรการแล้ว สามารถประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์(B/C)ของโครงการได้ดังนี้

1) งบประมาณในการปรับปรุง, I= 1,059,300 บาท
2) ผลประโยชน์ตอบแทนรายปีจากอุบัติเหตุที่ลดลง

B, = 4,833,878 บาท

-จำนวนปีที่ใช้ในการวิเคราะห์, n= 5 ปี

-อัตราคิดลด(Discount Rate), i = 12% ต่อปี

-แทน i= 0.12 และ n=5 ใน สมการ 3.4 จะได้

CRF=0.277410

3) จากสมการ 3.3 จะได้

งบลงทุนคิดเป็นรายปี(*EUAC*)

= (1,059,300)(0.277410) = 293,860 บาท/ปี

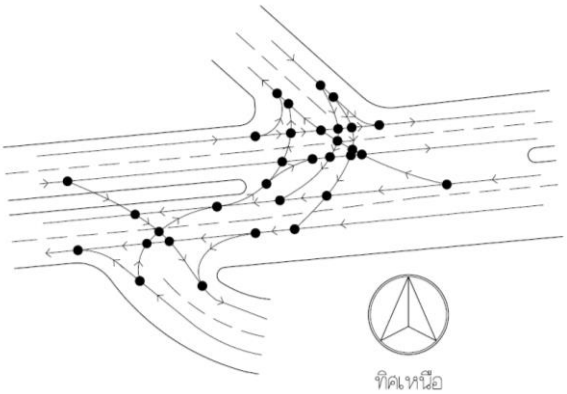
4) ค่าบำรุงรักษา, M= 53,000 บาท/ปี
5) จากสมการ 3.2 จะได้

B/C = (4,833,878)/(293,860+53,000) = 13.94

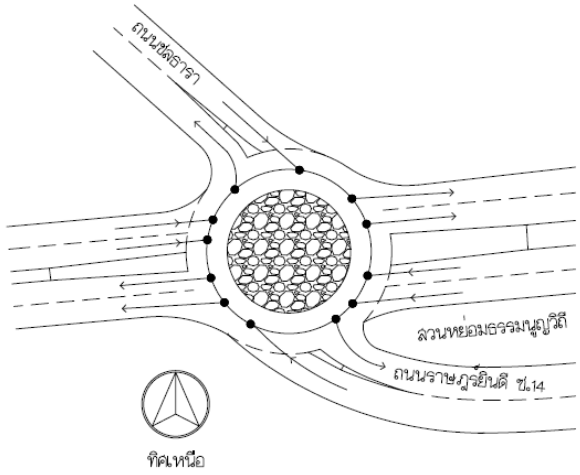
ผลลัพธ์ที่ได้จากการคัดเลือกใช้มาตรการให้ค่า B/C = 13.94 ซึ่งมีค่ามากกว่าหนึ่งสามารถสรุปได้ว่าโครงการที่นำเสนอมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

6.4.2 การวิเคราะห์จุดขัดแย้งในกระแสการจราจร

ผลการวิเคราะห์จุดขัดแย้งในกระแสการจราจรนำมาเปรียบเทียบระหว่างก่อนทำการปรับปรุงความปลอดภัยกับหลังทำการปรับปรุงความปลอดภัยพบว่า ก่อนทำการปรับปรุงมีจุดขัดแย้งในกระแสการจราจรจำนวน 32 จุด ซึ่งแสดงได้ในรูปที่ 6-5หลังจากทำการปรับปรุงแล้วจุดขัดแย้งในกระแสการจราจรมีจำนวน 12 จุด ดังแสดงในรูปที่ 6-6




**รูปที่ 6-5** จุดขัดแย้งในกระแสการจราจรก่อนการปรับปรุงความปลอดภัย




**รูปที่ 6-6** จุดขัดแย้งในกระแสการจราจรหลังการปรับปรุงความปลอดภัย

ผลจากการปรับปรุงความปลอดภัยส่งผลให้จำนวนจุดขัดแย้งได้ลดลงไปจำนวน 20 จุด ซึ่งหมายถึงโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุจราจรก็ลดลงตามไปด้วย

## 7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาปัญหาความไม่ปลอดภัยบนถนนธรรมนูญวิถีโดยใช้ทางแยกถนนชลธาราตัดกับถนนธรรมนูญวิถีเป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งผลจากการศึกษาทำให้ได้แนวทางปรับปรุงความปลอดภัยในพื้นที่ศึกษาซึ่งผู้วิจัยได้เสนอแนะให้ใช้วงเวียนในการแก้ไขปัญหา และผลจากการศึกษาพบว่า แนวทางการปรับปรุงที่นำเสนอมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยได้ค่า B/C เท่ากับ 13.94 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวทางที่นำเสนอดังกล่าวมีความคุ้มค่า และผลจากการศึกษาจุดขัดแย้งในกระแสการจราจร พบว่า หลังการปรับปรุงจำนวนจุดขัดแย้งในกระแสการจราจรลดลงไปเป็นจำนวน20 จุดซึ่งส่งผลให้โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุจราจรลดลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามในการปรับปรุงความปลอดภัยดังกล่าวยังมีอีกหลายแนวทางที่ผู้วิจัยยังไม่ทำการศึกษา ซึ่งหากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้ก็ควรศึกษาแนวทางอื่น ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแนวทางที่ผู้วิจัยได้เสนอแนะ เพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดก่อนทำการปรับปรุงต่อไป

## 8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีเสมอมา ศ.ดร.พิชัย ธาณีรณานนท์ ซึ่งให้คำแนะนำสำคัญที่มีประโยชน์ต่องานวิจัย มูลนิธิมิตรภาพสามัคคี(ท่งเซียเซี่ยงตึ๊ง) หาดใหญ่ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ ภรรยาและหลานๆ ที่ช่วยกันเก็บข้อมูลภาคสนามและเพื่อนๆ พี่น้อง ร่วมรุ่นทุกๆคน ที่ช่วยเหลือกันมาตลอด และขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือและไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์อำนวยความปลอดภัยทางถนน กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2554) *แผนที่นำทางเชิงกลยุทธ์ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2554-2563*.กรุงเทพ. ประเทศไทย.

[2] มูลนิธิมิตรภาพสามัคคี(ท่งเซียเซี่ยงตึ๊ง)หาดใหญ่. (2558)*ใบบันทึกเหตุต่างๆ ศูนย์วิทยุกู้ภัยจังหวัดสงขลา, พ.ศ. 2555 – พ.ศ. 2557.*

[3] สนิท รัตนศฤงค์. (2553)*การประเมินผลของโครงการปรับปรุงแก้ไขจุดเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษา เส้นทางสาย นม.1020 แยกทางหลวงหมายเลข2-บ้านหนองปลิง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา.* โครงการบัณฑิตวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. ประเทศไทย.

[4] ประวีณณ์ พวงโต, พีรพลพงษ์หนองโน, และสานิต ด้วยชัยภูมิ, *การแก้ไขจุดอันตรายบนโครงข่ายถนนในมหาวิทยาลัยขอนแก่น*. การเตรียมโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4. ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. ประเทศไทย.

[5] ปิติ จันทรุไทย, สุรพน บุญเรือง, ชาลิสา พราหมณ์ชู, วรรณี มีขวดและเพ็ญจันทร์ แซ่หลี, *การศึกษาจุดอันตรายบนถนนในเขตเทศบาลนครศรีธรรมราช*. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19.

[6] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม. *เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการแก้ไขจุดอันตราย*.[ม.ป.พ.]

[7] ชัยวุฒิ กาญจนะสันติสุข, และพนกฤษณ คลังบุญครอง. (2550). *การระบุจุดเสี่ยงอันตรายโดยให้ชุมชนมีส่วนร่วม : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น*. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12.

[8] Austroad. *GUIDE TO TRAFFIC MANAGEMENT Part 6: Intersection, Interchanges and Crossings*. Sydney. (2007)

[9] สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง. (2546)*รายงานการศึกษาวิเคราะห์ทางแยกอันตราย*. กรุงเทพฯ. ประเทศไทย.

[10] พิชัย ธานีรณานนท์, ยอดพล ธนาบริบูรณ์, และลำดวน ศรีศักดา. *การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน*. พิมพ์ครั้งที่ 4. บ.ลิมบราเดอร์ การพิมพ์ จำกัด. สงขลา, พ.ศ. 2548

# Transportation Modes Detection in Bangkok Using GPS Logger Data and GIS Data

Paper Identification number: **AYRF15-021**

Kunnaree KRITIYUTANONT[1], Masahiko NAGAI[2]
Apichon WITAYANGKURN[3]

[1,2,3]Remote Sensing and Geographic Information Systems, School of Engineering and Technology
Asian Institute of Technology
[1]E-mail: kunnaree.kr@gmail.com
[2]E-mail: nagaim01@gmail.com
[3]E-mail: apichon@iis.u-tokyo.ac.jp

## Abstract

Person trips and transportation mode surveys could be in multiple formats, such as telephone interviews and questionnaires. These data collecting methods rely on manual labelling of data after a survey, and thus, it requires more manpower, time and budget. However, the information technology has introduced advanced data collecting methods such as a mobile phone or a data logger device that can easily record travel time and location data of people. This information plays an essential role in transportation surveying. GPS data can be used to find many features involved in travelling, but those data need to be processed to find transportation modes used before further analysis. The main objective of this study is to detect transportation modes used in Bangkok using GPS logger data. Since the transportation modes in Bangkok are unique and various, there are many problems, such as traffic condition and complexity of the transportation network systems. Therefore, it is not very simple to determine transportation modes. GIS data is used to help detecting transportation modes that have specific routes and stations. Random Forest classifier is used for transportation modes detection. Modes considered in this study are walking, 2-wheel vehicles, 4-wheel vehicles, bus, skytrain, subway and boat. Moreover, activities of people in a week were focused on. Such activities include stationary and modes transferring points. The transportation modes could be automatically detected using our algorithms. This method can be applied for other person trip data collected from a mobile phone that can collect huge number of dataset, and the output data can be used for further analysis in transportation surveying and other related topics.

**Keywords:** GPS logger, GIS, Transportation modes detection, Random Forest, Bangkok Transportation

## 1. Introduction

In Bangkok, there are many types of transportation systems available, for example, Fig. 1. Traveling in Bangkok could be different from other cities. Bangkok has local transportation modes such as boat and tuk tuk. Many offices and department stores are located in the central of Bangkok. This makes the rate of people travel in and out of Bangkok high in each day. Thus, the problem with traffic congestion has been around for a while and very hard to deal with since the government agencies, that deal with this problem, still lack the information about "people movement". This information can be used to analyze to improve or adjust the transportation systems in Bangkok to satisfy the needs of people.

To collect information on person trips and transportation modes, it can be done using several ways. Fortunately, the advanced data collecting devices (e.g. mobile phone or data logger device) have been introduced. These devices can automatically record travel time and location data of people without them having to record the data manually. GPS data can be used to find features involved in traveling, but the data needs to be processed prior to further analysis. The information on the transportation modes used by people can reflect the lifestyles of people as well. However, it is not feasible to have every user manually tagging the corresponding transportation modes to their GPS tracks. Two obvious reasons are:

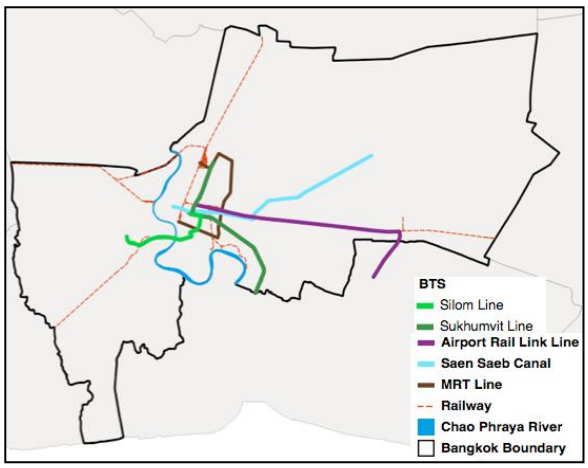



**Fig. 1** Transportation network in Bangkok

1.) Users do not directly achieve benefits from labeling their trips, and, 2.) It is not really convenient for people to record the exact time that they change modes of transportation [1]. From pre-field experiment, the people in the study group do not feel comfortable to use their phones to record data, but GPS logger can record data for a longer period of time than mobile phones. GPS logger can last up to 4-5 days after a full charging.

Since GPS logger devices cannot detect the transportation modes used automatically, it needs a calculation method to find transportation modes. Moreover, GIS data can be used to improve accuracy of detection algorithm for modes in Bangkok that have specific routes and stations.

## 2. Objectives

The main objectives of this work are based on 3 followings:

- The first objective is to find suitable procedure for data collection and manipulation of GPS logger, questionnaire and GIS datas. Since this work requires data from many sources, the suitable way, to collect and manipulate data, has to be designed in order to reduce the time used and further work.
- The second objective is to detect transportation modes in Bangkok using GPS logger and GIS data. Classification features and algorithms are adapted to match with transportation in Bangkok.
- The third objective is to analyze the detected transportation modes using grid and overlay technique, and create moving objects visualization.

## 3. Literature Review

There are many advantages of using GPS as a tool for travel data collection. First, trip origin, destination, and route data are automatically recorded. Second, routes are recorded for all trips, allowing for the post-processing recovery of unreported or misreported trips. Third, accurate trip start and end times are automatically determined, as well as trip lengths. From the previous research, there were many approaches introduced, most of them used both GPS and transport network data to determine transportation modes.

### 3.1 Related Works

The approach to automatically identify users' transportation modes in [8] has three parts which are "change point-based segmentation method", "inference model", and "graph-based post-processing algorithm". The GPS trajectories are partitioned into segments of different transportation modes. Then, a set of features, such as direction change rate, velocity change rate, and stop rate, is identified and input to the inference model to classify the segments of different modes. These features are not affected by differing traffic conditions. Finally, the graph-based post-processing algorithm is conducted. This algorithm considers the commonsense constraints of the real world and users' behaviors based on locations in a probabilistic manner. From the results, at least 71 % prediction accuracy is achieved.

In [5], a user's transportation modes are identified based on the GPS sensor on the user's mobile phone and transportation network data. The transportation network data includes real time bus locations, spatial rail and spatial bus stop data. By having the transportation network data, the motorized transportation modes can be identified with much higher accuracy than without having the transportation network data. From this paper, five different inference models including Bayesian Net, Decision Tree, Random Forest, Naïve Bayesian and Multilayer Perceptron were used to test. Among all five mentioned inference models, Random Forest

performed best with over 93% precision and recall accuracy in the experiments conducted.

In [7], an approach to reconstruct user's trip information from low-data-rate GPS data from a mobile phone has been proposed. There are four steps in the approach, which are "stay point extraction with outlier detection and removal", "trip segmentation based on change point detection", "transportation mode extraction using inference model" and "segment merging". During the "stay point extraction", outlier detection method is used to detect outliers and combine them as stay points. For "trip segmentation based on change point detection", some extra features, such as velocity change rate and point in train, are considered to assist the segmentation of non-walk segments that contain multiple modes. Spatial features including spatial train network and spatial road network are employed to improve the transportation modes inferring. After adding the spatial train network and spatial road network, the results achieved show 87.8% and 84% accuracy for precision and recall, respectively. Random Forest classifier with Bootstrap Aggregating is used for classifying transportation modes. From the results, this approach could reach over 87.8% accuracy for inferring transportation modes and 97.76% for just train mode alone.

### 3.2 Modes of Transportation in Bangkok

There are several transportation systems currently operating in the city of Bangkok (see more in Fig. 2). Although Bangkok's canals had served as the major transportation mode in the past, the land traffic has surpassed them in terms of importance. There are also older public transportation systems still operating in the city. Such older transportation systems include extensive bus networks and boat services on the Chaophraya River and Saen Saeb canal. Unfortunately, in the present days, Bangkok's public transportation systems cannot fully satisfy the lifestyles of the majority of its people in terms of quality and safety. Many people in Bangkok would still prefer to use their private vehicles over other public transportation modes. This is probably one of the very main reasons that limits the income of the public transportation systems and makes it harder to improve the service [6].

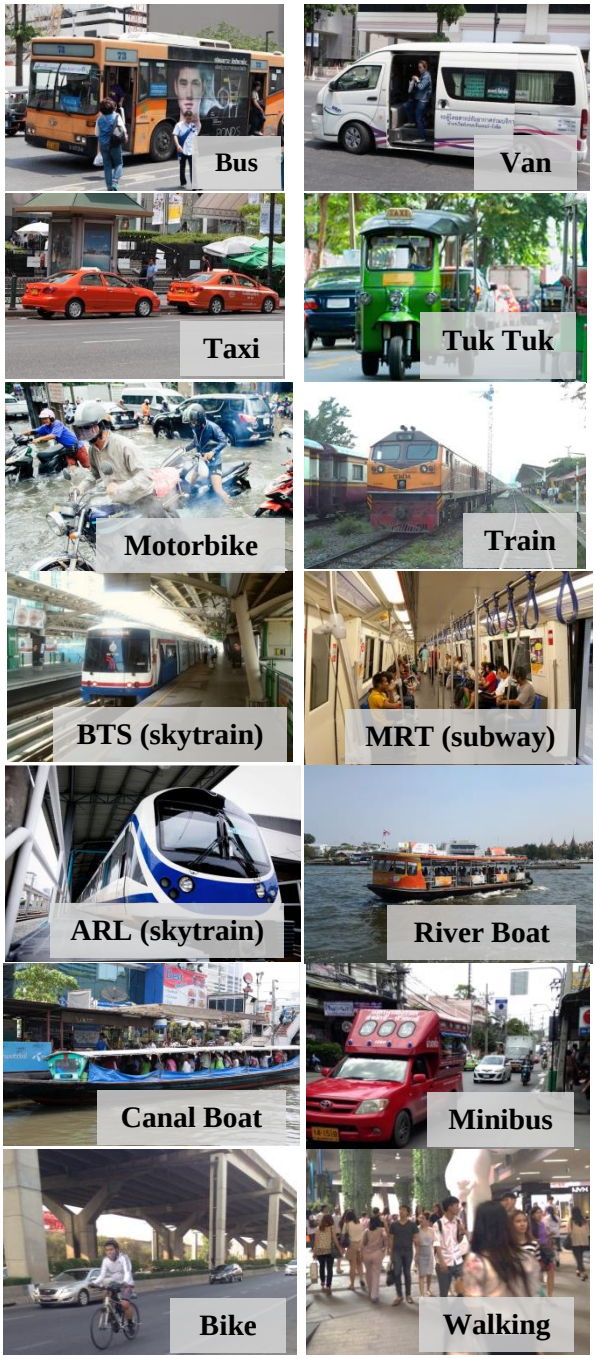



**Fig. 2** Examples of modes of transportation in Bangkok

### 3.3 Summary

The algorithm and classification features used in previous works are different. It depends on their data rate of GPS recording, device used, characteristics of transportation modes to detect and transport network data available. For example, [5] used real time bus location that, in Bangkok, is not available. For Bangkok, there are

traffic conditions and various kinds of modes that can affect the results. Considering some features, such as velocity and acceleration, might not be enough to infer the transportation modes in Bangkok since traffic condition could get really bad that inferring each transportation modes is almost impossible to be accurate. Modes, with the same characteristics and no available data to be used for detection, should be combined into the same group. Using GIS data to help infer the transportation modes make the results more accurate. Moreover, from previous reviewed researches, using Random Forest classifier to infer the transportation modes produces more accurate results than using other classifiers. Segment merging technique also helps reduce uncertain segments and traffic problems related in the detection step that affect accuracy when separating walk and other modes. Thus, it is used in this work for transportation modes detection step.

## 4. Methodology

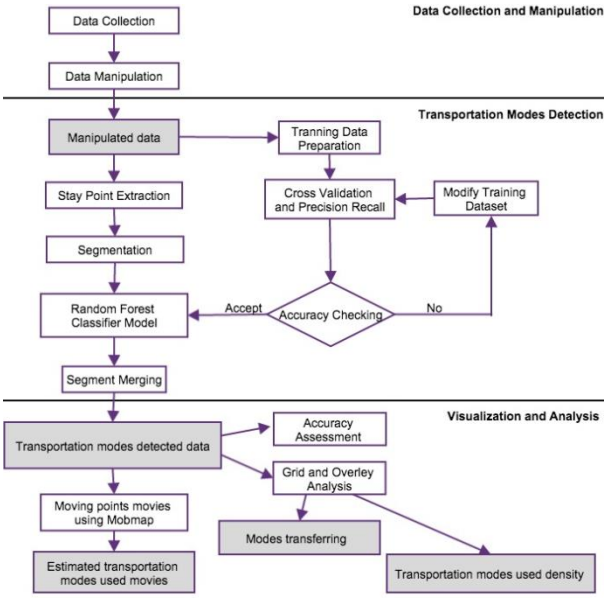



**Fig. 3** Overall workflow of methodology

For the methodology (Fig. 3), it is divided into three main parts:

1. Data Collection and Manipulation, data is collected from GPS logger, questionnaire survey papers and GIS data. After all the needed data has been collected, it is processed to be used in the other parts.
2. Transportation Modes Detection, the detection methods include stay point extraction, walk and non-walk segmentation, and transportation modes detection using Random Forest classifier and training data from the study group of volunteers.
3. Visualization and analysis, after the transportation modes used have been determined, the information is then visualized and analyzed to find mode-transferring points and main transportation modes used in Bangkok.

### 4.1 Dataset Collection

For person trip data, there are 80 volunteers in total from 4 universities. Each university has 20 volunteers. The volunteers who tended to use various types of transportation modes were preferred so the variety of data on the transportation modes could be achieved. The volunteers came from 4 universities, including Kasetsart University, Chulalongkorn University, Srinakharinwirot University and King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang. All of these universities are located in Bangkok but in different areas. The local transportation modes for the students from these universities are different.

### 4.1.2 GPS Logger Data

The device that is used to collect data is "GPS logger igotu GT-600" from Mobile Action, shown in Fig. 4. This device can set the time to record, has motion detection, and is water resistant. This device is selected because it is



**Fig. 4** igotu GT-600 GPS logger devices

easy to carry around. From the field experiment, it could operate for about a week without charging while recording data every 5 seconds.

This experiment uses 5-second time interval to record the data. Motion detection on the devices has been turned on to reduce number of records when people have no movement, and the buttons on the devices have been locked to prevent anyone from causing any problem to the devices. The period for collecting data from each volunteer is one week.

### 4.1.3 Questionnaire Survey Papers

The volunteers recorded their person trip in the given questionnaire survey papers while they are having the GPS loggers. The complete ones must complete details of the starting and ending time of each trip, modes used, origin and destination. The transportation modes used and the corresponding times are recorded. This information is used to improve the accuracy of inferring and create training dataset.

### 4.1.4 GIS data

Transportation network data is achieved from the related government agencies and downloaded from the BMA GIS Center's website, which provides free GIS data. Digitizing is performed for GIS data that are not available (e.g. MRT entrances, platform area of the skytrain and bus stop). In Fig. 5-6, the examples of the transportation modes with specific routes and stations are shown.




**Fig. 5** Entrances of Lat Phrao MRT station

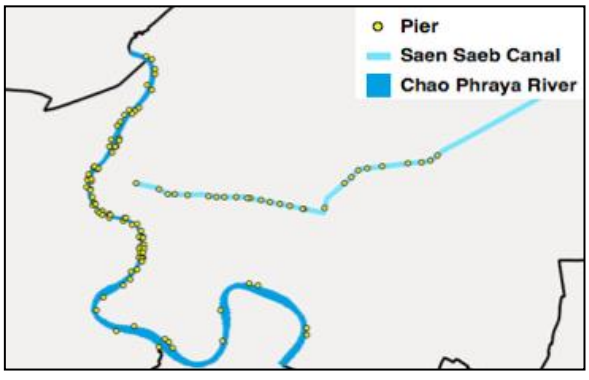



**Fig. 6** Routes and piers of boat sevices in Bangkok

## 4.2 Dataset Manipulation

### 4.2.1 GPS Logger Data Manipulation

After importing data from the GPS logger devices, it is noticed that each volunteer's data consists of many parts. So, they need to be combined. Java and PostgreSQL database is used to develop a program to combine the parts, and add or delete as desired. The example of GPS data processed is shown in Fig. 7, only timestamp and location data are extracted.

```
userid,sampleid,deviceno,time_stamp,latitude,longitude,altitude
cu01,1,120055,2014-09-30 00:00:01,13.755944,100.533295,50.97
cu01,1,120055,2014-09-30 00:00:06,13.755961,100.533318,50.48
cu01,1,120055,2014-09-30 00:00:11,13.756051,100.533394,49.9
cu01,1,120055,2014-09-30 00:00:16,13.756098,100.533447,53.54
```

**Fig. 7** GPS data included ID of users and new timestamp format

After the calculation and inspection, the error sources are duplicated records and jumping GPS points. From the calculated data below (Fig. 8), there are some points that should not exist because they would require velocity, acceleration or distance that a vehicle cannot achieve. Those points are detected as noise data (Fig. 9), then noise-removing algorithm is applied in this step.

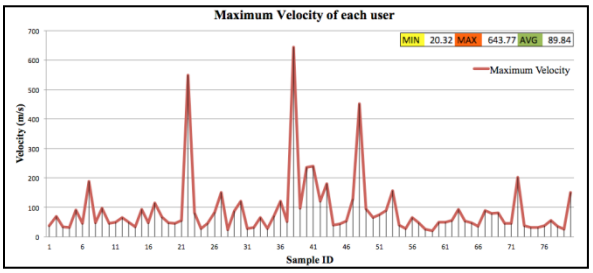



**Fig. 8** Maximum velocity (m/s) of each user from GPS collected data

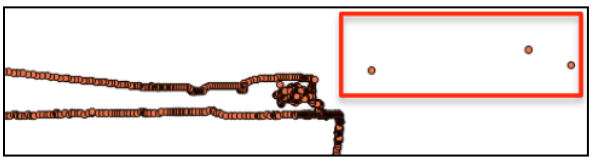


**Fig. 9** Jumping GPS points (in the box)

### 4.2.2 Questionnaire Data Manipulation

The questionnaire survey papers of 1-week person trip data are imported into CSV format. One record of trip data includes starting time, ending time, origin, destination and modes used. These data are prepared and collected in database to create training data in further step.

### 4.2.3 GIS Data Manipulation

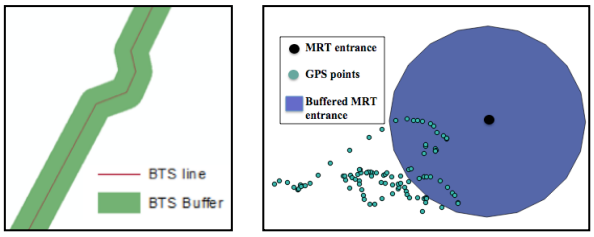



**Fig. 10** Bufferd GIS data

In this part, GIS data of routes and stations are used to find suitable buffering distance of each data to create buffering area. Since GPS data might contain errors, spatial features are used to help increase the accuracy of finding GPS points on the particular routes and stations. Moreover, all GIS data are changed projection into EPSG: 4326 same as GPS data.

### 4.3 Stay Point Extraction



**Fig. 11** Clustering of GPS points

The area with the cluster of GPS data (Fig. 11) is determined to identify if the user "stay for a while". The rest will be "move". Only moving part will be further analyzed. The method that is used to identify them is stay point extraction technique [7]. Stay points are extracted by using "minimum time" (tmin) and "maximum distance" (dmax) as criteria. Values selected to be thresholds in this work are tmin=15 minutes and dmax = 200 meters. So, if there are a gps points hit thresholds (tmin>=15 and dmax<= 200), those points are detected as stay, then only move segments are further analyzed.

### 4.4 Segmentation

Walk segments are analyzed to separate walk and non-walk segments. In this part, velocity (v) and acceleration (a) are used as criteria. When v=2 m/s and a=0.6 m/s$^2$, It got high recall with the best precision. Then, only non-walk segment are used in the next step for transportation modes detection. Moreover, to avoid GPS signal losing and missing segments when people getting in skytrain or subway, walk segments are used to perform within function with skytrain platform and suway entrances data. If there are time gaps between two walk segments hitting thresholds and those walk segments are along with skytrain platform or subway entrances, the velocities, at the ending point of first segment and starting point of current segment, are checked again to avoid some cases, such as people walking on BTS-skywalk or just cross the road using MRT entrances. If those segments are accepted, they are merged into one non-walk segment.

### 4.5 Classification Features

To detect transportation modes in Bangkok, suitable classification features are required. Considering just some features, such as basic features, might not be enough to infer the transportation modes in Bangkok. Using advanced features, such as Stop Rate and Heading Change Rate (Fig. 12) and GIS data, to help infer the transportation modes will make the results more accurate.

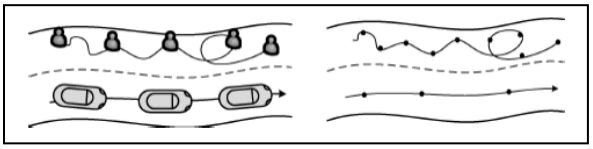


**Fig. 12** Heading change between walking and driving in the same distance [8]

Since some of the transportation systems in Bangkok have similar routes, such as a boat route with a bridge above (Fig. 13). If any movement on the water area is considered as a boat, the accuracy achieved could be very low since there are many bridges for land vehicles to cross the rivers. Thus, Stop Rate at Piers of a segment is used to separate boat and others. The vehicles travel on the roads under the BTS railway could also be considered as BTS mistakenly (Fig. 14). So, this work introduced "the percentage of stop rate at stations" as new spatial features. Skytrain stops only at its stations (Fig. 15), but vehicles travel along the skytrain lines might stop at other parts such as intersection.

This characteristic can be used to identify the modes.

There are differences in the driving behaviors between motorbike users and car users. For example, motorbike riders always zip in and zip out through traffic around Bangkok so the angle of heading of that segment can change more than using cars [8].

For a bus, people who taking a bus are likely to stop more times than driving, so stop rate can be another possible feature, but during peak hour, this feature cannot be used. Thus, the possible feature that can extract bus from another is stop rate at bus stop of that segment.

The classification features used in this work are shown in Table 1. Features ranking is also performed to help in features selection.




**Fig. 13**
**(**Left) Boat segments on Chao Phraya River
(Right) Vehicles on the road segments

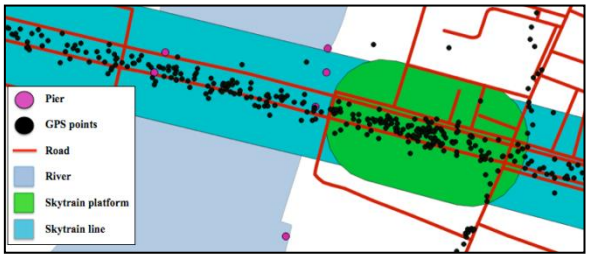



**Fig. 14** Complexity of transportation networks between boat, skytrain and modes on the road.

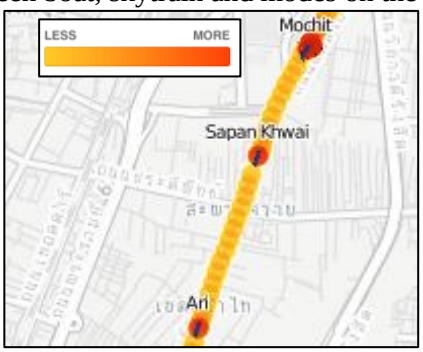



**Fig. 15** Cluster of GPS points along the BTS line

Below are the examples of equation to calculate classification features.

$$HCR = P(hcr)/Dist \quad (1)$$

Where P(hcr) is the number of GPS points in a segment which a user changes his/her heading direction exceed a certain threshold.

$$SR = P(sr)/Dist \quad (2)$$

Where P(sr) is the number of GPS points in a segment which velocity is smaller than a certain threshold.

$$PiT = P(pit)/Total\ point\ in\ a\ segment \quad (3)$$

Where P(pit) is the number of GPS points in a segment which belong in a particular skytrain line.

$$PiST = P(pist)/P(sr) \quad (4)$$

Where P(pist) is the number of P(sr) within skytrain platform.

**Table 1** Classification features

| | |
|---|---|
| **Basic Features** | |
| Dist | Total distance of a segment |
| MaxV | The maximal velocity of a segment |
| MaxAc | The maximal acceleration of a segment |
| AvgV | The average velocity of a segment |
| Time | Travel time of a segment |
| Point | Total point of a segment |
| **Advanced Features** | |
| SR | Stop rate of a segment |
| HCR | Heading Change Rate of a segment |
| **Spatial Features** | |
| PiT | Percentage of point in skytrain line |
| PiW | Percentage of point in River and Canal |
| PiSW | Percentage of point in subway entrances |
| PiST | Percentage of stop rate in skytrain platform |
| PiP | Percentage of stop rate at pier |
| PiB | Percentage of stop rate at bus stop |

## 4.6 Transportation Modes Detection

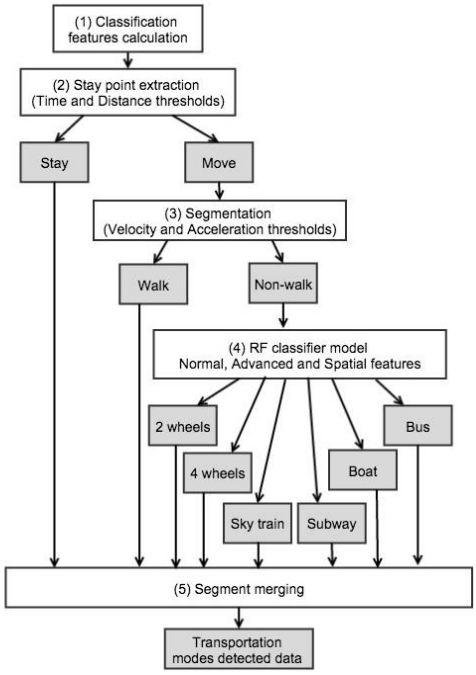



**Fig. 16** Workflow of modes detection

Random Forest is used for transportation modes detection. Dataset and features combination that obtain the best result of precision and recall are selected to be training data. All remaining GPS data are calculated to find classification features based on segment to be used as test data in Random Forest model.

For the training data, the data from questionnaire survey papers are used to find threshold and create training data for learning state of Random Forest model. In this work, out of all the data, about 30% of them are acceptable and used as training data.

## 4.7 Segment Merging

In this part, the probability of the transportation is analyzed. For example, in a short distance, it is unlikely that a user will use many transportation modes. This part of data needs to be corrected. Moreover, a walk segment is analyzed. If it is in between two transportation modes (Fig. 17), it is a possible walk segment. If it is in between same transportation mode, it should be merged to that mode because the velocity of the mode could be decreased due to the traffic condition.

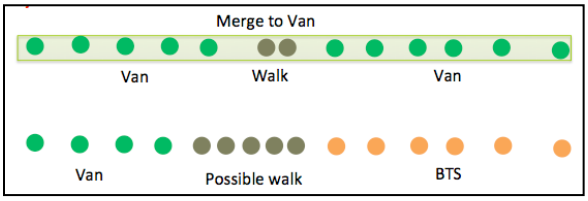



**Fig. 17** Certain and uncertain walk segments

## 4.8 Performance Evaluation

Precision and recall are the measures used in evaluating model. K-fold Cross Validation is a method of assessing the accuracy and validity of the model.

## 4.9 Visualization and Analysis

To visualize the results, labeling data by modes in integer makes it easier to visualize the data on GIS softwares and other applications (e.g. QGIS and mobmap). It also reduces the size of the data. Mobmap apllication is used to create moving points visualization. Detected mode data is used as the input file (Fig. 18). Each mode is identified by different colors. Then, it is generated to moving GPS points, separated by user's ID, sorted by timestamp and colors varying when its modes are changed.

For Grid and Overlay Analysis, detected transportation modes data are used to perform spatial joining with grid covered Bangkok areas.

| sampleid | latitude | longitude | new_timestamp | modes | mode_int | transfer |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13.751527 | 100.530952 | 2015-06-02 08:34:45 | walk | 1 | 0 |
| 1 | 13.751505 | 100.530991 | 2015-06-02 08:34:50 | walk | 1 | 0 |
| 1 | 13.751491 | 100.531067 | 2015-06-02 08:34:55 | walk | 1 | 0 |
| 1 | 13.749519 | 100.531212 | 2015-06-02 08:35:00 | bus | 4 | 0 |
| 1 | 13.74901 | 100.531082 | 2015-06-02 08:35:05 | bus | 4 | 1 |
| 1 | 13.748729 | 100.531036 | 2015-06-02 08:35:10 | bus | 4 | 0 |
| 1 | 13.748468 | 100.530945 | 2015-06-02 08:35:15 | bus | 4 | 0 |

**Fig. 18** Examples of modes detected data and its new modes labelling

From the data, information such as "modes transferring point" which is a point that people change their transportation mode can be found. In Fig. 18, the record which value=1 in transfer column, it is collected in modes transferring points. In addition, each grid might contain several modes used, so major modes can be found by finding the highest percentage of modes used. The data in this work is spatio-temporal GPS data, so the structures of grid are created based on hour of a day (Fig. 19) for further analysis and visualization.

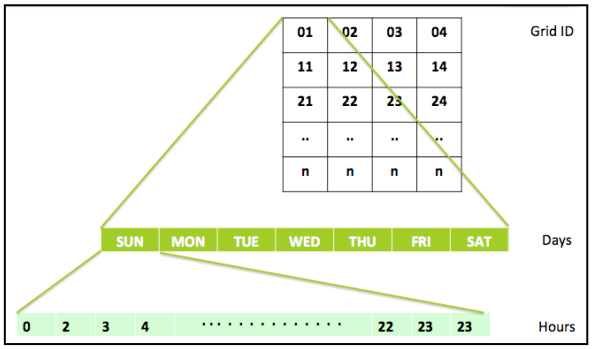



**Fig. 19** Grid structures

### 4.10 Implementation

PostgreSQL with PostGIS extension is used as database to collect and manage spatial and non-spatial data. Java language is used to develop program for calculation and modes detection. For Random Forest classifier, Java-ML library is used to develop the model. Finally, QGIS, Mobmap and CartoDB are used for visualization. Moreover, those are available for working in a cross platform.

## 5. Results and Discussion

Comparing to questionnaire surveys, GPS devices can automatically record time and location of person trip, whereas using questionnaire surveys, people must report their trips manually. In Fig. 20, the information about active periods from GPS is shown. However, without processing and analysis, questionnaire data can provide more information than raw GPS data.

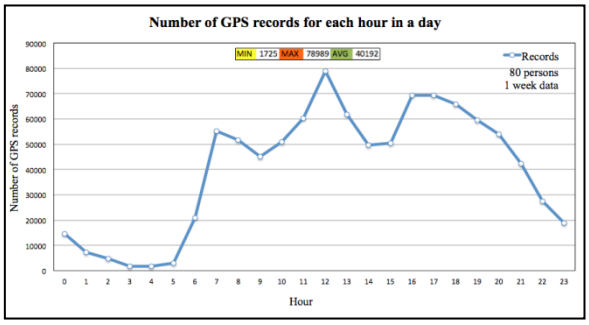



**Fig. 20** Number of GPS records for each hour

After manipulation and stay point extraction, the process of GPS noise removing makes the GPS data usable for analysis. From the results shown in Fig. 21, starting and ending time of each stay segment are defined. The collections of stay points are used to calculate for its centroid location. This information can be used for further analysis about mining activities of people.

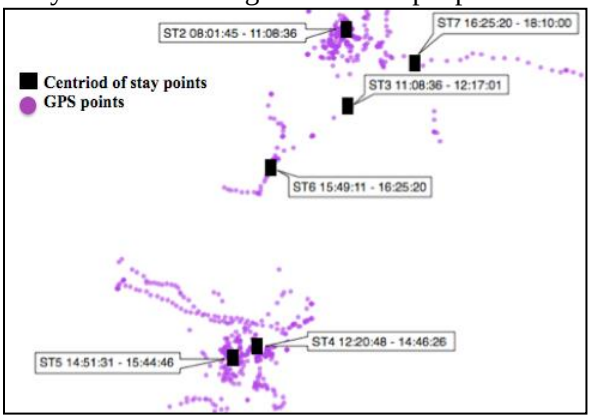



**Fig. 21** Examples of stay points detected

There are various modes on the road in Bangkok such as private car, bus, taxi, van, motorbike and etc. In this work, modes on the road detected are divided into 2-wheel vehicles, 4-wheel vehicles and bus, due to same characteristics. 2 wheels; include bike and motorbike. 4 wheels; include car, taxi, van, tuk tuk, minibus and etc.

For transportation modes detection, results are shown in the figures below. In Fig. 22, it shows modes detected of 1-day person trip data after segment merging is applied. GPS points are separated into several segments and categorized by modes used. For skytrain and bus, percentages obtained are lower than other modes due to traffic conditions and complex transportation networks in Bangkok. The overall model precision is 87.17 % and 87.83 % for recall, by using spatial features together.

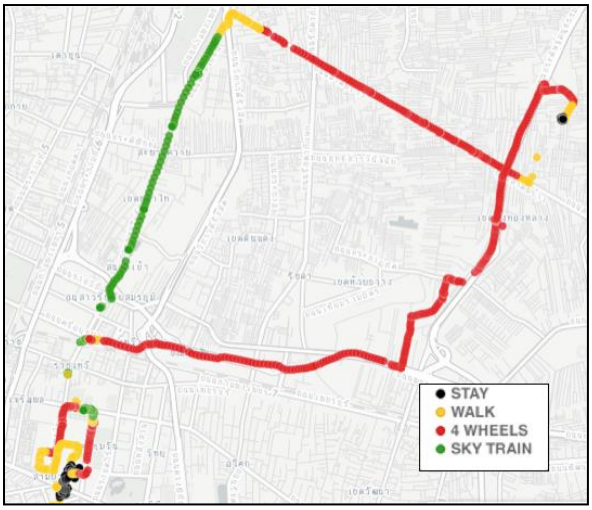



**Fig. 22** The example of modes detected data

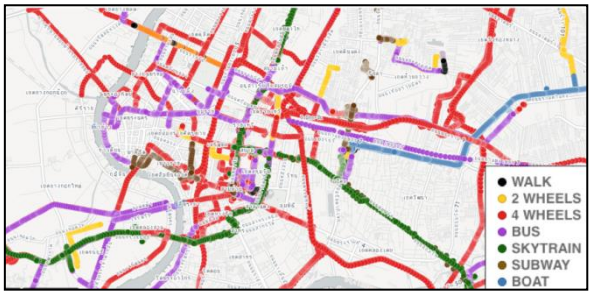



**Fig. 23** Modes detected data of several person trips in the inner of Bangkok

For the analysis part, transportation modes detected data and vector grids are processed to find major modes used. In Fig. 24, the results obtained show that boat is only found in Saen Saeb Canal and some parts of Chao Phraya River around the inner Bangkok, which is correct. For modes transferring points (Fig. 25), grids that have rapid transit show a lot of modes transferring points. The darker color grids cover areas such as Mo Chit, Sam Yan, Lat Phrao, Victory Monument and Phaya Thai, that are commercial zone and people can transfer to many other modes.

From Fig. 26, it shows screen capture of user's movement's GPS points generated from Mob map. From Fig. 27, it shows people flow in different colors imply different modes of transportation from transportation modes detected data. This kind of visualization is useful for studying about mobility of people.

**Table 2** Comparison the performances of transportation modes detection model

| | **Basic + Advanced Features** | | | **Basic + Advanced + Spatial Features** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mode | Accuracy | Precision | Recall | Accuracy | Precision | Recall |
| 2 Wheels | 90 | 70 | 92 | 96 | 86 | 94 |
| 4 Wheels | 82 | 67 | 71 | 92 | 86 | 86 |
| Bus | 74 | 60 | 40 | 80 | 71 | 70 |
| Skytrain | 90 | 75 | 43 | 92 | 80 | 77 |
| Subway | 92 | 54 | 20 | 100 | 100 | 100 |
| Boat | 90 | 73 | 92 | 100 | 100 | 100 |
| **Overall** | **86.33** | **66.50** | **59.67** | **93.33** | **87.17** | **87.83** |

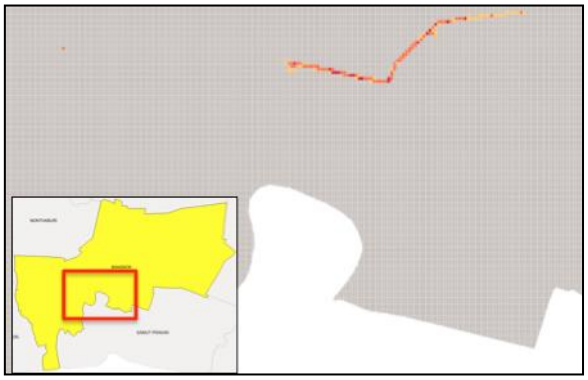


**Fig. 24** The example of grid data (100 m.) that contain boat as the major mode

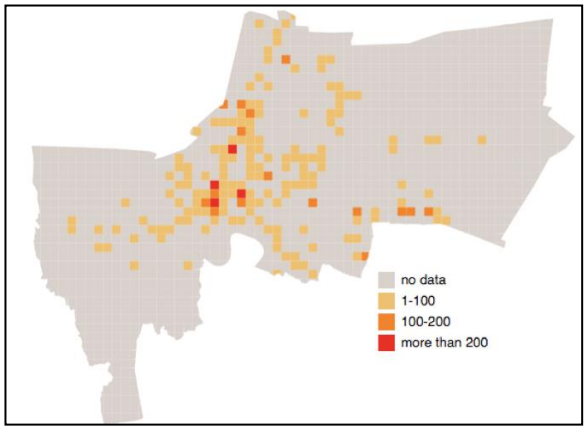



**Fig. 25** Modes transferring points in Bangkok

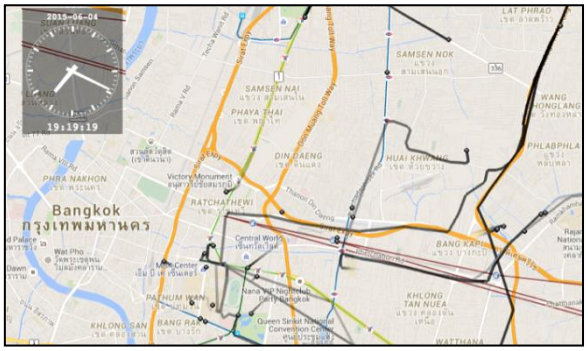



**Fig. 26** People's movement from raw GPS data

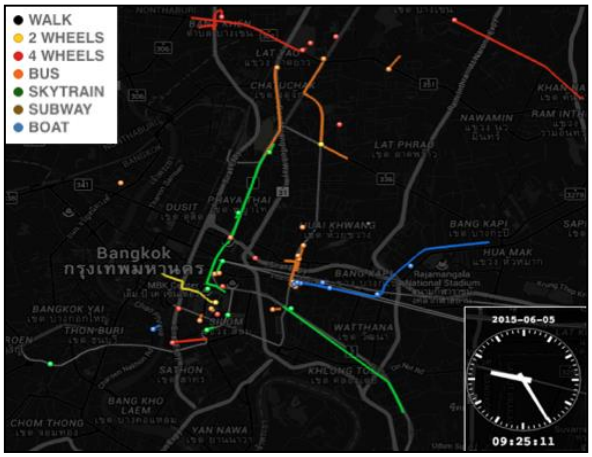



**Fig. 27** Estimated transportation modes used

## 6. Conclusions and Future Works

### 6.1 Conclusions

For the transportation modes detection, conducting the "stay point extraction" help reduce the number of data to be analyzed further. Random Forest classifier and classification features can detect transportation modes used in Bangkok. Using spatial features along with other features gives higher precision and recall than using other features alone. The process of segment merging helps reduce uncertain segments, such as the difficulty determining between walking and facing traffic congestion on the road, to make the person trip more complete. The raw dataset in this work are only timestamp and location that are minimum requirement of GPS log data, so the algorithms and features in this work can be applied for GPS data from other sources such as a mobile phone.

Other interesting features that could help detect other modes (e.g. vans or taxis) are parking area, van terminals, locations of getting on/off a car and probability of the modes transferring. Moreover, to detect modes like buses and motorcycles, traffic information, intersection locations, and real time bus locations, can help increase the accuracy of the detection, if those data are available.

Data collected from the 80 volunteers seem to be insufficient for analysis when comparing to how large the population in Bangkok is. The volunteers's travel data are limited to just around the universities and their houses, shown in Fig. 28.

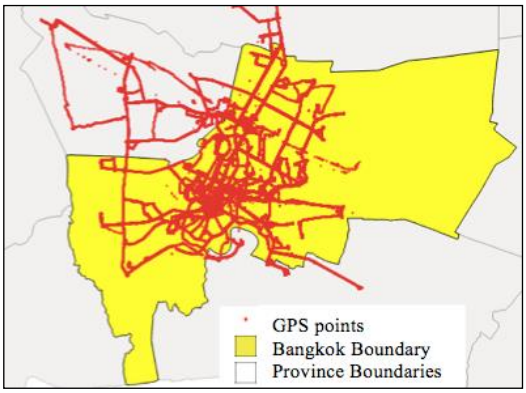



**Fig. 28** Distribution of the person trips data collected from the GPS logger

These data obtained could be useful for many other works, such as observing people's traveling demand, planning the expansion of the transportation network, studying people movement when certain events occur, and etc. If this information has been collected and managed, the planning of urban and transportation systems could be easier and more suitable.

### 6.2 Future works

1. To collect GPS data to analyze the transportation modes used by people in Bangkok, there should be larger group of people to be studied. The data might be collected from mobile phones.

2. The process of noise removing cannot remove the entire noise data. More advanced method might have to be adopted.

3. To detect some local transportation modes (e.g. bus, private car and taxi), other classification features, more precise GIS data and more complicated techniques (e.g. using traffic data or pattern of the taxi drivers) should be used.

4. Some data is lost due to the loss of GPS signal and motion detection function; the lost part of the

data should be interpolated to fill out the missing part.

## References

[1] Chung E, Shalaby A (2005). *A Trip Reconstruction Tool for GPS-based Personal Travel Surveys*, Transportation Planning and Technology, 28:5, 381-401.

[2] Kaplan, E.D., Hegarty, C.J. (2006). *Understanding GPS Principles and Applications. 2nd Edition*. Norwood, Massachusetts: Artech House, Inc.

[3] L. Liao, D. Patterson, D. Fox, and H. Kautz. *Learning and inferring transportation routines*. Artif. Intell. 171, 2007.

[4] S. Reddy, M. Mun, J. Burke, D. Estrin, M Hansen, and M.Srivastava. *Using Mobile Phones to Determine Transportation Modes*. ACM Transactions on Sensor Networks, Vol. 6, No. 2, Article 13, 2010.

[5] Stenneth L, Wolfson O, Yu P, Xu B (2011). *Transportation mode detection using mobile phones and GIS information*. ACMSIGSPATIAL, ACM Press: 54-63.

[6] The Office of Transportation and Traffic Policy and Planning, Ministration of Transport (2011). *Transport Data and Model integrated with Multimodal Transport and Logistics*. Retrieved August 1**,** 2014. From http://www.otp.go.th/

[7] A.Witayangkurn, T. Horanont, N. Ono, Y. Sekimoto, R. Shibasaki. Trip Reconstruction and Transportation Mode Extraction on Low Data Rate GPS Data from Mobile Phone. In: proceedings of International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM 2013)

[8] Zheng Y, Chen Y, Li Q, et al. (2010). *Understanding transportation modes based on GPS data for web applications*. ACM Transactions on the Web, 4:1–36.

[9] Zeng Y, Q. Li, Y. Chen, X. Xie, and W. Ma, *Understanding mobility based on GPS data. In Ubiquitous Computing*, ACM New York, 2008, pp. 312-321.

# Characteristics of Travel Behavior of the Community Café's Visitors in Local Cities

Paper Identification number: AYRF15-023

Koki OKADA[1], Kunihiro KISHI[2]
[1]Division of Engineering and Policy for Sustainable Environment, Graduate School of Engineering, Hokkaido University
E-mail: central-201@gaia2001.net

[2]Division of Engineering Policy for Sustainable Environment, Faculty of Engineering
Hokkaido University
E-mail: kishi@eng.hokudai.ac.jp

## Abstract

Japan has very serious problems like depopulation and aging. Under this condition, we focused on community cafe against these problems and analyzed characteristics of travel behavior of the community café's visitors.

**Keywords:** Community cafe, Public transportation, Depopulation area, Mathematical quantification theory class II

## 1. Background and purpose

In the sparsely populated region of travel of the population decline and aging, the maintenance of public transportation has become an important issue. Management of local bus routes has become stricter because entry and abolition of bus routes changed from license system to notification system by deregulation. Therefore, it should improve the convenience by introducing community bus, demand bus and share taxi. To promote the use under depopulating situation, it is important to shift from private cars and increase of the go out number of person. In addition, there is a problem of dilution of the local community. Under the situation of dilution of local community, community café has been gaining attention as a place for interacting among local residents, and some researches on collaboration between the café and public transportation have been proceeding. In this study, a shop that provides interact opportunities through some events is defined as the community cafe. The functions of community café such as complementing low serviceability of long waiting time for a bus or it can be a new going out purpose have been presented, however, the specific traffic action of the people who visit it hasn't become clear. It is considered that it is important to grasp the characteristic of residents' traffic action in order to encourage people in depopulated areas to go out. This study intends to reveal the characteristic of community café visitors' traffic action and analyzed the traffic action from the visitors' data of demonstration tests conducted in Nakasatsunai village and Urahoro town. Specifically residents who visit it repeatedly were focused.

## 2. Problems of Japan

### 2.1 Population decline, low birthrate and aging, the depopulation with it

Japan has had a very serious problem that the number of population is declining and aging. When low birthrate and aging happens, GDP decreases and an economical problem that finance grows tense occurs. The current Japanese population is 127,016,000 and 219,000 (0.17%) has decreased compared to last year. This is rare even in the world. Rapid aging is prevailing around the globe. The current aging ratio in 2015 becomes 26.2%, i.e. one in four people are elderly people. Household ratio including elderly person reached 41.6% in 2011, it is anticipated that the household only for elderly people occupies about half (Figure 1). In this study, aging people are defined as the group of peoples whose ages are 65 years up.

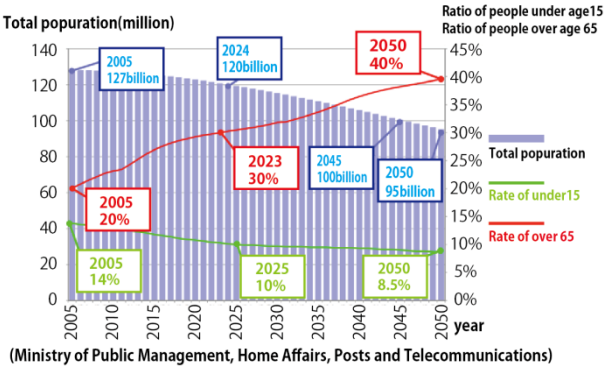



**Fig. 1** Changes in population and aging ratio

For details of depopulation, focus at the ratio of three major metropolitan areas of Japan (Tokyo, Osaka and Nagoya), the percentage of three metropolitan areas tends to increase consistently. It is assumed to proceed in parallel that the development of population concentration in the three major metropolitan areas and the depopulation of the areas except three major metropolitan areas.

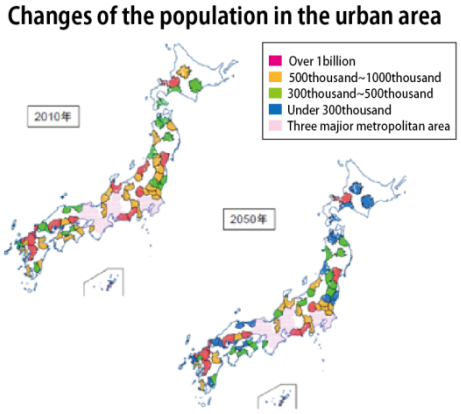



**Fig. 2** Population decline forecast in rural areas

### 2.2 Dilution of local community

It is difficult to interact between generations and leaders of local communities are reduced because many young people outflow to urban areas. It is defined the local community as group or society that interact with them considering lives of residents. Reduction of children is a problem because children are important as a trigger of intergenerational interacts. With the result that connection of residents weaken. Expansion of person's daily living area with motorization is also factor of weakness of connection. Time to stay in living area reduce because of the expansion of person's active range. It cause that opportunity of interaction reduce.

### 2.3 Decline of local public transportation

The decline of the local public transportation is also remarkable in recent years. Bus industry of Japan has been struggling for many years with population decline, depopulation and motorization. Bus transportation personnel decreased to nearly 40% from the peak in the 1970s. More than 70% of bus routes are in the red. The entry on the bus line and the abolition are changed from license system to notification system by deregulation of 2002. The abolition was enabled after the deliberation in the local meeting. The purpose of deregulation is to promote a new entry of bus routes to improve convenience. However, in fact, there are no companies which entry rural area. They entered urban areas. There were numerous withdrawals from a local deficit routes. Figure3 shows the gap of current account ratio between routes urban areas and rural areas. Current account ratio is obtained by dividing revenue by operating cost. It means that if current account ratio is 100% or more, it is profitable. The bus routes that have supported economy and transportation of rural areas are disappearing.

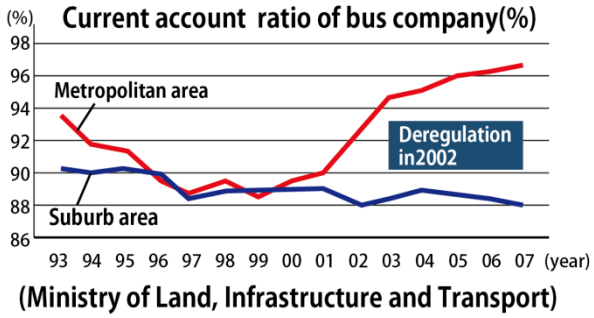



**Fig. 3** account balance ratio between the routes urban areas and rural areas

After the private bus company withdrew, many local governments are running a community bus. However, in order to run the place where private company withdrew, there are many deficit cases. In such places progressing, it is an important problem how to maintain public transportation. It should promote to increase in users using these way that to introduce community bus, demand bus and shared-taxi. To promote the use under depopulating situation, the shift from private cars and increase of the number of going out per person is important.

### 2.4 Difference between Japan and Thailand

Thailand has means of transportation that can be used easily, such as tuk-tuk or motorcycle taxi in the city, in Japan there is no such thing. Taxis are often seen in urban areas, but taxis are not running in small population area, there is a need to be reserved. Only few people can use taxi because it is expensive. There are also few people using a bus in area with small population, they can't be profitable.

Most people cook at home in Japan, and the store to eat out is also less, they must go out to shopping to supermarket once in a few days. But the elderly cannot move long distance under its leg weakness. The elderly will not be able to even drive a car for athletic ability is reduced. Moreover, many households with only the elderly in rural areas, such the elderly must be to go shopping on themselves.

## 3. Community café and literature review

Dilution of local communities has progressed in both urban and rural areas, it has faded a connection with other people, such as the old days because of concentration of population to urban areas, declining birthrate and aging population. There is a variety of connection like workplace connection, circle of connection such as the elderly association and connection of neighborhood friends. If there were places that people could interact each other, it would be possible to enrich the lives of the local people. These places can make a new connection and a large community and live up the town. Therefore, in this study it focused on the community cafe as a place of such interaction. Such a community cafe has been increasing rapidly in recent years in Japan. These shops supply opportunities of interaction between visitors thorough some events. Laboratory of transportation intelligence has been researched on community café. Here, let us introduce it.

As Kishi, Takada and Higashimoto mentioned, community café is effective when passenger waiting bus it interact other people at community café. Community café increased service level of bus. This study analyzed satisfaction of passenger quantitatively. As Yamazaki and Kishi mentioned, community café has a possibility as the new destination of the going out. And the "participation opportunities for community development activities," "exchange of the same generation" is the going out promoting function as a factor of community café. It shows that function of the community cafe itself creates new traffic demand. Ozaki, Kishi and Nakatsuji revealed when considering the purchase action, community cafe and public transportation improve service levels by cooperating. Comparing go shopping to a supermarket by bus and mobile catering vehicle comes to home (whether community cafe is set) and making the model, community cafe has function to contribute to the improvement of going-out. In particular, it was found that improving community café and a public transportation service level of life by combination for the residents of suburbs.

## 4. Study area

### 4.1 Nakasatsunai

Nakasatsunai is near to Obihiro that is one of the big town in Hokkaido. Field crops and dairy is thriving. Population is almost steady but percentage of over 65 years of age tends to rise continuously, it has become 26.1%. Figure 4 shows the map of downtown.




**Fig. 4** Map of Nakasatsunai Village

About transportation, a railway had abolished in 1987 and a bus has been operating instead of railway. However, this seems to be not suitable for moving in the village because of long-




**Fig. 5** Circulation bus

distance route connecting the city. In addition, there is a bus for the elderly and a school bus. During one month in Nakasatsunai, it was tested bus service that can be used free of charge. City circulation bus is operated through a downtown three routes. Figure 5 is a picture of bus.

### 4.2 Urahoro

The population of Urahoro has continued to decline unlike Nakasatsunai, aging ratio is 33.5%. It is a very serious situation. Figure 6 shows the map of downtown. The people without having private cars feel inconvenience, such as shopping or going to hospital.




**Fig. 6** Map of Urahoro Town

As for transportation, route bus has abolished, and there are need reserve bus, Rushin hot spring bus, school bus, patients transit bus. Testing service of the public transport was carried out in Urahoro for one month as well as Nakasatsunai. These became from two kinds of the bus that is demand bus and circulatory bus. Demand bus can carry you home to destination if you reserved the day before. Both of fare is 100JPY. Figure 7 is a picture of bus.




**Fig. 7** Circulation bus and demand bus

After taking with community cafe visitors and understood it, there are opinions that it is uneasy not to be able to walk in future for all, though still can walk.

## 5. The outline of a community cafe experiment

### 5.1 Outline

When the community cafe was installed in the depopulated region, it revealed whether the person who visited the community cafe is what kind of traffic characteristics or behavior that they took by the existing of community cafe. It conducted demonstration experiment of community café during demonstration experiment of bus in November and December 2014 in Nakasatsunai, also in November 2013 in Urahoro. Community cafe is entitled "Pratt Café", staff and visitors enjoyed the conversation with drinks and sweets. Elementary school children were often used them to play together or do homework.

**Table.1** The date of community cafe

| | 2014 | 2014 | 2014 | 2013 | 2013 |
|---|---|---|---|---|---|
| Town | Nakasatsunai | Nakasatsunai | Urahoro | Urahoro | Urahoro |
| Date | 11/10-15 | 11/18-22 | 12/1-5 | 11/1-10 | 11/11-20 |
| Place | Supermarket Ichimaru | Health center | Multi-purpose | Supermarket Fukuhara | Library Raporo21 |

Ichimaru is an important facility that support shopping of Natasatsunai's residents and a portion of next village. Health center is a place to perform a procedure for welfare, but everyday use is less, come a lot of people at the time of the elderly association. Although multi-purpose hall have conference for events, when there are no events users of the facility was very small. Fukuhara is the supermarket, many people use. Rappolo 21 is a library.




**Fig. 8** Supermarket Ichimaru

### 5.2 Questionnaire

Questionnaire includes these contents.

(1) Personal attributes

Gender, age, occupation, residential areas, the presence or absence of a driver's license, the presence or absence of private car ownership, the required time from home.

(2) Cognition of community cafe

For recognition of community cafe, they were asked what was trigger to come to community cafe.

(3) Travel behavior, everyday life activities of visitors'

For going out action, the main purpose of the day outing, place and time visited before and after the visit of the community cafe on the day, transportation, return transportation means you use to come to the center city, was asked about going out behavior of everyday.

(4) Community cafe actual usage

Finally, impressions and use intention when community cafe was made in future, was asked about the attitude survey for the bus in a demonstration experiment.

### 5.3 Situation at the time of opening community cafe

The visitors can interact staff and others at the time of opening community café. These are pictures at the time.



**Fig. 9** The picture of Ichimaru



**Fig. 10** The picture of Health center



**Fig. 11** The picture of Multipurpose hall

## 6. The outline of a community cafe experiment

The number of visitors was 105 people in Nakasatsunai and 22 in Urahoro, each able to obtain a survey of 50 in Nakasatsunai and 6 in Urahoro questionnaires. In addition, in this study also use data of community café in November 2013 in Urahoro, the number of visitors were 224 people, able to obtain 131 questionnaires.

**Table.2** The total number of visitors of community cafe

| | 2014 | 2014 | 2014 | 2013 | 2013 |
|---|---|---|---|---|---|
| Town | Nakasatsunai | Nakasatsunai | Urahoro | Urahoro | Urahoro |
| Date | 11/10–15 | 11/18–22 | 12/1–5 | 11/1–10 | 11/11–20 |
| Place | Supermarket | Health center | Multi-purpose hall | Supermarket | Library |
| Total number | 59 | 46 | 22 | 78 | 144 |
| Number of days | 6 | 5 | 5 | 10 | 85 |
| Total/day | 9.8 | 9.2 | 4.4 | 7.8 | 14.4 |

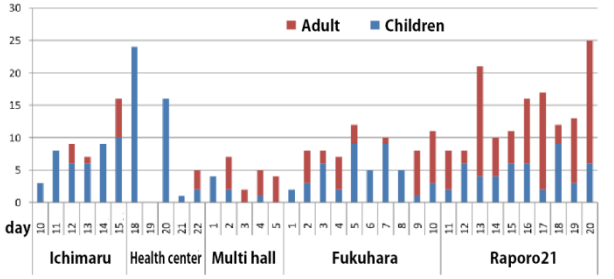



**Fig. 12** The number of visitors of community cafe

Figure13 shows the outing purpose of adult visitors each venue. There are many people whose outing purpose is shopping during period at supermarket. Others of "raporo21" mean using library.

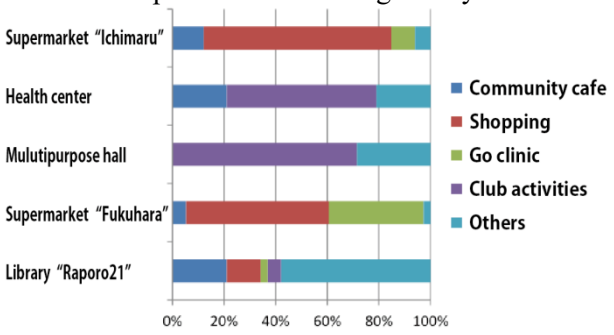



**Fig. 13** The outing purpose

Figure14 shows transportation of visitors each venue in order to grasp the difference of each venue. In Urahoro, using a lot of the patient transit bus from the suburbs becomes high in the availability of the bus.

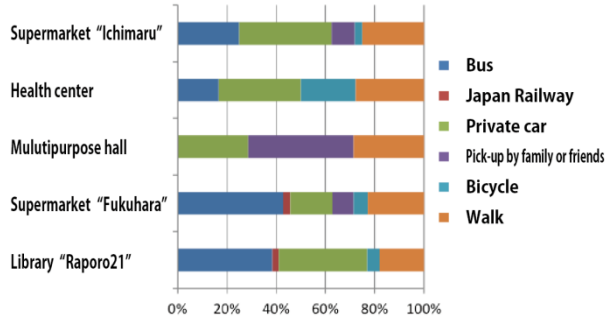



**Fig. 14** The transportation of visitors

Figure15 shows distance from visitors' home to venue each venue in order to grasp where visitors come from. There were more people who were from far away than Urahoro because it was opened at a place slightly away from the central city area of Nakasatsunai.

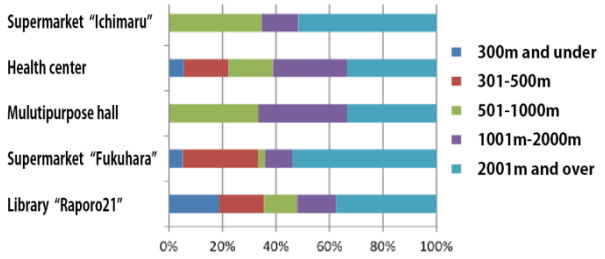



**Fig. 15** The transportation of visitors

Table3 shows the place where visitors went before and after community café. When it was opened at super market, visitors who shop before or after visit community café are 100% in "Ichimaru" and 88% in "Fukuhara". It is proved that the need of visiting community café with shopping is high.

**Table.3** The traffic action before and after the visit

| Place | Before Community Cafe | | After Community Cafe | |
|---|---|---|---|---|
| Supermarket "Ichimaru" | From home | 4 | Back to home | 21 |
| | Ichimaru | 21 | Ichimaru | 7 |
| | Road side shop | 1 | | |
| | Village office | 1 | | |
| | Hospital | 1 | | |
| Supermarket "Fukuhara" | From home | 3 | Back to home | 20 |
| | Fukuhara | 29 | Drugstore | 10 |
| | Hospital | 3 | Fukuhara | 2 |
| | | | Electric store | 1 |
| | | | Library | 1 |
| | | | Agricultural cooperative | 1 |

## 7. Action Tendency Analysis of Regular Customers

### 7.1 Characteristics

Community café is needed as a place for interaction among local residents. To analyze the characteristics of visitors, it is compared the action of regular and non-regular customers. The number of regular customer was 19 out of 179 adults. We also counted that of local supermarket and 13 people go there regularly out of 77 people. Next, the distance from their house to the café and the result is shown in Figure16. This figure shows that approximately half of the regular customers live within 1 kilometer of the café.

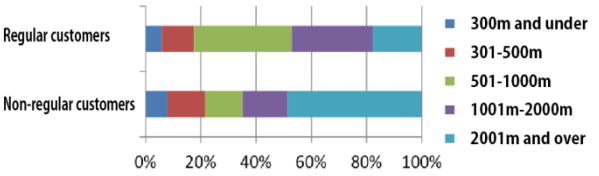



**Fig. 16** Distance from house to the cafe

Comparing the frequency of outgo is as follows (Figure 17). The figure shows that regular customers tend to go out on regular basis and they are more active than non-regular customers.

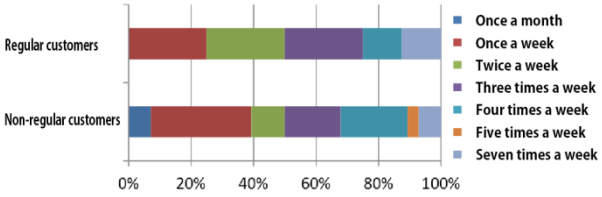



**Fig. 17** The frequency of outgo

Comparing the transportation is as follow (Figure 18). The figure shows that regular customers are more than 60% are coming in means of transportation on their own, such as foot or bicycle, in the case of a non- regular customers it is about 30%.

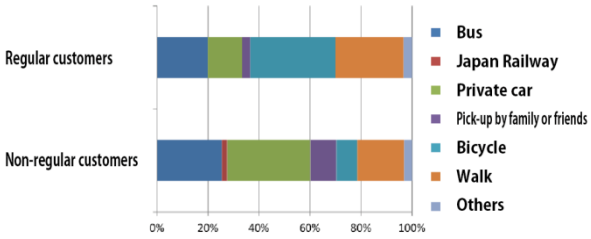



**Fig. 18** The transportation

Asking "how many times do you want to come before/after shopping?" the answers are as follow (Figure 19). Regular customers are more motivated to visit the community café than non-regular customers.

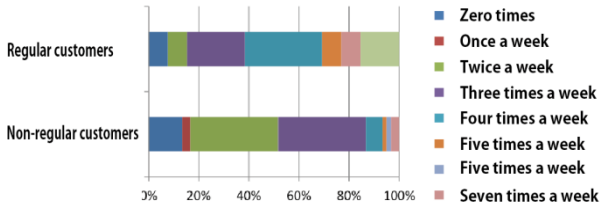



**Fig. 19** The arrival intention

### 7.2 The analysis of relation of regular customers using Mathematical quantification theory class II

To study what kinds of people visiting the café repeatedly, we analyzed the correlation ratio of factors using qualification theoryII.Objective variable was set as regular customer or non-regular customers. As you can see from Figure20, the relation of community café and shopping is large. When it comes to the way of transport, walking and biking are common for people living near the café and people from far areas mostly use private cars to get there.

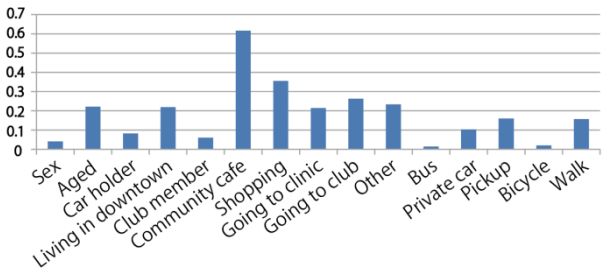



**Fig. 20** The partial correlation coefficient

## 8. Conclusion

In this study, we focused on the regular customers in demonstration tests and analyzed the traffic action characteristics. The result is as follows: customers who visited the community café regularly went out for it or dropped in before and after shopping. Demonstration test was held in a super market or public facilities and it revealed that setting up a community café in a supermarket is the most suitable way to serve the place for local residents to communicate.

On the other hand, regular customers are more than 60% that are coming by means of transportation on their own, such as foot or bicycle, and the availability of the bus is low comparing with non- regular customers. When it comes to see partial correlation coefficient of qualification theoryII, the value of bus is very low which represents that there are almost no influence between bus users and regular customers. Investigating the passenger use on community bus in Urahoro town and Nakasatsunai village, the number is not large. There is no little intention to visit community café. Notifying the bus using method like travel route or time table, residence of going-out and going to community café will be smaller. The primary aim of community bus is to help local residents shopping or seeing doctors. However, if people take the bus for dropping in the community café to communicate other residents, local residents would go out more frequently. Promoting using community buses could be important for cooperating depopulated area with public transportation.

## References

[1] Kunihiro KISHI, Hiroshi TAKADA, Yasushi HIGASHIMOTO : Evaluation of Community Café's Utility for Public Transportation Use in a Local Community in Japan, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.10 , 1334-1346 , 2013

[2] Kohei YAMAZAKI, Kunihiro KISHI, (2013) Function of Community Café for Promotion of Going-Out in Rural Area: *Proceedings of Infrastructure Planning*, Vol.50, CD-ROM (in Japanese)

[3] Mitsumaasa OZAKI, Kunihiro KISHI, Takashi Nakatsuji. (2014) Promoting Going-Out Shopping by Collaboration between Community Café and Public Transportation: *Proceedings of Infrastructure Planning*, Vol.50, CD-ROM (in Japanese)

# The relationship between an improved transportation system and FDI inflows into a country

Paper Identification number: **AYRF15-025**

Hanh VU

Danang Investment Promotion Center
Telephone 84 – 935 – 278157
E-mail: honghanhvt1182@gmail.com

**Abstract**

For many developing countries, foreign direct investment (FDI) has become increasingly important as a way to raise capitals, innovate technologies, improve know-how, and boost economic development. Among various researches on the determinants of FDI attraction, the role of a modern transportation system in stimulating FDI has recently received more attentions among scholars and policy makers. This paper seeks to determine the relationship between an improved transportation infrastructure system and the FDI inflow into a country. The author employed a cross-countries panel dataset covering ASEAN Plus Three countries over the period of 2004-2013, constructed the appropriate model that best describes this relationship, and utilized a two-staged least squares technique to empirically determine the impacts of the different determinants, particularly the transportation system, on FDI attraction. Moreover, the author also explored the simultaneous relationships and endogeneity characteristics within the model. The author found out that foreign investors significantly favor countries with a safe and efficient transportation system, and an increase in FDI inflows into a country also fosters the improvement of the country's transport infrastructure. Finally, the paper makes some recommendations to policy makers regarding how to improve a country's transportation system to attract more FDI and promote economic growth in the future.

**Keywords:** Transportation system, Transport infrastructure, FDI attraction, Panel Dataset

## 1. Introduction

As various researches including Aitken and Harrison (1999) and Tsai (1994) have shown that foreign direct investment (FDI) has contributed significantly to economic growth, more and more economists and policy makers have paid closer attention to the determinants of FDI inflows into a country in order to find a way to attract more high-quality FDI projects to their countries. As for countries in the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN), FDI has become an important source of capitals, technology transfer, know-how transfer, access to foreign markets and stronger international economic cooperation. Over the past decade, although there was a considerable fluctuation in FDI inflows, generally, an upward trend can be seen across ASEAN nations. According to the World Investment Report 2014 compiled by the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), FDI inflows to ASEAN countries rose by 7% to reach USD 125 billion. Singapore, the regional economic giant, has consistently remained the most attractive FDI destination in Southeast Asia, accounting for more than half of the FDI inflows into the region. After ASEAN countries entered into the Regional Comprehensive Partnership (RCEP) with six countries, including Australia, China, India, Japan, South Korea, and New Zealand, FDI from these countries make up more than 40 per cent of FDI into the region.

In the past, research on the determinants of FDI inflows has concentrated chiefly on conventional factors such as macroeconomic variables, political environment, labor, natural resources and the ease of doing business, and there exist only a limited number of researches exploring the role of transport infrastructure in FDI attraction. However, with the advance of the globalization process, the importance of

transport infrastructure has been underscored as transport infrastructure connects countries around the world and facilitates the movement of humans and goods. Such research as Wheeler and Mody (1992) claims that transport infrastructure also stimulates FDI inflows into a country by reducing the cost of doing business, saving time spent on transporting goods and products, improving a location's accessibility and thus enhancing the company's competitiveness. As a result, countries with reliable transport infrastructure such as modern road systems, international airports, and commercial water port and so on are believed to have a competitive advantage in attracting FDI. Moreover, Seetanah and Khadaroo (2007) also found evidence that the inflow of FDI capitals also simultaneously fostered the development of a country's transport infrastructure to meet the demand of foreign investors.

Within this context, this research aims to determine the relationship between an improved transportation infrastructure system and the FDI inflow into a country, and whether this relationship is simultaneous. The author employed a cross-countries panel dataset covering ASEAN Plus Three countries (10 ASEAN countries plus China, Japan and South Korea) over the period of 2004-2013. This study is expected to contribute its empirical results for ASEAN Plus Three countries along with existing economic literature.

The rest of the paper is organized as follows: Chapter 2 will discuss some related literature concerning the determinant of FDI inflows into a countries and the specific role of transport infrastructure in promoting FDI inflow. Chapter 3 explains the methodology that is employed for the research and how to investigate this simultaneous relationship. Chapter 4 describes the data and presents the findings of the empirical research and chapter 5 concludes the paper and proposes some relevant policy recommendation.

## 2. Literature review

### 2.1. Determinants of FDI inflows and transport infrastructure quality

Numerous researches have tried to figure out the determinants of FDI inflows into a country. Dunning remains one of the most influential authors on FDI literature. Based on the investors' investment intention, he defines three types of FDI. The first type is market-seeking FDI companies, which want to find a new market and their products will serve the local needs. For this type of companies, characteristics of the local markets such as local taxation, demographic, market size and market potentials are very important. The second type of FDI refers to resource-seeking FDI companies. These companies invest abroad to take advantage of the resources not immediately available at their home countries, for example, low-cost labor, natural resources, raw materials or lax environmental regulations. The third type of FDI is efficiency-seeking FDI companies which move their operation in foreign countries to improve the efficiency of doing business. From this analysis, Dunning also groups determinants of FDI inflows into a country into three broad groups, namely ownership specific advantage, location-specific advantage and global advantages (Dunning, 1993).

According to a research by Ergogan and Unver (2015), determinants of FDI inflows can be classified into main categories relating to financial, demographic, economic, political and social factors. Utilizing a dynamic panel dataset encompassing 88 countries from 1985 to 2011, he finds out that variables such as the rate of urbanization, social security spending, per capita GDP, market size and corruption have statistically significant impacts on FDI inflow into a country. His study employs both static and dynamic methods, and the dependent variable is represented by three different measures which are percentage of FDI in GDP, FDI value added and transferred FDI from one country to another. Interestingly, this research also establishes that previous FDI levels also have significant impact on a country's current FDI level (Erdogan and Unver).

In the article "Determinants of FDI in BRICS Countries: A panel analysis", Vijayakumar, Sridharan and Rao examine the drivers of FDI flows to Brazil, Russia, India, China and South Africa, five fast-growing emerging economies, using annual dataset spanning a 33-year period, from 1975 to 2007. They aim to use panel data analysis with three different techniques – common constant, fixed effects, random effects – to eliminate the

problem of endogeneity within the model investigate. Their controlled independent variables consist of GDP, industrial production, workers' wages, trade openness, exchange rate and infrastructure index. They find out that market size and infrastructure positively and significantly influence FDI inflows while labor cost and inflation rate negatively impact FDI inflows, leading to the suggestion that policy makers should focus on enhancing the investment climate to attract higher FDI level into their localities (Vijayakumar, Sridharan and Rao).

Dedicating specifically to uncover factors affecting FDI inflows into ASEAN countries and characteristics contributing to an attractive investment destination for United States' firms, Uttama explores distinguishing features of ASEAN countries and important economic events occurring in the region such as the Asian financial crisis in 1997, the establishment of a free trade area, the passing of ASEAN Investment Area agreement, and so on. He also uses a panel country-level dataset and the gravity model to test two hypotheses that whether countries with similar size and relative factor endowments, high trade costs and low investment costs, bringing in more horizontal FDI and whether countries with different relative factor endowments, and low trade costs and investment costs bringing in more vertical FDI. He concludes that GDP level, trade cost back to the home country, distance between home and host country positively and significantly affect FDI into ASEAN, whereas skill difference, investment cost, and trade cost to host country negatively influence FDI (Uttama).

### 2.2 Relationship between FDI and transport infrastructure

On the relationship between FDI and transport infrastructure, in recent years, researchers have paid more attention to the role of transport infrastructure and separated its influence on FDI from that of infrastructure in a more general sense. In the article "Transport Infrastructure and FDI: Lessons from Sub Saharan African Economies", Seetanah and Khadaroo assess how transport infrastructure adds to the relative attractiveness of a nation and how incoming FDI also helps to improve a country's current transportation system. His research focuses on 30 countries in the Sub–Saharan African nations from 1984 – 2002. He argues that since transport infrastructure is essentially public goods provided by the government, the "free-riding" effect allows foreign investors to effectively share this resource without hurting the existing users. He develops a model with FDI as the dependent variable and natural resource intensity, market size, labor cost, human capital, political instability, openness and transport infrastructure as explanatory variables and uses dynamic panel data regression approach. He concludes that along with natural resources, market size, trade openness communication infrastructure, transport infrastructure clearly boosts FDI inflow, while the positive and significant lagged value of the dependent variable implies that FDI also confirms the presence of dynamism and endogeneity in FDI modeling (Seetanah and Khadaroo).

Applying a similar approach, Lichao explores the contribution of transport infrastructure in attracting FDI in East China, West China, and Middle China using fixed effect panel data method to evaluate data from 28 provinces from 1995 to 2008. He establishes that transportation system improvement plays an important role in driving FDI to a region, with the West and Middle Region witnessing a greater impact than the East Region. Moreover, the existence of transport infrastructure spillover effect indicates that the development of transport infrastructure in one province also benefits its neighbors (Lichao).

## 3. Methodology

As described above, there has been limited empirical work dedicated to studying the relationship between transport infrastructure and FDI inflows in ASEAN plus three countries, and most models ignore the feedback effect from the FDI inflows to transport infrastructure improvement. The presence of a reliable transport system makes a location appear more lucrative to foreign investors by lowering transportation costs, reducing wear and tear of company's vehicles, ensuring the safety of goods during transportation and saving time for the company. On the other hand, the incoming FDI capital might improve the condition of transportation system in a country by providing incentives for local government to improve the location's

transport infrastructure, bringing in the necessary capitals, technologies and even consultancy. In addition, some foreign investors might even directly take part in big infrastructure projects by cooperating with the local government through public-private partnership or other type of partnership. Some local governments also negotiated with foreign investors to grant them investment only when the investors also help to improve the local infrastructure. Hence, the simultaneous relationship between FDI and transport infrastructure is worth considering.

In this paper, the author builds a model reflecting this relationship. Independent variables which go into each equation are chosen based on the previous literature review research. In order to capture the simultaneous relationships between FDI and transportation, a set of two simultaneous equations is specified as followed:

$$FDI_i = \beta_0+\beta_1 Trans + \beta_2 Res + \beta_3 Size + \beta_4 Trade + \beta_5 Education+\beta_6 Corruption + \beta_7 X + \varepsilon_i$$

(Seetanah and Khadaroo, 2007)

Where:

- FDI: FDI inflow to a country
- Trans: Transportation quality
- Res: Natural resource rent as a percent of GDP
- Size: Market size
- Trade: Trade openness

Since the simultaneous equation model suffers from simultaneity bias and cannot be easily estimated, a two-staged least squares technique will be employed instead. Two-staged least square is a modification of the ordinary least square technique, using two regressions for estimation. In the first stage, instrumental variables are used to obtain ordinary least squares predictions. In the following stage, the predicted values of the first regression will be utilized to generate the coefficients of variables of interest var.

In the equation, FDI denotes FDI inflows into a nation compiled by World Bank. Trans refers to the transport infrastructure in a country, quantified by the total length of road in a country. This data is collected by AJTP Information Center, and various research such as Lichao (2011), Seetanah and Khadaroo (2007) to esimate the quality of transport infrastructure. Res refers to the level of natural resources endowed for a country, estimating using the total natural resources rents as a percentage of GDP. Size means the market size of a location, representing by its GDP per capita. Trade embodies the openness of an economy, measuring by the proportion of trade in a country's total GDP. Education measures the quality of labor and is quantified using the secondary school enrollment. Based on the previous literature review and others such as Scaperlanda and Mauer (1969), Zheng (2009), these variables are expected to have positive impact on FDI inflow. Corruption variable is also included to investigate what kind of impact corruption has on FDI inflow in ASEAN Plus Three countries. X encompasses a list of controlled explanatory variables including population, corporate tax, area and other type of infrastructure, specifically communication infrastructure (measuring by the number of Internet users in a country). The sign of the remaining independent variables are open to empirical findings. $\beta_0$ is the constant and $\varepsilon_i$ is the error term.

One difficulty facing with a cross-sectional statistical analysis is the presence of unobserved heterogeneity characteristics among nations. There are other unique features about each country that influences its FDI inflows and transport system and we do not have control over, nor could we ever observe all of them. Omitted variable bias will make the OLS estimate no longer consistent. The adoption of a two-staged least square allows us to eliminate omitted variable bias, assuming those variables are uncorrelated to the other independent variables in the equation.

## 4. Results

### 4.1. Data description

The main source for the data used in this analysis comes from the World Economic Indicator compiled by World Bank. The statistics for transport infrastructure for ASEAN, China, Japan, and South Korea are provided by AJTP Information Center. Corruption index is developed by Transparency International, an organization committing to

combat corruption around the world. Due to the limited availability for data for the countries in the region, the dataset only spans over the period of 10 years, from 2004 to 2013; hence there are 130 valid observations for analysis.

Table 1 summarizes the summary statistics of all variables. It is worth noticing that Singapore appeared to be the most attractive destination for FDI among ASEAN nations, but the total length of roads in Singapore is quite modest due to its small size. However, except for Singapore, FDI inflow and transport infrastructure variable tend to positively correlate. Japan is both an "importer" and "exporter" of FDI; therefore, the net FDI inflows into the country varied considerably over time with negative net inflows in 2006 and 2011. Among 13 nations in the dataset, China dominates in terms of FDI inflow, attracting $ 347 billion in 2013, up 18% compared to 2012. Although the economic recession in 2008 hit the region quite hard, FDI inflows into most countries in the region recovered very quickly after that.

Regarding trade openness, Vietnam, Thailand, Malaysia, Cambodia and South Korea has the highest trade to GDP ratio, meaning that trade accounts for a big proportion of these countries' GDP. The average GDP per capita during the researched period was $12,200 with Singapore, Japan and Brunei having the highest GDP per capita. As for corruption measure, the mean score was 4.1, a pretty low score falling into the category of highly corrupted countries according to the guideline published by Transparency International. Some countries such as Cambodia, Myanmar, Laos, Vietnam, and China are known for being highly corrupt. Singapore and Japan are the only two countries having a relatively good record of having low level of corruption.

**Table 1:** Summary statistics

| | Unit | Mean | Median | Minimum | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|
| Net FDI inflows | USD | 2.34E+10 | 5.19E+09 | 2.40E+09 | 3.48E+11 |
| Area | $Km^2$ | 1.09E+06 | 3.10E+05 | 689 | 9.39E+06 |
| GDP per capita | USD | 12200 | 3441.7 | 206 | 55182 |
| No. of Internet users | Per 100 people | 33.196 | 25.73 | 0.024337 | 86.25 |
| Length of road | km | 4.83E+05 | 1.05E+05 | 2660 | 4.36E+06 |
| Length of railway | Km | 8824.7 | 2577 | 0 | 66239 |
| Trade to GDP | Percent | 117.09 | 96.346 | 0.34 | 439.66 |
| Corporate tax rate | Percent | 27.906 | 28 | 17 | 40.69 |
| Corruption | | 4.1215 | 3.45 | 1.3 | 9.4 |
| Secondary enrollment | Percent | 74.685 | 77.651 | 31.14 | 107.85 |
| Natural Resource rent | Percent of GDP | 9.585 | 4.5702 | 0 | 67.736 |

### 4.2. Result

The two-staged least squares technique is utilized to examine the previously specified model. Table 2 presents the regression results. In order to test for the consistency of the estimation to determine whether the endogenous and exogenous variables are valid instruments in the regression, the author conducted the Hausman test to investigate whether two-stage least square or ordinary least square is a better specification for this model. The test statistic for this test - Chi-square – has a value of 32.9. Since the p-value for the test statistic is significantly small, we can safely reject the null hypothesis that ordinary least square estimates are consistent; or in other words, estimation by means of instrumental variables is required. This supports our expectation that there exist an endogenity problem in the model, and transport infrastructure and FDI inflow exhibit a simultaneous relationship.

**Table 2:** Regression results

TSLS, using 117 observations
Dependent variable: FDI inflows
Instrumented: Length of roads

| | Coefficient | Standard error | P-value | |
|---|---|---|---|---|
| const | 20.4285 | 10.0556 | 0.0422 | ** |
| Log of Length of roads | 4.51333 | 2.40491 | 0.0606 | * |
| Log of GDP per capita | −0.133615 | 0.824988 | 0.8713 | |
| Log of area | −3.68488 | 2.47911 | 0.1372 | |
| No. of Internet users | −0.0434666 | 0.0286922 | 0.1298 | |
| Trade | 0.00768752 | 0.00623628 | 0.2177 | |
| Corporate tax | −0.117585 | 0.0610383 | 0.0541 | * |
| Corruption | −1.27514 | 0.837893 | 0.128 | |
| Secondary enrollment | 0.0664721 | 0.031001 | 0.032 | ** |
| Natural resource rent | 0.0209227 | 0.0329769 | 0.5258 | |

The result provides interesting insights about the relationship between the dependent variables and other independent variables. Transport infrastructure variable, representing by the log of length of role is statistically significant with the expected positive sign. Empirically speaking, improved transport infrastructure in a country associates with better higher FDI inflows; and higher FDI inflows also create the condition for stronger transport infrastructure development. This finding is consistent with previous research such as Asiedu (2006), Wheeler and Mody (1992).

Corporate tax rate has a significantly negative impacts on FDI inflow, meaning that holding other things constant, countries with higher tax rate will attract fewer FDI capital. Research shows that while the impact of taxation on FDI inflow remains ambiguous (Aldaba, 2006), when firms already narrow down their potential investment destinations with fairly similar investment conditions, tax incentives play a major role in their final decision. Since most countries in the dataset possess similar characteristics in their investment environement, they compete fiercely with one another to provide foreign investors with the most compelling tax policy to draw investment. Another variable that also has the expected sign and is statistically significant is education variable. The result suggests that if everything else equals, countries with higher labor quality will receive more FDI.

## 5. Conclusion/Discussion

In the paper, the relationship between transport infrastructure and FDI inflows is tested. Evidence suggests that countries with better transport system and transport infrastructure stand a better chance of attracting FDI. The results also conclude that corporate tax rate and education are also the determinants of FDI inflows into ASEAN plus three countries.

Despite still having some mixed results, the empirical study can still provide some guidance for policy makers as to what should be paid attention to when designing economic policy that also make a country's investment environment more attractive to foreign investors. Investing in improving the transportation infrastructure will help a country to bring in more FDI, which in turn helps to improve the existing infrastructure. Emphasis should also be placed on providing workers with better training and education. This not only helps the companies to save the cost of doing business but also helps local workers to have high pay and better employment benefits. Besides, when competing with similar location to call for FDI projects, tax incentives may provide a competitive edge, although there is no evidence that the advantage will last in the long run.

## 6. References

[1] Aitken, Brian and Ann Harrison. "Do Domestic Firms Benefit from Foreign Direct Investment? Evidence from Venezuela." American Economic Review (1999): 605-618.

[2] Aldaba, Rafaelita. "FDI Investment Incentive System and FDI Inflows: The Philippine Experience." International Symposium on "FDI and Corporate Taxation". 2006.

[3] Arrelano, M. and S. Bond. "Some Tests of Specification for panel data:Monte Carlo Evidence and an application to employment equations." Review of Economic Studies (1991): 277-297.

[4] Asiedu, E. ""Foreign Direct Investment in Africa: The Role of Government Policy, Institutions and Political Instability." World Economy (2006): 63-77.

[5] Canada, Transportation Association of. "Performance Measures for Road Networks:A Survey of Canadian Use." 2006.

[6] Dunning, J. H. Multinational Enterprises and the Global Economy. Harlow, Essex: Addison Wesley publishing Co., 1993.

[7] Erdogan, Mahmut and Mustafa Unver. "Determinants of Foreign Direct Investments: Dynamic Panel Data Evidence." International Journal of Economics and Finance (2015).

[8] Goodstein, E. "Jobs and the Enviornment: The Myth of a National Trade-off." Economic Policy Institute (1994).

[9] Johansson, Tulin. "The Interactions Between Economic Growth and Enviornmental Quality: A Comparison of the TVA Region with the United States as a Whole." TVA Rural Studies (2001).

[10] Levinson, Arik. "An Industry-Adjusted Index of State Environmental Compliance Costs." National Bureau of Economic Research (1999).

[11] Lichao, Zhu. The role of Transport Infrastructure in Attracting FDI in China: A Regional Analysis. 2011. <http://www.scholarbank.nus.edu.sg/bitstream/handle/10635/29522/Zhu%20Lichao.pdf?sequence=1>.

[12] Scaperlanda, A. and L. Mauer. "The Determinants of US Direct Investment in the EEC." American Economic Review (1969): 558-568.

[13] Seetanah, Boopen and Jamel Khadaroo. "Transport infrastructure and FDI: lessons from Sub-Saharan African. United Nations Economic Commission for Africa." United Nations Economic Commission for Africa, 2007.

[14] Tsai, P. "Determinants of Foreign Direct Investment and its Impact on Economic Growth." Journal of Economic Development (1994): 137-163.

[15] UNCTAD. World Investment Report 2014. New York; Geneva, 2014.

[16] Uttama, Nathapornpan. "Foreign direct investment in ASEAN countries: an empirical investigation." 2005ETSG (European Trade Study Group) Conference. 2005.

[17] Vijayakumar, Narayanamurthy, Perumal Sridharan and Kode Rao. "Determinants of FDI in BRICS Countries: A panel analysis." International Journal of Business Science and Applied Management 5.3 (2010).

[18] Wheeler, D. and A. Mody. "International investment location decisions: The case of U.S. firms." Journal of International Economics (1992): 57-76.

[19] Zheng, P. "A Comparison of FDI Determinants in China and India." Thunderbird International Business Review (2009): 263-279.

# การศึกษาความปลอดภัยของชุมชนนอกเมืองบริเวณริมทางหลวงแผ่นดิน : กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา

# A Study of Highway Safetyin Roadside Communities outside Urban Area : Songkhla Case Study

**หมายเลขบทความ: AYRF15-026TH**

กฤตานนท์ ศรีคละมะหันโต

Krittanon Sriklamahanto

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 074-558789 โทรสาร 074-446519

E-mail: krittanon_tran@hotmail.com

## บทคัดย่อ

สงขลาเป็นจังหวัดที่สำคัญของภาคใต้ที่มีปัญหาอุบัติเหตุจราจรบนท้องถนนที่สูงเป็นลำดับสี่ของภาคในปีพ.ศ.2555 จากข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจราจรของศูนย์ข้อมูลข้อสนเทศสำนักงานตำรวจแห่งชาติตั้งแต่ปีพ.ศ.2550 - 2555 พบว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 3,911 ครั้งเฉลี่ยปีละ 651 ครั้ง ผู้เสียชีวิต 1,368 คนเฉลี่ยปีละ 228 คนและมีผู้บาดเจ็บ 4,305 คนเฉลี่ยปีละ 717 คนกว่าร้อยละ 60 ของอุบัติเหตุทั้งหมดเกิดขึ้นบนทางหลวงแผ่นดินในจังหวัดที่มีระยะทางประมาณ 650 กิโลเมตรตัดผ่านชุมชนในหลายตำบลส่งผลต่อความปลอดภัยตามมาบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของอุบัติเหตุจราจรที่เกิดขึ้นเพื่อหาแนวทางป้องกันและลดจำนวนและความรุนแรงโดยศึกษาชุมชนตำบลคูหาใต้อำเภอรัตภูมิซึ่งเกิดอุบัติเหตุ 55 ครั้งเสียชีวิต 11คนบาดเจ็บ 120 คนผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูล2 ส่วนคือ 1) ข้อมูลอุบัติเหตุจากหน่วยงานของกรมทางหลวงตั้งแต่ปีพ.ศ. 2553 – 2555 ทำการวิเคราะห์ลักษณะบริเวณที่เกิดเหตุสภาพแวดล้อมและสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ 2) ข้อมูลภาคสนามได้แก่การสำรวจความเร็วและตรวจสอบประเด็นปัญหาความปลอดภัยผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าประเด็นที่สำคัญคือคนในชุมชนมีความเสี่ยงในการสัญจรเนื่องจากรถที่วิ่งผ่านไปมาใช้ความเร็วสูงในกรณีที่ต้องการสัญจรข้ามถนนสี่ช่องจราจรความเสี่ยงจะเพิ่มขึ้นดังนั้นการควบคุมการเข้า-ออกทางเชื่อมทางแยกต่างๆให้เหมาะสมและถูกต้องตามหลักวิศวกรรมจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับชุมชนได้ซึ่งจะต้องทำให้เป็นที่ยอมรับของชุมชนผลที่ได้สามารถนำไปใช้กับพื้นที่ชุมชนอื่นๆ และเสนอแนวทางให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

**คำสำคัญ**: ชุมชนนอกเมือง, อุบัติเหตุจราจร, ความปลอดภัยทางถนน

## Abstract

Songkhla province in southern Thailand has usually been reported with high rates of road crashes. Particularly, the Central Information Technology, Thai Royal Police reported over 3,911 road traffic related accident occurring during 2007-2012, with 1,368 fatalities and 4,305 injuries. Interestingly, over 60 percent of the accidents occurred on the 650 kilometer-long state highway which lies over a number of residential areas in the province, resulting in issues involving public safety. Consequently, this study aimed to analyze causes of the accidents and guidelines for prevention and reduction of occurrence and severity of the future incidents. In this study, road traffic related accidents occurred in communities in Songkhla province districts including Koohatai communitywere selected as the case studies. The data collection and analysis were divided into two parts including 1) the annual traffic accident data during the year 2010-2012 from the Department of Highways, analyzed by considering the accident scenes, visibility and environment, and causes of the occurrences; 2) Site observation data, speed data, and other safety related issues. The results revealed that speed was the major cause of the accidents. Moreover, a particular lack of appropriately designed road-crossing facilities also resulted in higher risk for the accidents. In addition, it was recommended that proper engineering-designed gateways and intersections under acceptances of the communities could also manipulate higher road safety over the region.

**Keywords:** Communities outside Urban, Traffic Accident, Road Safety

## 1. คำนำ

อุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาสำคัญที่ทุกประเทศทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ในขณะนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินรวมถึงผลกระทบต่อสภาพจิตใจของผู้ประสบเหตุอีกทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องในเหตุการณ์โดยองค์การอนามัยโลกระบุว่ามีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนทั่วโลกประมาณกว่าปีละ 1.3 ล้านคนมีผู้บาดเจ็บและพิการอีกปีละประมาณ20-50 ล้านคนสำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 514,000 ตารางกิโลเมตรพื้นที่ส่วนใหญ่ได้เชื่อมโยงกับโครงข่ายถนนกว่า 218,000 กิโลเมตรจากศูนย์ข้อมูลสนเทศสำนักงานตำรวจแห่งชาติตั้งแต่ปี พ.ศ.2546 – พ.ศ.2555 พบว่ามีการสูญเสียชีวิตกว่าปีละ 11,000 รายและบาดเจ็บกว่าปีละ62,000 รายทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจจากมูลค่าอุบัติเหตุกว่า 180,000 ล้านบาทในส่วนถนนทางหลวงในจังหวัดสงขลานั้นมีสายทางอยู่ทั้งสิ้น 17 สายทางมีระยะทางกว่า 650 กิโลเมตรตัดผ่านชุมชน 101 ตำบลจากสถิติอุบัติเหตุจราจรของแขวงการทางสงขลาและสำนักงานบำรุงทางสงขลาที่ 2 ตั้งแต่ปี 2553 – 2555 นั้นมี 15 ตำบลที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุดซึ่งอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงตามมาทั้งการบาดเจ็บและเสียชีวิตจำเป็นต้องสืบหาสาเหตุปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจราจรทั้งการตรวจสอบประเด็นปัญหาความปลอดภัยของถนนทางหลวงในชุมชนเพื่อนำข้อมูลต่างๆมาวิเคราะห์หาแนวทางป้องกันและลดจำนวนอุบัติเหตุให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้นของคนในชุมชนและผู้ใช้ทางต่อไป

## 2. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิติจันทรุไทย [1] ได้ศึกษาความปลอดภัยของชุมชนบริเวณริมถนนนอกเมืองจังหวัดนครศรีธรรมราชโดยคัดเลือกศึกษา 4 ชุมชนได้แก่ชุมชนตำบลเปลี่ยนชุมชนตำบลกลายชุมชนตำบลโมคลานและชุมชนตำบลนาสารโดยได้ดำเนินการจัดทำแผนความปลอดภัยทางถนนในระดับชุมชนโดยได้จัดทำตามมาตรการป้องกันอุบัติเหตุจราจร 4 ประการ (4E's of Road Safety) ได้แก่มาตรการด้านวิศวกรรม (Engineering) มาตรการอบรม/ประชาสัมพันธ์ (Education) มาตรการบังคับใช้กฎหมาย (Enforcement) และมาตรการด้านการให้ความสนับสนุน (Encouragement) ในการจัดทำมาตรการได้พิจารณาจัดตามลำดับความสำคัญของปัญหาอุบัติเหตุทำการพิจารณาร่วมกับตัวแทนในชุมชนเพื่อปรับปรุงแก้ไขมาตรการดำเนินการให้สอดคล้องกันปัญหาที่สำคัญของความปลอดภัยในชุมชนนั้นประกอบด้วยปัญหาด้านความเชื่อมั่นชาวบ้านคิดว่าปัญหาอุบัติเหตุจราจรเป็นเรื่องไกลตัวและไม่มีความเชื่อมั่นในการแก้ไขปัญหาทางด้านการเมืองเช่นข้อจำกัดของงบประมาณและปัญหาทางด้านสังคมซึ่งชาวบ้านส่วนหนึ่งยังมีความคิดว่าอุบัติเหตุจราจรเป็นเรื่องของโชคชะตาและไม่ปฏิบัติตามกฎหมายจราจรผลจากการจัดทำแผนความปลอดภัยในระดับตำบลชุมชนได้ให้ความสนใจและนำแผนดังกล่าวไปปฏิบัติโดยได้บรรจุลงในแผนพัฒนาตำบลในปี พ.ศ. 2547 และชุมชนที่เหลืออีก 3 แห่งตัวแทนชุมชนได้รับแผนไว้เพื่อเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาความปลอดภัยบนถนนที่เกิดขึ้นในชุมชนตามทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดต่อไป

วิศว์รัตนโชติและคณะ [2] ได้ศึกษาอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบทในจังหวัดปริมณฑลซึ่งถนนในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบททั่วประเทศนั้นระยะทางประมาณ 43,700 กิโลเมตรส่วนหนึ่งอยู่ในเขตปริมณฑล 5 จังหวัดได้แก่นนทบุรีปทุมธานีนครปฐมสมุทรปราการและสมุทรสาครรวมระยะทาง 1,577.427 กิโลเมตรซึ่งจะมีพฤติกรรมการขับขี่ปริมาณจราจรและสภาพแวดล้อมที่ต่างจากทางหลวงชนบทในจังหวัดภูมิภาคโดยนำเสนอเกี่ยวกับอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบทในเขตปริมณฑลตั้งแต่ปีพ.ศ. 2550–2552 รวมทั้งได้ดำเนินการตามยุทธศาสตร์ด้านวิศวกรรม(Engineering) และตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit) การปรับปรุงจุดเสี่ยงอันตรายต่างๆ

ธวัชชัยเหล่าศิริหงส์ทองและคณะ[3] ได้ศึกษาปัญหาความปลอดภัยของทางหลวงชนบทซึ่งอุบัติเหตุจากการจราจรบนถนนมักเกิดขึ้นกับถนนสายรองเพื่อศึกษาถึงประเด็นปัญหาความปลอดภัยบนท้องถนนเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมของถนนที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบทจากผลการศึกษาสรุปได้ว่าสายทางที่ตรวจสอบนั้นมีสภาพปัญหาที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้น 12 ประเด็นโดยประเด็นหลักที่พบในทุกสายทางจะเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแนวทางและรูปตัดของถนนลักษณะทั่วไปของทางแยกป้ายจราจรเครื่องหมายจราจรและเครื่องหมายนำทางทางเชื่อมเป็นต้นโดยแนวทางการแก้ไขปัญหาในระยะสั้นใช้มาตรการและแนวทางที่ดำเนินการได้ทันทีโดยใช้งบประมาณในการปรับปรุงไม่มากนักเช่นการปรับปรุงป้ายจราจรที่ชำรุดการซ่อมแซมผิวจราจรการปรับปรุงในระยะยาวได้แก่การปรับแนวของถนนใหม่การปรับสภาพผิวจราจรใหม่และการขยายถนนเป็นต้น

การจัดลำดับความสำคัญของบริเวณตำแหน่งจุดอันตรายนั้นจำเป็นที่จะต้องรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุจราจรเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ตามเกณฑ์หรือวิธีการที่หน่วยงานต่างๆเช่น OECD, NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities) และกรมทางหลวง นำมาใช้ สามารถจัดได้เป็น 2 กลุ่มคือ เทคนิคเชิงตัวเลข (Numerical techniques) และเทคนิคเชิงสถิติ (Statistical techniques)เทคนิคเชิงตัวเลข (Numerical techniques) เป็นเทคนิคเบื้องต้นในการกำหนดว่าบริเวณตำแหน่งใดเป็นจุดอันตราย โดยอาศัยการเปรียบเทียบจำนวนอุบัติภัยที่เกิดขึ้น ณ บริเวณนั้น กับจำนวนที่เทคนิคเชิงสถิติ (Statistical techniques)

อาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability theories) ในการกำหนดบริเวณที่มีระดับความเสี่ยงต่อผู้ใช้ถนนสูงกว่าระดับความเสี่ยงปกติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเปรียบเทียบจำนวนอุบัติภัยจราจรในแต่ละบริเวณเข้าด้วยกัน หรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระบบโดยคำนึงถึงความแตกต่างของโอกาสในการเกิดอุบัติภัย (Exposure) และการแปรเปลี่ยนในลักษณะที่ไม่แน่นอน [4]

การจัดลำดับความสำคัญบริเวณอันตรายบนถนนโดยวิธีดัชนีความรุนแรง (Severity Index Method) เป็นวิธีที่สะท้อนให้เห็นถึงระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานที่โดยการให้น้ำหนักกับประเภทของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ไม่คำนึงถึงปริมาณการจราจร สำหรับการกำหนดน้ำหนักขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่าให้ความสำคัญกับความเสียหายประเภทใด [5]

$$SI = aF + bI_{major} + cI_{minor} + dN \quad (1)$$

SI = ดัชนีความรุนแรง (Severity Index)

F = จำนวนผู้ตาย (Number of Fatalities)

$I_{major}$ = จำนวนผู้บาดเจ็บสาหัส (Number of Major Injuries)

$I_{minor}$ = จำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย (Number of Minor Injuries)

N = จำนวนอุบัติเหตุ (Number ofCrashes)

a,b,c และ d = ค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่ใช้กับอุบัติเหตุแต่ละประเภท

วิธีความรุนแรงของอุบัติเหตุ (Accident Severity Method) เป็นอีกวิธีที่พิจารณาจำนวนครั้งที่เกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิต และจะให้น้ำหนักกับประเภทของอุบัติเหตุ [6]

$$SI = (aF+bI+cN)/(a+b+c) \quad (2)$$

SI =ดัชนีความรุนแรง

F = จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)

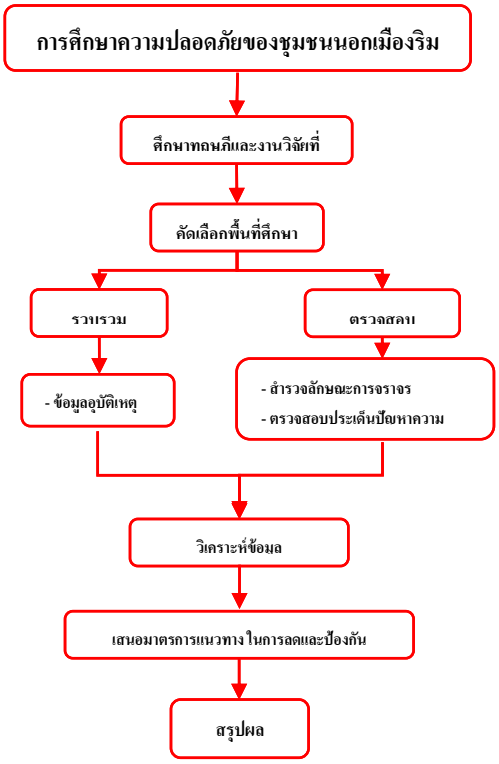
I = จำนวนผู้บาดเจ็บ(คน)

N = จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)

a,b และ c = ค่งคงที่ในการให้น้ำหนัก เท่ากับ 4, 3 และ 2 ตามลำดับ

## 3. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาความปลอดภัยของชุมชนนอกเมืองบริเวณริมทางหลวงแผ่นดิน : กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังรูปที่ 1




**รูปที่ 1** ขั้นตอนการวิจัย

### 3.1 การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยดำเนินการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาพิจารณาจากความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุแต่ละเขตชุมชนเป็นต่อครั้งต่อปีต่อ10 กม. โดยการหาค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ซึ่งประยุกต์จากการจัดลำดับความสำคัญบริเวณอันตรายบนถนนโดยวิธีดัชนีความรุนแรง (Severity Index Method) และวิธีความรุนแรงของอุบัติเหตุ โดยผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดเนื่องจากบนทางหลวงของจังหวัดสงขลาการเกิดอุบัติเหตุนั้นมีความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดความรุนแรงทั้งทำให้เกิดการบาดเจ็บและบางส่วนถึงขั้นเสียชีวิตจึงกำหนดค่าน้ำหนักไว้ดังนี้

- การเกิดอุบัติเหตุให้น้ำหนักเท่ากับ 4 ต่อครั้งต่อปีต่อ 10 กม.
- ผู้เสียชีวิตให้น้ำหนักเท่ากับ 3 ต่อคนต่อปีต่อ 10 กม.
- ผู้บาดเจ็บให้น้ำหนักเท่ากับ 2 ต่อคนต่อปีต่อ 10 กม.

### 3.2 รวบรวมข้อมูล

ข้อมูลอุบัติเหตุจากหน่วยงานของกรมทางหลวงได้แก่ แขวงการทางสงขลา (แขวงทางหลวงสงขลาที่ 1ซึ่งรับผิดชอบสายทางในพื้นที่ของจังหวัดสงขลาโดยคัดแยกข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจราจรแต่ละชุมชนตำบลเมื่อคัดเลือกชุมชนศึกษาได้แล้วจะใช้ข้อมูลที่สืบค้นจากแบบรายงานอุบัติเหตุ ส.3-02 ในระบบ HAIMS 2013 และข้อมูลอุบัติเหตุจากสถานีตำรวจในท้องที่เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของชุมชนศึกษา

### 3.3 สำรวจภาคสนาม

ทำการสำรวจลักษณะการจราจร, ความเร็วยวดยานและตรวจสอบประเด็นปัญหาความปลอดภัยบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยใช้หลักการการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน [4]

### 3.4 วิเคราะห์ข้อมูล

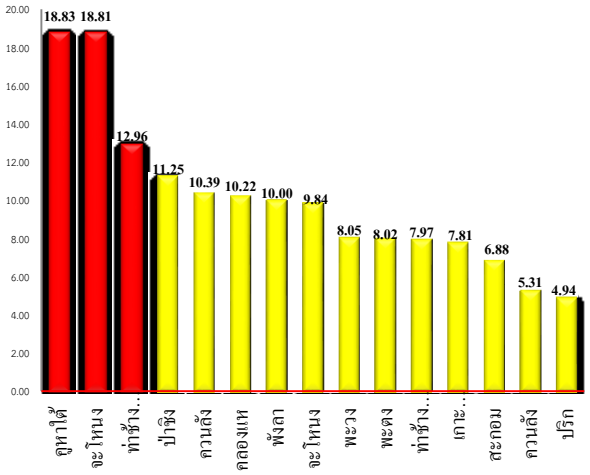
วิเคราะห์ข้อมูลทั้ง2ส่วนคือข้อมูลอุบัติเหตุจราจรที่เกิดขึ้นและจากการสำรวจพื้นที่ศึกษา

### 3.5 หามาตรการและแนวทางแก้ไขป้องกัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษาได้สามารถนำมาหาแนวทางและมาตรการที่เหมาะสมเพื่อการที่จะลดความรุนแรงที่เกิดจากอุบัติเหตุจราจรที่เกิดขึ้นได้

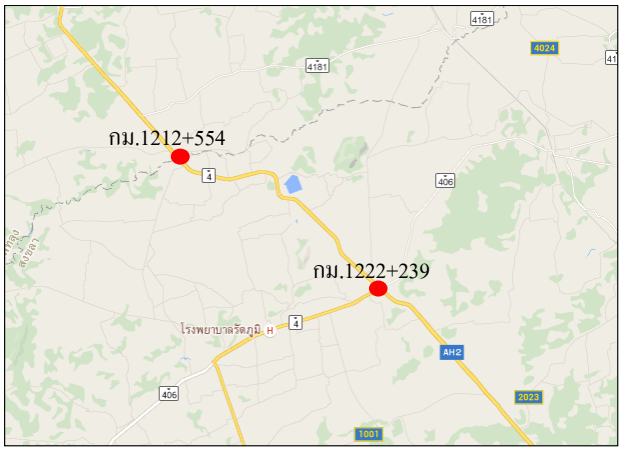
## 4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการรวบรวมข้อมูลสถิติอุบัติเหตุบนทางหลวงในจังหวัดสงขลาซึ่งได้ตัดผ่านแต่ละชุมชนนั้นมีอุบัติเหตุสูงสุด 15 ชุมชนตั้งแต่ พ.ศ.2553-2555 รวม 3 ปีเพื่อนำมาคัดเลือกเป็นชุมชนศึกษา จากการหาค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น พบว่าชุมชนตำบลคูหาใต้มีค่าดัชนีความรุนแรงสูงสุดเท่ากับ 18.83 ซึ่งคำนวณได้จาก จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น(55 ครั้ง/ 3 ปี) x (10 กม./9.695กม.)เท่ากับ 18.91 ครั้งต่อปีต่อ 10กม. จำนวนผู้เสียชีวิต (11 คน / 3 ปี) x (10 กม./ 9.695 กม.)เท่ากับ 3.78 คนต่อปีต่อ 10 กม. และจำนวนผู้บาดเจ็บ (120 คน / 3 ปี) x (10 กม./ 9.695 กม.) เท่ากับ 41.26 คนต่อปีต่อ 10 กม. โดยหาค่าดัชนีความรุนแรงจากสมการที่ (2) ได้ดังนี้ (18.91x4)+(3.78x3)+(41.26x2) /(4+3+2) = 18.83 เป็นต้นลำดับที่สองชุมชนตำบลจะโหนง ค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 18.81 และลำดับสามชุมชนตำบลท่าช้างมีค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 12.96ดังรูปที่ 2




**รูปที่ 2** ค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุ

พื้นที่ศึกษาชุมชนตำบลคูหาใต้ตั้งอยู่ในเขตอำเภอรัตภูมิจังหวัดสงขลามีทางหลวงหมายเลข 4 ตัดผ่านจากต่อเขตพัทลุงมาจนถึงสี่แยกคูหาเป็นระยะทาง 9.695 กิโลเมตรระหว่างกม. 1212+554 – กม.1222+239 ดังรูปที่ 3

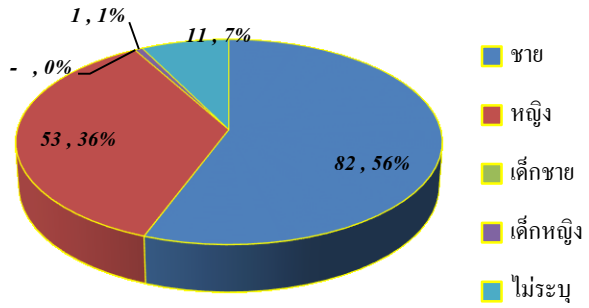



**รูปที่ 3** พื้นที่ศึกษาชุมชนคูหาใต้ (ทางหลวงหมายเลข 4 )

### 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุจราจร

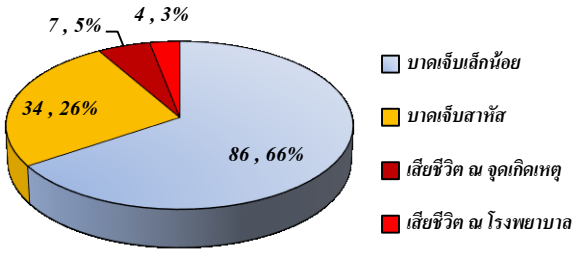
จากการศึกษาอุบัติเหตุจราจรของทางหลวงที่ตัดผ่านชุมชนลูหาใต้พบว่าในปี 2553 มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 16 ครั้ง เสียชีวิต 1 คน เกิดการบาดเจ็บ 44 คน ปี 2554 มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 30 ครั้ง เสียชีวิต 7 คน บาดเจ็บ 74 คน ส่วนปี 2555 มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 9 ครั้ง เสียชีวิต 3 คน และบาดเจ็บ 2 คน รวม 3 ปี มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 55 ครั้งเสียชีวิต 11 รายและบาดเจ็บ 120 ราย จากข้อมูลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ส่วนต่างๆ คือ เพศของผู้ประสบเหตุ ความรุนแรงที่เกิดจากการเกิดอุบัติเหตุ ช่วงเวลาที่เกิดเหตุ สภาพของผิวทางขณะเกิดเหตุและประเภทของรถที่เกิดอุบัติเหตุ ได้ดังนี้

ผู้ประสบเหตุที่เกิดขึ้นในชุมชนตำบลลูหาใต้ เป็นเพศชายมากถึง 82 รายคิดเป็น 56 % เป็นเพศหญิง 53 ราย คิดเป็น 36 % เด็กผู้ชายไม่มี เป็นเด็กผู้หญิง1 ราย คิดเป็น 1 % ไม่ได้ระบุ 11 ราย คิดเป็น 7% ดังรูปที่ 4



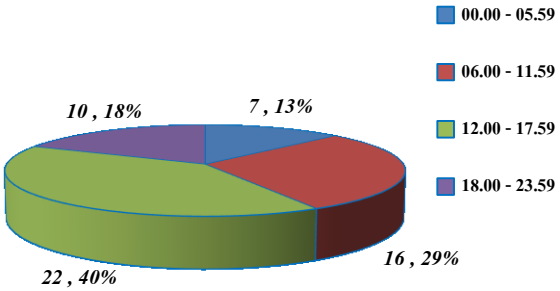

**รูปที่ 4** แบ่งตามเพศของผู้ประสบเหตุ

จำนวนผู้ประสบเหตุเสียชีวิตณที่เกิดเหตุ 7 รายคิดเป็น 5 % เสียชีวิตในรพ. 4 รายคิดเป็น 3 % บาดเจ็บสาหัส 34 รายคิดเป็น 26 % และบาดเจ็บเล็กน้อย 86 รายคิดเป็น 66 % รวมทั้งสิ้น 131 ราย ดังรูปที่ 5



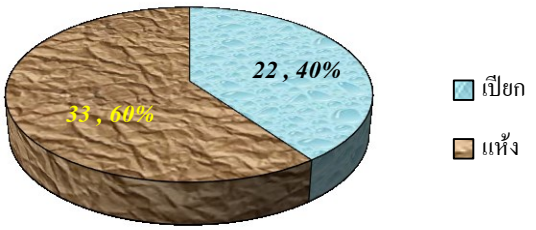

**รูปที่ 5** ความรุนแรงจากการเกิดอุบัติเหตุ

สำหรับช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุแบ่งเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา 00.00 น.- 05.59 น. มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 7 ครั้ง คิดเป็น 13 % ช่วงเวลา 06.00 น.- 11.59 น. มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 16 ครั้ง คิดเป็น 29% ช่วงเวลา 12.00 น. – 17.59 น. เป็นช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด 22 ครั้งคิดเป็น 40% และช่วงเวลา 18.00 น. – 23.59 น. มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 10 ครั้ง คิดเป็น 18 %ดังรูปที่ 6



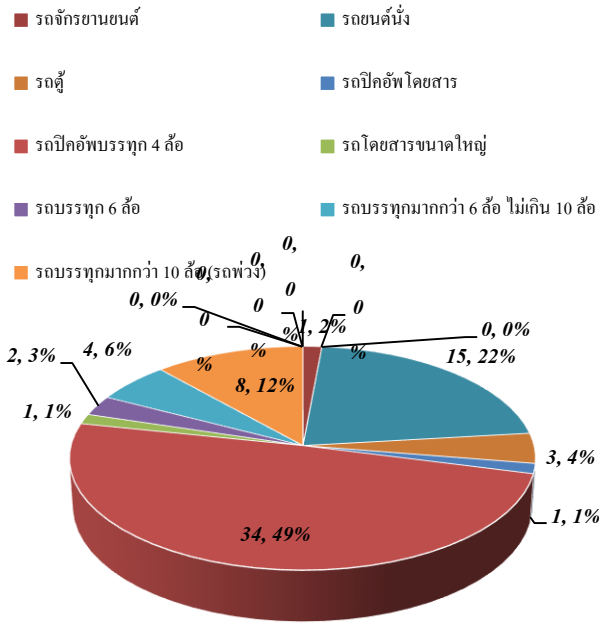

**รูปที่ 6** ช่วงเวลาของการเกิดอุบัติเหตุ

สภาพของผิวทางบริเวณที่เกิดเหตุพบว่ามีสภาพผิวทางแห้งมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 33 ครั้งคิดเป็น 60 % สภาพผิวทางเปียกมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 22 ครั้งคิดเป็น 40 % ดังรูปที่ 7




**รูปที่ 7** สภาพของผิวทางบริเวณที่เกิดเหตุ

ประเภทของรถที่ประสบเหตุโดยส่วนมากจะเป็นรถปิคอัพบรรทุก 4 ล้อมีการเกิดอุบัติเหตุมากถึง 34 คันคิดเป็น 49 % รถยนต์นั่ง เกิดอุบัติเหตุ 15 คัน คิดเป็น 22 % รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ (รถพ่วง) เกิดอุบัติเหตุ 8 คัน คิดเป็น 12 % รถบรรทุกมากกว่า 6 ล้อ ไม่เกิน 10 ล้อ เกิดอุบัติเหตุ 4 คัน คิดเป็น 6 % รถตู้ เกิดอุบัติเหตุ 3 คัน คิดเป็น 4 % รถบรรทุก 6 ล้อ เกิดอุบัติเหตุ 2 คัน คิดเป็น 3 %ดังแสดงในรูปที่ 8

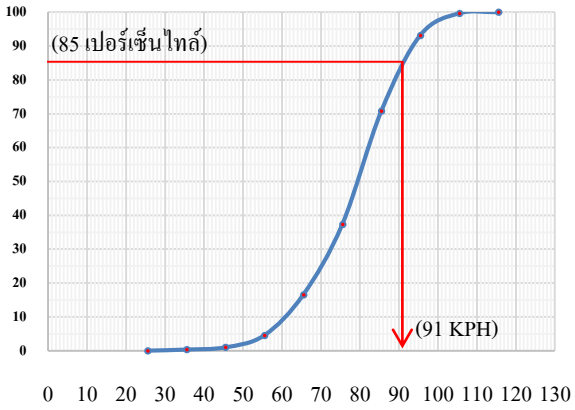



**รูปที่ 8** ประเภทรถที่ประสบเหตุ

## 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

### 4.2.1 การสำรวจความเร็วยวดยาน

จากการสำรวจความเร็วยวดยานของรถปิคอัพบรรทุก 4 ล้อซึ่งเป็นประเภทรถที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดในชุมชนศึกษา จำนวน 376 คันบริเวณจุดสำรวจจะเป็นช่วงก่อนเข้าโค้งในบริเวณอันตราย บริเวณ กม.1218+000 จากการสำรวจ พบว่ามีการใช้ความเร็วที่เกินกว่ากำหนด มีค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์เท่ากับ 91 กม./ชม. ดังรูปที่ 9




**รูปที่ 9** ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์

### 4.2.2 การตรวจสอบประเด็นปัญหาความปลอดภัย

จากการตรวจสอบประเด็นปัญหาความปลอดภัยบริเวณช่วงถนนอันตรายของชุมชนตำบลคูหาใต้ พบว่ามีประเด็นปัญหาต่างๆและข้อเสนอแนะต่างๆ ดังนี้

**ตารางที่ 2** ประเด็นปัญหาความปลอดภัยที่ตรวจพบและข้อเสนอแนะ

| ประเด็นปัญหาความปลอดภัย | ข้อเสนอะแนะ |
|---|---|
| - การขับรถตัดข้ามถนนสี่ช่องจราจรโดยขับรถข้ามเกาะกลางถนนเพื่อสัญจรไปมา โดยชาวบ้านต้องการความสะดวกและรวดเร็วในการสัญจร ดังรูปที่ 10 | - ปิดทางเข้า – ออกเพื่อบริเวณเกาะกลางและให้ไปกลับรถบริเวณจุดกลับรถ |
| - การขับรถมอเตอร์ไซค์ย้อนศรหรือผิดทิศทางการจราจรจะเห็นได้ว่าชาวบ้านไม่ไป | - ใช้มาตรการทางกฎหมายที่เข้มงวดมากขึ้นโดยขอความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่ |

| ประเด็นปัญหาความปลอดภัย | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|
| กลับรถตรงจุดกลับรถเพราะต้องย้อนไปไกลมากขึ้น ดังรูปที่ 11 | ตำรวจในท้องที่ หรือจัดให้มีเส้นทางหรือเส้นทางลัดสำหรับคนในชุมชน |
| - ต้นไม้ใหญ่บริเวณสองข้างทาง มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 15 ซม. ทำให้รถที่เสียหลักลงข้างทางชนกับต้นไม้ใหญ่ เกิดความรุนแรงตามมาและจากการที่ได้สำรวจพบว่ามีต้นไม้มีร่องรอยรถชนรวมอยู่ด้วย ดังรูปที่ 12 | - ตัดต้นไม้ใหญ่ออกบริเวณสองข้างทางเพื่อลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ แต่ควรได้รับการยอมรับในชุมชนเนื่องจากอาจจะเกิดปัญหามวลชนได้หรือทำการติดตั้งราวกันอันตรายตลอดความยาวแนวโค้ง |
| - มีต้นไม้บดบังบริเวณทางโค้ง มีระยะมองเห็นไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถหยุดรถได้ทันท่วงที ดังรูปที่ 13 | - ทำการถางป่าและขุดตอบริเวณทางโค้งออกเพื่อให้มองเห็นได้ชัดเจนให้ได้ระยะมองเห็นปลอดภัย |
| - ติดตั้งราวกันอันตรายไม่เหมาะสม เกิดการชำรุดจากการเกิดอุบัติเหตุโดยไม่ได้ทำการซ่อมแซมให้กลับสภาพเดิม ดังรูปที่ 14 | - ติดตั้งราวกันอันตรายใหม่พร้อมป้าย เชฟรอนเพิ่มขึ้นและเบ้าสะท้อนแสงบริเวณเสารางกันอันตรายเพื่อเตือนทางโค้ง |
| - ติดตั้งไฟฟ้าและแสงสว่างไม่เพียงพอในช่วงเวลากลางคืน ดังรูปที่ 15 | - ติดตั้งไฟฟ้าและแสงสว่างเพิ่มขึ้นเพื่อการมองเห็นได้ชัดเจน |



**รูปที่ 10** การตัดข้ามถนนผ่านเกาะกลาง



**รูปที่ 11** การขับรถย้อนศร



**รูปที่ 12** ต้นไม้ใหญ่บริเวณริมทาง



**รูปที่ 13** ต้นไม้บดบังบริเวณทางโค้ง



**รูปที่ 14** ติดตั้งราวกันอันตรายชำรุด



**รูปที่ 15** ไฟฟ้าและแสงสว่างไม่เพียงพอ

## 5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาความปลอดภัยของชุมชนนอกเมือง บริเวณริมทางหลวงแผ่นดิน : กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา โดยเลือกชุมชนตำบล คูหาใต้ที่มีค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 18.83 สูงสุดในจังหวัดนั้นจากข้อมูลอุบัติเหตุพบว่า ประเภทของลักษณะการชนโดยส่วนใหญ่เสียหลักตกถนนและชนต้นไม้ตรงบริเวณทางโค้งซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความรุนแรงผู้ประสบเหตุเป็นเพศชาย 82 ราย คิดเป็น 56% และจากความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุพบว่า มีการบาดเจ็บสาหัส 34 ราย คิดเป็น 26 % บาดเจ็บเล็กน้อย 86 ราย คิดเป็น 66 % ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุจะอยู่ในช่วง 12.00 น.- เวลา 17.59 น. 22 ครั้ง คิดเป็น 41% โดยมีสภาพผิวทางเปียกถึง22 ครั้งคิดเป็น 40% และความเร็วรถที่ใช้ 91 กม./ชม.ก่อนเข้าช่วงทางโค้งซึ่งส่งผลถึงการควบคุมรถหากเกิดการเสียหลักและจากการตรวจสอบประเด็นปัญหาความปลอดภัยพบว่า มีการขับรถตัดข้ามถนนบริเวณเกาะกลาง อีกทั้งมีต้นไม้ใหญ่บริเวณริมทางหลวง มีต้นไม้บดบังระยะมองเห็นบริเวณทางโค้ง แสงสว่างไม่เพียงพอ การขับรถย้อนศร จากปัญหาดังกล่าว จึงมีมาตรการแก้ไขป้องกันอุบัติเหตุและลดความรุนแรงที่เกิดขึ้น โดยการนำสิ่งที่อันตรายอยู่ข้างทางออก เพื่อให้ปลอดสิ่งกีดขวาง ปูผิวทางใหม่เพื่อป้องกันการเสียหลักตกลงข้างทาง การควบคุมความเร็วโดยทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทางให้ชัดเจนและสะท้อนได้ดีในช่วงเวลากลางคืนรวมทั้งติดตั้งไฟฟ้าและแสงสว่างให้เพียงพอต่อการมองเห็น การบังคับใช้กฎหมายให้เข้มงวดมากขึ้นของเจ้าหน้าที่ สำหรับการควบคุมการเข้า-ออกทางเชื่อมทางแยกต่างๆ ให้เหมาะสมและถูกต้องตามหลักวิศวกรรมจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับชุมชนได้

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศ.ดร.พิชัย ธานีรณานนท์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นทุกคนที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

## เอกสารอ้างอิง

[1] ปิติ จันทรุไทย, 2546. การศึกษาความปลอดภัยของชุมชนบริเวณริมถนนนอกเมือง : กรณีศึกษาจังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2] วิศว์ รัตนโชติและคณะ, 2553. การศึกษาอุบัติเหตุบนทางหลวงชนบทในจังหวัดปริมณฑล. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 15หน้า 1-7

[3] ธวัชชัยเหล่าศิริหงส์ทองและคณะ, 2548. ปัญหาความปลอดภัยของทางหลวงชนบท.เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10หน้า 101 – 106

[4] พิชัย ธานีรณานนท์, 2554. ถนนปลอดภัยด้วยหลักวิศวกรรม. บ.ลิมบราเดอร์ การพิมพ์หน้า 56,281-330.

[5] พงศกร พัฒน์ชู, 2555. การจัดการจุดอันตรายในโครงข่ายถนนจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[6] สมพล สูงทองจริยา, 2543. การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุจราจรบนท้องถนนในภูมิภาค. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

# Intelligent Parking Management System For Automobile In Downtown Area of Ha Noi

Paper identification number:**AYRF15-028**

TIEN Le Ngoc[1], HANG Tran Thi[2]

LINH Nguyen Ngoc[3], YEN Nguyen Thi[4]

NGAN Pham Thien[5]

[1]Advanced Training Program – Students
University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam
Telephone number: (+84)973 799 656
Email: lengoctien.atp@gmail.com

[2]Advanced Training Program – Students
University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam
Email: tranthihangatp@gmail.com

[3]Advanced Training Program – Students
University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam
Email: nguyen.ngoc.linh1194@gmail.com

[4]Advanced Training Program – Students
University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam
Email:nguyenyen090494@gmail.com

[5]National Economics University, Hanoi, Viet Nam

Email: phamthienngan@gmail.com

## Abstract

Recent years, the number of automobile has been increasing sharply with average number of 15% each year. There are around 500.000 private cars, 17000 public taxis in Hanoi in 2015. The combination of increased motor vehicle traffic and government's regulation limits on parking management lead to a social recognized hardship on Hanoi downtown's parking management, went up demand for automobile parking. Shortage of parking spaces for private car in downtown area and at rest areas for public taxis results in illegal and unsafe parking on pavement, other unauthorized areas.

By studied previous studies, real site visits, and analysed raw data collection at parking lots. This research tends to understand the unavailable of sufficient parking spaces problem in Hanoi downtown, sought out the supply and demand characteristics for automobile parking, assess technology that can be used to improve parking management and suggest a smart parking-management solution namely Smart GPS-Finding Parking Space in order to make better utilization of parking spaces in Hanoi downtown areas.

Keywords: 1) Parking- management 2) Automobile 3) Downtown Area 4) Smart GPS – Finding Parking space

# 1. Introduction

## 1.1 Overview

Automobile moves around of passengers, which accounts for approximately 9% of total traffic demand in Hanoi (Hanoi traffic committee 2014). Millions passenger are moved around Hanoi each day through several transportation modes, such as taxi, private car, rented bike, private bike, public bus and bicycle. Among all the modes, automobile only accounts for a not really large number of passenger but occupied a huge percentage of traffic flow area (used convert factors among all the modes, when one car is parked on pavement it will block 6.500 bikes/h, 5000 bycycles/h or 1600 cars/h - according to Hanoi traffic committee 2013), passenger mobility is now more and more gradually depends on private automobile and taxi, because of its convenience, safety, comfortable and much more private than other modes. This makes the automobile the leader for traffic congestion factor in Hanoi. Automobile is also expected to grow significantly throughout Hanoi over the next decade along with the increasing population, globalization of Viet Nam economy, and other factors, such as the increased demand for high-class of wealthy men, more safety travel and private family trips.

The combination of increased automobiles, bikes, public traffic vehicles and government regulated limits on parking area (hours and restricted streets) lead to a nationally recognized problem in Viet Nam, increased demand for automobile parking. Many cities, including Hanoi, are experiencing a heavy demand for automobile parking at city centre, one that exceeds capacity. Several studies have indicated that the insufficient of parking facilities for automobiles may be associated with traffic congestion and cause of crashes. For example, research conducted by Hanoi department of traffic concluded that there are more than 500000 automobiles in Hanoi, but public parking area is only 15ha (July 2014) equivalent about 15% of total parking demand. In addition, car drivers who cannot find parking spaces often choose to park on pavement and other unauthorized areas. This creates roadway safety issues. Crashes involving car parked at narrow streets, intersections may be frequent. However, such incidents have a higher prospect of being fatal, congestions are getting complicated. Thus, even a small reduction is important. Parking on road-shoulder is an illegal practice which can affect roadway operations, create unsafety situations, and many other problems of traffic management.

## 1.2 Research objective

The research reported in this paper sought to understand the automobile parking problem in Hanoi downtown, determine the supply and demand characteristics for automobile parking, access technology that can be used to improve parking management, and recommended a project in order to test a smart car parking finding lot to make better utilization of parking spaces in Hanoi downtown. This will be helpful to reduce cars parking on shoulders, crashes due to illegal parking situations, and of course unnecessary diesel emissions. The specific objectives of the research reported in this paper included the following: (1) Phase 1, determine trends of parking in Hanoi downtown, and (2) Phase 2, recommend a suitable smart parking finding system for automobiles drivers.

# 2. Research Methodology.

As I did mention in research objectives category, the research reported in this paper was conducted in two phases, (1) Phase 1 and (2) Phase 2, as follows:

1. Private automobile parking trends in Hanoi. Phase 1 inventoried Hanoi's public parking areas, observed automobile parking characteristics, determined current shortfalls in the supply of private car parking spaces, determined illegal parking, and surveyed relevant parking lot.

2. Recommending a smart parking finding system for automobile drivers. Approaching to solving the effect of car parking shortage on traffic performance fall into two major areas, as follow: (1) increasing the supply of parking spaces, and (2) better matching supply and demand in areas where a parking shortage exists. Increasing supply of parking spaces is a direct but also a capital-intensive solution, whereas better matching supply and demand is more practical and cost effective. Phase 2 included assessment of technology that can be used to improve car parking management and finding spaces in Hanoi by better matching supply and demand at downtown areas.

### 2.1 Phase 1, automobile parking trends in Hanoi.

Phase 1 included an evaluation of the automobile vehicle parking trends in Hanoi downtown areas. The major objective of phase 1 was to assess the adequacy of public parking spaces for automobile in Hanoi downtown, identify facilities that reach or over capacity during the busies hours of the day (usually at noon hours), and determine the extent of illegal car parking. The specific objectives of phase 1 included the following:

(1) Determine the supply characteristics of public parking facilities in Hanoi downtown, (2) determine the demand characteristics of facilities, (3) determine public parking facilities being used and to what capacity, and (4) to determine current shortfalls in the supply of private car parking spaces in Hanoi downtown.

### 2.1.1 Downtown characteristics study.

Phase 1 involved collection of field observation data by author and co-authors at all of the public parking lots within downtown shown in **figure 1**. In order to manage the data collection process effectively, the research team defined four survey zones in downtown area which typically included the studying parking lots. The research team statistics data during peak hours of service of parking facilities to collect data regarding its supply and demand characteristics.

### 2.1.2 Data collected

The period for data collection was from May 2015 to June 2015. The data was collected during noon hours from 11 am – 1 pm, mostly during weekdays and occasionally on weekend days, in case the parking lot controller provides information that the weekends are also busy days for a specific area. The research team determined the number of car parking spaces at each location and recorded total parking spaces utilization. The total parking utilization is the percentage of cars parked both legally in parking spaces and illegally on the streets.

***Hanoi – Downtown area***

*Total of parking lots: 281*

*Total area: ~ 336000 m2*

***Parking slots for car: 3000** (chosen to study)*

*Parking slots for bike: 12000*




**Figure 1:** *Map of studied parking lots*

During the site visits, our research team also interviewed personnel onsite, including security officers, traffic policeman, to obtain their observations about car parking and assess where illegal car parking was and often occurring shown in **Figure 2**. The team also collected site layout information and explored car parking patterns and safety issues in unauthorized areas in downtown.




Parking Facility Report

| | | | |
|---|---|---|---|
| ID Number | 10 | | |
| Location | O Quan Chuong - Zone 2 | | |
| Capacity | 70 | | |
| *Car Counts* | | | |
| Date | Time | Counts | % Utilization |
| 6-Apr-15 | 11:00 AM | 62 | 88 |
| 6-Apr-15 | 12:00 AM | 70 | 100 |
| 6-Apr-15 | 1:00 PM | 70 | 100 |
| 7-Apr-15 | 12:00 AM | 70 | 100 |

***Figure 2:*** *Type of data collected by the team*

### 2.1.3 Data analysis and reporting.

After each site visit, the raw data collected was analysed to compile a parking lot report for each of the visited parking. The report included brief facility information, car parking capacity (total number of parking spaces), date and time when car counts were taken, actual truck counts, percentage of utilization, and interview notes summarizing the information gathered from drivers, security – man, a sample of report is shown in **Figure 3 and 4**

| Parking Facility Report | | | |
|---|---|---|---|
| ID Number | 10 | | |
| Location | O Quan Chuong - Zone 2 | | |
| Capacity | 70 | | |
| *Car Counts* | | | |
| Date | Time | Counts | % Utilization |
| 6-Apr-15 | 11:00 AM | 62 | 88 |
| 6-Apr-15 | 12:00 AM | 70 | 100 |
| 6-Apr-15 | 1:00 PM | 70 | 100 |
| 7-Apr-15 | 12:00 AM | 70 | 100 |

| Parking Facility Report | | | |
|---|---|---|---|
| ID Number | 12 | | |
| Location | Dinh Tien Hoang - Zone 2 | | |
| Capacity | 50 | | |
| *Car Counts* | | | |
| Date | Time | Counts | % Utilization |
| 6-Apr-15 | 11:00 AM | 60 | 120 |
| 6-Apr-15 | 12:00 AM | 62 | 124 |
| 6-Apr-15 | 1:00 PM | 58 | 116 |
| 7-Apr-15 | 12:00 AM | 55 | 110 |

***Figure 3:*** *Data analysis and reporting*

The data collection efforts described previously enable the research team to determine the level of car parking capacity problem experienced at each visited parking lot. This information will be used to assign the parking lot into three categories (1) Low, (2) Medium, (3) High, based on the so-called level of car parking capacity problem, considering the utilization trends and qualitative feedback collected through interviews specifically from interview process mentioned previously.

| Notes |
|---|
| > Both facilities have limited space for parking, at O Q.Chuong and Dinh Tien Hoan st, having 70 and 50 spaces, respectively |
| |
| > According to the security interviewed, the O Q.Chuong facility often has more than 10 vacacies at noon while the guarder at Dinh Tien Hoang said that, they always over-capacity at day-time, esspecially at weekend.... |

***Figure 4***: Sample of interview note

**2 . 2** Phase **2:** Recommendation of implementing a smart parking-management system. Study feasibility of a wireless finding parking place application on smart phone. This project is reported in this paper was meant to provide better information to car driver about parking availability, it can reduce the number of cars parking on pavement, crashes due to driver fatigue, and of course unnecessary diesel emissions. The system should base on these following:

- The system must accurately and reliably know whether a parking area is full, and if it is not full, the number of vacancies.
- The system must include the capacity to storable data. So that we can use these historical information to forecast the availability spaces for approaching drivers.
- The most innovative of the system is able to provide sufficient information about parking availability such as occupied spaces, vacancies slots on line, which means we apply technology in parking management to counts the number of available spaces and upload it online, so whoever want to find a nearest parking place, all they have to do is once they get the application

*Table 1: Summary statistics*

| FACILITY | Location | Capacity | % Utilization observed |
|---|---|---|---|
| ZONE 1 | Cua Dong Ward | 110 | 90 |
| | Hang Trong Ward | 106 | 105 |
| | Dong Xuan Ward | 159 | 90 |
| | Hang Bo Ward | 108 | 93 |
| | Others | 57 | 90 |
| | | | |
| ZONE 2 | Ly Thai To Ward | 320 | 110 |
| | Phuc Tan Ward | 94 | 88 |
| | Others | 54 | 91 |
| | | | |
| ZONE 3 | Tran Hung Dao Ward | 755 | 108 |
| | Cua Nam Ward | 265 | 89 |
| | | | |
| ZONE 4 | Phan Chu Trinh Ward | 447 | 105 |
| | Hang Bai ward | 311 | 98 |
| | Others | 214 | 88 |

**Source:** ***gathered by research team***

on their smart phone, it will provide even a perfectly accurate parking occupancy detection system will indicate the number of spaces available at a particular time, what the drivers need, however, is an indication of whether spaces will be available at the time the driver arrives at the parking area.

In order to make the best decision in choosing the appropriate technology for the proposed smart parking management system, the authors completed the following steps: (1) detailed literature review, (2) visiting particular parking lots and study about their recent available technology of parking management which could be used for the purpose of the research. After weighing all the factors such as technology, site layout, all the suitability of facility for car parking applications. The consequence of sections will provides a feasibility view of possible of implementing the project.

## 3.Wireless parking space finding system components description

The system includes two main components, the vehicle detection technology at parking lot, which detect the presence of a vehicle as it comes to a stop and the wireless online component, which is able to upload the result of vehicle detection process into online database in every single second, the actual occupancy determination is accomplished using a unique combination of a differential magnetic induction measurement with a build-in infrared sensor. This combination technology allows the sensors to accurately determine to presence of a car without confusing it with another vehicle parked adjacent. Then the sensors communicate through a network of a wireless system, automatically upload its work online into the database system through the internet, informational maps, historical reports publicly, and then a number of other applications can be accessed by the user, along with other shared data platforms and devices such as smartphone.

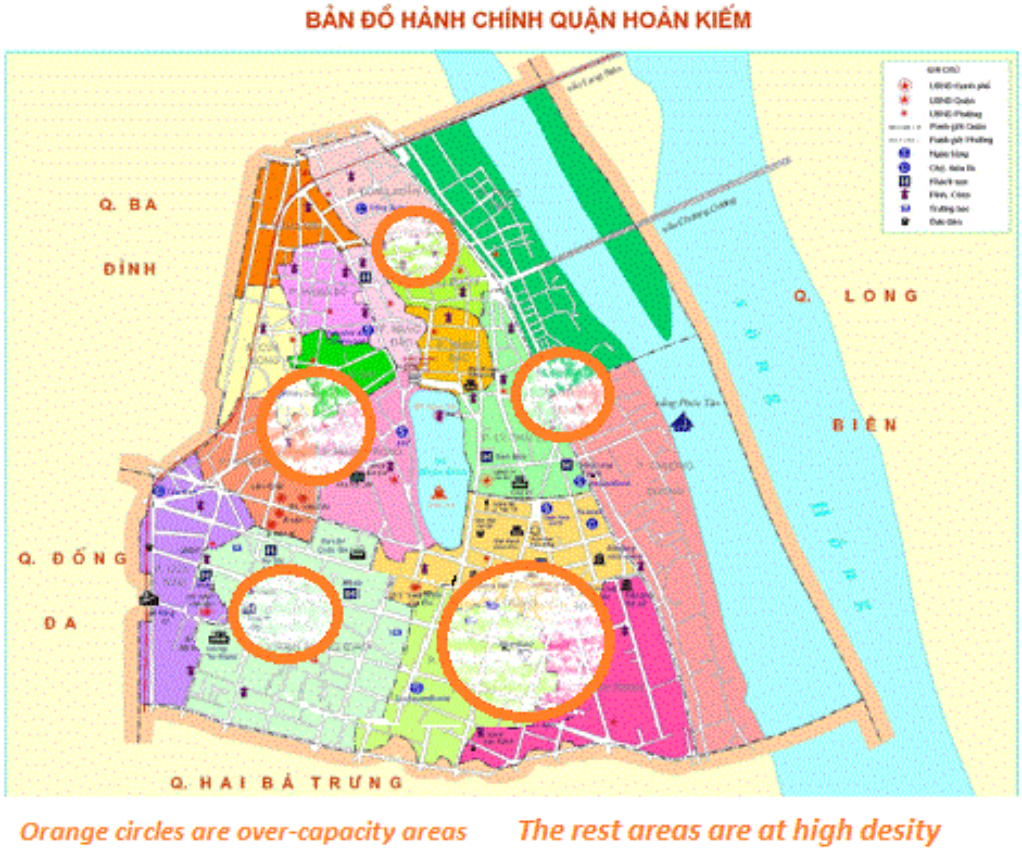



*Figure 5: Level of parking*

## 4. Site selection and site survey

After choosing the technology of smart parking management, the next task is selection of the site for the project. Related activities should follow these steps: identify the selection criteria base on real site survey in phase 1, identify candidate parking facility location base on the result of "level of parking problem survey shown in **Fig.5**", and then assess the current technologies of the facility to optimal the budget.

### 4.1 Data collector' essential function

In order to implement and develop the proposed system, the basic function of each component within the proposed wireless parking management system should be studied by practical activities. Especially, the data collector, the data collector is the main network for the system, collecting data passed by, its function as a bridge between local sensor network and the internet.

***Capacity problem***

Therefore, the data collector must be connected to an internet source in order to take advantage of its remote access features. In addition, we should install a camera system to check the accuracy of the data collectors as shown in Figure 6.

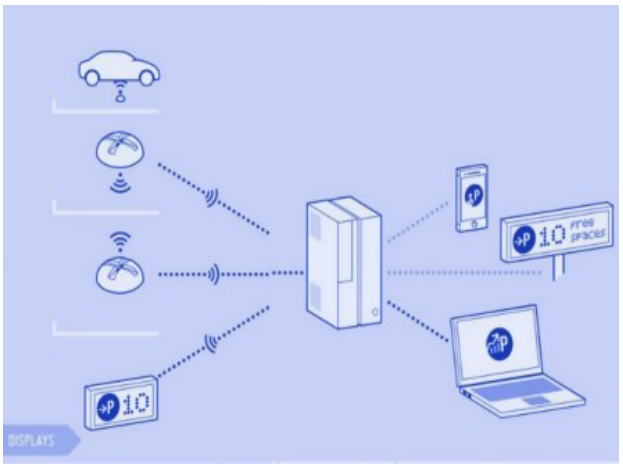



**Figure 6:** *model of system*

## 5. Advantages of the intelligent parking management system.

- ***Occupancy prediction ability***

Base on the average historical occupancy data available for a particular time, and it is updated day by day, and the updated data will not only have an important impact on prediction of occupancy at parking lots.

- ***Reliability***

Increased reliability of counting system by two individual components – sensor and camera

- ***Reduction of congestion cause by automobile***

By providing accurately parking information online for car drivers which allows them easy to find a nearest parking place available, the system will contribute to reduce the un-wanted driving time of car driver as well as unnecessary diesel emission.

## 6. Conclusions and recommendations

The research reported in this paper tends to understand the car parking problem in downtown of Hanoi, determine the supply and demand characteristics for car parking, suggest technology that can be used to improve matching supply and demand to increase operational efficiency of car drivers and reduce car parking on pavements, crashes due to driver fatigue and unnecessary diesel emissions.

Phase 1 included collection of field observation data at parking lots. The data collection efforts in phase 1 enable us to determine the level of car parking capacity problem at each surveyed parking area, then base on these information we can evaluate the parking facilities to choose the trial one for the intelligent parking management system.

Phase 2 involved assessment of technology that can be used to improve car parking management in downtown area by using a combination of a local vehicle detector connected with a source of internet, these vehicle detectors communicate the online database, which allows car driver can access the parking availability information via some devices, such us smart phone or laptop. In order to promote of applying the system we should develop a GPS mapping application that able to identify the location of both parking lots and driver, it will makes car driver easier to find a nearest vacancy to park their car. By accumulating historical data, it also allows us to predict the occupancy of parking facility, then coming drivers will understand the availability situation.

Furthermore, based on the author's interview and experience at visited site, one of the observations of authors in phase 1 was that car drivers are prefer to be fined to drive their car around to find a vacancy with costly parking fee. Evidence shows that even within a small area (within one ward) weird circumstances often occur, one parking lot is over capacity and a nearby one is still able to receive more cars, so by better utilization of parking areas, we can immediate improve the situation.

In summary, parking situation in Hanoi is very complicated, so even a small improvement is valued.

## 7. Acknowledgement

First of all, we would like to express our sincere gratitude and appreciation Dr.Tuenjai FUKUDA, the one who gave me such this opportunity to complete this paper.

Special appreciation is extended to the ATP's lecturers, for all of your warm support and continuous assistance during the experimental works undertaken for this study.

Finally, very special and heartfelt thanks to our beloved classmates for their support, encouragement and sacrifice throughout the course of the study.

## 8. References

[1] Survey of JICA team (2012) to collect the real factors of public transport system.

[2] Nguyen Van Truong (2012), University of [3] Transport and Communications, JICA TRAHUD II Workshop for Debate of transport system in Hanoi.

[3] King, G. F. (1989). "Evaluation of safety roadside rest areas."

[4] NCHRP (National Cooperative Highway Research Program Synthesis 317). (2003). Dealing with truck parking demands, Transportation
Research Board, Washington, DC.

[5] Traffic Safety Course Book. (2000) Hanoi: Hanoi University of Transportation and Communications.

# Sustainable Mobility and Designing Living Streets by Pedestrianization For a Better life For Community in Istanbul, Turkey

Gökhan YILMAZ [1], Abdulbasid DOGRU [2], Yasin INAN [3], Fatih KAFALI [4], Yener BAKIŞ [5], Ahmet YILDIRIM [6]

[1] *Urban Planner, Local Government Specialist, Public Administration Specialist (Master of Urban Planning), Istanbul Metropolitan Municipality, gokhan.yilmaz@ibb.gov.tr*

[2] *Urban Planner (Master of Urban Planning and Researcher of Transportation Planning), Istanbul Metropolitan Municipality, abasitdogru@gmail.com*

[3] *Urban Planner, Master Student, Istanbul Metropolitan Municipality, yasin.inan@ibb.gov.tr*

[4] *Geodesy and Photogrammetry Engineer, Geographic Information System Specialist and Manager (PhD. Student), Istanbul Metropolitan Municipality, faith.kafali@ibb.gov.tr*

[5] *Geography Engineer, Geographic Information System Specialist (Master of Urban Transport Systems, Istanbul Metropolitan Municipality, yenerbakis@hotmail.com*

[6] *Urban Planner, Master Student, Istanbul Technical University, ahmetyildirim89@gmail.com*

**Abstract**

Pedestrian accessibility is the most necessary component of mobility for passengers in urban transportation. After motorization, the streets have been captured by vehicles and therefore the pedestrians could not have enough mobility in regarding street spaces which have been allocated and used by automobiles such as roads and such as parking spaces. Motorization has changed the people's lifestyle and then they started to spend longer times in vehicles. However they need to walk on the streets while they are breathing fresh air, they need to relax while they are socializing with their friends and with neighbors in the streets. They could enjoy while they are walking on safe, walkable and pedestrianized streets to reach schools, parks, shops and stations. There are not enough free spaces, green spaces and playgrounds for children in each neighborhood. There are several daily struggles between pedestrians and vehicles on the street and this is a necessary issue for urban community, especially for children. It is required to get healthier and more sustainable life conditions for urban community. Therefore pedestrianization is a necessary subject as a part of urban mobility to reach a better life for the people. This paper's main target is urban planning and transport planning the urban area by the sustainable transportation policy, such as Transportation Oriented Development-TOD and within this context determining non-motorized and motorized zone in the neighborhood. Designing non-motorized zone in neighborhood is an opportunity to create a better life for children. It could be designed to create free environment and playgrounds for children in streets. In this regard, creation of living streets could be a solution for community to get a social and healthier life. This paper focuses on as a model for designing non-motorized and motorized zones and determines streets with a pedestrian network model and pedestrianization streets in the neighborhood.

**Data & methodology**

The paper analyses the existing streets to create a model for the pedestrian network for urban area in Fatih District in Istanbul. In this study the methodology is creating a pedestrian network according to the analysis of the pedestrian mobility by using the pedestrians' mobility model in GIS. There are 4 steps in this study; 1- generating the pedestrian network, 2- survey for each street line and collecting data to analysis the usage density of streets by pedestrians according to trip purposes, 3- using the model to determine the main pedestrian lines and the sub pedestrian lines , 4- Designing the non-motorized and motorized zones in the neighborhood by using consequence of pedestrian network to determine main and sub pedestrian lines to create pedestrianization routes.

**Keywords:** 1-Sustainable Mobility, 2-Transportation Planning, 3-Pedestrian Network Planning, 4-Pedestrianization, 5- Network Connectivity Analysis, 6-Urban Design, 7-Rapid Urbanization, 8-Motorozation.

## 1. General Introduction

### a. Rapid Urbanization and Motorization

In recent 50's years during rapid urbanization, the expectations of life, immigration and the population of cities were increased very much and ıt was created high density urbanization in metropolitan area, beside high density the urbanization area getting bigger instead of high motorization and with a large population, these are main two results of rapid urbanization. In this case although high density and big urbanization area the transport infrastructure has been insufficient. The concentration of a large population in one or several cities has negative results especially in developing countries such as Turkey. Heavy traffic, air pollution, noise pollution and unsuitable environment for living are some of its results.

There was a social life that it has been established at streets and around mosque at neighborhood scale in old Istanbul and in other Anatolia cities till beginning of 20 century. The square where the mosque is located, the streets are connected the square and small green areas were majority free public places where the community was having social relation. This square and streets were living spaces and safe zone for all different age groups, such as older, adult, younger and children age groups, they were cooperating and helping each other with the spatial's well organized. Figure



**Figure 1**: Before The Car Social and Spatial Environment

**Before The Car Social and Spatial Environment**
Before the car, vehicles were used in out of residential areas for different transport purpose such as for carrying goods and fora transport people between cities. Pedestrian-oriented transport was the most conmen in the cities. The city was shaped by the needs of the people. Streets, squares were safer and social life centers.

**General Characteristics of the Street Before the Car**

- The streets are a continuation of the residential building and part of the house where house life intersect with bay window, balcony and the garden gate.
- A place where women are sitting and chatting at fountains, communication and everyday life are provided,
- A playground where children play,
- A pedestrian path that pedestrians walk comfortably,
- Safe and peaceful places,

**After the Car Changes in Social and Spatial Environment**

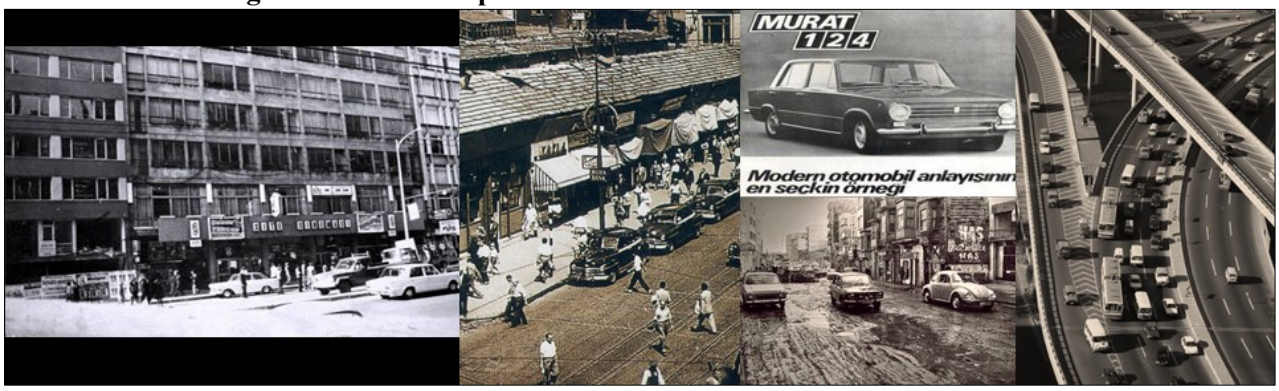



**Figure 2:** After the Car Changes in Social and Spatial Environment

After the car has become a part of our life-since the middle of 20th century, urban social life has been changed in order to using car in the city. The effects of the car on everyday life have been a subject of controversy. While the introduction of the mass-produced car represented a revolution in mobility and convenience, the modern consequences of heavy automotive use contribute to the use of non-renewable fuels, a dramatic increase in the rate of accidental death, social isolation, the disconnection of community, the rise in obesity, the generation of air and noise pollution, urban sprawl, and urban decay. Figure 2



**Figure 3:** Negative Effects of Using Car on Social Life

Meanwhile these free spaces form have been designed to create a strong social structure and community who live in neighborhood, after modern and rapid urbanization and by the motorization, the spatial form and structure has been changed, the street network has been designed for high rate car usage and oriented cars, such these case has limited the accessibility of pedestrians. The neighborhoods structure and forms have been destroyed which these forms had been designed for well communication and socializing for community at the process of middle scale of cities that they have grown with car oriented form. The neighborhoods have been transformed such as huge part of urban area where the borders were shaped by huge different urban land usages, such as industrial land usage and have been divided by car oriented high speed roads. As the result these process; the human scale designed neighborhood structure was lost. Figure 3

The community has been separated according to economic groups, different age groups at the big sub regional urban areas based formed. The motorization has decreased the communication and socializing between communities and neighborhood units by the dividing form of urban area in city, according that consequence of this transformation the socializing and social cooperation has been decreased in community who live in neighborhoods. The

community has been transformed such as individual crowded who do not know and do not trust each other. While the streets were the places that for socializing for each different age groups and all different social groups before motorization period, after motorization they have been transformed only for passing cars and car parking that never safe especially for pedestrian and children.

when we consider the spatial in neighborhood before motorization, we will see that while the streets are a part of house structure, the praying buildings, green areas and other free spaces are open for pedestrians to access directly and are available to connect to pedestrian oriented streets, after motorization according the streets have been used by cars and have become unusable by pedestrians, the all of the free spaces connections have been weak. The one is most necessary objective is whether the streets are safe or not for social community. Usually the space safety and specifically the safety streets are related with designing spatial with human scale, it is related being the place perceivable and controllable scale for human. From this point the human feel safe when they were at the place where the can control it. The human feel unsafe and alone when they were in large crowds. Before motorization term automobiles should be adapted with urban spaces, but this process causes to destroy the attendance of pedestrians in urban area. In rapidly urbanizing cities streets become exhibition space of the car because of parking and ownership issues; especially in the last sixty years, streets has fewer children and more "gray" color.

**General Characteristics of the Streets, After Car**

- The streets are where houses ends and limiting factors, rather than being a part of the housing,
- Use only for transport instead of socializing,
- Alienation between neighborhoods,
- computer addicted and Asocial New generation,
- The streets are noisy, unsafe

## The effect of using cars on changing urban society life

Beginning in the 1940s, most urban environments in lost their streetcars, cable cars, and other forms of light rail, to be replaced by diesel-burning motor coaches or buses. Many of these have never returned, though some urban communities eventually installed subways. After using cars, a big changes have been brought about by the car is that modern urban pedestrians must be more alert. In the past, a pedestrian had to worry about relatively slow-moving streetcars or other obstacles of travel. With the increasing of the car, a pedestrian has to anticipate safety risks of automobiles traveling at high speeds because they can cause serious injuries to a human and can be fatal.

According to many social scientists, the loss of pedestrian has also disconnected communities. Many people in developed countries have less contact with their neighbors and rarely walk unless they place a high value on exercise. Use of cars for transportation creates barriers by reducing the landscape required for walking and cycling. It causes a threat to children and the elderly. Transport is a major land use, leaving less of this resource for other purposes

### a. The negative externalities of using car on environment



**Figure 4**: By the rapid urbanization and motorization negative Impacts of Transportation on environment

The environmental impact of transport is significant because it is a major user of energy, and burns most of the world's petroleum. This creates air pollution, including nitrous oxides and particulates, and is a significant contributor to global warming through emission of carbon dioxide, road transport is the largest contributor to global warming. Cars contribute to pollution of air and water. Emissions of harmful gases like carbon monoxide, ozone, carbon dioxide, benzene and particulate matter can damage living organisms and the environment. The emissions from cars cause disabilities, respiratory diseases, and ozone depletion. Noise pollution from cars can also potentially result in hearing disabilities, headaches, and stress to those frequently exposed to it. Figure 4

Other environmental impacts of transport systems include traffic congestion and automobile-oriented urban sprawl, which can consume natural habitat and agricultural lands. By reducing transportation emissions globally, it is predicted that there will be significant positive effects on Earth's air quality, acid rain, smog and climate change. The health impact of transport emissions is also of concern.

### b. Rapid urbanization and motorization in Historical Peninsula of İstanbul and defining subject

Istanbul is an obvious example of a metropolitan with approximately 14 million population and containing 39 district. Although the concentration of population the public transportation system needs to improve with sustainable transportation and urban planning policies. Instead of rapid urbanization in Istanbul Metropolitan we need to create Sustainable Cities that have limited dimension and small area and at the same time it can be compatible and attractive for its residents according to services and facilities and situation of urbanization.

The study area has been selected a neighborhood of Fatih District and the common name of Fatih District is Istanbul Historic Peninsula, which served as the capital of Roman, Byzantine and Ottoman Empires, has been the center of many civilizations over the past 8500 years. The rapid population growth of the 1950s strained the historic nature of the urban fabric. During 1960-1967, prevented the transformation of Istanbul into an ever-growing concrete landscape, and to reorganize local administration with a metropolitan view of the city. Nevertheless, the Historic Peninsula's continuing development as an urban center resulted in the transformation of its functional character. Largely driven by the growth of production industries, this period become a rapid urbanization term by of urbanization and immigration. . (IV)

The Historic Peninsula is also a transportation hub, serviced by many different types of public transportation systems. In addition to an overwhelming student population, the area's established identity as a "commercial center" attracts many urban users. Despite the presence of effective and various modes of mass transportation, the Historic Peninsula still suffers from the pressures of an ever-growing and highly motorized city. Surrounding Fatih District residential area streets such as Fevzipaşa Street and Vatan Street carry especially high volumes of vehicle traffic. Beside high volume of traffic the demand for parking in the Historic Peninsula, even at its pedestrianized center, is accordingly high. This improving mass transit facility become the Historic Peninsula's important transfer center and depends on high accessibility, the population residential area of Fatih District increased despite of luck of road and parking space infrastructure. Parking spaces are in serious demand all around the Historic Peninsula, including at the center of the pedestrianized zone. Private transportation ownership and usage rates are increasing in Istanbul – automobiles made up 26% of travel in the city in 2006, up from 19.3% in 1996 (EMBARQ,2012). The rapid increase in automobilecentric urbanization puts pressure on the entire city, including the Historic Peninsula. Therefore, regulation of automobile transportation in the Historic Peninsula has become more important. (IV)

Historical Peninsula has a key mission and it is a decisive symbol in the process of increasing

life quality and giving İstanbul back again to its residents. However one is majority issue is accessibility for pedestrian in residential areas; vehicle traffic is too heavy and the infrastructures are insufficient for movement of pedestrians.

### c. Sustainable mobility, social and environmental solution; Pedestrianization and Living Streets Project

Safe, attractive, and accessible spaces for community interaction are a vital component of sustainable, livable cities.

Creating public spaces and walkable areas in neighborhoods is big issue during urban growth and expansion. Pedestrianization - the process of closing streets to vehicle traffic, either permanently or during certain hours - not only improves safety and accessibility for pedestrians but also brings larger social, environmental, and economic benefits for cities. Pedestrianization improves public health by providing opportunities for physical activity through active transport, curbs local air pollution, and improves traffic safety. It decreases the number of cars on the road, helping to reduce greenhouse gas (GHG) emissions and mitigate global climate change. Pedestrianization supports local businesses and fosters economic growth through tourism and cultural exchange, building thriving and prosperous urban communities. These changes combine to create cities that are livable and sustainable, improving quality of life for urban residents. The importance of pedestrianisation in developing countries is increasing continuously because owner car rate has increased and vehicular access are overcoming in rapidly in the urban area. İn result the attendance of pedestrian in urban spaces will become less.

**Environmental impacts of pedestrianization:**

In terms of environmental objectives, pedestrianisation can help to alleviate and reduce air and noise pollution, as there would be a reduction in the number of cars and reliance on motor vehicles. Nowadays most of large cities are faced with air and sound pollution that it will make them unpleasant and dangerous for their residents. With creating cities that because of its limit area instead of creating an unsafe, unpleasant and dangerous environment we would be enabled to respect pedestrian as a main user in urban web in urban designing. So we can create a city that has Pedestrianisation and in result it will has a healthy and safe and compatible with human being characters. The increasing attendance of automobiles causes creating an unsafe, unpleasant and dangerous place for residents of that city. Air pollution and sound pollution and accidents all are the unpleasant results of it. So many countries are thinking about some solutions for it and Pedestrianisation is an efficient solution for this problem.

**Objectives of Pedestrianisation:** There are various reasons for having Pedestrianisation schemes. First of all, pedestrianisation aims to improve pedestrian's safety and mobility. Another important benefit is related to the environment. These schemes can help to reduce both noise and pollution by discouraging or restricting access of non-essential vehicles. Furthermore it helps to promote walking as a transport mode by making the walking experience more enjoyable. The last one means that pedestrianisation creates a pleasant environment that people can involve in different social, cultural and tourism activities as well. We will also notice that pedestrianisation can improve the economical growing of that district. Generally we can categorize the advantages of pedestrianisation in three groups: 1- environmental impact 2- economical impact 3- social impact. (vı)

Pedestrianisation can promote walking as a transportation mode without any need to oil, so we can save fuel as well. Studies have shown that with pedestrianisation mode using public transportation such as bus and rail transportation have been increased. Usually when pedestrianisation is implemented, there can be more space on the streets not only for pedestrianisation but also present opportunities for planning of additional planting

areas and improving street furniture and landscaping. All these would help to beautify the local street and create a better environment. (v1)

**Economical impacts of pedestrianization:**

About economical impact we should say that there are a number of impacts with pedestrianisation. First of all, for most large cities with heavy motor vehicle traffic, every year both the government and the private sector have to incur large economical losses in term of air pollution rated costs of lost productivity and medical expenses. With less motor vehicle traffic and less pollution after pedestrianisation, there can be a reduction in costs incurred. The main reason is that pedestrian can shop and watch shop-windows easier and enjoys without any fear from vehicles. In some places where have pedestrianisation scheme people will welcome coffee shops and food retails so much. The cities where there are pedestrianisation districts often have a pleasure place to attract tourists. Less pollution, pleasant walking environment plus other amenities like sidewalk cafes, fountains or other street furniture help the areas to become popular attractions for locals and tourists. (v1)

**Social impacts of pedestrianization**:The implementation of pedestrianisation would have a number of social impacts. First of all it helps to promote walking as a transport mode. People often do not walk when walking itself doesn't include a good experience with heavy motor vehicle traffic and crowded narrow walkways. Actually with today's urban city life people are walking less than before and rely on their private cars instead of other public transport. In result many people don't have enough physical exercise. As a conclusion from above we can conclude that pedestrianisation has positive economical and environmental efficiency. However positive social effects are fewer than others. Because while there is some social effects for pedestrians, there are some disadvantages for driver and people who live in that district or near there as well. But totally pedestrianisation can be an efficient way to improve environmental conditions in city.

**As a successful pedestrianization and creating livable streets experience in New York City:**

Several streets around New York City were opened to people instead of cars, bringing the idea of pedestrian streets back into the sun after a three-decade exile in history's dustbin. Transportation Alternatives studied this effort to reintroduce pedestrianization to the streets of New York, documenting three community-driven street events—Summer Space on Montague Street in Brooklyn, the 78th Street Play Street in Queens, and Williamsburg Walks on Bedford Avenue in Brooklyn and thousands of New Yorkers took a walk in the street in 2008. The results paint a picture of a New York desperate for more public and community space, after this pedestrianization; opening the street to people is a boon to local retail: Montague Street retailers experienced 26% higher sales during Summer Space than on comparable days in 2007, on average. Figure 5, (II)



**Figure 5:** After the Car Changes in Social and Spatial Environment



**Figure 6:** Human Scale Design and Socializing

In this regard "living street project" aims to design neighborhood units as non-motorized zone and pedestrianized streets and at the result that to provide human scale spaces to increase the safety of unsafe streets to transformed to living quarters. The main proposal of this project design safe and social and people oriented spaces. With this scope changing the function of streets thereby changing the current usage to provide relation and communication between different social and economic groups to socializing community that they have been divided by creating relation one by one and face to face between individuals. Thereby designing the spaces for this aim it could be achieved for community happiness. In this respect the "Living Streets project" is a sustainable social, environment, urban planning and transport planning project that designing the natural and artificial environment at human scale.

The additional of being "Living Streets project" a social project, it is a health project in order to consider of pedestrian oriented and walkability for people. While the motorization the time to spending for walking getting shorter became a danger level for people health in community of city. Therefore walkability is most necessary subject for people health, because it aims to design the spatial in human scale based to provide to access and connect to open space for community by walking. By the providing to increase the usage of streets by the pedestrians and passing free by the pedestrianization and organizing non-motorized and planning alternatives road network for cars in neighborhood units and to aims to transform streets to creating and designing free and open spaces for socializing, communication and enjoying for all different social groups, especially for children. Figure 6-7



**Figure 7:** Pedestrianization, Living Street Design

## 2. Pedestrian planning and creating living streets model for grid urban form area in Istanbul

While studying pedestrian planning and creating livable streets model for grid urban area in Istanbul, it has been searched most of pedestrian planning modelling and pedestrianization studies and experience. The New Zealand's pedestrian planning and creating livable streets experience is the most successful study and therefore it has been followed while being studying a pedestrian planning for Istanbul.

The New Zealand's pedestrian planning is outlines a process for deciding on the type of provision that should be made for pedestrians and provides design advice and standards. The guide promotes a consistent 'world's best practice' approach to planning, designing, operating and maintaining walking infrastructure and networks. It supports the New Zealand Transport Strategy (NZTS) and the priorities for action in getting there – on foot, by cycle (the national walking and cycling strategy).

### d.Walking and walkability as a necessary subject for Pedestrian Planning and sustainable transport

Walking mostly takes place within a transport system that must work for a range of road users. This requires effectively integrating walking needs for safety and convenience into the provision for walking along and across roads. Pedestrians also use routes outside road corridors as part of a continuous network. Walking is also included in most trips made by other modes. Whatever the main means of travel, walking is usually the first and last mode used, providing an important link between land use and motorised travel. It is also healthy, inexpensive and very environmentally friendly.

**Transport Strategy for Pedestrian Planning:** Pedestrian Planning will have an affordable, integrated, safe, responsive and sustainable transport system'. Broader objectives aim to enhance economic, social and environmental well-being through:

• improving access and mobility, including walking and cycling,
• protecting and promoting public health and ensuring environmental sustainability,
• assisting safety and personal security and assisting economic development.

Creating an integrated mix of transport modes and taking a long-term sustainable approach, ensuring high standards of health, safety and security and responding to the diverse needs of transport users.

**Integrated transport planning:** Integrated transport planning aims to embrace a range of perspectives traditionally addressed separately, including: a variety of forms of transport (private and public, motorized and non-motorized), the relationships between transport and land use and transport's contribution to other economic, social, health and environmental objectives. Integrated transport planning should be embodied in transport planning objective, which is to allocate resources in a way that contributes to an integrated, safe, responsive and sustainable land transport system. When allocating funds, transport planning must consider a range of issues including environmental sustainability and public health. Walking is an essential part of an integrated transport plan and is an integral part of achieving the government's vision for land transport. As a result, transport planning should be invested in a range of walking and cycling activities, such as providing financial help to for strategic plans and walking (and cycling) projects.

**Considering pedestrian characteristics and preferences activity and ability:** Pedestrians are a diverse group of road users, with characteristics reflecting the general population. Given the diversity of pedestrians, scheme designs should consider a wide range of user needs, including the needs of

children and for older people those with mobility aids and older pedestrians.

**Physical space required for pedestrian:** Pedestrians require differing spaces within which to manoeuvre. Newer wheelchairs are increasingly wider than their predecessors and this should be considered when designing for pedestrians. Mobility scooters are usually longer but the same width as manual wheelchairs.

**Pedestrian activity overview and searching who walks, where and why:** Travel survey showed that of the estimated a big range of trips made by households annually was made by walking. Again a big rate of travel were undertaken in association with other modes of transport (eg walking from a parked car, or walking to and from public transport) . The pedestrian profile should be identified. Most of pedestrian trip that walking trips are made for a wide range of purposes, with social and recreation activities and shopping the most common reasons, followed by work and education related journeys. **It is required to know trip purpose;** To home, Work (to job), Work (employer's business), Education, Shopping, Personal business/services, Social/recreation, Accompanying someone else, **trip purpose as a percentage of all walking trips** and **walking trips as a percentage of all modes for each trip purpose**

**Pedestrian motor vehicle crash profile, necessity of pedestrianization for safety transport:** Pedestrians all road deaths in the main urban centres, on roads subject to urban speed limits, about one in three road deaths were pedestrians. Pedestrians are killed and are reported injured on roads.

**Improving community walkability:** 'Walkability' describes the extent to which the built environment is walking-friendly. It is a useful way to assess the characteristics of an area or a route, although it can be subjective.

**Pedestrian environment concepts:** Road user hierarchy and Pedestrian provision outside the road corridor describe four concepts for improving the pedestrian environment. The four concepts are:
1. Living streets 2. Pedestrian precincts 3. Shared zones 4. Sharing the main street and for the main subject only will be focused 1 .Living streets 2. Pedestrian precincts

### e.Designing living streets concept

The concept of 'living streets' recognizes that, as a priority, streets should be designed with living and community interaction . While cars are not excluded, they are designed so drivers are aware they are in an area where pedestrian and other users are important. A living street aims to balance the needs of residents, businesses, pedestrians and cyclists with cars, and thereby encourage a better quality of life and a greater range of community and street activity. Living streets may incorporate: traffic-calming measures, hard and soft landscaping areas, places for social activities, children's play areas, seating, lighting improvements, a better interface between the street and housing and public art. The living streets concept can be applied in theory to any road (other than a motorway). There is no one solution; instead, the community is involved in identifying problems for which specific solutions are developed.

**The living streets concept advantages are** improves safety and security for pedestrians, enhances economic vitality, promotes quality housing, supports community networks, creates a sense of place and identity, promotes cultural activities, creates a sustainable environment, maintains ease of access, creates an aesthetically pleasing environment, improves social interaction. **Disadvantages is** delaying motorized traffic and be costly.

**Planning Non-motorized pedestrian zones:** Most pedestrian-only areas are created by restricting traffic access or closing roads to traffic. There are four types of pedestrian precinct [66]:
1. Modified street precinct: one block is closed for pedestrian-only use.
2. Plaza: several blocks are closed but the cross-streets stay open to all traffic.

3. Continuous: several blocks and the cross-streets are closed.
4. Displaced: walkways are developed away from the usual roadside footpaths, making use of lanes and alleys.

**There are several advantages of non-motorized zones:** Create the best possible conditions for pedestrian freedom of movement and road safety, have aesthetic and social benefits as well as reducing pedestrian congestion, improving access to retail opportunities, and improving air quality and noise levels, have economic benefits in shopping areas, as studies have shown that putting pedestrians first in shopping areas can improve retail performance and competitiveness.

**f.Using Pedestrianization Framework and GIS system technology Spatial network analysis for Pedestrianization Planning**

Developing a community walking plan involves collecting, managing and analyzing a considerable amount of data. Pedestrianization Framework methodology is the analyzing street configuration and land use compositions and comparing it with the levels of pedestrian movement. The main objective of this model is to determine the existing relationship between space allocation and pedestrian activity and to assess the efficiency of proposed pedestrianization projects. Overall, the analyses presented in this study emphasize the importance of measures of street connectivity in walkability studies. It is shown that street network configuration; measured using both metric and directional connectivity measures at the road-segment scale is strongly associated with pedestrian movement. Based on the spatial analysis and statistical models used for the research area, a pedestrian-oriented strategical framework that takes into account the existing spatial configuration with connectivity pattern and as pedestrian movement distributions within the area is proposed for the study area. Figure

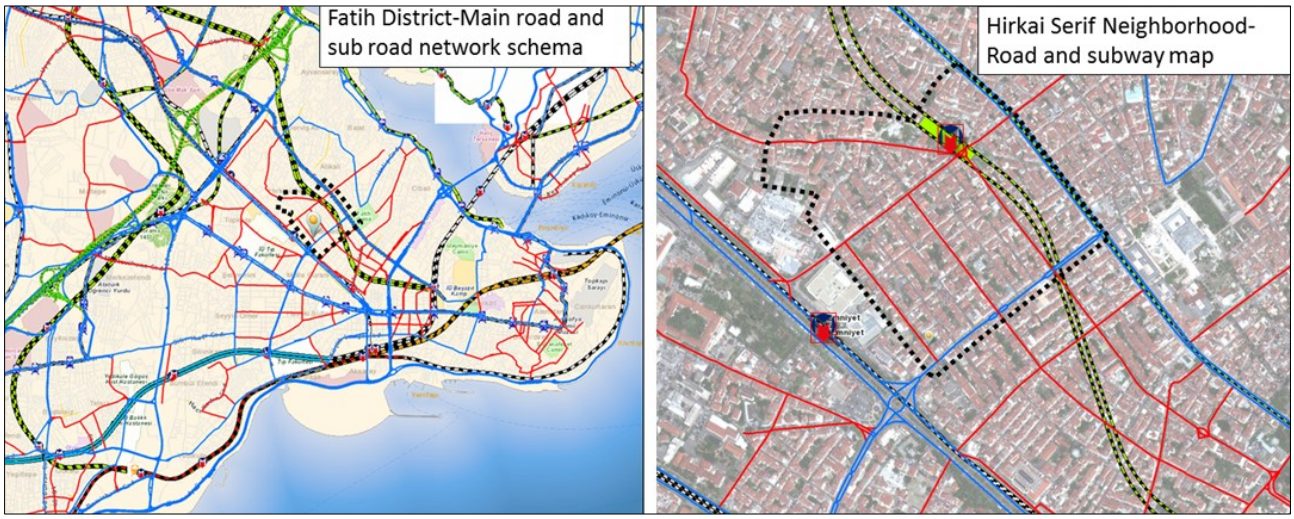



**Figure 1:** Road and Subway Maps

**Using GIS data to examine movement patterns by using Spatial network analysis:** Walkability components of proximity and connectivity can be readily utilized using GIS methods. This methodology is used the measures of segment-based connectivity measures implemented on a GIS platform using GIS street network representations. Spatial network analysis software packages are computer tools used to prepare various graph-based analysis of spatial networks. They stem from various research fields in transportation, architecture and urban planning. Various fields of study have later developed specific spatial analysis software to suit their needs, including TransCAD among transportation researchers, GIS among planners and geographers. With in this scope it has run the **DepthmapX** GIS software. DepthmapX is a multi-platform software platform to perform a set of spatial

network analyses designed to understand social processes within the built environment. It works at a variety of scales from building through small urban to whole cities or states. At each scale, the aim of the software is to produce a map of open space elements, connect them via some relationship (for example, intervisibility or overlap) and then perform graph analysis of the resulting network. The objective of the analysis is to derive variables which may have social or experiential significance. It has been used DepthmapX by 1-Total connectivity analysis, 2-Node Count analysis 3-Integration analysis.

- **Total connectivity analysis:** The number of lines which each line intersects
- **Node Count analysis:** The number of nodes within a "cookie cut" Radius
- **Integration analysis**: Show how each street is connected to all others in a whole city in terms of the maximum possible direction changes.

**Connectivity Patterns:** To assess the street connectivity patterns, the entire street network of Istanbul Metropolitan area was analyzed used the Streetmap of 2015. In this research freeways were excluded since they do not factor in pedestrian movement. Connectivity was computed for two level and first level used for Fatih District (1-Total Connectivity, 2-Total Node Count, 3-Total İntegration for radius: 2000 m.) and second level used for Hirkai Serif Neighborhood (1-Total Connectivity, 2-Total Node Count, 3-Total İntegration for radius: 500m and 250 m.) Each level is considered by the regional scale that when running 1-Total Connectivity, 2-Total Node Count, 3-Total İntegration for radius: 2000 m, Figure 8, 9,10

**Applying GIS Connectivity analysis model to assessment of network planning:** One practical application of the method presented here is in developing design rules for prospective pedestrianization projects. Findings of the pedestrian movement models developed in this study are used as a framework to translate the theoretical implications of these results into practice. Based on the spatial analyses and statistical models produced for the study areas, a pedestrian-oriented strategical framework was developed.

**Analyses Connectivity for Fatih District**

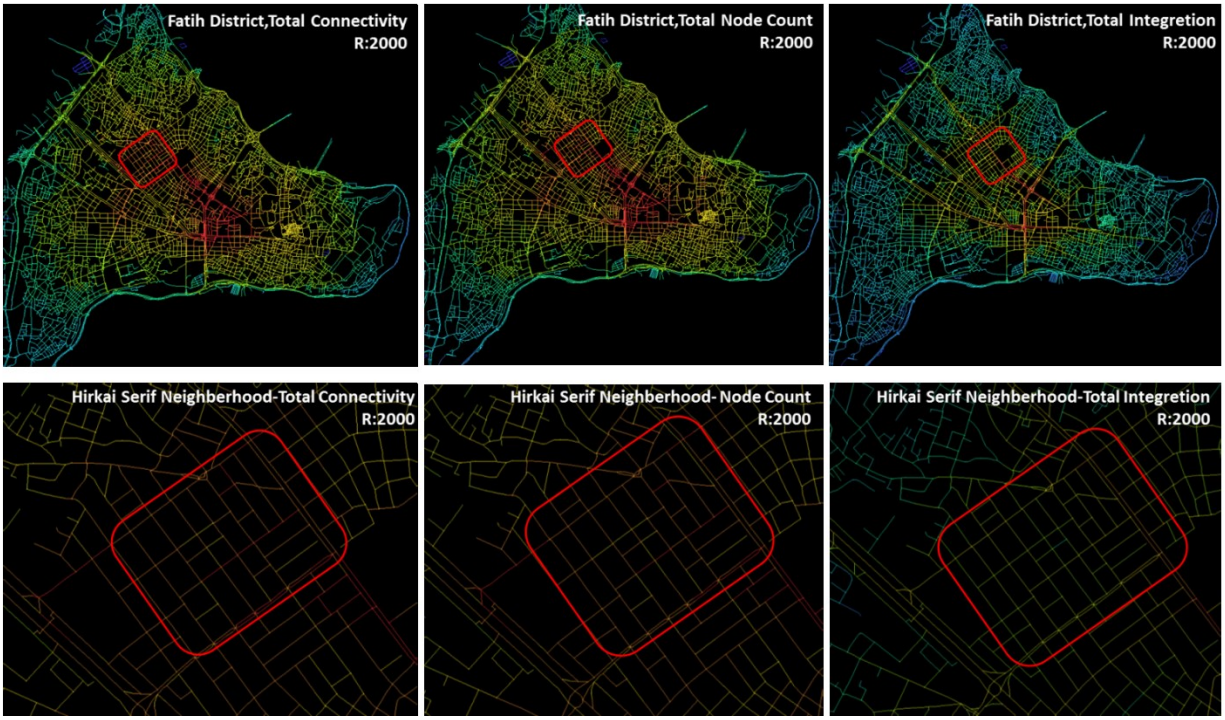



**Figure 2:** Connectivity, Node Count and Total Integration

A pedestrian connections-based framework was developed by mapping connectivity pattern of the area (Figure above). Roads with higher directional connectivity were proposed as pedestrian zones, creating a continuous, highly connected route within the urbanization area in Fatih District.

**Analyses Connectivity for Hirkai Serif Neighborhood**

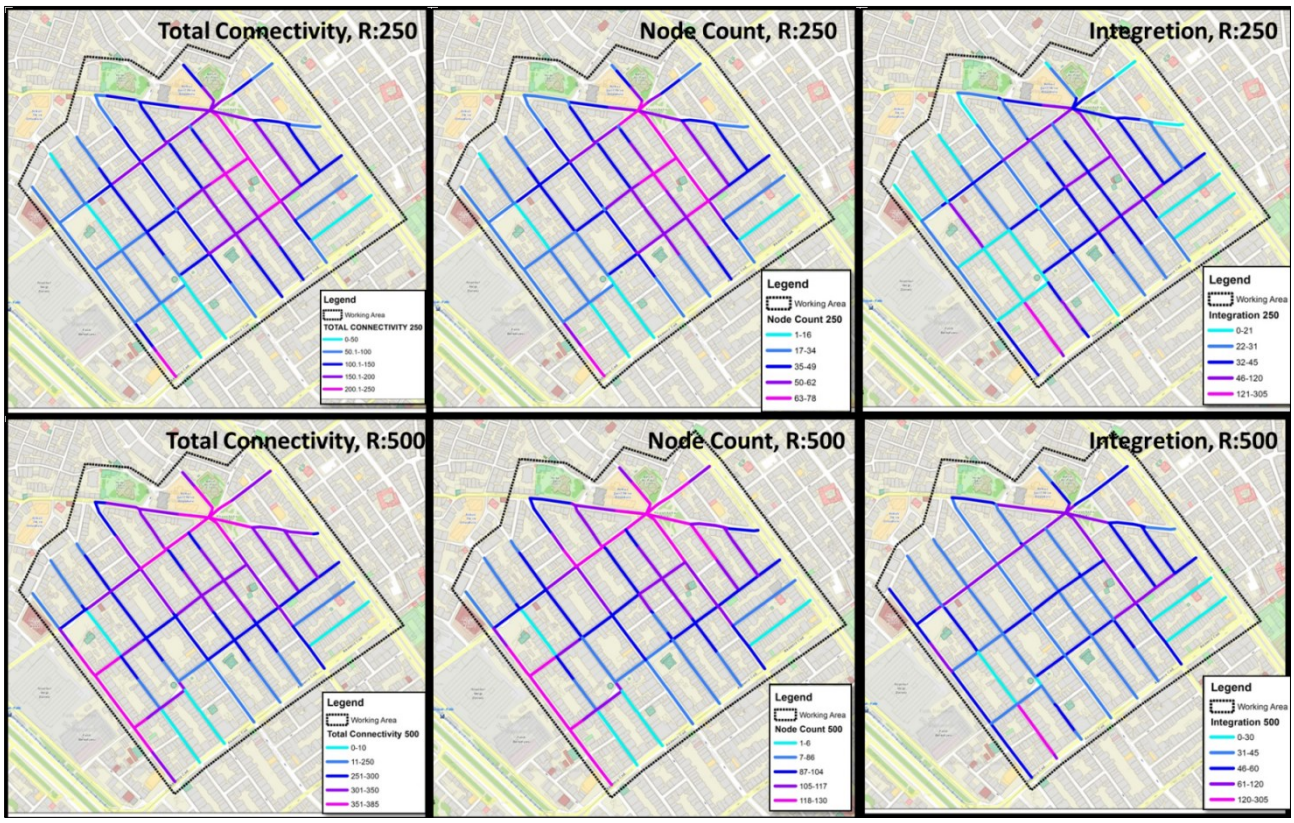



**Figure 3**: Detailed Connectivity, ,Node Count and Total Integration

### a.Pedestrian Movement Data Collection as a methodology for designing living streets

Pedestrian count data were systematically collected in the areas for 50 streets during June 2015. Pedestrian and vehicle are counted for 5 different time period (1:8.00-10.00 AM, 2:10.00 AM-12.00 NON, 3:12.00-2.00 PM, 4:2.00-4.00 PM, 5:4.00-6.00 PM) Figure 11




**Figure 4**: Working Area and Count Points

**The analysis of data collecting: pedestrian passing and usage streets**

The study area is a neighborhood of Fatih District and the majority land use is residential and there are shopping store only along the main streets. It also exist some mosques and primary schools and green areas. Figure 11, Table 1,2, 3, 4, 5, 6

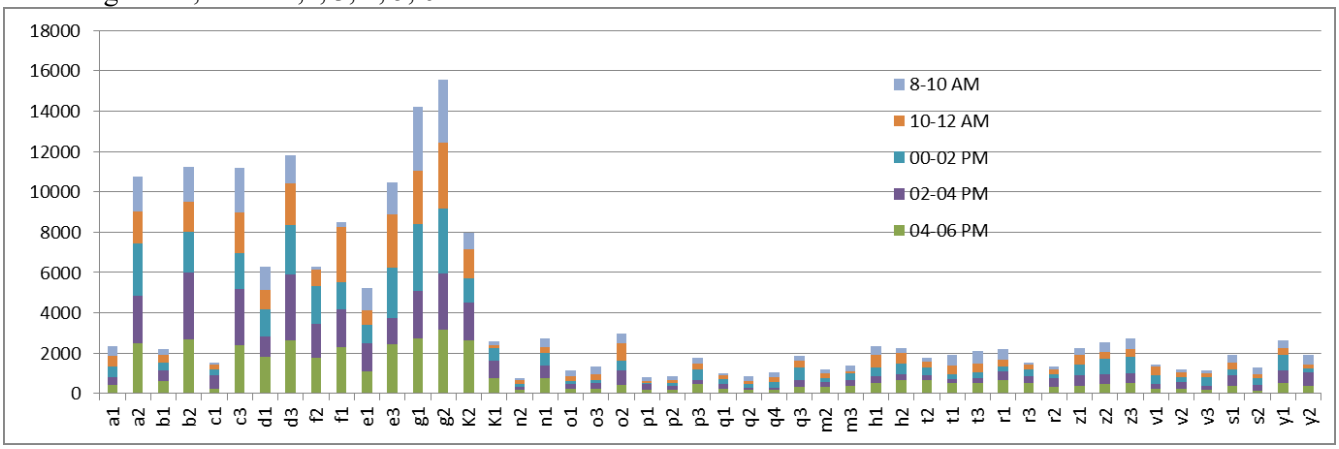



**Table 1:** According to time- pedestrian passing

According to time- pedestrian passing: a2, b2, c3,d3, e3, g1, g2 streets are too high pedestrian passing volume according the each different time period, Table 1

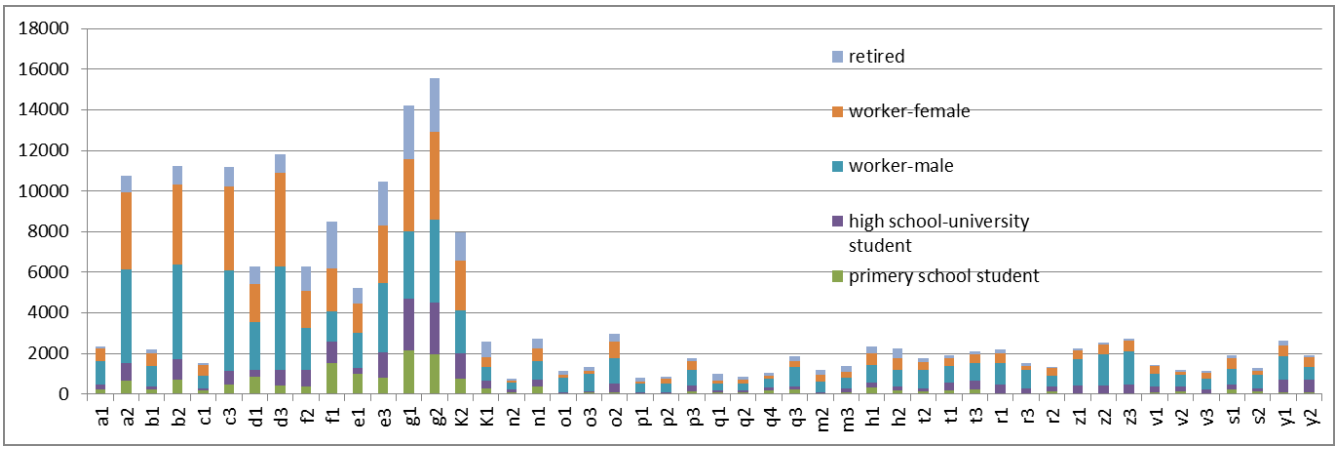



**Table 2:** According sort of pedestrian- passing

According sort of pedestrian- passing: a2, b2, c3,d2, f1, e3, g1, g2 streets are too high pedestrian passing according all sort of pedestrian passing volume. Table 2

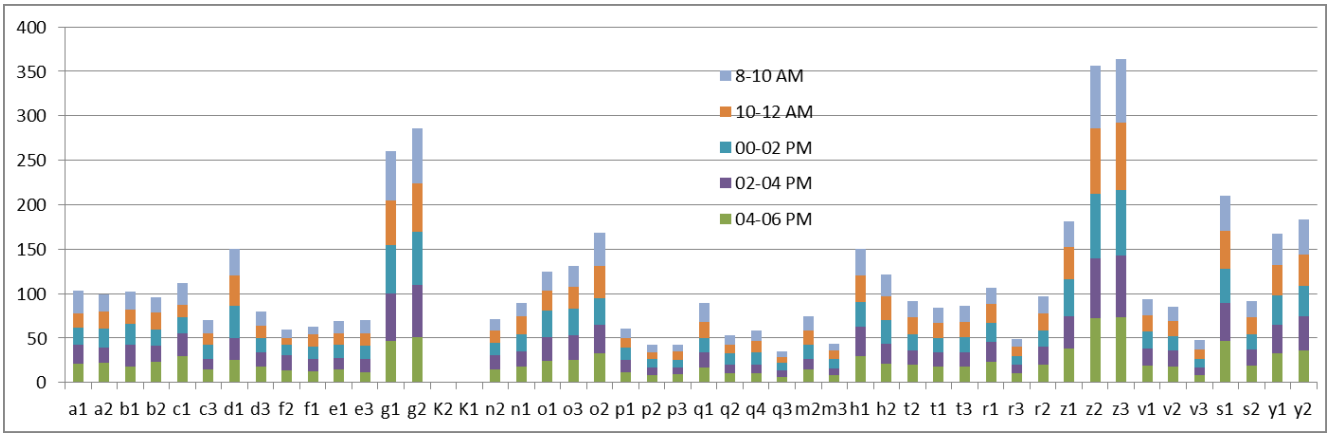



**Table 3:** According to time on-street parking occupancy

According to time on-street parking occupancy:, g1, g2, o2, z2, z3, s1, y1, y2, streets are too high on-street parking occupancy. Table 3

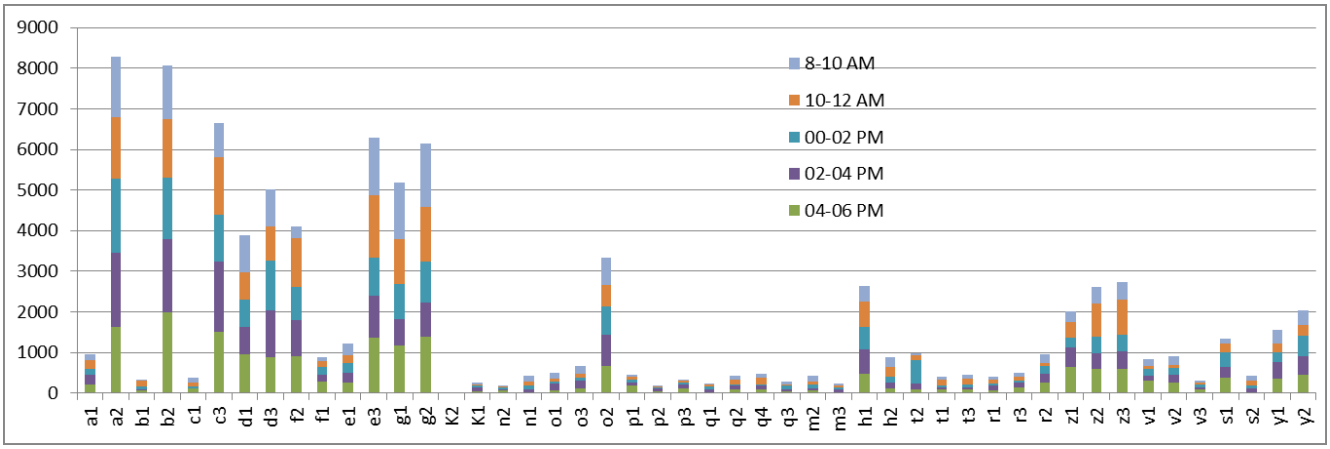



**Table 4:** According to time-vehicle passing

According to time-vehicle passing: a2, b2, c3, d1, d3, f2, e3, g1, g2, o2, streets are too high vehicle passing volume. Table 4

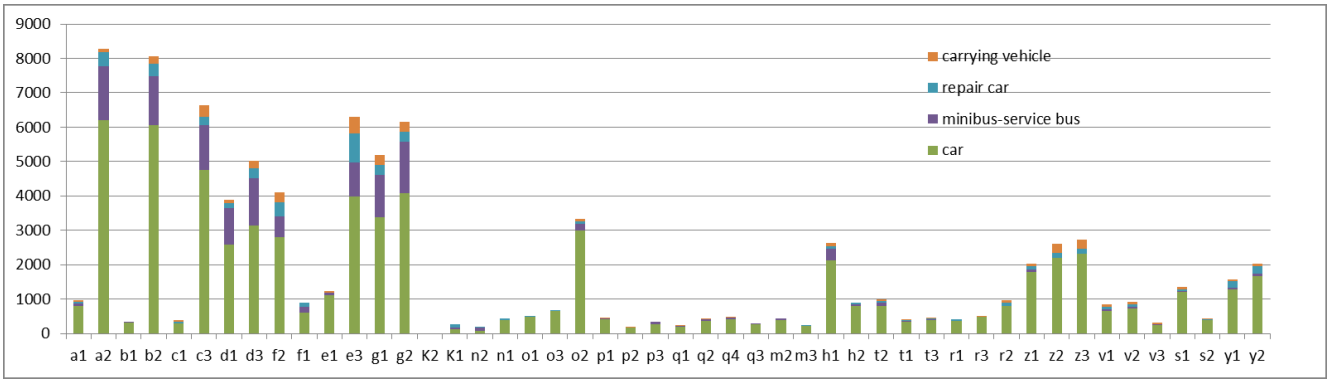



**Table 5:** According to sort of vehicle- vehicle passing

According to sort of vehicle- vehicle passing: a2, b2, c3, d1, d3, f2, g1, g2, o1, h1, z2, z3 streets are too high vehicle passing volume. Table 5

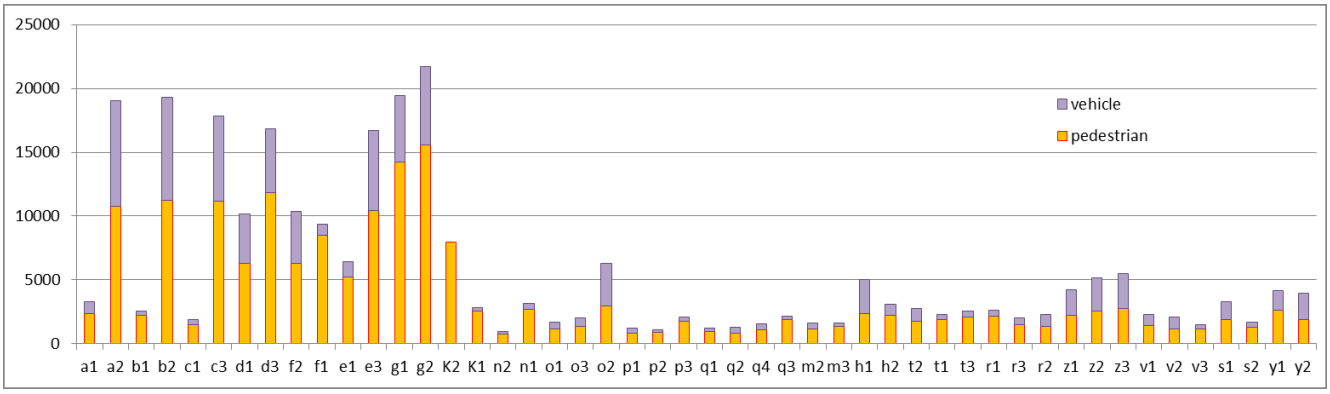



**Table 6:** Total pedestrian and vehicle passing

Total pedestrian and vehicle passing: a2, b2 c3, d3, e3, g1, g2 streets pedestrian volume higher than vehicle volume, generally the pedestrian volume higher than vehicle volume at most of streets Table 6

**Spatial Layout as the Determinant of Movement Patterns:** On the basis of this data set, multivariate models were produced to investigate the extent to which street connectivity explain the distribution of movement per street segment. In order to judge how walking thresholds affect results, all areas were analyzed using connectivity for redius: 2000 m., 500 m. and 250 m. walkability area . Figure 12, 13

**The analysis GIS Movement pattern pedestrian and car movement for Hirkai Serif Neighborhood**

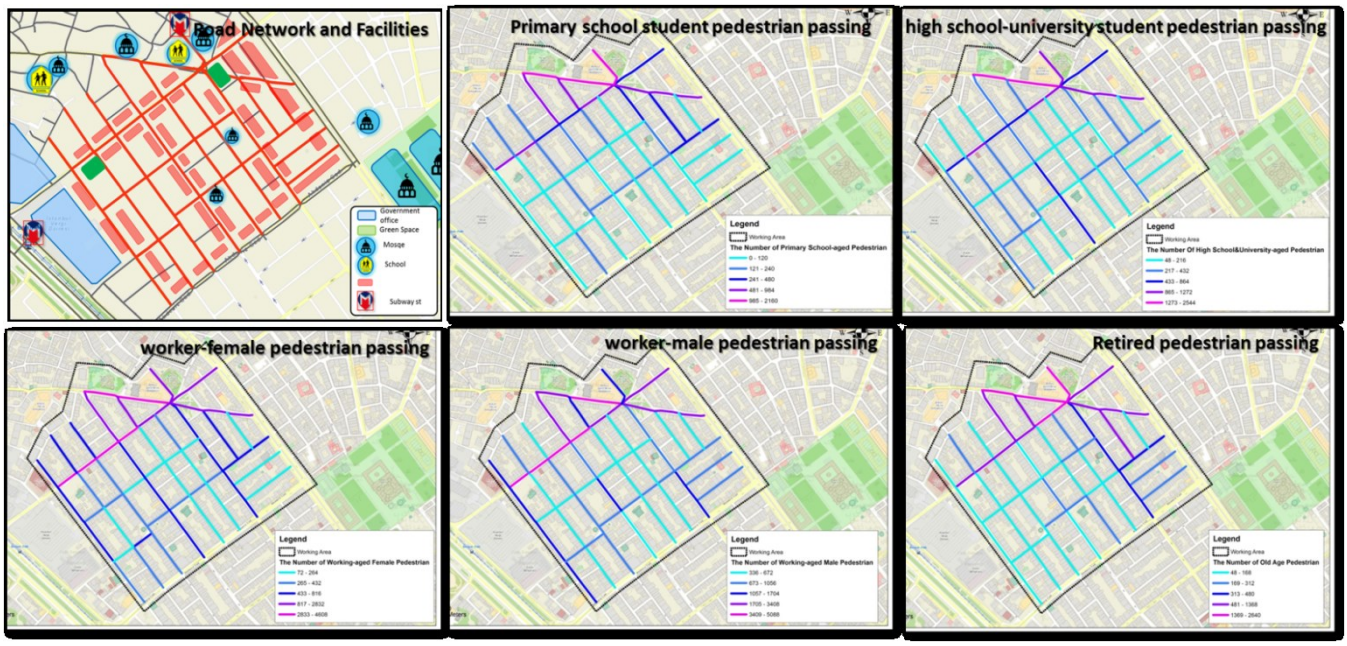



**Figure 5:** Pedestrian Movement pat terns by Age-groups

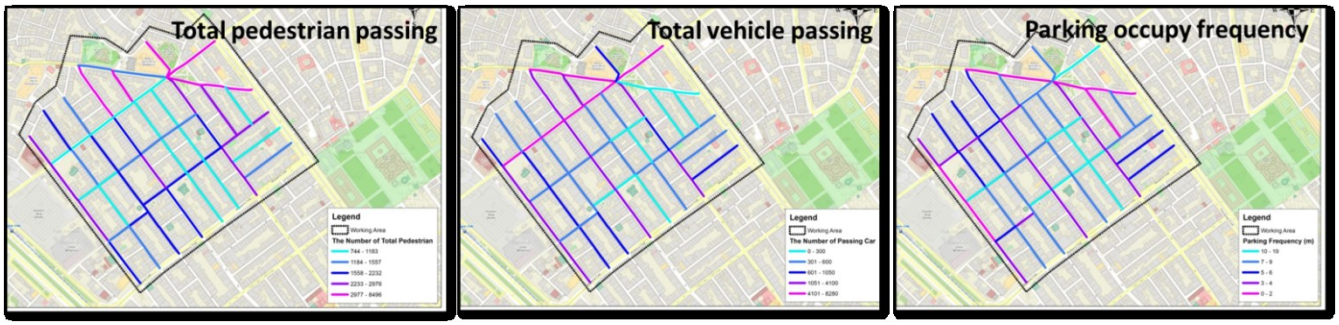



**Figure 6:** Comparison of Pedestrian Passing, Vehicle Passing and Parking Frequency

### b.Planning pedestrian network and pedestrianization- designing Living Street

There are a variety of approaches that vary in their transport scope and targets. Ideally, planning for an area should be an integrated process considering all community needs and aspirations in a community development plan. Traffic calming measures may be considered in a local area traffic management plan. A neighbourhood accessibility plan may consider access needs by all modes including cycling, walking and access to public transport stops. Walking needs alone may be addressed in a community walking plan. Particular destinations such as schools and businesses may have their own travel plans. All of these planning programs follow a broadly similar process which is to involve the community to identify problems and potential solutions, collect information, analyses problems, assess options, decide on actions, priorities them, put them in a program of funded actions and implement them, as shown in figure.

**Neighbourhood-wide plans:** While fully integrated community development plans are desirable for each neighbourhood, comprehensive approaches are only common for planning new communities and for run-down areas targeted for urban renewal in neighbourhood improvement plans.

**Community walking plans:** Varying conditions within local authority areas will affect the walking environment. For instance, pedestrians in a small rural settlement will potentially have different trip characteristics from those in a larger city.

**Workplace travel plans:** Workplace travel plan is an integrated package of measures specific to an existing or proposed development, site or organization, which aims to promote alternative travel choices to, and reduce reliance on, single-occupancy private car use . It should consider transport options and information for all trips to and from the site, whether by staff , customers or other visitors. It can be produced: to improve access by other transport modes to the site, as a strategic business tool to minimize parking problems, reduce car park maintenance costs, or enable car parks to be used for other purposes, to reduce congestion and improve safety in the local area, to encourage employees to follow a healthier lifestyle.

**School travel plans and safe routes to school:** Journeys to school are of key safety importance because: Younger pedestrians are at greater risk of being involved in a crash journeys on foot account for nearly a third of all trips made to and from school. Making pedestrian routes to school safer can also help increase the number of walking trips, which then [129]. Reduces car-based trips to school, reducing congestion on the wider road network. Reduces congestion at the school entrance, improves children's health through increased exercise.

**Pedestrian Planning process for community walking plans:** The general process used is common to other planning programs that consider pedestrian needs, such as workplace travel plans, neighborhood accessibility plans, and school-based programs.

**Define objectives:** A community walking plan should have clear objectives that can be achieved within a reasonable timescale and be monitored. Objectives should always support the community's walkability, but may also focus on particular issues such as:

**what is the living streets ?**

Living Street is the social area where the children's play, chat to friends and meet with new neighbors. Living Street is the secure area that not under the domination of the car and its pollution, noise and danger.

**What are the aims of living streets?**

**Social Effects:**

- Make people sense of belonging to the area,
- Reducing social crime rates by increasing day and night use,
- Improving dialogue between neighbors,
- Creating safe areas for pedestrians,
- Creating safe playgrounds where children can play,

**Environmental effects:**

- Reduction of noise, air and visual pollution levels
- Making physical image stronger
- İmproving landscape elements
- Creating ecological zones in the city
- Increasing the diversity of flora and fauna in the city

**Economic effects:**

- The revitalization of the retail trade
- Make continuous night life as well as during the day
- Creating new and attractive investment area except shopping malls
- Reducing the average annual cost of maintenance and parking per vehicle of citizens
- Supporting brand value and tourism sector of city

**Spatial effects:**

- Creating a network of safe pedestrian circulation towards the city center
- The development of public transportation and ensuring pedestrian / bicycle network with integration
- Forbidding driving on the living streets

**Which Phases Living Streets Project consists?**

Living street project has steps due to traffic purification by reducing the use of personal cars with encouraging the public transport system, improving bicycle system, completion of the modular parking infrastructure respectively. Figure 14, 15

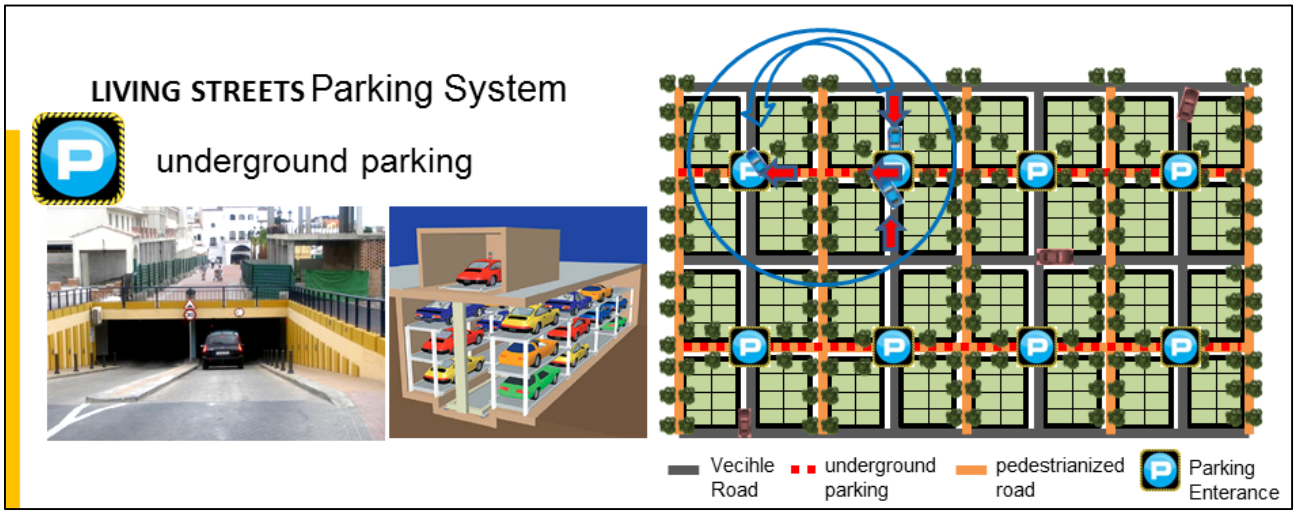



**Figure 7**: Living Street Parking System

Underground parking will be designed under pedestrianized streets. Each underground parking will planned for 4-6 blocks with considering amount of population, ownership of vehicles and parking spots for guests. There will be services like providing online subscription and learning capacity. Figure 14, 15




**Figure 8:** Living Street Playground

It is clear that there should be solution for the generation tends to be artists, athletes, happy and self-confidence people on the streets except growing internet addict generations. In international examples, the streets are forbidden to cars and provide the area to the children for playing games. Figure 16

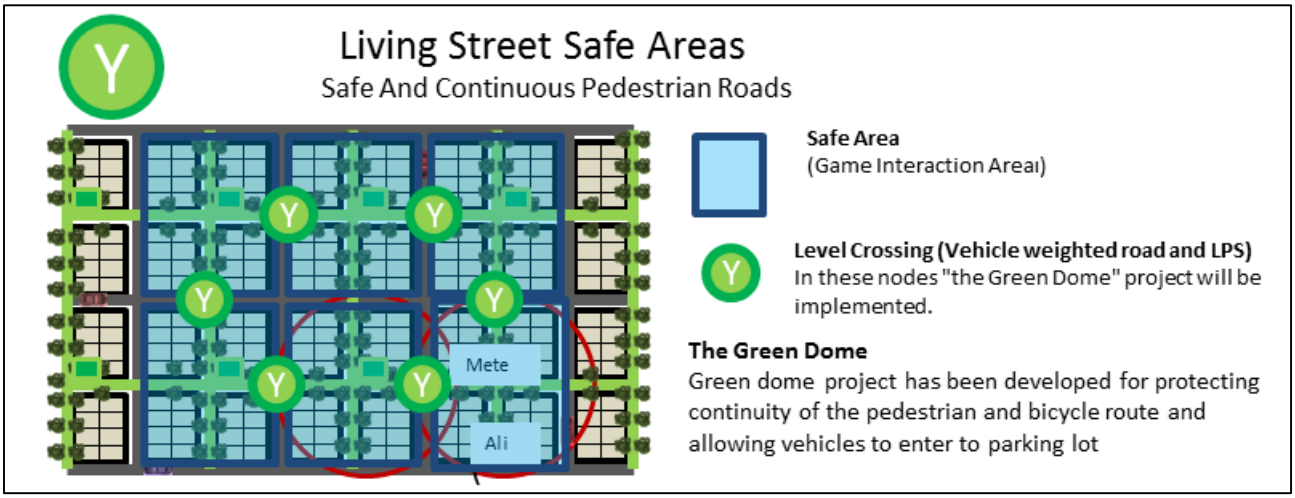



**Figure 9:** Living Street Safe Areas

**Definition of the Problem:** Today the area is faced with serious problems that increasing car use, migration, population growth and rapid urbanization by apartment buildings. In the area there is a serious lack of parking spaces because of high rates of car ownership, dense building area and high population density. According to Fatih's historic mission, the problems should analyze precisely and seek solutions which will bring old tolerant Fatih back by living Street,

**Planning Living Streets Project Step by Step**

**Mass Transit** system must be improved. **Metro** should be prioritized in Fevzipaşa Street where Fatih Complex and lots of Public infrastructure located and Integration should be ensured with Metro station in Vatan street. Metro System should be designed suitable for bikers according to **Bicycle Plan**. Figure 17



**Figure 10:** Planning Living Streets Project Step by Step

**The design Living Street Project in a neighborhood (Hırkai Serif)**: while design this project it has been considered pedestrian movement data, pedestrian passing and usage data, it was used GIS data movement patterns by using spatial network analysis, it was applied GIS Connectivity analysis model to assessment of network planning, it was evaluated the analysis GIS Movement pattern pedestrian and car movement for Hirkai Serif Neighborhood. All analysis are evaluated to design non-motorized zones and playground zones and determined pedestrian network and main pedestrian network, pedestrianization streets by considering school, mosque, green area, shopping stores and public transport stations pedestrian ways. With these scope providing the free step possibility for pedestrians between non-motorized zones by the designing pedestrian bridges (Figure 20) .The designing square is the main part of "Living Streets Project "with pedestrian network and pedestrianization. Figure 19

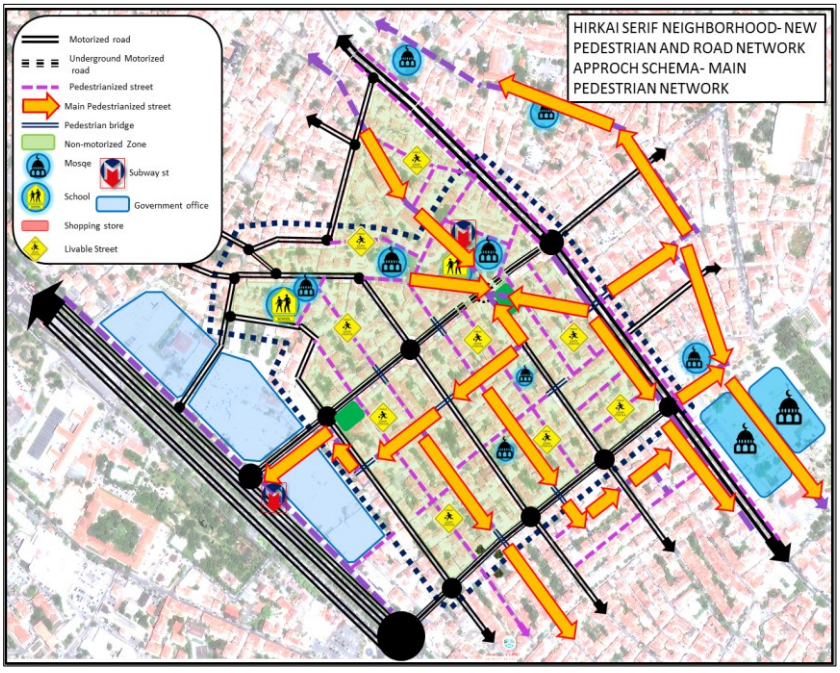



**Figure 11**: The design Living Street Project in a neighborhood (Hırkai Serif)

**As a main part of Living Street Project: Square Oriented Living Center Project**: Occurred in our culture, square is not a tool for the detection of monumentality, it is social centers for meeting of the society, cohesion and developing activities such as making the trade. Figure 18

**Definition of the Problem Hırka-i Şerif And Akşemsettin Streets:** There is no defined square but there is roadside parking in whole area and streets are not suitable for pedestrian use.

**Project's Outcomes**

- A strong relationship between the school and the mosque,
- A strong relationship between mosque and squares,
- A strong Fatih Bazaar (2nd stage market) and Hırka-i Şerif Market Relations (local market),
- A strong school, major-pedestrian artery and commercial relations,
- A strong relationship between green spaces and square,
- Underground parking lots in the whole area,
- Connected with livable pedestrianized street secure,
- Commercial, cultural and tourist activities,

Metro connections and a tight relationship between different transportation modes

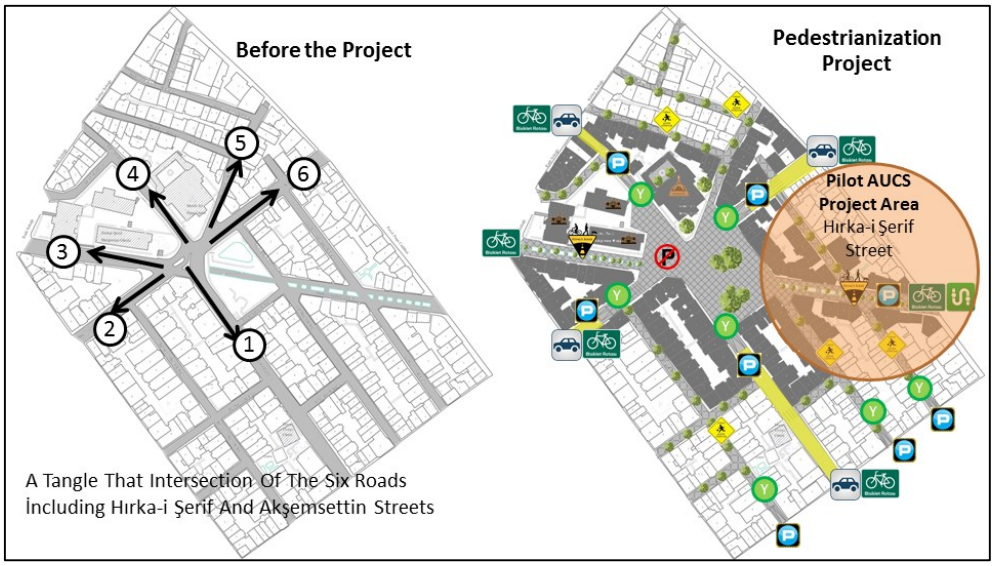



**Figure 12:** Six Road Junction Project

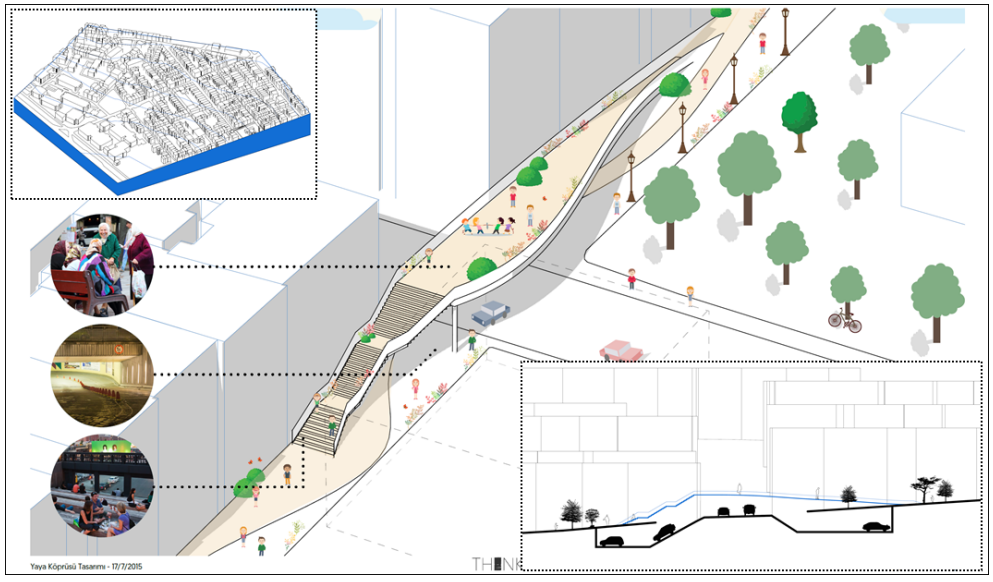


**Figure 13**: Free Steps Bridge Project

## 1. Conclusion

In this study it was used two pedestrian network patterns for pedestrianization and creating living streets to could make improve sustainable transportation for community. The importance of including street connectivity in small-scale urban design studies. Street connectivity was measured using segment-based connectivity measures, based on the effect levels and significance levels of both measures, it can be concluded that increasing density of available streets and reducing direction changes within urban areas results in higher levels of pedestrians using the space. The fact that direction changes are as important as metric distance in describing street connectivity points to the role in pedestrian network planning pattern. Also pedestrians familiar with a neighborhood are likely to follow routes with shortest metric distances. This is reflected in the model developed for a neighborhood. A nother necessary role is related to street walkability, connectivity and accessibility. The manner in which streets are aligned and the direction changes needed to navigate the network facilitate pedestrian behavior.

Pedestrianization is high importance for Fatih District-Historic Peninsula and the project is an important example for studies and implementations to come. Survey respondents have also begun to demand more qualified physical, urban and environmental solutions to accompany the pedestrianization project. Throughout this investigation, designs to develop community ownership and solutions to increase road safety have emerged as important steps to undertake.

This study could resolve two main issues of urbanization area such as sustainable accessibility and parking in urban planning and transport planning. The urban area by the sustainable transportation policy, such as Transportation Oriented Development-TOD and within this context determining non-motorized and motorized zone in the neighborhood is main aim of this study. This kind of studies will encourage use of personal and motorized vehicles where current implementations actually focus on developing pedestrianization and mass transportation. this project will also contradict other mass transportation and pedestrianization projects. In order to develop sustainable policies, all implementations with large-scaled physical and cultural impacts on should be subjected to a multi-layered evaluation.

When these issues have been considered by the study and research with the perspective of sustainable mobility, it has found out that Living Streets Pedestrianization design model could be a good solution as social and environmental project. This project aims to design neighborhood units as non-motorized zone and pedestrianized streets and at the result that to provide human scale spaces to increase the safety of unsafe streets to transformed to living quarters. The main proposal of this project design safe and social and people oriented spaces. With this scope changing the function of streets thereby changing the current usage to provide relation and communication between different social and economic groups to socializing community that they have been divided by creating relation one by one and face to face between individuals. Thereby designing the spaces for this aim it could be achieved for community happiness. In this respect the "Living Streets project" is a sustainable social, environment, urban planning and transport planning project that designing the natural and artificial environment at human scale.

**Acknowledgements**

The authors thank Dr. Noynoi FUKUDA for inviting ATRANS Symposium, thank Onur Can Tepe (Architecture and Urban Designer) and his company THINK for designing free step pedestrian bridge, thank Asst. Prof. Dr. Özlem Özer (Okan University) for guiding using DepthmapX GIS software, thank for Arazi Ekibi; Kahrman Bariş Özcan, Ferat Salık, Barış Bingöl, süleyman Taylan (they are topographical engineer trainers) for accounting pedestrians and vehicles during whole day, thank for Istanbul Metropolitan Municipality for supporting.

## References

I. A S Kubat, O Ozer and A Ozbil : Defining a strategical framework for urban pedestrianization projects 100: 6)

II. Axelson, P. W., D. A. Chesney, D. V. Galvan, J. B. Kirschbaum, P. E. Longmuir, C. Lyons, and K. M. Wong. 1999. Designing sidewalks and trails for access. Part 1 of 2: Review of existing guidelines and practices. United States: Department of Transportation.

III. Cairns, Sally. 2000. Rethinking transport and the economy. Town and country planning 69, no. 1 (January): 6–7 United Kingdom.

IV. Merve Akı and Çiğdem Çörek Öztaş, Istanbul Historic Peninsula Pedestrianization Project, June 2014,

V. New Jersey Department of Transportation. 1999. Pedestrian compatible planning and design guidelines. United States: New Jersey Department of Transportation.

VI. Pedestrianisation a great necessity in urban designing to create a sustainable city in developing countries (Nasim Iranmanesh, Pedestrianisation a great necessity in urban designing to create a sustainable city in developing countries, 44th ISOCARP Congress 2008)

**VII.** Safekids New Zealand. Safe routes to school. www.safekids.org.nz/index.**php/pi_pageid/56 (October 2007**

# Developing Volume-Delay-Functions Used in Transport Studies in Metro Manila

Paper Identification Number: **AYRF 15-030**

Jiaan Regis G. GESALEM[1], Alexis M. FILLONE[2]

[1]Department of Civil Engineering, Student of Transportation Engineering
De La Salle University
Telephone (02) 364-6296,
E-mail: jiaangesalem@gmail.com

[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
De La Salle University
Telephone (02) 524-4611 Loc. 231
E-mail: alexis_fillone@dlsu.edu.ph

## Abstract

This paper reviewed several volume delay functions used in major transport studies in the Philippines. There are no standard volume delay functions for major highways, expressways, and arterial roads that are being utilized by local urban transportation planners. This study developed several volume delay functions in capacity restraint assignment for transportation modeling in Metro Manila. The study considered five major highways and expressways in Metro Manila and identified their applicability for the study. Data were gathered from video footage from government sources and were manually collected and analyzed using the spot speed method. Road characteristics were obtained and graphical diagrams were used to determine the parameters and to develop several volume delay functions. The study were further verified and compared with other commonly developed volume delay functions. The result of the study would allow future transportation plans to base their models with the developed volume delay functions.

**Keywords:** Volume Delay Function, Trip Assignment, Metro Manila

## 1. Introduction

In urban transportation planning, a four-stage transportation model is usually conducted. One of the important stages within this travel-forecasting model is traffic assignment (Moses *et al.*, 2013). Trip assignment is the stage wherein trips are allocated to specific transportation systems in order to meet the required travel demand generated from the previous stages. In this stage, travel time delays and its patterns are predicted depending on the amount of vehicular volume at a given road. Trip assignment also estimates and analyzes the routes of each origin to destination (O-D) pair that a trip would take. This stage is needed in urban transportation planning as it allows planners to predict the vehicular flow in a road network with a given travel demand.

Types of trip assignment models were developed, which are all-or-nothing assignment, incremental assignment, capacity restraint assignment, user equilibrium assignment, and system optimum assignment (Mathew, 2006). This paper focuses on capacity restraint assignment as it is commonly used in practice and is utilized in transportation softwares compared to other types of trip assignments.

In capacity restraint assignment, modelers use models commonly known as volume delay functions (VDF) or also known as link-congestion functions to relate two variables, namely volume of vehicles and travel time, for forecasting. Since travel time has a relationship with speed as well, speed-flow relationships can also be generated from the volume delay functions. These functions are then used for the iteration process done in the capacity restraint assignment method.

In the Philippines, the analysis and function models used to describe these relationships vary in different studies. The models used in the Philippines for urban transportation plans are being based from foreign countries. A number of studies have been made in order to relate travel time with the volume of vehicles on a link. One of the first and most commonly used volume delay function is the BPR function. It is famous for its minimum data requirement and simple functional form (Moses *et*

*al.*, 2013). Because of this, the function does not take into account different parameters that are present in the actual road conditions and has a number of limitations. There are a number of researches (Davidson, 1978; Spiess, 1990; Dowling &Skabardonis, 2006; Akçelik, 1991; Klieman, 2010) that have been made in order to propose a better function or modified the functions coefficients to best fit them into their respective study areas.

The results of this paper aims to provide several standard volume delay functions for the Philippines. With this, local urban transportation planners will now be able to use a speed-flow and cost-flow function that is fit for the situation in the Philippines. More accurate approximations for trip assignments would be generated once the volume delay functions would be established.

## 2. Literature Review

Volume delay functions have been developed and modified by different authors (Smock, 1962; BPR, 1964; Overgaard, 1967; Steenbrink, 1974; Davidson, 1978; Spiess, 1990; Akçelik, 1991; Jastrzebski, 2000; Bertini *et al.*, 2005) in the past. Several studies have also compared the developed volume delay functions, depending on a given situation (Branston, 1975; Jastrzebski, 2000; Kliemanet *al.*, 2010). According to Kliemanet *al.* (2010), their study shows how volume delay functions differ on different facility types and on different area types. Facility types are freeways, expressways, collectors, 6-Leg Arterials, centroid connectors, major arterials, unmetered ramps, metered ramps, collector/distributor (C/D) roads and HOV Lanes. The study compares different types of volume delay functions by authors and concluded that each of them vary depending on the parameters used, facilities considered, and area of study.

Additionally, a study by Jastrzebski (2000) states that a basic volume delay function are typically expressed as

$$t(v) = t_0 \times f\left(\frac{V}{C}\right) \qquad (1)$$

where,

$t_0$: free flow time
V : volume
C : capacity
f : factor that varies on the conditions

The author divides the formulation of the volume delay function into two categories namely mathematical and behavioral. Mathematical pertains to the optimal principle, which should be continuous, strictly increasing, and non-negative. Behavioral, on the other hand, pertains to the urban traffic conditions, users choice of route, time spent in congestion and free flow speed conditions.

### 2.1 Alternative Volume Delay Functions

#### 2.1.1 Smock Functions (1962)

$$T = T_0 \exp\left(\frac{Q}{C_s}\right) \qquad (2)$$

where,

T : the travel time per unit distance
$T_0$: free flow time
$C_s$: the steady state capacity
Q : volume of vehicles

#### 2.1.2 Overgaard Function(1967)

$$T = T_0 \alpha^{\beta\left(\frac{Q}{C_p}\right)} \qquad (3)$$

where,

T : the travel time per unit distance
$T_0$: free flow time
$C_p$: thepractical capacity
Q : volume of vehicles
$\propto$, $\beta$: coefficients

#### 2.1.3 Davidson Function (1978)

$$T = \frac{T_0}{1+\frac{J\left(\frac{Q}{C}\right)}{\left(1-\frac{Q}{C}\right)}} \qquad (4)$$

where,

T: the travel time per unit distance
$T_0$: free flow time
$\left(\frac{Q}{C}\right)$: the degree of saturation
C: theabsolute capacity
Q : volume of vehicles
J : environmental parameter

#### 2.1.4 BPR Function(1964)

$$T = T_0\left[1+\propto\left(\frac{Q}{C_p}\right)^{\beta}\right] \qquad (5)$$

where,

T: the travel time per unit distance
$T_0$: free flow time

$C_p$: thepractical capacity
Q : volume of vehicles
∝, β: coefficients (usually 0.15 and 4)

### 2.1.5 Modified BPR Function (1974)

$$T = T_0\left[1+\propto\left(\frac{Q}{C_s}\right)^{\beta}\right] (6)$$

where,
T: the travel time per unit distance
$T_0$: free flow time
$C_s$: the steady state capacity
Q : volume of vehicles
∝, β: coefficients (usually 0.15 and 4)

### 2.1.6 Conical Volume Delay Function (1990)

$$f(x) = 2 + \sqrt{\alpha^2(1-x)^2+\beta^2} - \alpha(1-x) - \beta \quad (7)$$

where,
$\beta : \frac{2\alpha-1}{2\alpha-2}$
x: volume to capacity ratio

### 2.1.7Akçelik Function (1991)

$$t = t_0 + \{0.25T\}\left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8J_A}{Q_j T}x}\right] (8)$$

where,
T: the travel time per unit distance
$Q_j$: capacityat junction; if saturation flow
then$Q_j = \frac{Q_{sg}}{cy}$
g: length of green period at junction
cy : cycle length
x: degree of saturation = $\frac{V}{Q_j}$
$J_A$: delay parameter = $\frac{2Q_j}{T}(t_c - t_0)^2$

### 2.1.8Third Degree Polynomial Function (2005)

$$f_{high} = 0.9664 + 1.2812x - 2.52x^2 + 2.5694x^3 (9)$$

$$f_{low} = 0.9711 + 1.0624x - 2.8213x^2 + 2.6339x^3 (10)$$

where,
x: volume to capacity ratio

## 3. Methodology

The first process started by evaluating suitable road links that would be used in the study. Road and traffic conditions are of primary importance when considering the link of choice. Link characteristics, which include physical and geometric characteristics of the road, were obtained from the chosen link. The qualifications for the study area selection are expressways, major highways, and arterial roads in Metro Manila. The linksall have uninterrupted flows and be at least a hundred meters long, these two minimum requirements should be met. Fig. 1 shows the five road networks studied in this paper.

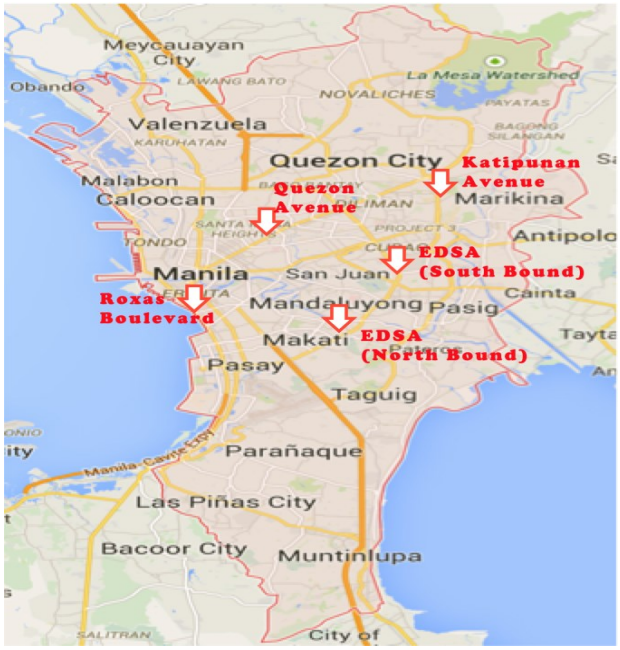



**Fig. 1** Five Locations in Metro Manila

The next step was to collect data from the link. The data gathered will consist of traffic flow characteristics namely, traffic flow, density, vehicle speed, distance, and travel time. The data were collected through the use of video footage positioned in every link from different government agencies. A spot speed method will be used to gather the data from the video footage.

In the spot speed study, the video footage was paused at a random given time throughout the peak hour period. The volume of vehicles were then be obtained at that given time, with a given trap length of one hundred meters. To obtain the average speed of vehicles at that given time, a representative vehicle, usually at the center of the link, would be selected and it's speed from the beginning of the trap length until it reaches the end of the trap length was obtained. Road groupings were made according to their characteristics namely geometric characteristics and the road's classification or function.

The second process was to develop models for the gathered data. These models are formed through volume delay diagrams and other relationships from the gathered data. Graphical diagrams are then used to determine the trend of model depending on the variables being considered. The functional forms, whether they are linear, exponential, logarithmic, and etc., can now be determined. The next step was to identify parameters and coefficients that are required to in the development of the volume delay functions. After which, volume delay equations for each groupings were generated from all the given data and conditions on the link.

Lastly, in order to verify the generated equations, the volume delay equations were then tested on the actual link by applying it on the system and to check whether the results are accurate. The percent errors of the equation were used to verify if the equation is feasible for transportation planning in the Philippines.

## 4. Results

This chapter discusses the samples taken from different study areas in Metro Manila. It also tackles the effects of public transportation in each road network that affects thetravel time of vehicles, which in turn affects the volume delay function as well. Using the sample data, models were developed to propose Philippine condition volume delay functions.

Taking samples for each study area, the researcher was able to identify different characteristics of each road segment. The samples also show the actual trend of travel time in relation to the vehicular flow in passenger car unit (PCU).Fig. 2 shows the trend of the different vehicular flows on each road segment of the study.

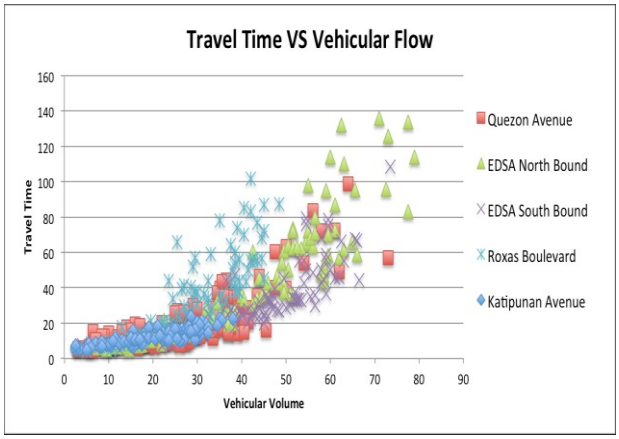



**Fig. 2** Comparison of Travel Time VS Vehicular Flow on Five Different Links

This proves the fact that there is a need for different volume delay functions for each road segment in order to better represent the road's vehicular flow.

### 4.1 Public Transportation Factors

One of the main reasons for the difference in trends is due to the fact that various public transportations exist in the road segments. It was observed in Fig 3 that the total number of public transportations in each segment would vary from one another. Three out of five segments show a large number of public transportation that runs through the segment. Three different modes of public transportations, which are jeepneys, buses, and a shared taxi, also known as FX,which has a semi-fixed route that serves a defined origin and destination, were observed in the study and are frequently found on the segment.

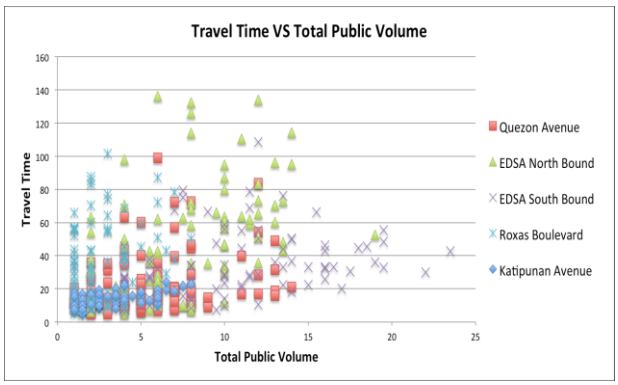



**Fig. 3** Comparison of Travel Time VS Total Public Transportation Volume on Five Different Links

### 4.1.1 Jeepney Volume

In Fig. 4, it was observed that Quezon Avenue had the highest number of jeepney vehicles that travels through the link. This number was expected since jeepneys are the main public transportation present in the area.

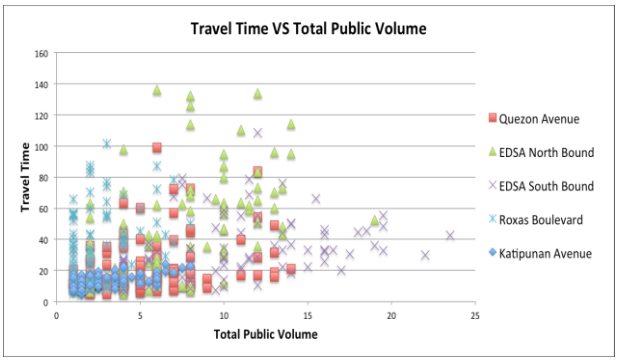



**Fig. 4** Comparison of Travel Time VS Jeepney Volume on Five Different Links

Although this is so, an increase of the number of jeepneys on the road would yield slight differences in travel time. On the other hand, EDSA North and South Bound have significantly lower number of jeepney vehicles compared to the other road segments. This is due to the fact that EDSA has alternative modes of public transportations such as the Metro Rail Transit (MRT) and buses.

### 4.1.2 Shared Taxi (FX) Volume

In the case of FX vehicles, only three, namely Quezon Avenue, Roxas Boulevard, and Katipunan Avenue, out of the five study areas serve this mode of public transportation in their respective areas. As seen in Fig. 5, an increase of FX vehicle volume also shows an increase in travel time. This is more likely to be experienced in the case of Roxas Boulevard. EDSA North and South Bound do not serve FX vehicles since there are already three mode of public transportation present.

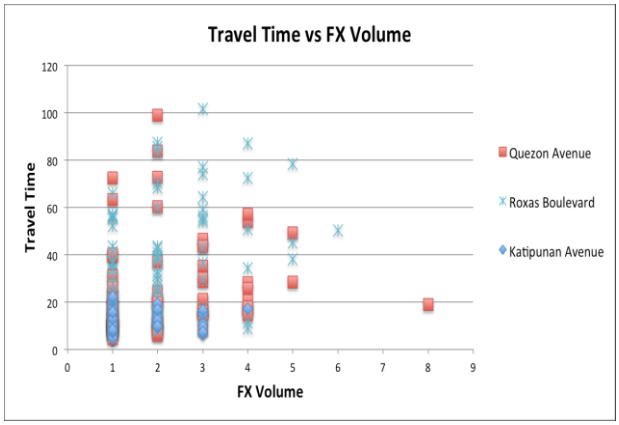



**Fig. 5** Comparison of Travel Time VS FX Volume on Five Different Links

### 4.1.3 Bus Volume

Buses are commonly present in Metro Manila's major roads, highways, and arterial roads. This mode of public transportation has a great effect on the number of vehicles given that the PCU of buses in the Philippines is 2.0. Furthermore, buses also cause some road friction, which affects delays in travel time of vehicles because of the boarding and alighting of passengers.

It was observed that EDSA had the highest volume of buses compared to the other study areas because it serves as an alternative mode of transportation for the MRT. In Fig. 6, it could be seen that EDSA South Bound has a higher volume of buses compared to EDSA North Bound. Although, the effect of travel time due to buses on EDSA North Bound is higher compared to the other road segments. On the other hand, Katipunan Avenue and Roxas Boulevard have rare cases of buses that would go through the segment, which may be concluded as private buses.

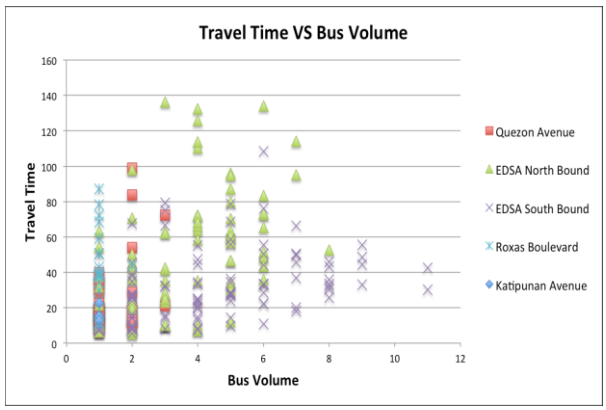



**Fig. 6**Comparison of Travel Time VS Bus Volume on Five Different Links

### 4.2 Time Delay

Considering the percentage of public transportation in a given road segment, other factors also causes the delay of travel time in a given road network. In previous studies, it is seen that researchers have found various ways to obtain realistic results in travel time estimations by adding variables into the function. An additional variable that would be added to the proposed function is the number of lanes of a given road segment and outside variables that may also have an effect on the travel time estimation. By applying commonly used volume delay functions for trip assignment, the study was able to come up with additional parameters that would further enhance the volume delay function in the case of Metro Manila.

### 4.3 Proposed Models

Through statistical gathering, the research were able to come up with parameters that adds to the delay in travel time and allows modelers to be flexible with the addition of parameters in the function.Using the SPSS 20, results show that there is a positive correlation between public transportation present on the road with respect to travel time, which means public transportation does have an effect on the travel time of vehicles. The coefficients obtained in the results were used to calibrate alpha and beta for each road segment.Equations 11 to 15 are the equations that were computed and derived from the observed sample data of each road segment. The models were based on the BPR function but were modified by adding several parameters that could be found in the Philippine setting. These parameters include the different presence of public transportations in an area. In the case of Metro Manila, not all major roads and highways have the same modes of public transportations that go through the segment. Having this said, the results from SPSS 20.0 show that there are some factors that have negative correlation to travel time, which means that the factor does not affect the travel time and are disregarded in the model. Accounting these parameters allows more realistic results when it comes to travel time estimations.

EDSA North Bound

$$T = T_o\left(1 + 2.27x10^{-9}\left(\frac{V}{C}\right)^{01.55}\right) \quad (11)$$

EDSA South Bound

$$T = T_o\left(1 + 7.69x10^{-5}\left(\frac{V}{C}\right)^{0.99}\right) \quad (12)$$

Quezon Avenue

$$T = T_o\left(1 + 5.50x10^{-3}\left(\frac{V}{C}\right)^{0.95}\right) \quad (13)$$

Katipunan Avenue

$$T = T_o\left(1 + 6.05x10^{-7}\left(\frac{V}{C}\right)^{1.75}\right) \quad (14)$$

Roxas Boulevard

$$T = T_o\left(1 + 52.05\left(\frac{V}{C}\right)^{0.43}\right) \quad (15)$$

Comparing the proposed volume delay function to several alternative volume delay functions that have been previously developed, the study has shown that similar results were obtained. The difference between the proposed models with the rest is that it is applicable to the Philippine's current situation, which can increase the estimation rate of travel time on a given road segment. By grouping the roads into characteristics, the study was able to obtain close to accurate estimations as compared to actual travel time readings from an on-board dashboard camera. From all these information, it was seen that the model, indeed, could be used for trip assignment in transportation planning.

## 5. Conclusion/Discussion

From the results shown in this study, it is clearly seen that travel time is directly proportional to the number of vehicles in a given road segment until it reaches the road's capacity. The proposed volume delay model, which includes different parameters added to the function in order to account for the different delays caused by different factors on the road. By grouping the roads into classifications, this study was able to come up with a set of several volume delay functions that would closely relate travel time with the volume of vehicles in different links around Metro Manila.

In comparison to other alternative volume delay functions, the study shows that the proposed model yield more realistic results in the case of the Philippines. Although the alternative volume delay functions had similar results with that of the proposed model, it is best to use the proposed volume delay function for different links found in Metro Manila because of the presence of Philippine public transportation on the roads. Public transport, such as jeepneys, buses, and FX significantly affects the travel time of a given segment of a road.

These results were also tested with actual results using a dashboard camera and found that the proposed volume delay function can be used in trip assignment. The statistical model made in this study allows transportation planners to be more flexible with the parameters used in the volume delay function by giving an option to apply the following parameters in the proposed model. Also, the study was able to successfully obtain the objectives of the study, which was to develop several volume delay functions for each road grouping in trip assignment for transportation modeling in Metro Manila.

Although the paper was able to come up with several volume delay functions, these are still road dependent and have to be calibrated for each road section and location. Future researchers may use this paper as an initial evaluation of volume delay functions. The main goal for further research is to be able to obtain real time data using advance technologies and to be able to categorize road sections, which would have corresponding models. This is to solve the problem of calibrating each volume delay function on all the road sections in the Philippines.

## References

[1] Akçelik, R. (December 1991). Travel time functions for transport planning purposes: Davidson's function, its time-dependent form and an alternative travel time function. *Australian Road Research* 21, 49–59.

[2] Bertini, R., Hansen, S., Byrd, A., Delcambre, A., Rodriguez, A., Matthews, S. (July 2005). Improving Travel Time-Delay Functions for the Highway 217 Corridor Study Using Regional ITS Data Archive. Presented at the ITE District 6 Annual Meeting.

[3] Branston, D. (August 1975). Link Capacity Functions: A Review. *Transportation Res.*, Vol. 10, pp. 223-236.

[4] Bureau of Public Roads (BPR). (1964). Traffic Assignment Manual. U.S. Department of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C.Davidson, K.B. The Theoretical Basis of A Flow Travel-Time Relationship for Use in Transportation Planning. *Journal of Australian Road Research 8*. pp. 32-35.

[5] Davidson, K. B. (1978). The theoretical basis of a flow travel-time relationship for use in transportation planning. *Journal of the Australian Road Research 8*.pp. 32-35

[5] Dowling, R. &Skabardonis, A. (1997). Improved Speed – Flow Relationships for Planning Applications. *Transportation Research Record 1572,* TRB, National Research Council. pp. 18-23.

[6] Dowling, R. &Skabardonis, A. (April 2006). Urban Arterial Speed-Flow Equations For Travel Demand Models. Journal in *Innovations in Travel Modelling 2006.*pages 10-21.

[7] Jastrzebski, W. (October 2000). Volume Delay Functions. Presented at the 15th International EMME/2 Users' Group Conference, Vancouver, B.C.

[8] Klieman, L., Zhang, W., Bernardin, V. Jr., Livshits, V. (November 2010). Estimation and Comparison of Volume Delay Functions For Arterials and Freeway HOV and General Purpose Lanes. Presented at Transportation Research Board 2011 Annual Meeting. Paper#11-0242

[9] Mathew, T. (October 2006). Transportation Network Design. [Internet]. Retrieved from: http://www.civil.iitb.ac.in/tvm/1104_ce7 44/72- tassignment/tassignment/tassign ment.html

[10] Moses, R., Mtoi, E., Reugg, S., &McBean, H. (December 2013). Development of Speed Models for Improving Travel Forecasting and Highway Performance Evaluation.National Research Council, 1985. Highway capacity manual. Transportation Research Board, TRB Special Report 209.

[11]Overgaard, K. R. (1967). Urban Transportation Planning: Traffic Estimation. Traffic Quarterly. pp. 197-218.

[12] Smock, R. J. (1962). An Iterative Assignment Approach to Capacity Restraint on Arterial Networks. *Highway Res. Board Bulletin* 347. pp. 60-66.

[13] Spiess, H. (1990). Conical Volume-Delay Functions. *Transportation Science*, Vol. 24, No. 2, pp. 153-158.

[14] Steenbrink, P.A. (1974). Optimization of Transport Networks. Wiley, New York. pp. 191.

# Factors Influencing Footbridge Usage along Epifanio Delos Santos Avenue (EDSA), Metro Manila

Paper Identification number: **AYRF15-031**

Rigel Kent I. CADAG [1], Jireh Daniel V. DESPABILADERAS [2], So-Aaron-Nicklaus T. KING [3], Rei Robin A. TUMAMBING [4], Alexis M. FILLONE [5]

[1,2,3,4] Department of Civil Engineering, College of Engineering
De La Salle University – Manila
Telephone (02) 256-0399
E-mail: rigelkentcdg@gmail.com

[5]Department of Civil Engineering, College of Engineering
De La Salle University – Manila
E-mail: amfillone@gmail.com

## Abstract

EDSA is infamous for its traffic congestion and pedestrian accidents especially during peak hours. This study aims to provide an analysis of the footbridges that are present on the stretch of EDSA and determine the factors that affect their usage. The researchers observed all footbridges along EDSA and identified 10 footbridges that have different physical characteristics: elevation, walkway width, number of steps, among others. The peak hour volumes of these footbridges were counted and these served as the indicator of pedestrian usage. Pedestrian opinion was obtained by administering a questionnaire-type survey. The responses were analyzed using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and significant pedestrian generators were identified with the use of multiple linear regression models. Knowing these factors would help planners improve pedestrian transport conditions throughout Metro Manila.

**Keywords:** Pedestrian, Analytic Hierarchy Process (AHP), Footbridge Usage, Multiple Regression

## 1. General Introduction

Metro Manila is one of the megacities in Asia that suffers from the many ills of excessive street traffic. Epifanio de los Santos Avenue (EDSA) is one the major thoroughfares in Metro Manila and stretches 24 kilometers from southern to northern part of the metro.

The footbridges seen along the stretch of EDSA are erected at different locations. Some footbridges traverse over the Metro Rail Transit (MRT), some under the interchanges, others are connected to the MRT stations and chosen ones connect directly to different establishments like malls.

Despite the several footbridges constructed along EDSA, pedestrians still opt to risk their lives in crossing the road. The Metro Manila Development Authority (MMDA) is alarmed with the increase of road accidents involving jaywalkers. MMDA has recorded around 5,800 road accidents involving pedestrian last 2013. In the years of 2011 to 2012, the authority recorded around 15,500 pedestrian accidents with 495 resulting in deaths [4]. The increasing problem of deaths and accidents because of jaywalking proves that pedestrians do not utilize the infrastructures built for them. The aim of the study is to investigate the pedestrian footbridges along EDSA in order to determine the factors that greatly affect for its demand.

## 2. Literature Review

### 2.1 Factors Affecting Pedestrian Choice

Footbridges are made to provide pedestrians a safe route to cross the roads. With the number of accidents and jaywalkers in EDSA proves that the footbridges were under-utilized. According to Mahmud, et al. (n.d.), footbridges were underutilized because of safety and time constraints. Some of the footbridges were aesthetically poor and lacks proper pedestrian facilities [9]. Another study states that horizontal collectivism has more impact than vertical collectivism [12]. The lack of proper road barriers is also a factor [6]. These are just some of the factors the affects the pedestrian choice. On the other hand,

Manjanja (2013) studied the non-usage of pedestrian footbridges. In his study, it was concluded that pedestrian footbridges must be placed in areas where there is high vehicle speed or heavy traffic volumes. Footbridges are vital link in pedestrian system. In this study, Manjanja obtained the physical characteristics of the footbridges and did surveys with different stakeholders. The method employed by Majanja was proven to be effective in determining pedestrian choice [10].

### 2.2 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Decision-making is a complex system wherein criteria and alternatives are involved. The criteria usually have varying importance while the alternatives are different in our preferences [3]. In a study by Babiano (n.d.), the AHP was used in examining pedestrian spaces in Tokyo and Manila based on pedestrian behavior, streets sociology, and the corresponding street morphology. Through the study, it was found that protection and ease are the top influential factors for the decision of pedestrians [2]. Also, the study was able to provide workable solutions and recommendations on how pedestrian spaces can be utilized [2]. According to Karunanayake, Weerakoon & Wickramasinghe, (n. d.), ad-hoc urban planning often causes traffic in a certain area. In the study, the researcher uses the Analytical Hierarchy Process (AHP) to identify the best alternatives for a smooth vehicular flow and pedestrian crossing [9].

## 3. Methodology

### 3.1 Data Collection

#### 3.1.1 Footbridge Inventory

An inventory of all the 48 footbridges in the study area was done in order to obtain the physical characteristics of the structures. The inventory included the footbridge height and width, material used (steel or concrete), number of steps, presence of roofing, presence of ramps, and connection to train stations. From the inventory, ten footbridges with different characteristics were selected by the researchers that served as sample footbridges for the study.

#### 3.1.2 Peak Hour Volume Counts

Two methods were used in order to obtain the peak hour volume counts for each of the ten footbridges. The first method is through the use of a video recorder and the second is through manual counting at site. Two-hour pedestrian volume counts were done during the expected peak in the afternoon and evening. The volume per fifteen minutes was recorded and the largest sum of four 15-minute pedestrian volume was considered as the peak hour.

#### 3.1.3 Survey Questionnaire

The questionnaire survey was the main source for data in the study. The questionnaire used by the researchers is composed of three parts. The first part of the survey is for the basic information about the pedestrian such as age, gender, career, and income. The second part of the survey is for the pedestrian to rate four factors, safety, security, comfort, and convenience, as to how important it is compared to another using a 9-point scale. The last part of the survey is for the pedestrian to rate the different amenities in a footbridge such as presence of lighting and security personnel, presence of vendors, and aesthetics as to how much they consider it in choosing to use the footbridge.

### 3.2 Data Processing

The collected raw data for the study was identified as ratings from the respondents of the survey. Since the data obtained was not immediately suited for data analysis, the step of data processing was performed. Descriptive statistical analysis was done with the raw data obtained to be directly utilized in the theories involved.

### 3.3 Data Analysis

#### 3.3.1 Level of Service (LOS)

Level of service was measured through the pedestrian flow rate and the space a pedestrian occupies. The flow of the pedestrian has a value having a unit of pedestrian per minute per foot (p/min/ft.). Getting the 15-minute flow rate and dividing it by the walkway width gives the level of service. Below is Table 1 that shows the classification of the LOS, based on the different pedestrian parameters.

**Table 1**. Level of Service Classification

| LOS | Pedestrian Space ($ft^2$/ped) | Expected Flows and Speeds | |
|---|---|---|---|
| | | Average Speed (ft/min) | Flow Rate (ped/min/ft) |
| A | ≥ 130 | ≥ 260 | ≤ 2 |
| B | ≥ 40 | ≥ 250 | ≤ 7 |
| C | ≥ 24 | ≥ 240 | ≤ 10 |
| D | ≥ 15 | ≥ 225 | ≤ 15 |
| E | ≥ 6 | ≥ 150 | ≤ 25 |
| F | <6 | < 150 | --Variable-- |

**Source:** Transport Research Board (2003) [14]

The effective width of the footbridge was computed with the use of (Equation 3.1). The effective width was used in computing the pedestrian flow using (Equation 3.2) stated below.

$$W_E = W_A - c_1 - c_2 \quad (3.1)$$

where,

- $W_E$ = Effective width, feet
- $W_A$ is the actual width of the footbridge, feet
- $c_n$ are constants for the obstructions present on the footbridge

$$v = \frac{V_{p15}}{15 * W_E} \quad (3.2)$$

where,

- v = pedestrian flow rate, ped/ft/min
- $V_{P15}$ is the pedestrian peak 15-minute volume
- $W_E$ is the effective width, feet

### 3.3.2 Analytic Hierarchy Process

The Analytical Hierarchy Process is a kind of Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) that involves itself in the decision-making process. For the purpose of this study, the researchers used computer software called Expert Choice to aid in the AHP analysis. The ratings of the pedestrian for the pairwise comparisons of the four factors, safety, security, comfort, and convenience, were entered. The output is the corresponding numerical weight values for each of the factors which were calculated through matrix analysis of the software. Also, the most compatible alternative footbridge for the pedestrian was selected by the software based from his/her preference.

### 3.3.3 Multiple Regression Analysis

The regression analysis was used to identify the relationship between the dependent variable and the independent variables of the study. The study focused on the volume of people in the pedestrian footbridge, as the dependent variable and the independent variable will vary according to the footbridge and area characteristics. The study determined the relationship between volume and different parameters and examined the factors that could lead to significant changes in the volume of people.

The corresponding data was encoded in Microsoft Excel to determine the variable relationships. Microsoft Excel provided the Regression Equation and Variable Significance.

## 4. Results

### 4.1 Level of Service Analysis

The level of service analysis would determine whether the effective width of the current footbridge is enough in order for the pedestrians to have a satisfactory trip across. According to the Transport Research Board (2003), a level of service C is considered acceptable [14]. The group calculated the level of service of each of the ten footbridges.

**Table 2.** Footbridge and Pedestrian Parameters

| Footbridge | Effective Width (m) | Pedestrian Flow (ped/min/ft) | LOS |
|---|---|---|---|
| Taft- Pasay | 1.19 | 19.42 | E |
| Megamall | 4.77 | 2.78 | B |
| MCU | 1.39 | 12.67 | D |
| Magallanes | 3.70 | 4.09 | B |
| EDSA-Ayala | 3.80 | 2.91 | B |
| Ortigas | 1.49 | 9.88 | C |
| EDSA-Serrano | 2.06 | 2.00 | A |
| McArthur – Cubao | 3.50 | 3.21 | B |
| Quezon Avenue | 1.44 | 17.01 | E |
| SM Skybridge | 1.49 | 22.19 | E |

Considering a level of service C as the passing level of service, four footbridges would have a failing mark. Taft-Pasay, SM Skybridge and Quezon Avenue footbridge registered the worst

level of service among the footbridges with a level of service E. The MCU Footbridge had a level of service D because its pedestrian flow was relatively lower at 12.67 pedestrians per minute per foot.

In order to have a level of service of C, a maximum pedestrian flow of 10 pedestrians per minute per foot should be present. A planner must consider the comfort of the expected number of pedestrians passing by using the level of service formula; the team was able to compute for the minimum effective width needed to have a passing level of service for the footbridges that had a failing mark. SM Skybridge which had the largest peak hour pedestrian volume needed an effective width of at least 3.3 meters in order to obtain a level of service C.

### 4.2 Descriptive Analysis for Survey Respondents

In this portion, the descriptive analyses for the answers of the pedestrian are presented. Pedestrian demographics and characteristics were shown and analyzed.

The group had 490 respondents through the scope of work. Overall, 56% of the surveyed respondents are male and 44% are female. Since the survey was done simultaneously when pedestrian traffic was at its peak (5:00PM to 7:00PM), most of the pedestrians are going home and this resulted to terminal as the trip purpose of the pedestrians. 45.71% of the respondents were of aged 15 to 25, although there were more employed pedestrians than students. It was also observed that most of the pedestrians have income of less than PHP 10,000 which is mostly because of students and minimum-wage workers. It also suggests that most of the footbridges are situated on working areas that caters to low-income individuals.

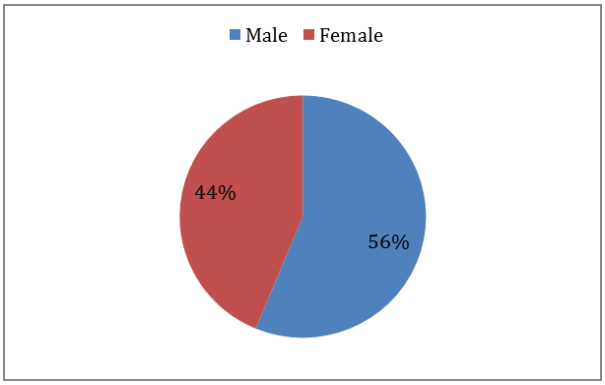



**Fig. 1** Gender Distribution of Respondents

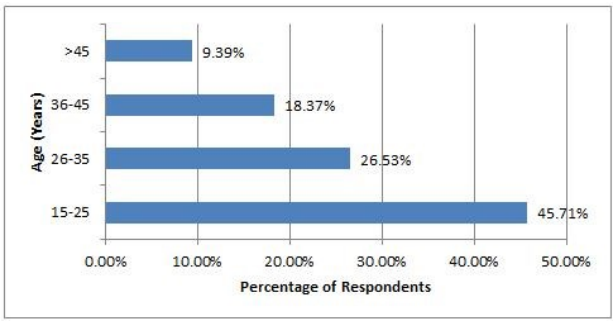



**Fig. 2** Age Group of Respondents

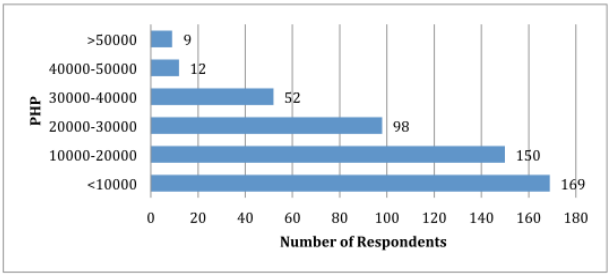



**Fig. 3** Monthly Income of Respondents

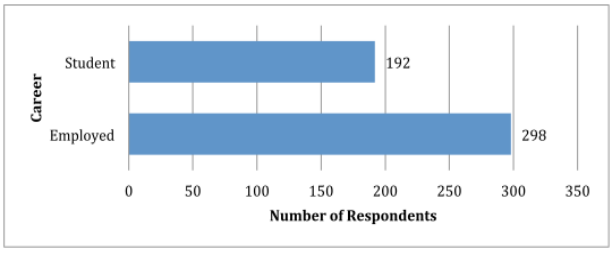



**Fig. 4** Career of Survey Respondents

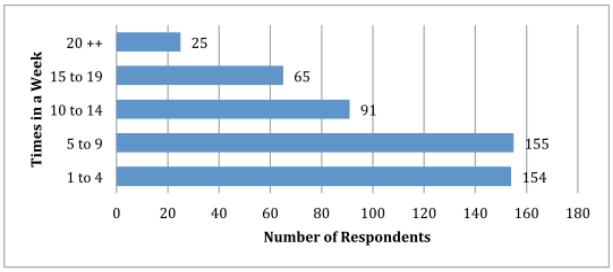



**Fig. 5** Trip Frequency of Survey Respondents

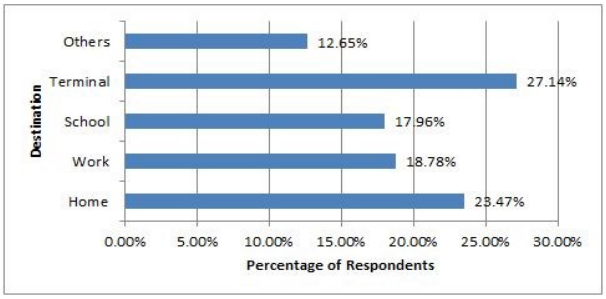



**Fig. 6** Trip Purpose of Survey Respondents

### 4.3 Analytic Hierarchy Process (AHP)

The AHP was able to derive the most preferred factor that was part of the survey with the use of the Saaty Scale. After analyzing the 490 respondents, 55% answered that Pedestrian Safety is their number one priority when crossing the footbridge. 141 or 29% said that Pedestrian Security was their main priority. 55 out of the 490 respondents (11%) answered that using the footbridge conveniently was the most important aspect. While only 24 or 5% of the respondents said that Pedestrian Comfort should be put first.

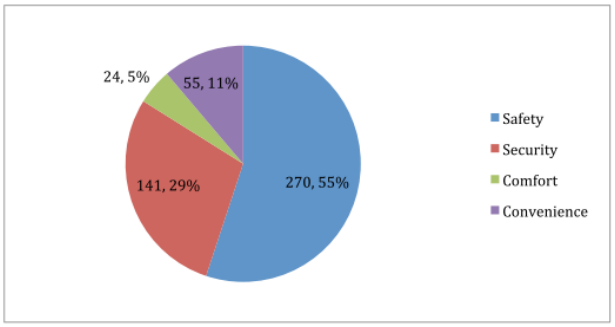



**Fig. 7** Factors Preferred by Pedestrians

After knowing the factor that was most preferred by the respondents, AHP was also able to determine the most compatible alternative, in this case the team graded the ten selected footbridges with respect to the to the four factors. Only four footbridge designs resulted as compatible to the factor preference answered by the pedestrians.

EDSA – Ayala footbridge is privately owned and closely monitored by a nearby company making the pedestrians safe and secure. The safety and security of the footbridge and of the area is on a high level and this led the 226 out of the 490 (46.12%) responses to be compatible to the footbridge design. Weather protection and aesthetic materials like paint and flowers are present as well, making it relatively more comfortable to use but cleanliness on this footbridge proved to be recurring problem. It is relatively close to transport terminals but is somewhat far to the Central Business District (CBD) of Ayala. A number of pedestrians still opted to cross the EDSA on the road level since a stoplight is available at the intersection causing cars to stop for a few seconds. However no pedestrian at-grade crossing is present.

The Magallanes footbridge on top of the Magallanes station is one of, if not, the best footbridge along EDSA. Pedestrian safety is highly regarded because all amenities are present. Security is at a high because of the presence of good lighting, security guards and even CCTV cameras. Aesthetics is at a minimum but the footbridge is still pleasing to use because of the clean surroundings. The setback is that this is the footbridge with the highest elevation along EDSA, if its height is considered from the ground to the top since it is above the MRT station. It also has the most number of steps to ascend at 91, but there are available elevators for anyone's use though it could only cater to 6 people on average at a time. Nevertheless its design is the most compatible among the 10 footbridges considered having 238 (48.57%) of the respondents' factor combination compatible.

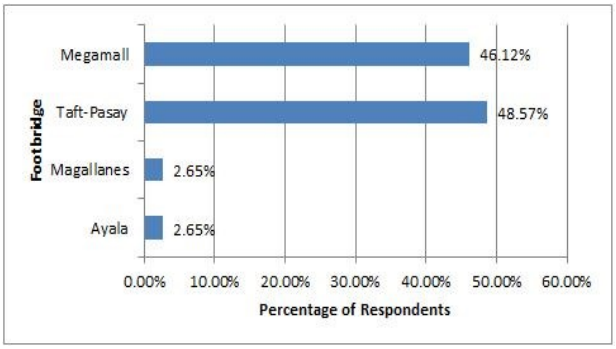



**Fig. 8** Most Preferred Footbridge Design

### 4.4 Multiple Regression Model

The number of establishments within 1.5-km walking distance from the footbridge was considered. The establishments were divided into 5 kinds; commercial, residential, institutional, transportation, and work establishments. It is noted that transportation establishments only considered formal bus and jeep terminals.

Correlation Analysis was performed in order to determine if there were redundant factors that could be considered as one.

The multiple linear regression model considered only the three significant establishments from the first model. It has an R square value of 0.95; comparing it to the r square value on the first model, it only reduces minimal since the two independent variable removed are not significant. In this model, it can be seen that the highest generator are still work establishments. In addition, no P-value is greater than 0.05.

**Table 3**. Correlation Analysis

| | PHV | Commercial | Residential | Institutional | Transport | Work |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PHV | 1 | | | | | |
| Commercial | 0.348 | 1 | | | | |
| Residential | 0.486 | 0.015 | 1 | | | |
| Institutional | 0.505 | -0.177 | -0.022 | 1 | | |
| Transport | 0.309 | 0.220 | 0.565 | 0.043 | 1 | |
| Work | 0.695 | -0.271 | 0.099 | 0.663 | 0 | 1 |

**Table 4.** Regression Analysis Results

| *Regression Statistics* | |
|---|---|
| Multiple R | 0.975 |
| R Square | 0.950 |
| Adjusted R Square | 0.925 |
| Standard Error | 386.277 |
| Observations | 10 |

ANOVA

| | *df* | *SS* | *MS* | *F* |
|---|---|---|---|---|
| Regression | 3 | 17066809.53 | 5688936.51 | 38.12704292 |
| Residual | 6 | 895260.0688 | 149210.0115 | |
| Total | 9 | 17962069.6 | | |

| | *Coefficients* | *Standard Error* | *t Stat* | *P-value* |
|---|---|---|---|---|
| Intercept | -1309.753 | 404.713 | -3.236 | 0.018 |
| Commercial | 341.137 | 57.673 | 5.915 | 0.001 |
| Residential | 352.654 | 81.191 | 4.343 | 0.005 |
| Work | 806.933 | 95.121 | 8.483 | 0.000 |

## 5. Conclusion

From the multiple regression model, the usage of footbridges will be increased if a footbridge is situated within the vicinity multiple work establishments and residential areas. The two kinds of pedestrian generators have the highest coefficient of 806.93 and 352.65, respectively. While, institutional and transportation establishments have a P-value larger than 0.05, which indicates that the two factors are not associated with the changes of the peak hour volume of a footbridge. On the other hand, the amenities present on the overcrossing do not affect the usage of the footbridge at all.

The Level of Service (LOS) analysis determined the footbridges which had inadequate walkway widths. Considering the Level of Service C as the passing mark, four footbridges failed. A minimum effective width of 3.3 meters was needed for the SM Skybridge to pass the standard Level of Service. Knowing that the SM Skybridge had the highest Peak Hour Volume, the 3.3-meter walkway width could be used as a standard since it would be adequate for other footbridges with lower PHVs.

Considering the factors safety, security, comfort and convenience, the most acceptable design of the footbridges that run along EDSA would be the Magallanes footbridge. The Magallanes footbridge had a high rating on safety

and security because of the security personnel and equipment that is present on the overcrossing. Considering that safety and security were the two factors that were most valued by the pedestrians, garnering 55% and 29% of the responses respectively, Magallanes came out to be a great design being compatible to 48.57% of the responses. In addition, the EDSA-Ayala footbridge is another footbridge that is highly rated of being safe and secure, therefore the design proved to be compatible to 46.12% of the responses.

It could be concluded that the location of footbridges, with respect to its proximity to different pedestrian generators, did affect its usage. Footbridge amenities on the other hand, were not directly associated with usage. Yet, considering the preferences of the respondents, the amenities that the pedestrians consider important when crossing the footbridge were not present in most of the footbridges that were evaluated.

Recommendation in order to improve the study includes doing a 24 – hour pedestrian count to improve the evaluation of footbridge usage. A comparison on footbridge and at-grade crossing may also be added to broaden the aspect of pedestrian decision-making. Verify the application of this study to other major transportation corridors in Metro Manila. A separate evaluation may be executed during the weekends in order to determine if there is a significant difference during weekday operations. Additional pedestrian samples may be added in order to capture the right mix of pedestrians using the footbridges throughout the whole transportation corridor.

Studies involving pedestrians and footbridges are scarce in the Philippines. The researchers aim to raise awareness in this vital topic to promote inclusive and accessible transportation networks.

## References

[1] Abojaradeh, M. (2013). Evaluation of pedestrian bridges and safety in Jordan.*Civil and Environmental Research*, *3*(1). Retrieved from https://attachment.fbsbx.com/file_download.php?id=724904540888799&eid=ASstKVOKYbz3o4LYAgdmRbI_wIhFoFkr1ULnNJFkpTZJA7bZS3j0gtSp3exLRteQi-c&inline=1&ext=1403583080&hash=ASsBMAvyfc_R-MLD

[2] Babiano, I. (n.d.). Developing a viable model towards the management of pedestrian spaces in Asia. Retrieved August 7, 2014, from http://www.codatu.org/wp-content/uploads/Developing-a-viable-models-towards-the-management-of-pedestrian-spaces-in-Asia-Iderlina-MATEO-BABIANO.pdf

[3] Bahurmoz, A. (2006). The Analytic Hierarchy Process: A Methodology for Win-Win Management. JKAU: Econ. &Adm, 20(1), 3-16. Retrieved August 6, 2014, from http://www.researchgate.net/.../0c96051af88447ba5e000000

[4] Carleon, E. (2014). *Warning to stubborn pedestrians: MMDA plans on stiffer jaywalking fines | Kicker Daily News*. Retrieved from http://kickerdaily.com/warning-to-stubborn-pedestrians-mmda-plans-on-stiffer-jaywalking-fines/

[5] Garrett-Mayer, E. (2006). *Statistics in Psychosocial Research Lecture 8 Factor Analysis 1*. Retrieved July 1, 2014, from http://ocw.jhsph.edu/courses/statisticspsychosocialresearch/pdfs/lecture8.pdf

[6] Hine, J., & Russel, J. (1993). Traffic Barriers and Pedestrian Crossing Behaviour. Butterworth-Heinemann Ltd, 230-239.

[7] Jadallah, B. (2000, July 1). Analysis of Major Benefits and Costs for Pedestrian Footbridge Case Study: Nablus City. An-Najah National University. Retrieved, from http://scholar.najah.edu/sites/default/files/all-thesis/analysis_of_major_benefits_and_costs.pdf

[8] Kadane, J. (n.d.). *Probability Sampling in Litigation*. Retrieved June 25, 2014, from http://insurancejournal.org/wp-content/uploads/2012/04/Kadane.pdf

[9] Karunanayake, K.T.S.; Weerakoon, W.M.N.R.; Wickramasinghe, V. (n.d.). *Use of Analytic Hierarchy Process (AHP) for Solving Traffic Issues Due to Ad-Hoc Urban Planning* (Thesis, University of Peradeniya,

Sri Lanka). Retrieved from http://dl.lib.mrt.ac.lk/handle/123/9084

[10] Mahmud, S. M., Hossian, M. M., Hoque, S., & Hoque, M. (n.d.). Pedestrian Safety Problem, Existing Facilities and Required Strategies in the Context of Dhaka Metropolitan City.

[11] Manjanja, R. A. (2013). *Non-Usage of Pedestrian Footbridges in Kenya: The Case of Uthiru Pedestrian Footbridge on Waiyaki Way* (Master's thesis, University of Nairobi, Kenya). Retrieved from http://cae.uonbi.ac.ke/sites/default/files/cae/cae/Richard%20Thesis%20Report%2020th%20November%20,%202013%20Final.pdf

[12] Nordfjærn, T., & Simsekog˘lu, Ö. (2013). *The role of cultural factors and attitudes for pedestrian behaviour in an urban Turkish sample*.

[13] Oladokun, V. O., & Okesiji, O. O. (n.d.). Application of Fuzzy Logic to the Optimal Location of Public Utilities: A Case Study of Pedestrian Bridges. Retrieved fromhttp://www.ipedr.com/vol45/028-ICMTS2012-M00028.pdf

[14] *Transport Research Board.* (2014). *Transit Capacity and Quality of Service Manual – 2nd Edition*. Retrieved February 23, 2015 from http://www.trb.org/Main/Blurbs/153590.aspx.

# Traffic Conflict Technique Development to Analyze Traffic Safety at Signalized Intersections under Mixed Traffic Conditions

Paper Identification number: **AYRF 15-033**

Tran Quang VUONG

Vietnamese-German Transport Research Centre, Vietnamese-German Univ.
Binh Duong New City, Binh Duong Province, Viet Nam
Telephone +8493269279
E-mail: tqvuong@vgtrc.vgu.edu.vn

## Abstract

Signalized intersections are a key component of the road network and the performance of the whole road system is affected considerably by its operations. In developing countries, the number of traffic accidents, injuries and fatalities are very high and tend to increase at signalized intersections. For example, in Ho Chi Minh City (HCMC) of Vietnam the number of accidents at signalized intersections accounted for 45% of the total accidents at all the intersections. This fact lead to strong necessary for analyzing traffic safety at signalized intersections. Nevertheless, the historical accident data in HCMC is not available for deeply analysis, this study uses video cameras to capture and analyze conflicts that potentially lead to accidents by using Traffic Conflict Technique (TCT). Conflict severity identification is one of the most significant steps to evaluate traffic safety at signalized intersections using TCT. Six zones (serious conflict, common conflict, non-conflict, highest potential serious conflict, potential serious conflict, and potential common conflict) are explored in this study to clarify conflict severity. This result is based on being the cut off value between serious conflicts and common conflicts, according to 85% cumulative frequency of time to collision (TTC), conflict speed (CS) under 3050 samples size which were observed at 10 signalized intersections during August-November 2014. Such a deep understanding is a scientific basis to study how to apply TCT to evaluate traffic safety at signalized intersections under mixed traffic conditions.

**Keywords:** Traffic conflict technique, Traffic safety, Signalized intersections, Traffic conflict severity, mixed traffic condition

## 1. Introduction

Signalized intersections are a key component of the road network and the performance of the whole road system is affected considerably by its operations [8]. According to [1], nearly 25 percent of the total fatal crashes occur at all the intersections, and about 30 percent of those are at signalized intersections. In 2003, Asian Development Bank (ADB) has carried out the study regarding to accident cost for developing countries in Asia, in this report the cost of accident in Vietnam accounted for 2.45% GDP/year. Hence, traffic accidents have been not only affecting on individual but also influencing on society. In Viet Nam in 2014, the number of fatalities, injuries have been slightly decreased accounted for 9,000 (fatalities); and 25,000 (injuries), while in HCMC these rates were 725, and 4,074, respectively. Although, this showed that in comparison with 2013, the number of fatalities, and injuries in HCMC in 2014 have slightly decreased (8.1%, 16.3%), respectively, these are still really high at signalized intersections in HCMC accounted for 45% (56 accidents) of the total accident occurrence at all the intersections (125 accidents). This fact lead to strong necessary for analyzing traffic safety at signalized intersections. Hence, there have been a lot of previous researches on traffic safety at signalized intersections. Unfortunately, most of them have just focused on traffic safety at signalized intersections with main-stream vehicles. Until now, there is lack of empirical research about traffic safety at signalized intersections under mix traffic in motorcycle-dependent cities (MDCs), like Ho Chi Minh City (Vietnam), where there is more than 90% people use motorcycle as major mean of transport.

The objective of this study is to develop traffic conflict technique for traffic safety analysis at signalized intersections. Especially, how to determine traffic conflict severity, which is the most important steps of traffic conflict technique

based on time to collision (TTC) and conflict speed (CS) value.

The objective is addressed through several steps, including literature review, examining the current traffic situation, field survey and analysis, determining TTC and CS value for all conflicts at signalized intersections under mixed traffic conditions, and proposing six conflict severity zones. Ho Chi Minh City, Vietnam is selected for an empirical study. Because historical accident data in the city is not available for deeply analysis, this study uses video cameras to capture and analyze conflicts that potentially lead to accidents. TCT is developed for the context of mixed traffics with motorcycle dominance to help the analysis. The results of this study is based on being the cut off value between serious conflicts and common conflicts, according to 85% cumulative frequency of TTC and CS under 3050 samples size, which were observed at 10 signalized intersections during August-November 2014 to distinguish traffic conflict severity zones under mixed traffic conditions. Such a deep understanding is a scientific basis to study how to apply TCT to evaluate traffic safety at signalized intersections under mixed traffic conditions.

This paper are divided into five parts, following the introduction is literature review. Data collection and analysis, results are the third and fourth part, respectively, and the last part is discussions.

## 2. Literature review

Many road traffic accidents occur at intersections because there are huge traffic conflicts between vehicles. Especially, at signalized intersection where there have been a lot of crashes occurrence and accounted high rate of the total traffic accident at intersections even although these nodes are considerable safer comparison with the other in term of theory. Thus, many researchers have been focused on this approach with aim at improving this situation for both developed and developing cities. It is obvious that traffic safety analysis and evaluation at signalized intersections are strong necessary at the moment.

Until recently, to analyze and evaluate traffic safety at intersections have been classified into 2 categories as follows:

(1) Direct analysis and evaluation, this method using of the historical accident data. It is infeasible to apply this method for analyzing traffic safety where the historical accident data is unavailable like HCMC.

(2) Indirect analysis and evaluation, this method mainly focusing on using of the traffic conflict technique. This technique can be used as good surrogate method when the historical accident data is not available to analyze and evaluate traffic safety as well. Since lack of the historical accident data, using traffic conflict technique is to assess traffic safety performance at signalized intersections can be applicable in HCMC.

Traffic conflict technique was initially developed by Christer Hydén at the Lund University, Sweden in term of definitions and procedures for observing traffic conflicts at intersections. The patterns of traffic conflict corresponding with accident types was explored by Perkins and Harris (1968). Based on the action of road-user to resolve a conflict situation and involves making a sudden rapid deceleration, and/ or lane change are carried out by Spicer (1971) to define a serious conflict. Further study by Spicer (1972, 1973) has also determined the strong positive correlation between serious conflict and frequency of accident at difference junctions using traffic conflict technique. Based on speed from comparing the report of accident involving injury with observed serious conflicts at 50 intersections, Hydén (1975) examined a correlation between conflicts and these accidents.

One of the most important issue in traffic conflict technique is to observe and assess traffic conflict severity. Hence, there are a lot of researchers have been carried out many studies in different approaches, in various countries. Glauz (1980) carried out research in term of conflicts concerning providing standards definitions, data collection procedures, and application this technique to estimate the number of accident at an intersection. In 1985, Migletz indicated that traffic conflict technique can be used to predict traffic accident basing traffic conflicts. Archer (2005) demonstrated the application this TCT to assess and predict indicators for traffic safety. In 2008 (Wu, et al.) indicated that conflict severity concept can be used to evaluate traffic safety of Highway intersection.

Traffic conflict is "an observable situation in which two or more road users approach each other in space and time for such an extent that there is a risk of collision if their movement remain unchanged" (Amundson and Hyden, 1977).

In Summary, most of previous studies show that traffic conflict data can be determined by using TCT and used predicting traffic accident. It is obvious that TCT is one of the technique, which was used in many earlier study to evaluate traffic safety with car dominance. Nevertheless, there was few researches focusing on whether TCT can be applied in mixed traffic conditions or not in spite of many difference in term of the patterns of traffic accident, characteristic of traffic flow, and behavior of road-user comparison with car dominance. Moreover, most of previous research related to traffic conflict technique just base on conflict severity which was developed by Hyden for car dominance. Hence, in this study traffic conflict technique are developed to analyze traffic safety at signalized intersections under mixed traffic conditions. Especially, how to determine traffic conflict severity under mixed traffic conditions, which is significant issue of traffic conflict technique.

## 3. Data collection and analysis

### 3.1 Overview of HCMC

HCMC is one of the biggest economic center of Vietnam which contributing one third of the total GDP, and holding 25% production capacity of the country with land use accounted for 2093.7km2, in particular the urban area occupies 10% of total land, and being divided into three zones. City centre (zone 1) includes 13 urban districts - 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, Go Vap, Tan Binh, Tan Phu, Binh Thanh, and Phu Nhuan. Being the centre area of the whole city, there are many high rise buildings, shopping malls, big schools, major hospitals, etc. concentrated in this area. Newly developed areas (zone 2) include 6 newly developed districts - 2, 7, 9, 12, Binh Tan, and Thu Duc. Those districts were mostly established from rural districts in 1997. Urbanization rate in those districts is quite high as compared to the others. Located in places nearby the city centre, these districts have received huge investment in recent years to develop new residential areas. Besides, investments in infrastructure system have also been provided to support urban development. Rural areas (Zone 3) include 5 rural districts - Hoc Mon, Nha Be, Can Gio, Cu Chi and Binh Chanh. They are remote districts with low population density. Infrastructure systems in this area are still poor due to limited investment, Fig.1.

Table 1 showed clearly that there have been distinguish between three zones in term of demographic conditions, social-economic conditions, and infrastructure conditions.

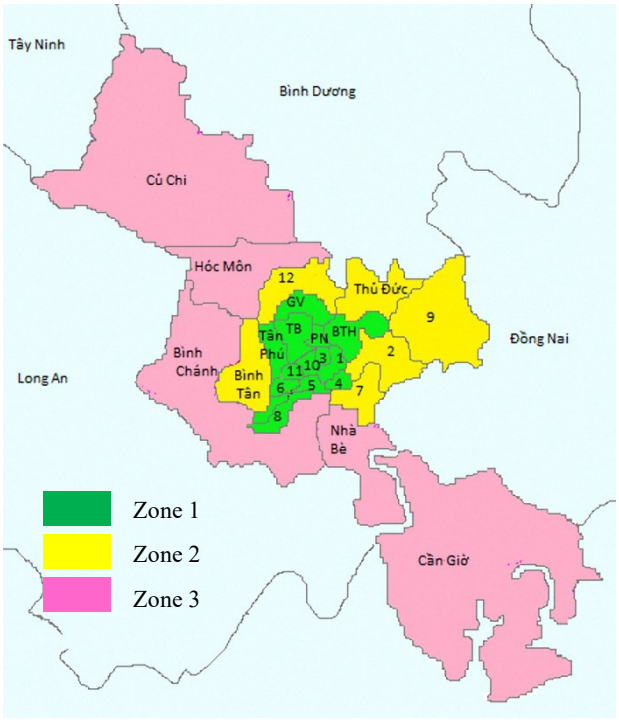



**Fig. 1** Classification zone in HCMC

**Table 1** Classification criteria for three zones

| No. | Items | Zone 1 | Zone 2 | Zone 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ***Population (million)*** | 3.90 | 2.16 | 1.34 |
| 2 | ***Area (km2)*** | 142.00 | 352.00 | 1602.00 |
| 3 | ***Road area (km2)*** | 8.18 | 8.48 | 14.83 |
| 4 | ***Road length (km)*** | 853.47 | 1017.47 | 2589.24 |
| 5 | ***Main road length (B≥7m)(km)*** | 592.42 | 542.71 | 300.60 |
| 6 | ***Main road area (B≥7m)(Km2)*** | 6.70 | 6.12 | 3.31 |
| 7 | ***Road area/ area (%)*** | 6% | 2% | 1% |
| 8 | ***Road width (B)*** | | | |
| 8.1 | *- B < 7m (%)* | 16.65 | 23.28 | 60.06 |
| 8.2 | *- 7m ≤ B < 10m (%)* | 54.70 | 34.49 | 10.81 |
| 8.3 | *- 10m ≤ B < 12m (%)* | 61.50 | 22.07 | 16.43 |
| 8.4 | *- B ≥ 12m (%)* | 56.89 | 29.68 | 13.43 |
| 9 | ***Type of road*** | | | |
| 9.1 | *- Urban road (%)* | 49.92% | 44.52% | 5.56% |
| 9.2 | *- National highway (%)* | 0.00% | 26.12% | 73.88% |
| 9.3 | *- Provincal road (%)* | 0.00% | 0.00% | 100% |
| 9.4 | *- District road (%)* | 0.00% | 0.00% | 100% |
| 9.5 | *- Ward road (%)* | 0.00% | 0.00% | 100% |
| 9.6 | *- Other(%)* | 0.00% | 96.96% | 3.04% |
| 10 | ***Signalized intersection*** | 479 | 159 | 104 |

**Data source**: DOT in HCMC, 2014

### 3.2 Data collection and analysis

Since the historical accident data in HCMC is not available for analysis in detail. Hence, this research has been carried out based on traffic conflict data, which are observed at 10 signalized intersections using video camera during August-November 2014, Fig.2. According to [9], most of traffic accident occur at signalized intersections at off-peak hour, accounted for 63% (Zone 1), 54% (Zone 2), and 38% (Zone 3). Thus, this study just focus on surveying of three period times in a day (9h00-10h30'; 14h00'-15h30'; 21h30-23h00).

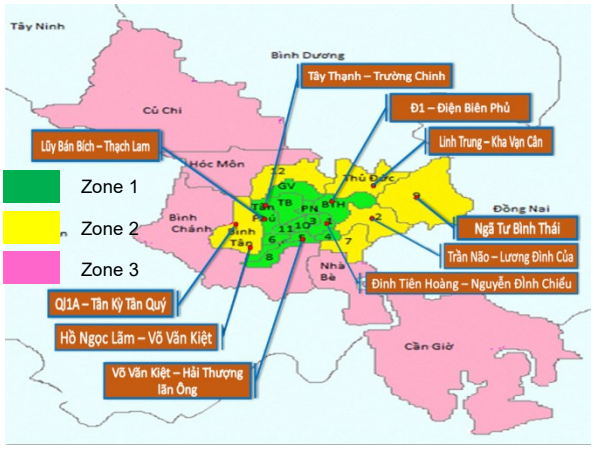



**Fig. 2** Signalized intersections distribution by zone

Hero 3+ black and Sony HD cameras with features video resolutions up to 4K (1080), 12MP (12MP) photos up to 30 (25) frames per second, respectively are the main equipment which are used to survey.

The difficulties in the traffic conflict technique is how to determine traffic conflict severity. Based on many researches, which are carried out in different countries, time to collision (TTC) is the most appropriate to clarify traffic conflict severity. Moreover, in this study, conflict speed (CS) is also significant indicator to clarify conflict severity. All of the conflicts were determined and estimated the conflict severity (common, serious) by observer's subjective judgments by using signal to clarify conflict severity in Table 2 and post-production video as well. TTC and CS of each type of conflict class (common, serious) is processed to determine the cut off value between them for each indicator (TTC, CS) by using method based on mathematical and statistical theory. The cut off value of each indicator is the significant value to distinguish conflicts severity.

TTC, CS value were determined for each conflict severity (common, serious) based on the processing framework for determination TTC, CS value, Fig.3, processing conflict simulation, Fig.4, and Speed Estimation from Video Data (SEV) tool, Fig.5 which was developed by Dr. Chu. This tool was built under projective theory in order to determine the coordinates, velocity, and acceleration of vehicles in the real by using video data based on four base points under minimal interval 1/30 second, Fig.5. In this research, SEV tool is applied to determine the coordinates of vehicles at prior evasive action point (D1), evasive action point (D2), and potential conflict point (D3) under time interval 0.25 second, Fig.4.

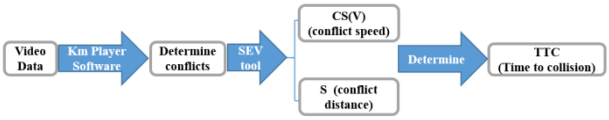



**Fig. 3** Processing for determination TTC, CS value




**Fig. 4** Conflict processing simulation

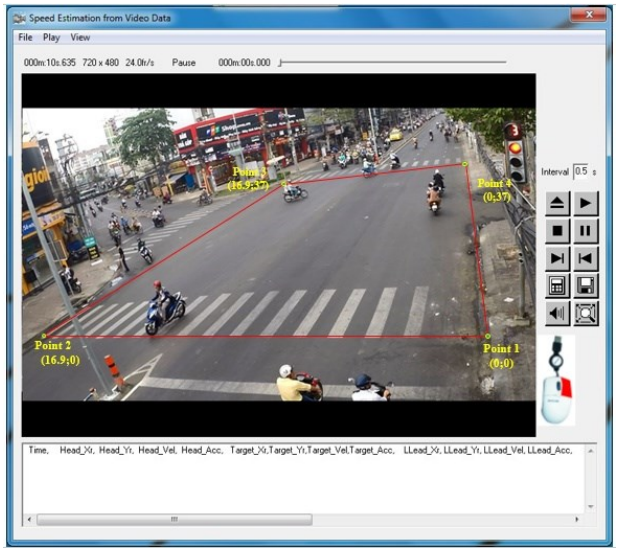



**Fig. 5** Speed Estimation from Video Data tool

TTC equals the ratio of conflict distance and conflict speed (Equation 1, 2).

Conflict distance is the distance between potential collision location (D3) and the vehicle

taking prior evasive actions (D2) denoting braking, weaving or deceleration, Fig.4.

Conflict speed for each conflict (common, serious) is computed based on the coordinates of vehicle at D1 and D2 location ($x_1$, $y_1$, $x_2$, $y_2$) and time interval (0.25s), Fig.4. It means that conflict speed denotes the original speed of vehicle taking prior evasive actions.

$$TTC=S/CS \quad (1)$$

$$S=\sqrt{(x_3-x_2)^2+(y_3-y_2)^2} \quad (2)$$

Where: $x_2$, $y_2$, $x_3$, $y_3$ are the coordinate of point D2, D3 in Fig.4, respectively.

Using this method, CS(V) and TTC value of each conflict severity (common, serious) can be calculated based on video observation. TTC and CS(V) value are divided into groups respectively to determine frequency and cumulative frequency. TTC and CS(V) value for 85% cumulative frequency are selected as the maximum value of common and serious conflicts. Since, the type of conflicts between motorcycle versus motorcycle account for nearly 84% of all the type of conflicts occurrence at signalized intersection and nearly 92% of those are serious conflicts. Moreover, this research have just focused on the conflicts which occur inside signalized intersections. Hence, the size of conflicts vehicle and some factors exclude in this results.

**Table 2** Signal to clarify conflict severity

| Conflict severity | Level | Description |
|---|---|---|
| Common (Slight) | 1 | Applied the brake or direction change to avoid collision but with ample time for manoeuvre or steady deceleration |
| Serious | 2 | Applied the brake or direction change to avoid collision with less time for manoeuvre than level 1 or requiring more complex actions |
| | 3 | Rapid deceleration or rapid acceleration, direction change or stopping to avoid collision resulting in a near-miss situation |
| | 4 | Emergency braking or violent swerve to avoid collision resulting in a very near-miss situation |

**Source**: Baguley, et al., 1982

## 4. Results

The results analysis showed that there are 2040 common conflicts and 1010 serious conflicts of the total 3050 traffic conflicts. TTC and CS(V) value for 85% cumulative frequency corresponding to conflict severity (common, serious) as follows

TTC, CS(V) value of common conflicts are determined lying in the range of 0.1s-1.9s; 2.0m/s-16m/s in which the maximum value of TTC, CS for 85% cumulative frequency are 1.108s; 9.086m/s, respectively. (Fig.6, Fig.7)

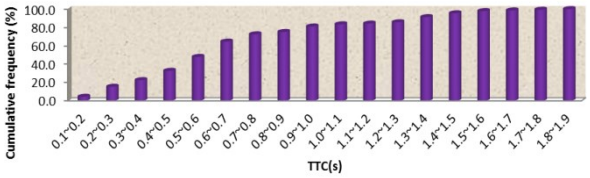



**Fig. 6** Cumulative frequency of TTC for common conflict

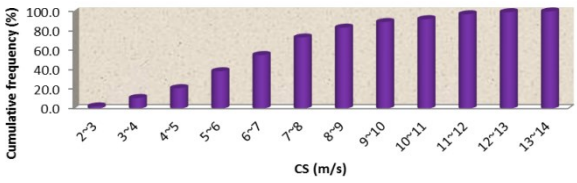



**Fig. 7** Cumulative frequency of CS(V) for common conflict

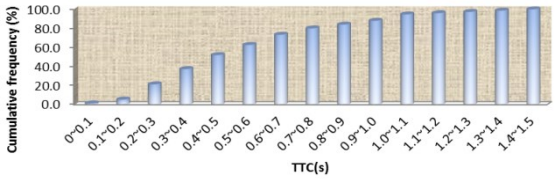



**Fig. 8** Cumulative frequency of TTC for serious conflict

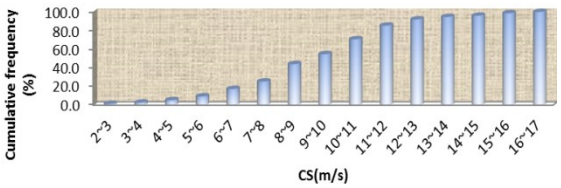



**Fig. 9** Cumulative frequency of CS(V) for serious conflict

While TTC, CS(V) value of serious conflicts are determined lying in the range of 0s – 1.5s; 11.82m/s, respectively in which the maximum value of TTC, CS(V) for 85% cumulative frequency are 0.822s; 11.82m/s, respectively. (Fig.8, Fig.9)

Then, all of the conflicts were distributed on graph to clarify conflict severity (non-serious, serious) which are developed by Hyden, Fig.10

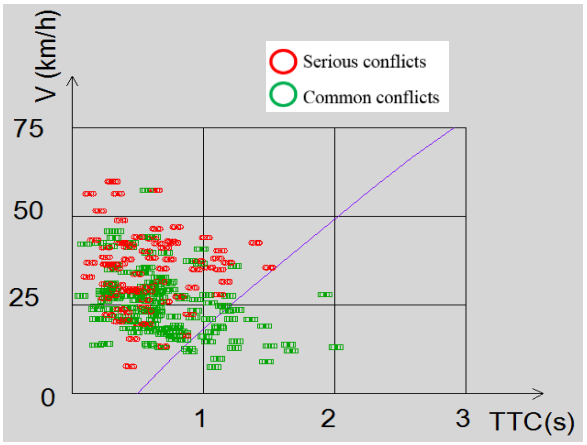



**Fig. 10** Conflict distribution by conflict severity

It's easy to recognize that most of conflicts (common, serious) are located on the left hand side of the curve on the graph. This illustrated that the result don't reflect real situation in the right way. It is obvious that this graph can not be applied to distinguish conflict severity (common, serious) under mixed traffic. Hence, TTC and CS value are used to determine conflict severity under mixed traffic, Fig.11

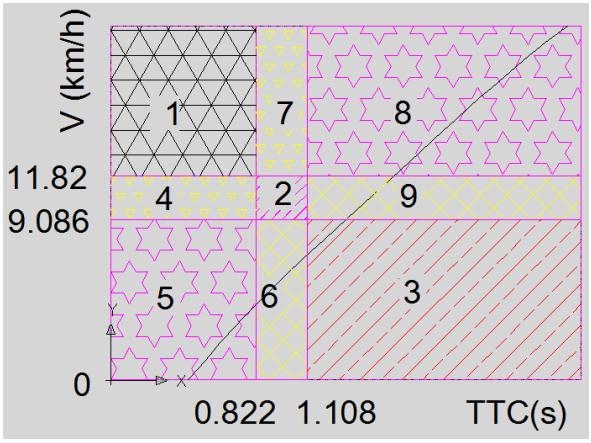



**Fig. 11** Clarification conflict severity

Based on the graph above, traffic conflict severity are categorized into six levels as follows,

(1) Zone 1: serious conflict
(2) Zone 2: common conflict
(3) Zone 3: Non- conflict
(4) Zone 4, 7: highest potential serious conflict
(5) Zone 5, 8: potential serious conflict
(6) Zone 6, 9: potential common conflict

## 5. Discussions

The research have developed traffic conflict technique in order to apply to analyze traffic safety performance at signalized intersection under mixed traffic conditions.

TTC and CS value (85%) for common conflict and serious conflict are also determined in this research.

This study indicate that the graph to clarify conflict severity was developed by Hyden can't apply under mixed traffic conditions.

This study also explore that TTC and CS are two significant indicators to determine traffic conflict severity. Serious conflict, common conflict, non-conflict, highest poteintial serious conflict, poteintial serious conflict, and poteintial common conflict are six zones to distinguish traffic conflict severity under mixed traffic conditions.

The result of this research is also initial meaningful science basic for the next study regarding whether TCT can be applied to analysis traffic safety performance at signalized intersections under mixed traffic conditions.

## References

[1]. Antonucci, N., et al., NCHRP Report 500: Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan. Volume 12: A Guide for Reducing Collisions at Signalized Intersections. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC, 2004.

[2]. Archer. J. Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in micro-simulation modelling: A study of urban and suburban intersections. Dotoral thesis, 2005.

[3]. Glauz, W.D. and Migeltz, D. J. Application of Traffic conflicts Analysis at intersections. Report No NCHRP 219, Transportation Research Board, Washington D.C., USA, 1980.

[4]. Migletz, D.J., Glauz, W.D. Relationship between Traffic conflicts and Accidents. Report No: FHWA/RD-84/042. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1985.

[5]. Spicer, B. R. A pilot study of traffic conflict at a rural dual carriagateway intersection. Crowthorne, Road Res. Lab./ Road user characteristics section, 1971.

[6]. Spicer, B. R. A traffic conflict study at an intersection on the andoversford by-pass. Crowthorne, Road Res. Lab./ Road user characteristics section, 1972.

[7]. Spicer, B. R. A study of traffic conflict at six intersections. Crowthorne, Road Res. Lab./ Road user characteristics section, 1973.

[8]. Tang, K. and H. Nakamura, Impacts of group-based signal control policy on driver behavior and intersection safety. IATSS research, 2008. 32(2): p. 81-94.

[9]. Tran Quang Vuong, Vu Anh Tuan: Analysis of traffic accident at signalized intersections. ASTRAN symposium, Bangkok, 2014.

[10]. Wu., et al,. Traffic safety Evaluation of Highway intersection with the use of conflict severity concept. International conference on Intelligent computation technology and automation, 2008.

# Characterizing Bus Passenger Demand along Epifanio de los Santos Avenue (EDSA), Metro Manila

Paper Identification number: **AYRF15-034**

Sean Johnlee TING[1], Kervin LUCAS[2], Raymund ABAD[3] Alexis M. FILLONE[4]

[1]Civil Engineering Department, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University, Manila, Philippines
Telephone 632-524-4611 loc 231
E-mail: sean_johnlee_ting@dlsu.edu.ph

[2] Civil Engineering Department, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University, Manila, Philippines
Telephone 632-524-4611 loc 231
E-mail: lucaskervin@gmail.com

[3] Civil Engineering Department, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University, Manila, Philippines
Telephone 632-524-4611 loc 231
E-mail: abadraymund@live.com

[4] Civil Engineering Department, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University, Manila, Philippines
Telephone 632-524-4611 loc 231
E-mail: alexis.fillone@dlsu.edu.ph

## Abstract

One of the busiest road corridors in the Metro Manila is the 24 km Epifanio Delos Santos Avenue (EDSA), serving an average daily traffic of approximately 330,000 vehicles, over 3700 of these are public utility buses. The demand for public transportation changed a lot due to urbanization and increased population while the supply side did not change for the last three decades. Understanding the bus passenger demand along EDSA and its tributaries can help in understanding travel patterns of commuters in Metro Manila. Public transport management and policy recommendations could then be introduced on how to improve bus service for efficient travel movement especially along EDSA. Data from about 6,000 bus passenger surveys randomly sampled along routes served by buses were analyzed in terms of boarding and alighting behavior of passengers along bus routes both occurring in the morning and afternoon, the location of delays along major stops and transfer stations, their access and egress behavior, as well as the socio-economic characteristics of the passengers were analyzed. Results show that the main trip purpose of those interviewed were to-home and to-work with majority of the passengers having an average monthly income of Php10,000-Php15,000. Bus passengers' ages with the highest proportion were at 21-30 years old, with an average travel cost and time of Php 26.00 and 57 minutes, respectively. Meanwhile, most of the bus commuters along EDSA walk during their access and egress to and from the bus stops with an average walking time of 8 minutes. Understanding the movement and characteristics of passengers would be useful in public transport planning especially in managing bus operations along EDSA. Recommendation include providing a dedicated bus or BRT lane along EDSA with some bus routes coming from the peripheries serve as feeder modes to the buses or BRT to fit the existing demand.

**Keywords:** EDSA, Bus, Demand

## 1. Introduction

A good bus system or a transit system can provide better mobility to commuters to reach places that they normally couldn't. In addition, it provides access to work areas and attraction centers that could promote development in the economy. Given the benefits that a better system can reduce congestion, determining the bus passenger demand characteristics can be vital in improving service for a bus system.

Epifanio de los Santos Avenue or EDSA is a 24 km stretch of road and is one of the busiest highways in Metro Manila. EDSA serves an average traffic of approximately 330000 vehicles (Vallarta, 2011) passing the area with around 3700 buses running along the stretch (LTFRB). The highway is also one of the most important stretches in Metro Manila as six out of the seventeen cities of the National Capital Region is accessible through EDSA. Both public and private vehicles traverse the area especially that it connects South Luzon Expressway to North Luzon Expressway.

Due to heavy congestion, numerous studies have already been done to improve the conditions in EDSA. Unfortunately, even with the help of both private and public organizations alike, these steps have not completely decongested the area or improve traffic conditions. For the past three decades, the bus service characteristics did not change. The bus routes and bus volume before were still the same in the present. Obviously, the demand has changed a lot mainly because of urbanization and increase in population. Therefore understanding first the characteristics of bus passenger demand is needed in order to recommend ways on how to improve the bus service for efficient travel along EDSA, and hopefully solve the big problem which is traffic congestion.

This paper focuses on characterizing the bus passenger demand located along EDSA. Surveysfor their boarding and alighting behavior, onboard pattern, information in access and egress, among others were analyzed. Knowing the characteristics of bus commuters, who the travelers are and their traveling patterns are needed for tailoring the bus system to be provided.

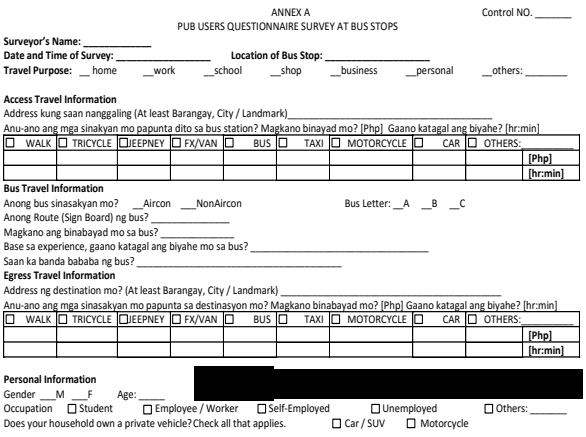
## 2. Literature review

In 1992, the American Public Transportation Association (APTA) first reported about transit users characteristics in the report "Americans in Transit: A Profile of Public Transit Passengers" (APTA Profile 1992). After 1992, there were several updated reports involving transit passenger characteristics in America – the Nationwide Personal Transportation Survey (NPTS 1995) and the National Household Travel Survey (NHTS, 2001). A joint effort by McCollom Management Consulting for APTA and the Federal Transit Administration (FTA) compiled two summaries of coordinated on-board transit vehicle passenger surveys using data from 58 surveys conducted from 1996 to 2003. In 2004, the U.S. Census Bureau published characteristics of commuters for work trips only in the American Community Survey (ACS, 2004). In 2007, the report A Profile of Public Transportation Passenger Demographics and Travel Characteristics Reported in On-Board Surveys by APTA updated the information on characteristics which also included the adding of data about demographic and travel characteristics not previously reported. This report was also the first to combine passenger data from large sample of uncoordinated on board surveys conducted by several transit agencies.

Ruehler and Pucher (2012) analyzed and compared the demand for public transport for both Germany and USA using the national travel surveys from 2001/2002 and 2008/2009 for both countries. He used logistic regression to study about the characteristics of public transit riders which include socio economic and land use variables of gender, age group, employment, car ownership, population, and population density. He concluded that Germans are five times as likely as Americans to make a trip by public transport.

## 3. Methodology

The data used in this paper was from about 6,000 bus questionnaire surveys that were gathered at several bus stops along EDSA, which was conducted in the year 2014. The characteristics that are included in the questionnaire survey are travel purpose, access travel information, bus travel information, egress travel information, gender, age, occupation, monthly income, and car ownership. In calculating the results for each characteristic, the data were tallied and processed in Microsoft Excel 2013. The analysis on the travel characteristics and behavior of about 6,000 respondents were also analyzed a statistical software. A sample questionnaire can be seen in Figure 1.



ANNEX A
PUB USERS QUESTIONNAIRE SURVEY AT BUS STOPS

Control NO. _____

**Surveyor's Name:** _____
**Date and Time of Survey:** _____ **Location of Bus Stop:** _____
**Travel Purpose:** __ home __work __school __shop __business __personal __others: _____

**Access Travel Information**
Address kung saan nanggaling (At least Barangay, City / Landmark)_____
Anu-ano ang mga sinakyan mo papunta dito sa bus station? Magkano binayad mo? [Php] Gaano katagal ang biyahe? [hr:min]

| ☐ WALK | ☐ TRICYCLE | ☐JEEPNEY | ☐ FX/VAN | ☐ BUS | ☐ TAXI | ☐ MOTORCYCLE | ☐ CAR | ☐ OTHERS: _____ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | [Php] |
| | | | | | | | | [hr:min] |

**Bus Travel Information**
Anong bus sinasakyan mo? __Aircon __NonAircon Bus Letter: __A __B __C
Anong Route (Sign Board) ng bus? _____
Magkano ang binabayad mo sa bus? _____
Base sa experience, gaano katagal ang biyahe mo sa bus? _____
Saan ka banda bababa ng bus? _____
**Egress Travel Information**
Address ng destination mo? (At least Barangay, City / Landmark) _____
Anu-ano ang mga sinasakyan mo papunta sa destinasyon mo? Magkano binabayad mo? [Php] Gaano katagal ang biyahe? [hr:min]

| ☐ WALK | ☐ TRICYCLE | ☐JEEPNEY | ☐ FX/VAN | ☐ BUS | ☐ TAXI | ☐ MOTORCYCLE | ☐ CAR | ☐ OTHERS: _____ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | [Php] |
| | | | | | | | | [hr:min] |

**Personal Information**
Gender ___M ___F Age: _____
Occupation ☐ Student ☐ Employee / Worker ☐ Self-Employed ☐ Unemployed ☐ Others: _____
Does your household own a private vehicle? Check all that applies. ☐ Car / SUV ☐ Motorcycle

**Fig. 1** Sample questionnaire survey

## 4. Results

This chapter discusses the results of the user questionnaire samples and shows the demographic characteristics of commuters travelling by bus along EDSA. Trip purpose, age, car ownership, household income among others was processed for analysis to gain understanding of commuter's behaviors.

### 4.1 Socio economic characteristics

Table 1 shows the socioeconomic characteristics of bus passengers clustered by type of bus (AC/NAC). Variables in the survey include gender, age, income, vehicle ownership, and occupation.

**Table 1**: Socioeconomic characteristics of bus passengers

| | Aircon (AC) | Non aircon (NAC) | All |
|---|---|---|---|
| No. of Samples | 3514 | 2405 | 5919 |
| Gender | | | |
| Male | 1868 | 1430 | 3298 |
| Female | 1646 | 975 | 2621 |
| Age Mean: | 30.67 | 31.88 | 31.17 |
| Stdev: | 10.49 | 11.14 | 10.77 |
| Income Mean: | 11,516.68 | 9,289.61 | 10,611.42 |
| Stdev: | 10,728.20 | 7,960.77 | 9,760.16 |
| Vehicle Ownership | | | |
| No private vehicle | 2948 | 2133 | 5081 |
| With private vehicle | 566 | 272 | 831 |
| Occupation | | | |
| Employed | 2537 | 1742 | 4279 |
| Not Employed (including students) | 977 | 663 | 1640 |

As shown in table 1, from about 6,000 samples obtained from the survey, there were more men surveyed than women overall. Now for air-conditioned bus riders, the number of male riders (1868 pax) is not too far from the number of women (1646) that also rides air-conditioned buses. Riders for non-air conditioned buses are another story as there are 975 female riders compare to the 1430 male riders. In terms of their age, mean and standard deviation for both air-conditioned and non-air conditioned buses are close in value with an overall standard deviation and mean of 10.77 and 31.17, respectively. For vehicle ownerships, 86% of these riders do not own any private vehicles so they are forced to ride public transport. Fourteen percent (14%) are choice riders and as such, there is a big chunk of captive riders. Looking at their occupations, it could be seen that 71% of the bus commuters are employed which includes professionals and those that are self-employed. Twenty nine percent (29%) are unemployed which includes students. It could be seen that the data is consistent as mean age is at 31 years old where majority are employed. Mean income is at P10,600

The 14% may have traveled by bus to avoid the hassle of driving in a congestion area. Because of this, it can be assumed that the other 86% are forced to ride the buses as they have no other means of transportation that benefits them maybe in fare, time, or comfort.

### 4.2 Travel characteristics

Table 2 shows the travel characteristics of bus passengers which are also clustered by type of bus (AC/NAC). The characteristics included are access, egress, bus, and total cost and time. Figure 2 shows the number of passengers using a particular access and egress mode. Figure 3 shows trip purpose of bus passengers along EDSA.

**Table 2**: Travel characteristics of bus passengers

| | Aircon | Non aircon | All |
|---|---|---|---|
| No. of Samples | 3514 | 2405 | 5919 |
| Access | | | |
| Cost (Php) mean: | 13.29 | 11.06 | 12.38 |
| Stdev: | 38.06 | 29.92 | 35 |
| Time (min) mean: | 21.03 | 20.81 | 20.94 |
| Stdev: | 38.25 | 29.62 | 35 |
| Egress | | | |
| Cost(Php) mean: | 8.13 | 7.20 | 7.75 |
| Stdev: | 33.23 | 21.07 | 28.92 |
| Time(min) mean: | 16.91 | 16.79 | 16.87 |
| Stdev: | 40.54 | 30.14 | 36.67 |

| | | Aircon | Non aircon | All |
|---|---|---|---|---|
| Bus | | | | |
| Cost (Php) | mean: | 25.87 | 24.79 | 25.43 |
| | Stdev: | 15.95 | 16.27 | 16.09 |
| Time(min) | mean: | 55.64 | 58.23 | 56.70 |
| | Stdev: | 39.35 | 42.59 | 40.73 |
| Dist_travel(km) | mean: | 10.86 | 7.16 | 9.72 |
| | Stdev: | 8.16 | 9.34 | 8.71 |
| Total | | | | |
| Cost (Php) | mean: | 47.29 | 43.05 | 45.57 |
| | Stdev: | 54.37 | 41.59 | 49.61 |
| Time (min) | mean: | 93.52 | 95.88 | 94.48 |
| | Stdev: | 70.87 | 63.16 | 67.83 |

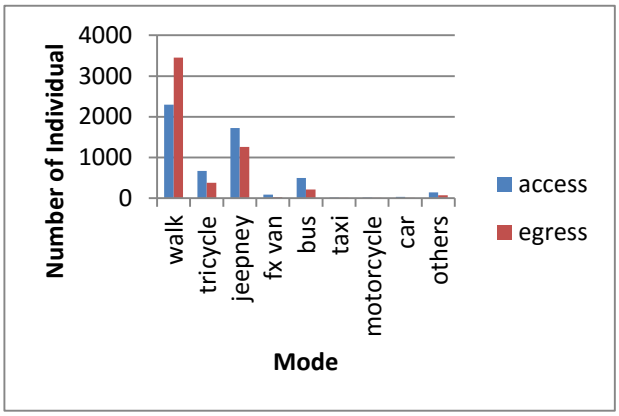



**Fig. 2** Number of passengers per access and egress mode

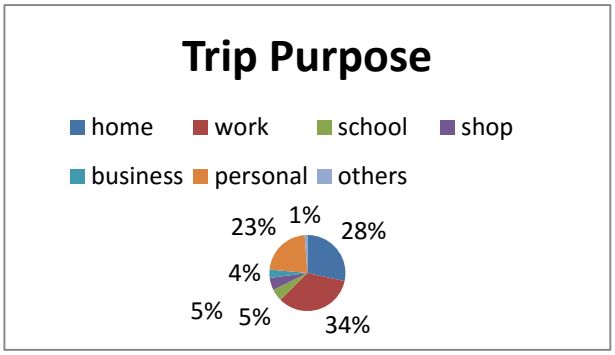



**Fig. 3** Trip purpose of bus passengers

From Figure 2, most of the commuter's main access mode is by walking or using the jeepney. Those that primarily walk to the ride the bus are people having their origin near EDSA. There are also passenger jeepneys that pass by the side streets that feed into EDSA which cater to commuters living far from EDSA. For the egress mode, people mainly walk towards their destination. This means that their working area is very close to EDSA or bus stops.

Looking at table 2, there is little difference across the means of access, egress, bus, and total cost and time in terms of air-conditioned and non-air-conditioned bus riders. But it could be seen the access cost is higher than egress cost (12.38 and 7.75, respectively). This is also true for the access and egress travel time where access travel time is 20.94 minutes while egress travel time is at 16.87 minutes. The air-conditioned bus cost is higher than of the non-air-conditioned bus because the fare of the former is really larger than the latter. Travel time is higher by few minutes for non-air-conditioned buses compared to air-condition buses. Air-conditioned buses are generally faster in travel time maybe because it is easier to fill up passengers in an air-conditioned setting so they can travel much faster.

Due to survey periods being at morning and afternoon peaks, 34% and 28% of the trip purposes are to work and to home respectively (Figure 3). From this, it can be said that the primary purpose of people traveling along EDSA is to work. This is consistent with the results from the age and occupation of the commuters. Many people also travel home especially after working hours.

### 4.3 Origin-Destination Matrix

It can be seen from figures 4 and 5 that the city with the most number of production and attraction trips is Quezon City. The reason for this is that Quezon City is the biggest city in Metro Manila in terms of both population and land area having 2.762 million people and 166.2 square kilometer land area. Makati, on the other hand, does not have as much population but it has also big number of productions and attractions. The reason for this is because Makati is mainly composed of office buildings, malls, and hotels, which attract many passengers to and from Makati. Figure 6 shows us that Caloocan City has the highest number of passengers that go to Quezon City because most bus routes along EDSA pass by Caloocan City. Figure 7 shows us that Mandaluyong City has the highest number of passengers that come from Quezon City also because of the fact that most bus routes along EDSA traverse Mandaluyong City.

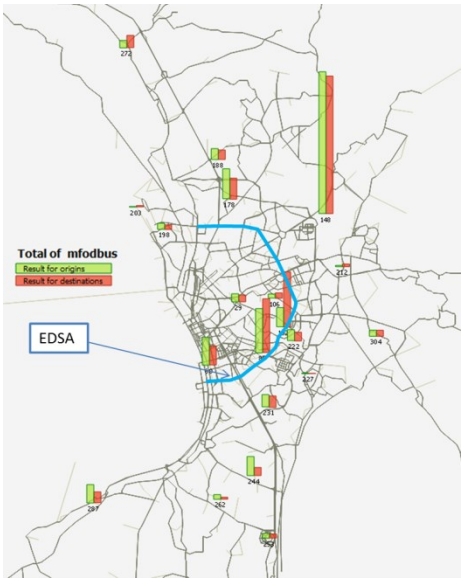



**Fig. 4** Origins and Destinations

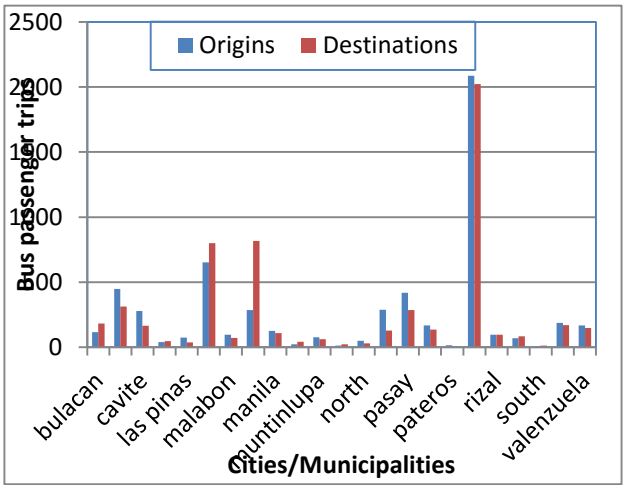



**Fig. 5** Bus passenger trips
(Origins and Destinations)

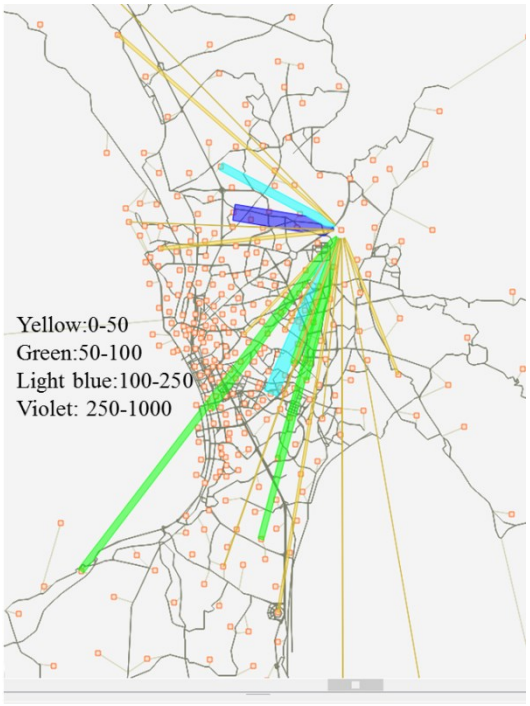



**Fig. 6** Desired lines going to Quezon City

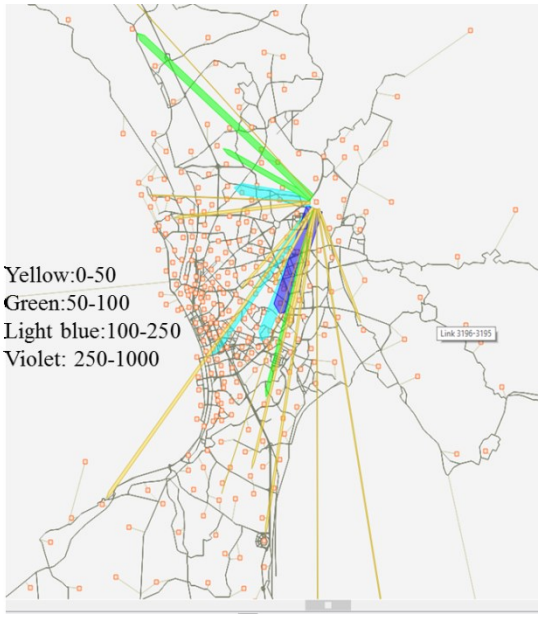



**Fig. 7** Desire lines coming from Quezon City

### 4.4 Boarding and alighting

From the initial 40 bus on board surveys, figures 8 and 9 shows the average embarking and disembarking at each bus stop along EDSA. By looking at figure 8 (northbound), the bus stop with the highest passenger embarking and disembarking is SM North EDSA and Shaw stop respectively. SM North EDSA has the highest embarking because the last station in MRT is SM North Edsa and mostly these passengers will go to the farther places such as Malabon, Caloocan, and Novaliches. On the other hand, figure 9 (southbound) shows that the stop having the highest embarking and disembarking are Ayala Avenue and Aurora Boulevard respectively. Ayala Avenue has the highest embarking because of the fact that the passengers are going to Alabang and many passengers disembark in Aurora Boulevard because there is a transfer station there going to the LRT.

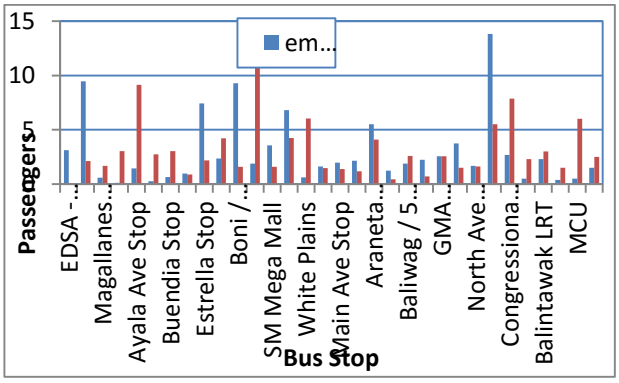



**Fig. 8** Mean boarding and alighting per bus stop (Northbound)

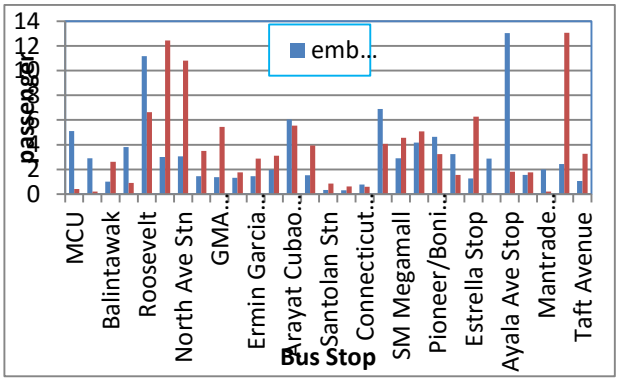



**Fig. 9** Mean boarding and alighting per bus stop (Southbound)

### 5. Conclusion

With the employment areas and attraction centers that are found along EDSA, it is no surprise that there is a huge demand for public transport. Although the MRT system is the primary mode catering to the huge demand, a considerable number of commuters still use the buses traversing EDSA. For one, those passengers that are coming from the peripheries need not to transfer to another mode when their destinations are along EDSA. Unfortunately, due to congestion, the current bus system may not be that optimal. Especially with no fixed bus stops, these buses could also be the cause of the congestion in EDSA.

Workers are primarily the one's that travel along EDSA in terms of bus ridership. It was found out that workers or employees primarily use public utility buses to reach their destination. The majority of workers are more of the young adults that range from 22 – 34 years of age though the older generation also contributes to the working class. It was also found that 86% of the riders do not own cars or motorcycle.

The top three cities with the most origin trips are Quezon City, Makati City, and Caloocan City respectively. On the other hand, the top three cities with the most destination trips are Quezon City, Mandaluyong City, and Makati City, respectively.

Recommendation include providing a dedicated bus or BRT lane along EDSA with some bus routes coming from the peripheries serve as feeder modes to the buses or BRT to fit the existing demand. In addition, fixed bus stops will be needed and must be strictly enforced to reduce bunching and congestion.

### References

1. BUEHLER, R., & PUCHER, J. (2012). Demand for Public Transport in Germany and the USA: An Analysis of Rider Characteristics. Transport Reviews, 28.
2. Neff, J. (2007). A Profile of Public Transportation Passenger Demographics and Travel Characteristics Reported in On-Board Surveys . Washington DC: American Public Transportation Association.
3. Vallarta, B. (2011) With 31 malls near EDSA, Christmas traffic crawls. GMA News. Retreived from:http://www.gmanetwork.com/news/story/241646/news/nation/with-31-malls-near-eds a-christmas-traffic-crawls
4. Land Transportation Franchising and Regulatory Board. Public Utility Bus EDSA Routes. Retrievedfrom:http://ltfrb.gov.ph/main/fareRates #sthash.h4JKEjl7.dpbs

# Traffic safety in two-lane expressway on mountainous area

## Case study: Mountainous area in the North of Viet Nam

Paper Identification number: **AYRF15-035**

HANG Thi Tran[1], TUNG Vu Thanh, HUYEN Thi Tran, LUYEN Thi Tran[4]
DANG Thi Kim Tran[5]

[1]Advanced Training Program k51
International Education Center, University of Transport and Communications
Telephone (+84) 978 273 881
E-mail: tranhangatp@gmail.com

[2]Advanced Training Program k51
International Education Center, University of Transport and Communications
Telephone (+84) 943 420 135
E-mail: vutungutc@gmail.com

[3]Graduate
National Economics University
Telephone (+84) 972 231 637
E-mail: keodanggt91@gmail.com

[4]Advanced Training Program k51
International Education Center, University of Transport and Communications
Telephone (+84) 988 705 428
E-mail: luyentran.atp@gmail.com

[5]Vice Head of Highway Engineering Faculty
University of Transport and Communications
E-mail: tranthikimdang@gmail.com

## Abstract

In recent years, the demand for transportation on mountainous areas of Vietnam tends to increase significantly. Due to the complexity of terrain, limited investment budget as well as low traffic volume at present, the authorities proposed applying the two-lane expressway. But the fact is that current expressway designing is only for expressway with more than 4 lanes. The present designs lead to some serious traffic safety issues in mountainous area because the geometric characteristic of this areas is complex extremely, causing serious accidents, lots of fatalities. For example, in 2014, from 123Km to 244Km of NoiBai–Lao Cai expressway, there were more than 70 accidents, 5 deaths, 67 injured and damages estimated to be a billion VNĐ. This paper will analyze of potential unsafety factors in the two-lane expressway on mountainous area by real data collection of NoiBai –Lao Cai expressway in Vietnam. These accidents are mainly due to the geometric design unreasonable as not ensuring the sight distance,insufficientthe radius of horizontal curve and the system of signs, markings to be inadequate safety for people and vehicles. The report also show several recommendations to minimize accidents and increase safety for drivers on two-lane expressway on mountainous area in Vietnam.

**Keywords:**traffic safety, mountainous area, accident, two-lane expressway.

# 1. Introduction

## 1.1 Overview

Transport system plays an important role for nation's economic development. Expressway network in Vietnam consist mainly roads having high traffic volume, connecting highway systems and other modes of transport in order to operation synchronization and efficient transport services in economic development. The Master Expressway Network Planning until 2020 will complete more 2,500 Km of expressway. However, to reduce initial construction cost of relatively low traffic demand segments at present, stage construction scheme is often adopted. Its mean that two-lane expressway are constructed at first and four-lane expressway are supposed to be constructed in the future.

Due to the complexity of terrainin the North of Vietnam, no current specifications in designing two-lane expressway as well as not a lot experience about designing expressway, the fact is that geometric design and traffic controls & management in the first longest expressway (NoiNai-Lao Cai Expressway) is unreasonable leads to some serious traffic safety issues through real dataobtained from Annual Report of Road Traffic Accidents published by the Committee of the National Traffic Safety. In particular, during a haft of operating year,NoiBai –Lao Cai expressway to 123Km from 244Km, there were more than 70 accidents, 5 deaths, 67 injured and damages estimated to be a billion VNĐ. Although the traffic accidents data occurred for both two-lane and four-lane expressway segments, It seems that two-lane segment has potential risks of unsafe significantly as I will prefer in more detail in this paper.

## 1.2 Research objectives and methodology

**- Research objective:**

Traffic safety on 2-lane expressway is an controversial issue being considered by the authorities in Vietnam. Through these data are about the design and the catastrophic accidents in the haft first year NB-LC expressway operating, The paper obtained and analyzed potential unsafety factors on this type of road. After that I also proposed some recommendations items of geometric design and traffic controls & management. It seems that this proposals are more appropriate and more suitable for the unconventional expressway. This will help to minimize accidents and increase safety for drivers and still meet the requirements of ensuring design standards and have high economic efficiency. These proposals will show detail in article 4.

**- Research methodology:**

+ Field investigation on NB-LC expressway.

+ Study documents and drawings of NB-LC expressway project provided by VEC and lectures of Highway Faculty-UTC.

+ Analyze unsafety factors caused fatal accidents on 2-lane expressway segment of NB-LC expressway through types of accidents.

# 2. Two-lane expressway in Vietnam

## 2.1 Terms and definition of 2-lane expressway

Conforming current Vietnam specification, a 2-lane expressway is an expressway with only one lane by each direction, and usually no center strip.

Classification:

- Class 100: $V_{tk}$=100 km/h, for delta area.
- Class 80: $V_{tk}$=80 km/h, for low hill area.
- Class 60: $V_{tk}$=60 km/h, only for hill and mountainous area.



**Fig. 1** The example of 2-lane expressway

## 2.2 Introduction of NoiBai- Lao Cai expressway (NB-LC expressway)

NoiBai-Lao Cai expressway is one of the first expressway project in Vietnam and creating regional connectivity between 6 countries corridor placed on Mekong Delta: Vietnam, Lao, Cambodia, Thailand, Myanmar and China. It not only help shorten the travel time from Ha Noi to Lao Cai from the current 7 hours to 3.5 hours but also to open up avenue for industrial development of the region and improve tourist attraction in Sa Pa district. The total length of NB-LC expressway is

244Km, divided two segment: Segment first is from NoiBai to Yen Bai province (123Km) with 4 lanes by each direction and the second segment is from Yen Bai to Lao Cai province (121Km) with 2 lanes by each direction. Based on 3415/QD-BGVT date 5/11/2007, 100km/h and 80km/h velocity is allowed speed in two segments, respectively. The segment from Ha Noi to Yen Bai has 6 lanes (02 motorized and 02 emergency lanes) with 100km/h allowed speed. The width of one lane is 3.75m and emergency lane width is 3m. The second segment is from Yen Bai to Lao Cai having 2 lanes divided by approximately 3m wide lane and has 2.5 m paved shoulders with 80km/h maximum speed. To separate opposite side, solid marking are used. About 8-10km has a transition section (1km of length) to enable vehicles pass through obstacles. In addition, about 2.5 Km is arranged broken markings staggered to vehicles pass the opposite direction.

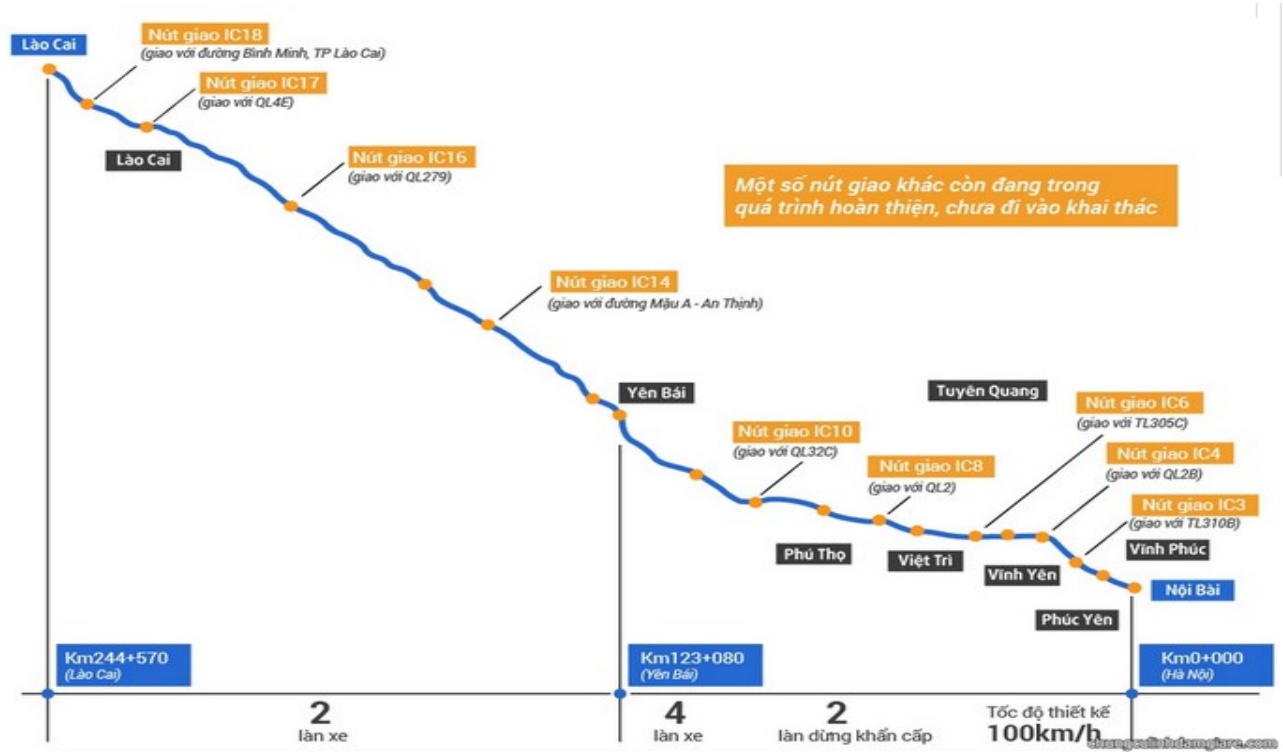



**Fig. 2** NoiBai– Lao Cai expressway

The table below illustrate summary of geometric design in NB-LC expressway:

**Table 1**The main technical factors

| Factors | Segment 1 | Segment 2 |
|---|---|---|
| Number of lane | 4 | 2 |
| Design Speed | 100 km/h | 80 km/h |
| Lane width (m) | 3.75 | 3.5 |
| Carriageway width (m) | 15.0 | 7.0 |
| Shoulder width (m) | 3.0 | 2.5 |
| Roadbed width (m) | 20.5 | 12.0 |
| Median strip width (m) | 1.5 | - |

Based on current specification for design expressway TCVN 5729-2008 and refer other nation's design, Ministry of Transport and Vietnam expressway corporation (VEC) make an effort to complete the project on schedule. However, during a haft of operating year, some serious accidents had occurred in case of face to face traffic on this expressway.

## 3. Potential risks of unsafety in NB-LC expressway

### 3.1 Geometric factors

a) *Sight distance (SD) has not been satisfied in some cases:*

Due to hard terrain, there are some sections where the required stopping sight distance has not been secured. It is noted that current Vietnam specification requires minimum SD follows design speed (of 80km/h) while it should be based on operation speed, estimated $V_{85}$, for example. SSD in this case is not sufficient, due to drivers still may overpassing due to center median is only road marking and causing collision in blind-spots.



**Fig. 3**A section with insufficient sight distance, but without warning signs

*b) Insufficient width of lane:*

2-lane expressway section has one lane with 3.5m width and separated two opposite directions only by marking. In case of overpassing, drivers can have to enter on opposite lane causes risk of crash to opposing vehicles. The risky potentiation is very high due to overpassing vehicle normally has high speed.



**Fig. 4** Overpassing and entering into opposite lane

c) *S sharp curves*

Some section covers S curves with small radius cutting through the hills, minimum length of transition curve and minimum curve radius follows design speed 80 km/h not operation speed can bring potential traffic accident when the drivers drive vehicles with higher speed. There have several unexpected collisions as vehicle crashes into the barrier or the abyss.



**Fig. 5** Car crashed into the barrier

### 3.2 Traffic safety system

Traffic safety system on2-lane section of NB-LC expressway wasarranged mainly follows specification for expresswaydesign - TCVN 5729-2012. It results some outstanding because the characteristics of 2-lane expressway.

*a) Center strip to be confusing for drivers:*

Instead of arrangement hard median strip between two opposite directions as ordinary expressway, road markings No.11 (according to 22TCN 237-01: Sign board on expressway and QCVN 41/2012/BGTVT: National technical

regulation on road signs and signals) has used on 2-lane segments of NB-LC expressway.

Broken marking permit driver pass obstacle and solid marking prohibit driver from overpassing other vehicle. About 2.5 Km is arranged broken markings staggered to vehicles pass by opposite lane. Obviously, they have to concentrate on driving and not be always looking down on the pavement. Therefore, driver often tends to overtake other vehicles if necessary. It can cause unpredictable accidents on expressway.



**Fig. 6** Roadmarkings No.11

- Warning system:

Warning system is not effective at transition between 4 lanes and 2 lanes sections. Traffic signals are not concerned a lot and invisible in the road accessing this position, especially during night. Thus, driver will have to anticipate behaviors very carefully before entering.

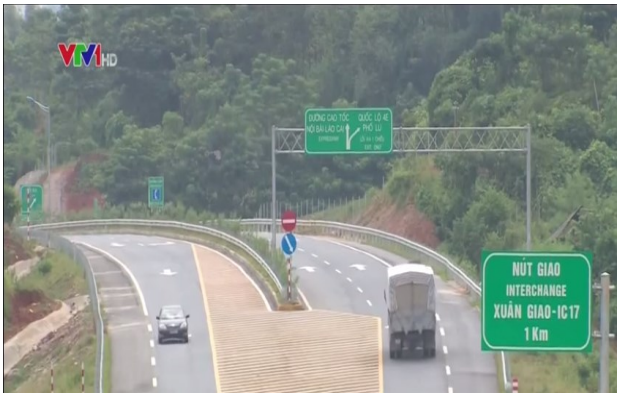



**Fig. 7** Sign and marking system

### 3.3 Human factors

As perception of people when drive vehicle into expressway, drivers tend to operate their vehicle with high velocity. In term of the disadvantage about geometric design on 2-lane expressway, exceeding allowable speed leads to potential collision and unsafety conditions for participants.

During a drive, many people have jaywalking behavior because 2-lane expressway is not much traffic volume in first periodic operating, resulting in fatal accidents.

Moreover, resident's awareness are low, they are still illegal acts causing unsafe conditions such as stealing bolts in barrier, grazing on the expressway.



**Fig. 8** Animal on the NB-LC expressway

## 4. Proposals to improve traffic safety

### 4.1 Transition section arrangement between 4-lane section and 2-lane section

After having witnessed the accident crashed to median strip, the authorities claimed that transition section should be arranged to avoid sudden changing about different in width of 4-lane segment and 2-lane segment.

Traffic sign and limited speed sign should be used very clearly at the beginning of the closing at intervals to remind drivers that they are on a two-lane HIGHWAY with opposing traffic and no median strip. Signals are made by day with signs and by night with flashlights. In particular, permissible speed limiton transition section and 2-lane section is only 80km/h instead of 100km/h for 4-lane section. Allowable speed depend on real conditions of each section even reduced to 60km/h if not ensure safety. Speed limit signs should be installed in necessary places. They must be put at

sufficient distance to driver can rely and give responses in time.

It should have to layout fixed separator to segregate opposite directions to avoid overpassing vehicle enter and conflict to opposing vehicles.

Length of transition sectionshould be calculated based on difference between width of 2-lane and 4-lane section. It should be enough for the driver to adapt to changes of geometric factors. The width of cross section at least is enough for a higher speed lane and lower speed/emergency lanes (still 4-lances in the fact) to be enable for vehicles overpassing if necessary or stop in case of emergency.

**Table 2** Table of cross section factors

| Factors | 4-lane section | Transition section | 2-lane section |
|---|---|---|---|
| Lane width (m) | 3.5x4 | (3.5+3.25)x2 | (3.5+3.25)x2 |
| Shoulder width (m) | 2.5x2 | 2.5x2 | 0.75x2 |
| Median strip width (m) | 0.5x2+0.5 | 0.5x2 + 0.5 | 0.5x2+0.5 |
| Roadbed width (m) | 20.05 | 20.0 | 16.0 |

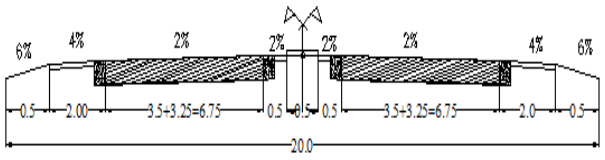



**Fig. 9** Cross section at transition section

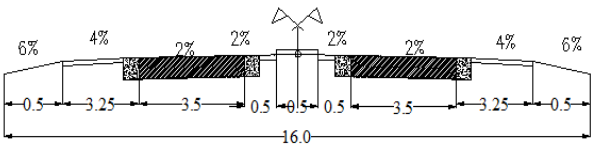



**Fig. 10** Cross section at 2-lane section

## 4.2 Passing lane arrangement

Driver will feel safer and more confident if there is a passing lane to overtake another slower vehicles.

"Percent time delay" is the percentage of their cumulative travel time that drivers on a particular roadway section spend following in platoons behind other vehicles. Thus, percent time delay tends to increase when passing demand along a section of road exceeds passing supply, and tends to decrease when passing supply exceeds passing demand.

Based on "percent time delay" of vehicle running on road, the authorities give the optimum distance between each passing lane to reduce maximum percentage of time delay and construction cost. When going on passing lane, slower vehicle have to actively drive on passing lane to other vehicle enable overtake them.

Center barrier should be used on 2-lane expressway. Driver can easily recognize the position overtaking if signs and signals are visible and put far at least 100m. Permissible speed limit on passing lane is 50km/h and maximum speed is 80km/h.

**Table 4** Interval and length of passing lane

| ADT (vehicle/day) | | Length of passing lane (Km) | Distance between each passing lane (Km) |
|---|---|---|---|
| Delta area | Hilly area | | |
| $\leq$ 2,800 | $\leq$ 2,350 | 1.3 ÷ 1.8 | 6.5 ÷ 8.0 |
| $\leq$ 3,150 | $\leq$ 2,650 | 2.0 ÷ 2.4 | 6.0 ÷ 7.2 |
| $\geq$ 3,550 | $\geq$ 3,000 | 2.4 ÷ 3.2 | 5.6 ÷ 6.4 |

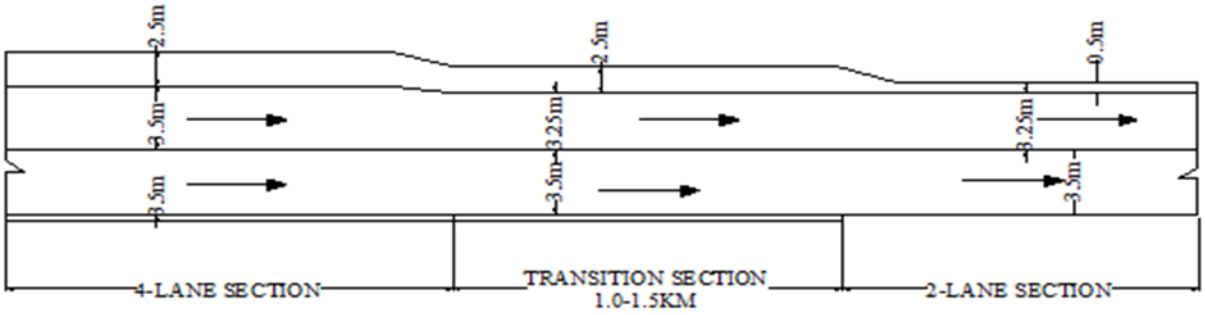



**Fig. 11** Plan view with transition section

**Table 5** Table of cross section factors

| Factors | Passing lane | No Passing lane |
|---|---|---|
| Lane width (m) | 3.5x2+3.25x2 | 3.5x2 |
| Shoulder width (m) | 2.5x2 | 2.5x2 |
| Median strip width(m) | 0.5x2+0.5 | 0.5x2+0.5 |
| Width of roadbed (m) | 20.00 | 13.50 |

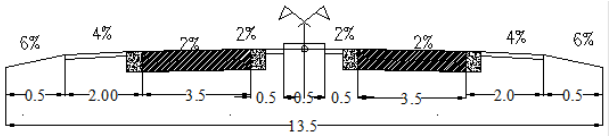



**Fig. 12** Cross section without passing lane

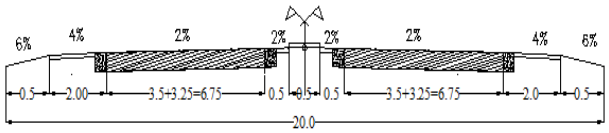



**Fig. 13** Cross section with passing lane

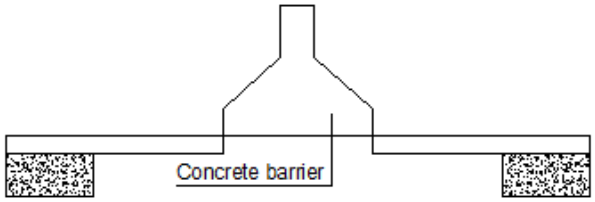



**Fig. 14** Concrete barrier

### 4.3 Indoctrination and raising awareness of people

Government have to actively indoctrination and education to raise people's awareness as people drive on 2-lane expressway. Participants have to be aware that two- lane expressway is not "true" expressway to have behaviors the same with ordinary Highway. Hence, they absolutely obey traffic regulations for traffic safety when they drive on these expressway.

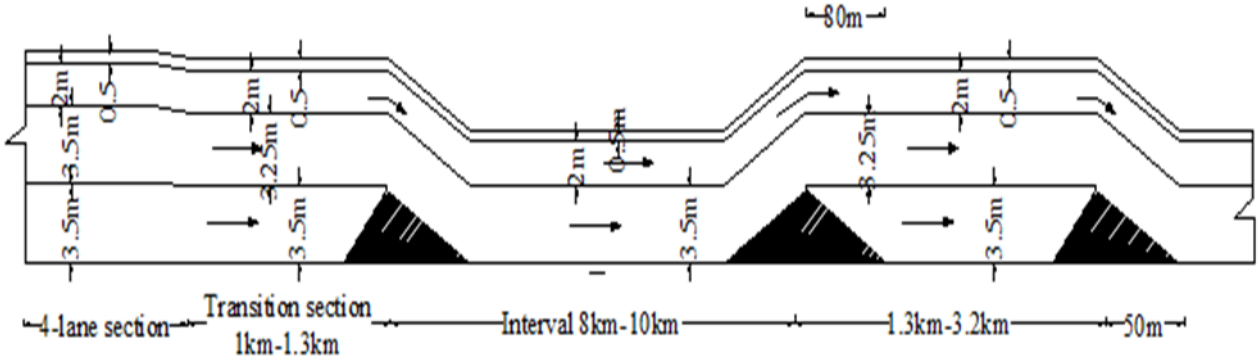



**Fig. 15** Plan view with passing lane

## 5. Conclusion

For design expressway on mountainous area in the North of Vietnam, structural standards of two-lane expressway which could be constructed and applied for the complexity of terrain, low traffic volume as well as less cost than full 4-lane expressway have been also stipulated. In initial phrase, not only the cost but also the safety and serviceability are taken into account. In long term, when traffic volume increase, this kind of expressway would show aplenty of disadvantage as mentioned above. It is strongly suggested for the authorities to make a long term plan investment. More particularly, they should calculate and prepare for expanded expressway plan in the future.

However, to ensure traffic safety as drive on 2-lane expressway, the specialist have to study reasonable design solutions in term of geometric as traffic control & management. Particularly, transition section and passing lane will must arranged on 2-lane section to secure safety for people. Besides, it should be emphasized to sign and marking system corresponding these solutions.

Raising awareness of participants is often carried out by government through indoctrinations and trainings for people. People will understand clearly that the driving on expressway is not as the same as normal expressway to reasonable driving maneuver.

In addition, the charge management at toll gate: The fee on 2 –lane expressway should be lower than 4 lanes expressway more in order to participant's satisfy because they are driving on a normal highway not expressway. Therefore, It is clear that the conventional 2-lane expressway may be called divided highway.

## 6. Acknowledgement

I express my profound and cordial gratitude to offer thanks to Prof. Dang Thi Kim Tran who had supported me to complete this paper.

Grateful acknowledgement is due to Dr.TrinhDinhToan and all lectures of Highway Faculty-UTC for providing documents, constructive comments for completion of this paper.

Special and grateful acknowledgement goes to my parents and all classmates who encourage me to perform this research.

## References

[1] Ministry of Transport. (2008) *Expressway of Designing specification – TCVN 5729-2008,* Vietnam.

[2] Ministry of Transport. (2001) *Sign board on expressway – 22TCN 237-01,* Vietnam.

[3] Ministry of Transport. (2012) *National technical regulation about signs and signals on road – QCVN 41/2012/BGTVT,* Vietnam

[4] Federal Highway Administration. (2009) *Manual on uniform traffic control devices for streets and highways,*USA.

[5] Dr. Trinh DinhToan. (2014) *Article about method to determine the permissible speed limit for expressway in general, for NoiBai – Lao Cai expressway project in particular*, Hanoi.

[6] Dr. Trinh DinhToan.(2014) *Article about initial assessment on some geometrical parameters in technical design of NoiBai –Lao Cai expressway project,* Hanoi.

[7] Lamm, R., Psarianos, B., and Maileander, T.(1999) *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*, New York, USA.

[8] Internet source: http://antoangiaothong.gov.vn/

# Logit Choice Models for the Western Visayas Region, Philippines

Paper Identification number: **AYRF15-036**

Nicanor R. ROXAS, Jr.[1], Alexis M. FILLONE[2]

[1]Civil Engineering Department, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University, Manila, Philippines
Telephone 632-524-4611 loc 231
E-mail: gmesh_ph@yahoo.com

[2]Civil Engineering Department, Gokongwei College of Engineering
De La Salle University, Manila, Philippines
Telephone 632-524-4611 loc 231
E-mail: alexis.fillone@dlsu.edu.ph

## Abstract

The Western Visayas region is located at the central part of the Philippine archipelago. It is comprised of three main islands separated by bodies of water. Located in two of these islands are the cities of Iloilo and Bacolod, which are among the major economic centers of the Visayas. Because of its geographic orientation, an inter-island bridge project is being proposed. The Panay-Guimaras-Negros inter-island bridge project aims to improve accessibility and foster economic growth in the region. Because of this enormous and capital-intensive proposal, a study addressing the passenger behavior on mode choice is needed since researches involving inter-island water transport are scarce in the country. Currently, there are four main water transport alternatives between Panay and Negros islands. In this study, multinomial and mixed logit models were estimated to determine the significant factors affecting mode choice and compare the results from the two types of models. In this study, survey questionnaires were administered in the three main ports of Dumangas, Muelle Loney, and San Lorenzo. A total of 1,813 samples were used in this study. The multinomial logit model has shown that travel time, travel cost, square of the travel cost, and trip purpose affect mode choice. Moreover, the mixed logit model has shown that preference heterogeneity exists around the mean parameter estimate of travel time. It has also been determined that gender, age, and income class are the possible sources of the heterogeneity. Revealing such information enables planners to more accurately estimate the figures presented in the cost-benefit analyses of project proposals. Thus, decision makers are given better statistics for the evaluation of proposals.

**Keywords:** Multinomial Logit, Mixed Logit, Inter-island Transport, Mode Choice

## 1. General Introduction

The Philippines, being an archipelago, needs a seamless transportation network to achieve a *unified well-integrated economy* where goods and services are transported efficiently[1]. The Western Visayas region is located at the central part of the Philippine archipelago. It consists of three main land masses where the provinces of Aklan, Antique, Capiz, and Iloilo are in the island of Panay, Guimaras in Guimaras Island, and Negros Occidental in the island of Negros are located, as shown in Fig. 1. In two of the three main islands are located the main centers of the region, Iloilo City and Bacolod City. The region is also a tourist destination with the world-famous Boracay beach, Guimaras island home of the sweetest mangoes, and cultural festivals like *Dinagyang* in Iloilo, *Ati-atihan* in Kalibo, and *Maskara* in Bacolod. The Western Visayas region has a significant contribution to the gross domestic product (GDP) and along with its increasing growth rates in the past years; it may significantly help in strengthening the nation's economy. Because of the region's geographic orientation, an efficient inter-island transport system is necessary to foster further economic growth since accessibility is a determining factor. This study focuses on the existing inter-island passenger transportation in the Western Visayas Region to shed light on an overlooked topic in transportation. Despite the

need for transportation studies focusing on the less developed regions of the country, much of the attention is on urban areas.

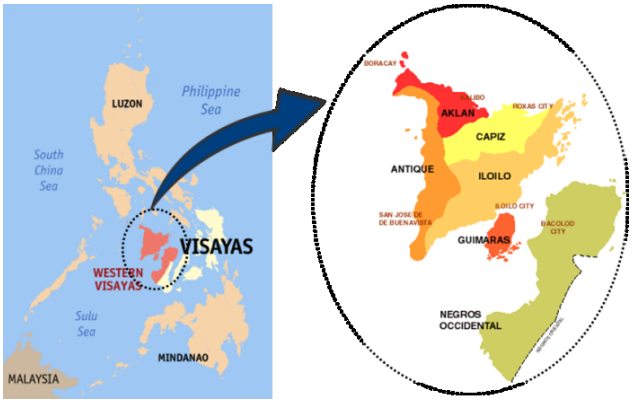



**Fig. 1** Map of Western Visayas (Region VI)

This study aims to formulate multinomial (MNL) and mixed logit models (ML) which will look into the factors that significantly affect mode choice for the inter-island passenger transport in the Western Visayas region. The MNL modelling results will be compared with the ML results for validation. This is done in order to take advantage of the more flexible modelling capabilities of the ML model.

This paper is organized as follows. First, a review of literature is presented to describe the landscape of logit choice modeling. Next, the methodology for the multinomial and mixed logit models is explained followed by the results and discussions. Finally, conclusions are made supplemented with recommendations.

## 2. Review of Related Literature

The multinomial logit model is the simplest, most practical, and most popular discrete choice model available[2]. It adheres to the utility maximization theory[3]. The simplicity of the MNL model comes with a limitation. MNL models assume that the error terms are independent and identically Gumbel-distributed (IID Gumbel) which is its most restrictive assumption. It requires the random terms of the utilities to be homoscedastic [4]. Another important assumption of the multinomial logit model is the independence from irrelevant alternatives (IIA) property. This property implies that the ratio of the probabilities for choosing between two alternatives is independent of the addition of a new alternative or changing the attributes of the other alternatives [5]. Violating this property may lead to invalid estimators thus, incorrectly predicting the probabilities of choosing the alternatives[4].

MNL choice models have three main limitations and ML solves them all. Mixed logit permits *random taste variation, unrestricted substitution patterns, and correlation in unobserved factors over time*[6]. It can tackle circumstances wherein respondents in the sampled population who have the same socio-economic characteristics would choose differently. The technique can also check for the presence of taste variation in the observations[7]. Mixed logit has long been developed. However, it only became invaluable with the introduction and utilization of simulation through the use of computers. It is the most advanced discrete choice method available to transportation planners today. The method is developed by Geweke and improved by McFadden *et al.*[8]. It introduces random terms specified in the indirect utility in order to accommodate random taste variations present in the observed sample, which is not a feature of the ordinary MNL model[7]. It is said that ML model may approximate any choice probabilities of any discrete choice model that is based on random utility maximization[9].

Heterogeneity in transportation demand among the population is taken into account by the disaggregate nature of discrete choice models. To be able to best capture heterogeneity, the analyst may either estimate separate models by dividing the population into several segments with sufficient sample size or estimate random parameters, which is the realm of mixed logit modelling[10]. Mixed logit models may accommodate correlated and heteroskedastic alternatives and random taste variations in the data. Such type of models may also increase the explanatory power and modelling accuracy of the specification[11,12]. It is further stated that mixed logit models may avoid problems in estimation that yield illogical parameter signs[13]. However, more complex models do not guarantee a better fit[14]. High quality data is needed despite the advances in modelling techniques[15]. This is especially true for mixed logit modelling in order to take advantage of its modelling capabilities[16].

There is an abundance of literature that deals with transportation, in general. However, most of them focus on urban land transportation and only a few deals directly with water transportation. The current study focuses on water transport, specifically, the inter-island transport between Panay and Negros. Island regions just like

the Region VI have seldom been the focus of transportation studies. Levy and Panou looked into the factors that affect the trips to the mainland and mentioned that small islands often lack adequate infrastructure resulting in poor transport services in the area[17]. Islands are also often confronted with several problems such as economic sustainability, social isolation, and external dependence[18]. The islands are connected to the main island via their lifeline, ferry services, providing access to work, business, and other social needs.

The area of Nonthaburi and downtown Bangkok in Thailand utilizes water transportation. The water transportation in this area is purely urban water transportation along a river. Park and Nam looked into this area in order to propose strategies to increase the usage of water transport[19]. They used multinomial and nested logit models and their results show that commuters were sensitive to in-vehicle travel time than any other attribute. They recommended restructuring of fares, increasing frequency of ferry service, and improving the access and egress modes to enhance ferry ridership in the area. Bahrain is another archipelagic country similar to the Philippines. It is located in the Arabian Gulf and consists of 36 islands. Aljarad and Black noted that Bahrain is accessible via sea and air from Saudi Arabia[20]. Despite the low capacity and high cost of air transport, travelling by air was the primary mode of entry. Bahrain is also serviced by water transport. They stated that water transport in the region is inadequate due to low capacity and speed, poor facilities, and unreliable service. Ferries in this region have capacities of only 40 to 60 persons with a travel time of 3 to 6 hours depending on weather condition. They sailed twice a day with a sail-when-full policy. In 1986, a causeway 25 km long was opened to cater to motor vehicles between Saudi Arabia and Bahrain. In their study, the researchers developed two intercity MNL choice models for non-business trips from Riyadh and the Eastern province to Bahrain and noted that there were different sets of factors affecting commuters from Riyadh and the Eastern province.

A study in the Outer Hebrides utilized a mixed logit model[21]. The ferry services in the area serve as a lifeline to remote islands. Access to work, business, and other social needs are provided by these boats. This study utilized stated preference data in order to determine how commuters value the different service qualities of a ferry system such as the journey time, trip frequency, length of the operating day, location of ports, reliability, and comfort. A total of 193 samples were collected. Results from their analyses show that reducing headway and increasing the operating day are desired by the commuters.

The studies presented deal with water transport. Various models were used to achieve the different objectives of their respective studies. This research will formulate mixed logit choice models for inter-island passenger transport for Panay and Negros Occidental. This technique is employed in order to check whether preference heterogeneity exists around the mean of a randomly specified parameter and check for its possible sources.

## 3. Methodology

Utilities can be divided into two parts, the systematic or observable component ($V$) and the disturbance or random component[2, 22, 23]. In specifying the systematic part, the linear combination of the estimated parameters and the attributes of the alternatives are taken. The error terms are assumed to be independent and identically Gumbel distributed where the choice probability is specified as

$$\boldsymbol{P_n(i)} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}} \quad (1)$$

where,
$C_n$ – choice set of respondent, $n$,
$V_{in}$ – systematic component of utility of the chosen alternative, $i$, and
$V_{jn}$ – systematic component of utility of the feasible choices, $j$.

Mixed logit is reviewed concisely as follows[4, 24]. It is assumed that a respondent ($n = 1, \ldots, N$) in the sample is confronted with a choice of $J$ alternatives in each of $T$ choice situations. These utilities are expressed in the following form.

$$\boldsymbol{U_{jtn}} = \sum_{k=1}^{K} \boldsymbol{\beta_{nk} x_{jtnk}} + \boldsymbol{\varepsilon_{jtn}} = \boldsymbol{\beta'_n x_{jtn}} + \boldsymbol{\varepsilon_{jtn}} \quad (2)$$

where $x_{jtn}$ is the vector of explanatory variables considered by the modeler and the IID assumption is imposed on $\varepsilon_{jtn}$ across respondents, alternatives, and choice situations. A *stochastic* term is added to $\beta_n$ that may be *heteroskedastic* and *correlated across alternatives* in order to overcome this restrictive assumption such that,

$$\boldsymbol{\beta_{nk} = \beta_k + \delta'_k z_n + \eta_{nk}} \quad (3)$$

where $\eta_{nk}$ is an additional random term which may vary across choices and respondents. Furthermore, $\eta_{nk}$ may assume various distributions such as normal, lognormal, uniform, or triangular. For any value of $\eta_n$, the conditional probability of choosing $j$ is given as

$$\boldsymbol{L_{jn}(\beta_n|X_n, \eta_n) = exp(\beta'_n x_{jn})/\sum_j exp(\beta'_n x_{jn})} \quad (4)$$

This is very much like the MNL except that the additional information in $\eta_n$ of each respondent is included. The expected value of this probability across all possible values of $\beta_n$ gives the unconditional choice probability with the following form.

$$\boldsymbol{P_{jn}(X_n, z_n, \Omega) = \int_{\beta_n} L_{jn}(\beta_n|X_n, \eta_n)\, f(\eta_n|z_n, \Omega) d\eta_n} \quad (5)$$

The integral in the right-hand side of this expression may not yield an exact solution and is approximated by simulation. This expression is the ML model which does not exhibit the IIA property. This problem is addressed by the fact that each $\beta_n$ is treated as a random parameter which varies across observations[25]. The standard deviation of $\beta_n$ allows for heterogeneity in the sample. This same effect may also be accomplished through proper data segmentation which is problematic.

For this research, revealed preference (RP) survey questionnaire were administered from February to July 2014 in the port terminals of Iloilo province that are located in Iloilo City (fast craft) and in the municipality of Dumangas (RORO), as well as the wharf in San Lorenzo, Guimaras as seen in Fig. 2. The questionnaires were shown to the respondents and the surveyors were the ones who filled up the information. The socio-demographic characteristics of the respondents were gathered. Information such as the income, social status, number of cars, among others is compiled through the survey instrument. The trip characteristics, modal attributes, and the preferred transport mode of the respondents were noted as well. The total travel time and total travel cost were derived from the access, main, and egress components. This was done in order to check whether a particular part of the trip was given more importance than the others. Finally, the origin, destination, travel purpose, and associated components of travel time and costs for each of the water transport alternatives were gathered.

## 4. Study Area

There are several ways by which one can travel around the Western Visayas region, specifically, between the islands of Panay and Negros as shown in Fig. 2. Because of its geographic orientation, inter-island transportation is needed in order to travel from one part of the region to another.

Roll-on/Roll-off (RORO) services and fast craft ferry operations provide direct link from Panay Island to Negros and vice versa. RORO services between Iloilo and Bacolod (Route A) are available every two to three hours, day and night. The Panay port is located in the town of Dumangas, about 29 km north of Iloilo City. There are also fast craft ferry operations (Route B) between Iloilo City and Bacolod City as seen in Fig. 2. The ferries are operated by three shipping companies. These three companies combined are responsible for providing 20 trips per day per direction from 6:00AM until 6:30PM.




Source: Google Maps

**Fig. 2** Map of Western Visayas (Region VI)

Another option in going from Iloilo to Bacolod is to pass through the island of Guimaras where pump boats generally leave the wharf every 15 minutes. There are two ways to traverse the island of Guimaras from Iloilo. One way is to go via the Buenavista route (Route C) and the other one is through Jordan (Route D) as seen in Fig. 2. Both of these routes converge in San Lorenzo where two daily pump boat trips take the passengers from San Lorenzo, Guimaras to Pulupandan in Negros Occidental. Pulupandan is approximately 29 km south of Bacolod City. For purpose of this study, the two routes traversing

Guimaras are merged into one. This is due to the small number of passengers passing through Guimaras. Also, the travel time through Guimaras of these routes are almost identical.

Inter-island passenger travel alternatives from Iloilo to Bacolod are shown in Table 1. The values indicated in the table were collected from the different boat terminals through interviews of terminal staff members. This study is limited only to the mentioned direction of travel. It can be seen that the fast craft ferry in Iloilo City serves more passengers on a daily basis due to its larger passenger capacity and slightly more frequent trips than the RORO. The fast craft ferry is also faster compared to the RORO but the fare for the fast craft ferry is almost four times more expensive than that of the RORO which docks in Dumangas. However, the cheap RORO fare may be offset by the longer access time and larger access cost because of its port location, which is approximately29 km north of the city.

**Table 1** Iloilo - Negros Occidental inter-island main travel options

| Transport Mode | Average Pax per trip | Average Trips per day per direction | Average Travel Time [*Hour*] | Travel Fare [*PHP/ pax*] | Modal Share |
|---|---|---|---|---|---|
| RORO (Roll-on Roll-off) [Route A] | 95 | 19 | 2.25 | 80 | 28% |
| Fast craft Ferry [Route B] | 195 | 20 | 1.5 | 335 | 70% |
| Pump Boat [Route C/D] | 33 | 2 | 4.5 | 135 | 2% |

The average travel time for RORO and fast craft ferry, as seen in Table 1, only includes sailing time. These were obtained through interviews and actual survey. As for the two pump boats via Guimaras alternatives, the average travel time includes the sailing time from Iloilo City to Guimaras Island, land travel, and sailing time from San Lorenzo to Pulupandan. Note that the travel times for these two alternatives are almost identical and the values were obtained through surveys. The access and egress times and costs of these ports were obtained through the administered survey questionnaires.

## 5. Results and Discussion

A total of 1,813 observations, with an initial target of 1000, were used in this study where 37% used the RORO, 59% used the fast craft, and 4% used the pump boats. The number of questionnaires distributed to the different passenger terminals was proportioned to the actual modal shares while the respondents in each of the terminals were chosen at random. These values may be compared with the actual modal shares in Table 1. This study limits the case where the direction of travel of respondents is from Panay Island going to Negros Island. Table 2 illustrates the percentage distribution of trip purposes according to the inter-island travel options of the respondents. It can be verified that most of the trips are either to take vacations or to go home.

**Table 2** Percentage Distribution of Trip Purpose According to Travel Mode

| | RORO | Fast craft | Pumpboats via Guimaras | Overall |
|---|---|---|---|---|
| Work | 8.33 | 15.33 | 2.56 | 12.19 |
| Vacation/leisure | 50.00 | 24.18 | 34.62 | 34.20 |
| School | 2.38 | 3.57 | 1.28 | 3.03 |
| Business | 9.82 | 6.49 | 1.28 | 7.50 |
| Home | 23.21 | 43.93 | 58.97 | 36.90 |
| Others | 6.25 | 6.49 | 1.28 | 6.18 |
| Number of observations | 672 | 1063 | 78 | 1813 |

The average age of the respondents is about 32 years old where there are an almost equal number of male and female sampled passengers, 51% and 49% respectively. The number of single and married respondents is almost identical, 52% and 48%. An average income of 15697.74PHP is observed from the whole sample. Sampled RORO users have an average income of 14637.65PHP; fast craft passengers have 16972.72PHP, while the pump boat users through the Guimaras Island have a monthly income of 7455.13PHP. Lastly, the mean group size of travelers is 2.37 persons. Shown in Table 3 is the distribution of respondents depending on their travel frequency. It can be observed that almost 60% of the respondents travel either on an annual or semi-annual basis. Monthly travelers account for approximately 26% while only a small fraction can be attributed to daily and first time passengers.

**Table 3** Travel Frequency Distribution of Respondents According to Travel Mode

| | RORO | Fast craft | Pumpboats | Total |
|---|---|---|---|---|
| Once a year | 262 | 292 | 16 | 570 |
| Twice a year | 194 | 295 | 31 | 520 |
| Monthly | 146 | 308 | 25 | 479 |
| Weekly | 60 | 123 | 4 | 187 |
| Daily | 1 | 9 | 0 | 10 |
| First time | 9 | 36 | 2 | 47 |
| Total | 672 | 1063 | 78 | 1813 |

From the values provided by the respondents, the mean values of the different time and cost components of their trips were calculated. Table 4 illustrates the mean values according to the three modes.

**Table 4** Time and Cost Components According to Travel Mode

| Inter-island modes | | In-vehicle time (min) | Waiting (min) | Access time (min) | Egress time (min) | Total time (min) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| RORO | $\bar{x}$ | 120.18 | 49.03 | 69.29 | 41.42 | 279.91 |
| | $\sigma$ | *(4.56)* | *(28.56)* | *(39.24)* | *(36.78)* | *(60.12)* |
| Fast craft | $\bar{x}$ | 71.64 | 46.48 | 37.42 | 50.33 | 205.87 |
| | $\sigma$ | *(17.58)* | *(32.28)* | *(34.38)* | *(43.56)* | *(71.1)* |
| Pump boat via Guimaras | $\bar{x}$ | 282.30 | 97.02 | 46.06 | 40.77 | 466.15 |
| | $\sigma$ | *(43.62)* | *(44.46)* | *(35.64)* | *(35.7)* | *(80.64)* |

| Inter-island modes | | In-vehicle cost (PHP) | Access cost (PHP) | Egress cost (PHP) | Mean total cost (PHP) |
|---|---|---|---|---|---|
| RORO | $\bar{x}$ | 70.98 | 88.78 | 49.46 | 209.22 |
| | $\sigma$ | *(10.84)* | *(51.73)* | *(54.14)* | *(78.55)* |
| Fast craft | $\bar{x}$ | 323.66 | 49.36 | 63.22 | 436.24 |
| | $\sigma$ | *(79.34)* | *(56.7)* | *(60.11)* | *(117.65)* |
| Pump boat via Guimaras | $\bar{x}$ | 193.04 | 33.65 | 39.62 | 266.31 |
| | $\sigma$ | *(33.92)* | *(35.94)* | *(46.6)* | *(89.54)* |

It can be seen that the fast craft is the fastest and also the most expensive travel option from Panay Island to Negros. The average ferry time of RORO is almost two hours while the pump boats through Guimaras take about 2.5 hours. The mean waiting time for pump boats is almost twice that of the values of RORO and fast craft. RORO has the highest access time while the fast craft and pump boats, with terminals in the city, have small access times. The mean egress travel time shows that the RORO and pump boat passengers still have 40 minutes of travel time while the fast craft passengers take 50 minutes to reach their destination. With respect to cost, the RORO has the largest access cost due to the port terminal location which is 29km north of Iloilo City. The pump boats have the cheapest egress cost followed by RORO and the fast craft. Taking the mean total travel time, it can be verified that the fast craft is the fastest option, followed by RORO, and finally the pump boats. However, the shorter travel time of the fast craft is accompanied by a large mean total cost, followed by the pump boats and RORO, respectively.

Using the whole sample with 1813 observations, multinomial logit models were formulated and Table 5 shows the final models developed.

**Table 5** RP MNL Models for the Whole and Income Segregated Sample

| Variable | All | | Low Income | | High Income | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Coeff | *P*-val | Coeff | *P*-val | Coeff | *P*-val |
| *Generic* | | | | | | |
| **CST** | -0.009 | *0.000* | -0.013 | *0.000* | -0.006 | *0.000* |
| **CST2** | 0.000 | *0.000* | 0.000 | *0.000* | 0.000 | *0.013* |
| **TIME** | -0.454 | *0.000* | -0.314 | *0.000* | -0.582 | *0.000* |
| *Specific to RORO* | | | | | | |
| **ASCA** | 0.454 | *0.005* | 0.201 | *0.332* | 1.019 | *0.001* |
| **NUM** | 0.052 | *0.004* | 0.055 | *0.042* | 0.051 | *0.032* |
| *Specific to Fast craft* | | | | | | |
| **ASCB** | 1.273 | *0.000* | 1.468 | *0.000* | 1.463 | *0.000* |
| **FREQ** | 0.007 | *0.004* | 0.005 | *0.222* | 0.008 | *0.018* |
| | | | | | | |
| **R-sqrd** | 0.331 | | 0.277 | | 0.400 | |
| **Log-likelihood** | -1332.410 | | -688.859 | | -623.800 | |
| **n** | 1813 | | 867 | | 946 | |
| **Chi-square** | 294.898 | | 146.514 | | 157.518 | |
| **p** | 0.000 | | 0.000 | | 0.000 | |

In these models, alternative specific constants were each assigned to RORO and fast craft alternatives while the total cost (CST), square of the total cost (CST2), and total travel time (TIME) were considered generic. The number of travelers in the group (NUM) parameter was assigned to RORO while travel frequency (FREQ) was assigned to fast craft. It can be seen that all the parameters are significant at the 95% level of confidence. Also, all the signs of the estimated parameters agree with what is expected. The CST and TIME parameters are both negative indicating disutility to the respondents. Increase in total cost and total travel time results in a decrease of utility for the particular alternative. The NUM and FREQ are both positive revealing that as the number of members in the travelling group and travel frequency increase, there are corresponding increases in the preference of the associated alternative. Aside from these linear terms, a second order term, CST2, is added to the RP MNL

model specification. A positive and significant CST2 parameter indicates that the whole dataset should be income segregated and that a further test could show whether the marginal utilities of income vary significantly across the different income classes. Also shown in Table 5 are the MNL models for the income segregated dataset which have the same specifications as the initial model that includes the whole sample. This partition has already been verified where the marginal utilities of CST2 have been found to be significantly different.

In this study, Nlogit software was used in estimating ML models. Mixed logit modelling starts with the estimation of a similarly formulated MNL model where the estimated MNL parameters estimates will serve as the initial values for the estimation of parameters in the mixed logit model through simulation. Various formulations of ML models were tested and estimated using 20 Halton draws. Halton draws were used since it improves convergence and provides uniform coverage as compared to other types of draws[4]. A small number of draws were first used for screening purposes of various model formulations since employing a large number of draws will consume a lot of time. The final model chosen for this study is estimated using 1000 Halton draws as suggested by Hensher *et al*[4]. It assures stable model parameter estimates however, the simulation using the said number of draws consumes long periods of time. Table 6 shows the final mixed logit model estimated and it can be verified that the overall model is statistically significant with a satisfactory R-squared value.

**Table 6** Mixed Logit Model with Constrained TIME Random Parameter and Interaction Terms

| | Coefficient | t-ratio | P-value |
|---|---|---|---|
| *Generic* | | | |
| TIME | -0.5068 | -4.7259 | 0.0000 |
| CST | -0.0094 | -8.1153 | 0.0000 |
| CST2 | 0.0000 | 6.2832 | 0.0000 |
| *Specific to RORO* | | | |
| ASCA | 0.4504 | 2.6678 | 0.0076 |
| TOBUSI | 0.7023 | 3.3119 | 0.0009 |
| NUM | 0.0579 | 4.5332 | 0.0000 |
| *Specific to Fast craft* | | | |
| ASCB | 1.3035 | 4.9073 | 0.0000 |
| TOWORK | 0.6869 | 3.9252 | 0.0001 |
| FREQ | 0.0059 | 2.3081 | 0.0210 |
| | | | |
| TIME:GEN | 0.1714 | 3.6227 | 0.0003 |
| TIME:INC | -0.1009 | -5.1613 | 0.0000 |
| TIME:AGE | 0.0081 | 4.4329 | 0.0000 |
| TsTIME | 0.2534 | 4.7259 | 0.0000 |
| R squared | 0.3518 | | |
| Adjusted R squared | 0.3496 | | |
| % Correct | 0.5494 | | |
| Log likelihood | -1291.1660 | | |
| Chi squared | 1401.2360 | | |
| N | 1813.0000 | | |
| # of draws | 1000 (Halton) | | |

In this model, the TIME parameter associated with the total travel time is formulated as a random parameter with a triangular distribution. TIME is chosen to be random in order to detect whether there is probable variation in value of time for future studies. A constraint was imposed and the standard deviation is set to be one half of the mean parameter estimate. This ensures that the estimated random parameters will have the similar signs across the whole distribution[4]. The triangular distribution is preferred because of the narrower distribution. This is valuable when willingness to pay measures is calculated, especially for VOT where the TIME parameter is a part of its calculation. The travel cost factors were formulated as fixed since the results of VOT calculations would be difficult to explain. The ratio of the coefficients having various distributions is difficult to interpret. Other factors were formulated as fixed since a model with coefficients that are all specified to be random becomes unstable[11]. Note that the number of draws, number of random parameters, and distributional assumptions all affect model simulation.

Alternative specific constants, ASCA and ASCB, were specified for RORO and fast craft, respectively. The CST and CST2 parameters, associated with total cost and square of the total cost, are specified generic. The NUM parameter, which is associated with the number of persons in the travelling group, and TOBUSI, which is associated with the trip purpose for business takes a value of 1 if the trip purpose is for business and 0, otherwise, are specific to RORO. The FREQ parameter, associated with inter-island travel frequency, and TOWORK, which is associated with the trip purpose for work takes a value of 1 if the trip purpose is for work and 0, otherwise, are specific to fast craft. As seen in the signs of the individual parameters, TIME and CST provide disutility to respondents. This result is intuitive as longer total travel time and larger total costs dissuade travelers from the alternatives. By looking at the NUM and TOBUSI parameters, an increase in preference for RORO is observed when the number of members in the travelling group increases and the trip purpose is business. Similarly, when FREQ is large or trips are made

more often and PURWORK is equal to one, the preference for fast craft is increased. Note that all the parameters discussed are significant at the 95% level of confidence. This means that total travel time, total travel cost, number of members in the travelling group, and trip purpose (TOBUSI and TOWORK) are significant factors that affect the inter-island passenger mode choice in the region.

Imposing constraint on the standard deviation parameter has revealed heterogeneity around the mean. As shown in Table 6, the TsTIME parameter, which corresponds to the standard deviation of the triangularly distributed TIME parameter, is significant. It can be verified that the TsTIME coefficient, 0.2534, is exactly one-half the absolute value of the mean parameter estimate of TIME, -0.5068. Also, the significance level for these two parameters is equal. These can be attributed to the distributional constraint imposed earlier. Now that the heterogeneity around the mean population parameter, TIME, has been revealed, the possible sources of heterogeneity has also been determined, as seen in Table 6. The randomly specified parameter TIME is interacted with other variables and attributes that have been collected from the respondents. Other variables and attributes that may possibly be the sources of preference heterogeneity were all tested and only the significant interactions are left in the model, shown in Table 6.

Gender (GEN), income class (INC), and age of respondents (AGE) were interacted with TIME. The significance values show that all the three interactions are significant. This means that these variables provide sources of preference heterogeneity. Differences in gender, income class, and age bring about differences in the marginal utilities of time and subsequently, different values of time (VOT) for various individuals. Note that the value of time is commonly derived by taking the ratio of the parameters of time and costs. Note, however, that this is true only for linear utility specifications. For the general case, VOT is represented by the marginal rate of substitution between the travel times and costs.

The TIME: GEN interaction has a positive parameter. This indicates that male respondents (GEN =1) will have less negative coefficient of TIME and therefore, correspond to a smaller VOT than their female counterparts. As for the TIME: INC interaction, the estimated parameter is negative. This suggests that the higher the income class of the respondent, the more negative its marginal utility of time and thus the higher the VOT of higher income respondents. TIME: AGE interaction parameter is positive implying that the older respondents will have less negative coefficient of TIME.

These implications confirm the different VOTs derived from MNL models estimated on the same dataset from a previous study. Market segmentation using income and other variables for the various MNL models is performed in order to more accurately account for the benefits of transportation project proposals in the cost-benefit analyses. In order to capture the heterogeneity in the dataset, the analyst estimates separate models by dividing the population into several segments with a sufficient sample size or estimate random parameters. This is tedious and problematic since the analyst should be able to precisely determine the exact grouping criteria and the range or boundaries that reveal the sources of preference heterogeneity[4]. This is where the advantages and realm of mixed logit modelling stand out[10]. In this study, the estimated ML models have revealed the presence of preference heterogeneity around the mean of a randomly specified parameter. Interaction terms were also formulated and shown to be significant. The results obtained from the ML model have confirmed the results of the numerous MNL models estimated for various categories. The various MNL models took a lot of time and effort in categorizing the respondents into groupings and determining the values which will bring about significant differences between groups. The ML formulated, despite the longer simulation time was less demanding. Moreover, the results were more conclusive as each of the estimated parameters for preference heterogeneity around the mean and interaction terms reflect their individual p-values indicating their significance. Thus, the ML model provides more statistical basis than the estimated MNL models for various groups.

## 6. CONCLUSION

The Philippines is a developing country and its budget for transportation infrastructure projects should be allocated to more beneficial projects. Reliable models are necessary in order to generate accurate forecasts for project planning. However, without the appropriate data, these models would be ineffective as these will yield erroneous estimates. In this study, survey questionnaires were administered in the ports of Iloilo and in the wharf of San Lorenzo, Guimaras. Passenger information, trip characteristics, and their

preferences were gathered which facilitated the estimation of mixed logit models.

Logit choice models were developed for this study. The MNL model has shown that the total cost, square of the total cost, total travel time, number of members in the travelling group, and travel frequency all affect mode choice. It was also stated that the respondents may be classified into two income class groups as the marginal utilities for CST2, representing incom effect, were found to be significantly different. This was only made possible through the test devised by Jara-Diaz and Videla[26]. Other MNL models may also be estimated for various subgroups.

A mixed logit model was also presented in this study. It includes a triangulary distributed parameter, TIME, with a significant standard deviation parameter, TsTIME. This implies that preference heterogeneity around the mean estimated parameter is present. The possible sources of heterogeneity have also been revealed through the interaction terms that were estimated. Gender, income class, and age have been shown to significantly affect TIME. Looking into this result, the ML model was able to identify significant factors that cause variation in the travel time parameter. The factors identified provide planners with essential information on how to rationally divide the respondents into groups when accounting for their respective travel time savings which are reflected in the cost-benefits analysis of project proposals. This is particularly important for planners in order to be more accurate in accounting for the benefits in the cost-benefit analyses of proposals.

The mixed logit model suggests that male, low-income class, and older respondents tend to have less negative TIME coefficient. This result when related to how VOTs are calculated imply that the less negative the TIME coefficient becomes, the smaller the VOT of the passenger.

Results of this study would be valuable to transport planners, especially in the Western Visayas region. This model may be utilized in the preparation of proposals for the inter-island bridges connecting different parts of the region. The project is currently being proposed in Philippine Congress where a joint resolution urging the Philippine president to prioritize the construction of the PGN bridge project is issued. An undertaking as massive as inter-island links in the region will have complex designs and analyses involved. The PGN project has been studied by Japan International Cooperation Agency (JICA) and DPWH with varying projected costs and designs. The costs range from 53 billion pesos in 1999, 28.5 billion in 2010, and 54 billion in 2011. This just reflects the uncertainties in this kind of project. Different designs and alignments have different associated costs, but even if everything has been finalized, there is still no guarantee that costs will not change. Unforeseen problems will be encountered along the way, and together with these problems are unpredicted cost adjustments that pile up resulting to large cost overruns. The Philippines still does not have any experience in constructing a project of such magnitude. Thus, we have no formula for success. In this regard, more studies involving the proposed projects should be undertaken. Other models should also be explored in order to better quantify different values incorporated in the cost-benefit analyses of the proposals. Therefore, the proposed project may be evaluated more correctly and those projects that deserve to be built are built and those that do not will be rejected.

A more complex modelling technique has been employed for this study. This is done in order to overcome the restrictions imposed by the critical assumptions of simpler models such as the MNL. Other researchers are encouraged to explore more complex modelling techniques and develop more interest in inter-island transport in other less urbanized regions to shed light on less-focused subjects of research.

## REFERENCES

1. Burgos, N. J. P. (2012) Philippine Daily Inquirer. [Online] Available at: http://newsinfo.inquirer.net/166599/legislators-press-for-construction-of-bridges-linking-panay-guimaras-and-negros [Accessed 9 October 2012].
2. Ortuzar, J. d. D. & Willumsen, L. G. (2011) Modelling Transport. 4th ed. United Kingdom: John Wiley and Sons, Ltd.
3. Hess, S. (2005) Advanced discrete choice models with applications to transport demand (Thesis), London: Center for Transport Studies, Imperial College.

4. Hensher, D. A., Rose, J. M. & Greene, W. H. (2005) Applied Choice Analysis A Primer. 1st ed. Cambridge, UK: Cambirdge University Press.
5. Small, K. A. & Hsiao, C. (1985) Multinomial logit specification tests. *International Economic Review*, 26(3), 619-627.
6. Train, K. E. (2009) Discrete Choice Methods with Simulation. 2nd ed. New York: Cambridge University Press.
7. Tudela, A. & Rebolledo, G. (2006) Optimal design of stated preference experiments when using mixed logit models. Strasbourg, France, Association of European Transport.
8. Hensher, D. A. & Greene, W. H. (2001) The Mixed Logit Model: The State of Practice and Warnings for the Unwary, s.l.: s.n.
9. McFadden, D. & Train, K. (2000) Mixed MNL Models for Discrete Response. *Journal of Applied Econometrics*, Volume 15, 447-470.
10. Fosgerau, M. & Bierlaire, M. (2007) A practical test for the choice of mixing distribution in deiscrete choice models. *Transportation Research Part B 41*, 784-794.
11. Sillano, M. & Ortuzar, J. d. D. (2005) Willingness-to-pay estimation with mixed logit model: some new evidence. *Environment and Planning A*, Volume 37, 525-550.
12. Hess, S. & Polak, J. W. (2005) Mixed logit modelling of airport choice in multi-airport regions. *Journal of Air Transport Managament 11*, 59-68.
13. Santos, J. M. G., n.d. Discrete choice models in transport: an application to Gran Canaria-Tenerife corridor. http://www.alde.es/encuentros/anteriores/viieea/autores/G/101.pdf.
14. Cherchi, E. & Ortuzar, J. d. D. (2003) Alternative specific variables in non-linear utilities: influence of correlation, homoscedasticity and taste variations. Lucerne, s.n., 1-21.
15. Hensher, D. A. & Rose, J. M. (2007) Development of commuter and non-commuter mode choice models for the assessment of new public transport infrastructure projects: a case study. *Transportation Research Part A 41*, 428-443.
16. Hensher, D. A. & Greene, W. H. (2003) The mixed logit model: the state of practice. *Transportation 30*, 133-176.
17. Levy, S. & Panou, C. (2010) To travel or not to travel: a study of islanders' trips to the mainland. Lisbon, *Portugal, 12th World Conference on Transport Research.*
18. Cross, M. & Nutley, S. (1999) Insularity and Accessibility: the Small Island Communities of Western Ireland. *Journal of Rural Studies*, 15(3), 317-330.
19. Park, D. & Nam, D. (2005) Strategies enhancing water transportation using econometric model approach. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Volume 6, 825-837.
20. Aljarad, S. N. & Black, R. W. (1995) Modeling Saudi Arabia-Bahrain corridor mode choice. *Journal of Transport Geography*, 3(4), 257-268.
21. Laird, J. J. (2012) Valuing the quality of strategic ferry services to remote communities. *Research in Transportation Business & Management 4,* 97-103.
22. Ben-Akiva, M. & Lerman, S. R. (1985) *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand.* Cambridge, Massachussetts: MIT Press.
23. Garrow, L. A. (2010) *Discrete Choice Modelling and Air Travel Demand.* Vermont: Ashgate Publishing Company.
24. Train, K. E. (2009) *Discrete Choice Methods with Simulation.* 2nd ed. New York: Cambridge University Press.
25. Washington, S. P., Karlaftis, M. G. & Mannering, F. L. (2003) Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis. New York: CRC Pres LLC.
26. Jara-Diaz, S. R. and Videla, J. (1989) Detection of income effect in mode choice: theory and application. *Transportation Research B,* 23B(No. 6), 393-400.

# TRAFFIC SAFETY AT INTERSECTIONS BETWEEN ROAD AND RAILWAY IN VIET NAM

Paper Identification number: **AYRF15-038**

TUNG[1]Vu Thanh, HANG[2] Tran Thi, Prof. DANG[3] Tran Thi Kim

[1]Advanced Training Program - 51
University of Transport and Communications
Telephone 84-943-420-135
E-mail: vutungutc@gmail.com

[2]Advanced Training Program - 51
University of Transport and Communications
Telephone 84-978-273-881
E-mail: tranhangatp@gmail.com

[3]Vice Head of Highway Engineering Faculty
University of Transport and Communications
E-mail: tranthikimdang@gmail.com

## Abstract

Currently, there are more than 6000 intersections between roads and the North – South Railway Route in Vietnam and a majority is minor roads-rail crossways (about 4000) opened by local communities which do not afford safety conditions. As data given by Viet Nam Railways Corporation (VNRC), road-rail accidents at minor crossways account for large proportion (80%) of total railway accidents and it tends to increase by the time. There are major factors leading to traffic unsafety at here such as no barriers, no traffic signals and limited sight distance for pedestrians and vehicles. Being aligned with these issues, officials provided main traditional solutions like constructing collecting roads, barriers, signal traffics and crossway stations. However, with substantial number of intersections as mentioned, those methods showed plenty of disadvantages and they could not apply for all places in railway. In terms of necessity and urgency, this researchapplied the economic and common method, at worldwide level but it is new approach in Viet Nam (CSD – Crossway Sight Distance) to determine safety clearance zone (SCZ) basing on two model: model 1 is determined without stopping control at intersection and model 2 is determined with stopping controlto lessen accident at railway crossing. In this zone, drivers can notice up-coming train in enough time to react, control their velocity and produce right behaviors. Data collected by cameras at several minor crossways in Vietnam will be used to measure and give recommendation for reasonable SCZ basing on vehicle's speed.

**Keywords:** Minor Rail-Road Crossing, Traffic Safety, Crossway Sight Distance, Stopping Sight Distance, Safety Clearance Zone.

## 1. Introduction

According to Viet Nam Railway Rescue and Natural Calamity Response Centre (VNRRRC), there are 6317 road-rail along the North – South Railway Route in Vietnam that crossing throughout 34 provinces, cities. Most of them is minor crossways with number of 4846 that opened by local community and do not afford safety condition for vehicles and people. Some provinces have high density of minor crossways such as Nam Dinh, Ha Nam, Ha Noi and Lao Cai with average of 10.26; 8.96; 5.67 and 4.38 crossways/km, respectively.

As the data given by Viet Nam Railways Corporation (VNRC), the first four month of 2015, there are 169 railways accidents leading cause of 67 deaths and 108 injuries in which accidents at minor crossways take account for an immense number in total with 80%. Several factors are supposed as main reasons leading to this situation such as no barriers, no traffic signals and limited sight distance for pedestrians and vehicles.

In order to reduce railway accidents, the authorities provided several traditional solutions as constructing collecting roads, barriers, signal traffics and crossway stations or hire flagman to

observe the train motion and notice people crossing the intersection. It seems not enough for safety of people and vehicles because officials could not offer these solutions for an enormous number of minor crossways as mentioned above.

This research applied the economic and common method, at worldwide level but it is new approach in Viet Nam (Crossway Sight Distance) to determine safety clearance zone (SCZ) basing two model: Model 1 is established without stopping control and model 2 is established with stopping control. The space of SCZ ensure that in this zone, people and vehicles can notice up-coming train in enough time to react, control their velocity and produce right behaviors. Throughout the results of study, officials could directly apply for minor crossways that have high traffic volume as well as give recommendation for local communities about SCZ that they can carry out by themselves at other low traffic volume minor crossways.

According to Road-rail Crossing Regulation issued by Viet Nam Ministry of Transport (1), there is a recommendation about stopping sight distance for vehicles. However, it is derived from Highway Specification and it do not present clearly another important factor such as recommended velocity for vehicle when crossing the rail. It is reason why the research about this problem should be conducted.

To conduct research, 3 intersections had been surveyed carefully in Ninh Binh Province as examples for new method CSD. Besides, the survey also had been counted the number of major crossway (which have barrier) and minor crossways to evaluate current state of traffic safety in each road-rail crossing.

## 2. Literature Review

Referring to Manual to Determining Required Sight Distance to Train at Level Crossings – Australia(2), the paper has proposed two models to determine sight distance, both of them are designed for vehicles without stopping control. In perspective of safety, when vehicle approach near the rail, it is recommended for driver slow down or stop their vehicle to observation. Therefore, it is necessary to determine sight distance with stopping control. In this study, this model is referred as Model 2. In both two models, there are several parameters must be obtained. The following sub-sections will present clearly the method and formula to calculate them.

### 2.1. Stopping Sight Distance

Referring to AASHTO Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011(3), sight distance is the length of the roadway ahead that is visible to the driver. The sight distance should be sufficiently long to enable a driver could stop their vehicle before reaching a stationary object. Stopping sight distance is the sum of two distances: the distance travelled by the vehicle from the instant the driver recognize an object to the instant the brakes are applied (Brake Reaction Distance), and the distance from the instant brake begins to the instant the vehicle stop (Brake Distance)
The formula to calculate braking reaction distance:

$$d_{BR}=0.278Vt \quad (1)$$

where:
$d_{BR}$= braking reaction distance, m
V = design speed, km/h
t = brake reaction time

According to AASHTO, brake reaction time was recommended to take value 2.5 s
The formula to calculate braking distance

$$d_B = 0.039\frac{V^2}{a} \quad (2)$$

where:
$d_B$= braking distance, m
V = design speed, km/h
a = deceleration rate, $m/s^2$

However, in this case, the sight distance are affected by grade of road. In order to generate proper calculation, the formula (2) should be adjust as follow:

$$d_B=\frac{V^2}{254\left(\frac{a}{9.81}\pm G\right)} \quad (3)$$

where:
$d_B$= braking distance on grade, m
V = design speed, km/h
a = deceleration, $m/s^2$
G = grade, rise/run, m/m
According to AASHTO, the deceleration rate was recommended to take value 3.4 $m^2/s$

The Stopping Sight Distance, therefore is calculated as:

$$SSD=d_{BR}+d_B \quad (4)$$

where:
SSD = stopping sight distance, m

### 2.2. Braking Time (Maneuver Time)

Besides, to calculate distance traveled by train in an interval from instant driver recognize up-coming train to instant the vehicle stop, braking time (maneuver time) is needed. Follow NCHRP Report 400: Determination of Stopping Sight Distance (4), the maneuver time is estimated follow vehicle's velocities as Table 1 below:

**Table 1:** Maneuver Time (NCHRP Report 400)

| Initial Speed | Maneuver Time |
|---|---|
| km/h | s |
| 50 | 3.0 |
| 60 | 3.4 |
| 70 | 3.8 |
| 80 | 4.2 |
| 90 | 4.6 |
| 100 | 5.0 |

In fact, when vehicle go to an intersection, drivers tend to reduce velocity, especially in road-rail crossing, it is important to conduct the research with slow velocity rather than high velocity. The table 2 gives the suggested value of maneuver time for passenger car in case of this study.

**Table 2:** Recommended Maneuver Time

| Initial Speed | Maneuver Time |
|---|---|
| km/h | s |
| 5 | 1 |
| 10 | 1.4 |
| 20 | 1.8 |
| 30 | 2.2 |
| 40 | 2.6 |

### 2.3. Velocity of Train

In order to obtain safety clearance zone, train's velocity is compulsory input data. Base on Velocity Regulation No.01-CĐ-2014 issued by Vietnam Railway Corporation (5), the velocity of train on each segment of North-South railway was define clearly. For railway segment in Ninh Binh Province, the allowable velocity of train is 70 km/h.

## 3. Methodology

### 3.1. Determine Maximum area of SCZ (Model 1)

#### a. Estimate Maneuver Time

As mentioned in 2.2, maneuver time is required to calculate braking distance. In framework of this research, this data was obtained by referring to its value in NCHRP Report 400(4) and observing the motion behavior of vehicles when they cross intersections.

#### b. Determine Stopping Sight Distance

Using formulas in Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2011(3) to calculate braking reaction distance, braking distance and stopping sight distance. It was presented clearly in formulas (1) (2) (3) and (4) in 2.2.

The formulas are based on passenger car operation without considering to truck operation. In fact, longer stopping distances should be recommended for trucks with the larger and heavier units. However, the truck driver have higher position of the seat, they could recognize object farther beyond vertical sight obstructions. This is reason why stopping sight distance for truck are negligible in both highway design and this research, more particularly.

Input data to calculate stopping sight distance was taken from survey of 3 intersections in Ninh Binh Province, Viet Nam as discussed more specifically in 4.2.

#### c. Determine Safety Clearance Zone

Basing on velocity of train on surveying segment as mentioned in 2.2 and sum of braking reaction time and braking time, the distance travelled by train in interval between instant drivers recognize up-coming train to instant the vehicle stop are obtained by using basic formula:

$$S_T = V_T \times T_T \quad (5)$$

where:
$S_T$ = Travelled Distance of Train
$V_T$ = Velocity of train
$T_T$ = Sum of braking reaction time and braking time

Travelled Distance of Train ($S_T$) and SSD are two components to determine safety clearance zone (SCZ) which is an area should be cleaned to provide vision for driver can recognize up-coming train to produce safety maneuver. Fig.1 present model 1 of SCZ determination.

From the results, the appropriate safety clearance zone will be recommended. It bases on analysis of effect of velocity of vehicle to area of this zone.

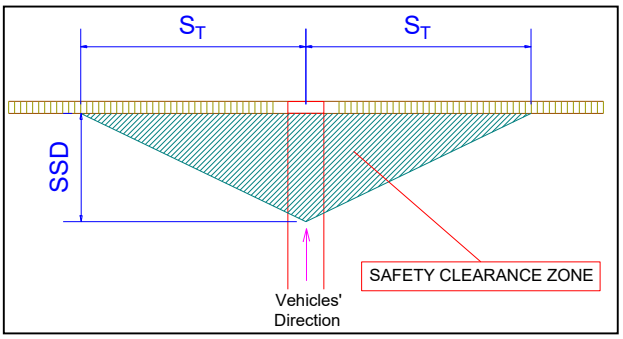



**Fig. 1:** Safety Clearance Zone (Model 1)

### 3.2. Determine Minimum Area of SCZ (Model 2)

#### a. Crossing Length ($L_1$)

In this case, driver will stop the vehicle at a signboard that are staked at a specific length far from rail to observe trains before producing decisions. The distance between two signboards at two sides of minor road are crossing length. This research use several $L_1$ to analyze and chose the appropriate one. The suggested values for calculating are: 5 m, 6 m and 7 mcorresponding to distance from signboard ($L_2$) to railway are 2 m, 2.5 m and 3 m, respectively.

#### b. Vehicle's Velocity

Referring research of Gary Long (6) and Drew (7), velocity of passenger cars when they accelerate from initial speed (0 km/h) in traffic flow are usually ranged from 14 km/h to 20 km/h. For safety reason, the value 15 km/h are chosen to calculate SCZ.

#### c. Estimate time components of vehicle

In order to determine minimum area of SCZ, 3 time components of vehicle are required: observing time, starting time and moving time.

Moving time are obtained by divide vehicle velocity by distance between two signboard ($L_1$ = $2L_2$ + railway width (1m)). In fact, moving time should be adjusted due to an effect of crossway's grade. However, in regular crossways, vehicles often approach the rail by going upgrade first, after crossing the rail, they go downgrade to exit the intersection. The upgrade rate is often similar to downgrade rate. Therefore in this research, grade in this model are neglected to meet popular conditions.

Observing motion of vehicles at surveying intersection, these time components are recommended and calculated as Table 3 below:

**Table 3:** Component Times of Vehicle

| L1 | Observing Time | Starting Time | Moving Time | Total Time |
|---|---|---|---|---|
| m | s | s | s | s |
| 5 | 2 | 1 | 1.2 | 4.2 |
| 6 | 2 | 1 | 1.4 | 4.4 |
| 7 | 2 | 1 | 1.7 | 4.7 |

#### d. Determine Safety Clearance Zone

Travelled Distance of Train ($S_T$) and Stopping length are two components to determine safety clearance zone (SCZ) which is an area should be cleaned to provide vision for driver to produce safety maneuver. Fig.2 present model 2 of SCZ determination:

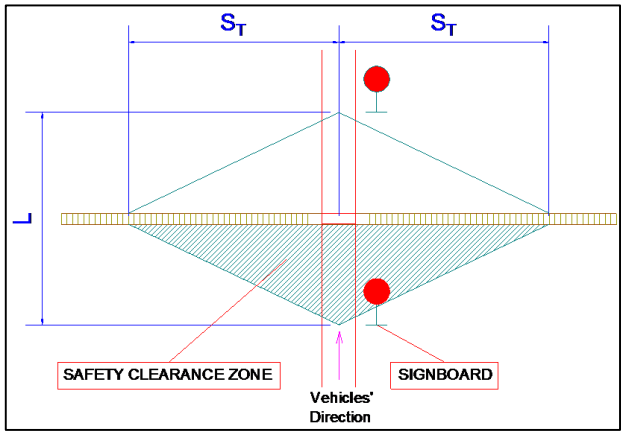



**Fig. 1:** Safety Clearance Zone (Model 2)

## 4. Results

### 4.1. Overview about surveying intersections

Survey had been implemented in Ninh Binh Province which has 54 km of railway. Specifically, research team had surveyed in segment of 10 km (from Km 114 + 400 to Km 125 + 500) that have largest number of minor crossways to summarize the overall conditions of both major intersections (that have barrier) and minor one (that opened by local community). The results are shown in table 4.There are 3 intersections (numbered from No.01 to No.03) was chosen to detail calculation the safety clearance zone. Reasons for this chose is that

they have limited vision and other critical conditions for unsafe traffic. All of them are experiencing high traffic volume because it is a unique way for people to go out the community for work at opposite side of intersections. High traffic volume is main reason leading to unsafe condition as well as accidents at these intersections. The plan view of these intersections is shown in figure 3, 4 and 5.

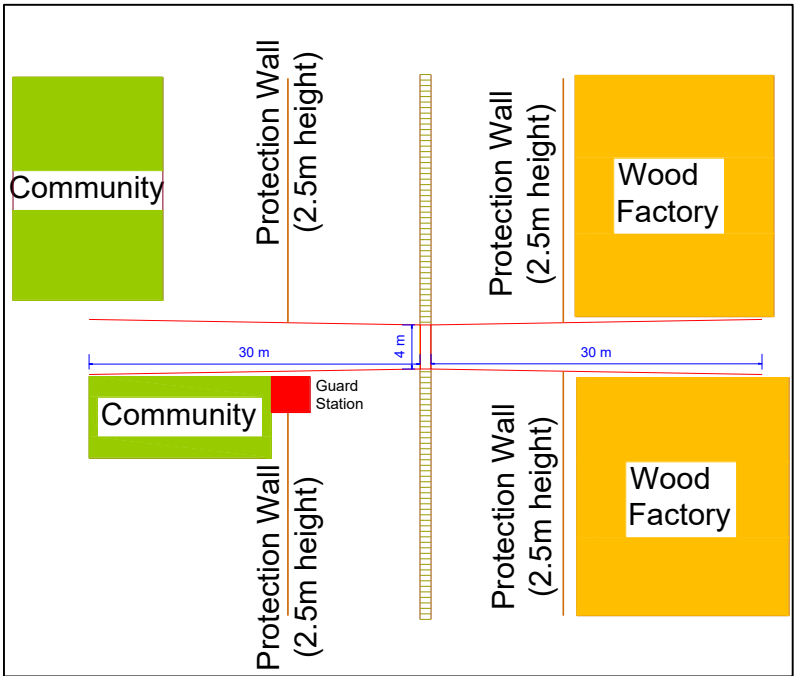



**Fig. 2:** Plan view of Intersection No.01

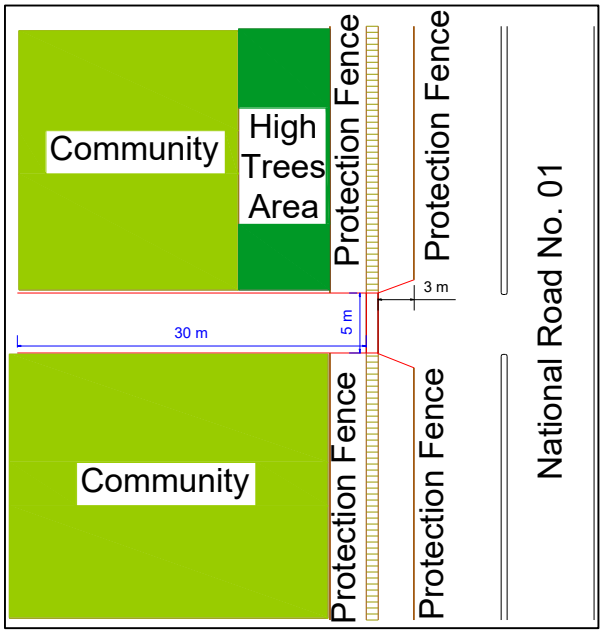



**Fig. 4:** Plan view of Intersection No.02

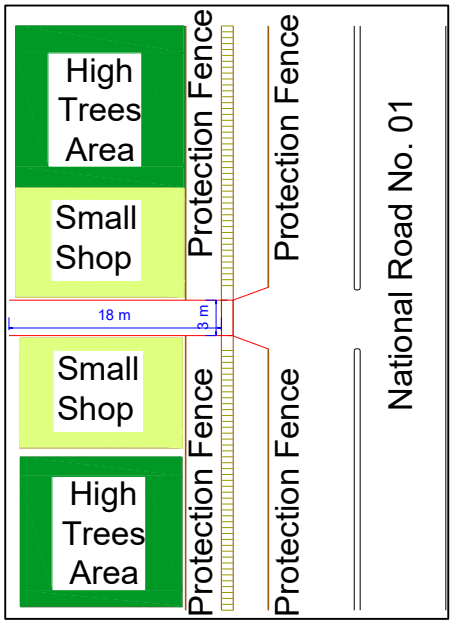



**Fig. 5:** Plan view of Intersection No.03

**Table 4:** Surveying Intersections Overview

| | Location of Intersection | Barrier | Signal Traffic | Sign/ Warning board | Guard | Manually -operated bar | Vision | Satisfy $A_{CZ}$ (max/min) | Notes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| 1 | Km 114 + 400 | x | x | | x | | | | Major |
| | Km 114 + 620 | Old Ninh Binh Station | | | | | | | |
| 2 | Km 114 + 720 | x | x | | x | | | | Major |
| **3** | **Km 116 + 600** | | | **x** | **x** | **x** | | **None** | **NO.01** |
| 4 | Km 117 + 600 | | | x | x | x | Good | Min | |
| 5 | Km 118 + 500 | x | x | | x | | | | Major |
| 6 | Km 119 + 200 | | | x | | | Good | Min | |
| 7 | Km 120 + 00 | | | x | | | Limited | None | |
| 8 | Km 120 + 400 | | | x | | | Good | Max | |
| 9 | Km 121 + 012 | | | x | | | Limited | None | |
| 10 | Km 121 + 112 | | | x | | | Good | Max | |
| **11** | **Km 122 + 237** | | | **x** | | | **Limited** | **None** | **NO.02** |
| 12 | Km 122 + 550 | | | x | | | Limited | None | |
| 13 | Km 123 + 350 | | | | x | x | Limited | None | |
| 14 | Km 124 + 750 | | | x | | | Limited | Min | |
| 15 | Km 125 + 150 | | | x | | | Good | Max | |
| 16 | Km 125 + 450 | x | x | | | | | | |
| **17** | **Km 126 + 150** | | | **x** | **x** | | **Limited** | **None** | **NO.03** |

***Note:*** *Column (9) shownan evaluation of surveying intersection's vision following two SCZ valuesdetermined in this research (results of Model 1 and Model 2). These two values are presented clearly in 5.*

### 4.2. Safety Clearance Zone (Model 1)

Safety Clearance Zone are measured basing on formula (1) (3) (4) (5) with denotation V, $d_{BR}$, $d_B$, SSD, $S_T$ were explained in 2 and 3; $A_{CZ}$ is area of safety clearance zone in 1 side of the intersection. The calculation were implemented with various value of vehicle's velocity (from 5 km/h to 50 km/h) to obtain appropriate velocity of vehicle when it crosses an intersection. The results are presented in tables 4, 5 and 6 and the figures of SCZ also are shown after that with values of SCZ in case of vehicle's velocity vary from 5, 10 to 20 km/h.

There are two reasons for choosing low velocity rather than high velocity to put into model. Firstly, the higher vehicle's speed requires much higher area of clearance so it is difficult to put it in reality to perform. Secondly, due to safety of drivers, vehicle should not operate with high speed when they enter the intersection. Instead, drivers should slow down vehicle with careful observation and the velocity of vehicle, therefore should be low (5 – 20 km/h).

#### i. Intersection No.01 (Km 116 + 600)

Grade of two sides of crossway: G = 0.08

**Table 5:** Calculating Results (Intersection No.01)

| V | $d_{BR}$ | $d_B$ | SSD | $S_T$ | $A_{CZ}$ (max) |
|---|---|---|---|---|---|
| **km/h** | **m** | **m** | **m** | **m** | **$m^2$** |
| 5 | 3.5 | 0.2 | 3.7 | 68.1 | 252.2 |
| 10 | 7.0 | 0.9 | 7.9 | 75.8 | 597.0 |
| 20 | 13.9 | 3.7 | 17.6 | 83.6 | 1470.9 |

| V | $d_{BR}$ | $d_B$ | SSD | $S_T$ | $A_{CZ}$ (max) |
|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 20.9 | 8.3 | 29.2 | 91.4 | 2664.6 |
| 40 | 27.8 | 14.8 | 42.6 | 99.2 | 4221.2 |
| 50 | 34.8 | 23.1 | 57.8 | 106.9 | 6183.8 |

**ii. Intersection No.02 (Km 122 + 237)**
Grade of two sides of crossway: G = 0.07

**Table 6:** Calculating Results (Intersection No.02)

| V | $d_{BR}$ | $d_B$ | SSD | $S_T$ | $A_{CZ}$ (max) |
|---|---|---|---|---|---|
| km/h | m | m | m | m | $m^2$ |
| 5 | 3.5 | 0.2 | 3.7 | 68.1 | 252.6 |
| 10 | 7.0 | 0.9 | 7.9 | 75.8 | 598.7 |
| 20 | 13.9 | 3.8 | 17.7 | 83.6 | 1478.3 |
| 30 | 20.9 | 8.5 | 29.4 | 91.4 | 2682.8 |
| 40 | 27.8 | 15.1 | 42.9 | 99.2 | 4256.3 |
| 50 | 34.8 | 23.6 | 58.4 | 106.9 | 6243.1 |

**iii. Intersection No.03 (Km 126 + 150)**
Grade of two sides of crossway: G = 0.1

**Table 7:** Calculating Results (Intersection No.03)

| V | $d_{BR}$ | $d_B$ | SSD | $S_T$ | $A_{CZ}$ (max) |
|---|---|---|---|---|---|
| km/h | m | m | m | m | $m^2$ |
| 5 | 3.5 | 0.2 | 3.7 | 68.1 | 251.5 |
| 10 | 7.0 | 0.9 | 7.8 | 75.8 | 593.9 |
| 20 | 13.9 | 3.5 | 17.4 | 83.6 | 1457.0 |
| 30 | 20.9 | 7.9 | 28.8 | 91.4 | 2630.6 |
| 40 | 27.8 | 14.1 | 41.9 | 99.2 | 4155.6 |
| 50 | 34.8 | 22.0 | 56.8 | 106.9 | 6073.3 |

In case of the intersection No.02 and No.03, this is considerable complicated condition when one side of crossway are joined directly with National Road No.01. Even the SCZ (5 km/h) is arranged in one lane of road, it cannot afford safety for drivers because they need to observe both vehicles in road to cross the road and up-coming train to cross the intersection. In such situation, it is recommended for driver to produce suitable maneuver as follow: firstly, driver should observe carefully only on vehicles motion in road to cross the road. After that driver should stop their vehicle at shoulder of road, in front of the intersection to observe train from both directions of rail. If there is no coming train, it is time for driver to cross the intersection.

The plan view of intersections No.01, No.02 and No.03 with safety clearance zone (Model 1) corresponding to velocity of vehicle at 5 km/h, 10 km/h and 20 km/h are presented in Fig.6, Fig.7 and Fig.8, respectively.

### 4.3. Safety Clearance Zone (Model 2)

The results of SCZ calculation follow model 2 are presented in Table 8:

**Table 8:** Calculation Results (Model 2)

| $L_1$ | $L_2$ | V | T | $S_T$ | $A_{CZ}$ (min) |
|---|---|---|---|---|---|
| m | m | km/h | s | m | $m^2$ |
| 5.0 | 2.0 | 15.0 | 4.2 | 81.7 | 163.3 |
| 6.0 | 2.5 | 15.0 | 4.4 | 85.6 | 213.9 |
| 7.0 | 3.0 | 15.0 | 4.7 | 91.4 | 274.2 |

In which $L_1$, $L_2$, T, $S_T$, $A_{CZ}$ are explained clearly in above contents. V is recommended velocity as mentioned at 3.2.

### 4.4. Follow-up Solutions

After SCZ are determined and provided by local authorities at all of the intersections, it is better to provide follow-up solutions that go together with SCZ to achieve highest level of traffic safety. The solutions mentioned here basing on a principle: warning vehicle at the intersection when train enter SCZ. Warning would be generated by people, by signal traffic or by electronic bells or by Intelligent Traffic System (ITS).

**a. People Warning**

The authorities or local communities should hire person to guard the minor intersection (flagman). When train enter SCZ, this person will notice driver and people who are tending to cross the rail. Usually, train trips are announced for official guard station each 4 hours. It is recommended that these information should be sent to flagman via automatic SMS because it is truly convenient and low cost.

**b. Signal Traffic**

Signal Traffic in these location would be special. If it is possible, they should be connected with sensors or detectors that can recognize train when they come in the SCZ. At that time, signal traffic will be bright to alarm people and vehicle.

**c. ITS**

This is the modern approach in traffic safety engineering. The method of this solution is to use physical characteristic of rail (vibrating when train crossing out) or light sensor as above to recognize whether train is coming up. The bell or signal from system will warn people and vehicles. It seems a good method to apply.

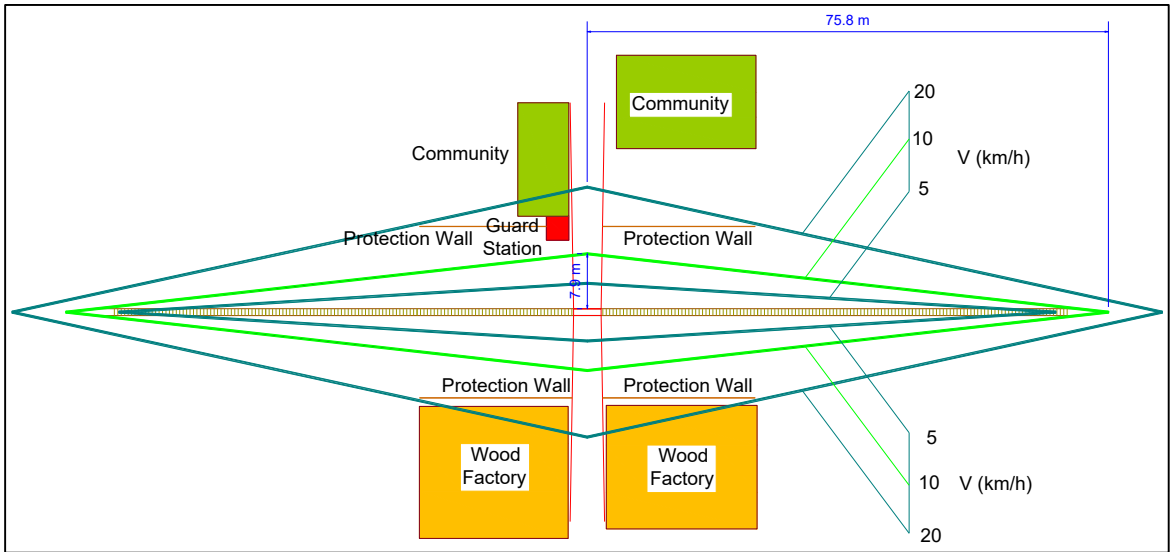



**Fig. 6:** Safety Clearance Zone of Intersection No.01

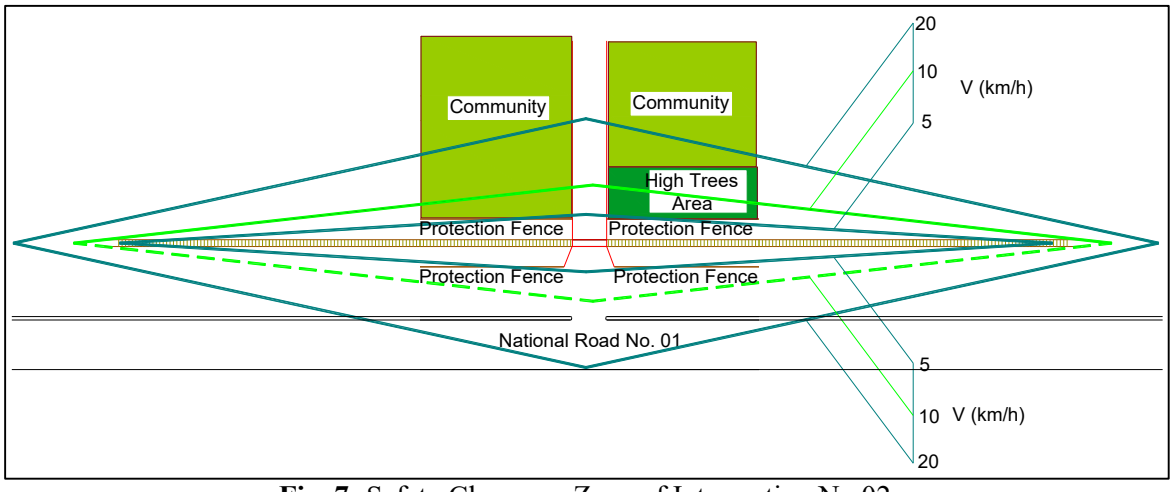



**Fig. 7:** Safety Clearance Zone of Intersection No.02

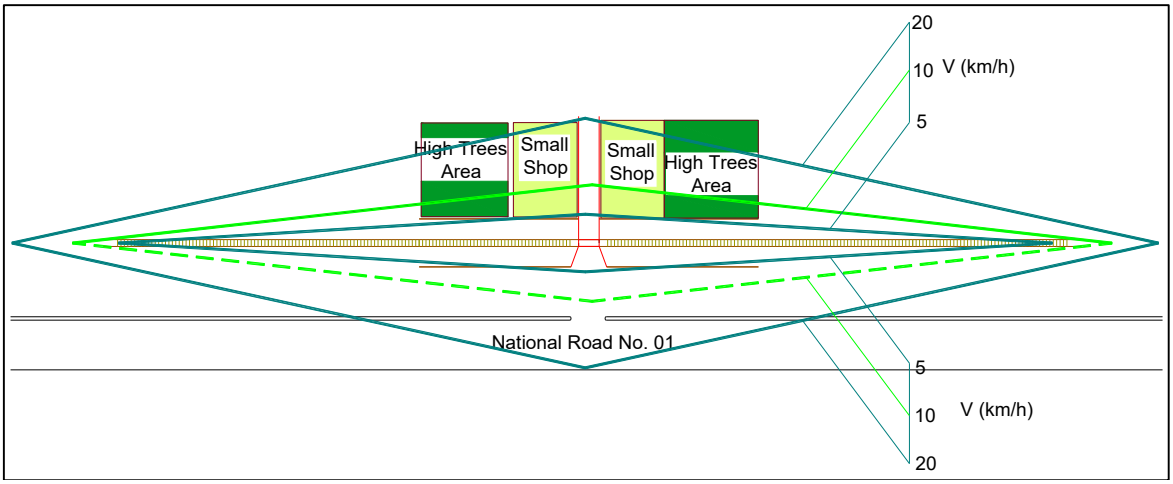



**Fig. 8:** Safety Clearance Zone of Intersection No.03

### 4.5. Cost – Effectiveness Study

It might be necessary to conduct the research about comparison between the traditional solutions such as setting up guard station and providing staff for operate barrier and the clearance works. At that time, there are no automatic crossing gate in Viet Nam so this paper will make the comparison between traditional guard station cost and the clearance works cost.

Usually, there are 6 staff in each guard station, each shift (8 hours), 2 staff are in positions. The below table present the cost for staff in duration of 1, 5, 10 and 20 years.

**Table 9: Budget for Traditional Method**

| Monthly Salary | Budget for Staff (VND) | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 person | 1 year | 5 years | 10 years | 20 years |
| 3,000 | 216,000 | 1,080,000 | 2,160,000 | 4,320,000 |

**Unit: 1,000 VND**

Basing on safety clearance zone in model 1 (this study would intend to calculate the maximum cost for clearance) and the cost for land clearance of Ninh Binh Province(8), the cost for clearance were estimated as following table. It is noted that there are two kind of costs for clearance works: cost for residential land (8,000,000 VND/$m^2$) and cost for business land (4,000,000 VND/$m^2$).

**Table 10: Budget for CSD Method**

| Items | Intersection No.02 | | Intersection No.03 | |
|---|---|---|---|---|
| | Area | Budget | Area | Budget |
| Unit | $m^2$ | VND | $m^2$ | VND |
| Residential Land | 110 | 880,000 | | |
| Business Land | | | 150 | 600,000 |
| Total | | 880,000 | | 600,000 |

**Unit: 1,000 VND**

It is clear from two table that in the long term, the Crossway Sight Distance method take more effective cost than traditional method. If apply CSD method, the maximum cost for intersection 02 and 03 are 880,000,000 VND and 600,000,000 VND, respectively. While if apply traditional method, the budget after 10 years is more than 1 billion VND that exceed the amount of CSD method.

Furthermore, if the authorities apply the traditional method, the budget is increased year by year until other methods are applied. Therefore, this method show a plenty of disadvantages in long term access in term of payment.

### 5. Conclusion

For model 1, as can be seen clearly from the tables in 4.2, the higher velocity of vehicles requires much higher area for clearance and it is a disadvantage if resident area are contained in SCZ. In order to ensure two conditions: financial factor (reduce area of SCZ) and safety (increase area of

SCZ), acceptable size of SCZ should be proposed to meet these conditions.

Determination safety clearance zone with velocity of 5 km/h resulting in the best output. However, in considering to SSD, it is only 3.7 m, this would be a marginal distance to perform safety behavior because it is too close to railway. Avoiding unexpected conditions and for safeties state and from the model and reality of site, it is suggested to determine SCZ (maximum one) with velocity of vehicle at 10 km/h.

In addition, drivers are recommended to operate their vehicle at speed of 5 km/h. This lead to more benefits for safety condition due to combination of higher SCZ and lower velocity corresponding to this SCZ.

For model 2, it is clear from the table 8 that the distance $L_2$ = 2 m offered the smallest area while $L_2$ = 3 m generated highest area. However, the distance between rail and signboard should not be short in order to ensure the safety condition. This is reason why the distance $L_2$ = 2.5 should be chosen to set up signboard. On the one hand, it is quite safety distance for vehicle to stop nearby rail. On the other hand, it produce appropriate area of SCZ (minimum one) that brings benefits for both the authorities and local communities in work of clearing.

In order to perform a convenient comparison, the intersection 01 are taken as an example. The value of SCZ area of two model with suggested value are 597 $m^2$ for model 1 and 213.9 $m^2$ for model 2. It is obvious that it is better to set up SCZ follow model 1 (vehicle do not stop when crossing the rail). It also mets regular behaviors of drivers when they would not wanted to stop in front of rail. In case of difficulties, model 2 (vehicle must stop before crossing the rail) would became reasonable solution.

Cross Sight Distanceis reachable method for both the authorities and local communities. On the one hand, officials could set up the safety clearance zone in intersections that have high traffic volume. On the other hand, in other low traffic volume ones, they could provide reasonable values of SCZ for local communities and encourage them to set up the SCZ by themselves.

Cross Sight Distance is acceptable method to ensure safety for people and vehicles which cross an intersection. However, if the authorities could combine it with other solutions, it will be better. In most of cases, if the SCZ is reasonable and vehicles are operated with desired velocity, it is enough for safety. In some unexpected cases, there are some difficult conditions relating to behavior of driver as run vehicle with higher speed as mentioned or they do not observe up-coming train, other solutions are necessary such as hire flagman or set up signal traffic.

Cross Sight Distance is economical method in comparison with traditional method.

In long term, the authorities should provide more effective solutions such as build up Intelligent Traffic System (ITS) that could base on physical characteristics of train and rail to notice drivers at crossways.

## 6. Acknowledgement

I would like to send my sincere thanks to Prof. Tran Thi Kim Dang who has guided me to perform this research.

I also would like to say thanks to Mr. Dien Van Chuyen who provided me important documents relating to Railway System of Viet Nam.

## 7.References

1. **Ministry of Transport, Viet Nam.***Road-Rail Crossings Regulation.* Ha Noi : s.n., 2012.

2. **P. Ferro and D. Wyars.***Manual to Determining Required Sight Distance to Train at Level Crossings.* Victoria : Public Transport Cooporation, Infrastructure Devision, 1996.

3. **American Association of State Highway and Transport.***Policy on Geometric Design of Highways and Streets.* Washington, DC : AASHTO, 2011.

4. **Daniel B, Fambro et al.***NCHRP Report 400: Determination of Stopping Sight Distance.* Washington, D.C : National Academy Press, 1997.

5. **Viet Nam Railway Corporation.***Velocity of Train Regulation.* Ha Noi : VNRC, 2014.

6. **Gary Long.***Acceleration Characteristics of Starting Vehicles.* Washington, DC : Transportation Research Board, 2000.

7. **Drew.***Traffic Flow Theory and Control.* s.l. : McGraw-Hill, 1968.

8. **People's Committee of Ninh Binh Province.***Land Cost Regulation in Ninh Binh Province in period of 2015 to 2019.* Ninh Binh : People's Committee of Ninh Binh Province, 2014.

# Integrating development of multi-modal transportation and logistics infrastructure in medium-sized cities in Vietnam: case study in Danang

Paper Identification number: **AYRF14-043**

Dr.-Ing. Le Thu Huyen[1]

[1]Section of Transport Planning and Management,
University of Transport and Communication, VIETNAM
Telephone +84 4 3766 4053, Fax. +84 4 3766 6496
E-mail: lethuhuyen@utc.edu.vn; huyen318@gmail.com

## Abstract

Recently, Vietnam economic growth is accompanied with rapid urbanization. The number of cities with populations higher than 250,000 may grow from the current number of 19 to 35 by 2020, while there are about 40 cities with populations of more than 100,000. Of the latter group, there are 15 cities with populations of between 150,000 and 200,000[1]. The rate of urbanization has a significant impact on small and medium-sized cities in terms of population growth, pressure on housing and land-use, demand on infrastructure capacity and service provision. Without an appropriate master plan, these cities will be ill-prepared to meet the development challenges, including transportation, water supply, drainage and sanitation, housing supply, and related services.

The transportation and logistics sector is particularly essential as it enables the country to have a competitive supply chain and opens future markets. Unfortunately, Vietnam's multi-modal transport and logistics industry is now still at the rather infancy stage. A large part of the country's logistics network has not been operated in an integrated manner, resulting in a high logistics cost (around 20% GDP), nearly double that of developed nations. Inefficient air and ocean transportation system and a lack of supporting infrastructure on the landside, including warehousing and depot facilities are hampering the growth of efficient logistics practices in the country. Therefore, it has raised the need of conducting research on the master plan of logistics infrastructure development in Vietnam, particularly in medium-sized cities.

The paper shall cover such issues as (1) Reviewing state-of-the-art of integrating multi-modal transport and logistics infrastructure development; (2) Reviewing the current infrastructure development status in medium-sized cities in Vietnam to see the gap between the need and the capacity at the city level; (3) Introducing the integrating mode of multi-modal transport and logistics infrastructure development in Danang as the case study.

**Keywords:** multi-modal transport, infrastructure development, logistics and multi-modal transport, integrating mode of transport and logistics, medium-sized city

[1] Study of Urban Transportation Investment in Medium Sized Cities in Vietnam, Ministry of Construction, 2014

## 1. General Introduction

At the beginning, multimodal transport has been developed in Western Europe, America and then Canada and Asia. However, in the 1960s and 1970s, multimodal transport had very few opportunity to develop due to limitations in technology, organization and especially in regulation among countries and regions. In the 1980s, with the adaptation of the United Nations Convention on the International Multimodal Transport of Goods, there appear several other actors joining in such as national Multimodal Transport Operators, train stations, port authorities, institutes and insurance companies. From that time, there were many conferences and workshops about the development of multimodal transport.

Multimodal transport refers to the transportation of goods by at least two different modes of transport (such as road, rail, air or inland waterway, and short- or deep-sea shipping) as part of the contract where often a multimodal transport operator (MTO) is responsible for the performance of the entire haulage contract from shipping to destination (UN, 1980). The movement of goods could be within one country or international with additional procedures such as goods clearance at customs. With the massive growth in containerisation and the avoidable trend of shifting from the conventional uni-modal to an integrating systematic approach, multi-modal is currently the main common and efficient transport mode used globally. The transportation method integrates all transport modes' optimisation and organisation into a continuous system aiming at achieving operationally efficient and cost-effective delivery of goods in the supply chain.

A combination of different features of each transport mode normally can solve additional constraints on goods during transportation such as packaging, transportation conditions and storage. On the other hand, multimodal combines the specific advantages of each mode in one voyage, such as the flexibility of road haulage, the relatively large capacity of railways and the lower costs of short/deep-sea transport in the best possible way (Zaheer, 2008). Moreover, in comparison with road transport, which plays a relatively dominant role in the traditional freight transport in Vietnam, several alternative modes of transport, such as rail, inland waterway and short sea shipping, are widely recognised as being less harmful to the environment as well as the social economics benefit in general.

With multiple characteristics of each mode, an added complication is the management of the whole seamless multimodal transportation process which is complex and involves different players such as freight forwarders, third-party logistic service providers, couriers, carriers of different modes of transport, MTOs, rail, sea carriers, port and intermodal terminal operators (Marchet et al., 2009). The communication between these parties has to be precise, timely and costly efficient to ensure the flawless and visible delivery process. Such requirements may be challenging due to different technologies deployed by different companies. The diverse nature of managing the multimodal transport chain is supported by a series of activities, in which each phase needs to be optimised and possibly integrated with other activities for effective and efficient business operations: transportation order handling (delivery schedule, forecasting); prepare the transportation chain (select and contract actor services); prepare transportation (loading, customs); perform transportation (reports on unloading, loading, damage); monitor transportation (track vehicles and drivers′ behaviour); and terminal operations (control loading/unloading, manage stock terminal) (INFOLOG, 1999).

In the fact, it can be seen that logistics service can work only in the region and countries with the sustainable infrastructure, especially transportation infrastructure. Seaport plays a very important role, deciding the development of logistics industry in each country. The seaport is the central point to connect all other domestic transportation modes such as railway, road, inland water way, etc. Transportation is the key in improving the quality of logistics service and competition advantage of manufacturer and exports.

At the same time, logistics industry is the major economic connection going through the whole chain of goods production and distribution. Logistics acts as the essential element to push the economic development at regional seaports, international gate in order to improve the operation capacity and efficiency in the seaport as well as other transportation mode. It can be said that logistics service plays the key role in efficiently operating maritime and other transportation mode.

It is needed to emphasize that modal logistics infrastructure suffers from a number of shortcomings that are currently being addressed through infrastructure investment programs. It is

important, however, that these programs must be complemented by "soft" measures that help ensure optimal use of existing as well as planned infrastructure.

In conclusion, integrating logistics and multi-modal transportation industry must be the focus of such developing country as Vietnam in this century. The logistics development strategy established the need for the integration of the modal development plans both in terms of infrastructure and of service development. This logistics development strategy consequently proposes further initiatives that can help support specific infrastructure development in Vietnam. The question raising now is that how this strategy can be adopted in medium-sized cities with rather limited capacity and investment source.

## 2. Infrastructure capacity deficiency in Vietnam medium-sized city

As mentioned above, the urbanization rate has burdened over MSCs in terms of population growth, pressure on housing and land-use, demand on infrastructure capacity and service provision. Main problems facing with the MSCs in Vietnam can be summarized in different aspects as follows:

- Traffic congestions are rather serious with the unbalance of supply and demand side.
- Flooding/drainage, traffic safety and parking are main problems.
- Logistics infrastructure:
  - Freight transportation depends much on road network
  - Most of cities suffer from limited capacity of marine ports (if any), inland waterway, railway system and road network
  - Lack of modern and advanced logistics infrastructure and facility
  - Lack of intermodal transportation system
  - 10-60% of urban roads including national, provincial and city roads are in poor surface conditions.
  - Road hierarchy is unclear in many cities. In some cities, urban and inter-city traffic are mixed in urban areas
  - Maintenance is lacking in all cities.
- Communication network and IT application:
  - Internet and communication network has been developed in almost MSCs
  - Most of enterprises combine IT and manual measurements in logistics management system. The highest ratio of IT application is in the field of order management.
- Resettlement is becoming increasingly a serious concern.
- Funding is insufficient and unstable for infrastructure development.

Taking the criteria of population from 250.000 to 1.000.000 to be the threshold, there are about 19 cities in Vietnam, which can be defined as MSCs. A short review over the transport and logistics system of these cities has been conducted in 2014.

At present, urban transport infrastructure of MSCs in general is relatively well provided, though they claim lack of budget for investment and maintenance as well as human resources. However, when the urbanization rate is at such high level as currently, the infrastructure may not be able to keep up with the rapid increase of travel and transportation demand. Resettlement and compensation costs are getting high. The knowledge on logistics service and logistics infrastructure at the management and operation levels are both rather limited.

The quick survey also revealed gaps in planning and management capacities in MSCs, with the following remarkable points:

- All cities suffer from lack of adequate capacities both in planning and management.
- Lack of budget is the number one constraint followed by human resource.
- Construction Plans are mostly prepared by the Institute of Architecture and Planning. Cities assess the plans are too big to be implemented and do not indicate implementation strategies. More intensive involvement of cities stakeholders is considered necessary.
- For logistics planning development and management, cities need to increase staff considerably in all steps (policy formulation, planning, budgeting, project preparation and appraisal, implementation, maintenance and monitoring). On-site training is also needed.
- Need for coordination mechanism between city and province on planning and management activities, as well as establishment of standard and norms on capacity building.

Infrastructure in Vietnam MSCs is improving day by day. However, lack of capital investment leads to non-synchronization in transport networks causing difficulty in connecting modes of transport for moving passengers and cargoes. The biggest problem, however, is capital: shipping, aviation, railways and roads need capital to develop as an

urgent need nowadays. The combination of modes of transport in Vietnam, the importance of multimodal transport is well known, but with the small capital and lack of competent human resources, enterprises can only be agents, brokers, or other intermediaries.

From that, it can be seen the need for appropriate policy and investment framework for logistics and infrastructure provision for MSCs.

## 3. Case Study of Danang

### 3.1. General overview of Danang situation

Danang is the city locating in Vietnam central area with the population of about 1.000.000. Since its designation as a Class I city in 1997, Danang, as with the rest of Vietnam, has seen rapid socio-economic changes. Economic liberalization has increased the opportunities for investment, promoted economic development, and brought about social changes. However, Danang City is located in central Vietnam far from Hanoi capital city and economic center of HCMC by 700km to 900km. While this physical distance has been a handicap for growth, the growth of Danang City is crucial and decisively important for integration of the north and south as well as the entire country.

Establishing competitive growth strategies and mechanisms to ensure the study area's sustainable development, wherein Danang will play a central role together with other major urban areas in central Vietnam, lshal be the central policy consideration.

With its location in the centre of Vietnam and one of very important gates from South-East Asia to the ocean, Danang may act as a connection point connecting the surrounding area of Vietnam Central Economic Focal Zone (CFEZ) to the rest of the country and global market.

While the urbanization trend in Vietnam is irreversible and will even accelerate, the capabilities of such medium-sized cities as Danang are becoming more and more critical to avoid the excessive concentration of population and activities which is occurring in Hanoi and HCMC.

Danang has ample opportunities to grow to a truly competitive hub for socio – economic activities at national and international levels through much enhanced strategies to tap its potentials of the city as well as CFEZ.

The study is the basement for Danang PPC to take into consideration and make decision on plans and projects to develop logistics industry, aiming at:

- Establishing the chain of logistics services in the Central Economics Focal Zone, with Danang city as the Logistics Hub;
- Danang port is acting as the gate of logistics chain into ASEAN and APEC countries;

Developing a comprehensive and inter-connection logistics network for Danang and surrounding area.

### 3.2. Danang SWOT analysis

In the logistics industry, the biggest advantage of the city must be its ideal location in the country and the region.




**Fig.1. Danang in Greater Mekong Sub-region**

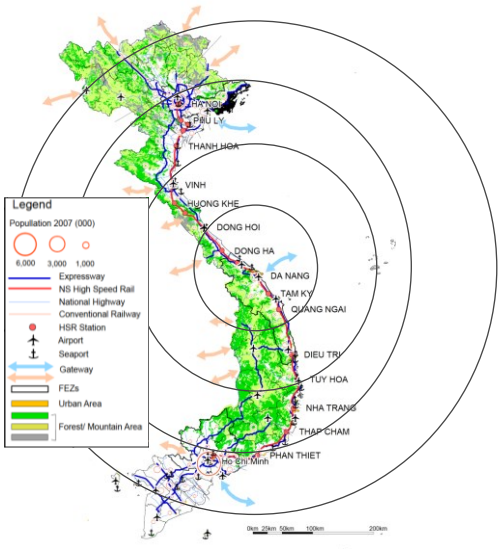



**Fig. 2. Danang's location in Vietnam**

**Table 1. SWOT strategy for Danang's logistics system**

| | | Facing with challenges | Taking opportunity |
|---|---|---|---|
| Strategy | Improving Strength | • Implementing The Charter of transportation through border gates in extended GSM to increase the commerce<br>• Extending the export market of Vietnam main goods beyond G20 countries.<br>• Developing the 1st cargo terminal in the Central Area.<br>• Devoping the regional Logistics network in combining with road, marine, airline and railway transportation. | • Re-assessing logistics and supply chain of main export items in order to determine fields to reduce the cost.<br>• Establishing the mordern ICD/logistics center in Danang to provide logistics service to FDI enterprises. |
| | Reducing Weakness | • Setting up electronics communication gate to improve customs transactions in ports and border gates<br>• Reviewing and modifying current regulations as obstacles over 3PLs development | • Establishing the logistics Forum, logistics consultant unit for capacity enhancement<br>• Determining airline logistics service to support export goods with high value |

*Sources: Base map from JETRO's ASEAN logistics roadmap, GDP from ASEAN Secretariat data for 2007, and VITRANSS 2 estimates for 2030*

Conducting SWOT analysis in Danang leads to the strategy for developing the logistics industry as described in Table 1.

From such analysis, it is proposed the strategic target for Danang city to develop the regional logistics center until 2020. The city also aims at developing 3PL logistics service in 2020. The main objective cargo to be focused within the logistics system shall be importing and transition cargo (in both directions) through seaports, railway, road and airline, aiming at container. Danang exporting cargos are merely aquaculture and industrial products.

Full logistics service shall be standardized as the following requirements:

- The logistics center can fully connect with transportation infrastructure.
- Good access to main seaports, airports and railway stations.
- Attracting high volume of export-import containers.
- Providing new logistics services.
- Efficient customs service (electronics);
- Gathering customers with the high demand for 3PL service (FDI and industrial zone enterprises)

### 3.3. Solutions for Danang's logistics system

With the city's area and population, from the SWOT analysis, it is proposed to select the city logistics model of single center for Danang in the period from now to 2020 (see Figure 3).

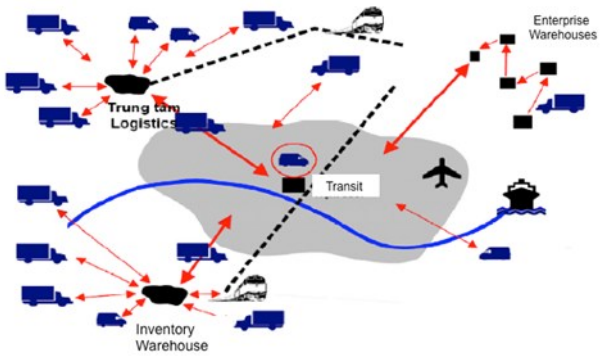



**Fig 3. Recommended logistics model for Danang**

From now to 2020, Danang logistics center performs as the regional logistics center (level 2). With the strategical location (see Figure 3), (eg. near the city center (15km), Đà nẵng railway station (8km); Đà nẵng airport (12km), Chu Lai airport (101km); Liên Chiểu port (23 km) and Dung Quất port (116km)), the Logistics center can easily connect with the whole transportation network, making full use of planned road transportation main corridors. However, it should be taken the railway into consideration. The logistics center can connect with the railway either (i) by road transport; (ii) by railway with new line invested by Vietnam Railway.

- Providing logistics service for national, export-import and transition freights going in the direction of north-south, east-west, supporting Tay nguyen highland; freight flow from and to Lien Chieu port, Danang port; transition freight flow from Lào, Cambodia, China, Thái Lan;
- Inventory for manufacturing/industry and households demand in CFEZ and Danang;
- Distribution center to support commerce and manufacturing in CFEZ and Danang

- Terminal for transportation and multi-modal transportation:




**Fig. 4. Recommended location for logistics center**

Last but not least, the study has determined the main functions of the logistics center as the following details:

- Freight forwards and warehouse :

- Terminal stations for freight transportation by railway and road;
- Transition point between railway and road; sea and road; airline and road;
- Terminal ICD for CFEZ

- Providing other value-added services and technical support

Fig. 5 shows the example for locating functional zones in the recommended logistics center.

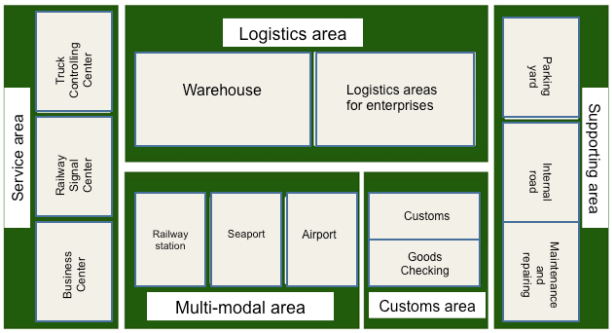



**Fig. 5. Functional zones in the logistics center**

## 4. Conclusion and recommendation

From the study, it can be concluded that the logistics performance of Vietnam is not comparable to its potential. Main issues facing with MSCs can be mentioned as:

- Accelerating urbanization requires sustainable and balanced urban/regional development;
- Big gaps in Planning and Management Capacity;
- Logistics Infrastructure limitation and low capacity, quality;
- Inappropriate management and operation in logistics enterprises.

Danang's experience in developing logistics and multi-modal transportation infrastructure lead to the following lessons learned for MSCs:

- Developing the logistics model for the city is essential in the current context;
- Other elements needed in developing the logistics models shall be:

  Conducting the master plan of logistics infrastructure with the support from inter-connecting transportation network (national and regional).

  Developing logistics centers/parks at regional and local areas.

  Developing communication network and IT application, improving logistics service.

  Enhancing capacity from authority, management to enterprises operating in the logistics field

  Controlling the process of master planning and implementation

  Developing convenient conditions for private section to invest into constructing and operating Logistics Center.

## 5. Acknowledgment

This research was supported by ATRANS Young Researcher's Forum 2015, grant number AYRF15-043.

## 6. References

[1] **Banomyong, R., P. Cook, and P. Kent. 2008.** *Formulating regional logistics development policy: the case of ASEAN*. International Journal of Logistics Research & Applications, Vol. 11, No. 5, pp. 359–379.

[2] **Banomyong, R. 2000.** *Multimodal Transport Corridors in South East Asia: A Case Study Approach*. Cardiff: Cardiff University. Cardiff Business School PhD thesis.

[3] **Banomyong, R., P. Cook, and P. Kent. 2007**. *Regional Logistics Policy Formulation: The Case of ASEAN*. Logistics Research Network (LRN) Annual Conference Proceedings. Hull, United Kingdom. 5–7 September. pp. 536–542.

[4] **Liberatore, M. J., and T. Miller. 1995.** A Decision Support Approach for Transport Carrier and Mode Selection. *Journal of Business Logistics.* 16 (2) pp. 85–115.

[5] **Chikan, A., (2001**) Integration of production and logistics – in principle, in practice and in education, *Int. J Pro Econ* 69 (2):129-140.

[6] **Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development of Germany (2010)** Freight transport and Logistics Action Plan – Logistics Initiative for Germany

[7] **Friozenzo-Catalano**, M.F., **(2007**) Choice Set Generation in Multi-Modal Transportation Networks, *Doctoral Thesis in TU Delft.*

[8] **G. Marchet, A. Perego, S. Perotti (2009)** An exploratory study of ICT adoption in the Italian freight transportation industry, *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, 39 (9), pp. 785–812

[9] **INFOLOG (1999**) INFOLOG: Intermodal Information Link for Improved Logistics. *Public summary report.*

[10] **Zaheer, R., (2008**). Multimodal transport and logistics: best practices, achieving greater efficiency and challenges. *Proceedings of the 1st Arab Logistics & Multimodal Transport Conference*. Amman, Jordan.

# Travel survey data: Comparative analysis from different travel survey methods

Paper Identification number: **AYRF15-044**

Thanh-Tu NGUYEN

Institute of Transport Planning and Management
University of Transport and Communications (Vietnam)
Telephone 0084-9-8919-4794, Fax. 0084-4-3766-6496
E-mail: thanhtunguyen.utc@gmail.com

## Abstract

Based on the travel survey conducted by two survey methods, GPS data logger and travel diary, the author analyzed the difference of travel survey estimations between these methods in term of the number of trips, start time, end time, travel distance, temporal and spatial data precision. The research not only indicates the causes of differences in travel data estimation but also provides the trip information forgotten by respondents in the travel survey by conventional method. The long term objective of research is finding an effective travel survey method combining GPS and questionnaire.

**Keywords: Travel survey, GPS, Diary**

## 1. Introduction

There are many problems in travel household survey by interview, such as: the under-reporting of trips; the inaccuracy estimation of travel time, travel distance, origins and destinations. Among them, the most serious problem is the under-reporting trips, because it will cause the under-estimation of travel demand in transport planning. The main reasons for under-reporting of *trips* are the length of the survey, forgetfulness of respondents, or respondents considering the trips unimportant (Wolf *et al.,*2003). Walk and bicycle trips were also commonly missed.

In recent years, with the development of new technologies, several methods have been developed to overcome these problems. Using a GPS data logger in the household travel survey provides the opportunity to identify differences in trip rates; the characteristics of trips that are not reported or not recorded; start and end time; travel time and travel distance.

This paper reports on a GPS survey that was conducted in conjunction with DEST/IFSTTAR[1] in 2012/2013. The objective of the study was to compare the differences of travel data from two survey methods and find out its causes.

The results of this study can be used to analyze the advantages and disadvantages of each travel survey method and to develop a combination method to obtain the more accuracy travel data.

## 2. Literature review

The travel survey by GPS was conducted for the first time in 1997 in Austin - Texas (Arce & Casas, 1999) and since then there are several studies on the using of this technology in travel survey. The GPS data show firstly the rate of missing trips in conventional method (by CATI, CAPI, face-to-face or self-administrated). This is a significant shortfall considering that household travel surveys are used for transport modeling and planning. From data of six surveys using CATI and GPS in the US from 2001 to 2004, (Wolf, J., 2000) showed missing trips can be from 11% to 35%. However, the first experiment was only in car trips, which facilitated the performance of GPS. In the research of Forrest and Pearson (2005), they showed that in a CATI household travel survey in Laredo, Texas only 44 percent of trips recorded by a GPS were able to be successfully matched with a trip reported by CATI. By combining GPS and a prompted recall survey, Stopher et al. (2007) found that a rate of non-reported trips was only 7.4% but they ignored all the trips non-recorded in the GPS by some reasons (forgetting to wear, no satellite signal or others reasons).

[1]IFSTTAR: French institute of science and technology for transport, spatial planning, development and networks

## 3. Methodology

The survey was conducted by two main tools at the same time: a wearable GPS receivers and travel diary self-reported. The methodology is mentioned as follows: all participants were asked to hold/bring GPS on all trips undertaken within a week, they were also asked to report their undertaken trips to the diary at the end of the day. The collected information consisted of the starting time, end time, mean of transport, travel purpose and travel distance. The information of household and the socioeconomic characteristics were also collected from the survey. The socioeconomic information was: age, gender, educational level, occupation, revenue, and its study status, motor/car license, driver frequency the taste for driving.

To remind the participants of always wearing the GPS during their trips, a text message has been sent to them in every early morning.

The data recorded by the GPS devices consisted of a lot of raw data with detailed information including record ID, latitude and longitude, date and time, and instantaneous speed. We first imported all the information from GPS to the computer by their software. Then to deriving these data to the travel data, we used the software developed by INRETS[2] (Yuan, 2010). The deriving principle of this program is following: Firstly, a program was run to remove all bad data points and create trip ends where the device was stationary for 120 seconds or more. The second program was run that created route information, including origins, destinations, travel distance, starting time, end time, and travel time for each trip for each day.

The collected information from both GPS and diary then was put together for each person, each day and was compared manually. .

## 4. Results

### 4.1. Response rate

The survey was conducted with 95 participants. There were 1150 trips obtained by both GPS and diary. Naturally, there were also missing trips which imply the trips recorded in GPS without information in the diary, and, the trips reported in diary but not recorded in GPS. Table 1 presents the results of collected trips.

[2] INRETS: The French National Institute for Transport and Safety Research

**Table 1** Number of trips collected

| Survey method | Identified | Missing trips (non-identified) | Total |
|---|---|---|---|
| GPS recorded | 1150 | 530 | 1680 |
| Diary reported | 1150 | 722 | 1872 |

### 4.2. Outcome analysis

- **Starting time and end time accuracy**

The difference of the starting time and end time between GPS and diary is presented in Table 2. Among these trips, only 18 percent of trips recorded within 2 minutes of the actual starting time recorded by the GPS; 41 percent of trips were reported within 10 minutes and 27% trips having the difference more than 15 minutes. This indicates of significant level of inaccuracy in the reporting travel time. However, when conducting the analysis in details, it can be seen that the starting time of more than 70% of reported trips were earlier than that in the GPS. This higher rate could be caused by the co*ld start*[3] of GPS.

**Table 2** Start time difference

| GPS and diary difference (+ or -) | number trips | Percent |
|---|---|---|
| 0 (exactly matched) | 100 | 8.7 |
| 0 to 2 minutes | 209 | 18.2 |
| 0 to 5 minutes | 473 | 41.1 |
| 0 to 10 minutes | 719 | 62.5 |
| 0 to 15 minutes | 842 | 73.2 |
| Total | 1150 | 100.0 |

In term of the end time, 13 percent of trips was reported exactly (the difference is equal 0) About 72% percent of end trips were reported within 10 minutes and the difference exceeds 15 minutes is only 20 percent of trips. With this result, we can see that the end time reported is more accurate than the start time.

These result shows that the difference of starting time is greater than the end time. This can

[3] Cold start: is performed every time when the GPS module is turned off without backup power supply connected. It is the longest starting time out of the three and usually takes 35 seconds in average under open sky environment. During Cold Start, almanac and ephemeris data has to be downloaded first from the GPS satellites to GPS module before a position fix can be acquired.

be explained by the fact that the GPS requires a period of time to receive the signal from the satellite after starting device. Once the GPS runs, it works until the end of travel. This result was also confirmed by Stopher et al.(2007).

**Table 3** End time difference

| GPS and diary difference (+ or - ) | Number trips | Percent |
|---|---|---|
| 0 (exactly matched) | 151 | 13.1 |
| 0 to 2 minutes | 392 | 34.1 |
| 0 to 5 minutes | 644 | 56.0 |
| 0 to 10 minutes | 828 | 72.0 |
| 0 to 15 minutes | 921 | 80.1 |
| Total | 1150 | 100.0 |

- **Travel duration difference**

All trips have been analyzed in terms of travel duration. The results show that there was a high rate of trips recorded by GPS with duration less than 5 minutes: the rate is 27.6 percent against 8.7 percent in the diary reported. With this rate, it may be an assumption of an overestimation of short duration (<2km), the respondents would tend to overestimate the length. The distribution of travel duration is presented in the Table 4.

**Table 4** Travel duration distribution

| Range (minutes) | Diary trips | Percent | GPS | Percent |
|---|---|---|---|---|
| 0-5 | 163 | 8.7 | 463 | 27.6 |
| 6-15 | 288 | 15.4 | 315 | 18.8 |
| 16 -30 | 1022 | 54.6 | 702 | 41.8 |
| 30-60 | 337 | 18.0 | 168 | 10.0 |
| >60 | 62 | 3.3 | 32 | 1.9 |
| Total | 1872 | 100.0 | 1680 | 100.0 |

The difference between travel time recorded by GPS and reported by diary is presented in the table below. We consider 5 slices, less than 2 minutes, from 2 to 5 minutes, 5 to 10; 10-20 and over 20 minutes; the rate is around 20 percent for each slice, except 14.1% beyond 20 minutes. In the table, only the matched trips are analysed.

**Table 5** Travel duration difference

| Difference (-) or (+) (minutes) | Trips | Percent of total trips |
|---|---|---|
| <2 | 226 | 19.7 |
| 2- 5 | 257 | 22.3 |
| 6- 10 | 255 | 22.2 |
| 11- 20 | 250 | 21.7 |
| > 20 | 162 | 14.1 |
| Total | 1150 | 100.0 |

To better understand the trip duration difference, we divided the trips into 2 types: over-reporting and under-reporting trips. The results are in the tables below.

**Table 6** Over-reporting of travel time

| Diary minus GPS | Trips | Percent of total trips |
|---|---|---|
| 0.01 to 2 minutes | 141 | 12.3 |
| 2 to 5 minutes | 199 | 17.3 |
| 5.01 to 10 minutes | 221 | 19.2 |
| 10.1to 20 minutes | 222 | 19.3 |
| >20 minutes | 153 | 13.3 |
| Total | 936 | 81.4 |

Among 1150 matched trips, there were 936 trips whose reported duration exceeds that of GPS, with a rate of 81.4%. By crossing these differences by time range, we found an approximate rate in each range.

**Table 7** Under-reporting of travel time

| GPS minus diary | Trips | Percent of total trips |
|---|---|---|
| 0.01 to 2 minutes | 22 | 1.9 |
| 2 to 5 minutes | 58 | 5.0 |
| 5.01 to 10 minutes | 34 | 3.0 |
| 10.1to 20 minutes | 28 | 2.4 |
| >20 minutes | 10 | 0.9 |
| Total | 152 | 13.2 |

The table 7 shows the under-reporting trips. As we can see, it concerns 152 trips in 1150 (13.2%), including 75% with a difference of less than 10 minutes.

- **Trip distance difference**

In GPS, the trip distance was calculated from the origin and destination by the program. In the travel diary, the travel distance was estimated by respondents.

First, the distribution of distances per range was estimated. In the range of less than 2 km, the

rate of GPS trips is higher than that reported in travel diary, 34.2% against 22%. However, for more than 5km, the trips recorded by GPS is lower than trips reported (37.1% against 48.5%). The average distance by GPS is lower than that of the diary, 6.4 km against 7km. We also calculated the distance average by each transport modes and between them, the travel distance by car is the greatest (more than 20km) because, the car is usually used for long distance. For the daily trips, the motorbike is the most selection in Vietnam. In this study, trip distance by walk and bicycle was also analyzed and the result show that their rate is limit. The result is in the table 8.

**Table 8** Travel distance distribution

| Range | Diary | | GPS | |
|---|---|---|---|---|
| | Trips | % | Trips | % |
| < 2km | 411 | 22.0 | 575 | 34.2 |
| 2.01 to 5 km | 552 | 29.5 | 483 | 28.8 |
| 5.01 to 10 km | 611 | 32.6 | 406 | 24.2 |
| > 10km | 298 | 15.9 | 216 | 12.9 |
| All | 1872 | 100.0 | 1680 | 100.0 |

Table 9 shows the difference of distance between GPS and diary. As the trip duration, we divided the distance into 2 cases: over-reporting and under-reporting of trip distance. Among 1150 matched trips, 872 trips (76%) were over-reporting. That is, the respondents reported their trips longer than the GPS recorded.

Table 10 shows that 24.2 percent of trips were under-reported of distance. In which 18.7 percent of the under-reported trips less than 2km and 5.5 percent were under-reported by more than 2 km.

**Table 9** Over-reporting of trip distance

| Range | Trips | Percent of total trips |
|---|---|---|
| 0-0.1km | 45 | 3.9 |
| 0.1 1- 0.5km | 146 | 12.7 |
| 0.51-1km | 145 | 12.6 |
| 1.01 - 2km | 179 | 15.6 |
| 2.01 - 5km | 229 | 19.9 |
| >5km | 128 | 11.1 |
| Total | 872 | 75.8 |

**Table 10** Under-reporting of trip distance

| Range | Trips | Percent of total trips |
|---|---|---|
| 0-0.1km | 55 | 4.8 |
| 0.1 1- 0.5km | 69 | 6.0 |
| 0.51-1km | 38 | 3.3 |
| 1.01 - 2km | 53 | 4.6 |
| 2.01 - 5km | 40 | 3.5 |
| > 5km | 23 | 2.0 |
| Total | 278 | 24.2 |

- **Temporal precision of travel data**

Table 11 shows the rounding error of the travel time in minutes. The starting time and end time recorded by GPS are more accurate than that in the diary reported, 15 percent of trips round to 30 minutes and only 20 percent of responses are reported by minute. We can easily observe that clarification in the table below.

**Table 11** Temporal precision (%)

| Minutes | Starting time | | End time | |
|---|---|---|---|---|
| | GPS | Diary | GPS | Diary |
| 0 | 1 | 13 | 2 | 10 |
| 30 | 2 | 15 | 2 | 15 |
| 15 or 45 | 4 | 14 | 4 | 12 |
| 10; 20 ; 40 or 50 | 7 | 24 | 6 | 16 |
| 5; 25; 35 or 55 | 6 | 13 | 7 | 25 |
| More precise | 81 | 20 | 80 | 22 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

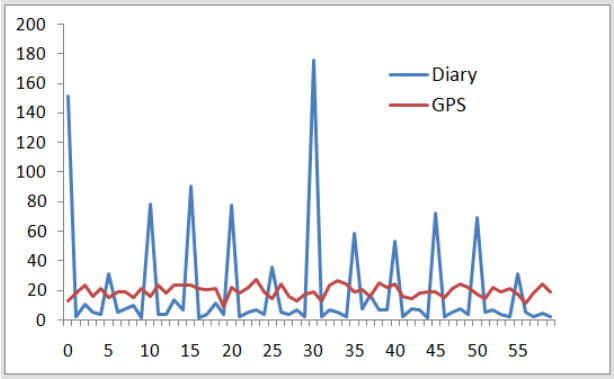



**Fig. 1** Trip distribution by minute of starting time

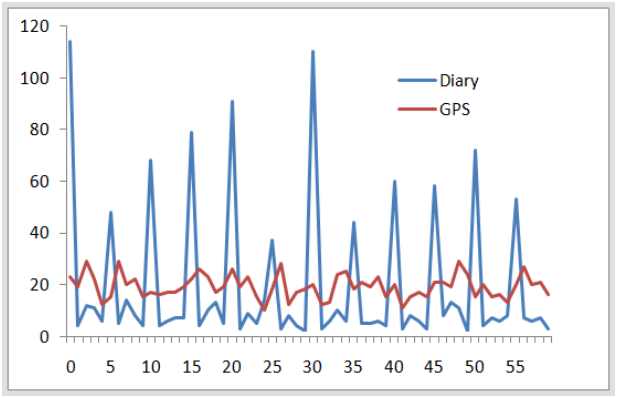



**Fig. 2** Trip distribution by minute of end time

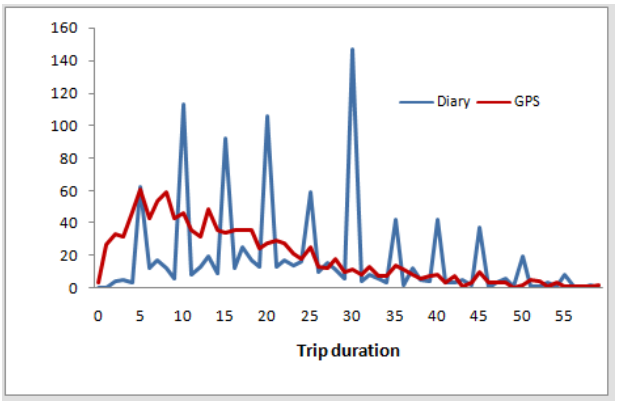



**Fig. 3** Trip distribution by travel duration

- **Spatial accuracy**

In the trip diary, over 60 percent of trips were described in kilometer while this rate is around 10 percent in GPS. The result is presented in the table 12.

**Table 12** Distance accuracy (%)

| Distance reported | Diary | GPS |
|---|---|---|
| 1 ; 2 ; 3; 4; 5; 6; 7 .... precise of 1 km | 64 | 13 |
| 0,5 ;1,5 ; 2,5; 3,5 ...precise of 0,5 km | 18 | 12 |
| 0,1; 0,2; 0,3 ; 0,4; 0,6 ; 0,7; 0,8; 0,9; 1,1 ... precise of 0,1 km | 18 | 75 |
| Total | 100 | 100 |

### 4.3. The missing trips by GPS

The missing trips by GPS were defined as the trips that were recognized in travel dairy but were missing in GPS. Among 1872 trips reported in diary, 722trips were not matched.

We firstly analyzed the effect of the number of trips that respondents undertaken during a day that had on the missing trips in GPS. After that, the time and distance are examined to see if there is a relation between a short distance/ duration with the missing trips. Table 12 shows in details all missing trips by GPS. We find the following results:

- Timetable: There is no practical difference in the day, but the trips made in the evening were better recorded. Missing trips rate is about 40% in the day but only 26% the evening.

- Travel time and travel distance: the missing trips rate is greater when the travel distance/time is short. Here, we found around 50% for trips of less than 5 minutes or less 2km. This rate is only 16% when traveling more than 60 minutes and 24% for those over 10km.

- Travel purposes: The missing trip rate for pick-up/drop off purpose accounted for the highest percentage with 57%, the second rank was study purpose which made up about 55%. At the third rank, shopping purpose accounted for approximately 48%.

The analysis is presented in the table 13.

**Table 13** Characteristics of missing trips by GPS

| | Range | Missing trips | Total trips | % missing trips |
|---|---|---|---|---|
| Travel load | 2-Jan | 195 | 499 | 39.1 |
| | 4-Mar | 289 | 654 | 43.1 |
| | 6-May | 153 | 398 | 38.6 |
| | >=7 | 85 | 321 | 26.3 |
| Start time | before 9h | 222 | 523 | 43.1 |
| | 9h - 11:59 | 111 | 289 | 38.4 |
| | 12h - 16:59 | 177 | 431 | 41.2 |
| | 17h - 20:59 | 185 | 567 | 33.2 |
| | 21h - 23:59 | 16 | 62 | 25.8 |
| Travel time | < 5 minutes | 81 | 163 | 49.7 |
| | 6-15 minutes | 127 | 286 | 44.4 |
| | 16-30 minutes | 407 | 1024 | 39.1 |
| | 31 - 60 minutes | 97 | 337 | 28.8 |
| | >60 minutes | 10 | 62 | 16.1 |
| Travel distance | <=2km | 243 | 415 | 59.2 |
| | 2.1km - 5km | 201 | 557 | 36.4 |
| | 5.1km - 10km | 196 | 602 | 32.6 |

| | Range | Missing trips | Total trips | % missing trips |
|---|---|---|---|---|
| | >10km | 72 | 298 | 24.2 |
| Trip purpose | Home | 252 | 662 | 38.3 |
| | Work | 199 | 612 | 32.2 |
| | Study | 39 | 71 | 54.9 |
| | Shopping | 39 | 79 | 48.1 |
| | Professional | 20 | 72 | 26.4 |
| | Personal | 63 | 132 | 47.3 |
| | Pick up/drop off | 49 | 86 | 57 |
| | Visit | 49 | 130 | 36.9 |
| | others | 12 | 28 | 38.5 |
| Total | | 722 | 1872 | 38.2 |

### 4.4. Missing trips by diary

As in the previous section. we found that the most mobile people tend to forget to note in the travel diary . Here we found 47% of trips missed by diary which happened in the day with more 7 trips undertaken. while this rate in the day with less than 2 trips is only 16 percent.

By crossing the missing trips with distance. we found the rate of 50% of trips were less than 2km and only 17% for the trips were more than 10km. As for the travel duration. there were 56% of missing trips less than 15 minutes. This result is examined by the research of Stopher. FitzGerald and Xu (2007). Also, we observed that the higher missing trip rate by diary with the starting time from 12h to 17h with 41% trip missed. While this rate is only 14% for the trips started before 9h. The results were presented in table 14.

**Table 14** Characteristics of missing trips by diary

| | Range | Missing trips | Total trips | % missing trips |
|---|---|---|---|---|
| Travel load | 1-2 | 65 | 419 | 15.5 |
| | 3-4 | 137 | 498 | 27.5 |
| | 5-6 | 109 | 294 | 37.1 |
| | >=7 | 219 | 469 | 46.7 |
| Start time | before 9h | 49 | 345 | 14.2 |
| | 9h - 11:59 | 82 | 264 | 31.1 |
| | 12h - 16:59 | 179 | 427 | 41.9 |
| | 17h - 20:59 | 188 | 562 | 33.5 |
| | 21h - 23:59 | 32 | 82 | 39.0 |
| Travel time | < 5 minutes | 257 | 463 | 55.5 |
| | 6-15 minutes | 70 | 314 | 22.3 |
| | 16-30 minutes | 171 | 703 | 24.3 |
| | 31 - 60 minutes | 27 | 168 | 16.1 |
| | > 60minutes | 5 | 32 | 15.6 |
| Travel distance | <=2km | 288 | 575 | 50.1 |
| | 2.1km - 5km | 101 | 484 | 20.9 |
| | 5.1km-10km | 104 | 405 | 25.7 |
| | >10km | 37 | 216 | 17.1 |
| Total | | 530 | 1680 | 100.0 |

## 5. Conclusion

The travel survey by GPS receivers provides the opportunity to collect the travel data more precise and more accuracy. The use of diary self-administered option in the GPS travel survey was successful in getting all respondents to complete the survey.

In this study, we can note several inaccuracies of starting time, end time, travel duration and travel distance. For the starting time. with 70 percent of trips was reported before the time recorded in GPS, but the majority of the time difference is less than 10 minutes. The difference of end time between trip reported and recorded is less than the one of start time, 56 percent of trips had the difference less than 5 minutes. In term of trips duration, 87 percent of trips was over-reporting, among them 63 percent less than 10 minutes and 85% less than 20 minutes. The same results is for the trip distance with 80 percent of trips was over-

reporting, it mean that the respondents reported their trips longer than the GPS recorded.

We also analyzed the missing trips by GPS and by diary. We found that the rate of missing trips by GPS are often short distance trips. made the morning by people who have less than 5 trips in the day, for personal, shopping or pick up/drop off purposes. The missing trip by diary auto-administered were influenced by the long distance or duration trip, the time of day and the number of trips undertaken in the day.

This study demonstrates that the GPS can be used successfully to supplement travel diary survey. The GPS technology can be used for the travel data quality improvement. Some variables can be correct as trips rates, trip distance and travel time. But the replacement of the conventional travel survey by GPS travel survey demands more time to overcome the limits of the GPS as the missing trips by GPS caused by the forgotten of respondents, the nonresponse of transport modes and purposes.

## References

[1] Armoogum J.. Axhausen K.. Hubert J.-P. and Madre J.-L. (2004) "Immobility and Mobility seen trough Trip based vs Time use surveys" *International Conference on Transport Surveys Quality and Innovation*. Costa Rica. submitted to Transport Reviews.

[2] Armoogum J.. Madre J.-L. (1997) "Accuracy of data and memory effects in home based surveys on travel behavior" 76th annual meeting of Transportation Research Board. Washington.

[3] Forrest. T.. & Pearson. D. (2005). Comparison of Trip Determination Methods in Household Travel Surveys Enhanced by a Global Positioning System. *Transportation Research Record*. 1917(1). 63–71.

[4] Peter. S.R. et all. (2010). Comparing GPS and Prompted Recall Data Records. *12th WCTR*. (p. 17p). Lisbon. Portugal.

[5] Pierce. B.. Casas. J.. Giaimo.G... (2003). Estimating Trip Rate Under-Reporting: Preliminary Result From the Ohio Household Travel Survey. *Transportation Research Boad. Annual Meeting CD-Rom* . 24p.

[6] Stopher. P.R.. Xu. Min. (2005). Assessing the Accuracy of the Sydney Household Travel Survey with GPS. *Transportation Research Board 85th Annual Meeting.* 15 pages.

[7] Wolf. J.. Loechl. M. and Arce. C. (2003). "Trip rate analysis in GPS-enhanced personal travel surveys" in *Stopher. P. and Jones. P. (eds). Transport Survey Quality and Innovation*. Elsevier Science. Oxford.

[8] Wolf. J.. Bricka. S.. Ashby. T.. & Gorugantua. C. (2004). Advances in the Applications of GPS to Household Travel Survey. *Presented at the Transportation Research Boad National Household Transportatation Survey Conference*. Washington D.C.

[9] Yuan. S. (2010). Méthodes d'analyse de données GPS dans les enquêtes sur la mobilité des personnes - les données manquantes et leur estimation. *Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Paris.*

# EXAMINATION OF PROBLEMS FACED BY THE DRIVERS OF THREE - WHEELERS INKURUNEGALA DISTRICT, SRI LANKA

Paper Identification number: **AYRF15-046**

Chamodya Sathsarani Ranathunga[1], Djoen San Santoso[2]

[1]Department of Civil and Infrastructure Engineering, School of Engineering and Technology
Asian Institute of Technology, Pathumthani
Telephone: +94372248272 and +94775922507
E-mail: csathsarani@gmail.com

[2]Construction, Engineering and Infrastructure Management
School of Engineering and Technology
Asian Institute of Technology, Pathumthani
Telephone: +6625245534 and +6625245509
E-mail: djoensan@yahoo.com

## Abstract

Three-wheeler is the major paratransits mode in Sri Lanka, which can be seen in both small and big city. It provides flexible door to door service to the public. Even it provides better service to the public, many problems have to be faced by three wheelers drivers in the operation. The study was done to analyse the problems of the drivers in urban and suburban areas. Face to face questionnaire survey was used to achieve the purpose. It was found that urban drivers have to face more safety problems than suburban drivers. Limited parking spaces, higher level of injury when meet with an accident are the major problems faced by the urban drivers. Young drivers do not like to continue this job and all of them do the job as they have no other option. Old experienced drivers have problems of low income, poor facilities, and they have no organization to take care of them. Therefore, their self -satisfaction is very low. Because of that, government and the responsible authorities should take an action to solve the problems faced by the drivers.

**Keywords:** Paratransits, Three-wheeler, Safety, Self-satisfaction**,** Low-income

## 1. Introduction

Cities need sufficient infrastructure facilities and services in order to serve the public. Transportation infrastructure is the most needed facility to the developing countries as well as developed countries. In order to that, governments provide transportation facilities like construct highways and rail ways ,rehabilitate the rural roads, increase the number of buses, trains, introduce paratransits modes etc, for the benefit of the public.

Buses and trains are considered as formal transport (public) modes and paratransits are informal transport mode. Most of developing countries have no sufficient public transportation facilities. There is a big gap between the supply and demand in most Asian countries. Therefore, governments in those countries looked for another alternative modes like paratransits for fulfil the needs of the public. In the same manner Sri Lanka also thought about paratransits as public transport is in sufficient. As a solution for that the "Three wheeler" was introduced to Sri Lanka in 1978 by the government at that time .The starting point of the three wheeler was very slow. But today three wheelers are the most common visible informal paratransits mode in Sri Lanka. Three wheelers are becoming more popular due to their ready availability, provision of door to door service, ease contacting. It does an immense service to the country specially to the rural areas, where there is no enough public transportation system.

But, there are many problems of the customers as well as the drivers towards this industry. In most of the cases these drivers are perceived as robbers, gangster and thugs. Because of that three wheeler drivers are not welcomed by the present society in Sri Lanka. Even in some five star hotels, prohibit entering three wheelers.

(Kumarage 2010) This is one of the major problems faced by the drivers in three wheelerindustry. Apart from that, many problems have to be faced by drivers.

This research emphasizes the problems of three wheeler drivers in Kurunegala district. This study may useful to identify the problems in this industry for the beneficial of the three wheeler drivers.

Finding the Negative aspects in Service, Operation, Self –Satisfaction, Passengerbehaviour are the main purposes of the research. Their personnel attributes will be discussed in this research. The specific objectives are as follows.

- To analyse the problems of drivers in three wheeler operation.
- Find out the reasons for the problems faced by the drivers.

## 2. Literature Review

### 2.1 Role of Paratransits in Public Transportation

Paratransits are the one of the popular transport modes in developing countries. It is an alternative mode of flexible passenger transportation that does not follow fixed routes or fixed schedules. It plays an important role in the urban passenger transportation. It provides a variety of services including door-to-door movement by flexible for hire services. Paratransits offer some advantages to the public than other transportational modes. High accessibility and mobility, an operating cost is lower for short trips, easy and unimpeded lane movement and low maintenance cost are the main advantages (DLLAJ 2001). In rural areas there is no public transport system. specially during night times in emergency situations, there are no other modes to support. So paratransits comfortably fill these needs. In those areas the purposes of the trips are widely: getting to the hospital or to school, transporting materials or goods, returning home, visiting relatives and getting the bus stand or railway station are other advantages. (Somasundaraswaran, 2007)

### 2.2 Examples of Paratransits

A variety of paratransits modes are in south Asian countries. Most of the paratransits were operated by the private sector. In Sri Lanka "Three wheelers" are the popular paratransits mode. Bangkok (Tuk-tuk), Indonesia (rickshaw), India (Bajaj) are similar paratransits modes in Asian region.Apart from that AngkutanKota in Indonesia, Jeepny in Philippine, Songthaew in Thailand, Mammy wagons and Matatu in African countries are some of the popular types of paratransits.

### 2.3 Service Quality of Paratransits

Paratransits provide numerous services to the public transportation system in most of the developing countries. It does an immense service specially to the rural areas where lack of public transportation system. Considering paratransits there are many good service qualities but have minor qualities as well. Normally, service quality can be measured by evaluating the perception of the people .Passengers are most concerned and endeavouring to offer quality services and obtain passenger satisfaction.(Wen-Tai-Lai &Ching-Fu Chen 2011)

Joewono, Kubota(2007) found 70.7% of paratransits users answered that the service quality of paratransit is good enough and 53% respondents says that tariff is suitable with the service quality. They underwent 54 factors which are directly influenced to service quality in Bandung,Indonesia.Availability,Accessibility,Reliability,Information,Customer service, Comfort, Safety and security, Fare, Environmental impact are main factors they concerned.

### 2.4 Negative Experiences in Paratransits

There are some of negative experiences faced by the drivers were discussed by the past journals.

Somasundaraswaran found in their research that three wheeler drivers face many problems at night time: difficult to receiving money from the customer, and calling for illegal activities as lack of street lights. At night time they face parking problems as well. Authors found that the drivers have no confident on the job. Most of the drivers used rented the vehicle, so there is no guarantee that a rented vehicle could be given for the same driver for next day.

In most of the countries drivers are not, welcome by the society, so they have not self-satisfaction about their job. So most of them try to find for another job, As a result, sometimes after 10 years paratransits will be missed to the public.

### 2.5 Paratransits in Sri Lanka

"Three- wheeler" is the one of the key paratransits modes in Sri Lanka. It is just similar to the Tuk-tuk (Thailand), Bajaj (India), Auto-rickshaws (Indonesia).



**Fig .1** Three –wheeler

In 1970 non-motorized vehicles such as carts were popular in Sri Lanka. In 1977, the government at that time thought to import second hand vehicles to the country. As a result three wheelers imported to Sri Lanka mostly from Japan. Three wheelers introduced to the Sri Lankan market in 1978.At that time there were no many. But in the present, three wheelers are very common and can find in any time in any nook and corner in Sri Lanka .Today three wheelers are imported from India. (Somasundaraswaran)

Its service is very important in rural areas where no public transports .In small towns ,rural areas the services are widely: taking to the schools, hospitals ,market, returning home, visit someone are some of common services.. Always three wheelers can see near the markets, hospitals, bus stands, rail way station like places where people gathered. As three-wheeler is very small fit to the parking spaces all parking lots are filled by three wheelers. So there is no place to park other vehicles. The services discussed in above paratransits modes are similar to three wheelers as well.

Apart from that in Sri Lanka, three wheeler industry provides jobs to the unemployed youth.
In Sri Lanka Three- wheeler drivers are not permanent. Sometimes they hire a three wheeler from someone.At those situations there is noguarantee that the vehicle will give to the same driver in next day, so job satisfaction is very poor

20% of them said their job is bad. With increasing of metered cabs their business may falling off. Many of the drivers losing their business.

There is no one responsible in this industry. So the problems they have faced remaining same. But despite all the negative experiences three wheelers generate valuable service to the public.

## 3. Methodology

### 3.1 Approach

The methodology is based on a face to face Questionnaire survey which is conducted in the selected study area. General problems faced by the three-wheeler drivers are included in the questionnaire.

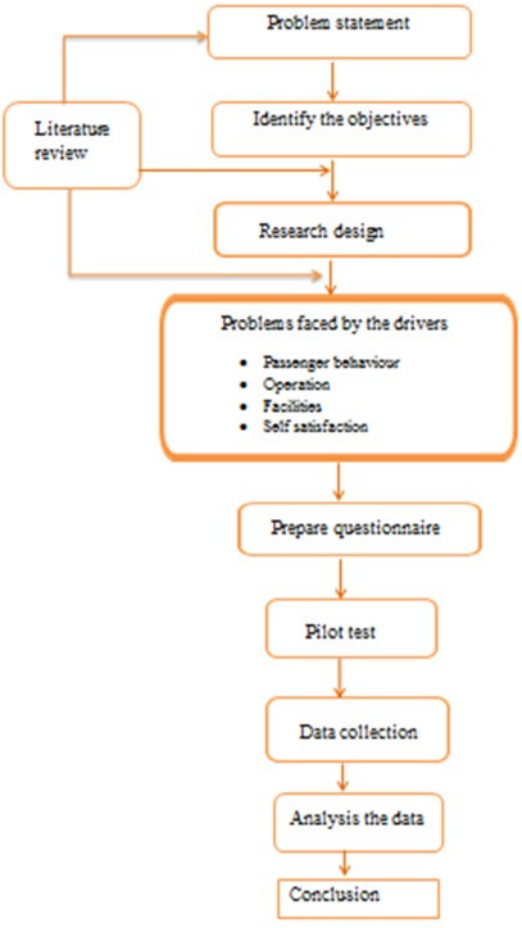



**Fig. 2** Research frame work

### 3.2 Questionnaire Survey

Data collection based on the primary data, which gained from the face to face questionnaire survey. In this study a questionnaire was designed to gather information about the problems they faced, from three wheeler drivers.

There were two parts in thequestionnaire. Part (a) in the questionnaire included socio-economic characteristics with gender, age, educational level, ownership of the three-wheeler, daily income and the driving experience. Part (b) divided into two subsections by asking agreement to the problem and frequency of facing the problem.

Each rating in agreement rating has a score which is from #1 to #5 representing each number;Strongly Disagree, Disagree, Neither agree nor disagree, Agree, Strongly agree respectively. Each rating in frequency rating expands again from #1 to#5represents Never, Rarely, Sometimes, Often and Very often.

### 3.3 Data Collection

The questionnaire was deemed to be the most suitable way to gather information needed to the research. The questionnaire was distributed to the sample of selected three wheeler drivers. For distributing the questionnaires selected the Kurunegala city area as the urban area and Narammala, Polgahawela towns as sub urban areas. The questionnaire was distributed to the 50 drivers in Kurunegala city area and 25 drivers from each Narammala and Polgahawela towns. The questionnaire survey was done during the month of December in2014.

## 4. Results

Problems used to design the questionnaire can be shown as an array of attributes.

Problems = {No enough parking spaces, Difficult to travel in rural narrow roads as not enough street lights, No organization to take care of three wheeler drivers, Low income, Job status is not well respected in the society, Poor job satisfaction, Passengers fail to give money, Being calling for illegal activities, Being kidnapped by gangsters, Feeling unsafe to travel with an unknown passenger, Three wheelers are not well accepted as a part of transportation system due to it causes traffic jam, Competition among three wheelers, Riskiness to getting accident by a heavyvehicle,No permission to enter some places.}

### 4.1 Descriptive Analysis of the Problems in Urban and Suburban

Before analysing the problems with socio-demographic characteristics just found what are the major problems faced by the urban and suburban drivers for both agreement and frequency rating cases**.**

**Table1** Ranking of the agreement to the problems

| Rank | Urban | Suburban |
|---|---|---|
| | Problems | Problems |
| 1 | No enough parking spaces | Poor job satisfaction |
| 2 | Poor job satisfaction | Job status is not well respected |
| 3 | Low income | Low income |
| 4 | Job status is not well respected | Difficult to travel in rural roads |
| 5 | Difficult to travel in rural roads | No organization to take care |
| 6 | No organization to take care | No enough parking spaces |

According to the ranking, parking problem was faced by the urban drivers. It is happened due to the large number of three wheelers and the few parking spaces in urban.Poor job satisfaction is problem for both urban and suburban as well, because they have no job security. Most of the drivers do this job as they have no other option.
Some of the drivers work as a driver until find better employment. No organization to take care of the drivers' is not a problem for the urban drivers. As in Kurunegala there is a union for the benefit of the drivers. But in the suburban towns Narammala and Polgahawela have no unions.

**Table 2** Ranking of the frequency of facing problems

| Rank | Urban | Suburban |
|---|---|---|
| | Problems | Problems |
| 1 | Riskiness to get an accident | Riskiness to get an accident |
| 2 | No permission to enter some places | Tw is not well accepted |
| 3 | Unsafe to travel with unknown person | No permission to enter some places |
| 4 | Tw is not well accepted | Unsafe to travel with unknown person |
| 5 | Calling for illegal activities | Fail to give money by the passengers |
| 6 | Fail to give money by the passengers | Kidnapping by gangsters |
| 7 | Kidnapping by gangsters | Calling for illegal activities |

Tw -: Three -wheeler

Riskiness to get an accident is the major problem for both urban and suburban drivers. Three-wheeler is a very small vehicle comparing to the other vehicles. If athree wheeler meet with an accident it becomes a severe one and it will get damage lot. Passengers' behaviour is not a big problem for both urban and sub urban drivers. That is why calling for illegal activities and Fail to give money by the passengers are in lower ranks.
For the comprehensive study, t-test is used to find is there significant difference between socio-demographic characteristics and the problems faced by the drivers.

## 4.2 Analyse the Problems from Socio-Demographic Characteristics

T-test with SPSS software is used to find whether there is a significant difference between the problems and the socio-demographic characteristics. The results presented in tables are with 5% significant interval.

The following characteristics were analysed:

1. Analysing between age groups

   There is a significant difference between age groups and following attributes.
   - No enough parking spaces
   - No organization to take care
   - Poor job satisfaction
   - Tw is not well accepted

Drivers above 30 years are agreeing to the facility problems like parking spaces are not enough and no organization to take care. Most of the drivers above 30 are married and they have children. If something happens to them during their duty no one get the responsibility as there is no organization. If they have no parks they may park the vehicle at the road side but the police are not allowed to park the vehicle in the shoulder. So they have to move the vehicle to another remote place, where there are no hires .So they cannot earn satisfactory income and cannot maintain their family. Above 30 year drivers know that the three-wheeler is not well respected by the society as they worked in many years in the same field. So drivers above 30 years agree to those problems. But the drivers below 30 years are not considering those things as problems.

2. Analysing among Experience of the driving

   There is significant difference between experience groups and following problems.

   - Low income
   - Job status is not well respected

Drivers above 10 years' experience agree to the problem of low income, than below10 years experienced drivers. Because those more experienced people have children and have to struggle to fulfil their needs. Below 10 year experienced drivers thought that their job is not well respected by the society. They do their job because they cannot find another job. But experienced drivers used to do this job and they don't think that it is a problem for them.

3. Analysing among living place (Urban/Suburban)
   These problems have significant difference with urban and suburban.
   - No enough parking spaces
   - No organization to take care
   - Poor job satisfaction
   - Calling for illegal activities
   - Unsafe to travel with unknown person
   - Competition among three wheelers
   - Riskiness to get an accident

No enough parking spaces, is a problem for urban drivers because many TW s and other motorized vehicles are in the urban area. Drivers in the urban area face the problems of the passenger behaviour because the passengers and drivers are not familiar. According to the survey results found that urban drivers are fear to go with unknown passengers and passengers calling for illegal activities. It may occur due to the passengers who are in many areas come to the urban area for their work and they are not familiar to the drivers. But in suburban area most of the passengers are the people who live in that area. So divers are not fear to travel with them.

There are so many three-wheelers in the urban area. So there is a competition to take hires than suburban areas. Not only the three wheelers but also the number of vehicles are higher than suburban. So the riskiness to get an accident also higher in urban cities.

4. Analysis among the ownership of the three wheeler
   Have significant difference between ownership and the following problems.
   - Kidnapping by gangsters
   - Unsafe to travel with unknown person

Hired drivers face problems of kidnapping by gangsters and unsafe to travel with an unknown person than the owner of the Three-wheeler.The hired driver should be responsible for that and if not they lose their jobs. When they loss the job they cannot maintain their families and face many difficulties.

### 4.3 To Reduce the Problems Faced by the Drivers

- Inform to the responsible people to provide more facilities to the operators like parking lot, garages, etc.
- Establish a union for the benefit of the drivers.
- Arrange safety workshops and training programmes for the drivers.

## 5. Conclusion

From the findings following conclusions are established.

- Major problems faced by the urban drivers are:
  - No enough parking spaces
  - Riskiness to get an accident
- Major problems faced by the suburban drivers are:
  - Poor job satisfaction
  - Riskiness to get an accident
- Passenger behaviour problems faced by the urban hired drivers than sub urban drivers.
- Middle and old aged, experienced drivers have problems of existing facilities and low income.
- Young drivers do not satisfy about their job, and seek for other employment.

Considering the problems of the drivers, they agree that the parking spaces are not enough in urban area and found poor job satisfaction is a problem for both urban and suburban. Most of the young drivers have poor job satisfaction. Because there is no job security for who work as drivers. There is no guarantee that the rented vehicle could be given for same driverforthe following day. Due to the large number of motorized vehicles, Riskiness to get an accident becomes the biggest problem faced by the drivers. Problems of kidnapping and unsafe travel with an unknown person faced by the hired drivers than the owners. It is because if anything happen to the vehicle the hired driver should be responsible for that. Considering overall attributes of the drivers, identified that in urban drivers have to face with passenger behaviour problems than suburban drivers.

### 5.1 Recommendations

100 three wheeler drivers were used as the sample size. By increasing the sample size can get more data and the results will be more accurate than this. In this research data collected from one urban and two suburban cities. For further improvements can recommend selecting many urban and suburban cities. It will be represented the whole area.

To get the better idea about the problems faced by the drivers, the suitable way is to interview each of them rather than providing a questionnaire. In the questionnaire it includes limited problems and the respondents have to be margined to the paper. Their actual problems could not be encounted from that. So the best way is interviewing even it will be difficult and more time spend.

## References

[1] Ahmed, M. A., &Datta, R. N. (2006). *Utility of paratransit modes in cities of Assam, India.* Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1971(1), 107-115.

[2] Joewono, T. B., & Kubota, H. (2005). The characteristics of paratransit and non-motorized transport in Bandung, Indonesia. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6, 262-277

[3] Joewono, T. B., & Kubota, H. (2007). Exploring negative experiences and user loyalty in paratransit. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2034(1), 134-142.

[4] Joewono, T. B., & Kubota, H. (2007). User perceptions of private paratransit operation in Indonesia. Journal of Public Transportation, 10(4), 99.

[5] Li, G., Zhang, J., Nugroho, S. B., Linh, T. N., & Fujiwara, A. (2011). Analysis of Paratransit Drivers' Stated Job Choice Behavior under Various Policy Interventions Incorporating the Influence of Captivity: A Case Study in Jabodetabek Metropolitan Area, Indonesia. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 9, 1144-1159.

[6] Loo, B. P. (2007). The role of paratransit: some reflections based on the experience of residents' coach services in Hong Kong. Transportation, 34(4), 471-486.

[7] Saltzman, A. (1976). Role of Paratransit in Rural Transportation. Transportation Research Board Special Report, (164).involved and non-crash-involved three-wheeler drivers in Sri Lanka. IATSS research, 30(1), 68.

[8] Somasundaraswaran, A. K. (2008). Results of surveys among drivers and customers of for-hire three-wheelers in five small towns in Sri Lanka. Asia Pacific Development Journal, 15(1), 119-135.

[9] Tarigan, A. K., Susilo, Y. O., &Joewono, T. B. (2014). Segmentation of paratransit users based on service quality and travel behaviour in Bandung, Indonesia. Transportation Planning and Technology, 37(2), 200-218

[10] Tarigan, A., Susilo, Y., &Joewono, T. B. (2010). Negative experiences and willingness to useparatransit in Bandung, Indonesia: An exploration with ordered probit model. Center for Transport and Society, 15, 16.

[11] Tri, B., &Hisashi Kubota, T. (2007). User Satisfaction with paratransit in competition with motorization in Indonesia: anticipation of future

# Study on Estimation for Impact of $CO_2$ Emission Reduction under the Policies Considered the Change of Transportation Network and Land Use -Case Study of Niigata, Japan-

Paper Identification number: **AYRF15-048**

Hiroki KIKUCHI[1], Atsushi FUKUDA[2], Tetsuhiro ISHIZAKA[3]

[1]Program of Transportation Engineering and Socio-Technology
Graduate School of Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax. +81-47-469-5355
E-mail: cshi15001@g.nihon-u.ac.jp

[2]Department of Transportation Systems Engineering
College of Science and Technology, Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax. +81-47-469-5355
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

[3]Department of Transportation Systems Engineering
College of Science and Technology, Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax. +81-47-469-5355
E-mail: ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp

## Abstract

Even low carbon society is one of solution to tackle with global warming problem, it is very difficult to realize such society because we have to employ all of policy measures in order to reduce huge amount of $CO_2$ emissions. Thus, efficient roadmaps which show timing and combination of policy measures should be established to realize low carbon society. This paper attempts to set up such road map for Niigata city and its vicinities in Japan by using the Metropolitan Activity Relocation Simulator, or so-called MARS in which land use and transport interactions was basically simulated by using the system dynamic model. Also, the MARS model was improved to estimate $CO_2$ emissions when some policies considered the change of transportation network and land use dynamically were introduced. On the simulation, timing and combination to implement land use and transport-related policies such as new public transport and Transit Oriented Development restricted on $CO_2$ emissions was tested. These obtained information can help the city officers to implement the appropriate policy strategies so as to realize low carbon society.

**Keywords:** MARS, $CO_2$ Emissions Reduction, System Dynamics, Transportation Network, Niigata

## 1. Introduction

Global warming has become the most talked-about environmental issue today. Obviously, it causes climate change which lead to increase the average temperature of Earth's atmosphere and ocean level. As known, carbon dioxide ($CO_2$) is the primary greenhouse gas emitted through human activities. The main human activity that emit $CO_2$ is the combustion of fossil fuels for energy and transportation, although certain industrial processes and land use changes also emit $CO_2$. The international community has recognized the need to reduce greenhouse gas (GHG) emissions by 50% by 2050 in order to keep global mean temperature change within 2 degrees centigrade compared to pre-industrial times (National Institute for Environmental Studies, 2011). Thus, it is extremely important to create strategic roadmaps relating to land use and transportation fields to realize low carbon society because they produces a large proportion of greenhouse gases. However, it is really difficult to measure which strategic roadmaps are efficient to employ.

Obviously, land use and transportation have a close relationship as two sides of the same coin. Changes in land use due to the land use control affect the transportation demand and behavior as new public transportation implemented also affect land

use patterns. However, this relationship mostly explains and determines in term of linear behavioral approach. Recently, System Dynamics (SD) model, which is determined by the non-linear behavioral, has become popular approach for understanding dynamic urban and transportation interaction. Additionally, SD model is a methodology and mathematical modeling, which was firstly introduced by Prof. Jay Forrester of MIT during the mid-1950, for better understanding complex problems and issues via causal loop diagrams (stocks and flows).

Also, the MARS model is an approach for testing the outcomes of development policy scenarios and make forecasts based on the principles of SD and synergetic. Several previous literature applied the MARS model in determining the relationship between land use and transportation. However, integrating the MARS model with $CO_2$ emission estimation so as to realize low carbon society is still not investigated in any previous literatures. Thus, this paper attempts to integrate the MARS model with $CO_2$ emission estimation after implementing strategy roadmaps in relation to realize low carbon society.

## 2. Literature Review

### 2.1 Land Use and Transport Model

More than a half century, substantial attempts have been made to empirically investigate the relationship between land use and transportation. The first attempt to implement the urban land use and transport feedback cycle based on the law of gravity model was presented by Lowry (1964). Recently, land use and transport integrated (LUTI) model has been implementing in a number of cities in Europe and Americas, but it is still less attention to apply in Asian cities. Each land use and transport integrated model is common and/or different in the model structure utilized, the types of sub-model, and speed of change. Some of these models are summarized as follows. The California Urban Futures Model (CUFM) combined separate components including land use, workplace, housing, employment and population based on bid-choice theory and random utility theory (Landis, 1994; Landis and Zhang, 1998). Likewise, the DELTA land use model was developed by David Simmonds Consultancy (Simmonds, 1999). MEPLAN software package was created by Marcial Echenique and Partners Ltd of Cambridge, England (Abraham, 1998; Echenique and others, 1969; Hunt and Echenique, 1993). In addition, Nishiura and Matsuyuki (2005) assessed a wide range of alternative polices and scenarios for Tama urban monorail by using MEPLAN model. Some results showed that the number of passengers on the lines connecting the areas further west than Tachikawa city will dramatically decrease and the passenger will increase 20 percent if the monorail is extended in future scenarios. Urban Sim based on the choices of households, businesses, land owners and developers, interacting in urban real estate markets and with the option to be connected to a transportation simulations one of the most advanced LUTI model (Waddell, 2002). Urban Sim was initially designed by Paul Waddell in the mid 1990's, and implemented as a prototype in Oregon in 1998. Kakaraparthi and Kockelman (2011) described the modeling of year 2030 land use patterns of the Austin, Texas region using Urban Sim at fine spatial resolution (typically 150 m x 150 m grid cells) after implementing some policy scenarios such as added transport-cost-sensitivity scenarios (TCS), expanded highway capacity scenario (EXPAN) and so on. Furthermore, Urban Sim was applied to model land use and transportation interaction in the canton of Zurich, as one of three case studies of the Sustain City project (Schirmer and others, 2011). Other the most advanced European LUTI models are IRPUD (Wegener, 1998), MUSSA (Martinez, 1996) and MARS (Pfaffenbichler, 2003; Pfaffenbichler, 2008; Pfaffenbichler and others, 2010).

### 2.2 $CO_2$ Emissions

Recently, the SD model has become more popular to apply for understanding the complex issues in determining interaction between land use and transport after implementing policies such as new public transport and land use restricted on $CO_2$ emissions (Feng and others, 2013; Fiorello and others, 2010; Han and Hayashi, 2008; Landis and Zhang, 1998; Pfaffenbichler and others, 2010; Wang and others, 2007; Wang and others, 2008). For example, Haller and others (2008) attempted to model domestic migration on national level in Austria. Fiorello and others (2010) applied the SD model for the strategic assessment of policy scenarios at the European level.

### 2.3 The MARS Model

Pfaffenbichler (2003) used the MARS model to calibrate the dynamics land use and transportation interaction modeling for the city of Vienna. The outcomes could explain what it would be after implementing transport project planned and

under construction. However, integrating the MARS model with $CO_2$ emissions estimation so as to realize low carbon society is still not investigated in any previous literatures.

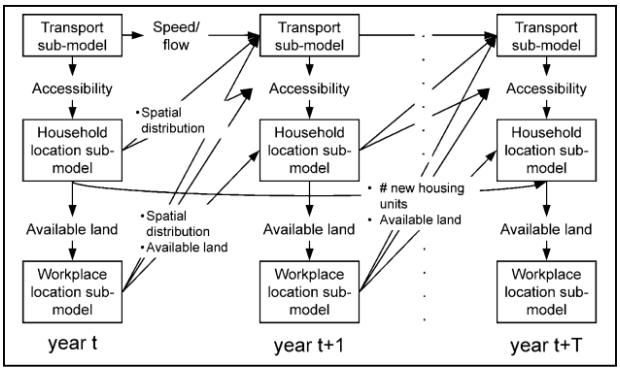
## 3. Methodology

### 3.1 Outline of the MARS Model

The MARS model is an approach for better understanding land use and transport interaction based on the principles of System Dynamics and synergetic.

The SD model, a computer-aided approach to policy analysis and design, which is determined based on non-linear, ordinary differential (or integral) equations. The feedback concept obtained from diagrams of causal loop is a central role of the system dynamics approach. The causal loop diagram is a simple map that reveals the structure of a system using stock and flows for each internal loop at each iteration (Morecroft, 1982).

As stated above, the MARS model is a one of dynamic Land Use and Transport Integrated (LUTI) model. The present version of the MARS model is implemented in Vensim, a SD programming environment. The MARS model includes a transport model which simulates the travel behavior of the population related to their housing and workplace location, a housing development model, a household location choice model, a workplace development model, a workplace location choice model, as well as a fuel consumption and emission model as illustrated in Fig. 1. All these models are interconnected with each other.




**Source: Pfaffenbichler, 2003**

**Fig. 1** Structure of the MARS Model

### 3.2 Modified of the MARS Model

The existing MARS model has some problem.

In the transport sub-model, the sub-model uses the simple zone direct distance without complex transportation network because the traffic assignment of four stage transport model does not calculate. Therefore, this study calculated the traffic assignment by using transport demand forecasting software "JICA STRADA" to deal with the condition of travel behavior. Fig. 2 shows the transportation network in Niigata Urban Area.



**Fig. 2** Transportation Network in Niigata

This network consider with the travel behaviors by car, motorcycle, rail, and bus. After the traffic assignment finished to calculate by using JICA STRADA, the data of calculated results input to the MARS model.

On the other hand, in the land use sub-model, the existing sub-model cannot set the share of immigrated population to each zone. In this study, it is necessary to set the share because TOD (Transit Oriented Development) policy is introduced. Concretely, the variable of "Population" is modified as population immigrate to optional zones from suburban zones.

In addition, to modify the model, some variables in the two sub-models are effected.

Fig. 3 shows the relationship among variables in transport and land use sub-models. Variables of "Travel Cost", and "Travel Time" were affected by modified the transportation sub-model and variable of Residents was affected by modified the land use sub-model.

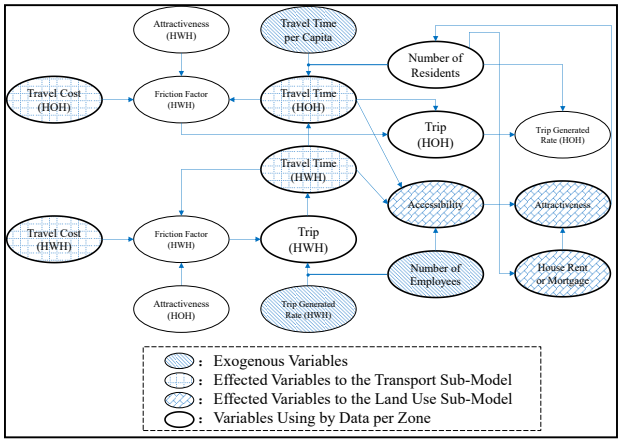



**Fig. 3** Variables in 2 Sub-Models

### 3.3 Case Study

The study areas are Niigata city and its vicinities as presented in Fig. 4. Niigata city is the capital of Niigata Prefecture in Japan which is located on the northwest coast of Honshu. The vicinities consist of Shibata city, Agano city, Gosen city, Sanjyo city, and Tsubame city. They covers an area of 7,761.5 km$^2$ and had population of about 1.3 million in 2002 with a population density of 2,070.6 per km$^2$ (Statistical Office of Niigata City). The average car ownership was 640 cars/1,000 persons and average daily person trip was 2.65 trips/person.

In Fig. 4, the study areas are divided into 38 zones by using GIS. 18 zones of them have some stations of JR lines (Shinetsu, Uetsu, Hakushin, Echigo, and Banetsu-West lines). Such networks unavoidably generate huge amount of travel demand which are mostly made by long distance trips by private cars.

Fig. 5 shows the relationship between the number of population and number of vehicles in Niigata Urban Area. It found that the population was nearly 1.31 million people and the number of vehicle were nearly 1.29 million cars, meaning that they owned private car nearly 1 car/person in 2002. Year by year, the number of population is still decreasing, the number of vehicle are gradually increasing. This can be claimed that the transportation in this study area is currently based on road and expressway network which in turn to be congested, in particular peak hour period. Absolutely, this situation is affect to the $CO_2$ emission which is one of the greenhouse gases that directly impact to the increasing of temperature.

Thus, this paper attempts to set up such road map for Niigata Urban Area by using the MARS model in which land use and transport interactions was basically simulated by using the system dynamic model in order to realize low carbon society which is one of solution to tackle with global warming problem.




**Fig. 4** Study Areas

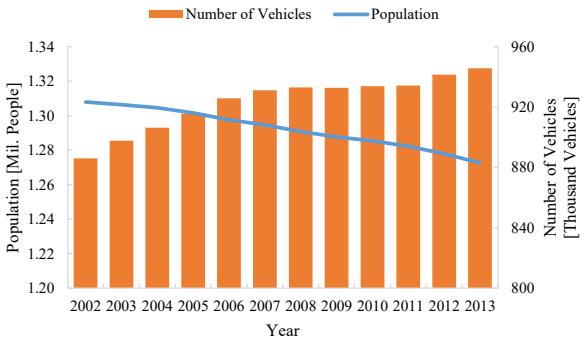



**Fig. 5** Number of Population and Vehicles

### 3.4 Scenario Setting

As Table 1 below shows, 4 scenarios, namely BAU Scenario, Scenario A, Scenario B, and Scenario C were set in this study. Also, 3 policies about "Transportation Network", "Growing in Headway", and "Introducing TOD Policy" were set, too.

Policy of "Transportation Network" is changed every 10 years because it is considered the change of widening and constructing of road, and

introduction of new public transportation. Also, this policy is common policy for all scenarios.

On the other hand, policy of "Growing in Headway" represents improvement of headway for rail and bus. Concretely, the survey data presents that 15 min and 20 min are the headway during peak hour and off peak, respectively. Thus, in this policy, the headway is changed from 15 min. to 7.5 min. for peak hour period and from 20 min. to 10 min. for off peak period.

In addition, "Introducing TOD Policy" represents the urban consolidation policy. In concretely, this policy are consolidated 3 % of people living in each zone without JR rail transit networks to zones along JR lines. As explained, people living in Niigata Urban Area always travel by cars because their housing is quite far from the JR rail transit networks. Also, this policies were launched in the year 2002, year 2012, and year 2022, respectively because it is necessary to estimate the impact of introducing the urban consolidation policy.

**Table 1** Scenarios and Policies

| Scenarios | Transportation Network | Growing in Headway | Introducing TOD Policy (Year) |
|---|---|---|---|
| BAU Scenario | ○ | — | — |
| Scenario A | ○ | ○ | 2002 |
| Scenario B | ○ | ○ | 2012 |
| Scenario C | ○ | ○ | 2022 |

Business As Usual (BAU) Scenario represents baseline case, which assumes that future land use and transport development trends follow those other of the past and no changes in policies will take place. Additionally, the data in the year 2002 was represented as a base case in this study.

Scenario A, Scenario B, and Scenario C are the same conditions, but the introducing TOD policy was launched in the year 2002, year 2012, and year 2022, respectively. Meanwhile, these scenarios implemented the growing in headway time (rail and bus) policy.

## 4. Results

This study aims to measure how much $CO_2$ emissions can reduce after each policy scenario was introduced to Niigata city and its vicinities by using the MARS model. The equations used to estimate $CO_2$ emissions was improved (Matsuhashi and others, 2004) and can be written as follow.

$CO_2$ emissions estimation by car and motorcycle can be calculated as equation (1).

$$E_j = N_j \times V_j \times e_j \quad (1)$$

where,

$j$ : Mode of transportation
$E_j$ : $CO_2$ emissions
$N_j$ : Number of vehicles/motorcycles
$V_j$ : Vehicle kilometer travels
$e_j$ : $CO_2$ emissions factor

The estimated $CO_2$ emissions by rail and bus can be calculated as equation (2)

$$E_j = \sum \left( P_j \times e_j \right) \quad (2)$$

where,

$P_j$ : Passenger kilometer

The $CO_2$ emissions factor is important to verify $CO_2$ emissions reduction. To express reliable $CO_2$ emissions under actual traffic situation, the emission factor refers the static data from Ministry of the Environment, Japan, was used. The $CO_2$ emission factor is shown Table 2.

**Table 2** $CO_2$ Emissions Factor per Mode

| Modes | Car | Motorcycles | Rail | Bus |
|---|---|---|---|---|
| $CO_2$ Emission Factor [kg-$CO_2$ per capita ·km] | 0.175 | 0.104 | 0.019 | 0.053 |

The results of $CO_2$ emissions after implementing each policy scenario are shows in Fig. 6. The estimated $CO_2$ emissions of each scenarios in 2032 are scenario BAU Scenario: 1.60 [Mil. t-$CO_2$/year], A: 1.06 [Mil. t-$CO_2$/year], Scenario B: 1.13 [Mil. t-$CO_2$/year], Scenario C: 1.21 [Mil. t-$CO_2$/year] as illustrated in Fig. 6. As a result, minimum of $CO_2$ emissions is Scenario E. Introduction of urban consolidation policy in early stage could reduce $CO_2$ emissions. In addition, introduction of urban consolidation policy with improvement of headway for rail and bus could reduce $CO_2$ emissions more.

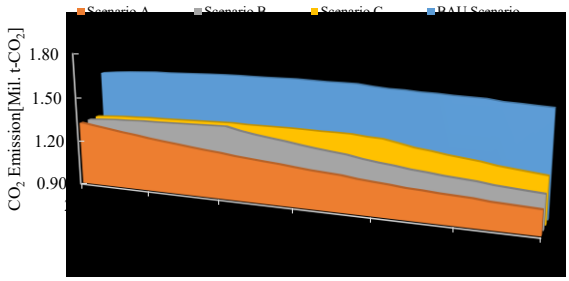



**Fig. 6** $CO_2$ Emissions of Each Scenario

## 5. Conclusion

This study was evaluated the introduction of urban consolidation policy from estimated $CO_2$ emissions reduction. Concretely, 4 scenarios (BAU, Introduction of urban consolidation policy in 2002, 2012, and 2022, Growing in headway time) were set. When the scenarios had set, $CO_2$ emissions was estimated during 30 years from 2002 to 2032.

As a result, scenario of introduction of introducing TOD policy with growing in headway time for rail and bus could reduce max. 33.8 % of $CO_2$ emissions compared with BAU scenario. But, to reduce of $CO_2$ emissions by conversion to public transportation is desirable the introduction of urban consolidation policy with improvement of headway time for public transportation.

Finally, as a results of $CO_2$ emissions reductions, the introduction of urban consolidation policy in Niigata Urban Area could evaluate for high impacts to realize low carbon society.

In further studies, it is necessary to estimate $CO_2$ emissions reductions when the transport network is changed and the impacts of introducing policies when commercial land, and work places are consolidated. And, it is important to introduce the concrete policy for the location choice.

## 6. Acknowledgment

In this study, the authors received the detail advices of the MARS model from Prof. Günter EMBERGER, Dr. Paul PFAFFENBICHLER, and Ms. Christina WINKLER of Vienna University of Technology.

## References

[1] Abraham JE. (1998) *A review of the MEPLAN modelling framework from a perspective of urban economics*, University of Calgary.

[2] Echenique M, Crowther D, Lindsay W. (1969) A spatial model for urban stock and activity, *Regional Studies 3*, pp. 281-312.

[3] Feng Y, Chen S, Zhang L. (2013) System dynamics modeling for urban energy consumption and $CO_2$ emissions: A case study of Beijing, China, *Ecological Modelling*, No.252, pp. 44-52.

[4] Fiorello D, Fermi F, Bielanska D. (2010) The ASTRA model for strategic assessment of transport policies, *System Dynamics Review 26(3)*, pp. 283-290.

[5] Han J, Hayashi Y. (2008) A system dynamics model of CO2 mitigation in China's inter-city passenger transport, *Transportation Research Part D: Transport and Environment 13*, pp. 298-305.

[6] Hunt JD, Echenique M. (1993) Experiences in the application of the MEPLAN framework for land use and transport interaction modelling, Daytona Beach, Florida.

[7] Kakaraparthi SK, Kockelman KM. (2011) Application of UrbanSim to the Austin, Texas, Region: Integrated-model forecasts for the year 2030, *Journal of Urban Planning and Development 137(3)*, pp. 238-247.

[8] Landis J, Zhang M. (1998) The second generation of the California urban futures model. Part 1: Model logic and theory, *Environment and Planning A 30*, pp. 657-666.

[9] Lowry IS. (1964) *A model of metropolis*, RAND Corporation.

[10] Martinez F. (1996) MUSSA: A land use model for Santiago City, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1552*, pp. 126-134.

[11] Matsuhashi K, Kudo Y, Kamioka N, Moriguchi Y. (2004) A study on estimation method for transport $CO_2$ emissions by municipalities, *Journal of Environmental Systems Research 32*, pp. 235-242. (In Japanese)

[12] Morecroft J. (1982) A critical review of diagraming tools for conceptualizing feedback system models, *DYNAMICA 8*, pp. 20-29.

[13] National Institute for Environmental Studies, (2011), *Asian low carbon society research project*, Japan.

[14] Nishiura S, Matsuyuki M. (2005) A MEPLAN model of Tama urban monorail, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 5*, pp. 209-217.

[15] Pfaffenbichler P. (2003) *The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator): Development, testing and application*, PhD Thesis, Vienna University of Technology.

[16] Pfaffenbichler P, Emberger G, Shepherd S. (2010) A system dynamics approach to land use transport interaction modelling: The strategic model MARS and its application, *System Dynamics Review 26(2)*, pp. 262-282.

[17] Schirmer P, Zöllig C, Müller K, Bodenmann BR, Axhausen KW. (2011) *The Zurich Case Study of UrbanSim*, ERSA 2011.

[18] Simmonds D. (1999) The Design of the DELTA land-use modelling package, *Environment and Planning B: Planning and Design 26*, pp. 665-684.

[19] Waddell P. (2002) UrbanSim: Modeling urban sevelopment for land use, transportation and environmental planning, *Journal of the American Planning Association 68(3)*, pp. 297-314.

[20] Wang C, Cai W, Lu X, Chen J. (2007) $CO_2$ mitigation scenarios in China's road transport sector, *Energy Conversion and Management 22(4)*, pp. 2110-2118.

[21] Wang J, Lu H, Hu P. (2008) System dynamics model of urban transportation system and its application, *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology 8*, pp. 83-89.

[22] Wegener M. (1998) *Das IRPUD-Modell*, Überblick.

# การวิเคราะห์พฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

# Analysis of Travel Mode Choice Behavior in Chiang Mai University

Paper Identification number: **AYRF15-049TH**

วุฒิชัย ไชยยะ[1], อรรถวิทย์ อุปโยคิน[2]

Wutichai Chaiya, Auttawit Upayokin

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์ 089-04733136
E-mail: wutichaichaiya@gmail.com

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์: 0-5394-4156 ต่อ 124
E-mail: auttawit@yahoo.com

## บทคัดย่อ

สิ่งแวดล้อมที่ดีปราศจากมลภาวะทางเสียงและอากาศจากยานพาหนะบนท้องถนนภายในมหาวิทยาลัย ย่อมช่วยส่งเสริมให้การเรียนการสอนในมหาวิทยาลัยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การวางแผนที่ดีจึงจำเป็นจะต้องทราบนโยบายที่จูงใจในการส่งเสริมการเดินทางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามการเดินทางของนักศึกษาถือเป็นกลุ่มสังคมที่มีความซับซ้อนและมีพฤติกรรมเฉพาะ แตกต่างกันระหว่างสถานศึกษาเนื่องจากการจัดตารางการเรียน รวมถึงสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ดังนั้นการกำหนดโยบายในการวางแผนจึงมีความซับซ้อนและเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ งานศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีนโยบาย/มาตรการห้ามยานพาหนะส่วนบุคลคลเข้าไปยังบริเวณอาคารเรียน ได้แก่ การปรับปรุงทางเดินเท้า การสร้างทางจักรยาน และการลดระยะเวลาการเดินทางของรถขนส่งสาธารณะ ด้วยวิธีการแบบ Stated Preference โดยสำรวจกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาที่พำนักภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่ามาตรการที่มหาวิทยาลัยควรจะส่งเสริมเป็นลำดับแรก ได้แก่ การลดเวลาการเดินทางของรถขนส่งสาธารณะ การปรับปรุงพัฒนาทางเท้า และการสร้างทางจักรยานเฉพาะ

**คำสำคัญ:** การเลือกรูปแบบการเดินทาง, การเดินทางไปสถานศึกษา, นโยบายการส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์

## Abstract

A Better environment without noise and air pollution caused by on road vehicles would encourage teaching effective in the university. A better planning would require plan policies to promote environmentally friendly travel in the university. However, the students are social groups that have complex and unique travel behavior between the universities due to the differences of scheduling teaching and physical geography.

Thus, policy making is complex and necessity. This study aims to examine the factors that influence the travel mode choice in the university using Chiang Mai University as a case study. The policies /measures will have auto-restricted zones that limit private vehicles entering into the study areas. This technique is used to investigate the policies including restricted access areas, improved pedestrian, enhanced bicycle path and reduced public transportation travel time. The Stated Preference technique is utilized to survey a group of students who live inside campus.

The results of the study show that Chiang Mai University should provide better public transport, improve walkways and bicycle path, consequently.

**Keywords:** Mode Choice, School trip, Non– Motorized Transport Policy

## 1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เปิดการเรียนการสอนทั้งสิ้นจำนวน 20 คณะ 2 วิทยาลัย 1 บัณฑิตวิทยาลัย และมีสถาบันวิจัย 4 สถาบัน ซึ่งปัจจุบันมีจำนวนนักศึกษามากถึง 36,488 คนและมีจำนวนบุคลากรทั้งหมด 11,437 คน [1]

สภาพปัญหาการจราจรที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบมาจากความต้องการเดินทาง (Travel Demand) จำนวนมากและการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคล เช่น รถยนต์และจักรยานยนต์ในการเดินทางเข้ามาเรียนภายในพื้นที่มหาวิทยาลัย ซึ่งพบว่าปริมาณจราจรเข้าออกมหาวิทยาลัยในฝั่งเชิงดอย ในช่วงเวลา 6.00 – 21.00 น. โดยสำรวจเมื่อปี 2554 พบว่ามีจำนวนรถจักรยานยนต์เข้ามาในมหาวิทยาลัยมากถึง 37,665 คัน รถยนต์จำนวน 16,686 คัน รถสี่ล้อแดงจำนวน 1,723 (พัชรพรรณ นันทวิสิทธิ,2557) ประกอบกับปัจจุบันพื้นที่จอดรถภายในมหาวิทยาลัยมีจำนวนจำกัดไม่เพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา บุคลากรและประชาชนทั่วไป (อลิสา พูนสิน,2556) ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาการใช้รถส่วนบุคคลที่มีจำนวนมาก ทางมหาวิทยาลัยจึงมีนโยบายลดการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลโดยจำกัดการเข้าพื้นที่ของยานพาหนะส่วนบุคคลเข้าบริเวณพื้นที่อาคารเรียน ดังนั้น การวางแผนที่มีประสิทธิภาพให้สอดคล้องกับนโยบายดังกล่าวจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อที่ส่งเสริมการเดินทางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยให้การเรียนการสอนในมหาวิทยาลัยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลการเลือกรูปแบบการเดินทาง ภายหลังประยุกต์นโยบายต่างๆได้แก่ การห้ามยานพาหนะส่วนบุคคลเข้าในพื้นที่อาคารเรียน การปรับเวลาการเดินรถโดยสารสาธารณะ การสร้างทางจักรยานและทางเดินเท้า โดยใช้มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นกรณีศึกษาโดยผลที่ได้จะทำให้ผู้วางแผนสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาและกำหนดทิศทางของนโยบายที่จะใช้ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อพฤติกรรมในการตัดสินใจใช้ยานพาหนะในการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2.3 เพื่อให้ทราบนโยบายที่เหมาะสมในการส่งเสริมการใช้รถสาธารณะ

## 3. วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 3.1 รูปแบบการเดินทางในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปัจจุบันการเดินทางเข้ามาภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่พบว่ามีรถเข้ามาในมหาวิทยาลัยประมาณ 20,000 คันต่อวัน โดยมีเส้นทางเข้า-ออกหลัก ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่อยู่ 3 เส้นทาง คือ เส้นทางสายถนนห้วยแก้ว ถนนคันคลองชลประทานและถนนสุเทพ ซึ่งทั้งสามเส้นทางจัดได้ว่าเป็นเส้นทางหลักซึ่งมีปริมาณการเข้า-ออกมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในสัดส่วนใกล้เคียงกัน

สำหรับการจัดระบบการเดินรถภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่นั้นจะเน้นระบบการเดินรถในสองทิศทาง (Two way) โดยมีรูปแบบการเดินทางหลักภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้แก่ การใช้รถจักรยานยนต์เป็นหลัก แม้ว่าระยะทางระหว่างอาคารเรียนจะไม่ไกลมากนัก นักศึกษายังคงนิยมใช้รถจักรยานแทนการเดินเท้า เนื่องจากความสะดวก รวดเร็วในการเดินทาง สำหรับระบบรถขนส่งมวลชนของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่นั้นจะเป็นระบบรถประจำทางขนาดเล็ก ขับเคลื่อนด้วยกำลังไฟฟ้า ความจุประมาณ 15 ที่นั่ง ให้บริการประจำสายทางเฉพาะภายในมหาวิทยาลัย โดยเก็บค่าธรรมเนียมการใช้บริการรวมอยู่ในค่าเล่าเรียนนักศึกษา ซึ่งรถขนส่งมวลชนที่จัดให้นั้นพบว่า ได้รับความนิยมในการใช้บริการทั้งนักศึกษา บุคลากร รวมถึงนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

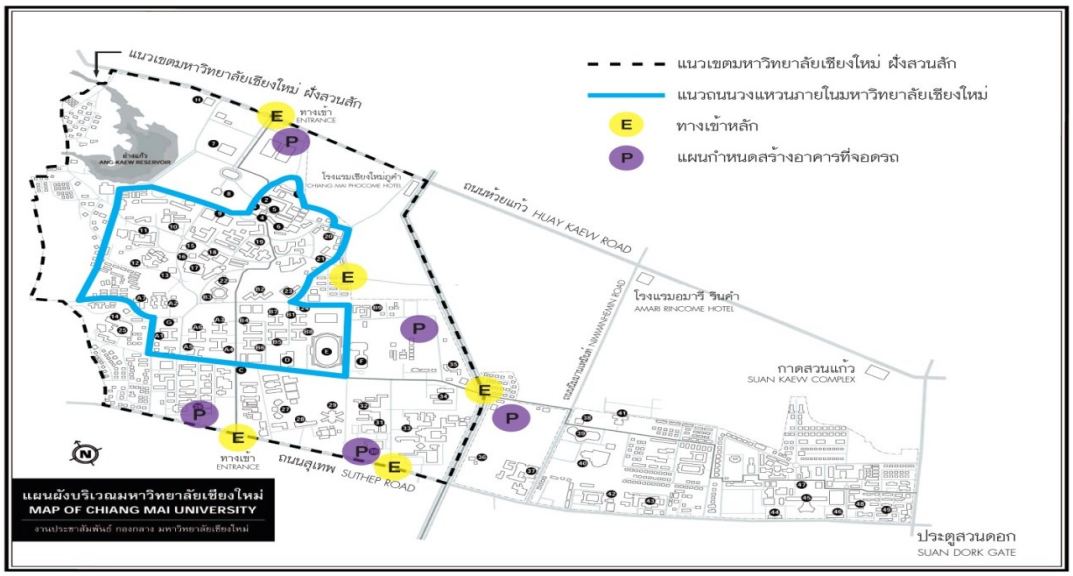
สำหรับนโยบายของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในอนาคตนั้น ได้มีนโยบายการพัฒนามหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืน เขียวและสะอาด (Green and Clean Sustainable University) โดยมีกลยุทธ์สำคัญคือการพัฒนาพื้นที่ สิ่งปลูกสร้าง ระบบนิเวศน์ ภูมิทัศน์ ปรับปรุงและพัฒนาเส้นทางจราจรของมหาวิทยาลัย การสร้างทางจักรยาน ทางเดินเท้า และที่จอดรถขนาดใหญ่ สำหรับการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยในอนาคตนั้นมหาวิทยาลัยมีแผนในการจัดการจราจรภายในมหาวิทยาลัย โดยจะแบ่งพื้นที่การเดินทางเป็นวงแหวนสองชั้น ได้แก่ วงแหวนชั้นในและชั้นนอก โดยจะอนุญาตให้รถยนต์และรถจักรยานยนต์วิ่งตามแนววงแหวนรอบนอกเท่านั้น (ดังแสดงในรูปที่ 1) โดยได้จัดสถานที่จอดรถ (Car Parking) อยู่แนวรอบของวงแหวนชั้นนอก ส่วนการเดินทางภายในวงแหวนชั้นในจะอนุญาตให้เฉพาะรถขนส่งมวลชน และรถจักรยานเข้าไปภายในพื้นที่วงแหวนชั้นในได้เท่านั้น และจะมีการพัฒนาทางเดินเท้าและทางจักรยานเชื่อมต่อกับสถานที่จอดรถ (Car Parking) และระบบรถขนส่งมวลชนภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยแผนกำหนดการสร้างอาคารที่จอดรถแห่งแรกจะสร้างขึ้นบริเวณด้านทิศใต้บริเวณประตูคณะวิจิตรศิลป์ จากนั้นจะขยายการก่อสร้างอาคารที่จอดรถไปยังบริเวณที่ต่างๆ คือ บริเวณด้านทิศเหนือ ประตูหน้ามหาวิทยาลัย บริเวณด้านทิศตะวันออกประตูไผ่ล้อม และบริเวณด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์ ทำให้การเลือกรูปแบบการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยในอนาคตจะเพียงการเดิน ปั่นจักรยาน และรถขนส่งสาธารณะเท่านั้น [2]

### 3.2 การศึกษาพฤติกรรมเดินทางภายในสถานศึกษา

Thirayoot Limanond และคณะ [3] ได้ทำการสำรวจรูปแบบการเดินทางของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยทำการศึกษาพฤติกรรมการเดินทาง การเกิดการเดินทาง การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ระยะทางและระยะเวลาในการเดินทาง โดยการศึกษาแบ่งกลุ่มนักศึกษาตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่มแยกตามเพศและการครอบครองยานพาหนะ ผลการศึกษาพบว่าอัตราการเกิดการเดินทางโดยรวมของนักศึกษามหาวิทยาลัยเท่ากับ 7.5 ครั้งในการเดินทางวันธรรมดาและ 6.30 ครั้งในวันหยุดในขณะที่ระยะทางโดยรวมเดินทางเป็น 13.8 กม./วัน ในวันธรรมดาและ 16.4 กม./วัน ในวันหยุด โดยที่สัดส่วนของกลุ่มที่มียานพาหนะครอบครองจะเลือกการเดินทางโดยใช้ยานพาหนะส่วนตัวถึงร้อยละ 65-75 และกลุ่มที่ไม่มียานพาหนะครอบครองจะใช้การเดินทางร่วมกับเพื่อนประมาณร้อยละ 50 รองลงมาใช้ยานพาหนะของเพื่อนและใช้รถขนส่งสาธารณะ

Jiangping Zhou [4] ได้ศึกษาการพฤติกรรมเดินทางของนักศึกษามหาวิทยาลัย แคลิฟอร์เนีย เมืองลอสแอนเจลิสโดยการศึกษาพบว่า การเดินทางหลายรูปแบบและการลดราคาตั๋วรถขนส่งสาธารณะทำให้เพิ่มโอกาสของการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเดินทาง ได้แก่ ระยะการเดินทาง เพศ สถานะ และอายุมีผลอย่างมากในการใช้จักรยาน การเดินและการขนส่งสาธารณะ และยังพบว่ากลุ่มนักศึกษาที่อาศัยอยู่เพียงลำพังมีแนวโน้มที่จะเดินทางโดยการขับรถเพียงคนเดียวและการมีเพื่อนที่อาศัยอยู่ใกล้บริเวณเดียงจะเพิ่มโอกาสของการใช้รถขนส่งสาธารณะมากขึ้น

Kate E. Whalen และคณะ [5] ได้ศึกษาการเลือกรูปแบบของนักศึกษาที่เดินทางมาเรียนของนักศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของโดยใช้กรณีศึกษาจากมหาวิทยาลัยแมคมาสเตอร์ เมืองฮามิลตัน ประเทศแคนาดา โดยใช้แบบจำลอง Multinomial Logit Model ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ทัศนคติของผู้เดินทางและสภาพแวดล้อมระหว่างการเดินทาง




**รูปที่ 1** แนวคิดการศึกษาการพัฒนามหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืน เขียวและสะอาด (Green and Clean Sustainable University)

Naveen Eluru และคณะ[6]ได้ศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางในระดับบุคคลในมหาวิทยาลัยแมคกิลล์ ในเมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา พบว่ามีสัดส่วนการใช้รถยนต์ 67.8% รถขนส่งสาธารณะ 21.4% และ 10.8% เป็นการเดินทางที่ใช้จักรยานและการเดิน ซึ่งเป็นเมืองที่มีสัดส่วนการใช้รถส่วนตัวที่สูง โดยการศึกษานี้ได้ได้หาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางซึ่งใช้รูปแบบ multinomial logit model สำหรับการเลือกรูปแบบการเดินทางและ mixed multinomial logit model สำหรับการเลือกเส้นทางการใช้รถขนส่งสาธารณะ ผลการศึกษาส่วนแรกพบว่า ปัจจัยเวลาการเดินทาง จำนวนที่ต่อรถและระยะเวลารอมีผลอย่างมากในการเลือกรูปแบบการเดินทาง และส่วนที่สองพบว่า เพศ มีผลต่อของการเลือกเส้นทางโดยที่เพศหญิงให้ความสำคัญน้อยกว่าในเรื่องเวลาเดินทางเมื่อเทียบกับกลุ่มเพศชายและพบว่ากลุ่มของคณาจารย์ให้ความสำคัญในเรื่องของเวลาการเดินทางมากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มของพนักงานและนักศึกษา

### 3.2 ทฤษฎีวิเคราะห์พฤติกรรมการตัดสินใจเลือกตัวเลือก

การวิเคราะห์พฤติกรรมในการเลือกตัวเลือกต่างๆที่มีอยู่โดยพิจารณาจากคุณค่าของตัวเลือก ในแต่ละบุคคล เราจำเป็นที่จะต้องทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของตัวเลือก และลักษณะของผู้ที่ตัดสินใจเลือก เช่น ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ตัดสินใจเลือก เป็นต้น (Domencich and McFadden (1975)) สำหรับการตัดสินใจเลือกตัวเลือก เช่น การที่ผู้ประกอบการต้องตัดสินใจว่าจะขนส่งสินค้าหรือไม่ จะไปที่ไหน เมื่อไหร่ เส้นทางใด และจะใช้รูปแบบการขนส่งอะไร การตัดสินใจต่างๆเหล่านี้ ผู้ประกอบการจะตัดสินใจโดยพิจารณาคุณสมบัติต่างๆของรูปแบบการขนส่งสินค้าที่แตกต่างกัน เช่น เวลา ค่าใช้จ่าย ระดับการให้บริการ จากนั้นจึงเลือกรูปแบบการเดินทางที่มีค่าอรรถประโยชน์ (Utility) สูงที่สุด โดยเรียกแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาพฤติกรรมในการเลือกตัวเลือกต่างๆ โดยใช้ข้อมูลระดับบุคคลนี้ว่า Discrete Choice Model ซึ่งสามารถใช้ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์และคาดการณ์พฤติกรรมในการตัดสินใจเลือกตัวเลือกของกลุ่มบุคคลได้อย่างมีเหตุผล

### 3.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเลือกรูปแบบการเดินทาง

#### 3.3.1 ทฤษฎีอรรถประโยชน์

ทฤษฎีอรรถประโยชน์เป็นทฤษฎีที่สมมติว่า ผู้ตัดสินใจ (Decision maker) จะพิจารณา เลือกตัวเลือกที่ให้ความพึงพอใจสูงสุด โดยที่ความพึงพอใจนั้นสามารถวัดได้ในเชิงปริมาณด้วยฟังก์ชั่นความพึงพอใจ (Utility Function) โดยรูปแบบฟังก์ชั่นความพึงพอใจได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่สามารถวัดค่าได้แน่นอน (Determinant Component) และส่วนที่รวมความไม่แน่นอน (Random Component) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$u_{in} = v_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

โดยที่ $u_{in}$ = อรรถประโยชน์สำหรับผู้ตัดสินใจคนที่ n ให้กับตัวเลือกที่ i

$v_{in}$ = ส่วนของอรรถประโยชน์ที่วัดค่าได้แน่นอน สำหรับผู้ตัดสินใจคนที่ n ให้กับตัวเลือกที่ i

$\varepsilon_{in}$ = ส่วนของอรรถประโยชน์ที่ไม่สามารถวัดค่าที่แน่นอน สำหรับผู้ ตัดสินใจคนที่ n ให้กับตัวเลือกที่ i

ส่วนประกอบของอรรถประโยชน์ $v_{in}$ เป็นส่วนที่บุคคลสามารถรับรู้และสามารถวัดค่าได้อย่างแน่นอน ส่วนใหญ่มีสมการดังนี้

$$u_{in} = \beta_{0n} + \sum_{i=1}^{n} \beta_{in} x_{in} + \varepsilon_{in} \quad (2)$$

โดยที่ $\beta_{0n}$ และ $\beta_i$ *(i = 1,.....,n)* คือ น้ำหนักหรือพารามิเตอร์สำหรับตัวแปรที่ได้จากแบบจำลอง

$x_{in}$ คือตัวแปรที่สะท้อนถึงลักษณะและคุณภาพของ สิ่งที่บุคคล *n* เลือกพิจารณาทางเลือกที่ *i*

#### 3.3.2 แบบจำลองโลจิต (Logit model)

แบบจำลองโลจิตจะประกอบไปด้วยสมการอรรถประโยชน์ของรูปแบบการเดินทางที่พิจารณา โดยปกติถ้าแบบจำลองมีตัวเลือกรูปแบบการเดินทางทั้งสิ้น 2 ทางเลือก เช่น การเดินทางระหว่างรถยนต์ส่วนบุคคลกับรถไฟจะเรียกแบบจำลองประเภทนี้ว่า binary logit model (BNL) ส่วนแบบจำลองที่มีตัวเลือกในการเดินทางมากกว่า 2 ทางเลือก จะเรียกว่าแบบจำลอง Multinomial logit model (MNL)

ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกของแต่ละบุคคลจะพิจารณาจากตัวเลือกที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจสูงที่สุด ค่าอรรถประโยชน์ของตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งมากกว่าตัวเลือกอื่น ๆ ดังสมการที่ (3) ซึ่งพบว่าผู้ตัดสินใจคนที่ n จะพิจารณาทางเลือกที่ i เมื่อมีค่าอรรถประโยชน์มากกว่าตัวเลือกที่ j ซึ่งสามารถเขียนสมการดังนี้

$$u_{in} > u_{jn} \quad (3)$$

ซึ่งแบบจำลองโลจิตสามารถคำนวณความน่าจะเป็น ดังนี้

$$P_n(i) = \frac{e^{v_{in}}}{\sum_{j \in C_m} e^{v_{jn}}} \quad (4)$$

โดยที่ $v_{in}$ = ค่า Utility ของทางเลือก i ของผู้เดินทางคนที่ n

$c_{\mathrm{m}}$ = จำนวนของทางเลือกทั้งหมด

$j$ = ทางเลือกที่ j

$P_n(i)$ = ความน่าจะเป็นของผู้เดินทางคนที่ n เลือกรูปแบบการเดินทาง i

## 4. ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

### 4.1 ขอบเขตการศึกษา

ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตและพื้นที่ศึกษาเพื่อสำรวจลักษณะการใช้รูปแบบการเดินทางที่แตกต่างกัน โดยใช้พื้นที่ศึกษาภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ฝั่งสวนสัก ซึ่งตั้งอยู่บริเวณเชิงดอยสุเทพ (ดังแสดงในรูปที่ 1)

### 4.2 การสำรวจข้อมูล

การสำรวจครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการสำรวจ โดยทำสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางในปัจจุบันของนักศึกษาที่พำนักภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ด้วยเทคนิค Stated Preference (SP) ซึ่งเป็นสัมภาษณ์โดยการสร้างสถานการณ์สมมติที่ถูกกำหนดขึ้น ได้แก่การประยุกต์ใช้นโยบายต่างๆ ภายใต้สถานการณ์ที่ไม่ได้มีอยู่จริงในปัจจุบัน โดยให้นักศึกษาได้เลือกรูปแบบการเดินทางที่พึงพอใจมากที่สุด จากสถานการณ์ที่ได้ถูกกำหนดขึ้นได้แก่ การจำกัดการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลภายในมหาวิทยาลัยดัง (ดังแสดงในรูปที่ 1) และมาตรการส่งเสริมการเดินทางโดยไม่ใช้เครื่องยนต์อื่นๆ ได้แก่ การพัฒนาทางเท้าโดยปรับปรุงพัฒนาทางเดินเท้าให้มีหลังคาคลุมตลอดเส้นทาง การพัฒนาสร้างทางจักรยานเฉพาะและการปรับเพิ่ม/ลดระยะเวลาการเดินทางของรถขนส่งสาธารณะ

### 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลนักศึกษาจำนวน 275 ตัวอย่าง โดยเป็นนักศึกษาที่พำนักภายในมหาวิทยาลัย แยกตามเพศของกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนเพศชายร้อยละ 59 เพศหญิงร้อยละ 41 พบว่าเพศชายมีการใช้รถจักรยานยนต์ไปเรียนเป็นหลักซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 48 รองลงมาใช้การเดินมีสัดส่วนร้อยละ 41 ซึ่งต่างจากเพศหญิงที่ใช้การเดินไปเรียนเป็นหลักคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 45 รองลงมาเป็นการใช้จักรยานยนต์คิดเป็นสัดส่วน 30 ระดับรายได้ต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างมี รายได้ 5001-7000 บาทคิดสัดส่วนร้อยละ 27 รายได้ระหว่าง 3,001 – 5,000 บาทมีจำนวนร้อยละ 26 การครอบครองยานพาหนะของกลุ่มตัวอย่างมีสัดส่วนการครอบครองจักรยานยนต์คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 49 ซึ่งกลุ่มนี้ใช้รถจักรยานยนต์ไปเรียนคิดเป็นสัดส่วน 41 และรองลงมาใช้การเดินไปเรียนคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 38 ส่วนกลุ่มผู้ที่ไม่มีการครอบครองยานพาหนะคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 40 โดยกลุ่มผู้ที่ไม่การครอบครองยานพาหนะจะใช้การเดินไปเรียนเป็นหลักคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 63 และรองลงมาใช้รถจักรยานยนต์คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 23 เห็นได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีการใช้รถจักรยานยนต์และการเดินในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน (ดังแสดงในตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** ข้อมูลคุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม

| คุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม | | ร้อยละ | ลักษณะการเดินทาง (ร้อยละ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | เดิน | จักรยาน | จักรยานยนต์ | รถยนต์ | รถสาธารณะ |
| เพศ | ชาย | 59 | 41 | 2 | 48 | 4 | 5 |
| | หญิง | 41 | 45 | 5 | 30 | 6 | 14 |
| รายได้ต่อเดือน (บาท) | < 3,001 | 17 | 40 | 2 | 46 | 2 | 10 |
| | 3,001 – 5,000 | 26 | 53 | 0 | 42 | 1 | 4 |
| | 5,001 -7,000 | 27 | 38 | 7 | 41 | 5 | 10 |
| | 7,001 -9,000 | 18 | 39 | 5 | 36 | 9 | 11 |
| | > 9,000 | 11 | 42 | 5 | 34 | 8 | 11 |
| การครอบครองยานพาหนะ | ไม่ครอบครอง | 40 | 63 | 0 | 23 | 0 | 14 |
| | รถจักรยาน | 5 | 40 | 55 | 0 | 0 | 5 |
| | จักรยานยนต์ | 49 | 30 | 0 | 64 | 0 | 6 |
| | รถยนต์ | 6 | 19 | 0 | 0 | 81 | 0 |

### 4.4 การพัฒนาแบบจำลอง

การศึกษานี้ได้กำหนดให้รูปแบบการเลือกใช้ยานพาหนะในการเดินทางของกลุ่มนักศึกษาที่พำนักภายในมหาวิทยาลัยหลังจากที่มหาวิทยาลัยได้ใช้มาตรการห้ามไม่ให้ยานพาหนะส่วนบุคคลเข้าในเขตอาคารเรียน โดยรูปแบบที่นักศึกษาสามารถเลือกเดินทางภายในมหาวิทยาลัยได้จะมีเพียง การเดิน (Walk) การใช้รถจักรยาน (Bicycle) และ รถขนส่งสาธารณะ/ขสมช. (Transit) ซึ่งปัจจุบันได้มีระบบจักรยานสาธารณะที่ทางเทศบาลเชียงใหม่ได้จัดให้บริการแก่ชุมชน บริเวณด้านหลังมหาวิทยาลัย และในอนาคตทางมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีนโยบายที่จะจัดรถจักรยานสาธารณะให้แก่นักศึกษา โดยตัวแปรที่คาดว่าจะมีผลต่อการเลือกรูปแบบยานพาหนะในการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบไปด้วย ระยะเวลาเดินทางของรถขนส่งสาธารณะซึ่งจะรวมระยะเวลาในการคอยและระยะเวลาเดินทางภายใน

ยานพาหนะเข้าด้วยกัน เวลาในการเดินทางด้วยเท้า และเวลาการเดินทางโดยจักรยาน สำหรับตัวแปรค่าโดยสารยานพาหนะได้ถูกกำหนดในกรณีที่ทางมหาวิทยาลัยเก็บค่าโดยสารเพิ่มขึ้นในอนาคต

การศึกษานี้ใช้โปรแกรม NLOGIT ในการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาแบบจำลอง Multinomial Logit ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางที่แตกต่างกันในรูปของสมการอรรถประโยชน์ โดยแบบจำลองที่เหมาะสมและสามารถยอมรับจะพิจารณาจากเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่างๆ

## 5. ผลการศึกษา

### 5.1 การพัฒนาแบบจำลอง

การศึกษานี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางบนพื้นฐานของแบบจำลอง Multinomial Logit เพื่ออธิบายถึงความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางภายในมหาวิทยาลัยที่จะเลือกรูปแบบการเดินทาง ตามเงื่อนไขของอรรถประโยชน์ของทางเลือกที่ได้กำหนดขึ้นดังนี้

$$U_{Walk} = -3.584 - 0.113*W_TIME + 0.767*W_TYPE \quad (5)$$

$$U_{Bike} = -2.662 - 0.287*B_TIME + 0.458*B_TYPE \quad (6)$$

$$U_{Transit} = -0.098*T_TIME - 1.067*T_COST \quad (7)$$

โดยที่ U = ฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ของแต่ละรูปแบบ

W_TIME = เวลาเดินทางของการเดิน (นาที)

W_TYPE = รูปแบบของทางเดินเท้า (1 = ทางเดินเท้าปกติ, 2 = ทางเดินเท้าแบบมีหลังคา)

B_TIME = เวลาเดินทางของการใช้รถจักรยาน (นาที)

B_TYPE = รูปแบบของทางจักรยาน (1 = เป็นทางร่วม, 2 = เป็นทางจักรยานเฉพาะ)

T_TIME = เวลาเดินทางของการใช้รถขนส่งสาธารณะ (นาที)

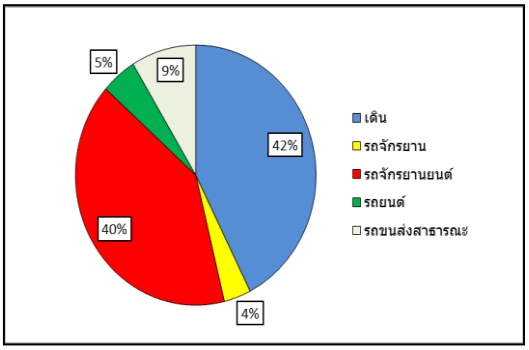
T_COST = ค่าโดยสารรถสาธารณะ (บาท)

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรเวลาในการเดิน เวลาในการเดินทางโดยใช้จักรยาน เวลาการเดินทางด้วยรถขนส่งสาธารณะ และตัวแปรค่าใช้จ่ายในการเดินทางด้วยรถขนส่งสาธารณะพบว่ามีเครื่องหมายเป็น "ลบ" แสดงถึงเวลาการเดินทางที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การเลือกรูปแบบการเดินทางประเภทดังกล่าวจะน้อยลง หรือเมื่อพิจารณาตัวแปรค่าโดยสาร พบว่าค่าโดยสารรถประจำทางที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีการเลือกใช้รถขนส่งสาธารณะลดลง เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองจากค่า Rho Square ($R^2$) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.367 และความถูกต้องโดยรวมในการทำนาย (% Correct) อยู่ในสัดส่วนร้อยละ 63.9 (ดังแสดงในตารางที่ 2)

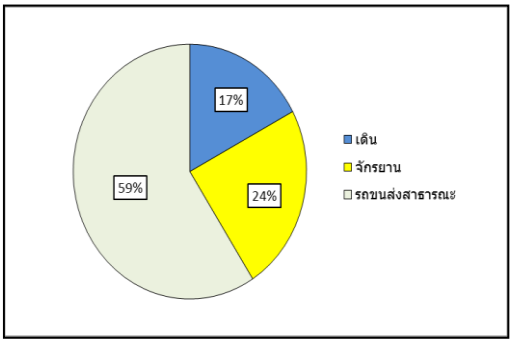
**ตารางที่ 2** ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

| ตัวแปร | Coefficient | Std. Error | P-value |
|---|---|---|---|
| เพศ (GENDER) | 0.007 | 0.125 | 0.953 |
| อายุ (AGE) | 0.215 | 0.135 | 0.111 |
| ระดับรายได้ต่อเดือน (INCOME) | -0.670 | 0.281 | 0.981 |
| การครอบครองยานพาหนะ (VEHICLE) | 0.047 | 0.060 | 0.426 |
| ระยะทาง(DISTANCE) | 0.000 | 0.000 | 0.053 |
| รูปแบบทางเดินเท้า (W_TYPE) | 0.767 | 0.142 | 0.000 |
| รูปแบบทางจักรยาน (B_TYPE) | 0.458 | 0.120 | 0.000 |
| เวลาเดินเท้า (W_TIME) | -0.113 | 0.011 | 0.000 |
| เวลาเดินทางโดยจักยาน (B_TIME) | -0.287 | 0.020 | 0.000 |
| เวลาเดินทางโดยรถขนส่งสาธารณะ (T_TIME) | -0.098 | 0.008 | 0.000 |
| ค่าโดยสารรถขนส่งสาธารณะ (T_COST) | -1.067 | 0.041 | 0.000 |
| Walk Constant (C_WALK) | -3.584 | 0.413 | 0.000 |
| Bicycle Constant (C_BIKE) | -2.662 | 0.391 | 0.000 |
| Transit Constant (C_Transit) | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Rho Square (R2) | 0.367 | | |
| %Correct | 63.95% | | |

จากข้อมูลสำรวจพฤติกรรมการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่พำนักภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า ปัจจุบันมีการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์และการเดินเท้า เป็นส่วนใหญ่ โดยการใช้รถจักรยานยนต์คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 40 และใช้การเดินเท้า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 42 (ดังแสดงในรูปที่ 2) หากในอนาคตมีการจำกัดการอนุญาตให้ยานพาหนะส่วนบุคคลเข้าภายในพื้นที่อาคารเรียนจะพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาเลือกใช้การเดินเพื่อไปเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 17 มีการใช้รถจักรยานที่เพิ่มขึ้นอยู่ในสัดส่วนร้อยละ 24 และ การใช้ระบบรถขนส่งสาธารณะที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 59 (ดังแสดงในรูปที่ 3) (กรณีไม่มีการประยุกต์ใช้นโยบาย/มาตรการ)




**รูปที่ 2** การเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างในปัจจุบัน



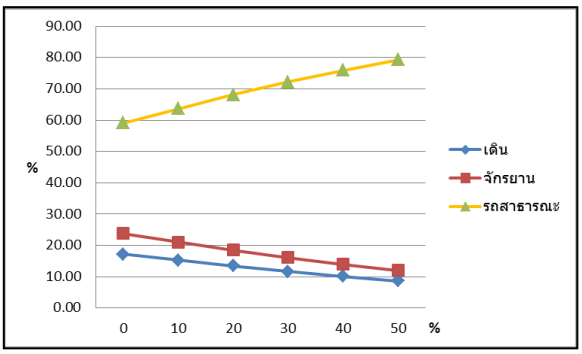

**รูปที่ 3** การเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง กรณีห้ามยานพาหนะส่วนบุคคลเข้าพื้นที่อาคารเรียน

## 5.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้สมการอรรถประโยชน์ที่ได้ (สมการที่ 5, 6, และ 7) ในการทดสอบนโยบาย/มาตรการต่างๆ ซึ่งการเดินทางโดยใช้จักรยาน การเดินเท้าและรถขนส่งสาธารณะ(รถไฟฟ้า) จัดได้ว่าเป็นการขนส่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยผลการประยุกต์ใช้นโยบาย/มาตรการต่างๆ มีดังนี้

### 5.2.1 มาตรการลดระยะเวลาเดินทางโดยรถขนส่งสาธารณะ

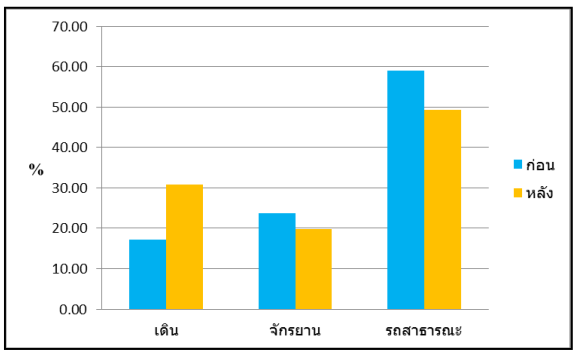
การลดระยะเวลาเดินทางรถขนส่งสาธารณะ สามารถดำเนินการได้ด้วย การปรับปรุงเส้นทางระบบรถขนส่งสาธารณะให้มีระยะทางที่สั้นลงหรือการจัดจำนวนเที่ยววิ่งให้มีความถี่มากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งการศึกษานี้ได้กำหนดให้ระยะเวลาการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ ลดลงจากเดิมในสัดส่วนร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าถ้ารถขนส่งสาธารณะสามารถเดินรถด้วยความเร็วมากกว่าเดิมจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้รถขนส่งสาธารณะจากเดิมร้อยละ 59.06 เพิ่มขึ้นมาเป็นร้อยละ 79.30 คิดเป็นสัดส่วนการใช้รถขนส่งสาธารณะที่เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 20.24 ส่งผลให้สัดส่วนการเดินเท้าลดลงจากร้อยละ 17.19 เป็นร้อยละ 8.69 และสัดส่วนการใช้รถจักรยานลดลงจากร้อยละ 23.75 เป็นร้อยละ 12.01 (แสดงดังในรูปที่ 4)




**รูปที่ 4** สัดส่วนการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างกรณีลดระยะเวลาการเดินโดยของรถขนส่งสาธารณะ

### 5.2.2 มาตรการพัฒนาทางเดินเท้า

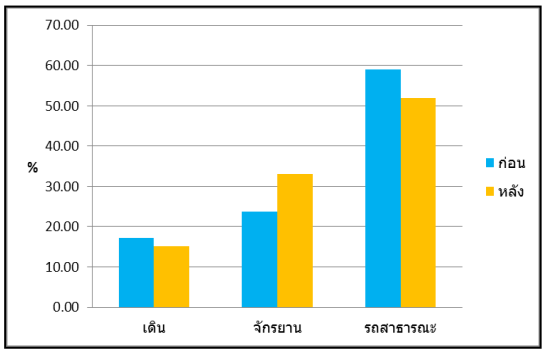
มาตรการพัฒนาทางเดินเท้าจะพิจารณาจากสถานการณ์ที่มีทางเดินเท้าปกติในปัจจุบัน เทียบกับเมื่อมีการการปรับปรุงทางเดินเท้ากรณีมีการสร้างหลังคาคลุมทางเดินเท้าตลอดทั้งเส้นทางและต่อเนื่อง ซึ่งจะเพิ่มความสะดวกสบาย เนื่องจากสามารถกันแดดและฝนได้ โดยการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการเดินเท้า พบว่า ผู้เดินทางเลือกที่จะใช้ทางเท้าในการเดินทางเพื่อไปเรียนมากยิ่งขึ้น จากเดิมที่ใช้รูปแบบการเดินเท้าอยู่ที่ร้อยละ 17.19 เพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 30.89 คิดเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.70 ส่งผลให้สัดส่วนการใช้รถจักรยานลดลงจากจากร้อยละ 23.75 เป็นร้อยละ 19.82 ลดลงร้อยละ 3.93 และสัดส่วนของการใช้รถขนส่งสาธารณะลดลงจากร้อยละ 59.06 เป็นร้อยละ 49.29 ซึ่งลดลงร้อยละ 9.77 (ดังแสดงในรูปที่ 5)




**รูปที่ 5** สัดส่วนการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางกรณีพัฒนาทางเดินเท้า

### 5.2.3 มาตรการสร้างทางจักรยานเฉพาะ

มาตรการสร้างทางจักรยานเฉพาะจะพิจารณาจากสถานการณ์ที่มีทางจักรยานปัจจุบันซึ่งมีลักษณะเป็นทางร่วม (จักรยานใช้ร่วมกับรถจักรยานยนต์และรถยนต์) และเมื่อมีการพัฒนาทางจักรยานโดยสร้างให้เป็นทางวิ่งเฉพาะ จะพบว่า สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการใช้จักรยานมีการเพิ่มขึ้น จากเดิมที่ร้อยละ 23.75 โดยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 33.00 คิดเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.25 ส่งผลให้สัดส่วนรูปแบบการเดินลดลงจากจากร้อยละ 17.19 เป็นร้อยละ 15.11 โดยลดลงร้อยละ 2.08 และสัดส่วนของการใช้รถขนส่งสาธารณะลดลงจากร้อยละ 59.06 เป็นร้อยละ 51.90 โดยลดลงร้อยละ 7.16 (ดังแสดงในรูปที่ 6)




**รูปที่ 6** สัดส่วนการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางกรณีสร้างทางจักรยานเฉพาะ

## 6. สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางของนักศึกษาที่พำนักภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทาง และพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามแผนนโยบายปรับปรุงทางกายภาพและการจราจรภายในมหาวิทยาลัย ในกรณีที่มีการจำกัดการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลเข้าภายในพื้นที่อาคารเรียน โดยผลการศึกษาพบว่าปัจจัย ได้แก่ การปรับปรุงทางเดินเท้า การสร้างทางจักรยานเฉพาะ ค่าโดยสาร และเวลาการเดินทางโดยรถขนส่งสาธารณะ เวลาเดินทางด้วยเท้าและรถจักรยานนั้น เป็นปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญ

ผลของการใช้มาตรการห้ามยานพาหนะส่วนตัวเข้ามายังพื้นที่อาคารเรียนพบว่า กลุ่มตัวอย่างจะมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมาเลือกใช้การเดินเพิ่มขึ้น คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 17 มีการใช้รถจักรยานเพิ่มขึ้น อยู่ในสัดส่วนร้อยละ 24 และ การใช้ระบบรถขนส่งสาธารณะที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 59 เนื่องจากเป็นรูปแบบการเดินทางที่มีความรวดเร็วในการเดินทาง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อกำหนดมาตรการเพิ่มเติมหลังจากการห้ามยานพาหนะส่วนตัวเข้าในพื้นที่อาคารเรียน พบว่า มาตรการลดระยะเวลาการเดินทางโดยรถขนส่งสาธารณะ จะทำให้ผู้เดินทางเลือกใช้รถขนส่งสาธารณะเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.24 (กรณีลดเวลาเดินทางโดยรถขนส่งสาธารณะจากเดิมสัดส่วนร้อยละ 50) สำหรับมาตรการพัฒนาทางเท้าทำให้สัดส่วนการเดินเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.70 และมาตรการสร้างทางจักรยานเฉพาะจะส่งผลให้สัดส่วนการใช้จักรยานเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.25

สำหรับนโยบาย/มาตรการที่นำเสนอในงานศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทุกสถาบันการศึกษา ซึ่งแนวทางในการดำเนินแผนนั้นขึ้นอยู่กับความยาก/ง่าย งบประมาณของแต่ละหน่วยงานในการดำเนินการ รวมถึงมาตรการลดระยะเวลาเดินทางของรถขนส่งสาธารณะนั้นควรจัดอยู่ในแผนการดำเนินงานระยะสั้นซึ่งสามารถดำเนินการได้ทันที ขณะที่การพัฒนาทางจักรยาน และการปรับปรุงทางเท้าจำเป็นต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาในการก่อสร้าง

ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้เน้นศึกษารูปแบบการเดินทางเฉพาะสำหรับนักศึกษาที่พำนักในเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ผู้สนใจสามารถนำแนวทางการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้สำหรับนักศึกษาและบุคลากรที่พำนักภายนอกเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อให้ทราบพฤติกรรมในการเดินทาง รวมถึงนโยบาย/มาตรการ เพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเดินทางอย่างยั่งยืนในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## เอกสารอ้างอิง

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและประมวลผลการศึกษา สำนักทะเบียนและประมวลผล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,รายงานสถิติจำนวนนักศึกษา, เว็ปไซต์ : https://www3.reg.cmu.ac.th/report/student_9.php

[2] งานประชาสัมพันธ์ กองกลาง สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เว็ปไซต์ : http://www.prcmu.cmu.ac.th/

[3] T. Limanondetal et al. "Travel behavior of university students who live on campus : A case study of a Rural university in Asia" TransportPolicy Vol. 18, P.163–171,2011

[4] J. Zhou "Sustainable commute in a car-dominant city: Factors affecting Alternative mode choices among university students" Transportation Research Part A 46, P.1013–1029, 2012

[5] K.E. Whalen et al. "Mode choice of university students commuting to school and the role of active travel" Journal of Transport Geography 31 ,P.132–142 , 2013

[6] Naveen Eluru Vincent Chakour Travel mode choice and transit route choice behavior in Montreal: insights from McGill University members commute patterns

# Bangkok Taxi Probe's Big Data Processing for Traffic Hotspot Analysis and Visualization Using the Apache Hadoop Distributed System

Paper Identification number: **AYRF15-050**

Saurav RANJIT[1], Masahiko NAGAI[1, 2], Apichon WITAYANGKURN[1, 2]

[1]Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems,
Asian Institute of Technology, Pathum Thani, Thailand
Email: ranjitsaurav@gmail.com, nagaim@ait.asia, apichon@iis.u-tokyo.ac.jp

[2]Center for Spatial Information Science,
The University of Tokyo, Japan
E-mail: NAGAIm@iis.u-tokyo.ac.jp, apichon@iis.u-tokyo.ac.jp

## Abstract

Probe Taxi have been operated in the Bangkok since the July of 2012 by Toyota Tsusho Electronics (Thailand) Co. Ltd. Approximately 10,000 probe taxi are utilized for the real time traffic information monitoring and it provide the meaningful information of the traffic condition in the region such as travel flow information. GPS devices have been installed in the probe taxies to collect spatial and temporal information every 3 to 5 seconds along with other necessary information. It provides the real time traffic information by calculating the spatial and temporal information of these probe taxies. The spatial information includes the latitude and longitude location of the taxies; on the other hand the temporal information includes the UNIX epoch time. At the same time, the other information such as device ID, speed, direction, taximeter, taxi engine state and dilution of precision is collected from probe taxis. The device ID is the International Mobile Station Equipment Identity also known as IMEI that has unique ID. The main challenge of this study is to handle big data. Approximately 50 million of data is being collected every day with the file size of 3.5 giga byte. To process this big data, it takes lots of time and resources. Also, extract relevant information from this big data is another challenge along with the filtering out of irrelevant and error data. The objective of this study is to find the suitable method to process the big data and produce the relevant information such as traffic hotspot along with the proper visualization of GPS data. Apache Hadoop Distributed System is used to process the big data with Java based programming to perform the operation. The Apache Hadoop software library is a framework for distributed computing of large data across clusters of computers using programming models. It is designed to scale up from one machine to hundreds of machines, each offering local computation and storage.

**Keywords:** Global Positioning System (GPS), Big Data, Distributed Computing, Apache Hadoop Distributed System, Map-Reduce

## 1. Introduction

Toyota Tsusho Electronics (Thailand) Co., Ltd (TTET) provides the real traffic information of the Bangkok and some other provinces in Thailand. Toyota Tsusho Electronics Thailand has installed about 10,000 GPS devices in the Taxis and about 200 GPS devices in the Trucks that are operated in the Bangkok since the July of 2012. These GPS devices installed in the Taxies of the Bangkok provided spatial and temporal information every 3 to 5 second along with other necessary information. The real time traffic information is provided by the spatial and temporal information of theses taxis in Bangkok.

The spatial information included the taxis latitude and longitude information and the temporal information includes the epoch time. Along with these the other information includes the device id, speed, direction, taxi meter change, taxi engine state and dilution of precision.The device id is the International Mobile Station Equipment Identity also known as IMEI. These device ids are unique to each other and ideally no two devices can have same IMEI number. Latitude and Longitude is in the WGS84 datum.

The data are collected between the intervals of 3 to 5 sec by each operating device and is stored in the cloud server from where the data can be used for the processing in real time as well as for

processing the historical data. These raw data are processed to provide the meaning full information of the traffic condition in the region such as travel flow information, congestion information, best routes etc. This information collected and then processed is very much necessary for the intelligence transportation system.

## Big data and Data mining

The amount of data is increasing every day whether the data is structured data from any sensors etc. or unstructured data such as e-mails being sent. Every day new data sets is being piling up in the data warehouse for processing. Big data refers to the collection of data in a large scale such that it becomes so complex and difficult to the handle using traditional data management tool. Hence the big data usually will have the data set with size that is beyond the ability of traditional tool to store, process, analyzed.

The main challenge of the "big data" is the storage of the data, analysis of the data, retrieval of the relevant information and sharing information that has been obtained. As mentioned earlier the big data means the size of the data is huge that is difficult to handle with traditional data management tool. So the first problem associated with the big data would be the storage facilities of such data. In such case a cloud data ware house is needed for the storage of big data. Secondly, since the size of the data is big processing time for such big data would be large as well. Larger the data size, more time it would take to process it. For the real time processing and also processing the historical data it would be difficult to process the big amount of data. To take the measure a distributed system would be need to process and get the relevant information such that information could be retrieved in real time or near real time situation. Only after such process, information from big data can be decimated for meaning full uses.

## Global Positioning System

Global positioning system (GPS) is a space based satellite navigation system which provided positioning and the timing information anywhere in the world. Hence the GPS data is the position in term of latitude and longitude and the timing of that. Along with these, GPS can also provide information like speed and direction in case the GPS receiver is placed on the moving platform. The moving platform can be anything from vehicle like cars, buses, UAV or any aircraft. The accuracy of the positioning depends upon the type of the GPS receiver and location where the positioning information has been taken. Highly sophisticated GPS receiver is capable is of giving high accuracy within the meter range whereas the low cost receiver can give the accuracy from 10 meter to 30 meter in range. Location also plays the key factor in the accuracy of the GPS data. In open field area where there is not much interference of the outside world, GPS data is more accurate and precise as compared to the urban area where there are high rise building blocking the GPS receiver from getting the proper signal.

## Probe Car Data

Probe car data is the data that has been transmitted via communication channel from the GPSdevice that has been fitted in the Car. The data could be position, speed, direction, and timing information from the device that is being driven. These probe car data are essential source of information for the intelligence transportation system as it can provided real time information. The log of these data can be used to evaluate the historical data and get the information from historical data too.




**Fig. 1** TSquare Project (Toyota Tsusho Electronic (Thailand) Co., Ltd)

Fig. 2 shows project from Toyota Tsusho Electronic (Thailand) Co., Ltd. The name of the project is TSquare, which utilizes the probe GPS data to provide traffic information in near real time.

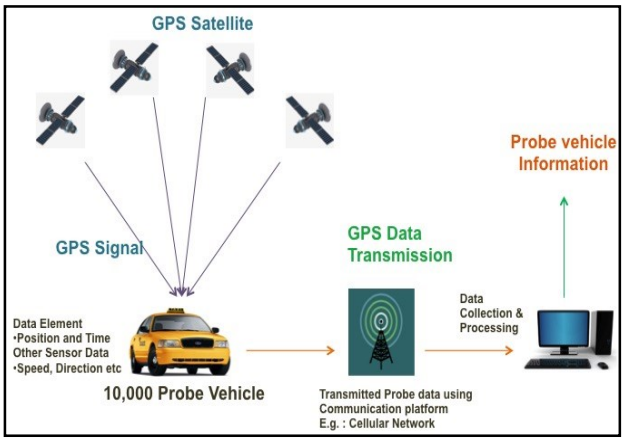



**Fig. 3** Prove Vehicle Working

Fig. 2 shows the working of GPS probe devices. GPS satellite is used for the positioning and timing information along with other information like speed, direction etc. of the vehicles. This information are collected and transmitted via cellular network to the data center. The data collected are then processed to provide the relevant information.

## 2. Literature Review

Barry Storey, Robert Holtom (2003) used the GPS device for the traffic monitoring. The main reason of this GPS device installation was for security system, fleet racking, and satellite navigation. Location, speed, direction etc were being reported by the tracking devices are regular interval of time, which the ignition of the vehicle is switched on. The system was primarily designed for real time application but the use if the historical data recorded from these tracking devices has been growing and is being used for the transport and traffic monitoring uses. The number of vehicle used stands around 70,000. Collection information from 70,000 GPS device would generate huge spatial database in the course of time. A system for handling such big data is required as conventional system is not efficient and fast enough to handle big data. Travel time, average speed etc can be determined from the probe vehicle. The probe vehicle is mostly used for the study of travel time. Though these techniques seem very simple, their implementations tend to be quite labor intensive. The data collected from GPS will be huge and number of records collected within the short interval of time is very high. GPS device can record 100 gps point in every one second to 1 gps point in one second depending upon the type of gps used. Hence reference, storing and retrieving the GPS data have become very much essential (Joseph Owusu, Francis Afukaar and B. E. K. Prah, 2006). The source of data generated not only by the users and applications but also "machine- generated," and such data is exponentially leading the change in the Big Data space. Dealing with big datasets in the order of terabytes or even peta bytes is a challenging. In Cloud computing environment a popular data processing engine for big data is Hadoop-MapReduce due to ease-of-use, scalability, and failover properties. (Padhy, 2013).

## 3. Methodology

### Data Source

The taxi probe data is collected 3 to 5 seconds from each device. An average of 50 million records is being collected each day with the average file size of 3.5 giga byte. The data parameter are obtained from the taxi probe are as follows.

**Table 3** Sample Probe Data

| ID | IMEI | Latitude | Longitude | Speed | Direction |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **10015646** | **13.749** | **100.553** | **42** | **208** |
| 2 | **10015646** | **13.749** | **100.553** | **40** | **210** |
| 3 | **10015646** | **13.749** | **100.552** | **32** | **210** |
| 4 | **10015646** | **13.749** | **100.552** | **38** | **210** |
| 5 | **10015646** | **13.749** | **100.551** | **36** | **210** |

**Table 4** Sample Probe Data

| Error | Acceleration | Meter | Time Stamp | Data Source |
|---|---|---|---|---|
| 0 | **0** | **0** | **1388509240** | **9** |
| 0 | **0** | **0** | **1388509245** | **9** |
| 0 | **0** | **0** | **1388509250** | **9** |
| 0 | **0** | **0** | **1388509255** | **9** |
| 0 | **0** | **0** | **1388509258** | **9** |

- IMEI Number: International Mobile Station Equipment Identification (IMEI). The IMEI is the unique identification number given to each mobile device. The IMEI is only used to identify the device.
- Latitude / Longitude : The latitude and longitude of the taxi position.
- Speed / Direction : Speed and direction of the moving taxi
- Error : Error is calculated from geometric dilution of precision (GDOP). GDOP shows the affect of

geometry of the satellite on the positioning accuracy. The ideal value of GDOP is 1 which gives the correct positioning. For our case the higher value of GDOP are rejected and not recorded.

- Acceleration : This parameter shows the status of the taxi engine On/Off condition. The value of acceleration is 0 or 1 i.e. on/Off.
- Meter : Meter shows the status of the taxi. The value of meter is 0 or 1. The value 0 shows the taxi has not been used and value 1 show the taxi is being used by the customer.
- Time stamp : Time stamp recorded is the UNIX epoch time stamp. UNIX time is the time system which is described as number of seconds elapsed since 00:00:00 coordinated universal time, 1 January 1970.
- Data source : Data source defines the type of device that is sending the spatial and temporal information.

The total of 11 parameters is recorded from 3 to 5 seconds from 10k taxi probe and stored. Data are collected for each day starting from 00:01 am to 12:00 pm. Table 1, 2 shows the sample GPS data that has been collected.

## Apache Hadoop Distributed System

The Apache Hadoop is the open source software for distributed computing. Hadoop is a software library that allows the processing if huge data set across clusters of computers using simple programming.

The Hadoop configuration in Distributed Mode requires minimum of five parameters to be configured. The parameters are as follows.

- Hadoop Environment
- Hadoop core
- Hadoop Distributed File System
- Hadoop Map Reduce
- Master / Slave configuration

All these parameter need to be configured in each of the cluster depending upon the type of cluster i.e. master or slave.To process the big gps data, a UNIX based operating system in 5cluster of machine is used. The number of cluster / machine can vary depending upon the data size. The pre-requisite tool includes Java Development Kit (JDK 1.6 or higher), Apache Hadoop version r1.2.1, Secure Shell and Eclipse Integrated Development Environment. The probe taxi data, which is in CSV format, needs to be stored in the Hadoop Distributed File System (HDFS) for it to be processed and analyzed. HDFS is the primary storage location of Hadoop Distributed System.

The HDFS has two types of node being operated. First is the Name Node, which is known as master, and the other is the Data Nodes also known as slave or worker. The name node manages the file system of HDFS and regulates access to files within. The data node on the other hand manages the data that are run on them. Each data node is assigned a set of job by the name node to perform. Configuration of Hadoop on machine depends upon the type of machine that is being used i.e. weather the machine is name node or data node. There is only one name node and several data node depending upon the requirement. The software framework of Hadoop is the Map Reduce.

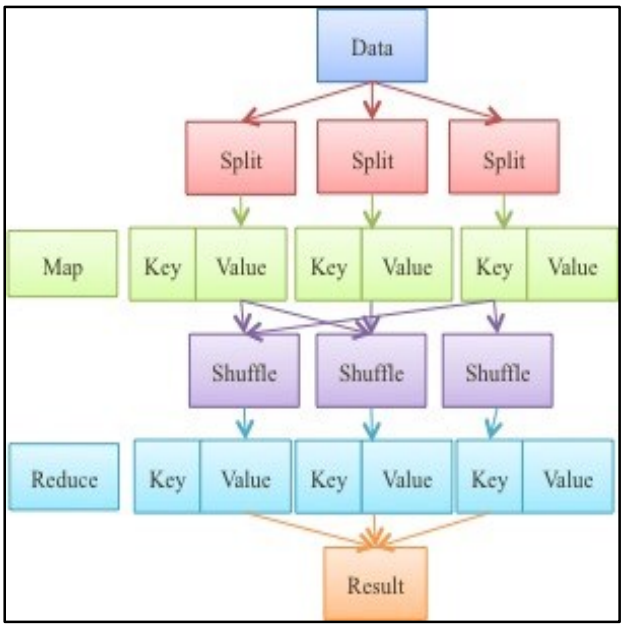



**Fig. 4** Hadoop Architecture

Fig. 3 shows the Hadoop Map Reduce architecture. Map Reduce task is implemented using Java Programming language. Map Reduce framework works on <key, value> pair. Map Reduce views the input as set of <key, value> pair and generates the output as another set of <key, value> pair. In the Map task of Map Reduce, IMEI ID and Unix epoch time is taken as the key while latitude, longitude and taximeter serves as the value. In the Reduce task of Map Reduce, IMEI is taken as the key while other relevant information is servers as value. The key value pair during both Map and Reduce operation can be changed depending on the requirement and information that needs to be produces from the taxi probe data. Both Map task and Reduce task involves removing of error taxi probe data as well. Filtering out the irrelevant data from the big data is done both in mapping process and also in reducing process.

**Data Filtering**

The data filtering is done to remove the error data from the big data set. The data filtering is done in both Map and Reduce phase of distributed processing. Following the filtering of the error data we can extract the relevant information from the big probe data set. Figure 4, 5 shows the flow chart of the overall processing the GPS big data.

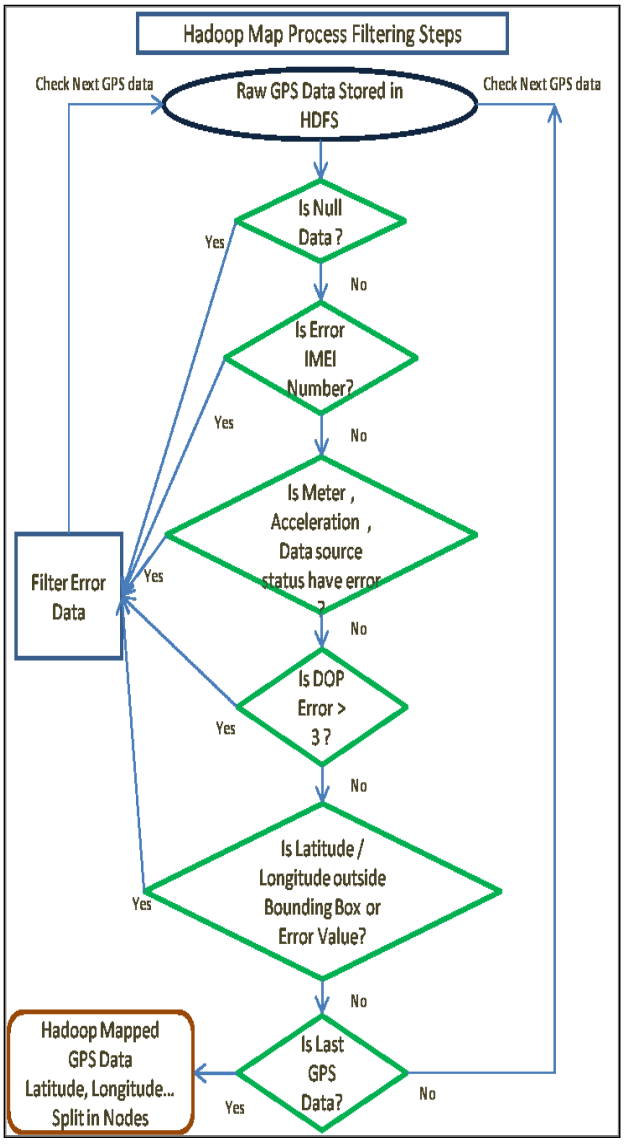



**Fig. 5** Hadoop Map Process

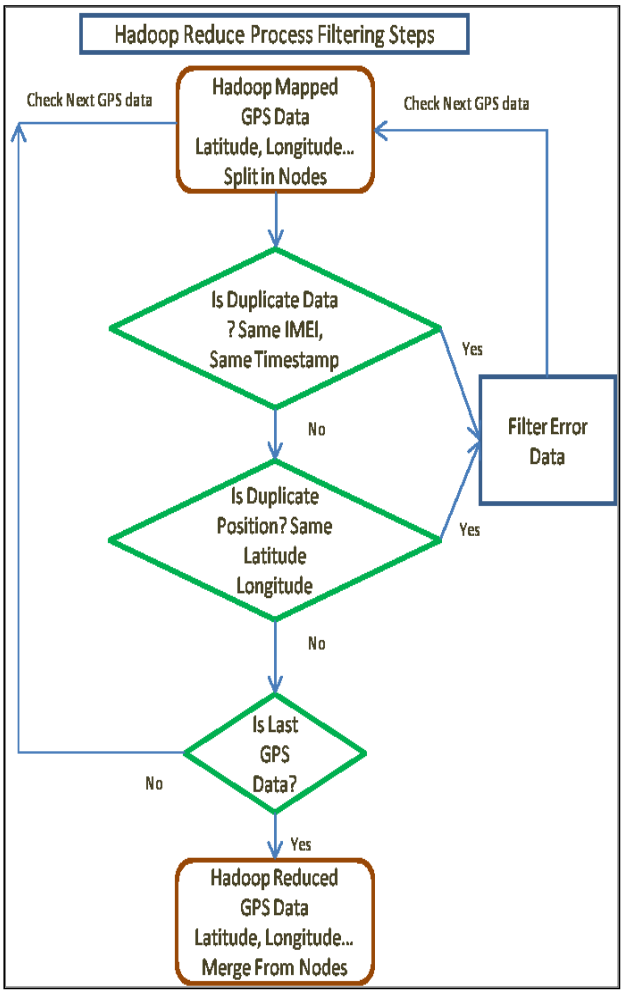



**Fig. 6** Hadoop Reduce Process

**Hotspot analysis in the region of interest in time series for average speed**

"Hotspot is defined as the region or a place which has more interest, activity than other region or place". Analysis of hotspot in the region of interest in time series, we first divide data into each day. In the grid based data analysis, the study area is divided into a gird. In each grid various hotspot analyses are performed. Analysis is done in hadoop Map Reduce following the data filtering. Each day data is further divided into data for each hour giving us total of 24 data sets for each day. Now the grid size of 500x500 meter is generated for each hour data. Each grid is assigned with a unique and fixed hash code. Each latitude and longitude data is also assigned with the hash code. Average speed is computed from the data set for each hour. The average speed computed is mapped with the grid by comparing the hash code from both grid and latitude/longitude. Finally the result is visualized on the Map using the Google Map

API in time series. The process is repeated for different date of interest like January 1st, normal working day etc. The flow diagram for hotspot analysis is shown in fig. 6.

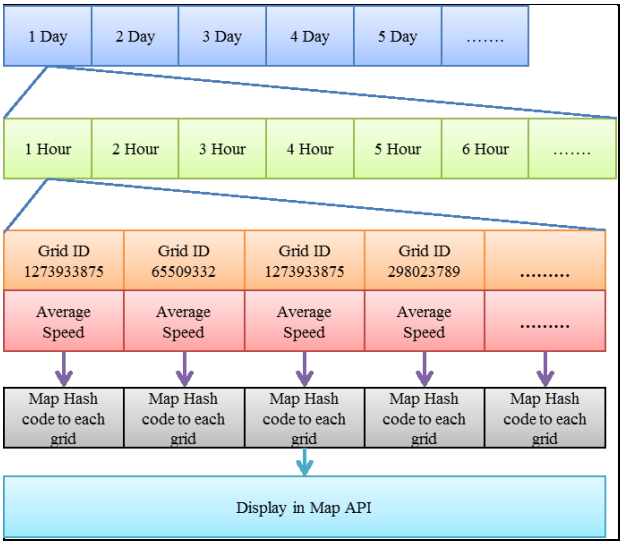



**Fig. 7** Hotspot Analyses in Time Series for Average Speed

## 4. Result

The use of Apache Hadoop Distribution System, processing time of the big data has been reduced. Filtering of error data using the programming logic during the Map Reduce operation will make result and visualization more accurate. The visualization of the probe data further can be analyzed for the traffic movement on a particular day, week or a month. With the fast processing and error minimization we obtained traffic information as of Traffic Hotspot in terms of quickly from the historical data.

The evaluation of hadoop distributed system as compared with the other system was done by comparing the processing speed. The evaluation was done on the same system (i.e. Mac Mini Server) in order to make the result comparable and accurate. For the evaluation hadoop-processing speed was compared with other systems i.e. MySql. Different queries were tested on these systems and the processing speed was measured. For the hadoop query hive was implemented. For query as "select count(imei) from table;" Hadoop/Hive took 51 second where MySql took 0.25 second. Similarly for query select imei, sum(speed)/count(imei) from table where imei = '10012313' group by imei;" Hadoop/Hive took 88 seconds whereas the MySql tool 139 second. The evaluation was done from the simple query which included selecting individual imei or selecting number of unique imei count to more complex query which included different attributes, grouping, sorting clause added in the query. The test showed that as the query became more complex the performance of the Hadoop system was better than that of the MySql. For the case of MySql, the execution time for the simple query was lesser as compared to the Hadoop system. But as the query became more complex with parameters and attributes added in the query the execution time in MySql exceeded than that of Hadoop System. The reason for Hadoop/Hive to have more execution time than that of MySql for the simple queries is that, for Hadoop/Hive has start up time to prepare for the execution of the query. The hadoop needs to create the Java Virtual Machine before it starts the Map Reduce process, which takes some time to complete. The very reason is the result in which the MySql execution time was faster than that of Hadoop/Hive. But as the queries became complex then Hadoop performance was better than MySql.

Data parameters were validated for filtering out of the error data. This includes validation of the each data row, followed by validation of various parameters in the data row. The validation was done with the known value of parameters. This included the error IMEI, meter, acceleration, data source, DOP and latitude longitude parameter. The data were also filtered for duplicate data i.e. data which have same IMEI and same time stamp and duplicate position data i.e. data row with same latitude and longitude with previous data row. Figure 7, 8 shows the GPS probe data without filtering and with filtering.

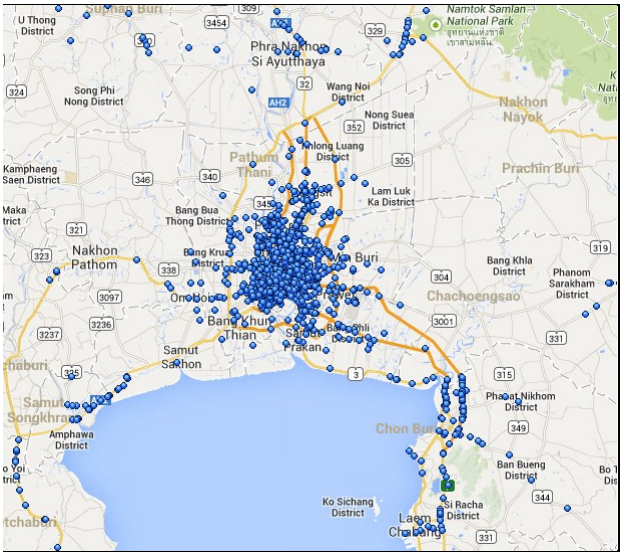



**Fig. 8** GPS Probe Data with Error

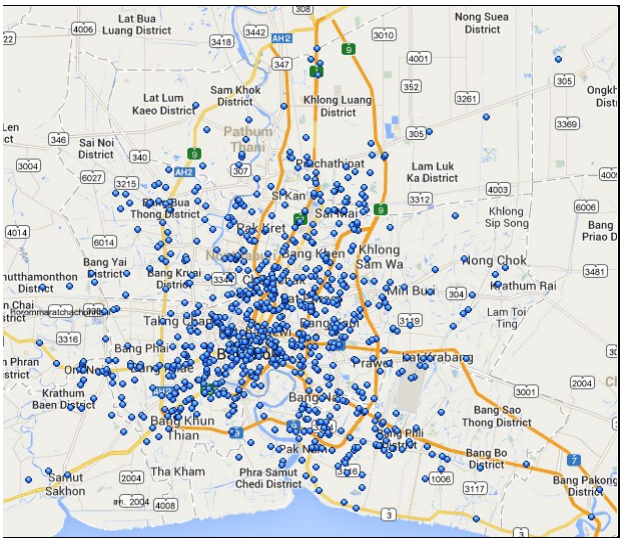



**Fig. 9** GPS Probe Data withot Error

Following the filtering out of error data, the analysis of hotspot in terms of average speed was done for each hour on a various days, which included data as 26 December 2013, 1 January 2014, 15 January 2014 and 21 July 2014. The dates were chosen for the analysis of the hotspot, such that each day event was different than that of the other day. 26 December 2013 is the working day just after Christmas, 1 January 2014 was the holiday for New Year, and 15 January 2014 was the working day with event going on in the various parts of Bangkok and finally 21 July 2014 was the normal working day. For the analysis the average speed was divided into three categories depending upon the value of the average speed. The red color represented the region with average speed less than 20 km/hr, green color represented the region with average speed between 20 km/hr to 40 km/hr and blue color represented the region with average speed greater than 40 km/hr. The average speed representation was finally overlaid on Map for the visualization.

The Fig. 9 shows the average speed for the 26 December 2013 in time series. From the map we can see that the average speed during the early morning was high at most of the area. But as the time increase the average speed tends to decrease and is low during the morning and evening rush hour. When we see low average speed it means there is high density of vehicle at that particular moment. Hence we can see the hotspot as in terms of low average speed in the core Bangkok during the morning rush hour. The Figure 10 shows the average speed for the 1 January 2014 in time series. On 1 January we can see that average speed was high in most of the area throughout the day. This shows there is not much density of vehicle during holidays (New Year) as compared to the normal working days.

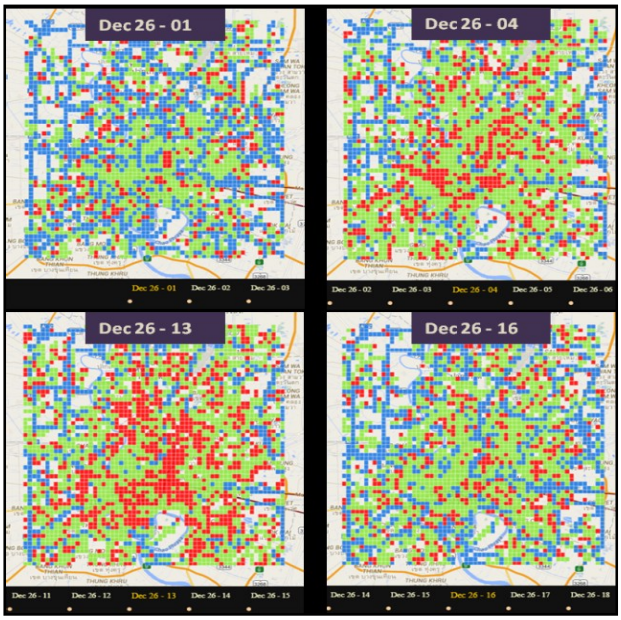



**Fig. 10** Average Speed Map for Bangkok on Dec 26, 2013 in Time Series

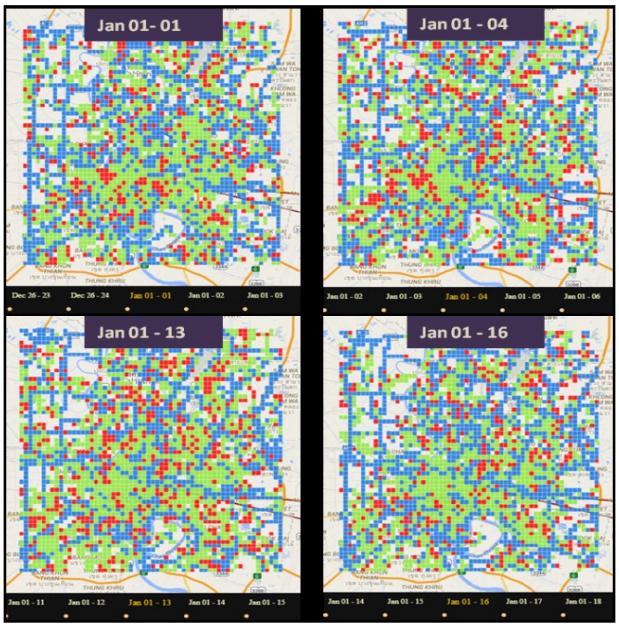



**Fig. 11** Average Speed Map for Bangkok on Jan 1,2014 in Time Series

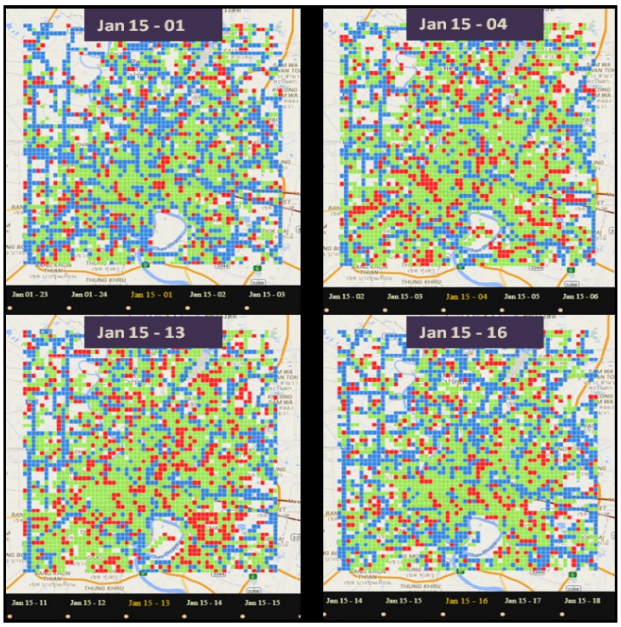



**Fig. 12** Average Speed Map for Bangkok on Jan 15,2014 in Time Series

The Fig. 11, 12 shows the average speed for the 15 January 2015 and 21 July 2014 in time series. From the map we can see that the average speed during the early morning was high at most of the area. But as the time increase the average speed tends to decrease and is low during the morning rush hour and evening rush hour. We can see the hotspot as in terms of low average speed in the core Bangkok during the morning rush hour and evening rush hour. The behavior of average speed at different time series is similar with the data of 26 December 2013, which is also the normal working day.

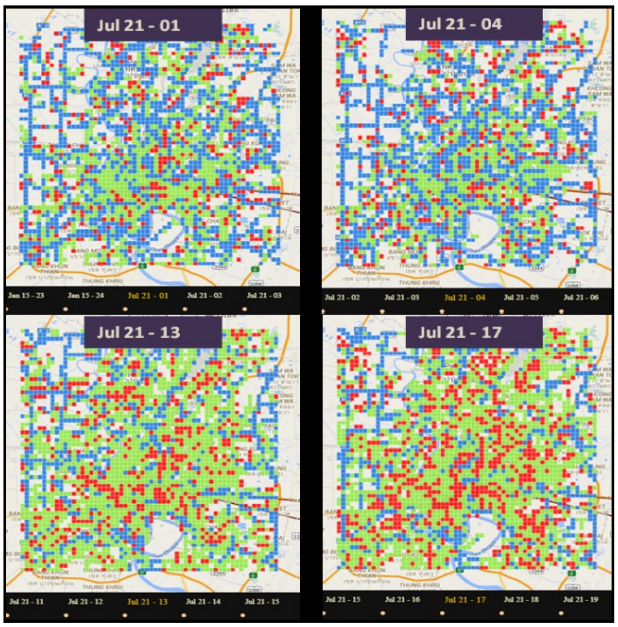



**Fig. 13** Average Speed Map for Bangkok on Jul 21,2014 in Time Series

## 5. Conclusion

With the utilization of distributed computing we are able to achieve faster computing performance as compared to the traditional system. In case of traditional system, storage of the data, analysis of the data, retrieval of the relevant information and sharing information is the major challenge along with the performance time. In case

of the MySql queries for information retrevial, the processing time would increase as infromation we extract gets more complex with many parameter added in the query. Introducing the distributed system using Hadoop technology, the computing power has been enhanced with relatively low cost. One major advantage of the distributed computing is that, it is very much well adapted with the horizontal scaling i.e. adding more machine to the pool of resource, enhanced the processing power even further. With this processing power and the availability of the taxi probe big data, we are able to utilize these data for various purposes. Furthermore with the removable of error from the big data source and visualization of the data, we were able to understand and get clear picture of the actual traffic pattern in the Bangkok region. Finally we process the data to get traffic information in the Bangkok region. Starting with the hotspot identification, in which we find the hotspot in terms of average speed.

From the result of hotspot analysis we could see there is difference in term of average speed during the workdays and during the holidays. For workdays, which are 26 December 2013 15 January 2014 and 21 July 2014, we observed that the average speed was lower during the morning and evening rush hour in most of Bangkok region, which indicated the presence of high traffic volume on those periods. On the other hand during the holiday i.e. on 1 January 2014 had relatively higher average speed as compared with the working days indicating low traffic volume. Furthermore we can analysis the hotspot for every area in the region using the grid-based analysis and without the requirement of the detail GIS database. In case we use the GIS database, we need to perform Map matching process. This would exclude many points evaluation during the process of Map matching.

Hence this study helps us understand the concept of spatial Big Data and the utilization of such Big Data for actual application. The main point of this study is to create a prototype for handling spatial big data for which could be utilize for the data not just for one month but to the data for years, two years and many more.

## 6. Acknowledgement

I would like to express my sincere gratitude to Dr. Itti Ritaporn, Mr. Thanomsak Ajjanapanya, Mr. Somphop Chokchaitam and Mr Fredrik Hilding from Toyota Tsusho Electronics (Thailand) Co., Ltd for directing me with valuable suggestion and supporting me during the period of research work.

## Reference

[1] Aslam, J., Lim, S., Pan, X., & Rus, D. (2012). City-scale traffic estimation from a roving sensor network. *Proceedings of the 10th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems SenSys'12, November 6–9, 2012, Toronto, ON, Canada*

[2] Biro, L., Bacu, Victor., Rodila, D., Barabas, L., & Gorgan, D. (2012). Grid to cloud migration of scientific applications, using dynamically created cloud clusters. *IEEE 8th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, Page(s): 335 – 340, DOI:10.1109/ICCP.2012.6356210.*

[3] Böhm, C., Gerald, K., & Kriegel, Hans-Peter. (1999). XZ-ordering: A space-filling curve for objects with spatial extension. *6th Int. Symposium on Large Spatial Databases (SSD), 1999, Hong Kong, China.*

[4] Brakatsoulas, S., Pfoser, D., Salas, R., & Wenk, C. (2005). On map-matching vehicle tracking data. *Proceedings of the 31st VLDB Conference, Trondheim, Norway.*

[5] Bree, R. J. P.V., Tiberius, C.C.J.M. (2011). Real-time single - frequency precise point positioning: accuracy assessment. *GPS Solut (2012) 16:259–266. DOI 10.1007/s10291-011-0228-6.*

[6] Castro, P. S., Zhang, D., Chen, C., Li, S., & Pan, G. (2013). From taxi GPS traces to social and community dynamics: A survey. *ACM Computing Surveys. Volume 46 Issue 2 Article No. 17, 34 pages. DOI: http://dx.doi.org/10.1145/2543581.2543584.*

[7] Francis, D. H., Madria, S., & Sabharwal, C. (2007). A scalable constraint-based Q-hash indexing for moving objects. *Information Sciences 178 (2008) 1442–1460, Rolla, MO 65401, United States.*

[8] Geroliminis, N. & Kuwahara, M. (2008). The use of telematics to monitor traffic in urban areas: Theory and Applications. *11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 10/2008, Page(s): 748 – 753, DOI: 10.1109/ITSC.2008.4732526.*

[9] Herrera, J.C., B. Work, D., Herring, R., Ban, X., Jacobson, Q., & Alexandre, M.B. (2009). Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones: The Mobile Century field experiment. *UCB-*

*ITS-VMP-2009/8, DOI: 10.1016/j.trc.2009.10.006.*

[10] Jimenez-Meza, A., Aramburo-Lizarraga, J., & Fuente, E. (2013). Framework for estimating travel time, distance, speed, and street segment level of service (LOS), based on GPS data. *Procedia Technology Volume 7, 2013, Pages 61–70, 3rd Iberoamerican*

# การประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยบนถนนของผู้ใช้รถใช้ถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

## Evaluating Traffic Safety Culture of Road Users in Chiang Mai Municipality

Paper Identification number: **AYRF15-052**

พงษ์พัฒน์ มากาศ[1], นพดล กรประเสริฐ[2], ปรีดา พิชยาพันธ์[3],
ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานและวิศวกรรมขนส่ง (ExCITE)
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
E-mail:pongpat.dream@gmail.com[1], nopkron@eng.cmu.ac.th[2], preda@eng.cmu.ac.th[3],

**บทคัดย่อ**

สภาพปัญหาอุบัติเหตุทางถนนภายในจังหวัดเชียงใหม่และทั่วประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละปี ในปี พ.ศ. 2554-2556 พบว่ามีอัตราการบาดเจ็บและอัตราการเสียชีวิตเนื่องจากอุบัติเหตุทางถนนในจังหวัดเชียงใหม่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 22.5 และ 16.5 ต่อปีตามลำดับ ซึ่งอุบัติเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นจากหลายปัจจัยเสี่ยง ทั้งด้านสภาพถนนที่เป็นอันตราย สภาพรถที่ไม่ปลอดภัย และพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะปัจจัยเสี่ยงด้านพฤติกรรมของผู้ขับขี่ ซึ่งถึงแม้ว่าในปัจจุบันได้มีการรณรงค์และเสนอมาตรการด้านความปลอดภัยต่าง ๆ ให้แก่ผู้ใช้รถใช้ถนน แต่ปัญหาอุบัติเหตุทางถนนยังไม่มีแนวโน้มที่จะลดลงจนเป็นปัญหาของสังคม งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาวิเคราะห์ถึงต้นตอสาเหตุของพฤติกรรมเสี่ยงต่อความสูญเสียจากอุบัติเหตุทางถนน โดยทำการประเมินวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนของผู้ใช้รถใช้ถนน การศึกษาวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนถือเป็นแนวทางการศึกษาความปลอดภัยทางถนนแนวทางใหม่ ซึ่งมุ่งเน้นที่จะเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนที่ปลอดภัยให้กลายเป็นพฤติกรรมที่ยั่งยืน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวัฒนธรรมความปลอดภัยจากการสำรวจข้อมูลทัศนคติและความคิดเห็นใน 3 ประเด็นพฤติกรรมเสี่ยงในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ อันได้แก่ การขับขี่ภายหลังดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด และการไม่คาดเข็มขัดนิรภัย งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior) มาเป็นกรอบในการศึกษาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติการรับรู้ถึงปัจจัยเสี่ยงต่ออุบัติเหตุทางถนน และพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนน ทฤษฎีนี้จะแยกศึกษาพฤติกรรมจาก 3 องค์ประกอบได้แก่ ทัศนคติต่อการกระทำพฤติกรรม การคล้อยตามของกลุ่มอ้างอิง และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม การศึกษานี้อาศัยการสัมภาษณ์แบบสอบถามและการประชุมกลุ่มย่อย ข้อมูลที่รวบรวมได้ถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของระดับของการยอมรับได้ต่อพฤติกรรมเสี่ยง และทัศนคติและการรับรู้ของปัจจัยเสี่ยง ผลการศึกษาจะช่วยแจกแจงถึงสาเหตุทำไมผู้ใช้รถใช้ถนนถึงมีวัฒนธรรมการขับขี่ที่เสี่ยงต่ออันตราย ช่วยแสดงถึงระดับการยอมรับได้ของสังคมที่มีต่อพฤติกรรมเสี่ยง และช่วยหน่วยงานด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องในการเสนอแนะแผนมาตรการด้านความปลอดภัยเพื่อที่จะเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนที่เป็นอันตรายได้ตามเป้าหมาย

**คำสำคัญ:** ความปลอดภัยทางถนน, พฤติกรรมความปลอดภัย, ทัศนคติ, วัฒนธรรมความปลอดภัย, ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน

**Abstract**

Road traffic accidents have been a major problem in Thailand and Chiang Mai for many years. Specifically, in 2012-2013 the injury and fatality rates due to road accident in Chiang Mai were increased by 22.5% and 16.5% per year, respectively. Such road accidents are typically caused by three factors including hazardous roads, unsafe vehicles, and risk driving behavior. Although there are currently a great variety of road safety campaigns and awareness-raising strategies to risk driving behavior, which is the most pertinent factor, road traffic accidents still remain high and become a social issue. This paper aims at examining traffic safety culture of road users, which is a groundbreaking paradigm to sustainably build safe driving behavior. The study evaluates traffic safety culture on three risk behaviors: drunk driving, over speeding, and seatbelt violation. This study applies the Theory of Planned Behavior to determine the relationship of safety attitude and perception of risk factors and safety behavior. This concept takes into account three parts including attitude toward behavior, subjective norm, and perceived behavioral control. The study conducts interview surveys and informal meeting to gather information about safety attitudes and behaviors and analyzes the relationship between safety attitudes and

perception and safety behavior. The results of this study will elucidate why road users perform risk behaviors, whether the road users and the public accept such behaviors, and how the relevant authorities should advocate road safety plans in order to actively change the unsafe driving behavior.

**Keywords:** Road safety, Safe behavior, Attitudes, Safety culture,Theory of Planned Behavior

## 1. บทนำ

ในหลายปีที่ผ่านมา งานวิจัยด้านความปลอดภัยทางถนนเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและสาเหตุปัจจัยทางด้านคนที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุเชิงสถิติเพื่อปรับปรุงนโยบายหรือมาตรการในการบังคับให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้มีอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ

ในประเทศที่ประสบความสำเร็จในด้านความปลอดภัยทางถนน ได้อาศัยแนวคิดเรื่องการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการใช้รถใช้ถนนที่ปลอดภัย (Change behavior) ให้กลายเป็นพฤติกรรมที่ปลอดภัยที่ยั่งยืน (Sustain behavior) โดยการสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนให้แก่ผู้ใช้รถใช้ถนน วัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน (Road Traffic Safety Culture) นับเป็นแนวทางใหม่ในการศึกษาแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนน ซึ่งอาศัยแนวคิดในการปรับเปลี่ยนทัศนคติและความคิดความเชื่อของผู้ใช้รถใช้ถนน เพื่อให้เกิดพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนที่ปลอดภัยและสร้างให้เกิดเป็นบรรทัดฐานทางความปลอดภัยของสังคมสำหรับประเทศไทยนั้นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยด้านคนทัศนคติและพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนนั้นยังมีอยู่อย่างจำกัด และงานวิจัยในประเทศไทยยังไม่ค่อยได้ให้ความสนใจและความสำคัญของวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนเท่าที่ควร

จากรายงานสถิติคดีอุบัติเหตุจราจรของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ปี 2557 อุบัติเหตุที่มีสาเหตุอันเนื่องมาจากบุคคลเกิดจากการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด และการเมาสุรา อุบัติเหตุการจราจรเหล่านี้ ถือเป็นปัญหาสำคัญระดับชาติ เนื่องจากได้ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งการคาดเข็มขัดนิรภัยเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถลดความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ

จังหวัดเชียงใหม่ถือเป็นจังหวัดที่มีความแตกต่างทางเชื้อชาติ วิถีชีวิต วัฒนธรรมและความเป็นอยู่ โดยเฉพาะการมีนักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดเป็นจำนวนมาก รวมถึงประชาชนที่อยู่ในจังหวัด ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะภายในจังหวัดส่งผลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นวัฒนธรรมความปลอดภัยการจราจรจึงมีความสำคัญในการปรับปรุงความปลอดภัยทางถนน ซึ่งขึ้นอยู่กับการ
สร้างนโยบายจากหน่วยงานการขนส่ง จากปัจจัยทางสังคมให้มีความเชื่อว่าพฤติกรรมความปลอดภัยเป็นวัฒนธรรมที่พึงปฏิบัติในสังคม งานวิจัยนี้จึงศึกษาวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนของผู้ใช้รถใช้ถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่เปรียบเทียบความแตกต่างของวัฒนธรรมความปลอดภัยของผู้ใช้รถใช้ถนนและเสนอแนะแผนมาตรการด้านความปลอดภัยทางถนนให้สอดคล้องตรงกลุ่มเป้าหมายที่มีพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและเป้าประสงค์ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

## 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 วัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน (Traffic Safety Culture)

วัฒนธรรมเป็นองค์ประกอบอันสำคัญยิ่งของมนุษย์ จนทำให้สังคมมนุษย์ได้ชื่อว่า "สังคม-วัฒนธรรม" (Socio-Cultural) ซึ่งหมายความว่า สังคมจะมีวัฒนธรรมเป็นตัวกำหนดสภาพหรือลักษณะของสังคม โดยวัฒนธรรมจะเป็นแบบแผนการปฏิบัติ ในการดำรงชีวิตและการดำเนินชีวิตของคนในสังคม รวมถึงเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมหรือความประพฤติของมนุษย์ในแต่ละสังคมดังนั้นวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนถือว่าเป็นความเข้าใจร่วมกันและเป็นการกระทำที่เป็นนิสัยต่อความเป็นจริงที่ผู้ขับขี่ปฏิบัติต่อกันภายในสภาพแวดล้อมการจราจรในแต่ละพื้นที่ [7]

การศึกษาวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน (Traffic Safety Culture) ได้มีในหลายประเทศ เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยมูลนิธิ AAA (AAA Foundation for Traffic Safety) ได้ศึกษาวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน มุ่งเน้นเพื่อสร้างค่านิยมด้านความปลอดภัยทางถนน ส่งเสริมให้สังคมเป็นสังคมที่มีความปลอดภัย พร้อมทั้งสร้างเสริมให้เกิดความตระหนักถึงความสำคัญของความปลอดภัย งานวิจัยดังกล่าวได้ทำการสำรวจวัดระดับค่านิยมด้านความปลอดภัยทางถนนครอบคลุมทั้งประเทศ และภายหลังได้มีการดำเนินการสำรวจวัดระดับค่านิยมด้านความปลอดภัยทางถนนต่อมาทุก ๆ 3 ปี

ผลงานวิจัยได้พบว่า ประชาชนรับรู้ถึงพฤติกรรมเสี่ยงที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุที่น้อยลง และการเปลี่ยนไปของการยอมรับในพฤติกรรมเสี่ยง นอกจากนั้นจากการสำรวจข้อมูลครั้งล่าสุด พบว่าประชาชนมีความคาดหวังกับความปลอดภัยทางถนนเพิ่มมากขึ้น โดยผลงานวิจัยได้สรุปเป็นประเด็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น

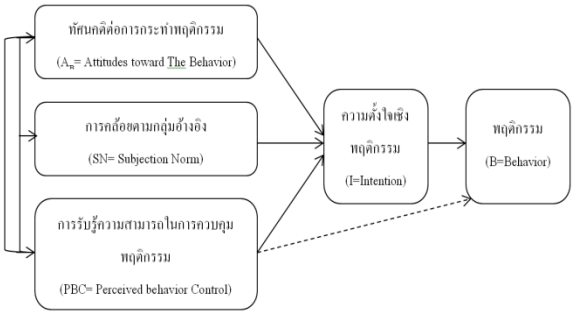
- ประสบการณ์ส่วนบุคคลในการเกิดอุบัติเหตุทางถนน
- การรับรู้ถึงระดับความปลอดภัยทางถนน
- การเปรียบเทียบระหว่างทัศนคติและพฤติกรรมในประเด็นเมาสุราขณะขับขี่
- การเปรียบเทียบระหว่างทัศนคติและพฤติกรรมในประเด็นการใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่
- การเปรียบเทียบระหว่างทัศนคติและพฤติกรรมในประเด็นการขับรถด้วยความเร็วสูง
- การเปรียบเทียบระหว่างทัศนคติและพฤติกรรมในประเด็นการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร
- การเปรียบเทียบระหว่างทัศนคติและพฤติกรรมในประเด็นการง่วงนอนขณะขับขี่
- การเปรียบเทียบระหว่างทัศนคติและพฤติกรรมในประเด็นการใช้เข็มขัดนิรภัย

ผลของงานวิจัยดังกล่าว ได้นำไปใช้เพื่อประเมินแผนมาตรการด้านความปลอดภัยทางถนนว่าพฤติกรรมและทัศนคติของประชาชนในการใช้รถใช้ถนนเปลี่ยนไปในทิศทางใด และสอดคล้องบรรลุตามแผนมาตรการที่ต้องการจะลดอุบัติเหตุทางถนนหรือไม่

## 2.2 ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior)

ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนTheory of Planned Behavior [5-6] เห็นว่าการจะบรรลุถึงเป้าหมายของพฤติกรรมไม่ได้ขึ้นอยู่กับเจตนาหรือความต้องการของบุคคลเพียงอย่างเดียวส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ไม่ใช่สิ่งจูงใจอื่นๆ โดยบุคคลจะตัดสินใจกระทำพฤติกรรมเกิดจากการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ซึ่งประกอบไปด้วยความเชื่อเกี่ยวกับผลของพฤติกรรม ความเชื่อเกี่ยวกับกลุ่มอ้างอิง และความเชื่อเกี่ยวกับปัจจัยควบคุม ความเชื่อเหล่านี้ ส่งผลต่อพฤติกรรมโดยผ่านเจตนาที่มีต่อพฤติกรรม การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม และเจตนาเชิงพฤติกรรม

โครงสร้างพื้นฐานของทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน ปรากฏในรูปที่ 1 ซึ่งอธิบายได้ว่าปัจจัยหลักในการกำหนดพฤติกรรมของบุคคล คือ ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม (Behavioral Intention, I) โดยความตั้งใจที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม ความตั้งใจจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าบุคคลได้ทุ่มเทความพยายามมากน้อยเพียงใดที่จะกระทำพฤติกรรมนั้น ยิ่งบุคคลมีความตั้งใจแน่วแน่และพยายามมากเพียงใด ความเป็นไปได้ที่บุคคลจะกระทำพฤติกรรมสำเร็จก็มีมากเท่านั้น




**รูปที่ 1** โครงสร้างพื้นฐานของทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน [6]

ความตั้งใจเชิงพฤติกรรมขึ้นกับตัวกำหนด 3 ตัว คือ

1. ปัจจัยส่วนบุคคล (Personal factor) คือ ทัศนคติต่อการกระทำพฤติกรรม (Attitude toward the behavior, $A_B$) กล่าวว่า การประเมินทางบวก-ลบ ของบุคคลต่อการกระทำพฤติกรรมหรือสนับสนุน-ต่อต้านการกระทำนั้น ถ้าบุคคลมีทัศนคติทางบวกต่อการกระทำพฤติกรรมนั้นมากเท่าใด บุคคลควรมีความตั้งใจหนักแน่นที่จะกระทำพฤติกรรมมากเท่านั้น หรือในทางตรงกันข้ามถ้าบุคคลมีทัศนคติทางลบต่อการกระทำพฤติกรรมนั้นมากเท่าใด บุคคลควรลดความตั้งใจหนักแน่นที่จะไม่ทำพฤติกรรมมากเท่านั้น

2. ปัจจัยทางสังคม (Social factor) คือ การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง (Subjection Norm, SN) กล่าวคือ เป็นการประเมินความเชื่อของบุคคลที่มีต่อความคิดเห็นของบุคคลส่วนมากที่มีความสำคัญสำหรับเขาคิดว่าเขาควรหรือไม่ควรทำพฤติกรรมนั้น

3. ปัจจัยควบคุม (control factor) คือ การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม (Perceived Behavioral Control, PBC) กล่าวคือ เป็นการรับรู้ของบุคคล เป็นการง่ายหรือยากที่จะทำพฤติกรรมนั้นๆ ซึ่งเป็นการสะท้อนจากประสบการณ์ในอดีต และการคาดคะเนปัจจัยที่เอื้ออำนวยหรือเป็นอุปสรรค การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม

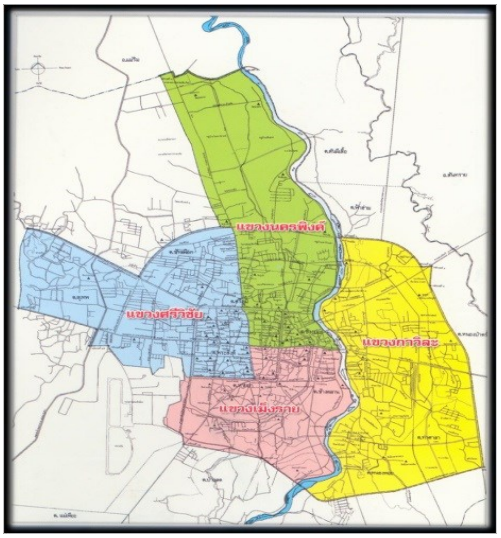
### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ และสรวิศนฤปิติ(2552) ได้ศึกษาการประยุกต์ทฤษฎี Norm-activation theory และ The theory of plannedbehavior ในการตรวจสอบทัศนคติที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจลดการใช้รถจักรยานยนต์ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นความสำคัญของความตระหนักถึงผลที่ตามมาจากการใช้รถจักรยานยนต์และความตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อผลที่ตามมาจากการใช้รถจักรยานยนต์เกี่ยวกับอุบัติเหตุจราจรมลพิษทางอากาศและมลภาวะทางเสียงที่มีต่อบรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งแวดล้อมในชุมชนซึ่งเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจลดการใช้รถจักรยานยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่าการสนับสนุนจากคนใกล้ชิดและการที่กลุ่มตัวอย่างรับรู้ว่าการลดการใช้รถจักรยานยนต์เป็นสิ่งที่ทำได้ง่ายนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การลดการใช้รถจักรยานยนต์มีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในทางปฏิบัติเพิ่มขึ้น

กมลวรรณ ประภาศรีสุข (2555) ได้ศึกษาการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาตุของพฤติกรรมการใช้วารสารอิเล็กทรอนิกส์ของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ตามแนวทางทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน มาใช้เป็นกรอบในการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้วารสารอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีข้อตกลงว่า พฤติกรรมของบุคคลถูกกำหนดมาจากเจตนาที่จะปฏิบัติเป็นสำคัญ โดยมีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ เจตคติของบุคคลที่มีผลต่อพฤติกรรม, การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม โดยผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมการใช้วารสารอิเล็กทรอนิกส์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากเจตนาเชิงพฤติกรรมและการรับรู้ความสามารถในการควบคุมในการใช้วารสารอิเล็กทรอนิกส์ และได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากทัศนคติเกี่ยวกับพฤติกรรม และการรับรู้ความสามารถในการใช้วารสารอิเล็กทรอนิกส์ โดยผ่านเจตนาเชิงพฤติกรรม

## 3. แนวทางการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตและพื้นที่ศึกษาเพื่อสำรวจทัศนคติและพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่มีเขตพื้นที่รับผิดชอบ40,216 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 14 ตำบลในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ ดังรูปที่ 2




**รูปที่ 2** พื้นที่ศึกษาเขตเทศบาลนครเชียงใหม่
ที่มา:http://www.cmcity.go.th/cmcity/index.php/th/

### 3.1 การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูล

แบบสอบถามได้ทำการสุ่มสำรวจข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ จำนวน 400 คน โดยแบบสอบถามประกอบไปด้วย ข้อมูลด้านคุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ เพศ, อายุ, ระดับการศึกษา, อาชีพ, รายได้ และปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมเมาแล้วขับ, การขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด และการคาดเข็มขัดนิรภัย ประกอบไปด้วยตัวแปรที่มีผลต่อการทำพฤติกรรมได้แก่ ทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรม , การคล้อยตามกลุ่มอ้างอิงเกี่ยวกับพฤติกรรม และการรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรม

**ตารางที่ 1** ข้อมูลคุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม

| คุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม | | ร้อยละ |
|---|---|---|
| เพศ | ชาย | 54 |
| | หญิง | 46 |
| ระดับการศึกษา | ต่ำกว่าปริญญาตรี | 35 |
| | ปริญญาตรี | 53 |
| | สูงกว่าปริญญาตรี | 8 |
| | อื่นๆ | 4 |
| อาชีพ | พนักงานบริษัทเอกชน | 9 |
| | ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ | 42 |
| | ธุรกิจส่วนตัว | 8 |
| | พ่อบ้าน/แม่บ้าน | 9 |
| | นักศึกษา/นักเรียน | 11 |
| | อื่นๆ | 21 |

| คุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม | | ร้อยละ |
|---|---|---|
| รายได้ | < 10,000 | 33 |
| | 10,001-15,000 | 20 |
| | 15,001-20,000 | 18 |
| | 20,001-25,00 | 11 |
| | 25,001-30,000 | 10 |
| | > 30,001 | 8 |
| ใบอนุญาตขับขี่ | ไม่มี | 15 |
| | มีต่ำกว่า 1 ปี | 5 |
| | มีตั้งแต่ 1-3 ปี | 18 |
| | มีตั้งแต่ 3-5 ปี | 15 |
| | มีตั้งแต่ 5-10 ปี | 8 |
| | มีมากกว่า 10 ปีขึ้นไป | 39 |

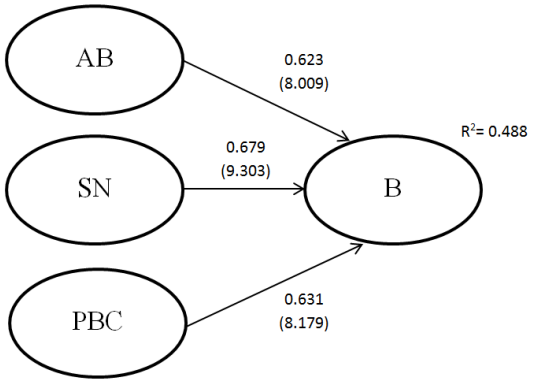
## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากกระบวนการวิเคราะห์การถดถอยโดยอาศัยทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior)ผู้ศึกษาได้ทำการพิจารณาคัดเลือกตัวแปรอิสระแต่ละตัวด้วยการตรวจสอบความมีนัยสำคัญ และหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามได้ค่าอิทธิพลระหว่างตัวแปรในแบบจำลองดังนี้

*วัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนต่อพฤติกรรมเมาแล้วขับ*

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างปัจจัยที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมเมาแล้วขับ โดยพิจารณาปัจจัยทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรมการเมาแล้วขับ (AB) คือ ทัศนคติต่อการเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับพฤติกรรมเมาแล้วขับ บทลงโทษทางกฎหมาย และมาตรการที่บังคับใช้, บรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเมาแล้วขับ (SN)คือ การยอมรับหรือไม่ยอมรับต่อพฤติกรรมการขับขี่หลังจากดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของท่าน จากครอบครัว คนใกล้ชิด และเพื่อนสนิท รวมถึงการรณรงค์ทางสื่อต่างๆ และการรับรู้ถึงความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมเมาแล้วขับ (PBC)คือการเลือกที่จะหลีกเลี่ยงการขับรถหลังจากดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ แสดงไว้ดังรูปที่ 3



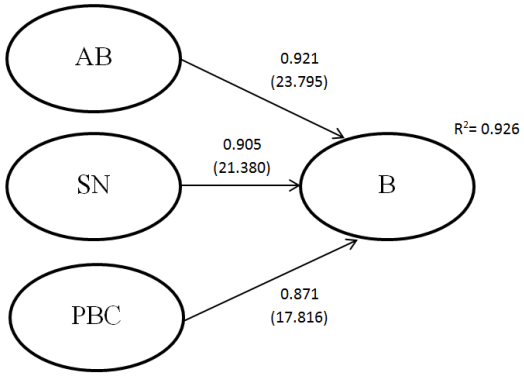

**รูปที่ 3** ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างปัจจัยที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมเมาแล้วขับ

ผลการศึกษาพบว่า อิทธิพลที่มีผลต่อพฤติกรรมต่อพฤติกรรมเมาแล้วขับอย่างมีนัยสำคัญ ($\beta$= 0.623, t = 0.800, $\beta$= 0.679, t = 9.303, $\beta$= 0.631, t = 8.179 ตามลำดับ) โดยจากค่า $R^2$ พบว่าตัวแปรทั้งสามตัวสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปร B พฤติกรรมเมาแล้วขับ ได้ร้อยละ 48.8 และเปรียบเทียบอิทธิพลที่ AB SN และ PBC มีต่อ B พบว่าอิทธิผลของ SN มีผลต่อ B มีค่าสูงสุด และ PBC ABมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมรองลงมาตามลำดับ ดังนั้น จะพบว่าครอบครัว เพื่อนสนิท และคนใกล้ชิดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเลือกที่จะทำหรือไม่ทำพฤติกรรมการเมาแล้วขับ ดังนั้นถ้าครอบครัว เพื่อนสนิท และคนใกล้ชิดมีทัศนคติที่ไม่เห็นด้วยกับพฤติกรรมการเมาแล้วขับ รวมถึงไม่ยอมรับในพฤติกรรมก็จะส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีความเชื่อและแนวโน้มต่อพฤติกรรมเมาไม่ขับมากยิ่งขึ้น และปัจจัยของการรับรู้ถึงความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างถ้าอยู่ในสถานการณ์และสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงพฤติกรรมการขับขี่หลังจากดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้ รวมถึงระบบการขนส่งที่ไม่รองรับ ทำให้การหลีกเลี่ยงพฤติกรรมการเมาแล้วขับเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้ปัจจัยของทัศนคติที่มีต่อการเมาแล้วขับ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติที่ไม่เห็นด้วยกับพฤติกรรมการเมาแล้วขับ เนื่องจากมีความตระหนักถึงผลกระทบต่อคนรอบข้าง และไม่ยอมรับต่อพฤติกรรมเมาแล้วขับของบุคคลอื่นในสังคม แต่เห็นด้วยกับบทลงโทษของกฎหมายเกี่ยวกับการเมาแล้วขับในปัจจุบันอยู่แล้ว

*วัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนต่อพฤติกรรมขับรถเร็ว*

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างปัจจัยที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนดเมื่อพิจารณาปัจจัยทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมาย

กำหนด (AB) คือ ทัศนคติต่อการเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด บทลงโทษทางกฎหมาย และมาตรการที่บังคับใช้, บรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด (SN)คือ การยอมรับหรือไม่ยอมรับต่อพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนดของท่าน จากครอบครัว คนใกล้ชิด และเพื่อนสนิท รวมถึงการรณรงค์ทางสื่อต่างๆ และการรับรู้ถึงความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด (PBC)คือการควบคุมพฤติกรรมการขับรถของตนเองเมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่เร่งรีบหรือมีความแปรปรวนของอารมณ์แสดงไว้ดังรูปที่ 4

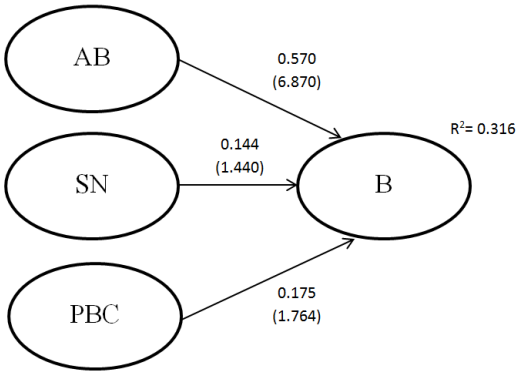



**รูปที่ 4** ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างปัจจัยที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด

ผลการศึกษาพบว่า อิทธิพลที่มีผลต่อพฤติกรรมอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด ($\beta$= 0.921, t = 23.795, $\beta$= 0.905, t = 21.380, $\beta$= 0.871, t = 17.816ตามลำดับ ) โดยจากค่า $R^2$ พบว่าตัวแปรทั้งสามตัวสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปร B พฤติกรรมเมาแล้วขับ ได้ร้อยละ 92.6 และเปรียบเทียบอิทธิพลที่ AB SN และ PBC มีต่อ B พบว่าอิทธิผลของ ABมีผลต่อ B มีค่าสูงสุด และ SN PBC มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมรองลงมาตามลำดับ ดังนั้นปัจจัยของทัศนคติมีผลต่อพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด โดยกลุ่มตัวอย่างไม่เห็นด้วยและไม่สนับสนุนพฤติกรรมการขับรถเร็วและเห็นด้วยกับการเพิ่มการตรวจจับและบทลงโทษของการไม่กระทำตามกฎหมายควบคุมความเร็ว นอกจากนี้บรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด กลุ่มเป้าหมายมีแนวโน้มที่จะขับรถไม่เกินกว่าที่กฎหมายกำหนด ถ้าคนในครอบครัว คนใกล้ชิด หรือเพื่อนสนิทเห็นด้วยกับการปฏิบัติเช่นนั้น และพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนดจากสภาพแวดล้อม คนรอบข้าง หรือสังคม ไม่ส่งผลต่อพฤติกรรมการขับรถเร็วของกลุ่มตัวอย่าง สำหรับการรับรู้ถึงความสามรถในการควบคุมพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด พบว่ากลุ่มเป้าหมายจะขับรถด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นถ้าอยู่ในสภาวะหรือสถานการณ์ที่เร่งรีบหรือมีความแปรปรวนทางด้านอารมณ์

*วัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนต่อพฤติกรรมไม่คาดเข็มขัดนิรภัย*

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อการคาดเข็มขัดนิรภัย ปัจจัยทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด (AB) คือ ทัศนคติต่อการเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับการคาดเข็มขัดนิรภัย และคิดว่าการคาดเข็มขัดนิรภัยสามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ, บรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด (SN) คือ การยอมรับหรือไม่ยอมรับกับการคาดเข็มขัดนิรภัยของท่านเมื่อเดินทางโดยรถยนต์ จากครอบครัว คนใกล้ชิด และเพื่อนสนิท รวมถึงการรณรงค์ทางสื่อต่างๆ และการรับรู้ถึงความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนด (PBC) คือ การปฏิบัติหรือไม่ปฏิบัติของตนเองในการคาดเข็มขัดนิรภัย เมื่อเป็นการเดินทางระยะใกล้ หรือไม่มีการตรวจจับอย่างเคร่งครัดของเจ้าหน้าที่จึงไม่จำเป็นต้องคาดเข็มขัดนิรภัย แสดงไว้ดังรูปที่ 5




**รูปที่ 5** ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อการคาดเข็มขัดนิรภัย

ผลการศึกษา พบว่า อิทธิพลที่มีผลต่อพฤติกรรมอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย($\beta$= 0.570, t = 6.870, $\beta$= 0.144, t = 1.440, $\beta$= 0.175, t = 1.764 ตามลำดับ ) โดยจากค่า $R^2$ พบว่าตัวแปรทั้งสามตัวสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปร B พฤติกรรมเมาแล้วขับ ได้ร้อยละ 31.6 และเปรียบเทียบอิทธิพลที่ AB SN และ PBC มีต่อ B พบว่าอิทธิผลของ AB มีผลต่อ B มีค่าสูงสุด และ PBC SNมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมรองลงมาตามลำดับ พบว่าปัจจัยของทัศนคติที่มีต่อการคาดเข็มขัดนิรภัยของกลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติที่เห็นด้วยกับพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย เนื่องจากมีความตระหนักและเห็นถึงความสำคัญของการคาดเข็มขัดนิรภัยและมีความเชื่อว่าสามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุได้ สำหรับบรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรมการคาดเข็ม

ขัดนิรภัย และการรับรู้ถึงความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย มีอิทธิพลน้อยมากที่จะส่งผลต่อการคาดเข็มขัดนิรภัย เนื่องจากพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัยเป็นพฤติกรรมที่ง่ายต่อการกระทำและตรงตามทัศนคติของกลุ่มตัวอย่าง

## 5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยด้านคนที่เกี่ยวกับทัศนคติความเชื่อที่ส่งผลต่อพฤติกรรมเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยอาศัยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้รถใช้ถนนให้เกิดเป็นวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนของผู้ใช้รถใช้ถนน การศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาประเด็นปัญหาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ 3 พฤติกรรมเสี่ยง ได้แก่ พฤติกรรมเมาแล้วขับ พฤติกรรมการขับรถเร็ว และพฤติกรรมการคาดเข็มขัดนิรภัย

สำหรับประเด็นพฤติกรรมเมาแล้วขับ จะเห็นได้ว่าบรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรมเมื่อได้รับอิทธิพลทางบวกจากความตระหนักถึงผลกระทบของการเมาแล้วขับทั้งจากคนรอบข้าง และรณรงค์เพื่อปลูกฝังจิตสำนึกให้เกิดในสังคมจนนำไปสู่การเปลี่ยนพฤติกรรมการเมาแล้วขับต่อไปส่วนประเด็นพฤติกรรมการขับรถเร็วเกินกำหนดและการคาดเข็มขัดนิรภัยจะเห็นได้ว่าทัศนคติต่อพฤติกรรมมีผลต่อการตัดสินใจที่จะทำพฤติกรรมเหล่านี้ ถ้าผลการประเมินของบุคคลต่อผลที่ตามมาของพฤติกรรมเป็นบวกบุคคลนั้นก็จะมีทัศนคติที่ดีต่อพฤติกรรมนั้น ในทางตรงข้ามถ้าผลการประเมินเป็นลบ บุคคลนั้นก็จะมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อพฤติกรรมดังกล่าวดังนั้นการส่งเสริมหรือสร้างความตระหนักถึงผลกระทบของการขับรถเร็วเกินกว่ากฎหมายกำหนดเป็นความเชื่อที่ผิดและส่งผลเสียต่อบุคคลอื่นถ้าเกิดอุบัติเหตุ จนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการขับรถเร็ว ส่วนการคาดเข็มขัดนิรภัยพบว่าพฤติกรรมคล้อยตามทัศนคติที่เห็นด้วยและเห็นความสำคัญของการคาดเข็มขัดนิรภัยบรรทัดฐานทางสังคมที่พึงกระทำเพื่อความปลอดภัยของตนเองและสนับสนุนครอบครัวและคนใกล้ชิดปฏิบัติตาม

## เอกสารอ้างอิง

[1] กมลวรรณ ประภาศรีสุข, "การวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมการใช้วารสารอิเล็กทรอนิกส์ของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ตามแนวทางทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน", *มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 2555

[2] สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, สรวิศนฤปิติ, "การประยุกต์Norm-Activation Theory และ The Theory of Planned Behavior เพื่อการอธิบายความตั้งใจลดการใช้รถจักรยานยนต์", 2552

[3] สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, "สถิติคดีอุบัติเหตุจราจรทางบก (2549-2557" http://apps.dlt.go.th/statistics_web/st1/accident.xls, 2557

[4] AAA Foundation for Traffic Safety.(2008). "2008 Traffic Safety Culture Index". Receive January 30, 2015. From https://www.aaafoundation.org/sites/default/files/2008TSCIndexFinalReport.pdf

[5] Ajzen, I. "Behavioral interventions based on the theory of planned behavior", http://www.people.umass.edu/aizen/, 2006.

[6] Ajzen, I. "The theory of planned behavior",Organizational Behavior and Human Decision Process, Vol. 50, 1991, pp. 179-211.

[7] Sigþórsson, H.and Einarsson, S. "Traffic culture human factors & traffic safety", Receive August 3, 2015. From http://www.wos2010.no/assets/presentations/127.pdf

ATRANS SYMPOSIUM 2015
PROCEEDING OF YOUNG RESEARCHER'S FORUM

"Transportation for A Better Life:
Harnessing Finance for Safety and Equity in AEC

August 21, 2015, Bangkok, Thailand

# Comparison of Different Standards in Designing Signalized Mid-Way Crossings for Maharagama, Sri Lanka

Paper Identification number: **AYRF15-054**

Sohani Pramoodha LIYANAGE[1], Djoen San SANTOSO[2]

[1]Department of Civil and Infrastructure Engineering, School of Engineering and Technology
Asian Institute of Technology, Pathumthani
Telephone +94714922504, +66923428931
E-mail: sohani9114@gmail.com

[2]Associate Professor, Department of Civil and Infrastructure Engineering, School of Engineering and Technology, Asian Institute of Technology, Pathumthani
Telephone +6625245534, Fax. +6625245509
E-mail: djoensan@yahoo.com

## Abstract

Pedestrian safety should be the first priority when designing any kind of pedestrian facility. But in Maharagama town, Sri Lanka none of the crossings are signalized although heavy vehicular traffic and pedestrian volume uses and passes those crossings daily. Currently at peak hours traffic policemen service help pedestrians to cross the road but when the traffic policemen service is not functioning people face high risk to cross the road. So designing signalized crossing to High Level Road of Maharagama town will enhance the pedestrian safety and reduce vehicular traffic. This study designs signalized crossings for Maharagama considering high, medium and low pedestrian volume stations during peak hours and off peak hours in both weekdays and weekends. Data counted by recording four stations; each station for 1.5 hour duration, in total 80 recordings; whereas 64 for pedestrians and 16 for vehicles count covering peak and off-peak hours of weekdays and weekends. When designing signalized crosswalk the key parameter is the pedestrian clearance time (the time required by pedestrians who enter the crossing at the end of the pedestrian green time to complete crossing before conflicting with the releasing vehicular traffic) and discharge time (time taken by pedestrians to leave the shoulder and start crossing) which ensures the pedestrian safety when crossing the road. Currently, Sri Lanka is using Australian-Austroads standard as Sri Lanka doesn't has its standard which is developed by analyzing Sri Lankan environment. So this study clarifies whether the currently using standard is appropriate for Sri Lankan condition or not. Then identify the reason which influenced to select Australian standard out of available standards for Sri Lanka by comparing the implementation advantages and disadvantages of Australian standard with another Asian standard which is the Japanese standard by selecting different vehicular traffic volume and pedestrian volume for the study area.

**Keywords:** Pedestrian safety, Signalized mid-way crossing, Japanese standard, AUSTROADS standard, Clearance time.

## 1. Introduction

In Maharagama, Sri Lanka there is high populated pedestrian and vehicle that uses and passes most of the time of the day. Even though there's a high volume of pedestrians and vehicles every pedestrian crossing is un-signalized whereas traffic policemen are there to control the vehicle-pedestrian flow. It is not practical to have traffic policemen twenty four hours to guide the traffic flow, so when there's no policemen to control the flow, high volume of pedestrian flow face high risk when crossing the road with same high vehicular traffic. The risk can be minimized by implementing traffic signal systems to the un-signalized mid-way zebra crossing in Maharagama, Sri Lanka by analyzing pedestrian behavior in both peak and non-peak hours for weekdays and also weekends. Every disabled, normal/healthy, young, elderly people, children, male and female pedestrians are taken in to the consideration when collecting data by video recording the actual road condition in Maharagama, Sri Lanka. Traffic signal indication system will be

designing considering the pedestrian flow on zebra crossing according to the existing length and width. Currently Sri Lanka is using Australian design standard which is designed by analyzing Australian road condition, so the problem is whether the Australian standard is compatible to the Sri Lankan road condition or not.

In this research two main objectives are mentioned below:

1. Analyze the pedestrian behavior and design signalized mid-way crossings for Maharagama town, Sri Lanka according to the different traffic signal indication systems (Australian standard and Japanese standard).
2. Compare two standards (currently using Australian standard with the Asian standard) and analyze which design method is more appropriate for existing condition for the Maharagama, Sri Lanka.

## 2. Literature Review

**Table 1** Purposes of different pedestrian phases

| Pedestrian Phase | Purpose of the pedestrian Phase |
|---|---|
| Clearance Time | Time required by pedestrians who enter the crosswalk at the end of the green indication to complete the crossing before conflicting released vehicle traffic movement |
| Discharge Time | Time required by every pedestrian to leave shoulder and start crossing |
| Pedestrian green/WALK time | Pedestrian can start walking the crossing |
| Buffer Interval before Green to pedestrian | Time gap provided to ensure vehicle flow is stopped and it is safe to allow pedestrians to start walking |
| Pedestrian yellow time/ flashing DON'T WALK/PFG | Pedestrians should not start to cross, those who are on the crosswalk should complete the crossing immediately or give up the crossing and return to the origin shoulder |
| Buffer Interval before red to pedestrian | Time gap provided to be ensure that even the last pedestrian is finish walking and it's safe to release the vehicular traffic |
| Pedestrian red / DON'T WALK | Pedestrians should not start crossing |

### 2.1 Current Practice: Australian Standard

Pedestrian stable green man phase is calculated by considering pedestrian discharge time and clearance time. According to the Australian standard designing concept the minimum green time for pedestrian which is displayed as Ga is calculated by analyzing pedestrian and vehicular volume. Six seconds is chosen as minimum pedestrian green time. According to the Akc¸elik (1981) Australian standard minimum pedestrian stable green man time is calculated as follows;

$$\text{Pedestrian Green time} = \text{Min. walk period (6s)} + \frac{\text{shoulder to shoulder distance (D)}}{\text{Pedestrian walking speed during clearance}} \quad (1)$$

Then the pedestrian stable red man time is calculated by analyzing vehicular traffic and converting all types of vehicles to the standard passenger car unit (by multiplying each different type vehicular volumes by PCU factor). After obtaining PCU value vehicle time for an hour is calculated by dividing PCU value by Length of the PCU which is six meters and multiplying by the time taken by one PCU which is two seconds. After obtaining vehicle time for an hour, that value is divided by three thousands six hundred (3600) seconds and multiplying by the cycle length to obtain the Pedestrian Stable Red Man Time for that cycle length.

$$\text{Minimum Pedestrian Red time (Ra)} = \text{Number of PCU per second (no. of vehicles passed converted to PCU unit)} * \text{Cycle length} \quad (2)$$

Length of the PCU is 6 meters and time taken by one PCU is 2 seconds. PCU factors for each type of vehicles are, car-1.00, van-1.80, bus-2.40, truck-1.50, bicycle-0.70, motor bicycle-0.40, three wheeler-0.80, heavy truck-3.80 and medium truck-2.00. (Source: *Road Development Authority, Sri Lanka*).

Buffer Interval before Green to pedestrians is calculated as below, since this time gap is provided to ensure that vehicle flow is stopped and it is safe to allow pedestrians to start walking the stopping sight distance of the driver should take into consideration.

$$\text{Buffer Interval before Green to pedestrian} = \frac{\text{Stopping Sight Distance (SSD)}}{\text{Maximum speed limit of the region}} \quad (3)$$

Maharagama, Sri Lanka has a maximum speed of sixty (60) km/h, so the design stopping sight distance with accordance to that speed is eighty five (85) meters. (Source: *AASHTO*) Buffer Interval before red to pedestrians lies within one to five seconds duration. The value is identifying by analyzing the pedestrian volume, if the pedestrian volume is very low one second of Buffer Interval and

if pedestrian volume is very high five seconds of Buffer Interval should be provided.

### 2.2 Asian standard: Japanese Standard

Minimum pedestrian green phase interval is calculated by the following equation according to the *Iryo-Asano and Alhajyaseen (2014)* Japanese signal indication system.

Minimum pedestrian green phase (t) = Clearance time + Discharge time $= \frac{L}{V} + \frac{P}{s*W}$ (4)

Where, P - Number of queuing pedestrians at the onset of pedestrian green indication, s-Saturation flow of pedestrians per unit width, W-Width of the crossing, L - Length of the crossing and V - Pedestrian speed on the crossing.

Pedestrian green flashing man/ yellow time (PFG) $= \frac{\text{Length}}{(2*\text{Pedestrian Speed(V)})}$ (5)

Buffer Interval before green to pedestrians and Buffer Interval before red to pedestrians is in the range of one to five seconds. When analyzing particular station the pedestrian volume of that station is the parameter to decide the value from the range of one to five, if the pedestrian volume is very low one second of Buffer Interval and if pedestrian volume is very high five seconds of Buffer Interval should be provided.

## 3. Methodology

### 3.1 Data Collection

Pedestrian survey was carried out by recording four un-signalized mid-way zebra crossing stations in Maharagama town, Sri Lanka covering low pedestrian volume, medium pedestrian volume and high pedestrian volume for one and half hour time duration. Recording was done in both peak and off peak hours in weekdays and weekends by also covering different age and gender categories of people. Camera was placed in a top place, so then the both ends of the pedestrian crossing were recorded clearly without any obstruction so that the number of pedestrians who enters and exists a particular pedestrian crossing at one edge can be counted by analyzing the video recording during a selected time period (for this research one and half hours duration was selected).

For each crossing recording was done for sixteen trials for pedestrian analysis, so totally for four stations sixty four videos was collected covering peak and off peak hours in weekdays and weekends. For vehicle count selected the best peak and best off peak videos for weekday and weekend out of sixty four videos. So vehicle count was done from four videos for each station, totally sixteen videos for all four stations.

Then carefully noticing should be done on the first person who walks in to the pedestrian crossing, until that person exit from the other end of the crossing. From the time he or she left the crossing pedestrian out-flow counting should be start for one and half hour duration from that end of the pedestrian crossing. The number of pedestrians who walked into the pedestrian crossing from both ends and number of pedestrians who leave the crossing from the other end were counted separately and noted separately.

The time taken to walk the entire crossing will be measured by observing the random pedestrians who walks the entire pedestrian crossing in the direct manner, for the pedestrian walking time measurement had to avoid the pedestrians who crosses the road in the diagonal manner. Time taken to walk the entire crossing was measured by observing total of random 256 pedestrians of different aged for all four stations and then calculated the average value for pedestrian travel time of each station. Also, if traffic police service was not functioning pedestrian travel time calculated by using a stop watch, so that walking obstructed time excluded by pause the stop watch.

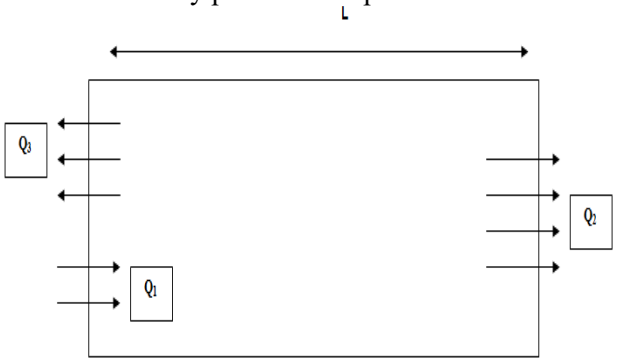



**Fig. 1** Top view of pedestrian crossing

Here, Q1 - Pedestrian entering volume to the pedestrian crossing from one edge, Q2 - Pedestrian exiting volume from the pedestrian crossing from the other edge, Q3 - Pedestrian exiting volume from the pedestrian crossing from the first edge, L - Length of the pedestrian crossing, W - Width of the pedestrian crossing.

When data collecting for this research, the observed fact was that none of the pedestrian gave up the crossing and came back to the origin shoulder. Once they start to cross the road they somehow or rather complete the walking of the pedestrian crossing by pausing in front of obstructions. Because of this reason Q1 was equal to Q2 every moment, so the total pedestrian count from both ends was simply the summation of the Q1 and Q2.

This recording procedure was repeated to all four un-signalized mid-way crossing stations and for all trials covering peak, off peak, weekdays and weekends for each selected station in Maharagama, Sri Lanka.

The four stations were selected considering the roughly estimated pedestrian volume. Station 1, 2 and 4 situated in the same main road (High Level Road) which drives through the center of the town. Station 3 is situated in the top position of the main linking road to the High Level Road. Station 2 is situated in the middle of the town; where the surrounding of the station is consist of shopping malls, school and large private tuition classes. Because of this reason the station 2 pedestrian crossing seems to be the most attractive pedestrian crossing which has the highest pedestrian volume and vehicular volume. Station 1 is situated near a bus stop and it seems to be the lowest pedestrian volume. Station 4 is situated near a bus stop, supermarket and school and station 3 is situated near a bus stop which is the busiest bus stop from the pedestrians who connects to the main High Level Road. So both station 3 and 4 seems to be the medium pedestrian volume stations. Station 3 is a two-way, two lanes road whereas the station 4 is four lanes, two-way road.

### 3.2 Method of Analysis

The pedestrian flow will be the total count from the both direction of the crossing when Q1 = Q2 otherwise Q1-Q2 should be added to Q3 to get the total pedestrian flow.

$$\text{Pedestrian Flow} = \sum \text{Pedestrian count in both directions} \quad (6)$$

$$\text{Pedestrian Flow Rate (ped. per meter per min)} = \frac{\text{Pedestrian Flow per unit crossing width } (\frac{\text{ped}}{\text{m}})}{\text{Time duration which will consider in counting pedestrians (min)}} \quad (7)$$

$$\text{Saturation Flow Rate} = \text{same as above but in saturation condition} \quad (8)$$

$$\text{Pedestrian Speed (meters per minute)} = \frac{\text{Length of the pedestrian crossing (m)}}{\text{Average time (of first and last pedestrian) taken to walk the entire crossing (min)}} \quad (9)$$

$$\text{Number of pedestrian at queue on one set (p)} = \frac{\text{Pedestrian flow rate (pedestrian per meter per hour)}}{\text{Number of cycles per hour}} \quad (10)$$

$$\text{Total Pedestrian Phase} = \text{Pedestrian green time} + \text{Pedestrian yellow time} \quad (11)$$

$$\text{Number of cycles per hour} = \frac{3600 \text{ seconds}}{\text{Time of one phase}} \quad (12)$$

For these calculation general field measurements are required. The following measurements were done for each station before conducting the recording; pedestrian crossing width, Pedestrian crossing length (excluding shoulders), Left shoulder width and Right shoulder width. Total length of the crossing is the summation of left shoulder width, right shoulder width and pedestrian crossing length.

According to the method of analysis stated in those two standards, the pedestrian red phase and the pedestrian green phase can be calculated from the AUSTROADS standard. Pedestrian yellow phase and pedestrian green phase time are calculated from the Japanese standard. So the remaining phases of the pedestrian cycle are calculated after obtaining the cycle length for each station.

Cycle Time is measured by observing the crossing in peak hours and non-peak hours to obtain the time passed to gather a considerable amount of pedestrians at the both edge of the pedestrian crossing (one phase time). For station 1 approximately three to five pedestrian gathering time, for station 2 approximately fifteen to twenty pedestrian gathering time and for station 3 and 4 approximately eight to ten pedestrian gathering time

were calculated. After obtaining the cycle length for all four stations, remaining pedestrian phases are calculated as below;

In Japanese standards;
Pedestrian red stable man phase = (one phase time-total pedestrian phase-buffer before pedestrian green time-buffer before pedestrian red time) (13)

In Austroads standard;
Pedestrian Yellow Time/Flashing Red man phase = One phase time -pedestrian green time-pedestrian red time-buffer before pedestrian green time-buffer before pedestrian red time. (14)

From the above procedure the time allocation for each pedestrian phase of all four stations in every four station was calculated. Then the comparison of results between the two standards was observed to identify which method is most appropriate for Sri Lankan condition. The comparison is done by considering the total pedestrian phase (which is the summation of pedestrian green time, pedestrian yellow time, buffer interval before green to pedestrian time and buffer interval before red to pedestrian time.

## 4. Analysis

**Table 2** General Measurements

| | | |
|---|---|---|
| Station 1 | Crossing width | 3.40 meters |
| | Left shoulder | 3.95 meters |
| | Right shoulder | 3.30 meters |
| | Length of the crossing | 16.75 meters |
| | Kerb to kerb distance | 24.00 meters |
| Station 2 | Crossing width | 3.10 meters |
| | Left shoulder | 3.25 meters |
| | Right shoulder | 4.05 meters |
| | Length of the crossing | 19.35 meters |
| | Kerb to kerb distance | 26.65 meters |
| Station 3 | Crossing width | 3.05 meters |
| | Left shoulder | 2.10 meters |
| | Right shoulder | 2.65 meters |
| | Length of the crossing | 8.20 meters |
| | Kerb to kerb distance | 12.95 meters |
| Station 4 | Crossing width | 3.00 meters |
| | Left shoulder | 1.95 meters |
| | Right shoulder | 1.60 meters |
| | Length of the crossing | 15.20 meters |
| | Kerb to kerb distance | 18.75 meters |

Although, the standard size of the pedestrian crossing width is three meters, practically it is observed that pedestrian crossing width value is not exactly the required value. Video recording was done in peak hours and off peak hours of week days and week end days for all four stations.

Sample figures of four stations are as follows, the order of the pictures are; low pedestrian volume station, high pedestrian volume station, medium pedestrian volume two lane station and medium pedestrian volume four lane station.




**Fig. 2** Recorded stations

After recording all videos in peak and off peak hours in both week days and week end days for every four stations the pedestrian count was begun. Q1, Q2 and Q3 pedestrian volumes counted separately. Q1 was always equal to Q2 because none of pedestrians turn back and return to their origin shoulder in any of my recorded videos. So, total pedestrian volume is calculated by Q1 + Q3.

**Table 3** Pedestrian count Summary for four stations

| Station 1 | Weekday | | Average Pedestrian Count | Weekend | | Average Pedestrian Count |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | | 1 | 2 | |
| Peak | 440 | 393 | 396.25 | 293 | 427 | 315.00 |
| | 364 | 388 | | 260 | 280 | |
| Off Peak | 322 | 305 | 305.50 | 258 | 273 | 231.00 |
| | 315 | 280 | | 168 | 225 | |
| Station 2 | Weekday | | Average Pedestrian Count | Weekend | | Average Pedestrian Count |
| | 1 | 2 | | 1 | 2 | |
| Peak | 1739 | 1503 | 1603.00 | 2037 | 2717 | 2182.25 |
| | 1694 | 1476 | | 1581 | 2394 | |
| Off Peak | 1132 | 1376 | 1131.00 | 1161 | 2279 | 1588.25 |
| | 737 | 1279 | | 681 | 2232 | |
| Station 3 | Weekday | | Average Pedestrian Count | Weekend | | Average Pedestrian Count |
| | 1 | 2 | | 1 | 2 | |
| Peak | 1770 | 832 | 1095.25 | 1045 | 692 | 843.75 |
| | 1086 | 693 | | 952 | 686 | |
| Off Peak | 763 | 659 | 623.00 | 795 | 493 | 628.75 |
| | 566 | 504 | | 719 | 508 | |
| Station 4 | Weekday | | Average Pedestrian Count | Weekend | | Average Pedestrian Count |
| | 1 | 2 | | 1 | 2 | |
| Peak | 944 | 939 | 919.50 | 789 | 1081 | 861.25 |
| | 916 | 879 | | 771 | 804 | |
| Off Peak | 786 | 855 | 733.75 | 752 | 758 | 749.00 |
| | 629 | 665 | | 750 | 736 | |

Then by observing the summary of pedestrian count of each station identifies the best peak and best off peak video to calculate vehicular count of those clips. Since the pedestrian crossing timing is calculating to improve the pedestrian safety it is important to identify the vehicular movement during pedestrian critical moments, which are the moments of pedestrian maximum volume and pedestrian minimum volume.

**Table 4** Vehicular count of all four stations

| | Station 1 | Car | Van | Bus | Truck | Bicycle | Motor cycle | Three wheel | Heavy Truck | Medium Truck-lorry | PCU | Vehicle time for an hour | for 60s cycle length |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Week Day | Pedestrian peak | 1282 | 520 | 396 | 236 | 28 | 808 | 300 | 6 | 60 | 4248.00 | 1416.00 | 23.60 |
| | Pedestrian off peak | 920 | 512 | 228 | 312 | 44 | 1300 | 1332 | 15 | 238 | 5006.20 | 1668.73 | 27.81 |
| Week end | Pedestrian peak | 964 | 316 | 200 | 260 | 20 | 1216 | 1032 | 12 | 124 | 4022.40 | 1340.80 | 22.35 |
| | Pedestrian off peak | 1294 | 312 | 384 | 264 | 8 | 408 | 880 | 36 | 308 | 4798.80 | 1599.60 | 26.66 |
| | Station 2 | Car | Van | Bus | Truck | Bicycle | Motor cycle | Three wheel | Heavy Truck | Medium Truck-lorry | PCU | Vehicle time for an hour | for 120s cycle length |
| Week Day | Pedestrian peak | 2040 | 568 | 438 | 409 | 4 | 1217 | 1356 | 28 | 346 | 7099.90 | 2366.63 | 78.89 |
| | Pedestrian off peak | 2349 | 514 | 416 | 340 | 28 | 1714 | 1478 | 19 | 354 | 7450.40 | 2483.47 | 82.78 |
| Week end | Pedestrian peak | 2268 | 549 | 424 | 398 | 4 | 1060 | 1404 | 16 | 300 | 7081.60 | 2360.53 | 78.68 |
| | Pedestrian off peak | 2392 | 501 | 421 | 343 | 24 | 1616 | 1512 | 13 | 359 | 7458.90 | 2486.30 | 82.88 |
| Day | Pedestrian off peak | 1384 | 808 | 628 | 664 | 8 | 832 | 732 | 22 | 566 | 7481.20 | 2493.73 | 62.34 |
| Week end | Pedestrian peak | 1390 | 692 | 773 | 684 | 10 | 795 | 704 | 21 | 436 | 7356.80 | 2452.27 | 61.31 |
| | Pedestrian off peak | 1484 | 786 | 668 | 700 | 32 | 840 | 944 | 22 | 444 | 7637.20 | 2545.73 | 63.64 |
| | Station 4 | Car | Van | Bus | Truck | Bicycle | Motor cycle | Three wheel | Heavy Truck | Medium Truck-lorry | PCU | Vehicle time for an hour | for 90s cycle length |
| Week Day | Pedestrian peak | 1364 | 494 | 542 | 400 | 40 | 948 | 1092 | 16 | 544 | 6583.60 | 2194.53 | 54.86 |
| | Pedestrian off peak | 1676 | 490 | 576 | 568 | 27 | 918 | 1068 | 12 | 640 | 7358.50 | 2452.83 | 61.32 |
| Week end | Pedestrian peak | 1108 | 468 | 536 | 596 | 28 | 960 | 1096 | 11 | 632 | 6717.00 | 2239.00 | 55.98 |
| | Pedestrian off peak | 1640 | 484 | 572 | 592 | 32 | 960 | 1028 | 8 | 648 | 7327.20 | 2442.40 | 61.06 |

The relationship between vehicle count and pedestrian count is observed. When it is pedestrian off peak the vehicle volume shows the peak, and vice-versa for all the four stations.

Then pedestrian time measurement record is done by analyzing the movement of two hundred fifty six (256) randomly selected pedestrians. For each station sixty four (64) numbers of random pedestrians were chosen by considering peak and off peak time durations in week days and week end days. Recorded both of the moments where the traffic police service is functioning and not functioning. When measuring the pedestrian travel time to walk the entire crossing in a situation where traffic police service is not functioning I had to use the stop watch to calculate the exact travel time by excluding the obstructed travel time of pedestrian due to vehicular flow. After measuring all the travel time trials, the averaged pedestrian travel time is measured for each station and each peak and off peak time durations of week day and weekend day.

**Table 5** Average pedestrian travel time

| Pedestrian Travel Time | Weekday | | Weekend | |
|---|---|---|---|---|
| | Peak | Off Peak | Peak | Off Peak |
| Station 1 | 12.73 | 11.68 | 12.83 | 11.42 |
| Station 2 | 15.54 | 13.63 | 15.21 | 13.04 |
| Station 3 | 12.04 | 9.08 | 9.75 | 8.45 |
| Station 4 | 12.75 | 9.88 | 12.47 | 10.25 |

Pedestrian walking speed is calculated by dividing pedestrian crossing length by pedestrian travel time. As pedestrian walking distance is considered as the crossing length I carefully chosen the people (when measuring the travel time of each pedestrian) who actually walk along the crossing by avoiding people who diagonally crossing the road. Calculated pedestrian walking speed is summarized below for every station.

**Table 6** Calculated pedestrian walking speed

| Pedestrian walking speed | Weekday | | Weekend | |
|---|---|---|---|---|
| | Peak | Off Peak | Peak | Off Peak |
| Station 1 | 1.32 | 1.43 | 1.31 | 1.47 |
| Station 2 | 1.24 | 1.42 | 1.27 | 1.48 |
| Station 3 | 0.68 | 0.90 | 0.84 | 0.97 |
| Station 4 | 1.19 | 1.54 | 1.22 | 1.48 |

According to the results average pedestrian walking speed in Maharagama, Sri Lanka during clearance=1.235 meters per second. The pedestrian flow rate (in normal pedestrian volume condition)

and saturated pedestrian flow rate (in saturated pedestrian volume condition) is calculated by dividing pedestrian flow per unit crossing width by time duration of pedestrian count. Number of cycles per hour is calculated by dividing 3600 seconds from time of one phase. Time of one phase is obtained by observing the time taken to gather considerable amount of pedestrians. For station 1 approximately three to five pedestrian gathering time calculated and that was 60 seconds, for station 2 approximately fifteen to twenty pedestrian gathering time was 120 seconds and for station 3 and 4 approximately eight to ten pedestrian gathering time was observed and it was 90 seconds.

Number of queuing pedestrians at the onset of green indication is calculated by dividing pedestrian flow rate by number of cycles per hour. This data which is used to identify the number of pedestrians gather in both ends of the crossing. This should be taken in to consideration because when designing the timing we shouldn't allow people waiting near the edges for a considerably long time period. And also we shouldn't allow lengthening the vehicular queue length. These two issues should take in to consideration when designing the timing, the first factor is evaluating by this number of queuing pedestrians at onset data.

**Table 7:** Summary of pedestrian flow rate data for all four stations

| | | Weekday | | Weekend | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Peak | Off Peak | Peak | Off Peak |
| Station 1 | Pedestrian flow rate (ped per meter per minutes) | 1.29 | 1.00 | 1.03 | 0.75 |
| | Number of cycles per hour | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 |
| | No. of queuing pedestrians at the onset of green indication (P) | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |
| | Saturation Flow rate (ped per meter per minutes) | 1.44 | 1.05 | 1.40 | 0.89 |
| Station 2 | Pedestrian flow rate (ped per meter per minutes) | 5.75 | 4.05 | 7.82 | 5.69 |
| | Number of cycles per hour | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| | No. of queuing pedestrians at the onset of green indication (P) | 0.19 | 0.14 | 0.26 | 0.19 |
| | Saturation Flow rate (ped per meter per minutes) | 6.23 | 4.93 | 9.74 | 8.17 |
| Station 3 | Pedestrian flow rate (ped per meter per minutes) | 3.99 | 2.27 | 3.07 | 2.44 |
| | Number of cycles per hour | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| | No. of queuing pedestrians at the onset of green indication (P) | 0.10 | 0.06 | 0.08 | 0.06 |
| | Saturation Flow rate (ped per meter per minutes) | 6.45 | 2.78 | 3.81 | 2.90 |
| Station 4 | Pedestrian flow rate (ped per meter per minutes) | 3.41 | 2.72 | 3.19 | 2.79 |
| | Number of cycles per hour | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| | No. of queuing pedestrians at the onset of green indication (P) | 0.09 | 0.07 | 0.08 | 0.07 |
| | Saturation Flow rate (ped per meter per minutes) | 3.50 | 2.91 | 4.00 | 2.81 |

After obtaining all the parameters needed to calculate the pedestrian red, pedestrian green and pedestrian yellow timing by two design standards, the pedestrian phases timing calculation was done.

According to the AUSTROADS standard these three pedestrian phases; Pedestrian stable green man time, Pedestrian stable red man time, Buffer interval before green to pedestrians are calculated with the provided equations in the Australian design ARR123. Buffer interval before red to pedestrian is within the range of one to five. So observing the pedestrian volume in each station buffer interval time for station 1 is decided to be two seconds whereas for station 2 it is four seconds and for station 3 and 4 the buffer interval before red is three seconds. To calculate the red stable man according to the Australian standard, the vehicle count should be obtained. Vehicle count data was summarized above. Finally, according to the Australian standard the yellow time or flashing red man phase is calculated by deducting all the other phases which is calculated as described above from the total cycle time. With the reference of Japanese design standards Pedestrian green time and pedestrian yellow time is calculated. Then the buffer interval before green and buffer interval before red is estimated by observing the pedestrian volume at each station. After observing the pedestrian volume in each station buffer interval time for station 1 is two seconds whereas for station 2 it is four seconds and for station 3 and 4 it is three seconds which is same procedure as the above buffer interval before red phase in Australian standard. Then the pedestrian red phase is calculated by deducting all the obtained values of every other phase from the cycle length of each station.

According to the two design standards; AUSTROADS-Australian standard, and Japanese standard pedestrian phases timing calculation was done. For each pedestrian cycle, starting from pedestrian yellow time to the end of the pedestrian red time there were the other pedestrian phases which are in order, pedestrian yellow time, buffer interval before green to pedestrians, pedestrian green

time, pedestrian yellow time, buffer interval before red to pedestrians and pedestrian red time.

**Table 8:** Summary of calculated pedestrian phases of one cycle for every station

| Station 1 | AUSTROADS | | | | JAPANESE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Weekday | | Weekend | | Weekday | | Weekend | |
| | peak | Off peak | peak | Off peak | peak | Off peak | peak | Off peak |
| Ped Yellow Time | 4.38 | 3.02 | 4.92 | 3.78 | 3.18 | 2.92 | 3.21 | 2.85 |
| Bl before green to ped | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Ped Green Time | 24.23 | 22.74 | 24.39 | 22.36 | 18.24 | 16.74 | 18.39 | 16.36 |
| Ped Yellow Time | 4.38 | 3.02 | 4.92 | 3.78 | 3.18 | 2.92 | 3.21 | 2.85 |
| Bl before red to ped | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Ped Red Time | 23.60 | 27.81 | 22.35 | 26.66 | 30.40 | 32.41 | 30.19 | 32.93 |
| Total | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 |
| Station 2 | AUSTROADS | | | | JAPANESE | | | |
| | Weekday | | Weekend | | Weekday | | Weekend | |
| | peak | Off peak | peak | Off peak | peak | Off peak | peak | Off peak |
| Ped Yellow Time | 4.14 | 3.52 | 4.48 | 3.87 | 3.89 | 3.41 | 3.80 | 3.26 |
| Bl before green to ped | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Ped Green Time | 27.41 | 24.77 | 26.95 | 23.96 | 21.42 | 18.77 | 20.96 | 17.97 |
| Ped Yellow Time | 4.14 | 3.52 | 4.48 | 3.87 | 3.89 | 3.41 | 3.80 | 3.26 |
| Bl before red to ped | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| Ped Red Time | 78.89 | 82.78 | 78.68 | 82.88 | 83.81 | 87.41 | 84.44 | 88.51 |
| Total | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 |
| Station 3 | AUSTROADS | | | | JAPANESE | | | |
| | Weekday | | Weekend | | Weekday | | Weekend | |
| | peak | Off peak | peak | Off peak | peak | Off peak | peak | Off peak |
| Ped Yellow Time | 3.13 | 1.45 | 1.44 | 1.30 | 3.01 | 2.27 | 2.44 | 2.11 |
| Bl before green to ped | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Ped Green Time | 25.02 | 20.33 | 21.39 | 19.34 | 19.02 | 14.34 | 15.40 | 13.35 |
| Ped Yellow Time | 3.13 | 1.45 | 1.44 | 1.30 | 3.01 | 2.27 | 2.44 | 2.11 |
| Bl before red to ped | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Ped Red Time | 54.31 | 62.34 | 61.31 | 63.64 | 58.96 | 65.12 | 63.73 | 66.42 |
| Total | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 |
| Station 4 | AUSTROADS | | | | JAPANESE | | | |
| | Weekday | | Weekend | | Weekday | | Weekend | |
| | peak | Off peak | peak | Off peak | peak | Off peak | peak | Off peak |
| Ped Yellow Time | 4.50 | 3.04 | 4.11 | 2.94 | 3.19 | 2.47 | 3.12 | 2.56 |
| Bl before green to ped | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Ped Green Time | 21.73 | 18.18 | 21.38 | 18.64 | 15.74 | 12.19 | 15.39 | 12.65 |
| Ped Yellow Time | 4.50 | 3.04 | 4.11 | 2.94 | 3.19 | 2.47 | 3.12 | 2.56 |
| Bl before red to ped | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Ped Red Time | 54.86 | 61.32 | 55.98 | 61.06 | 61.89 | 66.87 | 62.38 | 66.22 |
| Total | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 |

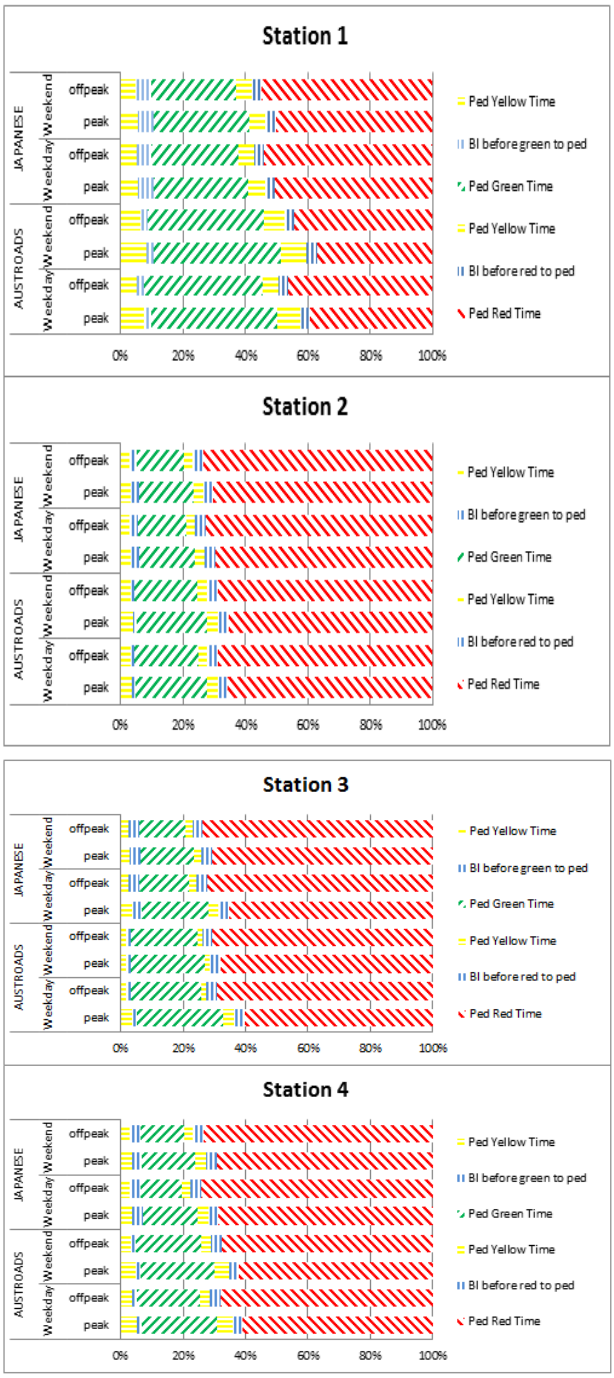



**Fig. 3** Pedestrian Cycle

In these graphs in the x axis, the percentages depict how much percentage is each position from the total cycle length.

## 5. Discussion

Pedestrian cycle length is decided by observing the time taken to gather considerable number of pedestrians at both which is explained in the analysis section. According to the results the low pedestrian volume station's cycle length decided to be the shortest cycle length which is one minute whereas the high pedestrian volume station's cycle length has the longest cycle length of two minutes. Medium pedestrian volume stations' cycle length has the medium length which is 1.5 minutes.

The comparison of calculated pedestrian green time, pedestrian yellow time and pedestrian red time were observed and analyzed the relationship and the differences of the two design methods which are identified for each four stations. When comparing the results of the analysis, it is observed that the Australian standard has provided more time for pedestrians (design is pedestrian prioritized) while Japanese Standard has given more time for vehicles (vehicle prioritized design) when analyzing for the Sri Lankan condition. Every design standard is designed in a proper way to analyze accurate pedestrian phase times of each country. Since Sri Lanka itself doesn't has a design standard, need to identify the appropriate design standard which is designed by analyzing the most similar environment condition to the actual Sri Lankan condition.

In a situation where pedestrian peak overlaps with the vehicular peak time duration it is needed to analyze the pedestrian queue on set of green indication and vehicular queue length and decide which flow is the critical and should give the priority according to the criticalness of the flow. But in the Maharagama town analysis every station shown the non-lineally proportional relationship, whereas when if it is pedestrian peak it is vehicular off peak. So the criticalness is always considered in the peak. There were no conflicts because the pedestrian peak and vehicle peak conflict was not seen in this Maharagama town analysis. Total pedestrian phase is the summation of pedestrian green time, pedestrian yellow time, buffer interval before red to pedestrian and buffer interval before green to pedestrians.

## 6. Conclusion

According to the data analysis in Maharagama, Sri Lanka peak volume values of pedestrians and peak volumes of vehicles shown a nonlinear proportional relationship. As this is the relationship when designing pedestrian green phase, pedestrian can be prioritized because it is the duration where there is the vehicle off peak situation. If by any chance the relationship between pedestrian and vehicle volume is nonlinear relationship, each phase should be design by considering both vehicles and pedestrians. When pedestrian phase is calculating number of pedestrian on set in green indication and the vehicle queue length both should be taken in to consideration as both vehicles and pedestrian volume are in the critical condition. Neither vehicles nor pedestrians will like to wait longer till they get the time to move on.

When designing a pedestrian facility first priority is given to the pedestrian safety and also then drivers comfort. When designing pedestrian crossing for Sri Lankan situation according to the Australian design standard designing will lead to better pedestrian safety and less risk of pedestrian accidents. If Japanese design standard is used to design Sri Lankan pedestrian crossing it will lessen the vehicle queue length and reduce traffic by providing more time for vehicles.

According to the results obtained from Maharagama pedestrian analysis average walking speed of Sri Lankan people during clearance is 1.235 meters per second.

**Table 9** Average walking speed during clearance

| Design Standard | Walking Speed |
|---|---|
| AUSTROADS | 1.2 meters per second |
| Japanese | 1.5 meters per second |

Japanese standard is appropriate for higher walking speed condition. Sri Lankan pedestrian walking speed approximately equal to the Australian pedestrian walking speed, which means Australian standard phase time values are the relevant values for Sri Lankan condition as the both pedestrian behavior on the crossing is similar.

In Maharagama, Sri Lanka roads and crossing usage by pedestrians and vehicles is high,

a. If pedestrians are prioritized when designing, that will lead to more vehicular traffic and drivers will influence to break the rules and drive without considering pedestrian safety because normally vehicular drivers won't like

to wait longer time stuck in high traffic. They will not wait longer in traffic or pause for traffic lights for more than acceptable level of patience.

b. If vehicles are prioritized in the design that will reduce the pedestrian safety, people will influence to cross the road even in their red time and increase the number of pedestrian at queue on one set. Because people will not wait for longer time duration at the both ends of the pedestrian crossing till they get the signal light to cross the road.

Practically people behave such a natural way in which they have very less patience when it comes to waiting or stopping their movement in front of traffic signal lights. Because of this reason when designing traffic signal lights for pedestrians and vehicles it is need to have a good analysis about the behavior of vehicular and pedestrian flow after the design is actually implemented on the road. When considering this practical problem which is highly influencing factor for the Sri Lankan condition, Australian design standard seems to be fairer when comparing with other two standards.

Comparing to the Japanese standard, the AUSTROADS standard time allocation is more appropriate to Sri Lankan condition because it address the above issues and provides similarity in pedestrian walking speeds. In conclusion Sri Lankan condition is more similar to Australian condition and Japanese standard is appropriate for a situation where higher pedestrian walking speed is there.

## References

[1] Aashto, A. (2001). Policy on geometric design of highways and streets. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 3, 3–2.

[2] Akc¸elik, R. (1981). Traffic signals: capacity and timing analysis.

[3] Bennett, S., Felton, A., & Akc¸elik, R. (2001). Pedestrian movement characteristics at signalized intersections. In 23rd conference of australian institute of transport research, clayton, victoria, australia.

[4] Bonneson, J. A., Sunkari, S. R., & Pratt, M. P. (2009). Traffic signal operations handbook (Tech.Rep.). Texas Transportation Institute, Texas A & M University System.

[5] Bressi, T. W. (2002). The new york city privately owned public space project, new york, new york [edra/places awards, 2001-2002–research]. Places, 15(1).

[6] Fabian, H., Gota, S., Mejia, A., Leather, J., & Center, A. C. (2010). Walkability and pedestrian facilities in asian cities: State and issues. Asian Development Bank, Manila, Philippines.

[7] Fruin, J. (1992). Designing for pedestrians. Public Transportation United States.

[8] Giles-Corti, B., Knuiman, M., Timperio, A., Van Niel, K., Pikora, T. J., Bull, F. C., et al. (2008). Evaluation of the implementation of a state government community design policy aimed at increasing local walking: design issues and baseline results from reside, perth western australia. Preventive medicine, 46(1), 46–54.

[9] Gotschi, T., & Mills, K. (2008). Active transportation for america: The case for increased federal investment in bicycling and walking.

[10] Iryo-Asano, M., & Alhajyaseen, W. K. (2014). Analysis of pedestrian clearance time at signalized crosswalks in japan. Procedia Computer Science, 32, 301–308.

[11] Kaluarachchi, R. (2011). A methodology for design of pedestrian crossing facilities in sri lanka.

[12] Kell, J. H., & Fullerton, I. J. (1991). Manual of traffic signal design.

[13] Kim, S., Choi, J., & Kim, Y. (2011). Determining the sidewalk pavement width by using pedestrian discomfort levels and movement characteristics. KSCE Journal of Civil Engineering, 15(5),883–889.

[14] Kiyota, M., Vandebona, U., Katafuchi, N., & Inoue, S. (2000). Bicycle and pedestrian traffic conflicts on shared pavements. In Fourteenth velo-city international conference proceedings, munich.

[15] Koonce, P., Rodegerdts, L., Lee, K., Quayle, S., Beaird, S., Braud, C., et al. (2008). Traffic signal timing manual (Tech. Rep.).

[16] Methorst, R., HMi, B., Risser, R., Sauter, D., Tight, M., & Walker, J. (2010). Pedestrian quality needs. UK: Walk21.

[17] Premathilaka, L. (2008). Design of pedestrian facilities in sri lanka. Unpublished doctoral dissertation, University of Moratuwa.
[18] Schoon, J. G. (2000). Geometric design projects for highways. ASCE PRESS.
[19] Schoon, J. G. (2010). Pedestrian facilities.
[20] Veith, G., & Arndt, O. (2009). Guide to road design part 4: intersections and crossings: general (No. AGRD04/09).

# การสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย : กรณีอุบัติเหตุรถกระบะ

# IN-DEPTH ACCIDENT INVESTIGATION IN THE UPPER NORTHEASTERN REGION OF THAILAND: CASE STUDIES OF THE PICK-UP TRUCK INVOLVED ACCIDENTS

Paper Identification number: **AYRF15-055TH**

ภูวไนย ไชยวรรณ[1], พนกฤษณ คลังบุญครอง[2]

PhuwanaiChaiyawarn, PongridKlungboonkrong

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทรศัพท์. 08 3346 0899
E-mail: phuwanai_chaiyawarn@kkumail.com

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทรศัพท์. 0 4320 2355
E-mail: kku.sirdc.17@gmail.com

## บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์หาสาเหตุของอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับอุบัติเหตุรถกระบะในประเทศไทย โดยประยุกต์ใช้องค์ความรู้การสืบสวนเชิงลึกอุบัติเหตุทางถนนซึ่งเป็นการตรวจสอบปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ ปัจจัยคน ปัจจัยรถ และปัจจัยถนนและสิ่งแวดล้อม การศึกษาในครั้งนี้ได้คัดเลือกกรณีศึกษา 3 กรณีในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยนอกจากนี้ยังได้รวบรวมการสืบสวนเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุรถกระบะจากการศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกที่ผ่านมาในประเทศไทยรวมทั้งหมด 90 กรณีศึกษา เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุและเสนอแนะแนวในทางการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุรถกระบะในประเทศไทย จากการศึกษา 3 กรณีศึกษา อุบัติเหตุในพื้นที่ศึกษาพบว่ามีสาเหตุทั้งปัจจัยคน ปัจจัยรถ และปัจจัยถนนและสิ่งแวดล้อม เช่น การเมาแล้วขับ การใช้ยางที่เสื่อมสภาพ ทางโค้งมีต้นไม้บดบังระยะมองเห็น ผิวทางชำรุด การขีดสีตีเส้นเลือนราง ส่วนสาเหตุของความรุนแรง เช่น ไม่คาดเข็มขัดนิรภัย การบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้าย จากการศึกษาการสืบสวนเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุรถกระบะ 90 กรณีในประเทศไทยที่ผ่านมาพบว่า สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยคนเป็นหลัก รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดจากรถเสียหลักและเสียหลักแล้วชนวัตถุอันตรายข้างทาง สาเหตุของความรุนแรงส่วนใหญ่พบว่าเป็นการไม่คาดเข็มขัดนิรภัยและมีการบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้าย

**คำสำคัญ**: รถกระบะ, การสืบสวนเชิงลึกอุบัติเหตุทางถนน, สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ, สาเหตุของความรุนแรง

## Abstract

This article presents analyze the likely causes and the severity of the pick-up truck involved crashes in Thailand. The in-depth crash investigation knowledge was applied to examine the three contributing factors to road crashes including humans, vehicles and road and the environment. Three case studies of the pick-up truck involved crashes in the upper northeastern region of Thailand were selected for the in-depth investigation. As a result of previously completed in-depth crash investigations, 90 the pick-up truck involved crashes in Thailand were systematically reviewed and analyzed to identify the likely causes of the road crashes and its severity as well as recommend the appropriate remedial treatments. The research findings revealed that all three contributing factors including humans, vehicles, road and the environment were the combined causes of the road crashes, for example, drunk and driving, fatigue, insufficient sight distance, defected road surface conditions, and inappropriate road traffic markings. Moreover, the study also indicated contributing factors leading to crashes severity, such as not wearing seat belt and passengers traveling in the freight carrying

compartment and others. The review and analysis of previous research studies on the in-depth crash investigations of 90 pick-up truck involved crashes in Thailand indicated that the major causes of these crashes was human factor, most frequent types of crashes are rollover of the road and then collided with roadside hazard objects, while the main contributing factor to the severity were not wearing seat belts and passengers traveling in the freight carrying compartments.

**Keywords:** pick-up truck, in-depth crash investigation, causes of these crashes, factor to the severity

## 1. บทนำ

ปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บและเสียชีวิต ซึ่งในประเทศไทยถือว่าเป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2551 มหาวิทยาลัยมิชิแกนเผยว่าประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางมากเป็นอันดับ 2 ของโลก โดยมีการเสียชีวิต 44 คนต่อประชากรหนึ่งแสนคน [1] และในปี พ.ศ. 2553 องค์การอนามัยโลกเผยว่าประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางมากเป็นอันดับ 3 ของโลก โดยพบว่ามีการเสียชีวิต 38.1 คนต่อประชากรหนึ่งแสนคน [2]

สำหรับการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุจราจรในประเทศไทย สิ่งหนึ่งที่ยังขาดคือการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึก ซึ่งการสืบสวนอุบัติเหตุจากหน่วยงานต่างๆ จะมุ่งเน้นเพียงเพื่อสอบสวนว่าฝ่ายใดเป็นผู้กระทำผิด บ่อยครั้งพบว่าการสันนิษฐานของผู้บันทึกข้อมูลถูกใช้เป็นข้อสรุปของการเกิดอุบัติเหตุโดยขาดหลักฐานและกระบวนการวิเคราะห์ที่เหมาะสม ซึ่งการวิเคราะห์หาสาเหตุของอุบัติเหตุให้ถูกต้องนั้นจำเป็นต้องมีองค์ความรู้ ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ในการสืบสวนอุบัติเหตุในเชิงลึก เนื่องจากการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึก จะเป็นการตรวจสอบองค์ประกอบทั้งหมดที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ทั้งปัจจัยด้านคน รถและถนนและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ทราบและอธิบายได้ว่าปัจจัยใดที่เป็นต้นเหตุ สิ่งใดที่ทำให้อุบัติเหตุมีความรุนแรง เพื่อนำไปสู่การป้องกันหาวิธีการรับมือกับอุบัติเหตุแบบเดียวกันเพื่อไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีก

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการใช้รถกระบะอย่างกว้างขวาง จากสถิติจำนวนรถจดทะเบียนระหว่าง พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2556 พบว่า รถกระบะมีสัดส่วนการจดทะเบียนประมาณร้อยละ 18 ซึ่งมากเป็นอันดับสองรองจากรถจักรยานยนต์ จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ระหว่าง พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2556 พบว่า รถกระบะมีสัดส่วนการเกิดอุบัติเหตุประมาณร้อยละ 16 รองจากรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์ [3] แต่ในช่วงเทศกาลต่างๆ เช่นเทศกาลสงกรานต์หรือเทศกาลปีใหม่ จะมีสถิติการเกิดอุบัติเหตุเป็นอันดับสองรองจากรถจักรยานยนต์ [4] บ่อยครั้งเมื่อเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะพบว่ามักจะเป็นอุบัติเหตุที่มีความรุนแรง มีการบาดเจ็บและเสียชีวิตหลายรายต่อการเกิดอุบัติเหตุเพียงครั้งเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่มีผู้โดยสารอยู่ในกระบะท้ายรถซึ่งพบเห็นได้ทั่วไปในประเทศไทย ในการที่จะลดปัญหาเหล่านี้ได้ จำเป็นต้องทราบถึงสาเหตุที่มาของการเกิดอุบัติเหตุ ปัจจัยที่ทำให้อุบัติเหตุมีความรุนแรง และแนวทางการป้องกันแก้ไขเพื่อไม่ให้อุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้นแล้วกลับมาเกิดขึ้นซ้ำอีก ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการดำเนินการวิจัย ผลจากการวิจัย และสรุปผลโดยนำเสนอแนวทาง มาตรการในการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ

### 1.1 บททวนวรรณกรรม

E.B.R. Desapriya และคณะ (2004) ได้ศึกษาอัตราส่วนความรุนแรงของอุบัติเหตุจากการชนกันระหว่างรถกระบะกับรถเก๋งส่วนบุคคล การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุในรัฐบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา จำนวน 953 กรณี จากการศึกษาพบว่า เมื่อรถกระบะชนกับรถเก๋งส่วนบุคคล โอกาสในการบาดเจ็บของผู้ขับขี่และผู้โดยสารในรถกระบะจะมีน้อยกว่ารถเก๋งส่วนบุคคลถึง 2 เท่า เนื่องจากรถกระบะมีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่าและมีมวลมากกว่า [5]

ปกรณ์ อนิวัตกูลชัย และ กัณวีร์ กนิษฐ์พงศ์ (2551) ได้ศึกษาวิเคราะห์กลไกการบาดเจ็บของผู้โดยสารที่ประสบอุบัติเหตุทางถนน จากการศึกษาพบว่าการสัมผัสภายในห้องโดยสารและการเคลื่อนไหวที่ผิดลักษณะที่เป็นผลกระทบจากการชน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แรง (Impact force) และความเร่ง (Acceleration) ที่ถ่ายโอนมาจากตัวรถ เป็นสาเหตุหลักของการบาดเจ็บ นอกจากนี้ตำแหน่งที่นั่งของผู้โดยสาร การใช้เข็มขัดนิรภัยก็เป็นปัจจัยที่สำคัญของการได้รับบาดเจ็บในทุกๆรูปแบบการชน [6]

อรรถกร สาละ และ พนกฤษณ คลังบุญครอง (2552) ได้ทำการศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึก: กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยมีกรณีศึกษา 3 กรณี ได้แก่ กรณีรถกระบะชนกับรถกระบะ กรณีรถกระบะยางล้อระเบิดเสียหลักพุ่งชนประสานงากับรถบรรทุกกึ่งพ่วง และกรณีรถเก๋งส่วนบุคคลแซงไม่พ้นพุ่งชนกับรถโดยสารประจำทาง จากการศึกษาทั้ง 3 กรณี พบว่าความประมาทของผู้ขับขี่เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุและเป็นสถิติส่วนใหญ่ที่ผ่านมาของการเกิดอุบัติเหตุ ประกอบกับปัจจัยถนนและสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นปัจจัยเสริมให้อุบัติเหตุมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และปัจจัยรถที่อยู่ในสภาพไม่พร้อมใช้งานก่อนออกเดินทาง เช่น ระบบเบรก ยางล้อ เป็นต้น [7]

T. Brenac และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในเรื่องการเปรียบเทียบระหว่างความเร็วที่ได้จากรายงานของผู้ขับขี่และจากการสืบสวนอุบัติเหตุย้อยรอย การศึกษาครั้งนี้ใช้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด 73 กรณี จากการศึกษาพบว่าถึงแม้ความเร็วที่ได้จากการรายงานของตัวผู้ขับขี่และความเร็วที่ได้จากการสืบสวนอุบัติเหตุย้อนรอยเฉลี่ยแล้วจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ความเร็วที่ได้จากรายงานของผู้ขับขี่ไม่สามารถนำมาใช้แทนความเร็วที่ได้จากการสืบสวนอุบัติเหตุย้อนรอยได้ เนื่องจากพบว่า 27 เปอร์เซ็นต์ จากกลุ่มตัวอย่าง มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [8]

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อประยุกต์ใช้องค์ความรู้และกระบวนการในการสืบสวนเชิงลึกอุบัติเหตุทางถนนในการวิเคราะห์หาสาเหตุอุบัติเหตุและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุในพื้นที่ศึกษา 3 กรณีศึกษา เพื่อเสนอแนะแนวทาง นโยบาย มาตรการในการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนนของรถกระบะ

1.2.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถกระบะ 90 กรณีในประเทศไทย และวิเคราะห์หาสาเหตุสำหรับการชนแต่ละประเภท พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางแก้ไขที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย คน รถ ถนนและสิ่งแวดล้อม

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 พื้นที่ศึกษาครอบคลุมภาคอีสานตอนบน 11 จังหวัด ประกอบไปด้วย จังหวัดขอนแก่น หนองคาย มหาสารคาม ร้อยเอ็ด นครพนม สกลนคร อุดรธานี หนองบัวลำภู เลย กาฬสินธุ์และบึงกาฬ ดังแสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาในรูปที่ 1

1.3.1 คัดเลือกกรณีอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่ศึกษาจำนวน 3 กรณีศึกษา โดยคัดเลือกกรณีที่เกิดกับรถกระบะ มีการเสียชีวิตอย่างน้อย 1 คน และเป็นที่สนใจของสาธารณะชน

### 1.4 สมมติฐานของการวิจัย

1.4.1 ในกรณีที่ไม่สามารถเข้าถึงจุดเกิดเหตุได้ทันก่อนที่เจ้าหน้าที่ตำรวจจะย้ายรถที่ประสบอุบัติเหตุไปที่พักของกลาง สามารถเก็บข้อมูลตัวรถได้ที่ที่พักของกลาง

1.4.2 ข้อมูลการบาดเจ็บและการเสียชีวิตของผู้ประสบอุบัติเหตุได้จากผลตรวจวินิจฉัยจากแพทย์

1.4.3 การรวบรวมข้อมูลกรณีอุบัติเหตุ ในบางกรณีจำเป็นต้องขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าหน้าที่ตำรวจผู้รับผิดชอบคดี หน่วยงานของสื่อข่าว หน่วยกู้ชีพ หน่วยกู้ภัย หรือหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

1.4.4 ในการวิเคราะห์สาเหตุและความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะจะใช้หลักการด้านพลศาสตร์ของยานพาหนะ (Vehicle Dynamics)

1.4.5 ในการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถกระบะ 90 กรณี เป็นผลที่ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ ใช้กระบวนการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกที่เหมาะสม ดังนั้นข้อมูลจึงเป็นที่น่าเชื่อถือได้




**รูปที่ 1** พื้นที่ศึกษา [9]

## 2. 2. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 2.1 การสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะในพื้นที่ศึกษาศึกษา 3 กรณี

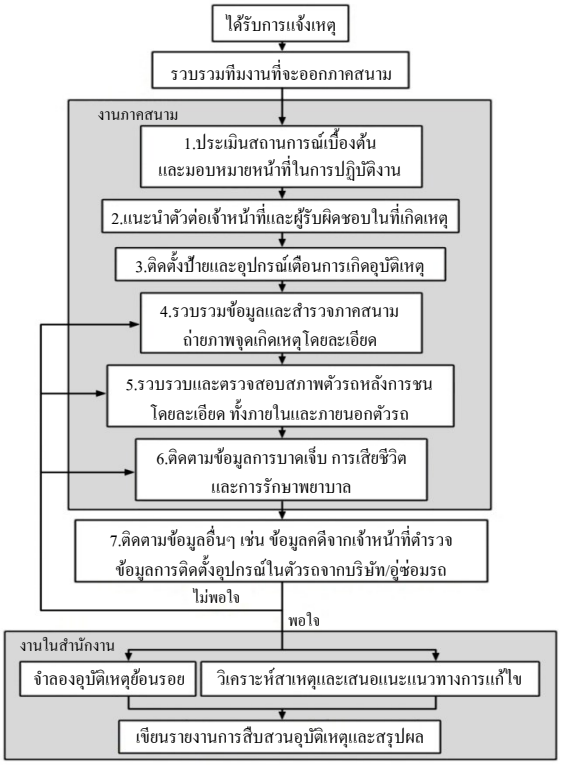
ลำดับขั้นตอนการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกได้แสดงในรูปที่ 2

2.1.1 การรับแจ้งเหตุ

หน่วยสืบสวนอุบัติเหตุได้เชื่อมต่อสื่อสารกับหน่วยงานต่าง ๆ ตลอด 24 ชั่วโมง ทางโทรศัพท์และวิทยุสื่อสาร โดยใช้คลื่นความถี่เดียวกันเพื่อสามารถติดตามและตรวจสอบการเกิดอุบัติเหตุได้ตลอดเวลา โดยข้อมูลเบื้องต้นในการรับแจ้งเหตุ ได้แก่ สถานที่เกิดอุบัติเหตุ ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุ ความรุนแรงและอาการของผู้ประสบอุบัติเหตุ

2.1.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุ หน่วยสืบสวนจะต้องทำงานร่วมกันกับหน่วยงานอื่นๆ เช่น เจ้าหน้าที่ตำรวจ เจ้าหน้าที่พยาบาล หน่วยกู้ชีพ ซึ่งหน่วยสืบสวนจะต้องติดต่อสื่อสารกับหน่วยงานดังกล่าวอย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะหน่วยงานตำรวจและหน่วยงานพยาบาล ในการสำรวจเก็บข้อมูลในภาคสนามนั้นหน่วยสืบสวนจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่เตรียมพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุเมื่อไปถึงจุดเกิดเหตุ มีดังนี้




**รูปที่ 2** ขั้นตอนการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึก [9]

1 ประเมินสถานการณ์และมอบหมายหน้าที่ในการปฏิบัติงาน

2 แนะนำตัวต่อเจ้าหน้าที่และผู้รับผิดชอบในที่เกิดเหตุ

3 ติดตั้งป้ายและอุปกรณ์เตือนการเกิดอุบัติเหตุ

4 รวบรวมข้อมูลสำรวจภาคสนามถ่ายภาพจุดเกิดเหตุ

4.1 ระบุตำแหน่งสถานที่ในการเกิดอุบัติเหตุ

4.2 ติดตั้งป้ายและอุปกรณ์เตือนอื่นๆเพื่อความปลอดภัย

4.3 ระบุตำแหน่งจุดเริ่มต้น จุดชนและจุดสุดท้ายของรถ

4.4 ถ่ายภาพรายละเอียดต่างๆให้ครอบคลุมที่เกิดเหตุและทำเครื่องหมายหลักฐานต่างๆ

4.5 ทำการเก็บข้อมูลทางกายภาพของถนนและสภาพแวดล้อมในจุดเกิดเหตุและร่างสถานที่เกิดเหตุในเบื้องต้น

4.6 วัดค่าความเสียดทานของผิวถนน

4.7 หาข้อมูลเกี่ยวกับการจราจรบริเวณที่เกิดเหตุ เช่น ปริมาณจราจร สัดส่วนปริมาณจราจร ความเร็วในการจราจร เป็นต้น

5 รวบรวมและตรวจสอบสภาพตัวรถหลังการชนโดยละเอียดทั้งภายในและภายนอกตัวรถ

5.1 ถ่ายภาพความเสียหายของตัวรถทั้ง 8 ด้าน

5.2 วัดการเสียรูปของตัวรถ

5.3 ตรวจสอบองค์ประกอบของรถ เช่น ระบบเบรก ไฟส่องสว่าง ระบบบังคับเลี้ยว สภาพยางและอื่นๆ

5.4 ตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น เข็มขัดนิรภัย ถุงลมนิรภัยและพนักพิงศีรษะ

6 ติดตามข้อมูลการบาดเจ็บ และการรักษาพยาบาล

6.1 ข้อมูลทางการแพทย์

6.1.1 ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือด

6.1.2 รายงานทางพิษวิทยา

6.1.3 ข้อมูลสุขภาพจิต

6.1.4 อาการป่วยก่อนเกิดอุบัติเหตุ

6.1.5 ใบสั่งยา

6.1.6 รายงานการรับการรักษา

6.2 รายงานข้อมูลคดีความของเจ้าหน้าที่ตำรวจ

6.3 สัมภาษณ์ผู้ประสบอุบัติเหตุโดยตรง

7 การติดตามข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

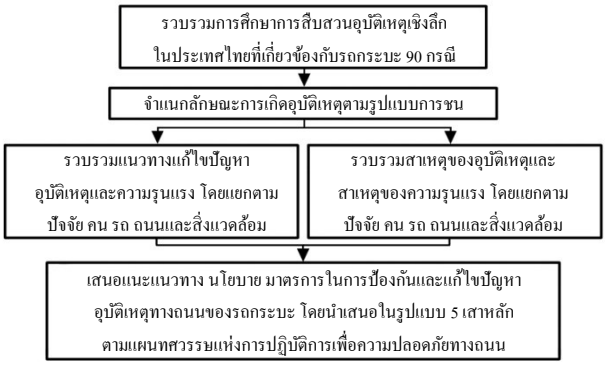
2.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การสืบสวนเชิงลึกอุบัติเหตุคือการตรวจสอบขององค์ประกอบทั้งหมดที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ทั้งด้านคน รถ ถนนและสภาพแวดล้อม เพื่ออธิบายลำดับเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น [10] วิธีการสืบสวนที่เป็นระบบจะสามารถเปิดเผยสาเหตุของอุบัติเหตุ ซึ่งสามารถทำให้เข้าใจได้ว่าอุบัติเหตุเกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงมีความรุนแรง โดยจะต้องพยายามหาคำตอบของคำถามให้ได้ว่า ใคร เมื่อไหร่ ที่ไหน อย่างไร ทำไม ซึ่งคำถามเหล่านี้จะเป็นจุดเริ่มต้นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุและกลไกของการเกิดอุบัติเหตุเชิงลึกต่อไป [11] ความสำคัญของการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึก คือ การลำดับเหตุการณ์และผลที่ตามมาของการเกิดอุบัติเหตุ [12] ในการที่จะจำลองให้เห็นภาพการเคลื่อนที่ในขณะเกิดอุบัติเหตุอาจต้องทราบความเร็ว ซึ่งเป็นสิ่งที่การวิเคราะห์เชิงลึกมักจะทำ การใช้สมการพื้นฐานทางฟิสิกส์จึงเป็นสิ่งที่ช่วยให้ทราบว่ามีความเร็วมากน้อยเพียงไร โดยสามารถคำนวณได้จากสมการคำนวณความเร็วจากรอยไถล สมการคำนวณความเร็วจากรอยแฉลบ สมการคำนวณความเร็วตามกฎอนุรักษ์โมเมนตัม สมการคำนวณความเร็วตามกฎอนุรักษ์พลังงาน สมการคำนวณความเร็วกรณีรถตกจากที่สูง สมการคำนวณความเร็วกรณีรถพลิกคว่ำ และสมการคำนวณอัตราส่วนโอกาสการเสียชีวิต [13,14] ซึ่งสุดท้ายในการวิเคราะห์ข้อมูล จะต้องสรุปให้ได้ว่าปัจจัยใดที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของอุบัติเหตุคืออะไร ทำไมอุบัติเหตุจึงมีความรุนแรง พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทาง นโยบาย มาตรการในการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุต่อไป

## 2.2 การศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ 90 กรณี

บทความนี้ได้รวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุที่มีการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกที่มีในประเทศไทยโดยคัดเลือกกรณีที่เกิดกับรถกระบะจากรายงานโครงการศึกษาและพัฒนาตัวแบบหน่วยสืบสวนอุบัติเหตุจาก

การขนส่งและจราจรของสำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร ปี พ.ศ. 2549 และปี พ.ศ. 2551 รายงานโครงการพัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนนของศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2552 และรายงานโครงการวิจัยการสืบสวนเชิงลึกสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากการขนส่งและจราจรของกองทุนเพื่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน ปี พ.ศ. 2554 ซึ่งได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกตามภูมิภาค ได้แก่ เขตพื้นที่ส่วนกลาง (กรุงเทพมหานครและปริมณฑล) และเขตพื้นที่ส่วนภูมิภาค (เชียงใหม่ ขอนแก่น นครราชศรีมาและสงขลา) [15-26] รวมทั้งสิ้น 90 กรณี โดยนำมารวบรวมสรุปรายละเอียดปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ สาเหตุสำหรับการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละประเภท สาเหตุของความรุนแรง พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางแก้ไขที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย คน รถ ถนนและสิ่งแวดล้อม ซึ่งขั้นตอนการศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ 90 กรณี ได้แสดงในรูปที่ 3




**รูปที่ 3** ขั้นตอนการศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ 90 กรณี [9]

## 3. ผลการวิจัยและอภิปราย

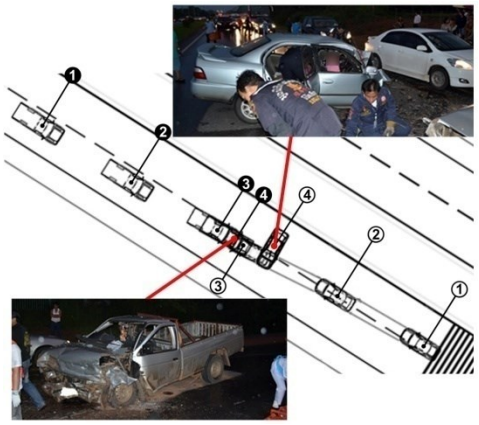
### 3.1 ผลการศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะในพื้นที่ศึกษาศึกษา 3 กรณี

3.1.1 กรณีอุบัติเหตุรถกระบะชนรถเก๋งส่วนบุคคล ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 12 กม.ที่ 567+300 ต.กู่ทอง อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม เสียชีวิต 4 ราย บาดเจ็บ 1 ราย

1 ลำดับเหตุการณ์

ผู้ขับขี่รถกระบะเดินทางไปร่วมงานบุญกฐินโดยได้ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ตั้งแต่ช่วงบ่าย จากนั้นเดินทางเพื่อไปช่วยญาติขนของหนีน้ำท่วมโดยใช้เส้นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2183 เมื่อเดินทางมาถึงทางแยกผู้ขับขี่รถกระบะได้เลี้ยวซ้ายเพื่อที่จะตัดเข้าทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 12 แต่ไม่สามารถบังคับรถได้จึงชนท้ายรถจักรยานยนต์ที่อยู่ด้านหน้า จากนั้นผู้ขับขี่รถกระบะได้ขับรถข้ามเกาะกลางถนนไปยังอีกฝั่งในทิศทางตรงกันข้ามและได้ขับย้อนศรจนกระทั่งมาถึงที่เกิดเหตุซึ่งเป็นบริเวณทางโค้ง รถกระบะจึงชนแบบประสานงากับรถเก๋งส่วนบุคคล

จากการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุในกรณีชนแบบประสานงาจำนวน 13,162 ครั้ง ของ FARS 1975-1998 พบว่าอัตราส่วนโอกาสเสียชีวิตของผู้โดยสารในรถที่มีมวลน้อยกว่าจะมีโอกาสเสียชีวิตมากกว่าผู้โดยสารในรถที่มีมวลมากกว่า [14] ในกรณีนี้พบว่าโอกาสเสียชีวิตของผู้โดยสารในรถเก๋งส่วนบุคคลมีมากกว่ารถกระบะถึงเกือบ 12 เท่า ซึ่งการคำนวณโอกาสการเสียชีวิตของผู้โดยสารมีสมมติฐาน ได้แก่ สมการอัตราส่วนโอกาสการเสียชีวิต [Evans L, 2004] $R = (m_2 / m_1)^{\lambda}$ โดยที่ $R$ คือ อัตราส่วนโอกาสการเสียชีวิตของผู้ขับขี่ $m_1$ คือ มวลของรถที่เบากว่ามีค่าเท่ากับ 1200 กิโลกรัม $m_2$ คือ มวลของรถหนักกว่ามีค่าเท่ากับ 2400 กิโลกรัม รถกระบะและรถเก๋งส่วนบุคคลชนกันแบบประสานงา $\lambda$ คือสัมประสิทธิ์ลักษณะการชน ในกรณีชนแบบประสานงาค่าสัมประสิทธิ์ $\lambda = 3.58$ ดังนั้น $R = (2400/1200)^{3.58} \approx 12$ เท่า



**รูปที่ 4** ลำดับเหตุการณ์กรณีอุบัติเหตุรถกระบะชนรถเก๋งส่วนบุคคล [23]

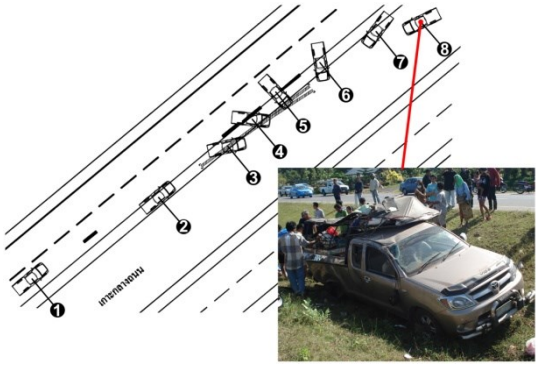
2 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข กรณีอุบัติเหตุรถกระบะชนรถเก๋งส่วนบุคคลแสดงในตารางที่ 1

3.1.2 กรณีอุบัติเหตุรถกระบะบรรทุก ยางระเบิดแล้วเสียหลักพลิกคว่ำ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 23 กม.ที่ 51+800 ต.หนองโก อ.บรบือ จ.มหาสารคาม เสียชีวิต 1 ราย บาดเจ็บ 15 ราย

1 ลำดับเหตุการณ์

ผู้ขับขี่รถกระบะคนแรกขับรถพาญาติเดินทางกลับบ้านจากกรุงเทพฯไปยัง จ.กาฬสินธุ์ มีผู้โดยสาร 16 คนรวมผู้ขับขี่ ออกจากกรุงเทพฯ เวลา 20.00 น. เมื่อเวลา 6.30 น. ได้หยุดพักที่ จ.นครราชสีมา และได้เปลี่ยนผู้ขับขี่คนที่ 2 จากนั้นเวลา 7.00 น. ได้ออกเดินทางต่อจนมาถึงจุดเกิดเหตุ ยางหลังด้านขวาระเบิด ผู้ขับขี่พยายามจะเบรกรถเพื่อลดความเร็ว ทำให้รถเสียหลักตกลงไปยังร่องน้ำกึ่งกลางถนน รถพลิกคว่ำ 1 รอบและตัวรถหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเป็นมุมประมาณ 180 องศา



**รูปที่ 5** ลำดับเหตุการณ์กรณีรถกระบะบรรทุก ยางระเบิดแล้วเสียหลักพลิกคว่ำ [23]

2 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข กรณีอุบัติเหตุรถกระบะบรรทุกยางระเบิดแล้วเสียหลักพลิกคว่ำ แสดงในตารางที่ 2

3.1.3 กรณีอุบัติเหตุรถกระบะเสียหลักพุ่งชนต้นไม้ริมถนน บนทางหลวงชนบท ขก 3020 กม.ที่ 21 บ.หนองบัวรอง ต.ดอนดู่ อ.หนองสองห้อง จ.ขอนแก่น เสียชีวิต 6 ราย และบาดเจ็บ 9 ราย

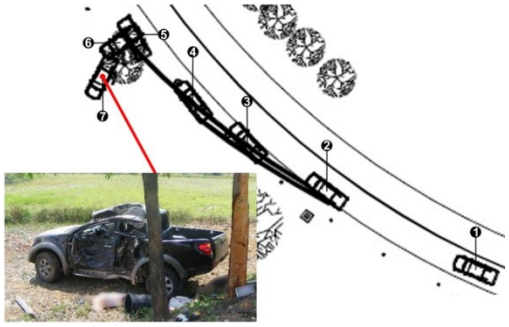
1 ลำดับเหตุการณ์

รถกระบะได้ตระเวนเล่นน้ำสงกรานต์ โดยมีคนขับและผู้โดยสารรวม 15 ราย เมื่อพบด่านตรวจ ผู้ขับขี่มีอาการเมาสุราและไม่มีใบอนุญาตขับขี่ จึงหลีกเลี่ยงการตรวจจับโดยกลับรถแล้วใช้เส้นทางใหม่ เมื่อถึงจุดเกิดเหตุซึ่งเป็นทางโค้งรัศมีแคบ ผู้ขับขี่ได้หักหลบหลุมริมถนนผนวกกับรถแล่นด้วยมาความเร็วสูง ทำให้เสียหลักชนหลักนำทาง 2 ต้น แล้วชนกับต้นไม้หมุนรอบต้นไม้เป็นมุมประมาณ 90 องศา ในจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บมีเด็กที่มีอายุน้อยกว่า 12 ปี เป็นผู้โดยสารจำนวน 6 ราย เสียชีวิต 3 ราย ซึ่งเด็กที่เสียชีวิตนั่งอยู่ภายในห้องโดยสารทั้งหมด

การประมาณความเร็วขณะเกิดอุบัติเหตุมีสมมติฐานได้แก่ เศษกระจกและชิ้นส่วนของอุปกรณ์ต่างๆ มีการเคลื่อนที่แบบ

Projectile หลังการชน เศษกระจกแตกและกระเด็นออกจากรถทันทีที่เกิดการชน ให้ความเร็วของเศษกระจกที่กระเด็นออกจากตัวรถในแนว 45° กับแนวราบมีค่าเท่ากับความเร็วของรถที่ปะทะกับต้นไม้ $_d$ คือ ระยะที่เศษกระจกกระเด็นไกลที่สุด 16.7 เมตร และ $_h$ คือ ความสูงจากกระจกถึงระดับพื้นดิน 2.33 เมตร จากสมการหาความเร็ว [R.W.River, 1999] $S = 7.94d / \sqrt{h}$ ดังนั้น $S = 86.9km/h$ [13] ซึ่งหมายความว่าความเร็วของรถกระบะก่อนชนต้นไม้มีค่ามากกว่า 86.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

การคำนวณความเร็วที่ปลอดภัย มีค่าที่ใช้ในสมการดังนี้ $e$ คือ อัตราการยกโค้งมีค่าเท่ากับ 4 % $f$ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์เฉลี่ยเท่ากับ 0.16 $_R$ คือ รัศมีโค้งมีค่าเท่ากับ 94 เมตร และ $_v$ คือ ความเร็วออกแบบสำหรับรถแล่นในทางโค้ง จากสมการออกแบบยกขอบโค้ง [AASHTO, 2001] $(0.01e+f)/1-(0.01ef) = v^2/127R$ ดังนั้น $v = 50 \ km/h$ [27] ซึ่งหมายความว่า หากรถใช้ความเร็วที่มากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การควบคุมรถจะทำได้ลำบาก มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากการหลุดโค้งสูง



**รูปที่ 6** ลำดับเหตุการณ์กรณีรถกระบะเสียหลักพุ่งชนต้นไม้ริมถนน [23]

2 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข กรณีอุบัติเหตุรถกระบะเสียหลักพุ่งชนต้นไม้ริมถนน แสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 1** สาเหตุของอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไขกรณีรถกระบะชนรถเก๋งส่วนบุคคล [9]

| ปัจจัย | สาเหตุของอุบัติเหตุ | สาเหตุของความรุนแรง | ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข |
|---|---|---|---|
| คน | - ผู้ขับขี่มีอาการเมาสุรา และขับรถย้อนศร | - ผู้ขับขี่รถกระบะ ผู้ขับขี่รถเก๋งส่วนบุคคล และผู้โดยสารไม่ได้คาดเข็มขัดนิรภัย | - ควรเข้มงวดในการตั้งด่านตรวจเพื่อบังคับใช้กฎหมายเมาแล้วขับ การคาดเข็มขัดนิรภัยและการขับรถเร็วเกินอัตราที่กฎหมายกำหนดอย่างเคร่งครัดโดยมีการตั้งด่านถาวรและด่านลอย |
| รถ | - | - การชนของรถเป็นลักษณะชนประสานงา<br>- มวลและค่าความแข็งแรงของโครงสร้างรถเก๋งส่วนบุคคลมีค่าน้อยกว่ารถกระบะ | - ผลักดันอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ให้รถที่ผลิตมีถุงลมนิรภัยทุกคัน |
| ถนนและสิ่งแวดล้อม | - ขณะเกิดเหตุเป็นช่วงเย็น มีฝนตกส่งผลให้ถนนลื่นและทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ดี จุดเกิดเหตุเป็นทางโค้ง มีเนินดิน วัชพืชและต้นไม้ขึ้นรกบดบังระยะการมองเห็น | - | - ควรดำเนินการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนบริเวณที่เกิดเหตุเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ก่อให้เกิดอันตรายและเสนอแนะแนวทางในการแก้ไข เช่น การปรับปรุงระยะมองเห็นในทางโค้งทั้งจากต้นไม้และเนินดิน การติดตั้งป้ายโค้งอันตราย ป้ายชะลอความเร็ว ติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างและติดตั้งแถบชะลอความเร็ว (Rumble Strips) เป็นต้น |

**ตารางที่ 2** สาเหตุของอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไขกรณีรถกระบะบรรทุก ยางระเบิดแล้วเสียหลักพลิกคว่ำ [9]

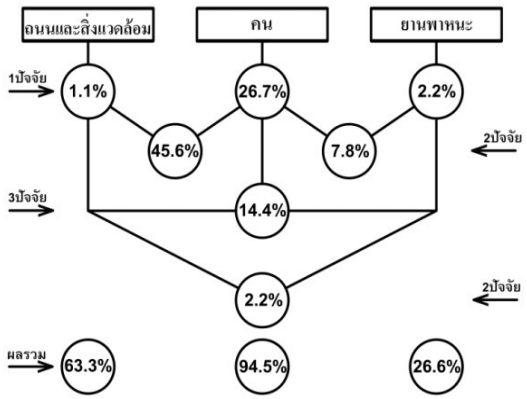
| ปัจจัย | สาเหตุของอุบัติเหตุ | สาเหตุของความรุนแรง | ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข |
|---|---|---|---|
| คน | - ความประมาทของผู้ขับขี่ที่ไม่มีการตรวจสภาพยางรถก่อนการเดินทาง | - ผู้ขับขี่ใช้เบรกขณะยางระเบิดทำให้ตัวรถเสียสมดุลมากยิ่งขึ้น | - ควรบังคับใช้กฎหมายและเคร่งครัดในการตรวจสอบสภาพรถโดยเฉพาะสภาพยางเพื่อใช้ในการต่อทะเบียน และควรมีการจัดตั้งหน่วยตรวจสภาพรถ |
| รถ | - รถกระบะใช้ยางคละรุ่น ยี่ห้อ ผลิตในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน แรงดันลมยางและขนาดของหน้ายางของแต่ละล้อมีความแตกต่างกัน<br>- รถกระบะใช้ยางที่เสื่อมสภาพ<br>- การบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัด | - โครงเหล็กหลังคาผ้าใบไม่สามารถปกป้องผู้โดยสารได้และเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บและเสียชีวิตเนื่องจากโครงเหล็กหลังคาพับลงมาขณะรถพลิกคว่ำ | - ควรเคร่งครัดในเรื่องบรรทุกน้ำหนักเกินพิกัดทั้งจำนวนผู้โดยสารและสิ่งของสัมภาระ<br>- ผลักดันการบังคับใช้กฎหมายในเรื่องของการใช้รถผิดประเภท การห้ามบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้ายที่ไม่มีการต่อเติมอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความปลอดภัย<br>- การบังคับใช้กฎหมายและเคร่งครัดในการอนุญาตให้ต่อหรือดัดแปลงในเรื่องการติดตั้งโครงหลังคาผ้าใบ โดยมีการออกข้อกำหนดและมาตรฐานของโครงหลังคาที่ชัดเจน มีการศึกษา ทดสอบ ตรวจสอบ และให้ใบอนุญาตในการติดตั้งโครงหลังคาให้แก่ผู้ผลิตที่ผ่านมาตรฐานเท่านั้น |
| ถนนและสิ่งแวดล้อม | - | - ตัวรถเสียหลักตกลงไปในร่องน้ำกลางถนนและพลิกคว่ำ | - ควรมีการติดตั้งราวกั้นอันตรายข้างทาง(Guard rail)<br>- ร่องน้ำกลางถนนควรมีการออกแบบเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้เส้นทาง โดยรถที่เสียหลักตกร่องน้ำกลางถนนสามารถกลับขึ้นมาบนผิวถนนและไม่พลิกคว่ำ |

**ตารางที่ 3** สาเหตุของอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรงและข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไขกรณีรถกระบะเสียหลักพุ่งชนต้นไม้ริมถนน [9]

| ปัจจัย | สาเหตุของอุบัติเหตุ | สาเหตุของความรุนแรง | ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข |
|---|---|---|---|
| คน | - ผู้ขับขี่มีอาการเมาสุรา<br>- ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วสูงขณะเข้าสู่ทางโค้ง<br>- ผู้ขับขี่ไม่คุ้นเคยกับการควบคุมรถยนต์ (ไม่มีใบอนุญาตขับขี่) และไม่คุ้นกับเส้นทาง | - ผู้ขับขี่และผู้โดยสารในรถไม่คาดเข็มขัดนิรภัย | - เจ้าหน้าที่ควรเคร่งครัดและเข้มงวดในการตั้งด่านตรวจเพื่อบังคับใช้กฎหมาย เช่น การขับรถขณะมึนเมา การตรวจจับความเร็วเกินกว่าความเร็วที่กฎหมายกำหนด<br>- ปลูกจิตสำนึกการเมาไม่ขับในเขตชุมชน รวมถึงการควบคุมสอดส่องดูแลอย่างใกล้ชิดโดยชุมชนและเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ<br>- ควรมีการเสนอแนะให้มีการควบคุมพื้นที่เฉพาะเพื่อการเล่นน้ำสงกรานต์ |
| รถ | - | - การบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้าย<br>- ในรถไม่มีเบาะนั่งนิรภัยสำหรับเด็ก | - เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องควรเคร่งครัดและเข้มงวดในการบังคับใช้กฎหมาย เช่น การบรรทุกผู้โดยสารเกินอัตราที่กำหนดในห้องโดยสาร การใช้ยวดยานผิดวัตถุประสงค์และเป็นอันตราย<br>- ไม่อนุญาตให้เด็กโดยสารในรถที่ไม่มีที่นั่งพิเศษและการยึดรั้งเฉพาะสำหรับเด็ก (Child Restraint) |
| ถนนและสิ่งแวดล้อม | - เส้นทางมีลักษณะเป็นทางโค้งรัศมีแคบ<br>- ผิวทางชำรุดเป็นหลุมบ่อ<br>- ไม่มีการขีดสีตีเส้นและการติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็วที่ได้มาตรฐาน<br>- ไม่มีแถบชะลอความเร็ว | - ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันการหลุดโค้งหรือราวกันตก กำแพงกันชน<br>- การที่มีวัตถุอันตรายข้างทาง | - ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจราจร เช่น ป้ายเตือนชะลอความเร็ว แถบเตือนชะลอความเร็ว และกำแพงกันชน บริเวณทางโค้งรัศมีแคบและมีระดับผิวจราจรกับพื้นดินต่างกันมาก |

### 3.2 ผลการศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ 90 กรณี

จากการศึกษากรณีอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะที่มีการประยุกต์ใช้วิธีการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกทั้ง 90 กรณี พบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือปัจจัยคน ดังแสดงในรูปที่ 7 บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่เป็นทางตรง รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่เป็นการเสียหลักและเสียหลักแล้วชนวัตถุข้างทาง ดังแสดงในตารางที่ 4 ผู้วิจัยได้รวบรวมสรุปสาเหตุของอุบัติเหตุและสาเหตุของความรุนแรงตามรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ โดยยกตัวอย่างรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุด 2 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 5-6




**รูปที่ 7** ปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการศึกษาการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ 90 กรณี [9]

**ตารางที่ 4** รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุจากการศึกษาการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ 90 กรณี [9]

| รูปแบบการเกิดอุบัติเหตุ | | จำนวนครั้ง |
|---|---|---|
| | เสียหลักและเสียหลักแล้วชนวัตถุข้างทาง | 21 |
| | ชนแบบประสานงา | 14 |
| | ชนแบบตั้งฉาก | 14 |
| | ชนท้าย | 11 |
| | รถไฟชน | 11 |
| | ชนรถที่จอดอยู่ | 5 |
| | ชนรถที่เสียหลัก | 4 |
| | เปลี่ยนช่องจราจรแล้วชน | 4 |
| | ตัดหน้ากระชั้นชิด | 3 |
| | อื่นๆ | 3 |

### 3.3 แนวทางแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุรถกระบะจากการศึกษาการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ 90 กรณี

จากแผนทศวรรษความปลอดภัยทางถนนขององค์การสหประชาชาติได้เรียกร้องให้ประเทศสมาชิก (รวมถึงประเทศไทย) ดำเนินการตามกรอบปฏิญญามอสโก โดยกำหนดให้ พ.ศ. 2554 – 2563 เป็นทศวรรษแห่งการปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัยทางถนน ซึ่งมีการนำเสนอแนวทาง 5 เสาหลัก [28] เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุจราจร โดยมีสาระสำคัญได้แก่ เสาหลักที่ 1 การสร้างความสามารถในการบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Management) เสาหลักที่ 2 ถนนและการสัญจรอย่างปลอดภัย (Safer Roads and Mobility) เสาหลักที่ 3 ยานพาหนะที่ปลอดภัย (Safer Vehicles) เสาหลักที่ 4 ผู้ใช้รถใช้ถนนอย่างปลอดภัย (Safer Road Users) และเสาหลักที่ 5 การตอบสนองหลังการเกิดอุบัติเหตุ (Post Crash Response) เมื่อพิจารณาปัญหาอุบัติเหตุที่เกิดกับรถกระบะและแนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรตามกรอบ 5 เสาหลัก ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อเสนอแนะจากการศึกษาเพื่อลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะที่มีการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกในประเทศไทย รวมทั้งสิ้น 90 กรณี จากโครงการศึกษาและพัฒนาตัวแบบหน่วยสืบสวนอุบัติเหตุจากการขนส่งและจราจร ปี พ.ศ. 2549 ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม จากโครงการศึกษาประยุกต์ใช้ตัวแบบหน่วยสืบสวนอุบัติเหตุจากการขนส่งและจราจรเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติ ปี พ.ศ. 2551 ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม จากโครงการศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทยเพื่อพัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนน ปี พ.ศ. 2552 ของศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย และจากโครงการวิจัยการสืบสวนเชิงลึกสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากการขนส่งและจราจร ปี พ.ศ. 2554 ของกองทุนเพื่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน โดยเสนอในรูปแบบของ 5 เสาหลัก ดังแสดงในตารางที่ 7

**ตารางที่ 5** สาเหตุของอุบัติเหตุกรณีเสียหลักและเสียหลักแล้วชนวัตถุข้างทาง [9]

| ปัจจัย | สาเหตุของอุบัติเหตุ | สาเหตุความรุนแรง | ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข |
|---|---|---|---|
| คน | - สภาพร่างกายไม่พร้อมในการขับขี่ เช่น ง่วงนอน อ่อนเพลีย หลับใน<br>- การมองเห็นของผู้ขับขี่ไม่ปกติ<br>- ผู้ขับขี่มีการดื่มแอลกอฮอล์<br>- ผู้ขับขี่รถกระบะยังไม่มีความชำนาญในการขับขี่ที่เพียงพอ<br>- ใช้ความเร็วสูงเกินไป<br>- ความบกพร่องในการควบคุมรถ เช่น เข้าโค้งลึกกว่ารัศมีโค้ง แซงโดยใช้ไหล่ทางและขอบทาง การใช้เบรกมากเกินไปในการวิ่งลงเขา | - ผู้ขับขี่และผู้โดยสารไม่คาดเข็มขัดนิรภัย<br>- การโดยสารที่นั่งเบียดกันในห้องโดยสาร เมื่อเกิดการชนทำให้ผู้โดยสารกระแทกกับเบาะ คอนโซน | - ควรมีที่พักรถแก่ผู้ขับขี่เมื่อต้องการพักรถตลอดตามแนวเส้นทาง<br>- รณรงค์ในเรื่องการขับขี่ที่ปลอดภัย ง่วงไม่ขับ เมาไม่ขับ ใช้เข็มขัดนิรภัย การบรรทุกผู้โดยสารเกินกำหนด<br>- ควรพิจารณาการออกและต่อใบอนุญาตขับขี่ให้เฉพาะผู้ที่มีทักษะ ความพร้อม มีความสามารถในการรับรู้ที่ปกติอย่างเคร่งครัด<br>- เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องควรเคร่งครัดในเรื่อง การตรวจจับความเร็ว การขับรถขณะมึนเมาและการใช้เข็มขัดนิรภัย |
| รถ | - ยางระเบิด ยางเสื่อมสภาพ ความดันลมยางไม่เหมาะสม ใช้ขนาดยางไม่เหมาะสม<br>- บรรทุกน้ำหนักเกิน<br>- ระบบเบรกชำรุด | - มีการบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้าย<br>- การพลิกคว่ำของรถหลังจากพุ่งชนเกาะกลางถนน<br>- รถมีการติดตั้งถุงลมนิรภัย แต่ถุงลมนิรภัยไม่ทำงาน<br>- วัสดุตกแต่งภายในรถสามารถทำอันตรายต่อผู้โดยสารภายในได้ | - เข้มงวดในการตรวจสอบสภาพรถเพื่อต่อทะเบียน<br>- บังคับหรือออกกฎหมายห้ามการบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้าย<br>- เข้มงวดการบังคับใช้กฎหมายในเรื่อง การบรรทุกผู้โดยสารเกินอัตรา<br>- พิจารณาการออกแบบเกาะกลางถนนเพื่อไม่ให้รถที่ชนเสียหลักพลิกคว่ำ<br>- ผู้ผลิตรถควรมีการพิจารณาระบบการทำงานของถุงลมนิรภัยและควรมีการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับวัสดุตกแต่งภายในรถที่เป็นอันตรายต่อผู้โดยสารภายใน |
| ถนนและสิ่งแวดล้อม | สภาพพื้นผิวจราจร เช่น ผิวทางขรุขระ ชำรุดและมีน้ำขัง<br>สภาพทางเรขาคณิต เช่น ทางตรงหลายกิโลเมตรแล้วเป็นทางโค้งส่งผลให้ผู้ขับขี่หลับในได้ง่าย ไหล่ทางและข้างทางมีความต่างระดับกันมาก รอยต่อระหว่างทางโค้งและทางตรงมีความต่างระดับ เส้นทางมีความคดเคี้ยวลาดชัน ถนนเป็นลักษณะหลายช่องจราจรเอื้อให้ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วสูง<br>การควบคุมจราจร เช่น การขีดสีดีเส้นเลื่อนราง ไม่มีป้ายเตือนทางโค้ง ทางโค้งขาดอุปกรณ์นำทาง ไม่มีแถบชะลอความเร็ว<br>ข้างทางมีวัตถุอันตราย เช่น มีการก่อสร้างบริเวณข้างทาง มีต้นไม้ใหญ่อยู่ในเขตปลอดภัย<br>สภาพแวดล้อม เช่น มีต้นไม้บดบังระยะมองเห็นในทางโค้ง ไฟส่องสว่างชำรุดหรือไม่เพียงพอ | - การที่รถตกลงในรางระบายน้ำแต่ไม่สามารถควบคุมรถให้กลับมาบนถนนได้<br>- อุปกรณ์กั้นข้างทางไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ<br>- บริเวณจุดเกิดเหตุมีต้นไม้ขนาดใหญ่ในพื้นที่ปลอดภัย (Clear Zone)<br>- พื้นที่ข้างทางมีความชันมากแต่ไม่มีอุปกรณ์ความปลอดภัยติดตั้งไว้<br>- รถตกลงไปในบ่อน้ำบริเวณข้างทางทำให้การช่วยเหลือทำได้ยาก | - ปรับปรุงซ่อมแซมแก้ไข เส้นขอบทาง เครื่องหมายจราจร ไฟส่องสว่าง พื้นผิวจราจรที่ชำรุดและควรมีกำหนดการที่แน่นอนในการบำรุงรักษา<br>- หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการพิจารณาตรวจสอบความแข็งแรงของราวกั้นข้างทาง<br>- พิจารณาการออกแบบรางระบายน้ำข้างทางเพื่อให้รถที่ตกลงไปสามารถบังคับให้รถกลับขึ้นมาและวิ่งต่อไปได้<br>- ติดตั้ง Rumble Strip เพื่อเตือนผู้ขับขี่ให้มีความตื่นตัวเพื่อป้องกันการหลับใน<br>- บริเวณที่เป็นทางโค้งควรมีการติดตั้งอุปกรณ์เตือนทางโค้ง ป้ายเตือนชะลอความเร็ว แถบเตือนชะลอความเร็ว อุปกรณ์นำทาง ราวกันตกและไฟส่องสว่าง<br>- ไม่ควรมีต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 10 ซม. อยู่บริเวณข้างทาง (Clear Zone)<br>- ควรมีการติดตั้งราวกันอันตรายในบริเวณข้างทางที่มีแหล่งน้ำหรือมีความลาดชันมาก<br>- กำจัดวัชพืช ต้มไม้ไม่ให้บดบังระยะการมองเห็นทั้งทางโค้งและทางแยก |

**ตารางที่ 6** สาเหตุของอุบัติเหตุกรณีชนแบบประสานงา [9]

| ปัจจัย | สาเหตุของอุบัติเหตุ | สาเหตุความรุนแรง | ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข |
|---|---|---|---|
| คน | - ผู้ขับขี่ขับรถด้วยความเร็ว<br>- ใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับขี่<br>- สภาพร่างกายไม่พร้อมในการขับขี่ เช่น ง่วงนอน อ่อนเพลีย หลับใน<br>- ผู้ขับขี่มีการดื่มแอลกอฮอล์<br>- ผู้ขับขี่รถกระบะยังไม่มีความชำนาญในการขับขี่ที่เพียงพอ | - ผู้ขับขี่และผู้โดยสารไม่ได้คาดเข็มขัดนิรภัย | - ควรมีการลดความเร็วก่อนเข้าโค้งโดยติดป้ายโค้งอันตราย ป้ายจำกัดความเร็วและเส้นชะล้อความเร็ว (Rumble Strip)<br>- รณรงค์ในเรื่องการใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับขี่ ง่วงไม่ขับ เมาไม่ขับ<br>- ควรมีที่พักรถแก่ผู้ขับขี่เมื่อต้องการพักรถตลอดตามแนวเส้นทาง<br>- เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องควรเคร่งครัดในเรื่องการขับรถขณะมึนเมา<br>- ควรพิจารณาการออกและต่อใบอนุญาตขับขี่ให้เฉพาะผู้ที่มีทักษะ ความพร้อม มีความสามารถในการรับรู้ที่ปกติอย่างเคร่งครัด |
| รถ | - ยางระเบิด<br>- แสงไฟหน้ามีค่ามุมกดต่ำกว่าปกติ ส่งผลต่อระยะการมองเห็น | - มีการบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้าย<br>- ระดับความสูงกันชนของรถทั้งสองคันที่ต่างกัน<br>- ตัวรถเกิดไฟไหม้หลังจากการชน<br>- วัสดุตกแต่งภายในรถสามารถทำอันตรายต่อผู้โดยสารภายในได้ | - เข้มงวดในการตรวจสอบสภาพรถเพื่อต่อทะเบียน<br>- ควรมีการออกกฎหมายห้ามมีการบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้าย<br>- หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการพิจารณาปัญหาเกี่ยวกับความแข็งแรงของรถ 2 ชนิด ที่มีมวลและมีระดับความสูงต่างกัน และเมื่อรถเกิดอุบัติเหตุทำอย่างไรถึงจะไม่ทำให้เกิดไฟลุกไหม้<br>- ผู้ผลิตรถควรมีการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับวัสดุตกแต่งภายในรถที่เป็นอันตรายต่อผู้โดยสารภายใน |

**ตารางที่ 6** สาเหตุของอุบัติเหตุกรณีชนแบบประสานงา [9] (ต่อ)

| ปัจจัย | สาเหตุของอุบัติเหตุ | สาเหตุความรุนแรง | ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข |
|---|---|---|---|
| ถนนและสิ่งแวดล้อม | สภาพทางเรขาคณิต เช่น เป็นทางตรงหลายกิโลเมตรแล้วเป็นทางโค้งส่งผลให้ผู้ขับขี่หลับในได้ง่าย ทางแยกเป็นมุมแหลมทำให้ผู้ขับขี่เผลอเลี้ยวขวาย้อนศร ทางโค้งมีรัศมีแคบ<br>การควบคุมจราจร เช่น การขีดสีตีเส้นบนผิวจราจรเลือนรางไม่ชัดเจน<br>สภาพแวดล้อม เช่น ระยะมองเห็นถูกจำกัดด้วย พุ่มไม้ ต้นไม้ และเนินดิน ข้างทางเป็นร่องระบายน้ำเมื่อรถตกลงไปทำให้พลิกตระแครงข้าง ไม่มีไฟส่องสว่างในเวลากลางคืน พื้นผิวถนนลื่นเนื่องจากเป็นเวลาหลังฝนตก<br>สภาพพื้นผิวจราจร เช่น ผิวทางขรุขระ ชำรุด | - | - ติดตั้ง Rumble Strip เพื่อเตือนผู้ขับขี่ให้มีความตื่นตัวเพื่อป้องกันการหลับใน<br>- ในการออกแบบ ก่อสร้างทางควรจะทำในลักษณะที่ช่วยให้ผู้ใช้รถใช้ถนนตัดสินใจขับขี่ได้ถูกต้อง หรือช่วยป้องกันไม่ให้ผู้ขับขี่ปฏิบัติผิดพลาด<br>- บำรุงรักษาให้เส้นขอบทางเห็นได้ชัดเจนตลอดเวลา<br>- ควรตัดพุ่มไม้และต้นไม้ ออกเพื่อเพิ่มระยะมองเห็น<br>- ควรมีการติดตั้งระบบไฟส่องสว่างโดยมีกำหนดตรวจซ่อมที่แน่นอน<br>- ซ่อมแซมผิวจราจรที่ชำรุดและควรมีกำหนดตรวจซ่อมที่แน่นอน |

**ตารางที่ 7** แผนปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถกระบะ [9]

| เสาหลัก | ข้อเสนอแนะจากการศึกษา | แผนปฏิบัติการที่เสนอแนะ |
|---|---|---|
| การสร้างความสามารถในการบริหารจัดการความปลอดภัยทางถนน | - พัฒนาระบบฐานข้อมูลสถิติอุบัติเหตุทางถนนที่มีประสิทธิภาพ<br>- ภาครัฐควรสนับสนุนการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกโดยเน้นอุบัติเหตุทางถนนที่รุนแรงและเป็นที่น่าสนใจของสาธารณะชน | - พัฒนาระบบฐานข้อมูลสถิติอุบัติเหตุทางถนนที่มีประสิทธิภาพ<br>- ภาครัฐควรสนับสนุนการสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึกโดยเน้นอุบัติเหตุทางถนนที่รุนแรงและเป็นที่น่าสนใจของสาธารณะชน |
| ถนนและการสัญจรอย่างปลอดภัย | สภาพพื้นผิวจราจร<br>- ปรับปรุงซ่อมแซมแก้ไขพื้นผิวจราจร ในจุดที่ชำรุดและควรมีระยะเวลาที่แน่นอนในการตรวจซ่อมบำรุงรักษา<br>สภาพทางเรขาคณิต<br>- ในการออกแบบ ก่อสร้างทางควรจะทำในลักษณะที่ช่วยให้ผู้ใช้รถใช้ถนนตัดสินใจขับขี่ได้ถูกต้อง หรือช่วยป้องกันไม่ให้ผู้ขับขี่ปฏิบัติผิดพลาด<br>การควบคุมการจราจร<br>- ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเตือนผู้ขับขี่ให้มีประสิทธิภาพ เช่น ป้ายชะลอ/ลดความเร็ว ป้ายทางแยกให้มีความเหมาะสมในทุกๆเส้นทาง<br>- ติดตั้ง Centerline Rumble Strip เพิ่มเติมในเส้นทางที่มีการใช้ความเร็วสูงเพื่อคอยเตือนผู้ขับขี่ไม่ให้ล้ำเข้าไปในช่องจราจรฝั่งตรงข้าม<br>- ปรับปรุงซ่อมแซมแก้ไขเส้นขอบทาง ไฟส่องสว่าง สัญญาณไฟจราจร ในจุดที่ชำรุดและควรมีระยะเวลาที่แน่นอนในการตรวจซ่อมบำรุงรักษา<br>สภาพอันตรายข้างทาง<br>- พิจารณาติดตั้งราวกั้นอันตรายข้างทางในจุดที่มีความเสี่ยง<br>- ดำเนินการปรับปรุงเกี่ยวกับเขตปลอดภัยริมถนน (Clear Zone) โดยไม่ควรมีวัตถุอันตรายหรือต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 10 ซม. อยู่บริเวณข้างทาง<br>- ในที่ที่มีประวัติอุบัติเหตุรถตกถนนข้างทางบ่อยควรพิจารณาความเหมาะสมในการใช้กำแพงคอนกรีตที่สูงกว่าปกติ(Barrier)<br>สภาพแวดล้อม<br>- กำจัดวัชพืช ต้นไม้หรือป้ายโฆษณาไม่ให้บดบังระยะการมองเห็นในทุกๆทางโค้งและทางแยก<br>- ออกกฎหมายจับ/ปรับป้ายโฆษณาที่ติดตั้งบริเวณข้างทาง | - ส่งเสริมสภาพการใช้งานและการบำรุงรักษาถนนที่ปลอดภัย<br>- ทบทวนการจัดสรรงบประมาณสำหรับการก่อสร้าง/บำรุงรักษาถนน ให้เหมาะสมและเพียงพอต่อการรับประกันความปลอดภัยของถนนที่ได้มาตรฐานสากล<br>- ตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนบนโครงข่ายถนนสายหลักและทางหลวงสายอาเซียน<br>- แก้ไขจุดอันตรายบนโครงข่ายถนนสายหลักและทางหลวงสายอาเซียน<br>- ส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพและการถ่ายทอดความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนนโดยการจัดการอบรมการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนและการแก้ไขจุดอันตราย<br>- ประยุกต์ใช้การยับยั้งการจราจรที่เหมาะสมกับถนนทุกประเภท<br>- ปรับปรุงถนนหลายช่องจราจรที่แบ่งทิศทางกระแสจราจรโดยใช้เกาะสีโดยการก่อสร้างเกาะจริง<br>- ปรับปรุงการออกแบบระบบโครงสร้างพื้นฐานทางถนนที่แยกยานพาหนะที่มีขนาดเล็กและเคลื่อนตัวช้าออกจากยานพาหนะที่มีขนาดใหญ่และเคลื่อนตัวได้เร็ว<br>- กำหนดกฎหมายขีดจำกัดความเร็วที่ปลอดภัยในพื้นที่ในเมืองและนอกเมือง<br>- พัฒนาระบบถนนจำแนกลำดับชั้นการใช้งานของถนนและเน้นหนักด้านความปลอดภัย<br>- จัดการความปลอดภัยบริเวณข้างทาง<br>- ปรับปรุงการออกแบบถนนที่ปลอดภัยสำหรับผู้ใช้รถใช้ถนนทุกประเภท |

| เสาหลัก | ข้อเสนอแนะจากการศึกษา | แผนปฏิบัติการที่เสนอแนะ |
|---|---|---|
| ยานพาหนะที่ปลอดภัย | <u>การตรวจสภาพรถ</u><br>- ควรมีการสุ่มตรวจสภาพรถอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะรถที่มีอายุการใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน<br>- กวดขันจับกุมยานพาหนะที่มีการดัดแปลงต่อเติมอุปกรณ์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อความไม่ปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน<br>- ควรมีการเข้มงวดกวดขันในการตรวจสอบสภาพรถเพื่อต่อทะเบียน<br>- ควรมีการจัดตั้งหน่วยตรวจสภาพรถเคลื่อนที่ | - เข้มงวดในการตรวจสภาพยานพาหนะประเภทต่างๆ และเคร่งครัดการตั้งจุดตรวจสภาพยานพาหนะประเภทต่างๆ โดยเฉพาะรถโดยสารสาธารณะบนโครงข่ายถนนสายหลักและทางหลวงสายอาเซียน<br>- แก้ไขกฎหมายที่สำคัญด้านการขนส่งทางบกและการตรวจสอบสภาพรถ และปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบสภาพรถ<br>- การจัดระเบียบรถโดยสารสาธารณะเพื่อความปลอดภัยในการให้บริการ<br>- ตั้งจุดตรวจความพร้อมของรถโดยสารสาธารณะและพนักงานขับรถทั่วประเทศ<br>- พัฒนาแผนการปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะ<br>- จัดระเบียบรถโดยสารสาธารณะและส่งเสริมการใช้รถโรงเรียนเพื่อความปลอดภัย |
| | <u>การโดยสารที่กระบะท้าย</u><br>- หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเข้มงวดในการตรวจจับรถที่มีการบรรทุกเกินอัตรา เช่น มีการตั้งด่านถาวรและด่านลอย<br>- สำนักงานขนส่งควรให้รถสองแถวมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริมด้านความปลอดภัยแก่ผู้โดยสารที่กระบะท้าย<br>- ควรมีการบังคับหรือออกกฎหมายห้ามไม่ให้มีการบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้ายโดยไม่มีอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่ได้มาตรฐาน<br>- ควรทบทวนวิธีปฏิบัติที่ใช้รถกระบะในการขนส่งนักเรียน<br>- ควรเปลี่ยนรูปแบบของรถโดยสารที่ดัดแปลงมาจากรถกระบะให้เป็นลักษณะของรถโดยสาร | |
| | - ในการผลิตรถบรรทุกและรถพ่วงควรจะติดตั้งอุปกรณ์ที่ท้ายรถเพื่อป้องกันไม่ให้รถที่มีขนาดเล็กกว่าสามารถมุดเข้าไปใต้รถเมื่อมีการชนเกิดขึ้น | |
| ผู้ใช้รถใช้ถนนอย่างปลอดภัย | - ควรมีการรณรงค์ จัดอบรมให้ความรู้ ปลูกฝังจิตสำนึกให้ผู้ขับขี่รู้จักวิธีขับขี่ปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง เช่น การใช้เข็มขัดนิรภัย การใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับขี่ ความสำคัญของยางรถต่อความปลอดภัยในการขับขี่ ง่วงไม่ขับและอันตรายจากเมาแล้วขับ<br>- ควรเข้มงวดในเรื่องการตรวจจับผู้ทำผิดกฎจราจร เช่น เมาแล้วขับ ใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับขี่ ไม่คาดเข็มขัดนิรภัยโดยมีการตั้งด่านถาวรและด่านลอยเพิ่ม และเพิ่มการตรวจจับด้วยการติดตั้งกล้อง Speed Camera และ Red light Camera<br>- ควรมีเจ้าหน้าที่ตรวจจับและมีที่พักรถแก่ผู้ขับขี่เมื่อมีอาการง่วงนอนหรือต้องการพักรถ เป็นระยะตลอดตามแนวเส้นทาง<br>- ควรพิจารณามาตรการออกและต่อใบอนุญาตขับขี่ให้เฉพาะผู้ที่มีความพร้อม ความชำนาญและประสาทการรับรู้ที่ปกติอย่างเคร่งครัด<br>- ควรมีการบังคับหรือออกกฎหมายห้ามไม่ให้มีการบรรทุกผู้โดยสารที่กระบะท้าย | - ส่งเสริมการให้ความรู้ การรณรงค์และการประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างความตระหนักด้านความปลอดภัยทางถนนแก่ผู้ใช้รถใช้ถนนทุกกลุ่มโดยเฉพาะผู้ขับขี่รถโดยสารสาธารณะ<br>- เคร่งครัดในการบังคับใช้กฎหมายด้านความปลอดภัยทางถนน อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะกฎหมายการขับขี่ด้วยความเร็วเกินกว่าอัตราที่กฎหมายกำหนด กฎหมายเกี่ยวกับโทษของผู้ขับขี่ขณะเมาสุรา กฎหมายควบคุมเกี่ยวกับการคาดเข็มขัดนิรภัยและการสวมหมวกนิรภัย โดยเน้นหนักที่ยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์และรถโดยสารสาธารณะ<br>- บรรจุการศึกษาด้านความปลอดภัยทางถนนในหลักสูตรการศึกษาระดับโรงเรียน<br>- ปรับปรุงกระบวนการสอบเพื่อขอใบขับขี่โดยการใช้ระบบการออกใบอนุญาตขับรถอย่างเป็นขั้นตอน<br>- เพิ่มบทลงโทษสำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยบนท้องถนน<br>- กำหนดมาตรการที่จะกำกับมาตรฐานของพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะ เช่น เกณฑ์คัดเลือกคนขับและการกำกับติดตามพฤติกรรมเสี่ยง |
| การตอบสนองหลังการเกิดอุบัติเหตุ | - ควรผลักดันการพัฒนาระบบดูแลผู้ประสบอุบัติเหตุทางถนนก่อนถึงโรงพยาบาลที่ได้มาตรฐานและมีประสิทธิภาพ<br>- ควรมีมาตรการเพื่อให้หน่วยงานและผู้ที่เกี่ยวข้องให้การชดเชยเยียวยาแก่ผู้ประสบภัยจากอุบัติเหตุทางถนน | - ควรผลักดันการพัฒนาระบบดูแลผู้ประสบอุบัติเหตุทางถนนก่อนถึงโรงพยาบาลที่ได้มาตรฐานและมีประสิทธิภาพ<br>- ควรมีมาตรการเพื่อให้หน่วยงานและผู้ที่เกี่ยวข้องให้การชดเชยเยียวยาแก่ผู้ประสบภัยจากอุบัติเหตุทางถนน |

# Queue Length Estimation for Adaptive Traffic Signal Control Based on Traffic Information Collected from GPS Probe Data

Paper Identification number: **AYRF 15-056**

Napon SRISAKDA[1], Atsushi FUKUDA[2], Tetsuhiro ISHIZAKA[3]

[1]Graduate school of Science and Technology
Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax. +81-47-469-5355
E-mail: napon.pon87@gmail.com

[2,3] College of Science and Technology
Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax. +81-47-469-5355
E-mail: [2] fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp, [3]ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp

## Abstract

Queue lengths are the performance measures for traffic signal control, and can be estimated using traffic data from detectors. However, particularly in Bangkok, these devices, which are mostly installed near the intersections, could not cover the actual queue length by limitation of amount of detectors and traffic congestion. For better adaptive signal control, queue length estimation and reliability of its data are necessary. Therefore, queue length estimation based on GPS probe data collected from taxis instead of traffic detectors is proposed in this study. Probe data was collected from taxis, and at least one arterial section was selected as the study site. Trajectories of each probe vehicle were plotted into time-space diagram. To verify reliability of probe trajectories, actual growth of queues and observed traffic signal timings were collected. Then, growth of actual queues was compared with queues predicted by probe trajectories in each cycle time by error identification. Verification methods included (1) time error when probe trajectories stopped at the queue, (2) moved from the queue, and (3) error from stopping position of them. Wilcoxon Signed-Rank Test was used as the statistic tools for reliability examination of 3 methods. After probe trajectories were proven in reliability, the maximum queue length in each cycle time was estimated based on stopping positions of probe trajectories by creating the new slope of shockwaves and virtual probe trajectory. Reliability of the maximum length queue estimation was examined by Mean Average Percentage Error (MAPE). As a result, probe data could well reflect the trajectory according to traffic flow theory. By using Wilcoxon Signed-Rank Test, time error of probe trajectories in all cases provided satisfactory results from error examinations in all cycle times. The maximum queue length estimation result, compared to actual queues (MAPE = 18.6), could be obtained in this study.

**Keywords:** Queue Length, GPS Probe Data, Shockwaves, Virtual Probe Trajectory

## 1. Background

Queue length detection on signalized intersections has importance in (1) real-time traffic condition report which can reflect level of service, (2) basic data for road network planning and design, and (3) traffic control management.

Especially, for traffic control management, metropolitan like Bangkok has encountered traffic congestion for a long time. One reason of traffic congestion is inappropriate signal control at the main intersections which were controlled by a traffic policeman sometimes. To solve this problem, the idea of installation of adaptive signal control system has been proposed in many studies. However, traffic information from many detectors is necessary to operate in adaptive signal control System effectively and, it is difficult to install them due to limitations of area and cost.

Thus, we have another idea to use traffic information by using probe vehicles in order to know traffic situation near intersections. Moreover, traffic information from probe has already been commercialized in Bangkok, but it is provided only average travel speed on road segments. Therefore, queue length estimation based on the location of probe data will be used for monitoring information for adaptive signal control; however, reliability of

queue length estimation are necessary to prove before approaching to adaptive signal control process.

To control traffic in saturation of traffic congestion, oversaturation flow, which affect queue spillover at the upstream, should be controlled because traffic signal is so difficult to control in this situation. As a result, traffic signal could be efficient operation by minimizing delay in each direction in one intersection by providing fairness of green time in each direction.

Therefore, the objective in this study will focus on queue length estimation for adaptive traffic signal control based on traffic information collected from GPS probe data.

## 2. Literature Review

### 2.1 Queue Length Estimation

Queue length could be estimated by using basic traffic data including traffic flow, speed, and density from traffic detectors or sensors. Then, queue length is calculated by applying traffic flow theory such as cumulative plot approach and shockwave analysis.

There is literature on queue length estimation which employed raw traffic data from on-road detectors [1], [2], [3]; however, detectors have limitations to collect traffic data, especially queue spillover because of traffic congestion, bad weather condition, and high cost installation and maintenance [4]. Such an example is often seen in a developing city, particularly in Bangkok. Because of the limitations of budget, only one sensor is available per section, which is not sufficient.

Moreover, the actual queue length could not be covered by sensors due to the traffic congestion. Although, the Royal Thai Police have installed a traffic detection system in Bangkok, and traffic data have been collected and processed at the Traffic Command and Control Center by image processing cameras at 152 locations throughout the road network in Bangkok (43 intersections), most of the queue lengths from sensors are shorter than the real queues in most of the intersections, and collected queue length data is aggregated into a long time period (> 5 minutes) [5].

Therefore, the accurate queue length detection reflecting the dynamic characteristics of traffic is not available.

### 2.2 Probe Data Technology

Probe vehicle data is an alternative source of high quality data to existing technologies. It is able to improve safety, efficiency and reliability of the transportation system; as a result, it has importance in the development of new Intelligent Transportation Systems (ITS) [4]. Probe vehicles could collect real-time traffic data by locating the vehicle via mobile phones or GPS over the entire road network. Traffic data such as vehicle location, speed and direction of travel are sent to a central processing centre. After being collected and extracted, it could be redistributed to the drivers for traffic condition information and transportation organizations for traffic control and management.

There is research related to contribution of probe vehicle data for traffic condition reports and management [6], [7], [8] but, regarding these previous studies, they only focused on the speed of probe data for travel time estimation, and probe vehicles were tracked only 2 positions (Input and Output) and used for accuracy check. As a result, they did not focus on the change of position of probe vehicles for queue length estimation.

Regarding queue length estimation based on probe data, although Comert and Cetin [9] studied probe vehicles in the proportion of probes and growth models using the last position of probes in queue to estimate queue length, sufficient probe data is needed and some input data must be known such as traffic flow, or traffic signal.

Therefore, this study proposed to estimate queue length based on probe data collected from many vehicles instead of using traffic detectors or sensors in Bangkok. The changing position of each probe vehicle moving on the selected section was focused in this study by using time-space diagram. Then, the result of probe movement was verified and proved with the observed traffic data.

## 3. Probe Data and Study Site

Probe data in this study was obtained from many probe vehicles installed with GPS, which could identify the position. Since probe data operates in every section in Bangkok area, at least one section was necessary to select for data analysis. Consequently, Asoke Montri Section between Asoke Sukhumvit and Asoke Phetchaburi intersection was selected as the study site, as shown in Figure 2. This section is 1,400 meters in length with 2 lanes in each direction. The data was collected on 22nd October 2013 during 15:00-16:30 in the afternoon both in northbound and southbound directions.

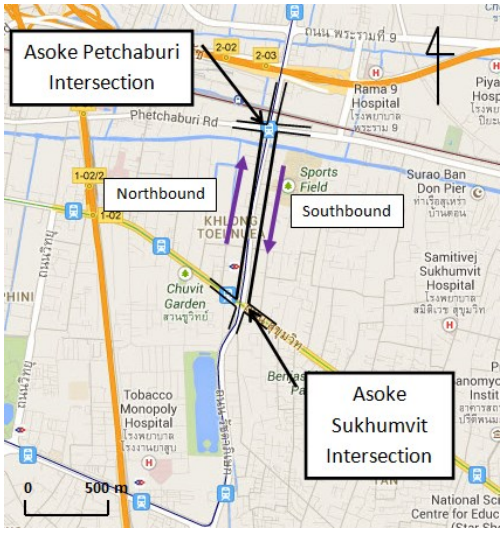



**Fig. 1** Study Site

## 4. Time-space Diagrams

### 4.1 Probe Trajectories

In traffic flow theory, time-space diagram is a basic method to explain the trajectory of vehicles in the relationship between distance (Y-Axis) and time (X-Axis). In this study, position changing of probe vehicles in 5 second intervals was able to be plotted into the time-space diagram, which could identify 3 stages of changing, including approaching to, stopping in, and moving from the queue, as shown in Figure 2.

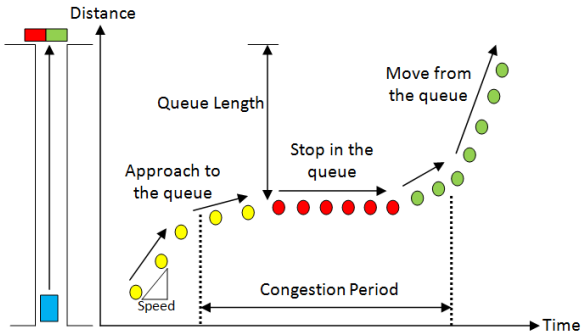



**Fig. 2** Position changing of probe vehicle in Time-space diagram

### 4.2 Observed Traffic Data

After probe trajectories had already plotted, to verify reliability of probe trajectories, observed traffic data including actual growth of queues and traffic signal timings were collected. Then, growth of actual queues was compared with queues predicted by probe trajectories in each cycle time.

Growth of actual queues can be explained in the theory of shockwave phenomenon [10]. When the traffic stage changes from moving to stopping caused by the red signal, growth shockwave of queue occurs. On the other hand, when it changes from stopping to moving caused by the green signal, dissipation shockwave occurs.

Actual queues would be efficient data if queue length could thoroughly be observed all the time. However, this study could not observe whole queue phenomenon due to limitation of video camera installation (only one point observation in each direction). Therefore, in each cycle time, growth rates of queues were necessary for obtaining representative rate.

### 4.3 Results of Time-space Diagrams

Shockwave values from green signals (Dissipation Shockwave) in all cycle times were not different, which were around 5.4-5.6 m/s both in northbound and southbound directions. On the other hand, during red signals, since different results from traffic volume and vehicle speed were obtained at that period, shockwave values were different in each cycle time**.**

Regarding the average shockwave value from the red signal (Growth Shockwave), northbound direction (5.4 km/hr) is higher than southbound direction (2.6 km/hr), although traffic flow rates in each direction are not different. This is because in northbound direction has only 4 lanes (2 storage lanes); whereas in southbound direction has 6 lanes (4 storage lanes). As a result, shockwave values in southbound direction are decelerated due to lane sharing.

Time-space diagram showing the selected trajectories of probe vehicles could be shown in Figure 3 in Northbound direction (during 15:20-15:38), on 22nd October 2013.

By time-space diagram results, when probe trajectories approached queues, they could stop after growth shockwave line and move out from the intersection after dissipation shockwave lines. However, detail of probe movement when passing the intersection or stopping at queue length could not be readily seen, and queue length estimation was not focused upon. Consequently, stopping of probe vehicles at the queue was verified for reliable examination by observed traffic data which will be shown in the next section.

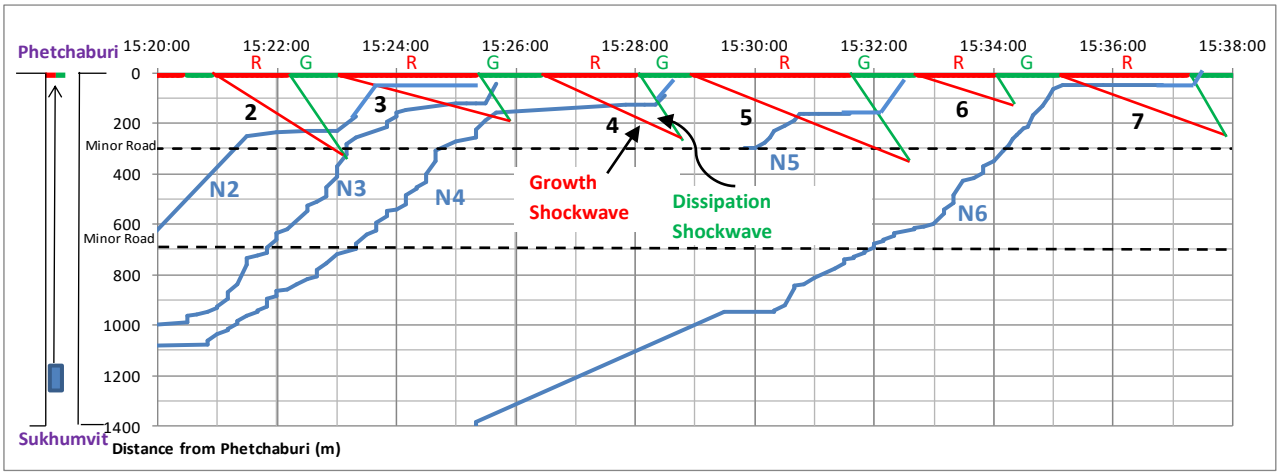



**Fig. 3** Time-space diagram showing probe trajectories in northbound direction

## 5. Reliability of Probe Trajectories

To verify reliability of probe trajectories, growth of actual queues was compared with queues predicted by probe trajectories in each cycle time by error identification. Verification methods included (1) time error when probe trajectories stopped at the queue, (2) moved from the queue, and (3) error from stopping position of them compared to possible queue length from shockwave data.

Reliability of every probe trajectories stopping at queue length in each cycle time were examined, as shown in examples in Figure 4 (Northbound). An example during 15:09-15:12 at cycle time No.1, probe vehicle No.N1 in Figure 4 comes from Asoke Sukhumvit intersection heading for Asoke Phetchaburi intersection. It approaches congestion period (Speed < 20 km/hr) after 15:09:40. When it approaches the queue, it stops after the growth shockwave line at 10 seconds. So, there is an error from the possible queue position around 30 m. Moreover, it moves out from the queue after the dissipation shockwave line at 15 seconds.

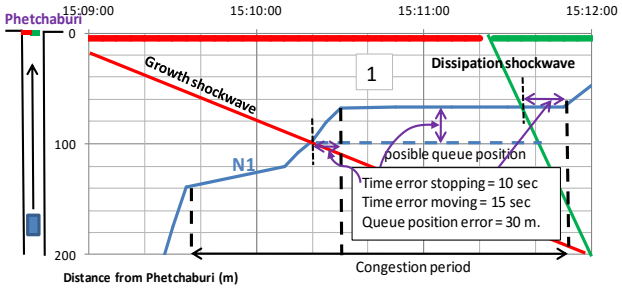



**Fig. 4** An example of verification result of probe vehicle (Northbound)

For the results of all probe trajectories detected, the average error of time stopping at the queue and moving from the queue is equal to 10 and 16 seconds, respectively, and the average error of stopping position equals 19 m. However, average values could not be judged and explained that these results were quite close to the observation. Consequently, non-parametric statistic was used for reliability judgment.

In non-parametric statistic, Wilcoxon Signed-Rank Test [11] is a method which makes use only of the plus and minus signs of the differences between the observations and the median. Then, Frank Wilcoxon invented a test procedure that uses both direction (sign) and magnitude.

Each error value in each cycle time was considered in this method. Firstly, hypothesis ($H_0$) was specified as median of error equal to expected median which the time that shockwave lines passed. Secondly, the difference between error and expected median was calculated as shown in equation (1).

$$D_i = X_i - M_0 \quad (1)$$

Where $D_i$ = Different value (could be +, or -)
$X_i$ = Error median
$M_0$ = Expected value = 0

Then, each different value was ordered from the lowest to the highest by using absolute value, and was separated into the group of positive and negative values. After that, order values in each group were summarized. Lastly, between positive and negative group, the minimum summary was selected to compare with the critical value of Wilcoxon Signed-Rank Test. If summary value was greater than the critical value, that means the summary value was not significantly different (Accept $H_0$). Table 1

summarized the results of Wilcoxon Signed-Rank Test in each case.

**Table 1** Error reliability examination by using Wilcoxon Signed-Rank Test

| Tested Data (Amount of data) | The Minimum Summary | Critical Value at 95% Confidence | Significant difference |
|---|---|---|---|
| Time error stopping at the queue (14) | 52.5 | 21 | No |
| Time error moving from the queue (15) | 32.5 | 25 | No |
| Average error of stopping position (14) | 24.5 | 21 | No |

From Table 1, all tested data could be proved that all errors are not significantly different. Consequently, probe trajectories when stopping at the queue could be insisted in reliability.

## 6. Maximum Queue Length Estimation

When positions of queue from probe trajectories were identified in the previous section, the maximum queue length in each cycle time could be estimated by creating a slope of growth shockwave line from the beginning of red signal to the critical point of probe stopping at the queue, and another slope of dissipation shockwave line from green signal to the critical point of probe moving from the queue. Then, two shockwave lines were continuously dragged until they met together. By this method, signal timing information was necessary to collect; otherwise, the maximum queue length could not be estimated.

Moreover, if no probe vehicle passed or stopped at the queue in a cycle time, the maximum queue length could not be calculated. Therefore, this study proposed a method for estimating queue length without probe vehicle by using previous probe trajectory.

Firstly, virtual probe trajectory was created when the traffic signal changed from red to green. Then, virtual trajectory ran parallel to the real trajectory. This behavior could be explained by traffic flow theory [12] in the part of deterministic spacing models assumed that all vehicles travel with the same speed, have the same length, and maintain the same constant spacing. Lastly, although previous probe trajectory had moved out from the intersection, virtual trajectory could stop at the queue in the next cycle time by the slope that parallel line between real and virtual trajectory following the theory mentioned before. The mechanism in this case was represented in Figure 5. If the next cycle did not detect probe again, virtual trajectory would create again following previous virtual trajectory.

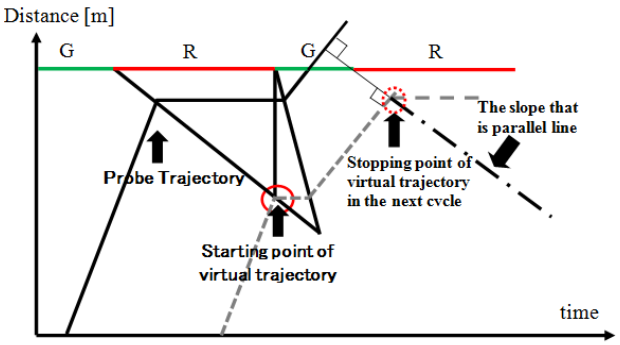



**Fig. 5** Creating of virtual probe trajectory in case of without probe data in a cycle time

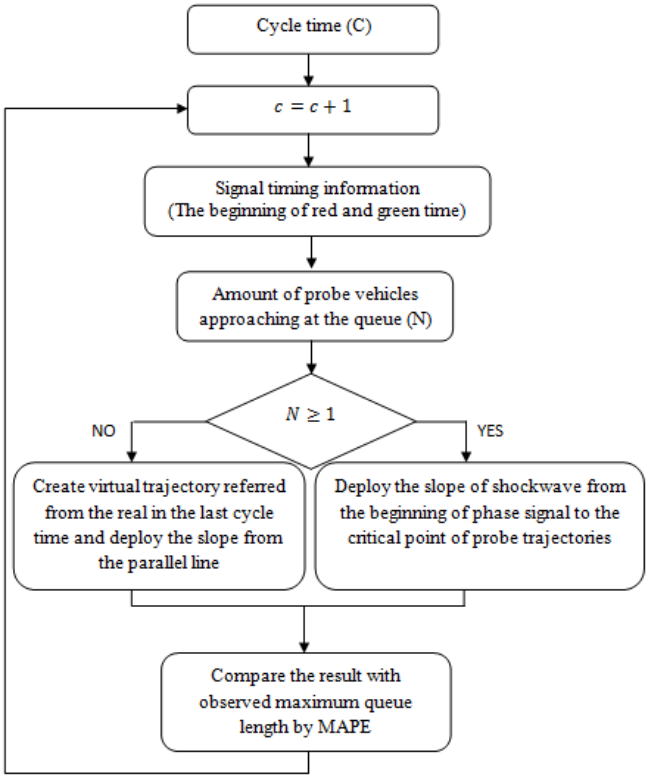



**Fig. 6** Algorithm for maximum queue length estimation

The algorithm in cases of with and without probe vehicle was summarized in the flow chart in Figure 6.

After finishing for estimation in each cycle time, the result is compared to observed maximum queue length by Percentage Error and all cycle time results summarized by Mean Average Percentage Error (MAPE).The results from creating the new slope of developed shockwave compared to observation both in northbound and southbound direction could be summarized in Table 2 together with the amount of probe vehicles approaching the queue in each cycle time.

In Table 1, the result found that southbound direction has less error than northbound direction, by lower MAPE (16.8 < 19.5), and MAPE both in 2 directions equals 18.6 which could be observed in this study.

**Table 2** Summary of maximum queue length estimation

| Direction | Cycle Time | Queue Length (meters) | | % Error | Amount of Probes |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Probe Data | Observation | | |
| Northbound | 1 | 120 | 200 | 40.0 | 1 |
| Northbound | 2 | 130 | 150 | 13.3 | 0 |
| Northbound | 3 | 420 | 330 | 27.3 | 0 |
| Northbound | 4 | 150 | 240 | 37.5 | 1 |
| Northbound | 5 | 170 | 170 | 0.0 | 2 |
| Northbound | 6 | 220 | 250 | 12.0 | 1 |
| Northbound | 7 | 350 | 380 | 7.9 | 1 |
| Northbound | 8 | 200 | 140 | 42.9 | 1 |
| Northbound | 9 | 290 | 210 | 38.1 | 1 |
| Northbound | 10 | 190 | 270 | 29.6 | 0 |
| Northbound | 11 | 230 | 260 | 11.5 | 1 |
| Northbound | 12 | 160 | 200 | 20.0 | 1 |
| Northbound | 13 | 490 | 550 | 10.9 | 0 |
| Northbound | 14 | 200 | 180 | 11.1 | 0 |
| Northbound | 15 | 80 | 90 | 11.1 | 1 |
| Northbound | 16 | 130 | 150 | 13.3 | 1 |
| Northbound | 17 | 350 | 370 | 5.4 | 3 |
| Southbound | 1 | 375 | 300 | 25.0 | 1 |
| Southbound | 2 | 370 | 420 | 11.9 | 1 |
| Southbound | 3 | 230 | 275 | 16.4 | 2 |
| Southbound | 4 | 210 | 180 | 16.7 | 1 |
| Southbound | 5 | 240 | 200 | 20.0 | 0 |
| Southbound | 6 | 320 | 320 | 0.0 | 2 |
| Southbound | 7 | 380 | 320 | 18.8 | 2 |
| Southbound | 8 | 330 | 260 | 26.9 | 0 |
| Southbound | 9 | 290 | 240 | 20.8 | 1 |
| Southbound | 10 | 240 | 270 | 11.1 | 2 |
| | | | MAPE (NB) | 19.5 | |
| | | | MAPE (SB) | 16.8 | |
| | | | MAPE (ALL) | 18.5 | |

## 7. Conclusion

Queue length estimation based on probe data for adaptive signal control is proposed in this study. Trajectories of each probe vehicle were plotted into time-space diagram. Then, they were compared with observed queue growth and dissipation shockwaves together with traffic signals during the same time period for reliability examination.

As a result, probe data could well reflect the trajectory according to traffic flow theory. Based on Wilcoxon Signed-Rank Test, time error when probe trajectories stopped at the queue, moved from the queue, and stopping position of them provided satisfactory and reliable results in all cycle times.

Maximum queue length was predicted by creating a slope of growth shockwave line from the beginning of red signal to the critical point of probe stopping at the queue, and another slope of dissipation shockwave line from green signal to the critical point of probe moving from the queue. Then, two shockwave lines were continuously dragged until they met together. MAPE both in 2 directions (Northbound and southbound) equaled to 18.6, which could be observed in this study. Since signal timing information was necessary in this study, for better adaptive signal control, methodology for queue length estimation without signal timing information should be considered for further study.

## 8. Acknowledgment

The researchers would like to acknowledge the Toyota Tsusho Electronic Thailand (TTET) for providing probe data from 10,000 taxis for this study.

## References

[1] Liu, H.X., Wu, X., Ma, W., and Hu, H. (2009) Real-time queue length estimation for congested signalized intersections, *Transportation Research Part C*, No. 17, pp. 417-427.

[2] Wu, X., Liu, H.X., and Gettman, D. (2011) Identification of oversaturated intersections using high-resolution traffic signal data, *Transportation Research Part C*.

[3] Sharma, A., Bullock, D.M., and Bonneson, J.A. (2007) Input-Output and Hybrid Techniques for Real-Time Prediction of Delay and Maximum Queue Length at Signalized Intersections, *Transportation Research Board*, No. 2035, pp. 69-80.

[4] Leduc, G. (2008) *Road Traffic Data: Collection Methods and Applications*, Joint Research Centre - Institute for Prospective Technological Studies, European Commission.

[5] Narupiti, S., Sakakibara, H., Kato, T., and Srisakda, N. (2012) *Bangkok Traffic Monitoring System*, 12th Asia Pacific ITS Forum and Exhibition.

[6] Puangprakhon, P., and Narupiti, S. (2013) *Travel Time Estimation by Running Speed and Stopped Delay Method on Urban Road Using Probe Vehicle Data*, the 10th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies.

[7] Hanabusa, H., Iijima, M,, and Horiguchi, R. (2010) *Development of delay estimation method using probe data for adaptive signal control algorithm*, KES 2010, Part IV, LNAI 6279, pp. 308-217.

[8] Mehran, B., Kuwahara, M., and Naznina, F. (2011) *Implementing Kinematic Wave Theory to Reconstruct Vehicle Trajectories from Fixed and Probe Sensor Data*, 19th International Symposium on Transportation and Traffic Theory; Proceeding of Social and Behavioral Sciences, No. 17, pp. 247–268.

[9] Comert, G., and Cetin, M. (2008) *Queue length estimation from probe vehicle location and the impacts of sample size*, European Journal of Operational research.

[10] Lighthill, M.J., and Whitham, G.B. (1955) *On Kinematic Waves. I: Flood Movement in Long Rivers. II: A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Roads*, Proceedings Royal Society, Vol. A229, pp. 281-345.

[11] Montgomery, D.C., Runger, G.C. (2002) *Applied Statistics and Probability for Engineers*, Third Edition, JohnWiley & Sons, Inc., New York.

[12] Leutzbach, W. (1988) Introduction to the Theory of Traffic Flow, Springer-Verlag, New York.

# Safety Improvements of Black Spot Intersections in Lampang Municipality

Paper Identification number: **AYRF15-057**

Thodsapon Hunsanon, Nopadon Kronprasert, Auttawit Upayotin, Akhrapong Tepkaew

Excellence Center in Infrastructure Technology and Transportation Engineering (ExCITE)
[1]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
Chiang Mai University
E-mail: boythodsapon@gmail.com, nopkron@eng.cnu.ac.th, auttawit@yahoo.com,
akharapong014@gmail.com

## Abstract

A road traffic accident is currently the most pressing transportation-related issues, which has yet been solved to satisfaction in Thailand. Specifically at intersections, the risk of an accident is inevitable; however, its likelihood and severity can be minimized by proper safety management. In Lampang Municipality, the crash records in 2014 showed that, among 66 intersections, the highest crash intersection location had road crashes more than 300 crashes per year and there were 16 intersections that had more than 10 accidents per year. This study applies the Black Spot improvement, the reactive approach in road safety management to rectify road hazards leading to traffic accidents at hazardous intersections in Lampang Municipality. The steps of black spot analysis in this study are identifying the black spot intersections using historical crash records, traffic data, and road geometry data and presenting in Geographic Information Systems (GIS) map; defining safety hazards at each black spot location; recommending safety countermeasures; prioritizing risks associated with hazards; and implementing safety countermeasures. This paper demonstrates the black spot improvement using three case studies varied by their geometry and control including Don Pan signalized intersection, Clock-tower roundabout intersection, and median U-Turn intersections on Duang Rat Road. The results show that the Black Spot improvement can be an effective engineering approach to treat the risks at hazardous intersections.

**Keywords:** Road Safety, Intersection Design, Black Spot Improvement, Hazardous Location

## 1. General Introduction

A road traffic accident is currently the most pressing transportation-related issues, which has yet been solved to satisfaction. In Thailand, a road accident is one of top-ranking major causes of death and injuries, which results in a large amount of economic losses and need to be solved immediately. Specifically at intersections, the risk of a road accident is inevitable; however, its likelihood and severity can possibly be minimized by proper safety management and safer design.

Typically, two safety engineering concepts are widely implemented to improve safety problems: Road Safety Audit and Black Spot Improvement programs. The former is a proactive approach correcting the road hazards leading to potential accidents, while the latter is a reactive approach rectifying the hazards causing accident occurrences and their consequence.

This study aims at applying the concept of Black Spot improvement to rectify road hazards leading to traffic accidents at hazardous intersections in Lampang Municipality. In general, the Black Spot improvement is relatively powerful when the crash data are available, because safety problems can be defined effectively and the safety countermeasures can be properly recommended. The study gathered historical crash data from involved sectors; conducted the field investigation survey to observe road environment; and also defined the safety problems that may increase the probability of accident occurrence. In Lampang Municipality, the crash data showed that among 66 intersections, the highest crash intersection location had road crashes more than 300 crashes per year and there were 16 intersections that had more than 10 crashes annually.

This study demonstrates the black spot improvement using three case studies varied by their geometry and control: signalized control, roundabout, and median U-Turn intersections. The results show that the black spot improvement can be an effective engineering approach to treat the risks at hazardous intersections.

## 2. Black Spot Improvement

A Black Spot improvement is a road safety improving task, which focuses on geometrical and environmental conditions on existing roads. The goal of this approach is to identify road safety problems and suggest measures to eliminate or mitigate any concerns based on historical crash records. The approach is carried out by specialists trained in the skills of collision investigation and/or road safety engineering. In general, an influenced road factor that has been investigated for safety improvement including geometrical condition, sight distance, traffic sign, traffic signal, traffic marking and driving guidance path.

The Black Spot improvement program has been extensively examined in literature, but mostly focused on the step of black spot identification. Identifying black spot locations has been applied using several measures, such as accident frequency, accident density, accident rates, severity index, or combined. For example, Raju et al. [3] identified black spot locations based on the accident number, accident severity and fatal number. Four locations have then been identified as black spots and suggested modification to those intersections. The study concluded that the reasons of accidents are mainly due to the speed of vehicles. Efficient traffic control systems and road geometry would reduce the number of accidents.

Nevertheless, the lack of an effective data source in developing countries makes it difficult for quantitatively identifying black spot locations. A public participation approach has then been proposed and proved that it is useful for black spot identification. Fukuda et al. [2] identified black spot locations using the Hiyari-Hatto method. The observed data were obtained from accident experience's respondents and the study area was conducted in Bangkok. The results showed that the Hiyari-Hatto method can be a significant alternative method if the crash data were not available.

Following the identification process, prioritizing the risks is then performed. Because of in the real-world we cannot treat all black spot locations due to the resource limitation. Reshma and Sharif [4] studied the prioritization of accident black spot using GIS in South Bangalore. The prioritization was carried out by assigning weight scores to influenced factors. The study tested the prioritization by verifying with the real-time record data from traffic police office and the result showed that the most accident occurrences is consistent with the prioritization of the study.

## 3. Methodology

This study applies a black spot improvement process as shown in Fig. 1. The steps of black spot analysis in this study are identifying the black spot intersections using crash data, traffic data, and road geometry data and presenting in Geographic Information Systems (GIS) map; defining safety hazards at each black spot location; recommending safety countermeasures; prioritizing risks associated with hazards; and implementing safety countermeasures.

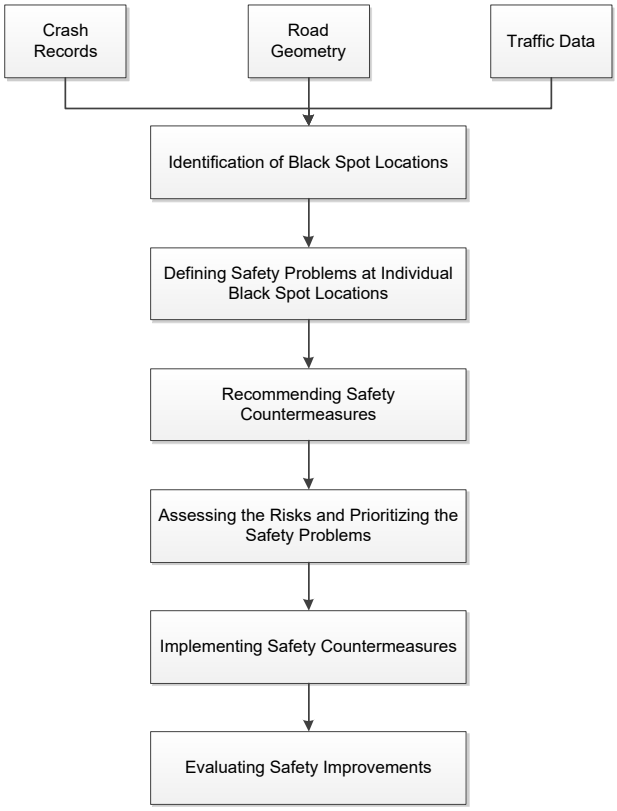



**Fig. 1** Black Spot Improvement Process (Ogden, 1996)

For each black spot intersection, the study collected data from field investigation and retrieved accident frequency and severity by accident type from the hospital. The researchers prepared a draft intersection plan, investigated the potential crash type using photos and video records data. Drivers' behavior was examined by driving through the intersection on every intersection approach. In addition, traffic data were collected, such as traffic volume, approach speed, etc. Finally, the study proposed safety improvements according to highway engineering concept.

## 4. Study Area

The study area of this research is the Lampang Municipality area, which contains 69 unsignalized and signalized intersections. Among them, the intersection improvement is varied from the simplest to the most complicated one. Fig. 2 illustrates the GIS map of the black spot locations. The size of the circles represents the accident frequency at each intersection.

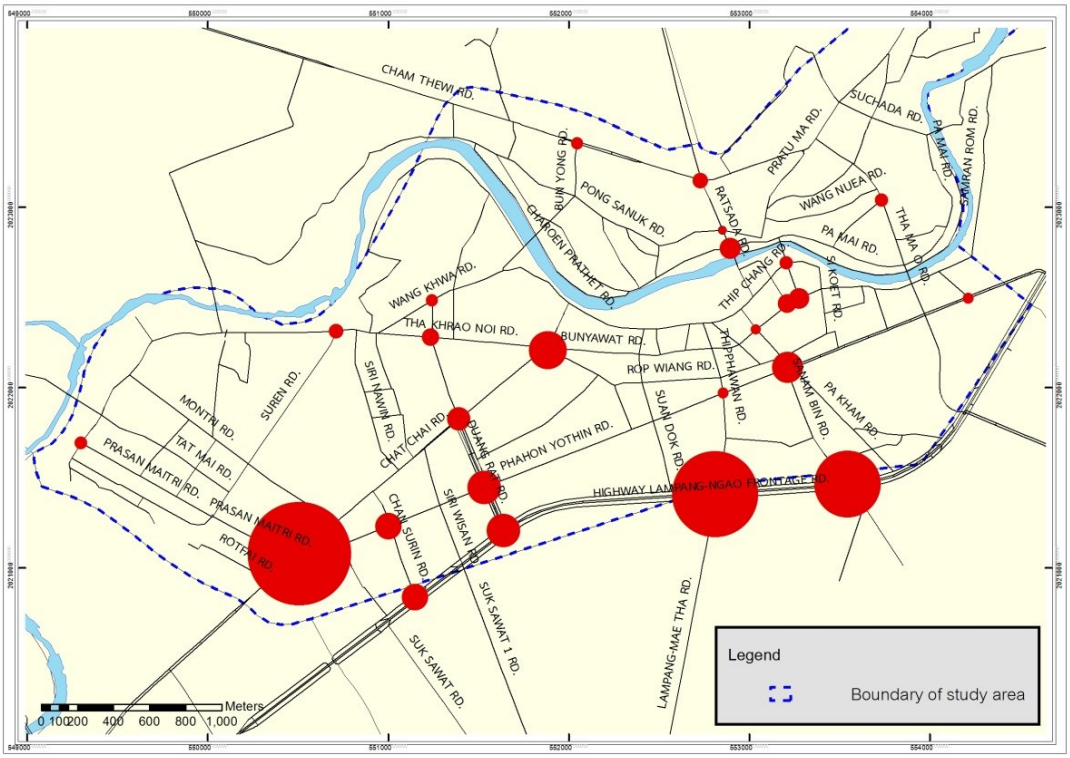



**Fig. 2** Map of Black Spot Locations in the Study Area

## 5. Applications to Intersection Improvement

The paper demonstrated how the black spot intersections were treated via three examples varied by their intersection geometry, control, and accident occurrence.

### 5.1 Don Pan Signalized Intersection

Don Pan intersection is an urban four-leg signalized intersection between two four-lane roads: Chat Chai/Prasarnmaitri Road and Phahon Yothin Road. The intersection area is wide because two roadways intersect at skewed angles; as a result, the intersection has unused spaces as shown in Fig. 3.

A traffic condition at Don Pan intersection is heavy on all approaches especially morning and evening peak period. Most of traffic volumes on Chat-Chai road are eastbound-westbound (EB-WB) through traffic and EB right-turn traffic. The EB right-turn is about 20-25 percent of all traffic volumes on Chad-Chai road.

The signal control at this intersection is operated with two-phase signal groups: EB/WB and NB/SB phases. Consequently, there is no protected phase for right-turn vehicles. The layout of Don Pan intersection and its safety improvement are proposed as shown in Fig. 4 and Table 1.



**Fig. 3** Unused space at Don Pan intersection

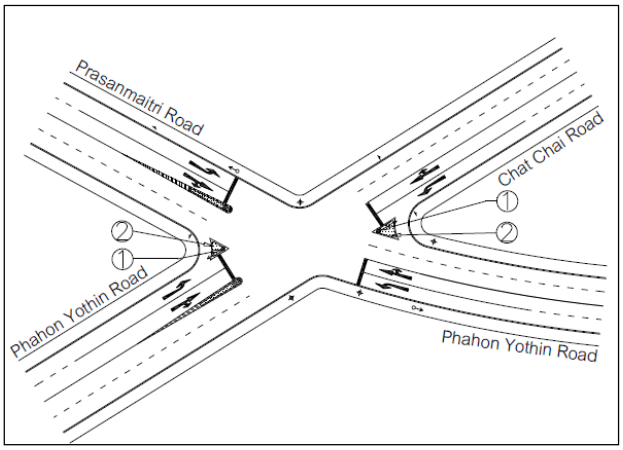



**Fig. 4** Proposed safety improvements at Don Pan intersection

## 5.2 Clock-tower Roundabout Intersection

The Clock-tower intersection is a five-leg double-lane roundabout as shown in Fig. 5. The circular island diameter is 12.8 meters and the width of circulating traffic lane varies between 13.0-18.8 meters.

This roundabout is located at the center of Lampang Municipality. It is surrounded by many trip attractions, such as school, government offices, stores, and a park. The traffic condition at Clock tower intersection is congested on all approaches.

The safety improvement is proposed as shown in Fig. 6 and Table 2.



**Fig. 5** Traffic condition and geometry at Clock-tower intersection

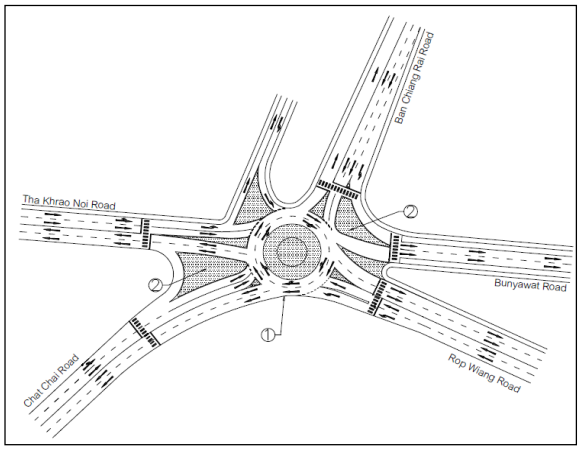



**Fig. 6** Proposed safety improvements at Clock-tower intersection

## 5.3 Median U-Turn Openings on Duang Rat Road

Duang Rat Road is a six-lane main road with four-lane frontage road in both directions. Along Duang Rat Road, there are three intersections: Phen Sab intersection (A), Wieng Thong four-way intersection (B) and Wieng Thong three-way intersection (C). There are two median openings between these three intersections; and at these locations there are also openings between the main road and frontage road as shown in Fig. 7. Since the openings are at the same location, many conflicting points occur among vehicles making U-turns, traveling from the main road to the frontage road and vice versa as presented in Fig. 8. Moreover, the width of median opening is wide; therefore, it could make vehicles maneuver freely and cause various possible crashes.



**Fig. 7** Conflict between main road and frontage road vehicles

**Table 1** Description and Safety Problems at Don Pan Intersection

| Safety Category | Safety Description | Safety Treatment | Risk Level |
|---|---|---|---|
| Intersection geometry | • Intersection area is very wide<br>• Turning radius<br>• Insufficient sight distance | • Design channelization to discourage improper movement *(No.2)*<br>• Shift stop bar to leave unused spaces *(No.1)*<br>• Provide driving guidance path for right-turn maneuver | High |
| Traffic sign | • Insufficient traffic sign<br>• Obstructed traffic sign | • Install a proper traffic sign<br>• Move obstacle out | Medium |
| Traffic signal | • Permitted right-turn<br>• Poor-visibility traffic light | • Provide right-turn protected phase<br>• Provide LED traffic light | High |
| Pavement marking | • Poor-visibility traffic marking | • Install high-visibility and properly located traffic marking | High |

**Table 2** Description and Safety Problems at Clock-tower Intersection

| Safety Category | Safety Description | Safety Treatment | Risk Level |
|---|---|---|---|
| Intersection geometry | • Unsymmetrical intersection<br>• A number of entrance and exit lanes is not equal | • Expand the diameter of roundabout island to guide the drivers' visibility of roundabout<br>• Modify the roundabout geometry to a fully 2-lane roundabout<br>• Realigning the turning path *(No.1)*<br>• Install channelization islands to limit all turning movements *(No.2)* | Medium |
| Traffic sign | • Insufficient traffic sign | • Install proper traffic sign | Medium |
| Pavement marking | • Poor-visibility traffic marking | • Install proper pavement marking and signage at roundabout<br>• Install safe pedestrian crosswalk on all approaches | High |

**Table 3** Description and Safety Problems at median-openings on Duang Rat Road

| Safety Category | Safety Description | Safety Treatment | Risk Level |
|---|---|---|---|
| Intersection geometry | • Five conflicts at the median opening<br>• The median-opening space is wide<br>• The U-turn vehicles obstruct the main road vehicles | • Close median openings along the major road to U-turn movements *(No.1)*<br>• Design U-turn treatments at adjacent *intersection* *(No.2)*<br>• Design safe entry and exit bays between the major road and frontage roads to prohibit illegal movements *(No.3)* | High |
| Pavement marking | • Poor-visibility traffic marking | • Install proper pavement marking | Medium |

Remark: *(No.x)* is the safety treatment number as shown in the Fig. 4, Fig. 6 and Fig.8.

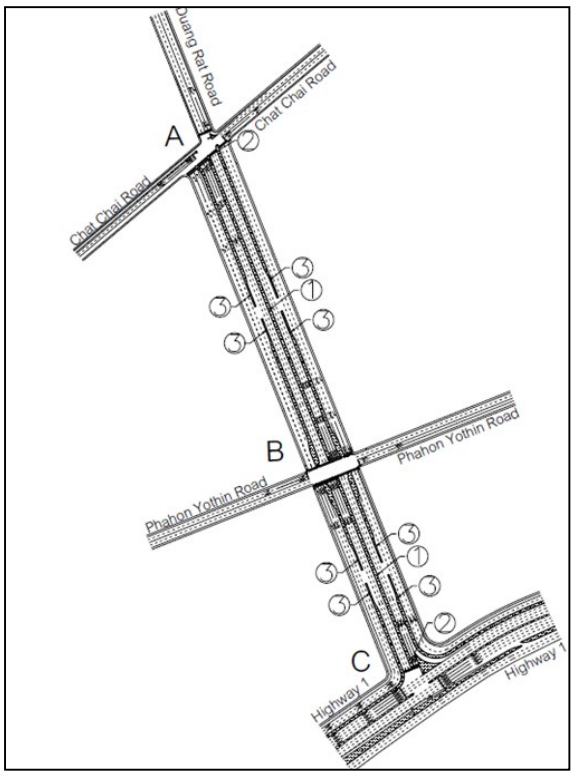



**Fig.8** Proposed safety improvements at median openings on Duang Rat Road

Tables 1 to 3 present the description of safety problems, safety treatment and their associated risk level at three intersections, respectively. The risk levels were defined by the probability of accident occurrence, potential of treatment, and estimated costs of treatment.

## 6. Conclusions

This paper employed the black spot improvement using three case studies in Lampang Municipality varied by their geometry and control including Don Pan signalized intersection, Clock-tower roundabout intersection, and median U-Turn intersections on Duang Rat Road. The steps of black spot analysis in this study include identifying the black spot intersections presented in Geographic Information Systems (GIS) map and analyzed by using crash data, traffic data, and road geometry data; prioritizing the risk levels; and proposing safety countermeasures for each intersection location. The safety improvements are recommended for implementation by the municipality officials. The results show the potential of the Black Spot improvement, as an effective engineering approach, to alleviate the risks at black spot locations.

The further study should take into consideration not only the accident frequency, but also its severity. In addition, the study should incorporate the public participation during the black spot identification and implementation process in order to ensure that the proposed safety treatments are possible and acceptable.

## 7. Acknowledgement

The authors would like to thank Lampang Municipality for supporting this research project and also Lampang Hospital for the accident data used in this study.

## 8. References

[1] Ogden, K.W. and Taylor, S.W. (1996). Traffic Engineering and Management, Monash University, Australia.

[2] T. Fukuda, C. Tangpaisalkit, T. Ishizaka, T. Sinlapabutra and A. Fukuda, "Empirical Study on Identifying Potential Black Spots through Public Participation Approach: A Case Study of Bangkok", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, 2005, pp. 3683-3696.

[3] Gopala Raju SSSV, Balaji KVGD, Durga Rani K and Sai Kumar V, "Identification of black spots and junction improvements in Visakhapatnam city", Indian Society for Education and Environment, Vol. 1, No. 6 (June 2012), pp. 469-471.

[4] Reshma E.K1 and Sharif, S.U., "PRIORITIZATION OF ACCIDENT BLACK SPOTS USING GIS", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 2, Issue 9, September 2012, pp. 117-122.

# การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก (กรณีศึกษาเมืองขอนแก่น)

# Development of a Prototype of Expert System to Recommend Appropriate Speed Limits of the Main Roads (KhonKaen Case Study)

**หมายเลขบทความ: AYRF15-058TH**

รัชมงคลคำมุลตรี[1], พนกฤษณคลังบุญครอง[2]

RatchamongkolKummuntree, PongridKlungboonkrong

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น
E-mail: khamhoo100kg@gmail.com

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น
E-mail: kku.sirdc.17@gmail.com

## บทคัดย่อ

ปัญหาการขับรถด้วยความเร็วสูงเป็นสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งของการเกิดอุบัติเหตุบนถนนในประเทศไทยส่งผลให้เกิดการเสียชีวิต การบาดเจ็บ และทรัพย์สินเสียหายคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 6,800 ล้านบาทในแต่ละปี [1] กฎหมายขีดจำกัดความเร็วของประเทศไทยพบว่ามีข้อจำกัดในการนำมาบังคับใช้กับสภาพถนนจริงในหลายสถานการณ์ ดังนั้นการพัฒนาวิธีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วซึ่งเป็นที่ยอมรับและเหมาะสมกับถนนประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทยจะสามารถช่วยลดความเสี่ยงและความรุนแรงของอุบัติเหตุจากการขับรถด้วยความเร็วสูงได้อย่างมีประสิทธิผล บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักสำหรับประเทศไทย ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยชุดโปรแกรมการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญของ Logic Programming Associates (LPA) [2] จะสามารถแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักตามโครงสร้างและกระบวนการที่กำหนดไว้และสุดท้ายระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบถูกนำไปใช้ในการแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักของกรณีศึกษาเมืองขอนแก่น ผลจากการวิจัยพบว่า ค่าขีดจำกัดความเร็วมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละกรณีศึกษา ซึ่งมีความแตกต่างจากค่าขีดจำกัดความเร็วที่บังคับใช้ในปัจจุบันที่มีค่าเท่ากันในทุกกรณีศึกษา และสามารถแนะนำค่าขีดจำกัดได้อย่างสอดคล้องกับระบบผู้เชี่ยวชาญ USLimits2

**คำสำคัญ:**ระบบผู้เชี่ยวชาญ, ขีดจำกัดความเร็ว, การจัดการความเร็ว

## Abstract

Speeding is one of the most important contributing factors to road crashes in Thailand. Speeding has long been specified as the most likely cause of road crash fatalities, injuries and properties damages on national highways and rural roads. The recent estimated costs of road crashes were over 6,800 million baht each year [1]. A national speed limit law adopted in Thailand has suffered from limitations in applying to certain road and land use conditions. Consequently, the development of the appropriate and acceptable speed limit laws in Thailand will potentially minimize the frequency and severity of road crashes caused by speeding. This paper presents the development of a Knowledge–Based Expert System (KBES) to recommend appropriate speed limits of the main road in Thailand. The KBES prototype was developed by an expert system shell, namely Logic Programming Associates (LPA) [2]. Finally, the KBES prototype was employed to determine the speed limits of the main road (the national highway no. 2) in KhonKaen city. It was found that the KBES prototype can recommend the speed limits that consistent with different road and land use conditions in the study area. The results are comparable to the outcomes derived from the USLimits2 approach, but they are much different from the existing speed limit being in forced.

**Keywords:** Speed Limits, Expert system, Speed Management

## 1. บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในประเทศไทยอุบัติเหตุจราจรจากการขับรถเร็วเกินกว่าอัตราที่กฎหมายกำหนดเป็นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรอันดับหนึ่งซึ่งคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าหนึ่งในสามของอุบัติเหตุจราจรทั้งหมด ส่งผลให้เกิดการเสียชีวิต การบาดเจ็บ และทรัพย์สินเสียหายคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 6,800 ล้านบาทในแต่ละปี[1] ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาอุบัติเหตุจากการขับรถเร็วเกินกว่าอัตราที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากความเร็วของยวดยานที่สูงขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ระดับความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรเพิ่มสูงขึ้นด้วย [3] การดำเนินมาตรการควบคุมความเร็วที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะมาตรการขีดจำกัดความเร็ว (Speed limits)จะช่วยควบคุมให้ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วในการขับขี่อย่างปลอดภัย โดยมาตรการขีดจำกัดความเร็วที่มีประสิทธิภาพต้องเป็นที่ยอมรับและปฏิบัติตามของผู้ใช้รถใช้ถนน ในทางตรงกันข้าม การกำหนดความเร็วที่ไม่สมเหตุสมผลกับความปลอดภัยและการขับขี่จริงจะทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกขัดแย้งและไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดตามกฎหมาย และอาจทำให้การใช้มาตรการควบคุมความเร็วไม่ประสบความสำเร็จในที่สุด

จากผลการวิจัยการใช้ความเร็วในการขับขี่ที่ปลอดภัยที่ดำเนินงานโดย ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย[4] พบว่า ยังมีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่ไม่สมเหตุสมผลสำหรับรถยนต์บนถนนบางประเภท โดยเฉพาะบนถนนสายหลักซึ่งให้ความสำคัญกับความคล่องตัวในการเดินทาง เช่น บนถนนสายหลักที่มีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่ 60 กม./ชม. เป็นต้น [4] ดังนั้น จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาวิธีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่สามารถเสนอผลลัพธ์ที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ในประเทศไทย

กระบวนการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ [5] โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งไม่ปรากฏถึงวิธีการ หรือสมการที่เป็นที่ยอมรับตามหลักวิศวกรรมจราจร เป็นลักษณะของปัญหาที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีระบบผู้เชี่ยวชาญ(Expert system technology)ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้ดำเนินการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อการแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก เพื่อนำเสนอความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสำหรับประเทศไทย ซึ่งเป็นวิธีการใหม่ที่มีประโยชน์อย่างมากต่อผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็ว และจะมีส่วนช่วยให้มีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่เหมาะสม นำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพของมาตรการขีดจำกัดความเร็วซึ่งจะมีผลทำให้ความถี่และความรุนแรงของอุบัติเหตุจราจรเนื่องจากความเร็วลดลงได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1) เพื่อเสนอวิธีการใหม่ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่เหมาะสมกับสถานการณ์ของประเทศไทย

2) เพื่อเสนอเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

3) เพื่อเสนอความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนโครงข่ายถนนในประเทศไทย

### 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1) ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบในการศึกษานี้สามารถเสนอผลลัพธ์ค่าขีดจำกัดความเร็วได้เฉพาะบนถนนสายหลักสำหรับยวดยานประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคล และในสภาพภูมิประเทศราบเรียบเท่านั้น

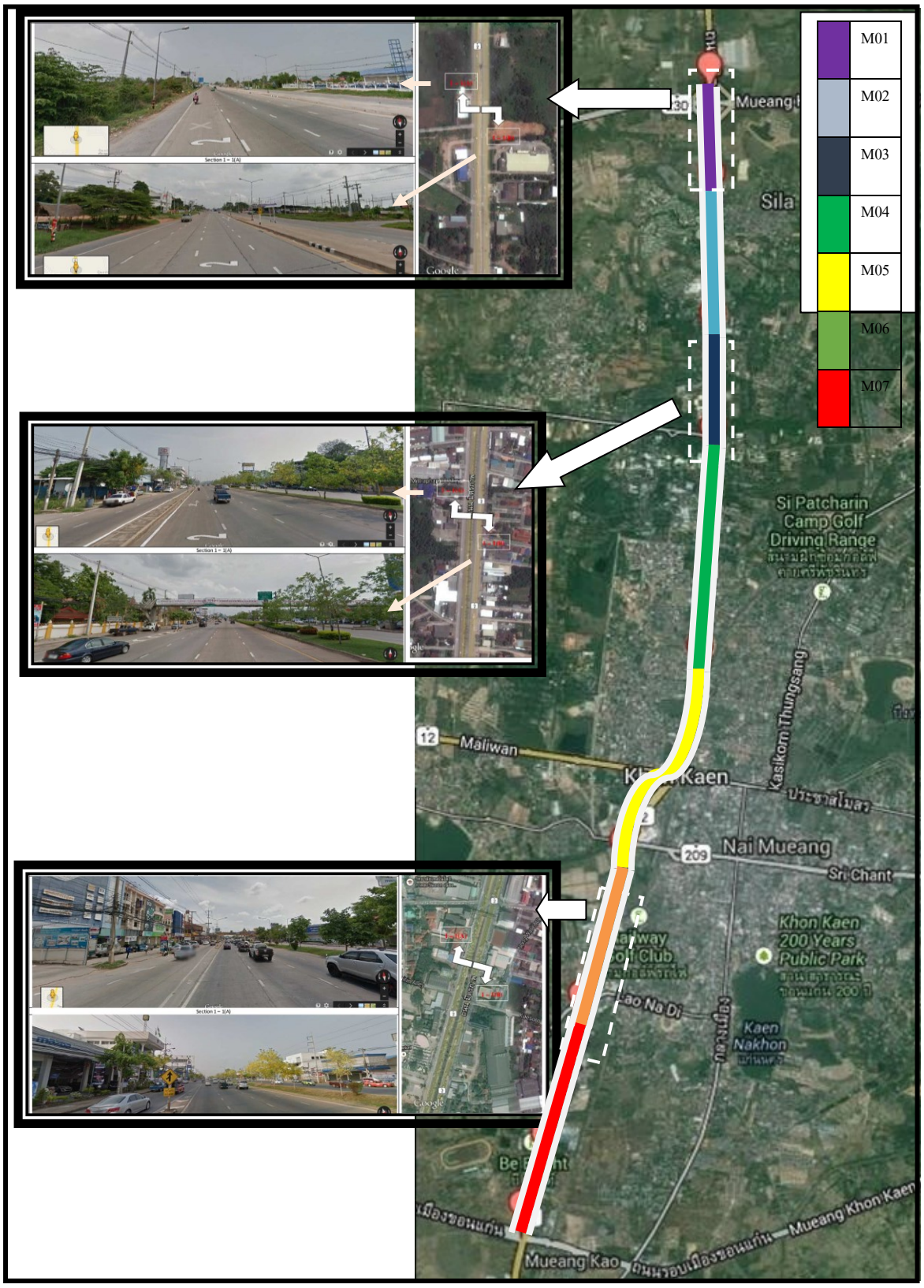
2) ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบในการศึกษานี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้พื้นที่ศึกษา คือ ถนนมิตรภาพ (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล.2) หรือทางหลวงอาเซียนหมายเลข 16 (AH16)) ในเขตพื้นที่ตัวเมืองจังหวัดขอนแก่น เริ่มต้นจาก บริเวณทางเลี่ยงเมืองด้านทิศเหนือตัดกับ ทล.2 จนถึง บริเวณทางเลี่ยงเมืองด้านทิศใต้ตัดกับทล.2 ระยะทางประมาณ 15 กิโลเมตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1

บทความนี้นำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ของการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก ได้แก่ การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีของระบบผู้เชี่ยวชาญ วิธีการศึกษา กรณีศึกษาเมืองขอนแก่น และบทสรุป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 2. การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ขีดจำกัดความเร็ว

ขีดจำกัดความเร็ว หมายถึงค่า ความเร็วสูงสุดตามกฎหมายที่ผู้ขับขี่ยวดยานสามารถขับขี่ได้บนช่วงถนนใด ๆ เป็นมาตรการพื้นฐานที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการจัดการความเร็วของยวดยาน (Speed management) ด้วยการกำหนดค่าความเร็วสูงสุดที่ยวดยานสามารถขับขี่ได้บนถนน เพื่อสร้างดุลยภาพระหว่างความปลอดภัยของผู้ใช้ถนนกับความคล่องตัวและรวดเร็วในการเดินทาง[3] โดยสามารถแบ่งประเภทของขีดจำกัดความเร็วได้ 2 ประเภทหลัก คือ (1) ขีดจำกัดความเร็วตามกฎหมายกำหนด (Default/statutory limits) ซึ่งกำหนดค่าความเร็วสูงสุดที่ยวดยานสามารถขับขี่ได้บนถนนประเภทต่าง ๆ จากกระบวนการทางกฎหมาย และมีการบังคับใช้ทั่วไปโดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งป้ายจำกัดความเร็ว [3] และ (2) ขีดจำกัดความเร็วเฉพาะพื้นที่ (Speed zone limits) เป็นการกำหนดค่าความเร็วปลอดภัยสูงสุดที่ยวดยานสามารถขับขี่ได้อย่างสอดคล้องกับสภาพกายภาพของถนน สภาพการจราจร และการใช้ประโยชน์ที่ดินข้าง ตามหลักวิศวกรรม บนช่วงถนนที่ขีดจำกัดความเร็วตามกฎหมายไม่สามารถบังคับใช้ได้ [6]




**รูปที่ 1**ตัวอย่างภาพหน้าตัดถนนของพื้นที่ศึกษา

### 2.1.1 วิธีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็ว

การกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องใช้หลักการด้านวิศวกรรมจราจร และต้องอาศัยการพิจารณาตัดสินใจของบุคคลซึ่งมีความเชี่ยวชาญ [5] ค่าขีดจำกัดความเร็วสามารถกำหนดขึ้นได้โดยวิธีการที่มีหลักการพื้นฐานที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ วิธีการเชิงวิศวกรรม (Engineering approach) วิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system approach) วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) และแนวทางระบบเอื้อต่อความปลอดภัย (Safe system approach) [6], [7] โดยสามารถแสดงผลการทบทวนวิธีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Bellalite [8] IDOT [9] และ VICROADS [10] ได้ดังต่อไปนี้

1) Bellalite [8] พัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ถดถอยเชิงลำดับ (Hierarchical regressions) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจ (Decision support tools) สำหรับการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วในเขตเมืองจากข้อมูลการสำรวจบนถนนในเขตเมืองต่าง ๆ ของรัฐควิเบก (Quebec) ประเทศแคนาดา โดยแบบจำลองสามารถเสนอผลลัพธ์ค่าขีดจำกัดความเร็วที่มีค่าตั้งแต่ 40 50 60 และ 70 กม./ชม. อย่างแม่นยำ จากการพิจารณาค่าขีดจำกัดความเร็วทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ (1) จำนวนช่องจราจร (2) ความกว้างของช่องว่างในการมองเห็นด้านข้าง (3) ความยาวของช่วงถนน (4) ประเภทของพื้นที่ข้างทาง (5) จำนวนจุดเข้า – ออกสถานที่สำคัญต่าง ๆ (6) เปอร์เซ็นต์ของถนนที่มีการจอดรถอย่างสม่ำเสมอ (7) ความกว้างของผิวจราจร และ (8) จำนวนของอาคารเชิงพาณิชย์

2) Idot [9] เสนอแนวทางในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักภายในรัฐอิลลินอยส์ (Illinois) โดยแนะนำว่า "ค่าขีดจำกัดความเร็วต้องถูกกำหนดขึ้นตามหลักวิศวกรรมจราจร โดยค่าความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 ซึ่งถูกสำรวจภายใต้สภาพการไหลอย่างอิสระอาจใช้ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วได้โดยตรง หรืออาจถูกปรับแก้ตามปัจจัยอื่น ๆ" [10] ได้แก่ สถิติการเกิดอุบัติเหตุ ความถี่ของจำนวนทางเชื่อม การจอดรถ และอื่น ๆ แต่ค่าปรับแก้ไม่ควรสูงกว่า 15 กม./ชม. ตารางที่ 1แสดงการจำแนกระดับในการพิจารณาปัจจัยสำคัญของ Idot[9]

**ตารางที่ 1** ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วของ Idot

| ปัจจัยสำคัญ | ระดับในการพิจารณา |
|---|---|
| ค่าความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 | ค่าใด ๆ |
| การปรากฏจุดอันตราย | 1) ปรากฏจุดอันตรายบนช่วงถนน |
| | 2) ไม่ปรากฏจุดอันตรายบนช่วงถนน |

ที่มา: [9]

**ตารางที่ 1** ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วของ Idot (ต่อ)

| ปัจจัยสำคัญ | ระดับในการพิจารณา |
|---|---|
| จำนวนจุดขัดแย้งจากการเข้า – ออกทาง (Access conflicts number) | ต่ำ (low) = น้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 จุดต่อไมล์ |
| | ปานกลาง (medium)= 41 – 60 จุดต่อไมล์ |
| | สูง (high) = ตั้งแต่ 61 จุดต่อไมล์ ขึ้นไป |
| การจอดรถ | 1) มีการอนุญาตให้จอดรถ |
| | 2) ไม่มีการอนุญาตให้จอดรถ |

ที่มา: [9]

3) VICROADS [10] ได้พัฒนาคู่มือในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วจากหลักการระบบเอื้อต่อความปลอดภัย (Safe systems) ร่วมกับการใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญ VLimits [11] สำหรับช่วงถนนในเขตรัฐวิคตอเรีย (Victoria) ประเทศออสเตรเลีย [10]

นอกจากนี้ ยังมีวิธีการต่าง ๆ ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็ว เช่น Txdot [5] และ NSW speed zoning guideline [12] เป็นต้น

### 2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็ว

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยสำคัญทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ (1) ประเภทของการพัฒนาพื้นที่ริมถนนตามแนวถนนที่พิจารณา (2) การแบ่งทิศทางจราจร หมายถึง ลักษณะการแบ่งทิศทางการจราจรเชิงกายภาพของยวดยานในกระแสจราจรซึ่งเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามซึ่งกันและกัน โดยค่าขีดจำกัดความเร็วของช่วงถนนที่มีการแบ่งทิศทางจราจรจะมีแนวโน้มสูงกว่าช่วงถนนที่ไม่มีการแบ่งทิศทางจราจร [11] (3) จำนวนช่องจราจร หมายถึง จำนวนของช่องทางที่จัดไว้สำหรับการสัญจรของยวดยานบนช่วงถนนที่พิจารณา จำนวนของช่องจราจรที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าขีดจำกัดความเร็วมีแนวโน้มสูงขึ้น [7], [8], [13] (4) ทางขนาน หมายถึง ช่องทางเดินรถที่ถูกสร้างขึ้นคู่ขนานกับช่องทางหลักที่ยวดยานใช้ความเร็วขับขี่สูง จัดไว้สำหรับการเข้า – ออกพื้นที่ข้างทางของยวดยาน และมีการจำกัดการเข้า – ออกทาง โดยการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วของช่วงถนนที่มีทางขนานมีแนวโน้มที่จะได้ค่าที่สูงกว่าช่วงถนนที่ไม่มีทางขนาน [12] (5) ความหนาแน่นของจำนวนทางเชื่อม ทางแยกและจุดกลับรถ หมายถึง จำนวนของทางเชื่อม ทางแยกและจุดกลับรถต่อระยะทางของช่วงถนนที่พิจารณา โดยบนช่วงถนนที่มีความหนาแน่นของจำนวนทางเชื่อม ทางแยกและจุดกลับรถมากจะมีแนวโน้มทำให้ค่าขีดจำกัดความเร็วมีค่าต่ำ [9], [12], [14] (6) สถิติอุบัติเหตุ หมายถึง อัตราการเกิดอุบัติเหตุของช่วงถนนที่พิจารณาในช่วงเวลาที่กำหนด (ปี) ในหน่วยครั้ง/100ล้านคัน – กิโลเมตร อัตราการ

เกิดอุบัติเหตุที่มีค่าสูงเกินกว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดอุบัติเหตุจากฐานข้อมูลอุบัติเหตุแห่งชาติจะมีผลทำให้ค่าขีดจำกัดความเร็วมีค่าลดลง [13] (7) ค่าความเร็วในการขับขี่ของยวดยาน คือ ค่าความเร็วที่ผู้ขับขี่ยวดยานใช้ขับขี่จริงบนท้องถนนซึ่งได้รับมาจากการดำเนินการสำรวจและวิเคราะห์ความเร็วของยวดยาน ค่าความเร็วซึ่งถูกใช้ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วมี 2 ชนิด ได้แก่ ค่าความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 และค่าความเร็วเฉลี่ย ตามลำดับ [13] และ (8) ความกว้างของระยะการขจัดด้านข้าง หมายถึง ความกว้างของระยะจากเส้นขอบของช่องจราจรถึงแนวของวัตถุอันตรายข้างถนน บนช่วงถนนที่ความกว้างของระยะการขจัดด้านข้างน้อยจะมีผลทำให้ค่าความเร็วในการขับขี่มีค่าลดลง และทำให้ค่าขีดจำกัดความเร็วมีแนวโน้มลดลงด้วย [14]

### 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วการไหลอย่างอิสระภายใต้สถานการณ์ฐาน (Base Free – Flow Speed, BFFS) และค่าขีดจำกัดความเร็ว

Highway Capacity Manual [14] กล่าวว่า ค่าขีดจำกัดความเร็วมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเร็วการไหลอย่างอิสระภายใต้สถานการณ์ฐาน โดยพบว่า ค่าความเร็วการไหลอย่างอิสระภายใต้สถานการณ์ฐานจะมีค่าสูงกว่าค่าขีดจำกัดความเร็วประมาณ 8 - 11 กม./ชม. เมื่อค่า BFFS สามารถประมาณได้โดยพิจารณาปัจจัยทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ (1) ค่าความเร็วการไหลอย่างอิสระ(Free – Flow Speed, FFS) (2) ความกว้างของช่องจราจร (3) ความกว้างของระยะการมองเห็นด้านข้าง (4) ลักษณะการแบ่งทิศทางการจราจร และ (5) ความถี่ของจำนวนจุดเข้า – ออกถนน [14]

## 3. ระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถเลียนแบบความสามารถของผู้เชี่ยวชาญในการแก้ไขปัญหาที่มีขอบเขตที่แคบและถูกกำหนดไว้อย่างดี [15], [16] โดยสามารถแสดงรายละเอียดของการประยุกต์ใช้ที่เหมาะสมของระบบผู้เชี่ยวชาญ ประโยชน์และข้อจำกัดของระบบผู้เชี่ยวชาญ และโครงสร้างส่วนประกอบที่สำคัญของระบบผู้เชี่ยวชาญได้ดังต่อไปนี้

### 3.1 การประยุกต์ใช้ที่เหมาะสมของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ลักษณะที่สำคัญของปัญหาที่มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ (1) ปัญหาที่มีความซับซ้อนและมีกระบวนการตัดสินใจภายใต้สามัญสำนึกซึ่งไม่สามารถใช้กระบวนการแบบอัลกอริธึมในการแก้ปัญหาได้ (2) ปัญหาที่ข้อมูลซึ่งใช้ในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหาอาจจะไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ (3) ปัญหาที่ผู้เชี่ยวชาญต้องการใช้เครื่องมือสนับสนุน (เช่น คู่มือ และคอมพิวเตอร์) และแหล่งข้อมูลอ้างอิงในการแก้ปัญหา เนื่องจากในกระบวนการการตัดสินใจนั้นต้องใช้องค์ความรู้ที่กว้างขวาง และ (4) ปัญหาที่การถ่ายทอดองค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญยาก ใช้เวลานาน หรือมีค่าใช้จ่ายสูง เทคโนโลยีของระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถสามารถนำมาใช้งานแทนได้ [15]

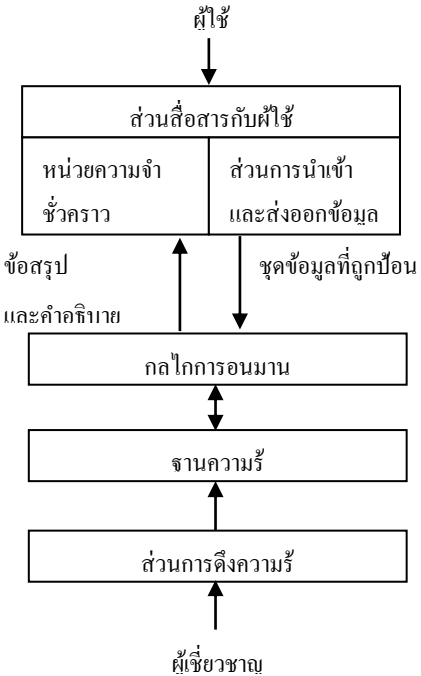
### 3.2 ประโยชน์และข้อจำกัดของระบบผู้เชี่ยวชาญ

1) ประโยชน์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ ระบบผู้เชี่ยวชาญมีการตอบสนองที่รวดเร็วในการตัดสินใจที่ถูกต้องและแม่นยำ และสามารถอธิบายถึงที่มาของคำตอบได้อย่างกระจ่างชัด โดยปราศจากอารมณ์และความรู้สึกเข้ามาเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน [15]

2) ข้อจำกัดที่ควรคำนึงถึงในการประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ข้อสรุปที่ได้อาจจะไม่ถูกต้องเสมอไป ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถแก้ปัญหาที่ระบุขอบเขตของปัญหาไว้อย่างชัดเจนเท่านั้น และฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญต้องได้รับการปรับให้ทันต่อเหตุการณ์อยู่เสมอ [15]

### 3.3 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนการสื่อสารกับผู้ใช้ (User interface) กลไกการอนุมาน (Inference engine) ฐานความรู้ (Knowledge base) และส่วนดึงความรู้ (Knowledge acquisition) ดังรูปที่ 2 [15], [16] โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้




**รูปที่ 2** ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ [15]

1) ส่วนการสื่อสารกับผู้ใช้ (User interface) ทำหน้าที่ในการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้ มีส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คือ (1) ส่วนนำเข้าข้อมูล (Input/output facilities) ทำหน้าที่ในการนำเข้าและส่งออกข้อมูลที่จำเป็นในการ

แก้ปัญหา และ (2) หน่วยความจำชั่วคราว (Working memory) ทำหน้าที่ในการบันทึกชุดข้อมูลที่ถูกป้อนโดยผู้ใช้ ผลลัพธ์และคำอธิบาย [15], [16]

2) กลไกการอนุมาน (Inference engine) เป็นส่วนการควบคุมของระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีการใช้กระบวนการคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาจากองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่ถูกจัดเก็บไว้ในฐานความรู้จนกระทั่งได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาที่พิจารณา [15], [16]

3) ฐานความรู้ (Knowledge base) ทำหน้าที่จัดเก็บความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ ที่ประกอบด้วยข้อเท็จจริง ข้อคิดเห็น หลักการทั่วไป องค์ความรู้จากวิจารณญาณ และการตัดสินใจอย่างชาญฉลาดซึ่งสามารถใช้ในการแก้ปัญหาที่พิจารณา การแทนความรู้ด้วยกฎ (Rule – based representation) เป็นรูปแบบของการแทนความรู้ที่ไม่ซับซ้อนและสามารถดัดแปลงได้ง่าย โดยการแทนความรู้ด้วยกฎมีรูปแบบดังนี้ [15], [16]

IF…(premises)…THEN…(conclusions)…ESLSE…(conclusions)

4) ส่วนดึงความรู้ (Knowledge acquisition) ทำหน้าที่ดึงความรู้จากแหล่งที่มาต่าง ๆ เช่น ผู้เชี่ยวชาญ และสิ่งพิมพ์ เป็นต้น ที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหามาจัดรูปแบบและจัดเก็บไว้ในฐานความรู้เพื่อใช้สำหรับแก้ปัญหาต่อไป [15], [16] โดยรายละเอียดของวิธีการดึงความรู้จะถูกแสดงต่อไปในหัวข้อที่ 4.2

## 4. วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินขั้นตอนการศึกษาทั้งหมด 9 ขั้นตอน ได้แก่ การทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรและขนส่ง สภาพกายภาพของถนนและสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินข้างทาง การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ การคัดเลือกเครื่องมือพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ การตรวจสอบความถูกต้องของระบบผู้เชี่ยวชาญ และสุดท้ายการสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ โดยบทความนี้อธิบายถึงขั้นตอนสำคัญของวิธีการดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

### 4.1 เครื่องมือพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

ชุดเครื่องมือพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Package, EXP) ของ Logic Programming Associates (LPA) ซึ่งประกอบด้วยซอฟต์แวร์ทั้งหมด 3 ซอฟต์แวร์ ได้แก่ Flex WinprologและVisiRuleถูกเลือกตามแนวทางการคัดเลือกเครื่องมือพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญของ Chang et al. [17] ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขการคัดเลือกทั้งหมด 4 เงื่อนไข ได้แก่ เงื่อนไขด้านการแทนความรู้ (Representation Criteria) เงื่อนไขด้านการให้เหตุผล (Reasoning Criteria) เงื่อนไขด้านการติดต่อสื่อสาร (Communication Criteria) และเงื่อนไขด้านราคา (Cost Criteria) [17]

Flex เป็น Expert system shells ที่สามารถรองรับการแทนความรู้ทั้งในรูปแบบเฟรม (Frame-based Representation) และกฎ (Rule-based Representation) มีการอนุมานโดยใช้วิธีการสรุปความแบบห่วงโซ่ไปข้างหน้า (Forward-chaining) และการสรุปความแบบห่วงโซ่ย้อนกลับ (Backward-chaining) ภายใต้รูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงตรรกะ (Logic Programming) ด้วยภาษาที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีรูปแบบการเขียนคำสั่งที่กระชับและเข้าใจง่าย นอกจากนี้ Flex ยังสามารถทำงานร่วมกับชุดพัฒนาอื่น ๆ ได้โดยเฉพาะซอฟแวร์ของ Logic Programming Associates (LPA) เช่น Prolog และ VisiRuleเป็นต้น โปรแกรมสามารถประมวลผลการทำงานต่าง ๆ ผ่าน Flex Run-time ซึ่งประกอบด้วย LPA run-time ซึ่งผู้ใช้ถือกรรมสิทธิ์ และใช้บริการผ่าน WebFlex [2]

### 4.2 การดึงความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ

การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้เลือกใช้วิธีการคิดค้นและจัดทำขึ้นเอง (Manual methods) ในการดึงความรู้จากผู้เชี่ยวชาญซึ่งประกอบด้วย 2 เทคนิค ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อความ (Text analysis) และการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured – interview) [15] โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การดึงความรู้โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อความ เป็นการทบทวนเพื่อรวบรวมและจัดเก็บความรู้เกี่ยวกับการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วซึ่งมีความน่าเชื่อถือที่ถูกเผยแพร่ในรูปแบบเอกสาร ได้แก่ คู่มือ Highway Capacity Manual [14] บทความของ Bellalite [8] คู่มือ Policy on Establishing and Posting Speed Limits on the State Highway System [9] และคู่มือ Traffic Engineering Manual Volume 1 Chapter 7: Speed Zoning Guidelines [10]

2) การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เป็นอีกหนึ่งเทคนิคที่ถูกใช้ในการการดึงความรู้จากผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้ เพื่อระบุปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วซึ่งจะถูกใช้ในการสร้างกฎการตัดสินใจในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักต่อไป

3) การสร้างกฎการตัดสินใจ (Decision rules) ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก จากการดึงความรู้ สามารถสร้างกฎการตัดสินใจในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักซึ่งครอบคลุมสถานการณ์ของกรณีศึกษาเมืองขอนแก่น ทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่ (1) กฎการตัดสินใจจากคู่มือ Highway Capacity Manual [14] (2) วิธีการของ Bellalite [8] (3) คู่มือ Traffic Engineering Manual Volume 1 Chapter 7: Speed Zoning Guidelines [10] และ (4) คู่มือ Policy on Establishing and Posting Speed Limits on the State Highway System [9] โดยสามารถแสดงตัวอย่างของกฎการตัดสินใจในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักจากวิธีการของ Bellalite ได้ดังตารางที่ 2

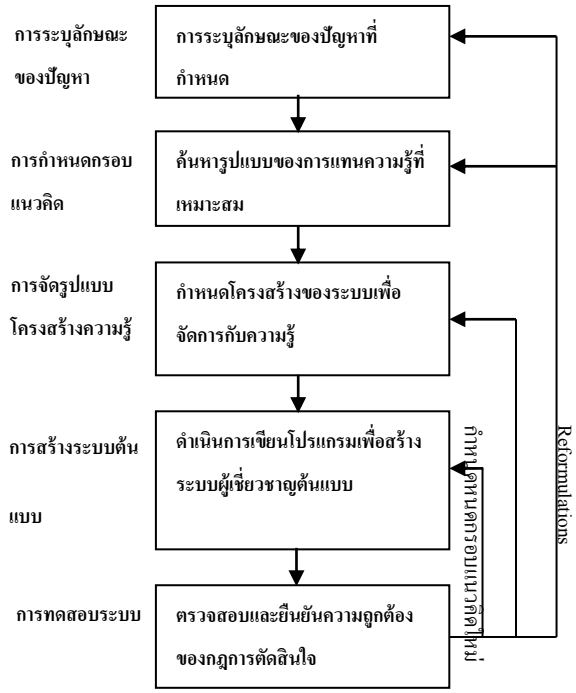
**ตารางที่ 2** ตัวอย่างของกฎการตัดสินใจในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักจากวิธีการของ Bellalite

| Rule | Conditions | | | Conclusions |
|---|---|---|---|---|
| | LU | NL | Frequency of institutional entrance/exit points | RSL (km/h) |
| 1 | urban | 4 | low | 60 |
| 2 | urban | 4 | medium | 60 |
| 3 | urban | 4 | high | 50 |
| 4 | urban | 6 | low | 60 |

หมายเหตุ** NL = จำนวนช่องจราจร, LU = ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินริมถนน, RSL2 = ค่าขีดจำกัดความเร็วจากกฎการตัดสินใจของ Bellalite [8]

### 4.3 ขั้นตอนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ

การศึกษานี้ดำเนินการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3 ได้แก่ การระบุลักษณะของปัญหา (Identification) การสร้างกรอบแนวความคิด (Conceptualization) การจัดรูปแบบโครงสร้างความรู้ (Formalization) การดำเนินการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ (Implementation) และการทดสอบระบบ (Testing) [15] โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้




**รูปที่ 3** ขั้นตอนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ [15]

1) การระบุลักษณะของปัญหา การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบของระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งสามารถให้การแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วที่เหมาะสมบนถนนสายหลัก โดยอาศัยกฎการตัดสินใจ (Decision rules) ที่สร้างขึ้นจากความรู้ซึ่งได้รับมาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

2) การสร้างกรอบแนวความคิดการศึกษานี้ทำการทบทวนวรรณกรรมและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อดึงเอาความรู้ที่จำเป็นในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก จากแหล่งที่มาต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2

3) การกำหนดโครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ โครงสร้างการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6 Flex ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งอำนวยความสะดวกในการสร้างฐานความรู้ที่มีการจัดรูปแบบความรู้ด้วยกฎ (Rule – based representation) ซึ่งเป็นรูปแบบของการแทนความรู้ที่ไม่ซับซ้อนและสามารถดัดแปลงได้ง่าย การกำหนดยุทธ์การควบคุม (Control strategy) ด้วยเทคนิคการสรุปความแบบย้อนกลับ (Backward chaining) ซึ่งเหมาะสมกับปัญหาของการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่มีจำนวนของคำตอบน้อย และการสื่อสารกับผู้ใช้งานระบบ (Users) ผ่าน Flex Run-time

4) การสร้างระบบต้นแบบ เป็นขั้นตอนในการเขียนโปรแกรม (Programming) เพื่อสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบโดยใช้เครื่องมือการพัฒนาที่ได้กำหนดไว้แล้วอย่างเร่งรัด โดยสามารถแสดงตัวอย่างการเขียนกฎซึ่งถูกบรรจุลงไปในฐานความรู้ต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ตัวอย่างการเขียนกฎซึ่งถูกบรรจุลงไปในฐานความรู้

| | | |
|---|---|---|
| RULE 1 | IF | Development type is *rural or suburban* AND |
| | | Number of lane is *8* AND |
| | | Median type is *divided* AND |
| | | Presence of frontage road is *no* AND |
| | | Width of lateral clearance is moderate AND |
| | | Level of access point density is low AND |
| | | Crash rate is below average AND |
| | | Average speed is 91 km/h |
| | THEN | The recommended speed limit is *80 km/h* |

5) การทดสอบระบบ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อดำเนินการทดสอบหาข้อผิดพลาด ประเมินและแก้ไขระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบที่ถูกพัฒนาขึ้น การศึกษานี้ดำเนินวิธีการ

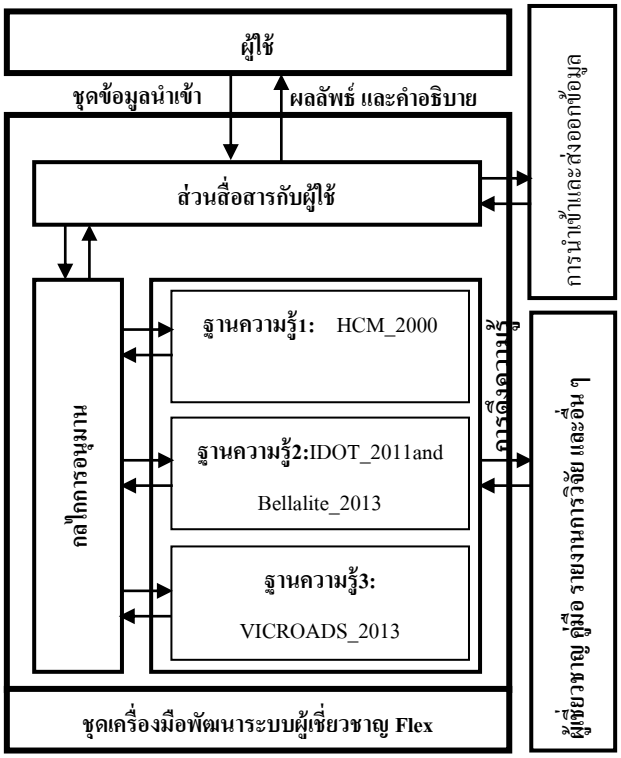
ทดสอบระบบทั้งหมด 2 วิธี ได้แก่ White - box testing method และ Black - box testing method [14] โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1) White - box testing method เป็นการทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดจากการเขียนคำสั่งต่าง ๆ (Syntax errors) และทำการแก้ไขให้ถูกต้อง [15] ดำเนินการได้โดยใช้ฟังก์ชันการค้นหาข้อผิดพลาดดังกล่าวที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีอยู่ในชุดโปรแกรมเครื่องมือการพัฒนา เช่น Trace และ Debug เป็นต้น

5.2) Black - box testing method เป็นการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ [15] โดยการศึกษานี้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ของทุกสถานการณ์ที่ระบบสามารถที่จะเสนอได้โดยพบว่า ระบบต้นแบบนี้สามารถเสนอผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้องในทุกสถานการณ์

### 4.4 การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก

โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อการแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 4ประกอบด้วยฐานความรู้ทั้งหมด 3 ฐานความรู้ซึ่งทำงานอย่างเป็นอิสระต่อกันได้แก่ HCM_2000 IDOT_2011and BELLALITE_2013 และ VICROADS_2013 โดยสามารถอธิบายการทำงานของแต่ละฐานความรู้ได้ดังต่อไปนี้




**รูปที่ 4** โครงสร้างการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก

1) HCM_2000 knowledgebasefileถูกสร้างขึ้นเพื่อดำเนินการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดจำกัดความเร็วและ BFFS ที่เสนอโดยคู่มือ Highway Capacity Manual (2000) และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาปัจจัยสำคัญทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ (1) ประเภทของการพัฒนาพื้นที่ริมถนน(2) การแบ่งทิศทางจราจร (3) จำนวนช่อง (4) ทางขนาน(5) ความหนาแน่นของจำนวนทางเชื่อม ทางแยกและจุดกลับรถ (6) สถิติอุบัติเหตุ (7) ค่าความเร็วในการขับขี่ของยวดยาน (ค่าความเร็วเฉลี่ย และค่าความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85)และ (8) ความกว้างของระยะการขจัดด้านข้าง

2) IDOT_2011and BELLALITE_2013 knowledgebasefile ถูกสร้างขึ้นตามวิธีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่เสนอโดย Bellalite[8] และจากคู่มือ Policy on Establishing and Posting Speed Limits on the State Highway System[9] โดยสามารถแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักในเขตเมือง ชานเมือง และนอกเมืองได้จากการพิจารณาปัจจัยสำคัญทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ (1) ประเภทของสภาพแวดล้อมริมถนน (2) จำนวนช่องจราจร (3) ความถี่ของจำนวนจุดเข้า – ออกสถานที่สำคัญ (4) ความหนาแน่นของจำนวนทางเชื่อม (5) ความหนาแน่นของจำนวนทางแยกและจุดกลับรถ (6) สถิติการเกิดอุบัติเหตุและ (7) ค่าความเร็วเปอร์เซ็นต์ไทลที่ 85

3) VICROADS_2013 knowledgebasefile ถูกสร้างขึ้นเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักจากคู่มือ Traffic Engineering Manual Volume 1 Chapter 7: Speed Zoning Guidelines [10] โดยผู้ใช้จำเป็นต้องป้อนข้อมูลปัจจัยสำคัญทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ ได้แก่ (1) ประเภทของการพัฒนาพื้นที่ริมถนน (2) การแบ่งทิศทางจราจร (3) จำนวนช่อง (4) ทางขนาน และ (5) ความหนาแน่นของจำนวนทางเชื่อมทางแยกและจุดกลับรถ

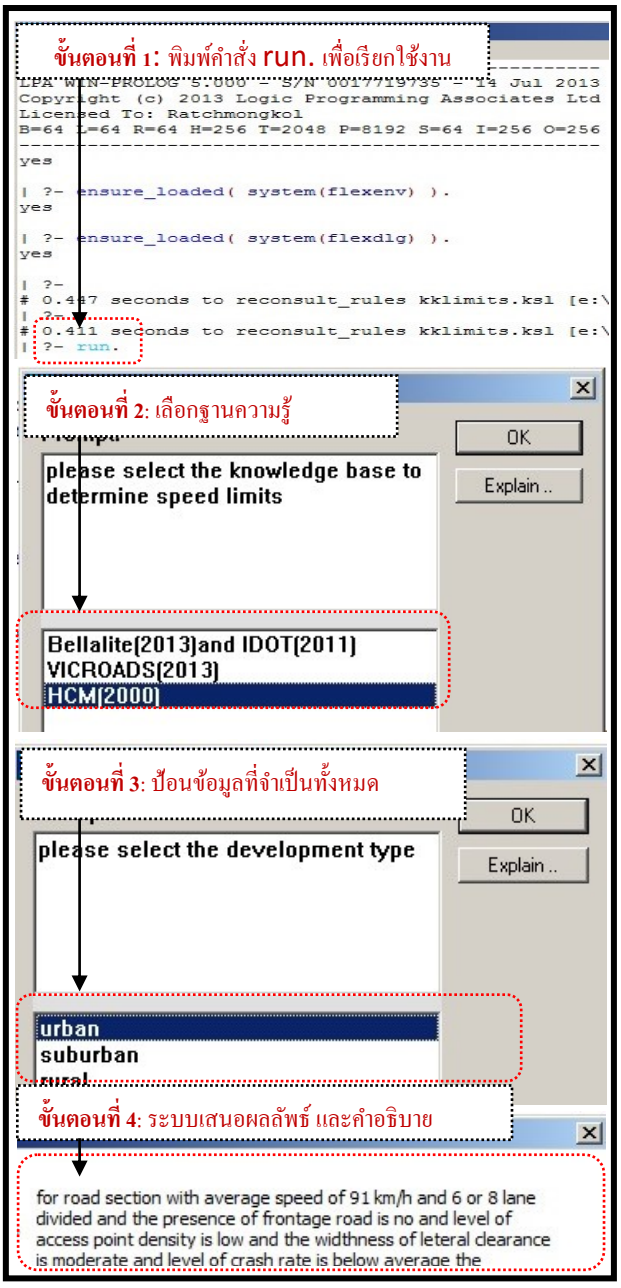
### 4.5 การใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก

การใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบในการศึกษานี้มีขั้นตอนการใช้งานอย่างง่ายทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การพิมพ์คำสั่งเพื่อเรียกใช้งานระบบ (2) การเลือกฐานความรู้ (3) การป้อนข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดผ่านชุดคำถามต่าง ๆ และ (4) การเสนอผลลัพธ์และคำอธิบาย โดยรูปที่ 5แสดงขั้นตอนการใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อการแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก

## 5. กรณีศึกษาเมืองขอนแก่น

ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักถูกใช้ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วบนช่วงถนนใน

พื้นที่ศึกษาซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 7 ช่วงถนน ได้แก่ ช่วงถนน M01 M02 M03 M04 M05 M06 และ M07 ผลลัพธ์ค่าขีดจำกัดความเร็วของกรณีศึกษาทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 4




**รูปที่ 5**แสดงขั้นตอนการใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อการแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก

**ตารางที่ 4** ผลลัพธ์ค่าขีดจำกัดความเร็วของกรณีศึกษาเมืองขอนแก่น

| ช่วงถนน | ค่าขีดจำกัดความเร็ว (กม./ชม.) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | SSL | ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบ | | | USLimits2 |
| | | HCM | VICROADS | I&B | |
| M01 | 60 | 80 | 90 | 90 | 80 |
| M02 | 60 | 80 | 80 | 90 | 80 |
| M03 | 60 | 60 | 60 | 70 | 80 |
| M04 | 60 | 70 | 80 | 90 | 80 |
| M05 | 60 | 60 | 80 | 70 | 70 |
| M06 | 60 | 50 | 80 | 60 | 70 |
| M07 | 60 | 70 | 70 | 70 | 80 |

หมายเหตุ** SSL = ค่าขีดจำกัดความเร็วที่บังคับใช้ในปัจจุบัน, HCM = ค่าขีดจำกัดความเร็วที่เสนอโดยฐานความรู้ HCM_2000 ของระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบในการศึกษานี้, VICROADS = ค่าขีดจำกัดความเร็วที่เสนอโดยฐานความรู้ VICROADS ของระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบในการศึกษานี้, I&B = ค่าขีดจำกัดความเร็วที่เสนอโดยฐานความรู้ IDOT_2011 and Bellalite_2013 ของระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบในการศึกษานี้, และ USLimits2 = ค่าขีดจำกัดความเร็วที่เสนอโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ USLimits2 [18]

จากตารางที่4ค่าขีดจำกัดความเร็วที่เสนอโดยระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบในการศึกษานี้ มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพหน้าตัดสภาพการจราจร และสภาพการพัฒนาพื้นที่ริมถนน ของแต่ละกรณีศึกษา ซึ่งแตกต่างจากค่าขีดจำกัดความเร็วที่บังคับใช้ในปัจจุบันที่มีค่าเท่ากันในทุกกรณีศึกษา โดยสามารถแสดงตัวอย่างช่วงถนนที่ถูกเสนอให้กำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วในช่วง 80 –90กม./ชม. ดังรูปที่ 6



ช่วงถนน M01 (ทิศมุ่งเหนือ)

ช่วงถนน M01 (ทิศมุ่งใต้)

**รูปที่ 6** แสดงตัวอย่างของช่วงถนนที่ค่าขีดจำกัดความเร็วที่แนะนำโดยระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบนี้มีค่าอยู่ในช่วง 80 – 90 กม./ชม.

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าขีดจำกัดความเร็วที่เสนอโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ USLimits2 พบว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักสามารถเสนอช่วงของค่าขีดจำกัดความเร็วที่ตรงกันกับระบบผู้เชี่ยวชาญ USLimits2 บนช่วงถนนในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 6 ช่วงถนน คิดเป็นร้อยละ 85 ของกรณีศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบนี้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่เทียบเคียงได้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ USLimits2

## 6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้นำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสำหรับประเทศไทย ซึ่งไม่ปรากฏถึงวิธีการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วที่อ้างอิงถึงรากฐานทางทฤษฎีที่เหมาะสมและได้มาตรฐาน โดยการพัฒนาต้นแบบของระบบผู้เชี่ยวชาญที่สามารถแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลัก

ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วบนถนนสายหลักถูกพัฒนาขึ้นตามโครงสร้างและกระบวนการที่กำหนดสามารถแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลของแต่ละกรณีศึกษา ซึ่งแตกต่างจากค่าขีดจำกัดความเร็วที่บังคับใช้ในปัจจุบันที่มีค่าเท่ากันในทุกกรณีศึกษา และสามารถแนะนำค่าขีดจำกัดได้อย่างสอดคล้องกับระบบผู้เชี่ยวชาญ USLimits2

ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบนี้สามารถใช้ในการศึกษาถึงวิธีการและกระบวนการในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องที่ยังขาดประสบการณ์ และผู้ที่สนใจ

อย่างไรก็ตาม ระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบนี้ สามารถแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วได้เฉพาะสำหรับประเภทถนนสายหลักในเขตเมืองชานเมืองและนอกเมือง ซึ่งใช้ในการศึกษาเท่านั้น ดังนั้น เพื่อพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแนะนำค่าขีดจำกัดความเร็วที่สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มความรู้ในการกำหนดค่าขีดจำกัดความเร็วสำหรับประเภทถนนอื่น ๆ ได้แก่ ถนนสายรอง ถนนสายย่อย และทางด่วน รวมทั้งการดำเนินวิธีการประเมินผลระบบผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสมต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิชุดา เสถียรนาม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเนศ เสถียรนาม และอาจารย์ ดร. สโรช บุญศิริพันธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินการศึกษา พร้อมทั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการดำเนินงานวิจัยตลอดระยะเวลาการดำเนินการศึกษานี้

## เอกสารอ้างอิง

[1] กรมทางหลวง. สถิติอุบัติเหตุบนทางหลวง. www.doh.go.th, พ.ศ. 2556.

[2] Dave Westwood. WIN-PROLOG flex Technical Reference. Logic Programming Associates Ltd, 2007.

[3] World Health Organization. Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners. Geneva: Global Road Safety Partnership, 2008, pp. 3 – 10.

[4] กัณวีร์ขณิษฐ์พงษ์ และคณะ. รายงานการวิจัยการใช้ความเร็วในการขับขี่ที่ปลอดภัย. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, พ.ศ.2551, หน้า 129 – 131.

[5] Texas Department of Transportation.Procedures for Establishing Speed Zones.Texas Department of Transportation, 2012.

[6] Gerald J. Forbes,& Teresa Gardner. Methods and Practices for Setting Speed Limits: An Informational Report. Institute of Transportation Engineers, 2012.

[7] Committee for Guidance on Setting and Enforcing Speed Limits. Managing Speed: review of current practice for setting and enforcing speed limits. TBR Business Office,1998, pp. 86 – 87.

[8] Lynda Bellalite. "A Model for Setting Credible Speed Limits in Urban Areas". ITE JOURNAL, pp. 40 – 43, Jan. 2013.

[9] Illinois Department of Transportation.Policy on Establishing and Posting Speed Limits on the State Highway System.Illinois Department of Transportation, 2011.

[10] VICROADS. Traffic Engineering Manual Volume 1: Chapter 7 Speed Zoning Guidelines. VICROADS Business Office, 2013.

[11] VICROADS. VLimits 2.0: USER MANUAL. Australian Road Research Board, 2008.

[12] Roads and Traffic Authority NSW. NSW speed zoning guidelines. NSW Centre for Road Safety, 2009, pp. 15 – 18.

[13] RaghavanSrinivasan,& Martin Parker. Expert system for recommending speed limits in speed zone. TBR Business office, 2006.

[14] National Academy of Sciences.Highway Capacity Manual.TBR Business office, 2000, Chater 21, pp. 5 – 7.

[15] PongridKlungboonkrong. "Application of an Expert System in the Multicriteria Environmental Senstivity Evaluation of Urban Road Networks".Jurnal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 1(2), pp. 469 – 486, 1995.

[16] Clive L. Dym,& Raymond E. (1991). Knowledge – based systems in engineering. McGraw – Hill, Inc., 1991, pp. 14 – 15.

[17] Chang, G. L., Chin, C. S. and Kartam, N. "Selection of Expert System Shell for Traffic Signal Design. Journal of Advance Transportation, pp. 241 – 273, 26(3), 1994.

# An Analysis of Signalized Intersection and Solution for Applying Real-Time Traffic Control Technologies: A Case Study for Mixed Traffic Condition in Hanoi city

Paper Identification number: **AYRF15-060**

Hoang Trung Thong[1], Truong Hoang Hai[2], Tran Duc Tho[3], & Dinh Van Hiep[4]

Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE)
National University of Civil Engineering (NUCE), Hanoi, Vietnam
Telephone (+84-4) 3628-5578, Fax. (+84-4) 3628-5578
E-mail: [1]htthong.nuce@gmail.com; [2]haitruonghoang@gmail.com
[3]thocauduong@gmail.com; [4]hiep.dinhv@gmail.com;

## Abstract

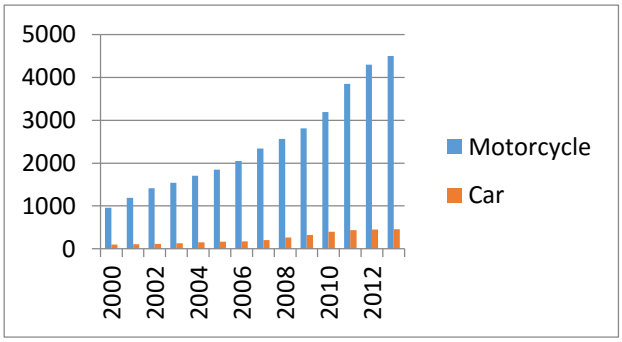
Recent years, the problem of traffic congestion, especially in big cities of Vietnam (for example Hanoi and Ho Chi Minh City), are essential and urgent. It causes horrendous problems for a low quality of life, environmental pollution and economic burden. Presently, almost signalized intersections in cities of Vietnam are using fixed-cycle timing, thus it can not reflect correctly the real situation of traffic flow in different durations (in day, week or month). It leads into problems of traffic congestion because of increasing traffic volume in a direction at sometime. In developed countries, Intelligent Traffic System is used to control traffic signal of directions in accordance with real time traffic volumes. Thus, this study is implemented to analyse the traffic flow current situation of Pham Hung – Me Tri signalized intersection, which is a typical intersection in Hanoi, in different durations. The phases of traffic signal will be determined sensibly based on survey data. In additional, combining design traffic signal with traffic control organization can be an effective solution to relieve the congestion. Evaluating the effectiveness of solutions is based on 2 principal elements: vehicle flow quality and traffic flow quality. Besides, technology solutions are also considered and discussed to apply appropriately for mixed traffic condition in Hanoi City, as well as in other same cities in the world.

**Keywords:** Hanoi, Mixed traffic, Signalized intersection, Real-time traffic controlling**.**

## 1. General Introduction

Viet Nam is a Southeast Asian country which is a developing country and has seen a fast growth of economy in the latest decade. Hanoi is not only one of the two biggest cities but also the capital of Vietnam. The rapid urbanization is leading to fast growth of number and types of vehicles. According to the statistics of National Safety Traffic Committee, up to 2013, the number of vehicles in Hanoi is 4.5 million motorcycles, and 456,000 cars. Please refer in Fig. 1 for more details.

While the rate of traffic vehicle development is high, the rate of infrastructure development is pretty low, it leads a series of problem on traffic quality, environment and life condition. Especially, the problem of traffic congestion in junctions where the traffic flow is mixed seriously.




**Source:** The National Safety Traffic Committee, 2013

**Fig. 1** Number of vehicles in Hanoi from 2000 to 2013 (x 1,000 vehicles)

To solve those problems, Hanoi has made efforts to improve the current situation of traffic quality, especially traffic at intersection, such as: light bridge construction, intersection extension. However, one of the most effective measures, that does not require a large budget, is applying of

technology on intersection management: Applying real-time traffic control technology.

## 2. Situation of intersection in Hanoi

By the statistics of Hanoi Department of Transportation (HDOT), up to the end of 2013, Hanoi has 2,150 intersections with only 6 interchanges. Around 214 intersections were installed lighting traffic signals control, and 33 intersections were installed monitoring camera with 52 cameras of VOV broadcast.

According to the notification No.281/TB-VP, Hanoi has 46 congestion points [1]. While it is 57 congestion points in 2013 as Hanoi Department of Transportation's statistics. The number of congestion points of Hanoi is shown in Table 1 as below.

**Table 1** The number of congestion points in Hanoi

| Year | 2011 | 2012 | 2013 | 2014* |
|---|---|---|---|---|
| | 124 | 67 | 57 | 46 |

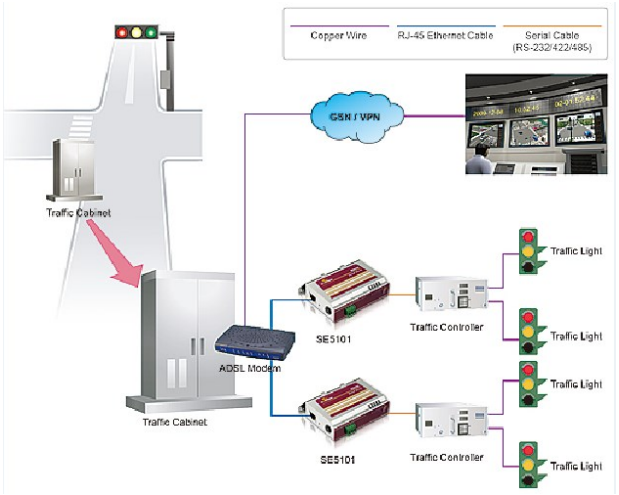
**Source**: Hanoi DOT, 2013; *) No.281/TB-VP, 2014[1].

So the number of congestion points is reducing lightly, however, the congestion situation is still serious due to rapid economic growth and significant traffic increase in recent years.

About the traffic accident data, in 2013, there was 2,634 accidents in Hanoi, in which there are 626 people died and 2,008 people injured. According to the notification of Hanoi Traffic Police Division, in 11 first months of 2014, Hanoi has 1,804 traffic accidents, killing 506 people and injuring 1,684 people. The number of traffic accidents was decreased by 174 accidents in comparison with the same period in 2013, the death toll dropped by 2 persons, and the number of injuries increased by 18 persons. The current situation shows that almost problems of traffic congestion happened at intersections, especially at-grade intersection.

In difficult conditions of landing for urban traffic, changing infrastructure requires both of a long time and a large budget, while Applying real-time traffic control technology has seen the best solution on saving time and money.

Applying real-time traffic control technology is one of applications of Intelligent Transport System in traffic urban, the core principal of this solution is to improve timing circle basing on collected data of basic traffic and travel conditions. The main purpose is to minimize conflict points, mitigate traffic congestion and directly to reduce wasting-time, fuel consumption and vehicle emissions.




**Source:** http://www.iebmedia.com/ethernet.php?id=8495&parentid=74&themeid=275&hft=68&showdetail=true&bb=1

**Fig. 2** Model of applying real-time traffic control technology

## 3. The case study of Hanoi city

### 3.1 Scope of study



**Fig. 3** Pham Hung – Me Tri Intersection [2]

Pham Hung-Me Tri is a signalized-intersection at west of Hanoi city, in which is intersection of two urban arterial road axes, there are Pham Hung street axis and Me Tri-Duong Dinh Nghe street axis. The real volume of approaches varies over time, especially at peak hours, the movements concentrate on a direction, its consequence leads into a serious situation of congestion.

The case study of Pham Hung – Me Tri intersection is under Project of traffic improvement of intersections in Hanoi. The objective of project is to analyze in details of the current situation of typical intersections in Hanoi to provide basic data for demand forecast, to indentify the meeting and needs, and to propose measures for traffic improvement at intersections.

This paper presents the survey result of Pham Hung-Me Tri intersection and proposes a solution of applying real-time technology on intersection management. The survey was carried out by Institute of Planning and Transportation Engineering by August, 2014.

The main contents of four surveys are shown in Table 2 as follows:

**Table 2** Contents of surveys

| No. | Type of survey | Contents |
|---|---|---|
| 1 | Dimensional survey | Features of dimension |
| 2 | Traffic signal timing circle | Time of phases and circle |
| 3 | Traffic volume counting | Traffic volume in directions |
| 4 | Queue length survey | Queue length in directions |

**Source:** IPTE, 2014 [2]

### 3.2 Survey methodology

The methodology of survey is combination between laboratory study and field survey. The counting and recording was implemented on field, after that re-checking was conducted in laboratory by video recorded. The surveys of traffic signal circle, traffic volume and queue length are conducted at 2 periods of peak hours: AM Peak (7h - 8h) and PM peak (17h - 18h).

### 3.3 Survey results

Pham Hung-Me Tri is a signalized-intersection with 3 phases of signal circle, in the other hand this is a fully channelized intersection with four channelizing triangular islands, and divisional island in each approach [2].

In conflict area of intersection, the movements make an intersection angle of $90^0$ (this is the most dangerous intersection). The intersection is always free at right-turn. In Me Tri-Duong Dinh Nghe axis, vehicle turns left directly in conflict area. In Pham Hung axis vehicle turns left by U-turning at northbound and southbound of Pham Hung. The total area of intersection is about 11,865 $m^2$.

Existing intersection is performing at level-of-service D. The general configuration of Pham Hung-Me Tri intersection is shown in Fig. 4

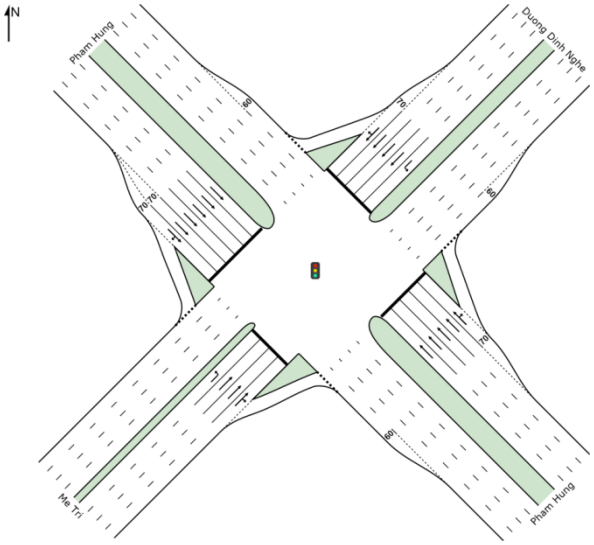



**Fig. 4** Layout of Pham Hung - Me Tri signalized

Pham Hung street is a dual-4 lanes with 50km/h of speed limit. The approach of Pham Hung street to intersection (at side of Me Tri street) is expanded to make a 6 lane-cross section, and the other side (at side of Duong Dinh Nghe street) is 5lane-section. Pham Hung has a grass-raised median with 21m of width, above the median is Ring road No.3, but it has not any significant impaction on the traffic intersection.

Me Tri street is a dual-4 lanes with a grass-raised median which has 3meters of width. The approach of Me Tri street to intersection is not expanded.

Duong Dinh Nghe street is a dual-4 lanes with a grass-raised median which has 3meters of width. The approach of Duong Dinh Nghe street to intersection is expanded to make a 5lane-cross section (2 straight and 3 left-turn).

The intersection has 4 direct-right lanes. Its dimension is shown Table 3.

**Table 3** Width of right lane

| Sign | Direction | Width (m) |
|---|---|---|
| 1R | Pham Hung - Me Tri | 7 |
| 2R | Duong Dinh Nghe - Pham Hung | 10 |

| Sign | Direction | Width (m) |
|---|---|---|
| 3R | Pham Hung - Duong Dinh Nghe | 7 |
| 4R | Me Tri - Pham Hung | 7 |

**Source:** IPTE, 2014 [2]

The intersection has 2 U-turning on Pham Hung street, the width and distance from U-turning to stop-line in corresponding as Table 4.

**Table 4** Dimensions of U-turning

| Sign | Width | Radius | Distance |
|---|---|---|---|
| QD1 | 14 | 7 | 190 |
| QD2 | 14 | 7 | 210 |

**Source:** IPTE, 2014 [2].

Both of Duong Dinh Nghe street and Me Tri street have fully marking and signing. Each of mark line of Me Tri street and Duong Dinh Nghe street for pedestrian has 40cm of width and 60cm of distance between each others. Besides there is a pedestrian tunnel crossing Pham Hung street.

Signing system and signal system are operating well. There are 3 types of sign: regulatory sign, warming sign and guide sign.

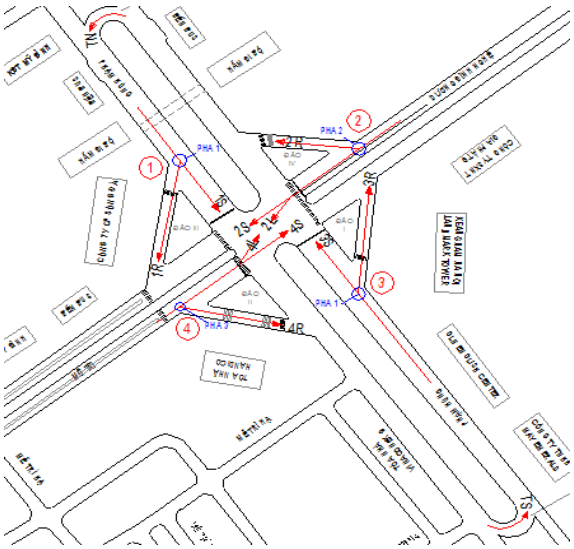


**Fig. 3** Layout of Pham Hung-Me Tri intersection

After collecting the traffic data of the number of vehicles by type, all types of vehicle was converted into 2 types of vehicle: compact car (motorcycle & car) and heavy car (truck).

The PCU factor to convert traffic volume from types of vehicle into passenger car unit (PCU) is taken from TCVN 4054 (2005) and it is adjusted to correspond to traffic conditions of Hanoi city.

**Table 5** PCU factor

| Type | Motorcycle | Car | Truck |
|---|---|---|---|
| Factor | 0.3 | 1.0 | 2.62 |

**Source:** TCVN4054-2005, 2005 [3]

The results of traffic volume survey at Pham Hung-Me Tri intersection at peak hours (pcu/h) are shown in Tables 6 and **7**.

**Table 6** Traffic volume at AM peak hour

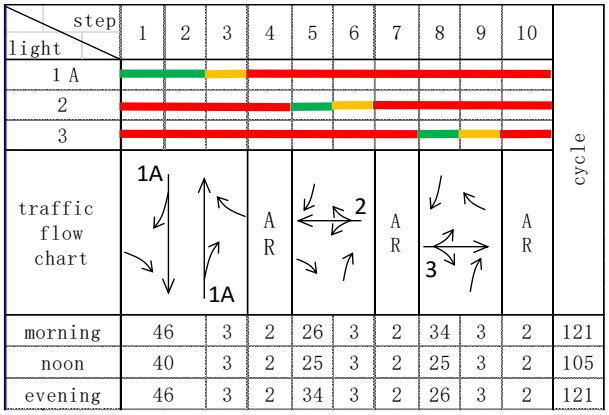
| Direction | Traffic volume (pcu/h) | | Total |
|---|---|---|---|
| | Compact car | Heavy car | |
| 1S | 2,750 | 76 | 2,826 |
| 1R | 351 | 36 | 387 |
| 2L | 471 | 0 | 471 |
| 2S | 1,219 | 19 | 1,238 |
| 2R | 854 | 27 | 881 |
| 3S | 2,931 | 24 | 2,955 |
| 3R | 1,818 | 30 | 1,848 |
| 4L | 519 | 14 | 533 |
| 4S | 2,391 | 27 | 2,418 |
| 4R | 635 | 4 | 639 |
| Total | 13,939 | 257 | 14,196 |

**Table 7** Traffic volume at PM peak hour

| Direction | Traffic volume (pcu/h) | | Total |
|---|---|---|---|
| | Compact car | Heavy car | |
| 1S | 2,621 | 60 | 2,681 |
| 1R | 677 | 26 | 703 |
| 2L | 707 | 0 | 707 |
| 2S | 1,841 | 9 | 1,850 |
| 2R | 1,072 | 29 | 1,101 |
| 3S | 2,070 | 24 | 2,094 |
| 3R | 1,007 | 17 | 1,024 |
| 4L | 344 | 14 | 358 |
| 4S | 1029 | 23 | 1,052 |
| 4R | 321 | 6 | 327 |
| Total | 11,689 | 208 | 11,897 |

Timing-circle of signal survey shown that Pham Hung-Me Tri intersection is using 3 phase-signal. Timing-circle is changing over time:

- Phase 1: straight from Pham Hung street.
- Phase 2: straight and left turn from Duong Dinh Nghe street.
- Phase 3: straight and left turn from Me Tri street.
- The right lane of all directions are free.




**Source:** IPTE, 2014 [2]

**Fig. 5** Traffic light circle of Pham Hung – Me Tri intersection.

Queue length was measured every 5-minutes in peak hours. The queue length is quite long. In overall, there are 47 and 35 vehicles at AM peak and PM peak respective need to queue [2]. The detail summary of Pham Hung Me Tri intersection is provided Tables 8 and 9.

**Table 8** Summary of queue length in AM peak

| Dir. | Deg. Satn V/C | Ave. Delay (s) | LOS | 95% back of queue | Aver. Speed (km/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| Pham Hung | | | | | |
| 3S | 0.778 | 34.5 | C | 26.9 | 38.6 |
| 3R | 0.700 | 16.4 | B | 34.5 | 46.8 |
| App. | 0.778 | 27.5 | C | 34.5 | 41.4 |
| Duong Dinh Nghe | | | | | |
| 2L | 0.903 | 66.1 | E | 19.8 | 29.0 |
| 2S | 0.864 | 52.9 | D | 18.1 | 32.5 |
| 2R | 0.917 | 61.7 | E | 31.1 | 29.7 |
| App. | 0.917 | 58.3 | E | 31.1 | 30.8 |
| Pham Hung | | | | | |
| 1S | 0.604 | 31.3 | C | 17.6 | 39.9 |
| 1R | 0.250 | 10.3 | B | 4.1 | 50.5 |
| App. | 0.604 | 28.8 | C | 17.6 | 40.9 |
| Me Tri | | | | | |
| 2L | 0.454 | 49 | D | 16.4 | 33.4 |
| 2S | 0.947 | 57.9 | E | 46.6 | 31.1 |
| 2R | 0.449 | 33.5 | C | 17.9 | 38.7 |
| App. | 0.947 | 52.3 | D | 46.6 | 32.5 |
| Ove. | 0.947 | 39.7 | D | 46.6 | 36.5 |

**Table 9** Summary of queue length in PM peak

| Dir. | Deg. Satn V/C | Ave. Delay (s) | LOS | 95% back of queue | Aver. Speed (km/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| Pham Hung | | | | | |
| 3S | 0.551 | 30.5 | C | 16.9 | 40.2 |
| 3R | 0.759 | 16.2 | B | 19.6 | 46.9 |
| App. | 0.759 | 25.8 | C | 19.6 | 42.2 |
| Duong Dinh Nghe | | | | | |
| 2L | 0.903 | 60.1 | E | 27.8 | 30.4 |
| 2S | 0.909 | 55.7 | E | 35.1 | 31.7 |
| 2R | 0.909 | 48.8 | D | 35.1 | 33.2 |
| App. | 0.909 | 54.5 | D | 35.1 | 31.9 |
| Pham Hung | | | | | |
| 1S | 0.614 | 31.4 | C | 18.1 | 39.9 |
| 1R | 0.657 | 16.2 | B | 14.4 | 46.8 |
| App. | 0.657 | 28.3 | C | 18.2 | 41.1 |
| Me Tri | | | | | |
| 2L | 0.615 | 51.8 | D | 11.7 | 32.6 |
| 2S | 0.849 | 53.2 | D | 19.4 | 32.4 |
| 2R | 0.413 | 32.6 | C | 9.3 | 38.8 |
| App. | 0.849 | 49.0 | D | 19.4 | 33.5 |
| Ove. | 0.909 | 38.7 | D | 35.1 | 36.8 |

## 4. Real-time traffic control technology

### 4.1 Why does Pham Hung-Me Tri traffic light need a new traffic light circle?

According to the surveys, the traffic situation at Pham Hung-Me Tri intersection can be summarized as follows:

- Movements are in confusion, the service level of intersection is quite low;
- The congestion situation is pretty serious, especially at peak hours;
- Phases of signal circle do not reflect exactly the situation of flow traffic.

### 4.2 Solutions

In the future, to solve these problems to improve traffic situation at intersections, Hanoi needs to have general and durable measures. Some solutions proposed to improve the current traffic situation at Pham Hung-Me Tri intersection as follows:

- Installing a light bridge to make an inter-grade intersection;
- Expanding the intersection to increase the capacity of intersection;
- Changing signal circle and applying sensor-technology with real-time circle.

At that, Applying real-time traffic control technology is an effective solution which is much appreciated in aspects of economy, technology and apropos time.

### 4.3 Changing signal circle and applying real time traffic control technology

*a. Input data*

Cross section of streets:

- Duong Dinh Nghe street: 4 straight lanes (2S) and 1 left lane (2L);
- Me Tri street: 3 straight lanes (4S), 1 left lane (4L).

Traffic light circle contains 3 phases:

- Phase 1: straight direction of Pham Hung street (1S & 3S);
- Phase 2: straight direction (2S) and left direction (2L) of Duong Dinh Nghe street;
- Phase 3: straight direction (4S) and left direction (4L) of Me Tri street.
- besides all of right directions (1R, 2R, 3R, 4R) and U-turn (TN, TS) are always free.

Type of signal light: real-time circle traffic light. The time circle is calculated for 2 cases: AM peak and PM peak. The data of traffic volume is taken from Tables 6 and 7.

*b. Calculation progress*

In order to improve overall junction performance as well as to mitigate the queue length, another scenario with the changing and adjusting of traffic signal will be analysed.

Optimum cycle time to minimize time delay as well as queue length was calculated by SIDRA INTERSECTION software. The analysis result by approach of optimum cycle time scenario are shown in Tables 10 and 11.

: AM – Optimum cycle time

**Table 10** The result of circle time calculation (cycle time = 70 seconds)

| Dir. | Deg. Satn V/C | Ave. Delay (s) | LOS | 95% back of queue | Aver. Speed (km/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| Pham Hung | | | | | |
| 3S | 0.848 | 29.3 | C | 16.2 | 40.8 |
| 3R | 0.750 | 14.0 | B | 23.0 | 48.3 |
| App. | 0.846 | 23.4 | C | 23.0 | 43.4 |
| Duong Dinh Nghe | | | | | |
| 2L | 0.934 | 54.8 | D | 14.0 | 31.8 |
| 2S | 0.764 | 27.9 | C | 11.9 | 41.4 |
| 2R | 0.764 | 18.8 | B | 11.9 | 45.5 |
| App. | 0.934 | 29.7 | C | 14.0 | 40.4 |
| Pham Hung | | | | | |
| 1S | 0.702 | 23.7 | C | 10.6 | 43.4 |
| 1R | 0.265 | 8.8 | A | 2.5 | 51.5 |
| App. | 0.702 | 21.9 | C | 10.6 | 44.3 |
| Me Tri | | | | | |
| 2L | 0.455 | 31.2 | C | 9.6 | 39.8 |
| 2S | 0.937 | 37.4 | D | 28.8 | 37.5 |
| 2R | 0.444 | 20.5 | C | 10.6 | 44.9 |
| App. | 0.937 | 33.4 | C | 28.8 | 38.9 |
| Ove. | 0.937 | 26.8 | C | 28.8 | 41.8 |

: PM – Optimum cycle time

**Table 11** The result of circle time calculation (cycle time = 70 seconds)

| Dir. | Deg. Satn V/C | Ave. Delay (s) | LOS | 95% back of queue | Aver. Speed (km/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| Pham Hung | | | | | |
| 3S | 0.742 | 27.6 | C | 10.5 | 41.5 |
| 3R | 0.814 | 17.5 | B | 15.9 | 46.1 |
| App. | 0.814 | 24.3 | C | 15.9 | 42.9 |
| Duong Dinh Nghe | | | | | |
| 2L | 0.925 | 47.4 | D | 19.8 | 33.9 |
| 2S | 0.621 | 20.7 | C | 10.9 | 45.1 |
| 2R | 0.724 | 14.4 | B | 13.9 | 47.9 |
| App. | 0.925 | 23.9 | C | 19.8 | 43.1 |
| Pham Hung | | | | | |
| 1S | 0.870 | 34.9 | C | 13.4 | 38.4 |
| 1R | 0.736 | 12.5 | B | 9.7 | 49.1 |
| App. | 0.870 | 30.2 | C | 13.4 | 40.2 |
| Me Tri | | | | | |
| 2L | 0.660 | 34.2 | C | 7.1 | 38.6 |
| 2S | 0.899 | 38.7 | D | 12.8 | 37.0 |

| Dir. | Deg. Satn V/C | Ave. Delay (s) | LOS | 95% back of queue | Aver. Speed (km/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2R | 0.426 | 22.7 | C | 5.6 | 43.4 |
| App. | 0.899 | 34.8 | C | 12.8 | 38.4 |
| Ove. | 0.925 | 27.4 | C | 19.8 | 41.5 |

Judging from the movement summary, it states queue length at both AM and PM was reduced from 46 to 29 vehicles and 35 to 20 vehicles respective. All of approaches will be operated at acceptable Level of Service (LOS) of C. Consequently, mitigation measure should be considered to increase the junction performance.

*c. Result of signal time circle design*

Base on the mitigation result, a solution supposed: the movements in a signal circle will be kept but the traffic signal should be applied as follows:

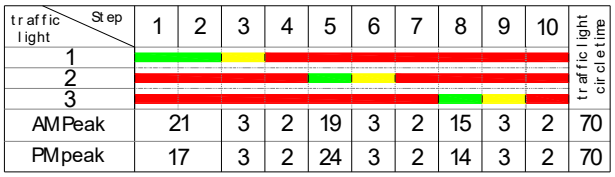



**Fig. 6** Phases of traffic signal circle in peak hours

## 5. Conclusions

To judge the effective of applying real-time traffic control technology solution, those elements, which are typical features of vehicle flow quality and traffic flow quality, will be presented to compare with current situation.

The results in more details of comparison are shown in Tables 11 and 12 as follows:

**Table 11** Comparison before and after changing signal circle at AM peak

| Element | AM | |
|---|---|---|
| | Existing Traffic signal | Optimized Traffic Signal |
| LOS | D | C |
| DOS (%) | 95 | 94 |
| Avg. delay (s) | 40 | 27 |
| 95% back of queue | 47 | 29 |
| Avg. speed (km/h) | 37 | 42 |
| Impact on queue | - 38% | |

**Table 12** Comparison before and after changing signal circle at PM peak

| Element | AM | |
|---|---|---|
| | Existing Traffic signal | Optimized Traffic Signal |
| LOS | D | C |
| DOS (%) | 91 | 93 |
| Avg. delay (s) | 39 | 27 |
| 95% back of queue | 35 | 20 |
| Avg. speed (km/h) | 37 | 42 |
| Impact on queue | - 43% | |

Therefore using optimized traffic signal will help to reduce queue situation as well as average delay timing. In additional it also helps to increase the average vehicle speed and directly to improve the service level of intersection.

Currently, Hanoi has not any plan to expansion intersections in the city, thus applying real-time traffic control technology solution as mentioned above will play an important role in improvement the traffic situation at intersection. It can be applied not only for Pham Hung – Me Tri signalized intersection but also for other similar intersections in the world.

## 6. Acknowledgement

The authors would like to express acknowledgement to Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE)-Vietnam for their supporting and providing materials for the study.

## References

[1] No.281/TB-VP (2014). *Notification No.281/TB-VP dated November 17th, 2014*. Hanoi People's Committee.

[2] IPTE (2014). *Report on data collection of transportation system in Hanoi, Viet Nam* (prepared by Institute of Planning and Transportation Engineering, IPTE).

[3] TCVN4054-2005. *The Highway Design Standards, Ministry of Transportation, Vietnam*.

# An Efficient Solution to Promote Public Transportation toward Sustainable Development: A Case Study in Haiphong city

Paper Identification number: **AYRF15-061**

Nguyen Quang Thanh[1], Hoang Trung Thong[2], Truong Hoang Hai[3], & Dinh Van Hiep[4]

[1]Project Management Unit of Regional Transport Works
Department of Transport in Haiphong city, Vietnam
E-mail: mrthanh.pmuhp@gmail.com

[2,3]Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE)
National University of Civil Engineering (NUCE), Hanoi, Vietnam
Telephone (+84-4) 3628-5578, Fax. (+84-4) 3628-5578
E-mail: [2] htthong.nuce@gmail.com; [3]haitruonghoang@gmail.com; [4]hiep.dinhv@gmail.com

## Abstract

Traffic congestion is a major urban transport problem, it causes horrendous problems for a low quality of life, environmental pollution and economic burden. One of measures for sustainable traffic is to promote the development of public transportation and restrict the use of privacy vehicle. In Vietnam, which is a developing country with a larger number of motorcycle along with cars increasing rapidly recently, public transport solution is shown in transportation planning by appropriate authorities. However, it seems like a big gap between reality and planning that the result is not as well as expected. For example, in the master plan of public transport in Haiphong city issued in 2007, the share of public transport was set 10% in 2015, but in fact the share is only less than 1%. The problem is to need a management model, which has mechanisms and policies to ensure the promotion of public transportation and to narrow the gap between implementing and planning. The paper presents an analysis of current traffic and public transportation situations in Vietnam, and to focus on the case study in Haiphong city. Then, the study presents traffic management models for promoting public transportation under proposed policy and subsidy schemes for Haiphong city and for Vietnam in general.

**Keywords:** Haiphong, motorcycle, Public transportation, Traffic management models, Sustainable transport.

## 1. General Introduction

Hai Phong is the second largest city and the largest port city in the North Vietnam. The City's population is 1.9 million as state of 2011. The urban population is 879,452 as 46.1% of the total. It is expected to grow by 6.6% per year to reach approximately 2.2 million in 2025. Economic growth is expected to be approximately 10% per year.

The population growth and economic growth will lead to an increase of transport demand. Moreover, the expected increase of incomes will influence the choice of transport modes. While motorcycles are dominant in present traffic, an increase of private cars can be expected, putting more pressure on the limited capacity of the arterial roads in the future.

As statistics data of Hai Phong Department of Transportation (HP-DOT) of 2013, Hai Phong has 967.032 registered vehicles of which 93% are motorcycles.

**Table 1** Vehicle in Hai Phong in 2013

| Vehicle type | Number |
|---|---|
| **Automobiles** | **70,367** |
| Tractor | 7,325 |
| Container | 7,704 |
| Passenger car | 6,193 |
| Coach (fixed route under transportation companies) | 474 |
| Coach (under transportation contract) | 543 |
| Taxi | 1,999 |
| Bus | 85 |

| Vehicle type | Number |
|---|---|
| Private passenger car, light trucks and other vehicle types | 46,044 |
| **Motorcycles** | **896,665** |
| **Total** | **967,032** |

**Source:** HP-DOT, 2014 [1]

The large share of motorcycles is a main reason which leads into problems of low quality of life, environmental pollution and economic burden.

Decision No. 1118/QD-UBND dated June 25, 2007 on planning of Hai Phong Public Transport by Buses that Hai Phong city required that there should be a total of 18 bus lines in by the year 2010, which should meet 10- 15% of travelling demand. Further it stated that there should be 33 bus lines in total by the year 2020, reaching 20- 25% of travelling demand, but the actual development of the City's bus transport is hindered by the poor public transport infrastructure and a limited budget for subsidizing their operation, so currently, there are 16 bus routes in Hai Phong of which 11 in operation and frequencies are relatively low and the bus system serves not more than 1.0% of the transport demand [2]

To solve those problems, recently, the Decision No. 280/QĐ-TTg dated March 8, 2012 of the Prime Minister stated that:"provinces and cities that have a large number of bus lines, operated by many units involved in transporting passengers should research to establish an operational management centre of bus public transport to monitor and manage the quality of bus services" [3]. The Decision shows the attention and vision of Prime Minister on the improving and promoting of public transport. Therefore, the establishment of a center (called PTA) to manage the public urban bus operation is efficient and necessary in two aspects, policy aspect and technical aspect.

A Public Transport Authority (PTA) is to provide the City with the organization, competences and tools to manage and improve the entire urban public transport of Hai Phong, executed by public and private operators.

## 2. Current situation of Bus system in Hai Phong

### 2.1 Bus Network and Operators

In 2004, bus transport was re-introduced in Hai Phong. At present, the urban public transport consists of 16 bus routes, of which 11 are currently in operation [2].

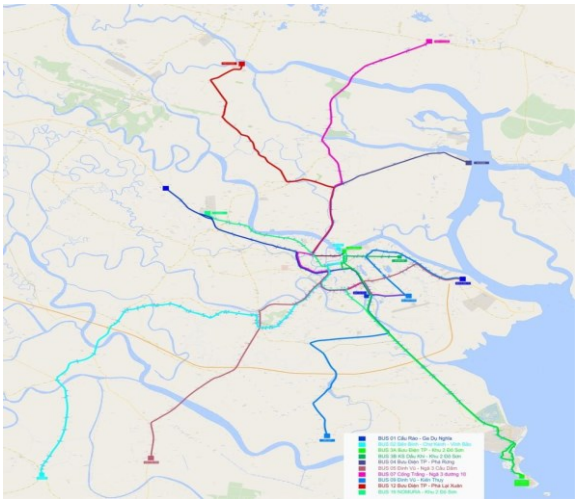


**Fig. 1** Current bus network of Hai Phong

Currently, there are five operators who manage 11 current bus routes as in Table 2. These units, in addition to participating in the operation of bus for the city, also perform business services to offset the cost of bus operation [2].

**Table 2** Bus company & Bus route in Hai Phong

| No | Name of operator | Operated bus line | Other business service |
|---|---|---|---|
| 1 | Haiphong Road Management Company | - No.1: Rao bridge- Du Nghia<br>- No.2 : Ben Binh- Tien Lang- Vinh Bao | - Construction, upgrade, repair, maintenance of civil & transport construction<br>- Inland waterway transport by ferry and brow. |
| 2 | Thinh Hung limited company | - No.3A: Haiphong post office – Do Son<br>- No.3B: Petro hotel – Do Son<br>- No.07: Cong Trang – Le Hong Phong – Uong Bi | - Inter province transport services<br>- BigC bus lines transport services |
| 3 | Tan Viet Travel and Trading joint | - No.04: Post office – Minh Duc<br>- No.12: Lai Xuan Ferry | - Inter province transport services<br>- Travel transport service |

| No | Name of operator | Operated bus line | Other business service |
|---|---|---|---|
| | stock company | – Metro Supermarket | |
| 4 | Quoc Hung limited company | - No.13: Cat Ba town - Gia Luan Ferry<br>- No.14: Cat Ba town – Cai Vieng | - Travel transport<br>- Tourism services<br>- Entertainment<br>- Frozen factory<br>- Frozen seafood; Flower |
| 5 | Quang Dong travel and transport Company | - Dinh Vu – Kien Thuy – Dai Ha | - Transport service<br>- Warehouse<br>- Garage |

**Source:** PTA-HP, 2015[2]

Hai Phong Road Company is a state owned enterprise (SOE), which has been converted to a Limited Liability Corporation that meets mandates of the 2010 Law on Enterprises, with a trade name of Hai Phong Road Co., Ltd. Regardless, it is still 100% SOE and entitled to receive subsidy from the Government.

Four remaining bus companies operating in the City are privately owned. Private operators are not entitled to receive state subsidies. Currently, bus operations are arranged under direct concessionaire contracts that are not competitively tendered [2].

## 2.2 Infrastructure

*a. Bus Stops*




**Fig. 2** Bus and bus stop in Haiphong city

According to our survey [2], in Hai Phong, there are 520 bus stops, of which there are 103 bus stops with shelters, 405 bus stops with sign boards and 12 bus stops with painted lines.

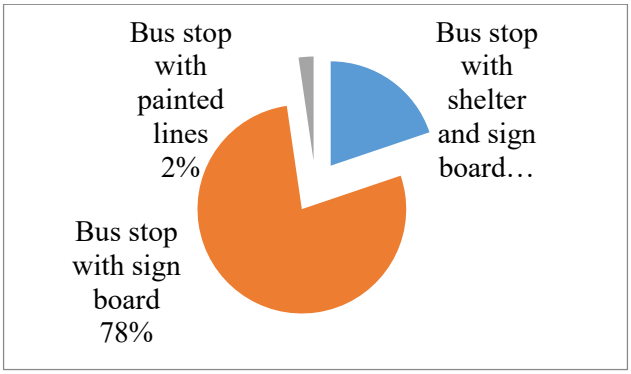



**Fig. 3** Share of Bus stop's equipment

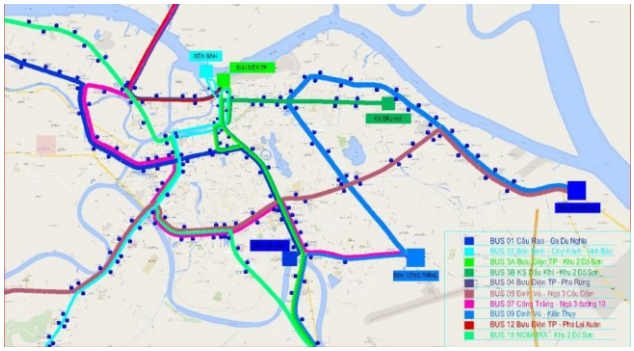


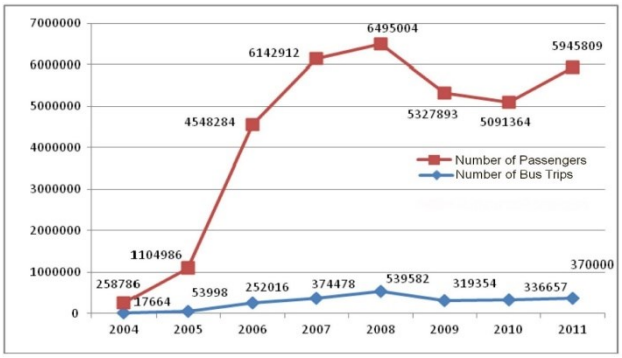
**Fig. 4** Bus stop in Hai Phong city

*b. Stations, garages*

Total area of stations is 3.23 ha, in which the area itself is 0.3 hectares, an area of 2.5 ha is from the city and an area of 0.43 hectares is rented. Location of stations are distributed irrationally and it's a major reason that affects service quality, raises the cost of operation and reduces business efficiency of bus transport enterprises.

## 2.3 Number of Passengers

The figure below presents the number of passengers and bus trips for the years 2004-2011. In 2004, bus transport was re-introduced in Hai Phong. In 2008, the fare was increased substantially from 4,000-5,000 dong to 10,000-12,000 dong, leading to a decrease of the number of passengers.



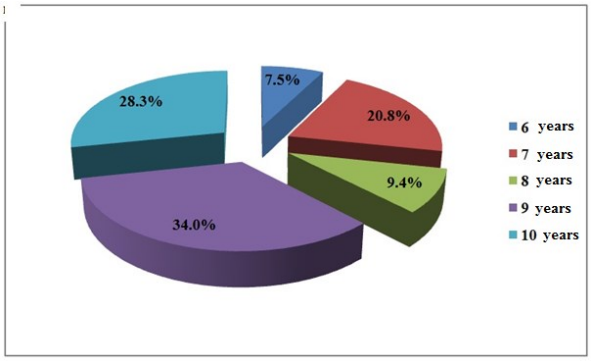

**Source:** HP, 2012[4]

**Fig. 5** Passengers and Bus trips 2004 – 2011

In 2014, the average number of passengers per day was 13,452. On an urban population of 879,452 that is less than 0.02 bus trip per inhabitant, indicating that the grand majority uses other means of transport. The main competitor of public transport in Hai Phong is the motorcycle, accounting for 93.0% of available vehicles. (The above mentioned passenger numbers do not include the privately financed bus lines).

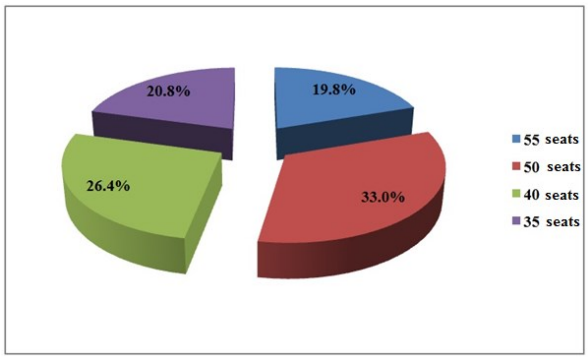
## 2.4 Fleet

There are 05 bus transport operators in Hai Phong city with total vehicles of 106. In which: 62.0% of vehicles have the operation duration of 8 years; only 7.5% under 7 years. Types of vehicles B50, B55 account for the largest share as about 53.0%. Of the five firms are exploited, Hung Thinh Co., Ltd. accounts for the largest share with 40 vehicles as about 38.0%. Currently, Some vehicles are too old and produce black smoke when running.




**Source:** PTA-HP, 2015[2]

**Fig. 6** Share of vehicle by year




**Source:** PTA-HP, 2015[2]

**Fig. 7** Share of vehicle by seat

## 2.5 Services

*a. Frequency*

The service of bus routes in weekdays and weekend day are almost the same. During weekend day, the headway way of bus route No.1 is 15 minutes, bus route No. 3A and 3B are under 10 minutes. Other routes have a lower frequency [2].

*b. Fares*

Currently, there are 2 types of fares: single ticket, monthly ticket which are given by bus enterprises themselves after registering with the state agencies (the State does not approve the fare). The single ticket is not fixed on the network, it is change by the length of bus trip and by the operation companies. When there are fluctuations in the cost of production, the enterprises shall build adjustments and re-register. In 2015, the fare changes from 7,000 VND for the short routes up to 28,000 VND for the longest route of the bus route number 07. The monthly fare varies from 150,000 VND – 450,000VND for the routes. Detail information of fares of bus routes in 2014 - 2015 is as in Table 3 below.

In current fare structure, there are still no exemption policies built in subsidy routes for preferential subjects such as War Invalids, sick soldiers, the disabled, pupils, students,..

**Table 3** Bus fare in Hai Phong city (thous.VND)

| Bus line number | Single ticket | | Monthly ticket | |
|---|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| 1 | 7-10 | 10 | 150-200 | 220 |
| 2 | 12-20 | 12-20 | 250 | 250 |
| 3A | 10-17 | 10-17 | 450 | 450 |

| Bus line number | Single ticket | | Monthly ticket | |
|---|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| 3B | 10-17 | 10-17 | 450 | 450 |
| 4 | 10-20 | 10-18 | 400 | 400 |
| 5 | 10-15 | 8-15 | 400 | 400 |
| 7 | 10-30 | 10-28 | 450 | 450 |
| 12 | 10-20 | 10-18 | 400 | 380 |
| 13 | 7-15 | 7-15 | 200-400 | 200-400 |
| 14 | 7-15 | 7-15 | 200-400 | 200-400 |

**Source:** PTA-HP, 2015[2]

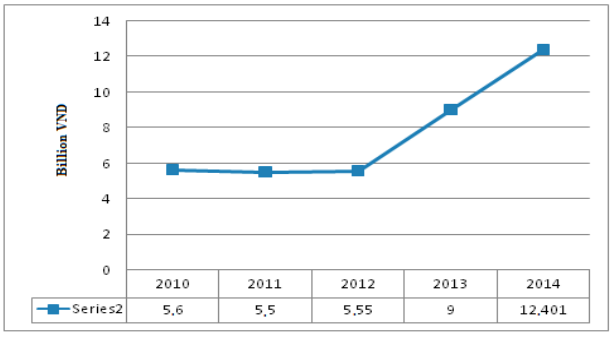
## 2.6 Passenger Information

At present, passenger information is limited to information on the bus stops. Stops signs indicate the route but do not mention the frequency or the times of the first and last trip. A limited number of stops are provided with a shelter that includes a route map. Unfortunately the route map is not up-to-date anymore.

## 2.7 Operating Subsidy

Currently, Hai Phong city is supporting the cost of operation on 02 bus routes (routes No.01, 02) of Haiphong Road Management Company (HPRC). The bus companies have completed the draft of subsidy mechanism and are waiting for city's approval. The support level has increased over the years, in 2014, total support level is 12.4 billion Vietnam dong.

**Table 4** Subsidy value by years




**Source:** Hai Phong DOT 2014

## 2.8 Institutional framework

At present, the Governmental management for all modalities of public transport, as well as inter-provincial public transport, is at responsibility of the Transport Management Division (TMD) under the Hai Phong Department of Transport (DOT).

The Transport Management Division (TMD) is responsible for organizing the route structures for public transport services in Haiphong. At present, management is limited to administrative procedures such as registration and licensing and the management of subsidies to HPRC for operating bus lines 1 and 2. The TMD has little influence on the level of service (scheduling and frequency), fare setting, or compliance with relevant regulations in the operation of public transport [2].

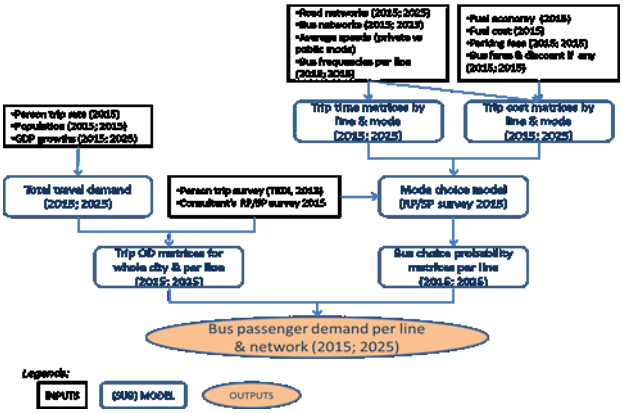
## 3. Bus demand forecasts

In order to develop a public transport management agency, a strong forecast is necessary to observe the number of passenger in the future and to draft a roadmap for the development of public transport management agency.

Bus demand modeling framework is based on the zoning system developed for the study and consists of the following steps:

(1) Estimating the total travel demands in the base year and future year based on growth factor analysis;
(2) Establishing OD trip matrices for the whole city and per bus line in the base year and future year based on TDSI survey, supplemented by the RP/SP survey and city development adjustments;
(3) Calculating trip time and cost matrices per bus line based on the road network, bus network, average speeds by mode, fuel economy and cost, and bus fares and discounts (if any).
(4) Calibrating a binary Logit model to represent mode choice decision between private mode (represented by motorcycle) and public transport mode (bus) using a dataset derived from RP/SP survey;
(5) Calculating matrices that show the probability or likelihood of choosing bus mode between pairs of zones served by specific bus line based on the calculated trip time and trip cost matrices;
(6) Estimating bus demand per bus line in the base year and future year by multiplying the OD trip matrix with the bus choice probability matrix per bus line in the base and future years.

(7) Aggregating forecasted bus passenger demands per line to produce the total passenger demand for the whole bus network.




**Source:** PTA-HP, 2015[5]

**Fig. 8** Bus demand modelling framework

## 4. Establishment of the Public Transport Authority (PTA) of Haiphong city

### 4.1 Why Haiphong city need a PTA?

The results of current situation surveys and demand forecast show that:

- Population growth and economic growth will lead to an increase of transport demand and gradually also to a substitution of motorcycles by private cars. The effect of both developments is expected to produce a substantial increase of congestion in the coming ten years. In due time, public transport will have to play a key role in keeping the city accessible.
- For the bus network to play a greater role in the urban transport of Haiphong, extension of the network and increase of the frequencies should be considered, as well as a general improvement of the quality of services, improvement of the infrastructure and provision of adequate passenger information.
- Inevitably, good urban public transport requires subsidy in order to keep the fares at an affordable level. The improvement and extension of bus services will lead to an increase of the subsidy need.
- Successful public transport requires creating a level playing field in which both public and private operators are subject to the same regime and conditions, including subsidy arrangements.

In the other hand, Development and operation of public transport system is one of the most important issues that are approved by the Ministry of Construction, also by Vietnam's Government.

Thus, Haiphong city needs to establish an operational management center of bus public transport to monitor and manage the quality of bus services.

### 4.2 Organization of the PTA

Fig. 9 shows the proposed organization of the PTA, including all tasks. It is not recommended to have separate units for each task, because that would require more management posts and more coordination. Instead it is proposed to group the tasks in three units: Planning, Contracting and Projects.

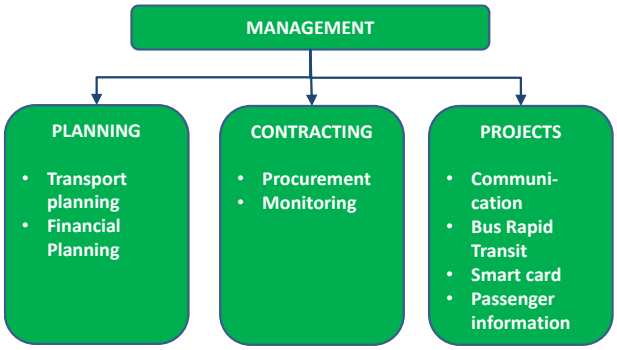



**Fig. 9** Organization of the PTA

### 4.3 Roles and tasks of the PTA

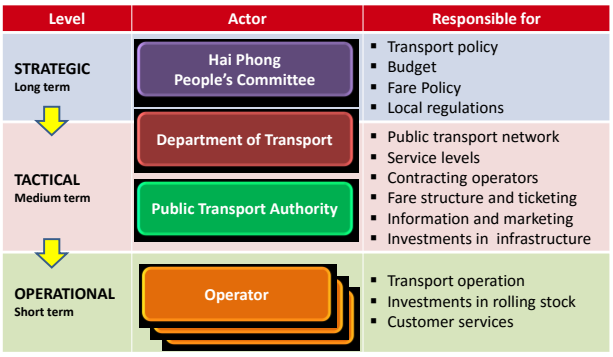



**Fig. 10** Actors in the organization of public transport

The main tasks of the Public Transport Authority are:

- Transport Planning;
- Financial Planning;
- Contract Management;
- Communication;
- Project Development.

***Transport Planning***

The city's transport policy and the transport demand needs to be translated in transport services. The transport planners design the network and determine the services to be provided, including the headways for each line and each hour of operation.

***Financial Planning***

A crucial task of the PTA is to ensure that public transport operation is affordable to the customers as well as financially sustainable for the operators. Fares and subsidies need to match the operation costs of the service plan that is developed by the transport planners. Operating costs and fare revenues are calculated on the basis of inputs from the transport planning. The gap between costs and revenues need to be bridged by means of subsidy. In case the available subsidy budget is not sufficient, the service plan or fares will have to be adjusted.

***Contract Management***

The network will be divided in contract lots, each consisting of one or more lines. Partly parallel lines can be combined in one lot. Profitable lines might be combined with non-profitable lines in order to minimize the amount of subsidy needed.

The operator's performance is monitored on a monthly basis, based on GPS data of the vehicles' movements and on the operator's monthly reports. In case of insufficient performance for which the operator is liable, the PTA may apply penalties.

***Project Development***

Further development of the public transport in Hai Phong will include a number of complex projects like the introduction of Bus Rapid Transit (BRT), Automated Fare Collection (AFC) and a Passenger Information System (PIS).

The PTA is to initiate and manage these projects. Additional expertise, design and implementation will be organized and financed on project-basis.

## 4.3 Roadmap for the Development of the PTA

A roadmap for a step-wise development of the Public Transport Authority is proposed as below:

- Phases 1-3: Management of Public Transport
- Phase 4: Management of other transport modes (optional)

**Table 4** Roadmap for the development of PTA

| Tasks related to Public Transport | Phase 1 Start PTA (10 staffs) | Phase 2 Develop the network (18 staffs) | Phase 3 Optimize the services (25 staffs) |
|---|---|---|---|
| | Year 1-2 | Year 3-4 | Year 5-6 |
| Transport Planning and Financial Planning | x | x | x |
| Management of Bus Services and financial support | x | x | x |
| Promotion of public transport | x | x | x |
| Introduction of a Transport Service Contract | x | | |
| Tendering of new lines | x | x | x |
| Introduction of BRT | | x | x |
| Introduction of GPS system | x | | |
| Introduction of Automated Fare Collection (AFC) | | x | |
| Introduction of a Passenger Information System (PIS) | | | x |

**Source:** PTA-HP, 2015[6]

As the current bus network of Haiphong is quite small, a starting of PTA with 10 staffs is suitable and doesn't push pressure on the state budget. After 10 years, along with the development

of bus network, number of staff in PTA can reach 25 – 30 staff in order to provide a good management and operation of bus network [5].

### 4.4 Issues on establishing of the PTA

Establishing a PTA is necessary and indispensable in development phase any city in the world. As recognized, Paris, Amsterdam or any cities with developed public transport system developed their PTA in early phase of the development of public transport.

The establishing of PTA in Haiphong currently meets some issues as follow:

- A new state agency will increase number of state staff and therefore, it will push more pressure on the state budget.
- PTA needs revenues to ensure activity of PTA and investment for the development of public transport. Currently, resource of revenue for PTA is very few and cannot ensure for itself.
- Establishing of PTA should go together with a big challenge to promote public transport and attract more passenger. In Vietnam, the fight between motorcycle and bus is still happen in this decade and the dominant is now staying with motorcycle.

## 6. Conclusions

Development of an effective PTA is a process that takes many years. Experience elsewhere indicates that a PTA should be developed step-by-step, starting with contract management, performance monitoring and network design and gradually assuming more tasks. Therefore development of PTA needs a clear roadmap.

Development of a management model to manage urban traffic as PTA mentioned above is not only current solution but also a durable solution towards sustainable transportation. It can be applied for other urban areas of Vietnam and similar cities in the world.

## 7. Acknowledgement

The authors would like to express acknowledgement to Vietnam's Project Management Unit of Regional Transport Works, Haiphong Department of Transportation, ROM transportation Engineering and Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE)-Vietnam for their cooperation and providing materials for the study.

## References

[1] DOT-HP (2014). *Plan No. 11/KH-SGTVT dated August 22th, 2014*. Hai Phong Department of Transportation.

[2] PTA-HP (2015). *CS1B-Technical Assistance with Establishing a Public Transport Authority, Haiphong Urban Transport Development Project, Report 1A on Review of the Existing Bus Transport*. Haiphong Department of Transportation (prepared by ROM transportation Engineering and Institute of Planning and Transportation Engineering-IPTE).

[3] No. 280/QĐ-TT (2012). Decision No. 280/QĐ-TT: *Project on developing network of public passenger transport by bus for period from 2012 to 2020.*

[4] HP (2012). *Hai Phong Public Bus Transport Development Project, stage 2012-2016, vision to 2020.* Final Report. Haiphong Department of Transportation.

[5] PTA-HP (2015). *CS1B-Technical Assistance with Establishing a Public Transport Authority, Haiphong Urban Transport Development Project, Report 1B on Forecasts and Desired Lines 2025.* Haiphong Department of Transportation (prepared by ROM transportation Engineering and Institute of Planning and Transportation Engineering-IPTE).

[6] PTA-HP (2015). *CS1B-Technical Assistance with Establishing a Public Transport Authority, Haiphong Urban Transport Development Project, Report 2 on Establishment of the Public Transport Authority of Hai Phong*. Haiphong Department of Transportation (prepared by ROM transportation Engineering and Institute of Planning and Transportation Engineering-IPTE).

# Visualization of Questionnaire-based Person Trip and its Analysis

Paper Identification number: **AYRF15-062**

Satomi KIMIJIMA[1], Masahiko NAGAI[2]

[1]School of Engineering and Technology
Asian Institute of Technology, Phatumthani
E-mail: st114307@ait.ac.th

[2]Center for Spatial Information Science
The University of Tokyo, Tokyo
E-mail: nagaim@iis.u-tokyo.ac.jp

## Abstract

Along withhighly increased distribution of mobile phones in Asia, visualization and analysis of dynamic personal movements have been available by tracking GPS data equipped within mobile phones. However, person trip and its changes corresponding to socio-economic change triggered by economic liberalization are not clear in rural areas of Myanmar. This is because of the limited use of mobile phones in rural areas. The objectives of this paper are to: (a) visualize questionnaire-based person trip data, (2) validate the questionnaire-based person trip data by GPS loggers, and (3) assess the change of person trip in 2005, 2010 and 2015. Totally 345 individual samples from the study villages were selected stratified-randomly for the questionnaire and GPS survey. The details of one-day person trip such as trip distance, direction, trip mode, purpose and duration were interviewed as well as personal profile after the GPS survey. Conversion of questionnaire-based non-spatial information into spatial information was firstly conducted by using spatial interface such as Google Earth. Meantime, data processing was done for stay point detection and further trip assessment was manually conducted with questionnaire. The study visualized the data from the questionnaire and its comparison with respect to GPS log data was conducted. Results showed differences in the number of trip (25.13 percent), total trip distance (34.86 percent) and total trip duration (38.03 percent) and further trip behavior in 2005, 2010 and 2015 were assessed. The study concluded that quantitative measurement associated with survey questionnaire is an alternative tool to validate data reliability in areas where data availability is extremely limited and help tracing dynamic changes of person trip by socio-economic status. Exploring trends of person trip changes enables researchers and decision makers to conduct future assessment that would be crucial in making informed decision on appropriate transportation design and management for sustainable development.

**Keywords:** Person trip, GPS logger, Myanmar, Rural Area

## 1. Introduction

Along with recent development of information and communication technology, dynamic human movements have been recorded by GPS equipped on public transportations and personal electronic devices such as mobile phones and cell detail records (CDRs). The number of smartphone user in Asia-Pacific region in 2013 comprises of almost half of 1.5 billion total users and its new smartphone connections in the region is expected to dramatically increase from half of 1.5 billion in 2013 to 900 million in 2017 [1].

In the case of Myanmar, the economic transition from isolated country to opportunistic high potential for significant economic growth and development became a turning point. The opportunity is mainly due to the abundant natural resources, rich labor forces and locational advantages from the surrounding economic giant nations such as the People's Republic of China and India. [2] predicts that Myanmar's Gross Domestic Product (GDP) would show 8.3 percent growth in 2015 and 8.2 percent growth in 2016 though various investments on infrastructure, manufacturing and services sectors by the government and through

several foreign investments. For instance, in telecommunication sector, it is expected that the number of mobile phone penetration would be 50 percent of its population in 2017 where currently only about 20 percent of the population has access to mobile service. Similarly, it is also expected that mobile coverage would be developed from 12 percent in 2014 to 70 percent by 2017 [3]. Since the level of use and number of mobile phones users are increasing, analyzing the individual trip behavior using mobile phone can be a powerful tool to capture a large volume data and visualize such individual dynamic trip behavior. Analyzing and visualizing a large volume data will provide useful information, for instance, on larger-scale disaster response in time line [4] and also effect of malaria and its associated human mobility [5]. In terms of person trip studies, mobile phones have been also applied to trip purpose detection [6], trip mode detection [7] and behavioral analysis [8]. In developed countries, this kind of study is applied to analyze the transportation and how transportation is related to policy development.

In case of developing counties like Myanmar, socio-economic development restructures life style and trip behavior of local people. Thus, evaluation of local impacts associated to such socio-economic development is very important. Information of person trip and its change can be a very useful parameter even in Southeast Asia. However, in rural areas of developing countries like Myanmar, is in the process of transition from analog to digital so distribution of mobile phone is still limited. Furthermore, even though person trips are supposed to be changed along with various environmental changes such as increasing investment and infrastructure and changing land cover, change of trip patterns cannot be traced mainly because of non existence of established methods, lack of existence of secondary data and its distrusted reliability. Therefore, in this study, we set the primary objective as to study the person trip pattern and its monitoring and analysis method. Specifically, the objectives are to; (a) visualize questionnaire-based person trip patterns, (b) validate the questionnaire-based person trip data by GPS logs, and (c) assess person trip changes in 2005, 2010 and 2015. This research is expected to contribute to enable researchers and decision makers in exploring trends changes of people's behavior in the past and to make future predictions which would be meaningful in making informed decision on appropriate design of transportation and management required for sustainable development.

The remainder of this paper is structured in four sections. Section 2 describes the data used in this study. Section 3 describes the methodology applied in this study. Section 4 focuses on results and discussion. The final describes conclusion.

## 2. Data

In this study, we utilize three datasets; first, we develop questionnaire-based person trip written in a piece of paper. To do so, we conducted a field survey to collect information on personal profile and one-day trip with a GPS device. Second, we validate the questionnaire-based trip data by GPS logs. To do so, we distributed a GPS logger to samples one day before conducting the questionnaire survey. We collected data using questionnaire survey and GPS loggers from 335 individual samples and analyzed trip behaviors in 2005, 2010 and 2015 from questionnaire.

### 2.1 Background of the Study Area

The study area is located in Dawei, Tanuntharyi Region, Myanmar. This region aims to develop local industry, develop state's infrastructure with expectation that it contributes to create local employment opportunities, country's economy and ultimately to country's economic growth. The Dawei project consists of the development ofDawei deep seaport, industrial estate and road and rail link to Thailand, of which deepsea port will cover an area of 205 square kilometers [9]. Villages located in the industrial estate project zone had been mainly involved in agricultural activities such as plantation and paddy; however, due to the project development, their trip patterns have been reconstructed due to creation of employment opportunities and road infrastructure development. The study purposively selected the rural agricultural villages named HtigGyi (HTG), Payadat (PYD) and Modu (MDU) villages (Fig. 1) locating near the Italian –Thai Development Public Company (ITD), which is the initial contractor with the Myanmar government for the Dawei project.

As described, the accessibility to mobile services in the countries has been still less than 20 percent of the total population, the rate can be expected much lesser in rural areas in Myanmar. According to our field observations, mobile phone holder is very less in the villages and mobile network connections is also very poor. Thus, we consider the application of GPS loggers is relevant to understand people' exact trip and validation of questionnaire survey.

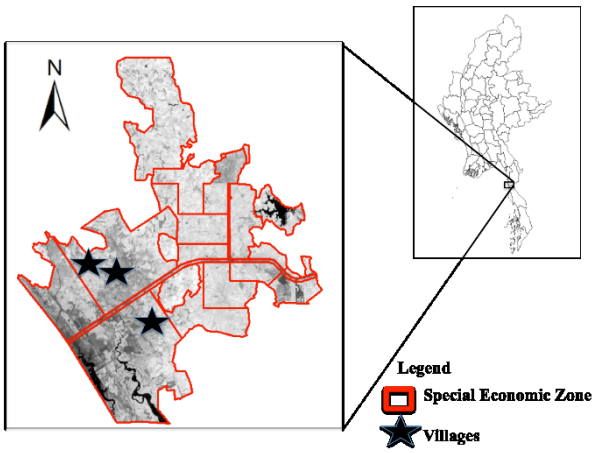



**Fig. 1** Study area

## 2.2 Field Survey Data

We conducted a field survey from March 7 to April 7 2015 in Dawei in order to understand person trip pattern and personal attribute of villagers. We employed stratified random sampling by sex and age generation in order to understand trip characteristics by sex and age group. We collected non-spatial personal attribute such as age, sex, marriage status, education level, household status, occupation, household income and income earned through pre-tested questionnaires conducted in 2014. We also obtained spatial information of person trip such as trip origin, destination, direction, distance, trip tool, activities and time in 2005, 2010 and 2015 using questionnaire. We requested respondents to recall the trips that they had during the day and noted on the questionnaire. In order to visualize the questionnaire-based person trip data, we recorded house location of respondents by a GPS devise. The study also employed formal and informal interview to retrieve information from key informants such as village heads using checklists and from Focus Group Discussions (FGDs). Data collection also involved direct field observation. Local language was used as the means of communication with local people assisted by a translator during the interview.

## 2.3. GPS Log Records

We also conducted a field survey with wearable GPS component named i-gotU USB Travel & Sports Logger – GT-600 in order to log person trip of respondents and validate the data obtained from the questionnaire survey. The devise is a lightweight (37g) and small (44 x 41.5 x 14 mm) and motion detector for auto which can be worn on the waist or clipped to backpacks. The device recoded travel for a 24 hours period with motion detection mode. We applied maximum 38 devises per time to the total 345 respondents aged 16 plus. According to our field observation, respondents wore the devices on waist or put it in their pockets.

Both questionnaire survey data and GPS logs are available from 345 samples. However, only 331 from a total 345 individual provided us the required information for further analysis. Thus, all analysis in this paper focuses on these 331 samples. The sample comprised of the age generation ranging 16-20 (16.9 percent), 21-30 (16 percent), 31-40 (16.6 Percent), 31-50 (18.1 percent), 51-60 (19.3 percent), and above 61(13 percent), of which the range of sex disaggregated rate among the age generation is from 39.1 to 60.9 percent.

# 3. Methodology

## 3.1 Trip Visualization

We obtained trip information of 2005, 2010 and 2015 including trip destination, distance, direction, time and mode from questionnaire survey. We convert the obtained written information to spatiotemporal information by utilizing the ruler function equipped on Google Earth. Spatial information of destination is found based on the original house location recoded by a GPS device, distance and direction. All spatiotemporal data are listed in timeline and saved as a comma separated values (csv) format (Fig. 2). At the same time, non-spatial attribute such as age, sex, marriage status, education level, household status, occupation, marriage status and household income is also integrated to the file. We visualize the person trip by the visualization tool namedMobmap[10].

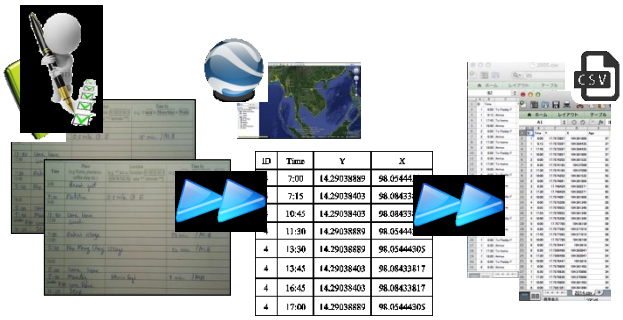



**Fig.2** Data conversion

### 3.2. Person Trip Data from GPS Logger

After obtaining one-day trip data from GPS loggers, we mainly extract the spatiotemporal data such as time, latitude and longitude from the devises. As we applied the motion direction mode to the devices for saving battery, logs were not recoded starting at 00:00:01 and ending at 23:59:59. Thus, we add the individual house location recorded by the GPS device during the questionnaire survey as a starting point at 00:00:01. As we find that several respondents ended their trips at different places such as friend's place or working places, thus, we add the last recorded location as an ending point at 23:59:59.

Obtained GPS data is time series data list represented by time, latitude, and longitude; therefore split of trip segment should be required in order to find stay points. In this study, we employed stay point extraction with outlier detection and removal technique developed by [11]. Equation detecting stay points takes the following forms:

$$\text{Distance}(p_{start}, p_{end}) < D_{threh} \text{ and } \text{TimeDiff}(p_{start}, p_{end}) > T_{threh} \quad (1)$$

Where the parameters $D_{threh}$, considerable maximum distance as a stay point, and $T_{threh}$, minimum time spending at a same place, are adjustable [11]. In this study, a stay point is detected if $T_{threh} > 20$ minutes and $D_{threh} <= 300$ meters. Based on the calculation, stay points in the person trip are extracted and stay points are listed by start-time, end-time, duration, distance in meter, average speed in kilometer and the total number of stay points. Additionally we apply outlier detection and noise removal technique.

Once stay points are extracted, it is possible to obtain move segments. Although GPS technologies have been increasingly applied in trip analysis over the past decade, assessments have been done based on the assumption which is GPS provides "true" measures of trips [12]. However, these wearable devices can be forgotten to wear by respondents as pointed by [7], "truth" of GPS measurement should be also taken into consideration. In order to minimize average differences between the data obtained from questionnaire and GPS logs, we visualize log data individually and compare it with the trip behavior noted on the questionnaire. As a result, we exclude recognizable trips without GPS loggers from questionnaire after the comparison based on human visuality. In addition, as one trip distance less than 300meter more than 20 minutes will be ignored, we also exclude obvious short trips from questionnaire as well as unknown trip such as "go around the village". As a result, we considered 238 samples from a total of 331 samples for this difference calculation by employing the following formula.

$$\text{Relative Change}(x, y) = \text{Absolute difference}/\text{Max}(x, y) * 100 = |\triangle|/\text{Max}(x, y) * 100 \quad (2)$$

Where x is the data from questionnaire and y is the data from the GPS logger. We apply this formula to calculate the average difference of number of one-day trip, trip distance and trip duration. Furthermore, we calculated changes of these parameters in 2005, 2010 and 2015. We excluded trips conducted out of villages such as Yangon and Thailand and unfixed trips such as daily employment at various places within or out of villages. Thus, 331 samples in 2015, 241 samples in 2010 and 250 samples from a total of 331 in 2005 are considered (Fig. 3).

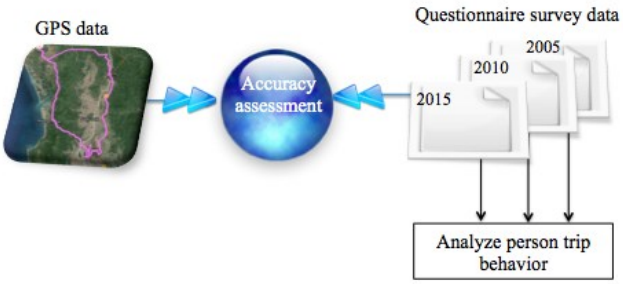



**Fig. 3** Accuracy assessment

## 4. Results and Discussion

### 4.1 Person Trip Visualization and its Validation

For visualization of person trip data from questionnaire, we convert paper-based trip information to spatial data and visualize them in the application. As shown in Fig. 4, person trip can be displayed according to attributes such as village, sex, occupation, educational level, household income, and marriage status. This visualization of person trip provides more useful information of trip characteristic such as trip distance, number of trip time and trip durationby parameters than questionnaire paper. Illustrative visualization is easy to understand and more information can be obtained to better understand the underlying tendency behind the data such as person trip behavior [13].

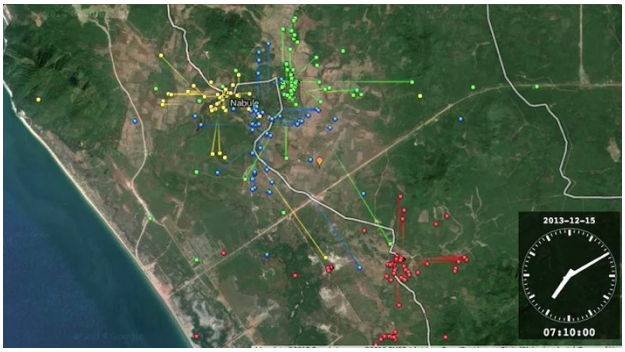



**Fig.4** Questionnaire-based Person trip visualization

To validate the data from questionnaire, we compare the data obtained from questionnaire and GPS logs and calculated average differences between two data. The 238 from a total of 331 samples are considered in this analysis reported total 543 trips, 1,936.31 kilometer trip distance and 7457.00 minutes trip duration from the questionnaire and total 403 trips, 2,302.01 kilometer trip distance and 7403.57 minutes trip duration from the GPS logs. Result shows that the average differences of two data are 25.4 percent (A), 34.86 percent (B) and 38.03 percent respectively (Table 1).

**Table 1** Average difference of two data

| | Average differences (%) |
|---|---|
| (A) No. of Person Trip | 25.3 |
| (B) Trip Distance | 34.86 |
| (C) Trip Time | 38.03 |

**Source:** Field Survey 2015

We find that both human error and data processing significantly impact on the average differences. For human error, for instance, short trips and exact trip routes tend to be under reported among the respondents. In addition, staying more than 20 minutes on the way to a destination were not counted as a trip by respondents due to unimportance and this tendency makes the number of trip more than double. [14] reports similar finding on under-reporting trip behavior and that missed trip were associated with short stops on the way to another destinations. This is because either respondents forget it or do not give due importance to the trips they are making. Similarly for data processing, we find that differences are largely caused from short trips ranging less than 300 meter more than 20 minutes and short stays on the way to the next destination during trips. Those errors affect on number of person trip, trip distance and trip duration due to ignorance of short trips that meet the conditions to be categorized as stay. Another studies [15] pointed out GPS functional problems such as delayed installation of GPS devices at the start of the day and loss of signals are the main cause for missed GPS trips. As we initially removed trips which can be identified as GPS devise error from questionnaire, these GPS function induced problems can be minimized. The minimization of GPS functional errors allows us to indicate that the differences are mainly caused from data processing. With consideration to the level of average differences between questionnaire and logs, this further allows us utilize the trip data of 2015, 2010 and 2005 obtained from questionnaire survey.

## 4.2 Change of Person Trip

We compare the changes of parameters in 2005, 2010 and 2015. Table 2 describes the results of yearly changes. In this descriptive analysis, 250, 241 and 331 from a total of 331 samples are considered in 2005, 2010 and 2015 respectively. Results show that row (A) is 2.25 times in 2005, 2.07 times in 2010 and 2.96 times in 2015. Within 10 years, (A) does not show so much difference. Row (B) shows 2.26 kilometer, 4.38 kilometer and 9.18 kilometer in 2005, 2010 and 2015 respectively. The (B) increases by year and the changes are 1.94 (2005-2010), 2.09 (2010-2015) and 4.07 (2005-2015) times higher. Considering not significant change of (A), the increase of (B) is probably caused by increase of distance per trip. Row (C) shows 40.62 minutes, 58.37 minutes and 46.00 minutes in 2005, 2010 and 2015 respectively. The change of 2005- 2010 is 1.44 times higher and that of 2010-2015 is 0.79 times lower. In addition, the change of 2005-2015 is 1.13 times higher. This means that (C) shows slightly higher increase in 2010; however, there is not a significant increase with comparison to 2005. Based on the trend of (A), (B) and (C), it can be said that the main change in trip behavior is increase of trip distance and this can beresulted from the change of trip mode such as walk, motorbike, car and others. We confirm that as the trip distance increases, the trip mode also changes, for instance, there was 5.9 times increase of motorbike mode of trip from 2005 (9.2 percent) to 2015 (54.0 percent) (Table 3). Mode of trip classifies as others includes cows and ferry. In addition, the mode of trip changing from walk to motorbike is largely observed among female (Table 3). In this study, changing trip can be explained by increase of vehicle ownership and increased of female driver and is consistent with

the case reported by [16] in Tamil Nadu, India where increase in vehicle ownership (both two-wheelers and car), the number of employee and increase of female driver has resulted into increasing driving travel demand.

**Table 2** Average number of person trip, trip distance and trip time by year

| | 2005 | 2010 | 2015 |
|---|---|---|---|
| (A) No. of Person Trip | 2.25 | 2.07 | 2.96 |
| (B) Trip Distance (km) | 2.26 | 4.38 | 9.18 |
| (C) Trip Time (minutes) | 40.62 | 58.37 | 46.00 |

**Source:** Field Survey 2015

**Table 3** Trip mode by sex and year

| | 2005 | | | 2010 | | | 2015 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Male | Female | Total | Male | Female | Total | Male | Female | Total |
| Stay | 19.8 | 37.5 | 30.0 | 14.6 | 42.8 | 30.7 | 5.4 | 31.0 | 19.6 |
| Walk | 57.5 | 57.6 | 57.6 | 47.6 | 39.1 | 42.7 | 20.4 | 37.0 | 29.6 |
| Bicycle | 5.7 | 1.4 | 3.2 | 30.1 | 8.0 | 7.5 | 2.1 | 0.5 | 1.2 |
| Motorbike | 17.0 | 3.5 | 9.2 | 6.8 | 8.0 | 17.4 | 78.2 | 34.8 | 54.0 |
| Car | - | - | - | - | - | - | 2.8 | 1.6 | 2.1 |
| Others | - | - | - | 1.0 | 2.2 | 1.6 | 0.7 | 0.0 | 0.3 |

**Source:** Field Survey 2015
Note: Percentage in the figures denotes the distribution of the respondents within the column.

### 4.3 Trends of Trip Behavior by Household Income Contribution

As it is expected that there are different trip behavior according to household income contribution, we examine the change of the above parameters by year with the rate of household income contribution: (A) 0-25.0 percent, (B) 25.1-50.0 percent, (C) 50.1-75.0 percent and (D) 75.1-100 percent respectively. First, we examine the composition of respondents by the household income contribution level and sex in order to find the sex disaggregated distribution of respondent within the categories. Based on the descriptive analysis, results (Table 4) reveal that higherhousehold income contribution comprises of male in (D) category while lower household income contribution comprises of female in (A) category in 2005, 2010 and 2015. This means that household income contribution among female is lower than their male counterpart although percentage of contribution to household income by female increased by year from 2005 to 2015.

**Table 4** Household income contribution by sex and year

| Level of Household income contribution | 2005 | | | 2010 | | | 2015 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M | F | T | M | F | T | M | F | T |
| (A) 0-25.00 (%) | 43.5 | 72.3 | 60.4 | 44.0 | 57.9 | 52.1 | 30.2 | 48.3 | 40.7 |
| (B) 25.01-50.00 (%) | 35.9 | 20.0 | 26.6 | 27.5 | 28.6 | 28.1 | 27.8 | 28.4 | 28.1 |
| (C) 50.01-75.00 (%) | 5.4 | 2.3 | 3.6 | 7.7 | 7.1 | 7.4 | 15.1 | 11.4 | 12.9 |
| (D) 75.01-100.00 (%) | 15.2 | 5.4 | 9.5 | 20.9 | 6.3 | 12.4 | 27.0 | 11.9 | 18.2 |

**Source:** Field Survey 2015
Note: Percentage in the figures denotes the distribution of the respondents within the column.

Second, we examine the change of average number of trip, trip distance and trip duration in 2005, 2010 and 2015 associated to the household income contribution. For the average number of trip (Fig. 5), the result shows increasing trend of number of trip among (A), (B) and (D) which shows 1.1, 1.9 and 1.8 times increases respectively. While the category (C), there was reduction of the number of tripprobably due to occupation changefrom agriculture to non-agricultural work. Agriculture is the main occupation among (C) comprising 100 percent of male and 66.7 percent of female in 2005 (Fig. 8). However, to the composition reduced to 57.1 percent among males and 22.2 percent among females while non-agricultural occupation increases to 42.9 percent among males and 77.8 percent among females in 2010 (Fig. 9). Non-agricultural occupation comprises of employees of foreign company, shopkeeper, trade, carpenter, swearing, teachers, car and motorbike drivers, barber, electric generators and sellers. Increase of home-based occupation such as shopkeeper, swearing, barber became a key factor that changed the number of trip in the category of (C) in 2010.

For the trip distance (Fig. 6), all categories shows increase of trip distance from 2005 to 2015 with the rage of average increase of 3.6, 3.7, 2,1 and 3.4 times higher in the category of (A), (B), (C) and (D) respectively. The trip distance of (B) from 2005 to 2010 did not show a significant change and this tendency is probably due to similarity in occupational status. The agricultural occupation of (B) in 2005 was 87.9 percent among males and 53.8 percent among females while non-agricultural occupation was 12.1 percent among males and 42.3 percent among females respectively (Fig. 8). That of (B) in 2010 was shifted to 92.0 percent among males and 58.3 percent among females while nonagricultural occupation was shifted to 8.1 percent among males and 41.8 percent among females respectively (Fig.9). On the other hand, trip distance of (C) from 2010 to 2015 also shows no significant change probably due to the decrease of non-

agricultural and increase of house worker among females in 2015 (Fig. 9 & 10). Interestingly, although the rate of the non-agricultural work shows reduction, the rate of employee at the company which requires travel to the project camp dailyincreased among both males (33.3 percent) and females (29.4 percent) in the category (C).Thus, it can be said that similarity of occupation and increase of house worker behind the increase of the number of employee keep trip distance similar.

For trip duration, the changes are diverse between the categories (Fig.7). Category (A) shows increase in 2010 but its time spent shows decreasing trend in 2015. This is because several respondents who stayed in their plantation fields in 2005 moved into the villages and traveled from their house to the fields in 2010. In addition, the decrease of the number of students and increase of housework among females may effect on the decrease of trip duration in the category (A). Similar result is obtained fromthe category (B) showing similar trip duration in 2005, 2010 and 2015 while the category (C) and (D) showthe decreasing trend annually. As discussed, all categories shows increase in tripdistance, the diverse changes of trip duration among the categories are caused by trip mode.

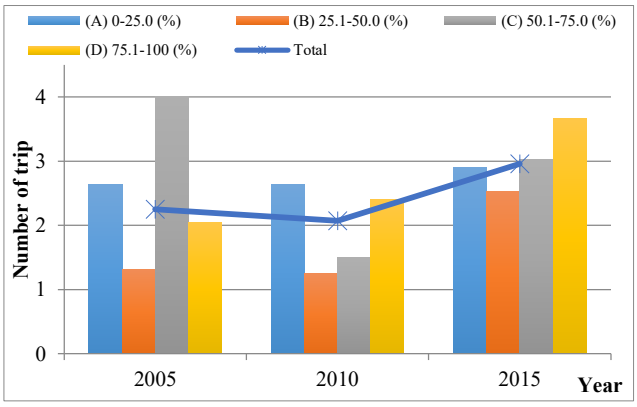



**Fig.5** Average number of trip and household income contribution by year

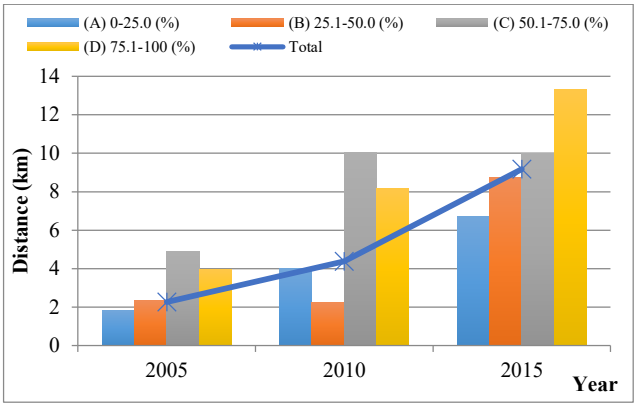



**Fig. 6** Average trip distance and household income contribution by year

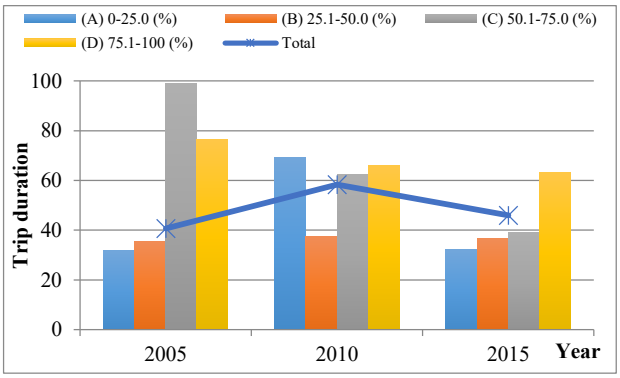



**Fig. 7** Average trip duration and household income contribution by year

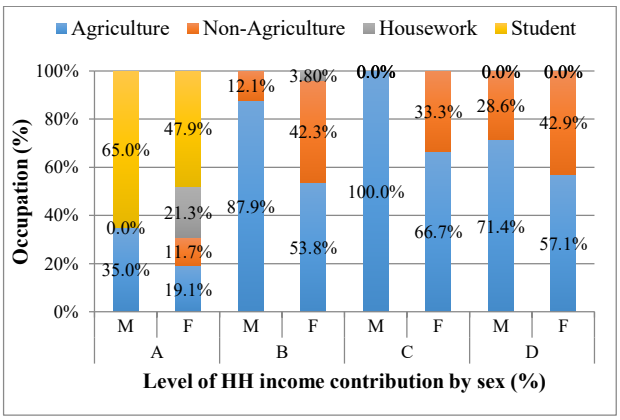



**Fig. 8** Occupation and household income contribution in 2005

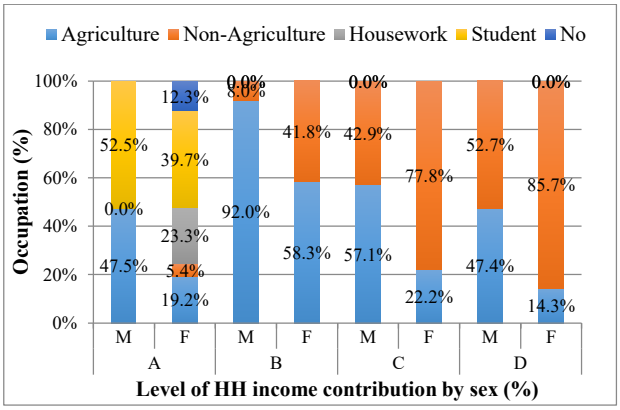



**Fig. 9** Occupation and household income contribution in 2010

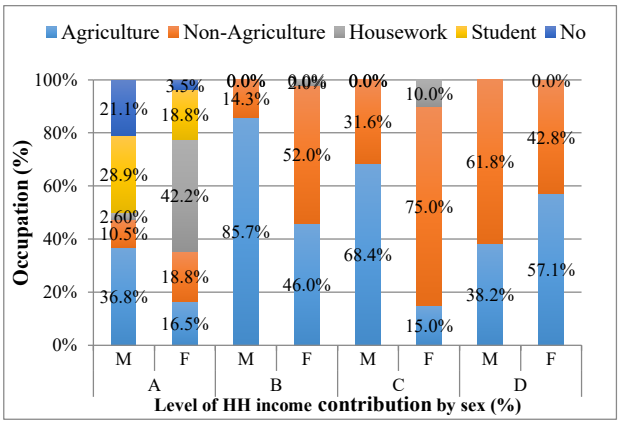



**Fig. 10** Occupation and household income contribution in 2015

Third, we examine the trip mode by household income contribution by year. The result of trip mode by household income contribution in 2005, 2010 and 2015 revealed that a major trip mode is walk with categories (A) 63.4 percent, (B) 44.1 percent, (C) 87.5 percent and (D) 57.1 percent respectively in 2005 (Table 5). Use of motorbike is common among the categories contributing household income in category, 25.0 % (C) and 37.0 % (D) in 2010 (Table 6). However, use of motorbike becomes a major mode among all categories in 2015 with 38.6 % (A), 52.2 % (B), 53.8 % (C), and 59.0 % (D) in 2015 (Table 7). For those with income contribution below 25.0 %, walk mode is one of major trip mode (33.3 %) in 2015 and this did show a significant change. Especially, this major shift of trip mode from walk to vehicle among females shows the increase of (A) 7.17, (B) 3.39, (C) N/A, and (D) 3.92 times from 2010 to 2015. This increase associated to the occupation contributed increase of trip distance. Indeed, category (C) of females is comprised of company employee which requires daily trip to the project camp. The increase of trip demand associated to the increase of female employee is also consistent with the case reported by [16].

**Table 5** Trip Mode by Household income contribution in 2005

| Income contrib. (%) | Stay | Walk | BC | MB |
|---|---|---|---|---|
| (A) 0-25.0 | 25.4 (23.1) | 63.4 (44.8) | 3.7 (0.8) | 7.5 (0.8) |
| (B) 25.1-50.0 | 47.5 (27.1) | 44.1 (15.3) | 1.7 (1.7) | 6.8 (0) |
| (C) 50.1-75.0 | 0.0 (0) | 87.5 (37.5) | 12.5 (0) | 0.0 (0) |
| (D) 75.1-100 | 23.8 (4.8) | 57.1 (28.6) | 0.0 (0) | 19.0 (0) |
| Total | 30.2 (22.1) | 58.6 (35.1) | 3.2 (0.9) | 8.1 (0.5) |

**Source:** Field Survey 2015
Note: Percentage in the figures denotes the distribution of the respondents within the row.
Percentage (inside brackets) denotes female percentage.

**Table 6** Trip Mode by Household income contribution in 2010

| Income contrib. (%) | Stay | Walk | BC | MB | Others |
|---|---|---|---|---|---|
| (A) 0-25.0 | 23.0 (22.1) | 49.6 (27.4) | 15.9 (9.7) | 8.0 (2.7) | 3.6 (2.6) |
| (B) 25.1-50.0 | 50.8 (36.1) | 31.1 (16.4) | 0.0 (0) | 18.0 (6.6) | 0.0 (0) |
| (C) 50.1-75.0 | 43.8 (43.8) | 31.3 (12.5) | 0.0 (0) | 25.0 (0) | 0.0 (0) |
| (D) 75.1-100 | 14.8 (3.7) | 48.1 (22.2) | 0.0 (0) | 37.0 (3.7) | 0.0 (0) |
| Total | 31.3 (25.4) | 42.9 (22.6) | 8.3 (5.1) | 15.7 (3.7) | 1.9 (1.4) |

**Source:** Field Survey 2015
Note: Percentage in the figures denotes the distribution of the respondents within the row.
Percentage (inside brackets) denotes female percentage.

**Table 7** Trip Mode by Household income contribution in 2015

| Income contrib. (%) | Stay | Walk | BC | MB | Car | Others |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (A) | 25.0 | 33.3 | 0.8 | 38.6 | 1.5 | 0.8 |
| 0-25.0 | (21.8) | (25.8) | (0) | (18.9) | (0.8) | (0) |
| (B) | 17.8 | 27.8 | 1.1 | 52.2 | 1.1 | 0.0 |
| 25.1-50.0 | (16.7) | (16.7) | (0) | (22.2) | (1.1) | (0) |
| (C) | 23.1 | 17.9 | 5.1 | 53.8 | 0.0 | 0.0 |
| 50.1-75.0 | (23.1) | (10.3) | (2.6) | (15.4) | (0) | (0) |
| (D) | 8.2 | 29.5 | 0.0 | 59.0 | 3.3 | 0.0 |
| 75.1-100 | (3.2) | (21.0) | (0) | (14.5) | (0) | (0) |
| Total | 19.6 | 29.2 | 1.2 | 48.1 | 1.6 | 0.3 |
| | (18.2) | (21.9) | (0.3) | (19.8) | (0.7) | (0) |

**Source:** Field Survey 2015

Note: Percentage in the figures denotes the distribution of the respondents within the row.

Percentage (inside brackets) denotes female percentage.

## 5. Conclusion

Technological development made efficient and low cost tools to capture and to analyze the human mobility at large-scale which may be as a result of socio-economy or environmental changes. Such data obtained by using mobile phones and GPS tools can be used for better management and sustainable development in various sectors such as disaster, transportation and urban planning. Although currently use of the mobility tools is limited in the rural area of Myanmar due to the limited number of mobile phone users so it does not capture the exact mobility of people in these areas. However based on the trend of mobile phone technology development in Asia, it is expected that the use of these tools for mobility assessment in Myanmar would be useful in future. That is, Myanmar is currently in the transition from analog to digital. In this study, we visualized questionnaire-based trip data and validated the trip data by employing GPS loggers. We find average differences between the data from questionnaire and logs in average number of person trip, trip distance and trip time as 25.3, 34.86, 38.03 respectively. Accordingly, we examine its trend from 2005 to 2015 and find large increase of trip distance due to change of mode from walk to motorbike especially among female increasing the amount of household contribution.

Finally, we would like to emphasize that quantitative measurement associated with survey questionnaire is an alternative tool to validate data reliability and help tracing dynamic changes of person trip by socio-economic status in areas where data availability is extremely limited. In addition, our findings imply a potential for an application of questionnaire-survey based trip data to areas which have similar characteristics. Although technological development has been widely observed, data accessibility is still a huge challenge due to political conflict, lack of data recoded and financial difficulties. With along to urbanization resulted from rapid economic growth in Asia, exploring trends of these trip changes associated to the rate of urbanization by focusing socio-economic diversity in the society, enables researchers and decision makers to conduct future assessment that would be crucial in making informed decision on appropriate transportation design and management for sustainable development.

## 6. Reference

[1] GSMA. (2014). *The Mobile Economy 2014*.

[2] Asian Development Bank. Myanmar: Economy. Retrieved 15 July 2015, from http://www.adb.org/countries/myanmar/economy

[3] World Bank. (2015). *Myanmar : Empowering People for Inclusive Growth*.

[4] Horanont, T., Witayangkurn, A., Sekimoto, Y., &Shibasaki, R. (2013).Large-Scale Auto-GPS Analysis for Discerning Behavior Change during Crisis. Intelligent Systems, IEEE, 28(4), 26–34.

[5] Wesolowski, A., Eagle, N., Tatem, A. J., Smith, D. L., Noor, A. M., Snow, R. W., &Buckee, C.O. (2012). *Science*. Quantifying the impact of human mobility on malaria. 338. 267-270.

[6] Wendy, B., &Maat, K. (2009). Deriving and validating trip purposes and travel modes for multi-day GPS-based travel surveys: A large-scale application in the Netherlands. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 17(3), 285–297.

[7] Gong, H., Chen, C., Bialostozky, E., & Lawson, C. T. (2012). A GPS/GIS method for travel mode detection in New York City.*Computers, Environment and Urban Systems*, *36*(2), 131–139.

[8] Phithakkitnukoon, S., Horanont, T., Witayangkurn, A., Siri, R., Sekimoto, Y., &Shibasaki, R. (2015). Understanding tourist behavior using large-scale mobile sensing approach: A case study of mobile phone users in Japan. *Pervasive and Mobile Computing*, *18*(June 2015), 18–39.

[9] DAWEI DEVELOPMENT COMPANY LIMITED. Corporate Project Overview. Retrieved 15 July 2015, fromhttp://www.daweidevelopment.com/index.php/en/daweiproject/project-overview-

[10] Center for Spatial Information Science.Mobmapa for Chrome. Retrieved 15 July 2015, fromhttp://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/member/ueyama/mm/

[11] Witayangkurn, A., Horanont, T., Ono, N., Yoshihide, S., &Shibasaki, R. (2013). Trip Reconstruction and Transportation Mode Extraction on Low Data Rate GPS Data from Mobile Phone. IGU 2013 Kyoto Regional Conference.

[12] Bricka, S. G., Sen, S., Paleti, R., &Bhat, C. R. (2012). An analysis of the factors influencing differences in survey-reported and GPS-recorded trips.*Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *21*(1), 67–88.

[13] Andrienko, G., Andrienko, N., &Wrobel, S. (2007). Visual Analytics Tools for Analysis of Movement Data.*ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, *9*(2), 38–46.

[14] Wolf, J., Bricka, S., Ashby, T., Gorugantua, C. (2004). Results from the 2004 Kansas City GPS-enhanced household travel survey. In: Paper Presented at the TRB Conference on Data for Understanding our Nation's Travel, November.

[15 ]Wolf, J., Oliviera, M., Thompson, M. (2003). Impact of under-reporting on mileage and travel time estimates: results from global positioning system enhanced household travel survey. *Transportation Research Record,* 1854, 189–198.

[16] Srinivasan, K., Bhargav, P., Ramadurai, G., Muthuram, V., &Srinivasan, S. (2007). Determinants of Changes in Mobility and Travel Patterns in Developing Countries: Case Study of Chennai, India. *Transportation Research Record*, 2038, 42-52.

# STUDY OF VEHICLE OWNERSHIP IN YANGON USING HOUSEHOLD DATA

Paper Identification number: **AYRF15-063**

Nandar TUN[1], Kunnawee KANIPONG[2], Piyapong JIWATTANAKULPAISARN[3], Hironori KATO[4]

[1] School of Engineering Technology, Graduate Transportation Engineering
Asian Institute of Technology
Telephone +95-95113712, Fax +95(1)513808
E-mail: michik.ndt@gmail.com

[2]School of Engineering Technology, Faculty of Transportation Engineering
Asian Institute of Technology
Telephone +66(2)5245513, Fax +66(0)2546432
E-mail: kanitpon@ait.ac.th

[3]School of Engineering Technology, Faculty of Transportation Engineering
Asian Institute of Technology
Telephone +66(0)23540798, Fax +66(0)2356753
E-mail: piyapong.j@gmail.com

[4]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
The University of Tokyo
Telephone +81(3)58417451, Fax +81(3)58417496
E-mail: kato@civil.t.u.tokyo.ac.jp

## Abstract

This study aim to identify factors influencing household vehicle ownership in Yangon City, Myanmar, using data from a survey questionnaire designed to identify the fundamental nature of household vehicle ownership. On analyzing this data using an ordered logit model, the results reveal several major influencing factors, namely, household income, household type, number of licensed drivers, and level of education. Households with no car account for 66% of the total ownership, those owning one car comprised 31%, and those with two or more cars comprised 3%. Moreover, most low-income households have difficulty in owning a private car. Factors such as increase in household income, household education, household type, number of licensed drivers, and household property can cause the level of car ownership to increase. By considering the nature of household vehicle ownership revealed by this study, recommendations on polices and schemes to reduce private vehicle usage and a sustainable transport system that can be introduced to Yangon are proposed.

**Keywords:** Vehicle ownership, household data, ordered logit, elasticities, Yangon

## 1. Introduction

The 1997 Asian Financial Crisis affected the Government of Myanmar, thereby resulting in shortages in foreign currency. Consequently, the government adopted a policy restricting the import of motor vehicles. Very few special individuals who were involved in the development of the state and businesses are affiliated and empowered to implement the State infrastructure, and only a few associations related to the government and under the guidance of the concerned ministries were allowed to import cars.

Although car users in Myanmar would have liked to replace their old cars with new ones, they had to continue using their old vehicles for another decade. People had to rely on the local car market to buy and sell old cars at extremely high prices, which became a business for some people in Myanmar.

Before the implementation of the law for the substitution of old cars over 20 years, cars had to be repaired and used by the people who owned them. Since then, car owners have desired to import modern cars as substitutes for their old vehicles. Therefore, the government allowed the exchange of old cars for new ones. In this regard, the Directorate of Transportation accepted old cars and destroyed them for car owners, following which the owners would receive documents on the approval of the right to import a new car from licensing import car companies as a substitute for their old car. After decades of restrictions, in September 2011, the new government of Myanmar changed the policy of importing cars as part of the reform process. The Ministry of Railway and Transportation released an announcement of a three-stage plan, stipulating that people owning old cars with a lifetime of 40 years or more from its manufactured date could import new cars to replace their old ones. According to officials from the Ministries of Finance and Revenue and Industry, the car substitution plan was implemented for two main reasons. In the short term, the plan helped to stabilize the foreign exchange rate without many major fluctuations because car buyers needed to pay US dollars for their vehicles abroad, which effectively created a market for this currency. To this end, the scheme has been fairly successful. Since October 2011, the US dollar has generally been traded for approximately 800 Myanmar kyats. However, this would only provide benefits for the short term, and further measures should be taken to control the currency fluctuation that would affect the domestic economy. The government expected that people could buy new cars at a reasonable price, and so it tried to reduce the extortionate car prices in Myanmar with the aid of the new policy. In this way, a more or less reasonable car price was expected to be set in Myanmar compared with that in neighboring countries, and older and more polluting cars were expected to be removed from the streets. (www. mmtimes.com) [1]

On May 7, 2012, the Ministry of Commerce announced that all citizens who have a foreign currency account in some specific state-run banks would be allowed to import cars with better conditions manufactured from 2007 onward. Considering all the details of the new regulations are not yet absolutely clear, a decision was made that taxes would be cut for all vehicles with smaller engine capacity and manufactured from 2007.

Only sailors or people who were working abroad and paying income taxes to the Myanmar government had the right to import vehicles. The new regulations pleased many Myanmar citizens because they could open a foreign currency account and import cars from any country. Many citizens from both the private and public sectors have come to open foreign currency accounts in the state-owned banks, such as Myanmar Foreign Trade Bank in Yangon and Myanmar Economic Bank in Yangon and Mandalay, thus triggering a sharp increase in the demand for US dollars and weakening the local currency kyat. Cars manufactured between 1995 and 2005 can be imported by the holder of a permit for car substitution in 2011. When the old car substitution announcement was replaced by the new regulations in 2012, the holders of a permit for car substitution could import a car manufactured between 1996 and 2006. In 2013, permit holders can import a car manufactured between 1997 and 2007. All citizens who have a foreign currency account would be allowed to import cars manufactured from 2008 onward. Only car showrooms, such as Ford and Suzuki, would be allowed to sell brand new cars with left-hand drive. (www. mmtimes.com) [1]

After changing the policy for importing cars, the number of vehicles is increasing in Myanmar. This increase in vehicles results in traffic congestion. The roads were narrow, and the mixture of various modes of transportation on same road and inadequate infrastructure caused traffic congestion and reduced the efficiency of the transportation system in the big cities of Myanmar, especially Yangon. Figure 1 describes the number of vehicles registered in Myanmar. The total number of vehicles registered in year 2010 was approximately 22,90,000, an increase of five times within 10 years.

In 2013, registered vehicles stood at 40,17,157, also an increase of five times within three years. Furthermore, Figure 1 shows the increasing number of private cars every year. Although Figure 1 does not show the sharp increase in the number of private cars, the number of private cars is higher than that of other types of vehicles, as shown in Table 1. Moreover, traffic congestion has become a critical issue in Myanmar. Therefore, a study on household car ownership is essential. The increase in the number of vehicles causes increased emission of harmful air pollutants. These pollutants seriously affect people's health.

The major cause of traffic congestion is the high number of vehicles, triggered by population growth and economic development. In cities without adequate public transport systems, cars are essential for movement. Although the government's new policy on car importation was intended for the betterment of the people, it had some adverse effects, particularly traffic congestion throughout large cities such as Yangon and Mandalay. In addition, the public transport service is not widely available, and its quality is poor in Myanmar. Although traffic jams are very serious in Yangon, Myanmar has only 40 vehicles per 1,000 inhabitants, whereas Laos, one of the ASEAN countries, has fewer cars but has 170 vehicles per 1,000 dwellers. This condition resulted in the increase in the number of private vehicles and discouraged the use of public transport and other sustainable modes. (MTSS 2012)[2]

The demand for owning cars is heavily dependent on income and changes in car price, and accordingly price and income change affect vehicle ownership in Myanmar as well. Since Myanmar has experienced increases in the level of vehicle ownership and auto dependency, studies on the factors influencing the number of vehicles per household are required. Determining household vehicle ownership is necessary to predict future vehicle usage and facilitate planning. Thus, understanding the nature of vehicle ownership and seeking methods to influence the level of car ownership in Myanmar will help promote sustainable transport systems in the country in the near future.

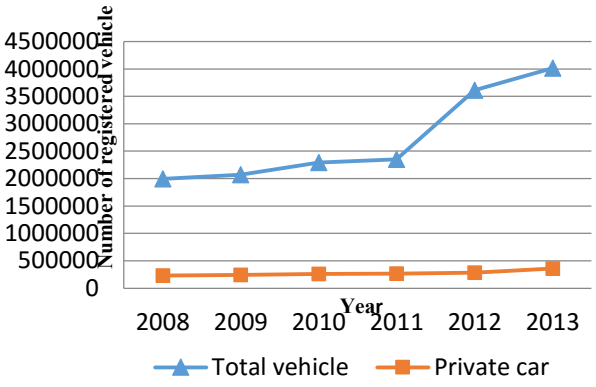



**Fig. 1** Number of registered vehicles in Myanmar (Source: Ministry of Transport)

**Table 1** Number of vehicles registered by type in Myanmar

| Year | Car | Bus | Light truck | Heavy truck | Two wheeler | Three wheeler | Trawlagi | Other | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2008 | 229395 | 10569 | 24856 | 33657 | 160873 | 6738 | 56654 | 13935 | 1993535 |
| 2009 | 242525 | 19837 | 25596 | 34702 | 1674246 | 7874 | 48703 | 14356 | 2067839 |
| 2010 | 259712 | 20717 | 27623 | 36355 | 1880986 | 12842 | 44852 | 15590 | 2292677 |
| 2011 | 263046 | 20065 | 29173 | 38053 | 1933673 | 15857 | 38758 | 15212 | 2353048 |
| 2012 | 281575 | 19522 | 29478 | 41075 | 3153201 | 36220 | 34862 | 17603 | 3614256 |
| 2013 | 360172 | 21043 | 60945 | 49760 | 3318918 | 49639 | 3361 | 21978 | 4017157 |

(Source: Ministry of Transport)

### 1.1 Objectives of the study

The main objective of this study is to examine the factors influencing vehicle ownership in Yangon City with the use of household data.

The specific objectives are as follows:

1. To understand the fundamental nature of household vehicle ownership;
2. To analyze the elasticities of vehicle ownership; and
3. To provide policy recommendations for controlling a high level of private vehicle use.

## 2. Literature Review

A large number of researchers have studied the effect of price and income on vehicle ownership. The increasing level of vehicle ownership should be a cause for increase in fuel consumption and is directly related to vehicle ownership and public transportation ridership. Increasing income per capita is the main function of the increasing use and ownership of cars. Moreover, increasing per capita income has resulted in the decrease in the relative price of automobile travel. A study of vehicle ownership can help understand future usage patterns of vehicles and fuel consumption. Liddle[3,4] studied the relationship between fuel price and income effect on vehicle ownership. Paully et al.[5]observed the effects of fares, quality of service, income, and car ownership.

Mobility is increasing with economic growth. Public transport facilities and quality also improve because of economic growth. However, a gap still exists between the demand for and supply of transport facilities. Therefore, people are keener to own a car, which may result in excessive fuel consumption and the deterioration of the environment because of traffic congestion and air pollution. The rate of car ownership is high today, especially in developing countries, driven by the global oil market. Thus, important transport and environmental policies are needed.

Car ownership affects price and income elasticity. Nolon[6], Clark[7], Dargay[8], Potoglou and Kanatoglou[9], and El-Hifnawi[10] studied the effects of price and income on vehicle ownership. Nolan[6], Clark[7], and El-Hifnawi[10] identified income as a significantly influencing factor in the probability of household car ownership. Deng[11] failed to confirm the factors that may affect private car ownership in the regions of China. Dargay[8] confirmed that price and income have a more significant effect on car use than on car ownership. However, Potoglou and Kanaroglou[9] found that income does not significantly affect any of the car ownership categories. Their results show that working adults and the number of persons of driving age are positive and significant factors. Moreover, they found that distance to the work place influences car ownership. Yangon is experiencing an increasing level of car ownership. A study of factors affecting vehicle ownership is required. The characteristics of Yangon, such as land use, activity, travel distance, cost of living, and GDP may be different from those of other countries. However, previous studies suggested that income has a very important role in determining car ownership. Therefore, the effect of income in Yangon is expected to be similar to that in other countries. Moreover, the number of licensed drivers and household size is expected to be similar to those of other countries.

## 3. Methodology

The objective of this research is to understand the fundamental nature of household vehicle ownership. This study uses the primary data collected from Yangon metropolitan area. The primary data were collected by distributing survey questionnaires to respondents and conducting direct interviews to know the price of the car owned, as well as socioeconomic characteristics, including age, gender, occupation, monthly income, and number of vehicles owned in the household. After receiving the questionnaire data forms, the data were analyzed using the ordered logit model (ORL).

ORL is a kind of regression model for ordinal dependent variables and is the one of the common models used for vehicle ownership analysis in recent years. In this study, vehicle ownership is taken as the ordinal dependent variable.

$$y^* = x'\beta + \varepsilon \tag{1}$$

where: $y^*$ is the exact but unobserved dependent variable, x is the vector of the model's explanatory variables, and β is the vector of coefficients of the parameters contained in the model to be estimated. Then, we suppose that $y^*$ cannot be directly observed, and hence the categories of response are observed instead.

$$y = \begin{cases} 0 & if \ y^* \le 0, \\ 1 & if \ 0 < y^* \le \mu_1, \\ 2 & if \ \mu_1 < y^* \le \mu_2, \\ & \vdots \\ n & if \ \mu_{n-1} < y^* \end{cases} \tag{2}$$

### 3.1 Data collection

The primary data were collected to fulfill the study requirements. The data were gathered using a survey questionnaire administered to respondents and by conducting direct interviews to know the price of the car owned, as well as socioeconomic characteristics, including age, gender, occupation, monthly income, and number of vehicles owned in the household. Three categories of information were collected for this study. Vehicle ownership is determined by many factors, namely the socioeconomic and demographic characteristics of the household (income, household size, occupation, education, car driving license), residential property characteristics (type of property, property ownership) and number and type of vehicles in the household. The author, with the help of a few other friends and some research assistants who are university students, distributed survey questionnaires randomly to households in Yangon. Five surveyors collected the data. All surveyors received an explanation about the questionnaires and were instructed to avoid collecting questionnaires from a single building. They only collected questionnaires from the main road and from households on the same road. Households were randomly selected in different geographic locations within Yangon. The field survey was undertaken in January and February. A pilot survey was conducted in the first two weeks of January. This activity helped assess the questionnaire before the main survey was conducted. Twenty samples were used for the pilot survey. After conducting the pilot survey, the survey questions and layout were found insufficiently clear and thus required improvement. Therefore, the questionnaire was modified based on the responses of the respondents.

The survey questionnaire was conducted in different areas within Yangon, considering the lifestyles and behavior of people from different locations can vary. Therefore, the spatial distribution of samples is important. Yangon can be divided into four districts, namely the Western, Eastern, Southern, and Northern districts. Overall, these districts have a total of 33 townships. In this study, 31 townships, including CBD and other residential areas, were selected because these areas cover the majority of land use and have a high dwelling density. As of 2010, the population stood at 59,98,000 and the city covered an area of approximately 231.18 square miles. The study area selected is shown in Figure 2. Participants from a total of 1080 households in Yangon were interviewed. Among these observed households, 1004 successfully completed the survey. The samples size thus comprised 1004 households, all of which collectively had 4615 individual members.

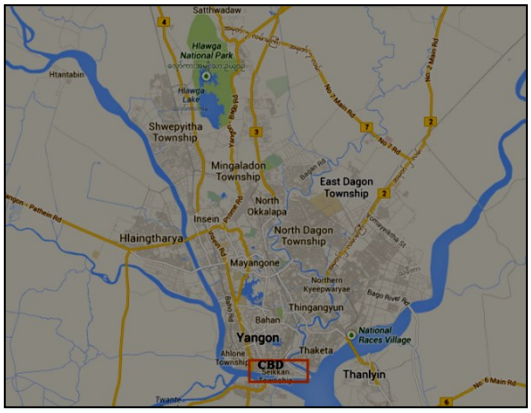



**Figure 2** Location of Yangon City
(Source: map of Google)

## 3. Results

A total of 1004 households were surveyed in the study. Household without a car comprised 66 percent, households with one car comprised 31 percent, and households with two or more cars comprised 3 percent. The socioeconomic and dwelling characteristics obtained from the survey are presented in Tables 3 and 4, respectively.

**Table 3** Socioeconomic characteristics of households and car ownership

| Characteristics | Level | Car ownership | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | One car | | Two or more cars | |
| | | Fre-quency | Percen-tage | Fre-quency | Percen-tage |
| Full-time worker | 0 | 154 | 48% | 19 | 66.2% |
| | 1 | 97 | 30% | 10 | 33.3% |
| | 2 | 50 | 15% | 1 | 0.5% |
| | 3 | 8 | 6.5% | 0 | 0 |
| | 4 | 5 | 2% | 0 | 0 |
| | ≥4 | 2 | 0.6% | 0 | 0 |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |
| Part-time worker | 0 | 237 | 75% | 15 | 50% |
| | 1 | 50 | 15.2% | 10 | 33.1% |
| | 2 | 23 | 7% | 3 | 10% |
| | 3 | 3 | 0.9% | 1 | 3.3% |
| | 4 | 3 | 0.9% | 1 | 3.3% |
| | ≥4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |
| No. of households having children | 0 | 157 | 49.6% | 15 | 50% |
| | 1 | 85 | 26.8% | 6 | 20% |
| | 2 | 58 | 18.3% | 8 | 26.6% |
| | 3 | 12 | 3.8% | 1 | 3.4% |
| | 4 | 4 | 1.5% | 0 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Characteristics | Level | Car ownership | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | One car | | Two or more cars | |
| | | Frequency | Percentage | Frequency | Percentage |
| | ≥6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |
| HH income (in thousands of Myanmar kyats) | <200 | 7 | 2.2% | 0 | 0 |
| | 200-300 | 11 | 3.4% | 2 | 6.6% |
| | 300-500 | 143 | 45.2% | 4 | 13.3% |
| | ≥500 | 155 | 49% | 24 | 80.1% |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |
| Household size | 1 | 4 | 1.2% | 1 | 3.3% |
| | 2 | 33 | 10.4% | 0 | 0 |
| | 3 | 87 | 27.5% | 3 | 10% |
| | 4 | 99 | 31.3% | 13 | 43.3% |
| | 5 | 52 | 16.4% | 4 | 13.3% |
| | ≥6 | 41 | 13.2% | 9 | 30.1% |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |
| No. of households having old people | 0 | 254 | 80.3% | 23 | 76.6% |
| | 1 | 47 | 14.8% | 4 | 13.4% |
| | 2 | 15 | 4.9% | 3 | 10% |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |
| Driving license | 0 | 91 | 27% | 13 | 43% |
| | 1 | 161 | 47% | 10 | 34% |
| | 2 | 43 | 14% | 6 | 20% |
| | 3 | 18 | 7% | 1 | 3% |
| | 4 | 1 | 0.6% | 0 | 0 |
| | 5 | 1 | 0.6% | 0 | 0 |
| | ≥6 | 1 | 0.6% | 0 | 0 |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |

Table 3 reveals that the total number of households with no full-time workers had the highest percentage of total car ownership. For households having one full-time worker, 30 percent were one-car owners, and 33.3 percent were two-car owners. With the increase in the number of full-time workers in the family, the car ownership level seemed to decrease.

For families in which no member of the family is a part-time worker, 75 percent were one-car owners, and 50 percent were two-car owners. These values are the highest percentages in the table. With the increase in number of part-time workers in the household, the vehicle ownership level seemed to decrease.

Thus, families with more full-time or part-time workers could have a lower percentage of car ownership. The number of full-time and part-time workers in the family is inversely proportional to the percentage of car ownership. Households with the highest level of one-car ownership (45.2 percent) earn 300,000 to 500,000 kyats. Households with higher income own two or more cars and comprise 80.1%. As income further increases, the number of cars owned increases, which indicates that people may tend to buy more luxury cars with an increase in income. Thus, we find that higher household income results in a higher level of car ownership. One-car ownership increased from 1.02 percent to 31.3 percent as household size increased from 1 to 4. However, when the family sizes are 5 and 6, one-car ownership dropped to 16.4 percent and 13.4 percent, respectively. We cannot determine whether a family size greater than 4 could result in a higher level of car ownership.

For households with no children, 49.6 percent were one-car owners, whereas 50 percent owned two or more cars. This is the maximum value in the table. With the increase in the number of children in the family, the vehicle ownership level seemed to decrease. More children in family could result in a lower percentage of car ownership. Old people are categorized as those older than age 60. Similarly, the presence of more old people in the family reduces car ownership. We also find that 80 percent of households that own a car have no older people.

For families with members that do not have a driving license, 27 percent owned one car, and 43 percent owned two or more cars. One-car ownership can increase to 47% if someone in the family has a driving license. However, we cannot determine whether a greater number of family members with a driving license could result in a higher percentage of car ownership because some families with more than one person holding a driving license do not show a higher level of car ownership.

**Table 4** Type of dwelling characteristics of households and vehicle ownership

| Characteristics | Level | Car ownership | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | One car | | Two or more cars | |
| | | Frequency | Percentage | Frequency | Percentage |
| Walking minute to public transit | ≤2 | 95 | 29% | 11 | 37% |
| | 2-5m | 88 | 26% | 9 | 30% |
| | 5-10m | 70 | 21% | 6 | 20% |
| | 10-20m | 56 | 19% | 3 | 10% |
| | 20-30m | 56 | 3.5% | 1 | 3% |
| | ≥30m | 7 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 361 | 100% | 30 | 100% |
| Ownership | Own | 284 | 89.87% | 27 | 90% |
| | Rent | 25 | 7.91% | 0 | 0 |
| | Employer-provided house | 5 | 1.58% | 2 | 6.67% |
| | Other | 2 | 0.63% | 1 | 3.33% |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |
| Type of house | Condominium | 6 | 1.90% | 1 | 3.33% |
| | Apartment | 155 | 49.05% | 15 | 50% |
| | Pukka | 91 | 28.8% | 11 | 36.67% |
| | Detached | 60 | 18.99% | 3 | 10.00% |
| | Other | 4 | 1.27% | 0 | 0 |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |

| Characteristics | Level | Car ownership | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | One car | | Two or more cars | |
| | | Frequency | Percentage | Frequency | Percentage |
| Public transport user | 0 | 10 | 3.16% | 2 | 6.67% |
| | 1 | 26 | 8.23% | 2 | 6.67% |
| | 2 | 71 | 22.4% | 1 | 3.33% |
| | 3 | 88 | 27.85% | 9 | 30.00% |
| | 4 | 49 | 15.51% | 6 | 20.00% |
| | 5 | 34 | 10.76% | 6 | 20.00% |
| | ≥6 | 38 | 11.72% | 4 | 13.33% |
| | Total | 316 | 100% | 30 | 100% |

Table 4 shows that access time from the household to the nearest public transport system of less than 2 minutes seems to influence 29 percent of people to own one car and 37 percent of people to own two or more cars. We observed that longer access time reduced the level of vehicle ownership, and people prefer to use public transportation in such case. This condition applies to places that are far from central cities. Only one member of the family who works is likely to travel for a job. The remaining members, including housewives and children, are likely to stay at home or study nearby. Moreover, people with good income can stay at an accessible location having good access points, and these people are also able to buy a car. However, people with a lower income level tend to live far from bus stops and at the outskirts of the city. Therefore, households having long access time to public transit are less likely to own cars.

Almost all households that own a car (90%) have their own house, and very few families that own a car (7 percent) rent their house. The families with houses subsidized by employers own a car only 2 percent.

Moreover, 49 percent of households that own one car and 50 percent of households that own two or more cars live in an apartment. For households with three members who use public transportation, 27 percent own one car. When the number of public transportation users increased further, the number of cars owned seemed to decrease.

### 3.3. Model estimation results

This section presents the estimation results of the car ownership models, as shown in Tables 5 and 6.

**Table 5** Factors affecting vehicle ownership (Primary results)

| Variables | Coefficient | P value |
|---|---|---|
| Household size | -0.185 | 0.000*** |
| Bachelor degree holders in household | 0.549 | 0.001*** |
| Household income | 3.97e-07 | 0.000*** |
| Household type (condominium) | 2.747 | 0.000*** |
| Household type (apartment) | 1.583 | 0.000*** |
| Household type (pukka) | 1.051 | 0.000*** |
| No. of members with car license | 0.950 | 0.003*** |
| Households living in own home | 0.963 | 0.000*** |
| No. of public transport users | -0.511 | 0.000*** |
| Access to public transit | -0.049 | 0.000*** |
| Households having old people | -0.405 | 0.018** |
| No. of business owners | -0.042 | 0.630 |
| No. of full-time workers | 0.140 | 0.102 |
| No. of part-time workers | -0.049 | 0.608 |
| Household type (detached) | 0.573 | 0.298 |
| Households having children | -0.055 | 0.735 |
| Location of household | -0.143 | 0.453 |
| No. of observations | 1004 | |
| Intercept 1 | 1.451 | |
| Intercept 2 | 5.034 | |
| Log of likelihood | -578.65827 | |
| LR chi2(17) | 333.98000 | |
| Prob > chi2 | 0.00000 | |
| Pseudo R2 | 0.22710 | |

Table 5 shows the factors affecting car ownership relative to the primary result. This table shows some irrelevant variables, such as number of business owners, number of full-time workers, number of part-time workers, household type (detached), and household having children.

**Table 6** Factors affecting vehicle ownership (final results)

| Variables | Coefficient | P value |
|---|---|---|
| Household size | -0.185 | 0.000*** |
| Bachelor degree holders in household | 0.549 | 0.001*** |
| Household income | 3.97e-07 | 0.000*** |
| Household type (condominium) | 2.747 | 0.000*** |
| Household type (apartment) | 1.583 | 0.000*** |
| Household type (pukka) | 1.051 | 0.000*** |
| No. of members with car license | 0.950 | 0.003*** |
| Households living in own house | 0.963 | 0.000*** |
| No. of public transport users | -0.511 | 0.000*** |
| Access to public transit | -0.049 | 0.000*** |
| Households having old people | -0.405 | 0.018** |
| No. of observations | 1004 | |
| Intercept 1 | 1.043 | |
| Intercept 2 | 4.618 | |
| Log of likelihood | -581.80766 | |

| Variables | Coefficient | P value |
|---|---|---|
| LR chi2(11) | | 333.68000 |
| Prob > chi2 | | 0.00000 |
| Pseudo R2 | | 0.22290 |

Significance Level: ** = 5% Level of significance
*** = 10% Level of significance

The ordered logit model was used to analyze the factors affecting vehicle ownership. Some variables that were irrelevant were then removed from the model leading to the next iteration until the model achieved the optimum overall performance. The final model estimation results are shown in Table 6.

Household size factor has a negative sign with 90 percent significance. This means that small-sized households are more likely to own a car.

Meanwhile, bachelor education factor directly affects the independent variable with 90 percent significance. This implies that households with members who are bachelor degree holders can get good jobs, and hence can have regular income. Hence, these households contribute to increase in car ownership.

On the other hand, household income positively influences household vehicle ownership, since an increase in income is significantly related to vehicle ownership.

Similarly, condominium, apartment, and parker dwellers area are positive factors in vehicle ownership with 90 percent significance, considering that these types of households have higher income compared to other households who live in other types of dwellings.

The variable number of public transport users [by household members], however, has a negative sign and is 90 percent significant. This suggests that as the number of household members who use public transport increases, the more likely it is that these households will not own a car.

By contrast, the number of licensed drivers in a household has a positive sign with 90 percent significance. This implies that the more licensed drivers there are in a household, the more likely is the tendency to own a vehicle, making it a positive influence for household car ownership.

The factor pertaining to households that own the place they live is 90 percent significant and has a positive sign. Thus, these households are more likely to have their own cars.

Meanwhile, access to public transport has a negative sign with 90 percent significance. This suggests that this variable is not a significant factor in car ownership largely because the accessibility and availability of public transport reduces the need to own a car.

Likewise, factor pertaining to households with old people has an inverse effect with negative sign at 95 percent significance. This is because older people have low mobility.

## 5. Elasticity analysis

**Table 7** Elasticity of car ownership

| Explanatory variable | Car ownership | | |
|---|---|---|---|
| | No car | One car | Two or more cars |
| Household size | 0.248 | -0.593 | -0.841 |
| Bachelor degree holders in household | -0.083 | 0.201 | 0.285 |
| Household income | -0.051 | 0.122 | 0.457 |
| Households living in own place | -0.211 | 0.504 | 0.019 |
| Household type (condominium) | -0.006 | 0.013 | 0.457 |
| Household type (apartment) | -0.135 | 0.322 | 0.241 |
| Household type (pukka) | -0.071 | 0.170 | -0.511 |
| No. of public transport users | 0.151 | -0.364 | -0.511 |
| No. of members with car license | -0.051 | 0.122 | 0.173 |
| Access to public transit | 0.127 | -0.305 | -0.432 |
| Households having old people | 0.037 | -0.088 | -0.124 |

Table 7 shows the elasticity of the car ownership model. An increase in the household size increases the chance of having no car by 0.248 (24.8%). Furthermore, it decreases the chance of one car ownership and two or more cars ownership by 0.593 (59.8%) and 0.841 (84.1%), respectively. Moreover, a two-car or more ownership household has higher elasticity value than a one-car ownership household because the larger the household size, the less likely the increase in car ownership.

The increase in households with bachelor degree holders and number of members with car licenses suggests a corollary increase in the number of households making decisions to own cars. It should be noted, though, that the values of elasticity of these variables are small for all car ownership types. Similarly, with the unit increase in household income, car ownership seems to increase as well. However, the values of elasticity imply that the effects from increase in income are also small.

Households living in their own places and households living in apartments have a significant impact on one-car ownership. Meanwhile, households in condominiums appear to shift car ownership shares toward two or more cars. Household type (pukka) positively affects one-car ownership, and though not critical, it reveals a

negative impact for zero and two or more car ownership.

An increase in variables such as number of public transport users, access to public transport, and households with old people implies that these households most likely have lesser chance to own a car, and hence are a positive influence to no-car ownership.

Finally, the magnitudes of elasticities of all variables are relatively small. The elasticity in a one-car case is different from that of a two-car or more case because the characteristics of variables pertaining to car ownership categories are different. Therefore, the car ownership model is not sensitive to the change in all these variables.

## 6. Conclusion

This study aimed to understand the fundamental nature of household vehicle ownership in Yangon, the business capital of Myanmar. The data used were generated from survey questionnaires, while the factors affecting vehicle ownership were analyzed using the ordered logit model.

The study shows that 66 percent of households do not own a car, while households with one car and households with two or more cars are at 31 percent and 3 percent, respectively. Moreover, household education, household income, household type, number of licensed drivers and household property rather than household size, number of workers, and location are influencing factors that increase the possibilities of a household to own a car. Based on the results of the statistical analysis, households with access to public transport and households with old people are factors that do not influence car ownership. On the contrary, increase in household income, bachelor education in household, and numbers of members with driver licenses are factors that exhibit increase in the level of car ownership. However, the real impact of these variables may be not as significant on car ownership because the elasticity values are less than one. Hence, the results of this study generally agree with the findings of previous research.

All respondents' data obtained from the research in Yangon show that most people with low income find it difficult to own a private car. Hence, more convenient and high quality transportation is essential for Yangon residents.

While processing and analyzing the survey data, a number of factors could have been taken into account, such as availability of residential parking spaces and vehicle features or characteristics. Based on earlier research findings, these factors may have no significant impact on car ownership. However, future research should establish more conclusively their impact on car ownership.

Based on the results of the elasticity of car ownership, people who live in condominiums and apartments are positive factors that influence car ownership. However, most of the current condominiums and apartments in Yangon area do not have parking spaces because there were not many car owners in the early years of 2000 before the car import policy was changed. In fact, the Yangon City Development Council mandated the new construction policy to add car parking in new condominiums and apartments only in 2011. Therefore, most households living in these types of residences have parking space problems. Mostly, people unlawfully park their cars by the roadside. Moreover, unlawful parking causes traffic congestion. It can also cause friction among neighboring households. Measures should be taken to solve these problems. Particularly, on-street parking and the quantity of available parking space in the downtown areas should be controlled and a sensible parking fee rate and time limit should be applied.

Based on the elasticity of car ownership data, an increase in the number of public transport users among members of a household seems to reduce the chance of car ownership. Based on this result, a good public transportation system should help to solve the traffic congestion problems for private car users in the study area. Therefore, high quality transport service is one solution for Yangon City. Priority public transport such as BRT should be provided. Moreover, the fare must be low so that it is affordable to low-income commuters. The new public transit service should adopt the concepts of car parks as well as transport terminals. For instance, the size and location of parking spaces should depend on the service demands in each area. Additionally, if parking lots are convenient, safe, as well as secure, people will be encouraged to use them. This can be a solution not only to reduce the use of private cars in Yangon City but also for low-income people who cannot buy their own cars.

Moreover, the government should provide good transport to facilitate travelling. For example, it can start by installing a separate bus lane in areas where land use is dense and existing roads are narrow, and therefore difficult to use for private car owners. The government should also construct

bicycle lanes for short-distance travel. This can be an alternative because the study shows that members of households with no cars spend more time walking to public transit terminals. Likewise, using non-motorized transport can reduce climate impact and air pollution.

A significant finding of this study is the positive influence of the increase in the number of graduates in the households on the increase in the number of car ownerships. However, these potential car owners need to understand the implications of the increased use of private cars on traffic congestion and air pollution. Therefore, the government, specifically policy makers, should encourage and educate people to understand the advantages of developing a sustainable transport system. A good marketing strategy needs to focus on an information-education-communication campaign and promotion to get people involved in the goal for developing a sustainable transportation system in the city.

## 7. Acknowledgment

The authors would like to thank all the respondents in Yangon who participated in the questionnaire survey and to all who helped me throughout the survey.

## 8. References

[1] Lifting the lid on imported cars, http:// www.mmtimes.com/index.php/special-features/162-wheels-2013/5786-lifting-the-lid-on-imported-cars.html

[2] Government import policy shift sees dramatic change to local car market, *Myanmar Times special supplement*, 2012.

[3] Liddle.B (2008) Long-run relationship among transport demand, income, and gasoline price for the US, *Transportation Research Journal Part D, 14(2008), 73-83.*

[4] Liddle.B (2012) The systemic, long-run relation among gasoline demand, gasoline price, income, and vehicle ownership in OECD countries: Evidence from panel co integration and causality modeling, *Transportation Research Part D, 17(2012), 327–331*.

[5] Paulley, R.B, H.T, J.P, M.W, J.S, P.White. (2006) The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy 13,295-306.*

[6] Nolan.A.(2010) A dynamic analysis of household car ownership, *Transportation Research Part A, 44(2010), 446–455*.

[7] Clark,S. (2007) Estimating Local Car Ownership Models, *Journal of Transport Geography*.15(3), pp 184-197.

[8] Joyce Dargay (2006) The effect of prices and income on car travel in the UK. *Transportation Research Part A, 41 (2007), 949–960.*

[9] D. Potoglou, P.S. Kanaroglou (2006) Modelling Car Ownership in Urban Areas: A Case Study of Hamilton, Canada. *Center for spatial analysis*.

[10] M. Baher El-Hifnawi (1998) Modeling the Determinants of Automobile Ownership in Developing Cities: The Case of Monterrey, Mexico*, HIID Development Discussion Paper no. 668.*

[11] Xin Deng (2007) Private car ownership in China: How important is the effect of income? Centre of Regulation and Market Analysis, School of Commerce, University of South Australia.

# Walkability Indicators regarding the Structures of Street Network

Paper Identification number: **AYRF15-064**

Sathita MALAITHAM[1], Vasinee WASUNTARASOOK[2], Atsushi FUKUDA[3], Varameth VICHIENSAN[4]

[1,3]Department of Transportation System Engineering
Nihon University
Telephone (+81)-47-469-5355, Fax. (+81)-47-469-5355
E-mail: malaitham.sathita@nihon-u.ac.jp
E-mail: atsushi.fukuda@nihon-u.ac.jp

[2]Department of Environmental Engineering
Nagoya University
Telephone (+81)-52-789-2773, Fax. (+81)-52-789-2773
E-mail: vasinee.wasuntarasook@gmail.com

[4]Department of Civil Engineering
Kasetsart University
Telephone (+66)-2-942-8555, Fax. (+66)-2-579-4575
E-mail: fengvmv@ku.ac.th

## Abstract

Pedestrian-friendly environment is thought to be one of the most important keys in encouraging people to walk for transportation under the concepts of transit-oriented development (TOD). Although measuring the neighborhood walkability of rail transit stations with respect to transportation system such as streets, sidewalks, etc. have been focused more than decade throughout the developed countries, they have increasingly gained the attention in Asian developing countries. The purpose of this study is to examine the neighborhood walkability at the given stations that is Phaya Thai station and Sutthisarn station in the basis of connectivity. Obtaining information will be better guild future design to improve the pedestrian-friendly environment and suggest appropriate policies to promote transit uses.

**Keywords:** Walkability Indicators, TOD, Street Network, Bangkok

## 1. Introduction

In recent years, transit-oriented development (TOD) has gained popularity as a sustainable strategy to address urban problems such as traffic congestion, traffic safety, environment pollution, etc. the concept of TOD, which was firstly introduced by Calthorpe [1], is a strategy to integrate public transit development and good urban design so as to encourage transit uses. Although TOD concept has been described as intangible, i.e., difficult to define and even more difficult to measure, many researchers commonly thought with respect to the characteristics of built environment around transit stations.

Past study indicated that suburbs were designed for driving rather than walking (e.g. less sidewalks, amount of dead end, streets encourage high speeds, etc.), leading people to drive more and walk less [2]. Conversely, people living in the pedestrian-friendly environment were likely to walk than those of living in other environment [3, 4]. Thus, this can be claimed that pedestrian-friendly environment is one of the most important keys in encouraging people to walk for transportation regarding the concepts of transit-oriented development (TOD).

The capital city of Thailand, or so-called Bangkok, has been ranked as one of the world's worst cities for traffic jams. Consequently, traffic engineers, planners, policy makers, government agencies and so on introduced the rail-based transit system to alleviate this traffic issue. Unfortunately, it seems that this solution has not been achieved an established goal. Traffic congestion has steadily increased throughout Bangkok. Furthermore, Bangkokians are still traveling by their automobile for any destinations. In addition, 35% of trips in Bangkok made by private car, and 15% by private motorcycle, while only 4% made by rail transit *(OTP, 2010)*. A poor connection from rail stations to the surrounding area probably plays an important role in discouraging transit uses [5]. Unfortunately, how poor are they still questionable. Thus, this study aims to examine the walkability of the neighborhood areas at the given transit stations in Bangkok, Thailand. Understanding the current status of walkability will help increase understanding how to enhance or develop the built environment of future rail stations so as to increase walking.

## 2. Literature Review

### 2.1 Catchment Area

Catchment area of transit station commonly refer an immediately neighborhood of transit station which depends on how far people use transit are willingness to walk. The boundary of catchment area was defined in a variety of studies, however, most of them indicated that the shorter distance is, the more people are more likely to walk [6, 7]. For example, over 70% of all walk trips were shorter than 0.75 mile in Canada [8] while Pucher and Dijkstra [9] indicated that most people can walk at least one mile in Europe. Conversely, one-quarter to one-half mile from transit station, which represent a 5 to 10 minute walk, have become the accepted distance that has strong influence on whether people use transit to get to and from them in US under the TOD concepts [6, 10-12].

In Bangkok, Tangphaisankun, Nakamura and Okamura [5] claimed that walking has been the dominant access mode within 1 km. In addition, 55% accounted for walking as access mode to station and followed by motorcycle taxi (around 30%). On the other hand, motorcycle taxi (around 34%) has become somewhat significant in the distance of origins and destinations from rail station exceed 1 km. Thus, the catchment area of walkability in this study will be within 400 m to 800 m radius of the given rail stations.

### 2.2 Walkability Indicators

There are several elements that define pedestrian-friendly environment related to transportation. Regarding the past studies in Bangkok, pedestrian-friendly environment was claimed to be one of the causes of discouragement in walking. As stated, sidewalks are always constructed adjacent to streets for providing opportunity to walk. Thus, to understand the current of walkability, sidewalks related to the structures of streets in the basis of patterns, connectivity and proximity will be applied in this study.

#### 2.2.1 Network Classification and Pattern

By definitions, street commonly refers to a paved road in a city, town, or village typically with houses and buildings on one or both sides while road is a way leading from one place to another. Traditionally, streets are classified into the following categories as hierarchy: arterial, collector and local street [13].

Classes of streets can have an influence on pedestrian-friendly environment. For example, major arterial/highway associated with the poor walking environment, especially adjacent to schools [14]. Likewise, arterials were significant barrier to pedestrian amenity and safety because of the functional features of arterials such as high speeds with high traffic volumes [15].

Among streets and roads, they are connected together where nodes are intersection and links are segment roads, leading them to be network. Obviously, street patterns were important for encouraging non-motorized modes of travel such as walking and bicycling [16-18], for instance, gridded street networks, which tended to have a higher-than-average street connectivity, were more likely to walking, bicycling and transit uses than cul-de-sac streets.

### 2.2.2 Intersection Density

In the basis of connectivity, the higher densities of intersections provides the opportunities for people to walk more destinations with different route choices as well as shorter distances [19, 20]. Litman and Steele [21] indicated that a-2 percent increase in walking associated with a 10 percent increase in intersection density would translate into a-10 percent increase in walking associated with a-50 percent increase in intersection density when all else being equal. Furthermore, each additional intersection per kilometer was estimated to reduce VMT by 0.39 percent. Likewise, increase in intersection density decreases vehicle travel 1.2% [22].

### 2.2.3 Proximity

Proximity represents an evaluation of how pedestrian network can reach and coverage a variety of specific destination which was measured by pedestrian catchment area (PCA) or so-called the ped-shed method [23, 24]. PCA computes a ratio that examines the difference between pedestrian network buffers over Euclidean walking distance buffers within the maximum acceptable walking distance.

PCA or the ped-shed ratio falls between 0 and 1, with a value closer to 1 indicating a good walking coverage of a total area. Generally, the acceptable threshold to obtain good walking coverage of an area is a PCA of 0.5 or more. Conversely, PCA value lower than 0.3 might correspond to an inaccessible walking area [23, 25, 26].

## 3. Study Area

Phaya Thai station and Suttisarn station were selected as analyzed. Phaya Thai is a transfer station between BTS Skytrain and Airport Rail Link It was designed to locate in the inner of Bangkok where there is a higher density of high-rise buildings (e.g. offices, condominium, etc.) as presented in Fig. 7. On the other hand, Sutthisarn belongs to the station of MRT Blue Line. In addition, this station is located in the area that have been developed for residential area.

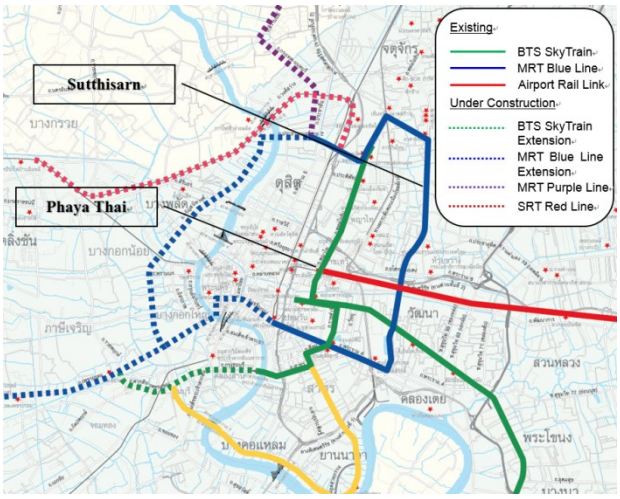


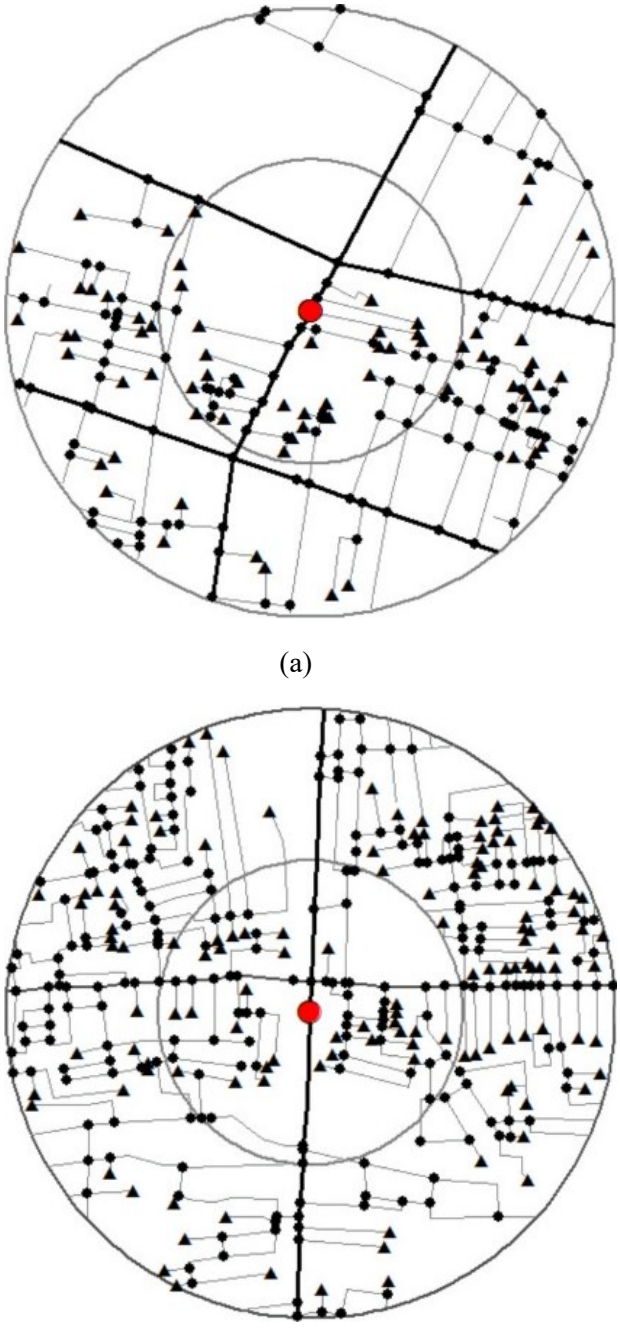

**Fig. 7** Target Stations

## 4. Findings

The red dot in the center of these images are the transit station and a circle of 400 m and 800 m radius around the station were drawn as catchment area of station under TOD theory as presented in Fig. 8. Correctors and local streets are presented by grey thin line while black and grey thick lines mean arterials, i.e., main streets and minor streets, respectively. Black dots refer to 3-way or 4-way intersection while dead-end are black triangles.

By visualization, both stations are located on the arterials, which are higher order levels. Major streets of Phaya Thai tends to lay out as rough grid. However, at the lower order level of hierarchy, it can be seen that street patterns of all stations were laid out as cul-de-sacs, etc in both stations. According with design concept, cul-de-sacs offer greater privacy, quiet, and safer environment for residents by banning or controlling through traffic. Unfortunately, cul-de-sacs have been pointed out that they discourage pedestrians for public transportation because these streets are not inter-connected which in turn to have few route choices

with long distances that subsequently encourage people to use automobile.



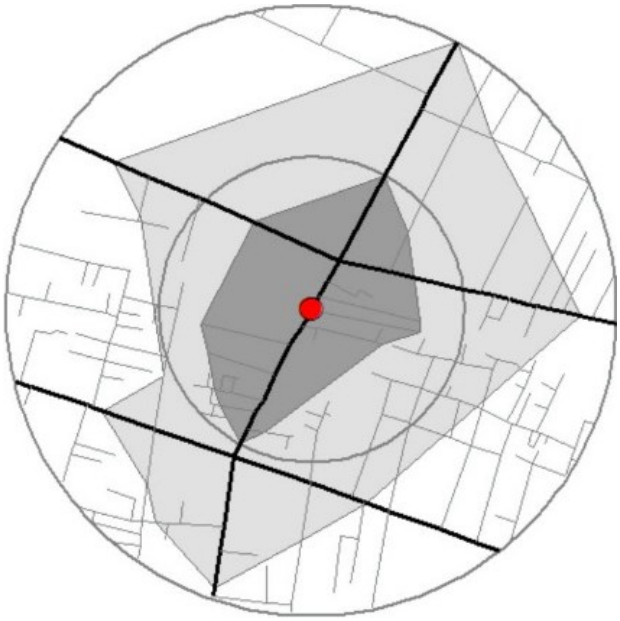
(a)

(b)

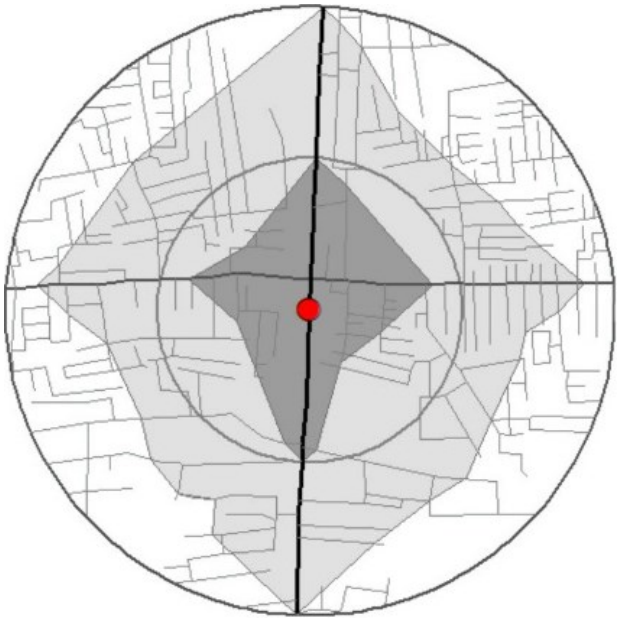
**Fig. 8** Street Pattern, Intersection and Dead End Density within 400 m and 800 m: (a) Phaya Thai Station and (b) Sutthisarn Station

The patterns of intersections and dead-end densities seem to be relatively similar. At collectors and local streets, high densities of 3-way and 4-way intersections and dead-end were found throughout catchment areas. Sutthisarn has a relatively high density of intersections at the both 400 m and 800 m ranges. Phaya Thai, in contrast, has the lowest 3-way and 4-way intersection densities. However, the amount of intersection densities will be reduced around 50 percent if intersections leading to cul-de-sacs were not counted. In term of dead-end densities, within 800 m of transit station, Phaya Thai has 228.8 per square kilometer of dead-end intersections and Sutthisarn has 447.2 per square kilometer.

Pedestrian catchment area (PCA) or so-called ped-shed ratios, which commonly use to compare the Euclidean walking distance to the actual walking distance based on street network as shown in Fig. 9



(a)



(b)

**Fig. 9** PCA within 400 m and 800 m radius:
(a) Phaya Thai Station and (b) Sutthisarn Station

Sutthisarn's PCA at 800 m range, there are somewhat different at 400 m (0.54 vs 0.44). In contrast, Phaya Thai's PCA are noticeably small coverage within close proximity of the transit station due to the lack of connections.

## 5. Discussion and Conclusion

Up until now, there are no neighborhood areas of any rail stations which are designed regarding TOD concepts in Bangkok or other provinces in Thailand. Thus, past results from other countries provide a tentative basic for comparisons and useful insights into the reasonableness of those in this study. However, that direct comparisons are not valid in a strict sense. Thus, this paper provides the first piece of scientific evidence of how the neighborhoods of rail transit stations in the basis of physical environment are.

The results clearly indicate that neighborhood areas of all given stations are auto-oriented development because over 50 percent of intersections either 3-way, T-intersections, or cul-de-sacs were found.

Comparing with other neighborhood areas in different studies, the densities of intersections are relatively similar, for example, 390.52 and 347.36 per square kilometer have been found in Beaverton transit center and Gresham central transit, respectively. However, the amount of dead-end densities are remarkably high (e.g. 107.64 dead-end density per square kilometer of Pilot Butte).

Although PCA values in present study are similar to other TOD sites, Gori, Nigro and Petrelli [23] concluded that the high PCA values due to the amount of intersection connecting with dead-end are insufficient to describe the pedestrian environments in the surrounding of rail transit stations.

This study provides several information in terms of the current status of rail station's neighborhoods for policy makers. Such analysis, they can selected the placements of transit stations with the appropriate pedestrian-friendly neighborhoods for the future plans. Also, they can ideally use this analysis before redeveloping neighborhood areas of existing transit stations.

## References

[1] Calthorpe, P., *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*, New York: Princeton Architectural Press, 1993.

[2] Handy, S. L., and Mokhtarian, P. L. (2005), Which Comes First, the Neighborhood or the Walking?, *Access Magazine* vol. 26, pp. 16-21.

[3] Cervero, R., and Duncan, M. (2003), Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence from San Fransico Bay Area, *American Journal of Public Health,* vol. 93, no. 9, pp. 1478-1483.

[4] Frank, L. D., Sallis, J. F., Conway, T. L., Chapman, J. E., Saelens, B., E, and Bachman, W. (2006), Many Pathways from Land Use to Health: Associations between Neighborhood Walkability and Active Transportation, Body Mass Index, and Air Quality, *Journal of the American Planning Association,* vol. 72, no. 1, pp. 75-87.

[5] Tangphaisankun, A., Nakamura, F., and Okamura, T. (2010), Influences of Paratransit as A Feeder of Mass Transit System in Developing Countries Based on Commuter Satisfaction, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies,* vol. 8, pp. 1341-1356.

[6] TCRP Report 95: Chapter 17 - Transit Oriented Development (2007).

[7] Pucher, J., and Dijkstra, L. (2003), Promoting Safe Walking and Cycling to Improve Public Health: Lessons From The Netherlands and Germany, *American Journal of Public Health,* vol. 93, no. 9, pp. 1509-1516.

[8] Stringham, M. (1982), Travel Behavior Associated with Land Uses Adjacent to Rapid Transit Stations, *Institute of Transportation Engineers,* vol. 52, no. 4, pp. 16-18.

[9] Pucher, J., and Dijkstra, L. (2000), Making Walking and Cycling Safer: Lessons From Europe, *Transportation Quarterly* vol. 54, pp. 25-50.

[10] Galelo, A., Ribeiro, A., and Martinez, L. M. (2014), Measuring and Evaluating the Impacts of TOD Measures - Searching for Evidence of TOD Characteristics in Azambuja Train Line, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* vol. 111, pp. 899-908.

[11] Lin, J. J., and Jen, Y. C. (2009), Household Attributes in a Transit-Oriented Development: Evidence from Taipei, *Journal of Public Transportation,* vol. 12, no. 2, pp. 105-125.

[12] TCRP Legal Research Digest 12: The Zoning and Real Property Implications of Transit-Oriented Development (1999).

[13] Highway Functional Classification Concepts, Criteria and Procedures (2013).

[14] Mendoza, J. A., Watson, K., Chen, T. A., Baranowski, T., Nicklas, T. A., and Uscanga, D. K. (2012), Impact of a Pilot Walking School Bus Intervention on Children's Pedestrian Safety Behaviors: A Pilot Study, *Health Place,* vol. 18, no. 1, pp. 24-30.

[15] Hutchinson, N. (2011), Improving Pedestrian Access across Arterial Roads, in State of Australian Cities National Conference, Melbourne, Victoria, Australia.

[16] Marshall, W. E., and Garrick, N. W. (2010), Effect of Street Network Design on Walking and Biking, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,* vol. 2198, pp. 103-115.

[17] Mehta, V. (2008), Walkable Streets: Pedestrian Behavior, Perceptions and Attitudes, *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability,* vol. 1, no. 3, pp. 217-245.

[18] Saelens, B., E, and Handy, S. L. (2008), Built Environment Correlates of Walking: A Review, *Medicine & Science in Sports and Exercise,* vol. 40, no. 7, pp. 550-566.

[19] Ewing, R., and Cervero, R. (2010), Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis, *Journal of the American Planning Association,* vol. 76, no. 3, pp. 265-294.

[20] Saelens, B., E, Sallis, J. F., and Frank, L. D. (2003), Environmental Correlates of Walking and Cycling: Findings From the Transportation, Urban Design, and Planning Literatures, *Annals of Behavioral Medicine,* vol. 25, no. 2, pp. 80-91.

[21] Litman, T., and Steele, R., *Land Use Impacts on Transport: How Land Use Factors Affect Travel Behavior*, Victoria Transport Policy Institute, 2015.

[22] Oakes, M. J., Forsyth, A., and Schmitz, K. (2007), The Effects of Neighborhood Density and Street Connectivity on Walking Behavior: The Twin Cities Walking Study, *Epidemiologic Perspectives and Innovations,* vol. 4, pp. 1-9.

[23] Gori, S., Nigro, M., and Petrelli, M. (2014), Walkability Indicators for Pedestrian-Friendly Design, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,* vol. 2464, pp. 38-45.

[24] Porta, S., and Renne, J. L. (2005), Linking Urban Design to Sustainability: Formal Indicators of Social Urban Sustainability Field Research in Perth, Western Australia, *Urban Design International,* vol. 10, no. 1, pp. 51-64.

[25] Schlossberg, M. (2006), TIGER to Audit Instruments: Measuring Neighborhood Walkability with Street Data Based on Geographic Information Systems, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,* vol. 1982, pp. 48-56.

[26] Schlossberg, M., and Brown, N. (2004), Comparing Transit-Oriented Development Sites by Walkability Indicators, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,* vol. 1887, pp. 34-42.

# การศึกษาความเร็วของรถยานพาหนะของเมืองในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง

# Study of Vehicle's Speed of Cities in Greater Mekong Subregion

**หมายเลขบทความ: AYRF 15-065TH**

เจษฎาคำผอง[1], ธเนศเสถียรนาม[2]

JetsadaKumphong, ThanedSatiennam

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทรศัพท์. 043-202846, 043-202847 โทรสาร 043-202847
E-mail: Jetsada.Kumphong@gmail.com, sthaned@kku.ac.th

## บทคัดย่อ

ในการเชื่อมโยงระหว่างกันหรือรวมตัวของกลุ่ม GMS เพื่อพัฒนาด้านการค้า การเกษตร การคมนาคมขนส่ง ฯลฯ การขนส่งระหว่างเขตเมืองระหว่างประเทศจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ยานพาหนะในประเทศสมาชิก การใช้ความเร็วที่สูงของผู้ขับขี่เป็นสาเหตุหลักในการเกิดอุบัติเหตุในท้องถนน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแผนที่ความเร็วและสร้างแบบจำลองของการคาดการณ์ความเร็วในช่วงถนนซึ่งมีพื้นที่ศึกษาคือเขตเมืองขอนแก่น เมืองเวียงจันทน์และเมืองพนมเปญ เป็นตัวอย่าง 3 เมือง3 ประเทศ สำรวจความเร็วทั้งหมด 87 จุดความเร็วโดยตัวแปรที่นำวิเคราะห์คือข้อมูลความเร็วของยานพาหนะและลักษณะทางกายภาพของถนน เพื่อนำมาพัฒนาแบบจำลองโดยใช้วิธีวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นโดยคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด ซึ่งผลวิเคราะห์แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของรถที่นั่งส่วนบุคคลกับความกว้างของไหล่ทางด้านขวาความกว้างของไหล่ทางด้านซ้าย และความกว้างของหน้าตัดถนนมีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกแต่จำนวนจุดขัดแย้งมีความสัมพันธ์เชิงลบ ซึ่งอธิบายว่าการมีความกว้างของไหล่ทางด้านขวากับความกว้างของไหล่ทางด้ายซ้ายและความกว้างของหน้าตัดถนนที่มีขนาดกว้างเป็นปัจจัยที่ส่งผลทำให้ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วสูงและจำนวนจุดขัดแย้งที่มากขึ้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลทำให้ผู้ขับขี่ลดความเร็วในการขับขี่ งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ของความเร็วเฉลี่ยในเขตเมืองขอนแก่น เมืองเวียงจันทน์ และเมืองพนมเปญ.

**คำสำคัญ**:ความเร็วการไหลอิสระ, ลักษณะทางกายภาพของถนน, สมการถดถอยเชิงเส้น, อุบัติเหตุ, อนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง

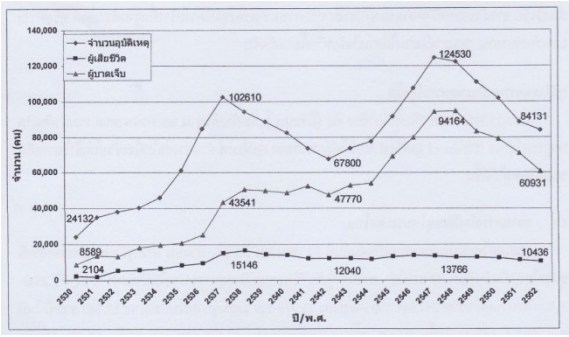
## Abstract

The connecting between each country or clustering GMS to develop the trade, agriculture, transportation and international metropolitan area is now an interesting issues in order to study the driving behavior of the vehicle in the member of the state.The main cause of road accident is driving at a high speed. This research aimed to study the speed-map and model speed of vehicles predictions model. The present study aimed to investigate the important factors influencing drivers' choice of vehicular speed. It focused on main roads in Urban KhonKaen, Vientiane and Phnom Penh. The 87 points of the main roads were explored. Variables took into account in data analysis were the speeds of vehicles and road characteristics. Linear regression analysis was also applied as an approach for developing the model. As result of correlation analysis among the speed of a private car and width of right shoulder, width of left shoulder and roadway, the study found a positive correlation, suggesting that width of right shoulder, width of left shoulder and roadway resulted in drivers using higher speed. However, number of conflict point, the study found a negative correlation suggesting that resulted in drivers using low speed. This research can be used to predict speed in the city of Khon Kaen, Vientiane and Phnom Penh.

**Keywords:** Vehicle's speed, Road Characteristics, Linear regression, Accident, Greater Mekong Subregion

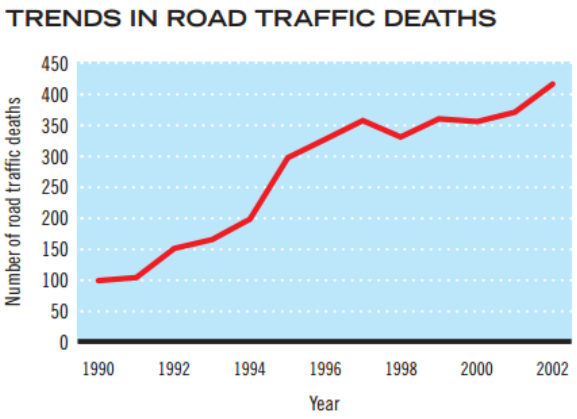
## 1. คำนำ

จากรายงานด้านอุบัติเหตุสถานการณ์ของปัญหาอุบัติเหตุจราจรทั่วโลกมีแนวโน้มที่รุนแรงขึ้น อัตราการเสียชีวิต บาดเจ็บ และพิการเพิ่ม อุบัติเหตุทางถนนคร่าชีวิตคนทั่วโลกแต่ละปีสูงถึง 1.27 ล้านคน เฉลี่ยวันละประมาณ 3,479 คน ถ้ายังคงใช้มาตรการเดิม ในอีก 20 ปีข้างหน้าอุบัติเหตุทางถนนจะเป็นสาเหตุอันดับต้น ๆ ของการเสียชีวิตของประชากรบนโลก มีการคาดการณ์ว่าปัญหาความปลอดภัยบนถนนจะขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และ ในปี ค.ศ. 2030 จำนวนผู้เสียชีวิตอาจสูงถึง 2.4 ล้านคนและพิการจากการจราจรจะเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้อุบัติเหตุทางถนนกลายเป็นปัจจัยสำคัญของการเสียชีวิตและพิการของประชากรโลก โดยเพิ่มขึ้นมาอยู่อันดับที่ 3 จากที่เคยอยู่อันดับที่ 9 ในปี ค.ศ. 1990 [1] จากการรวบรวมข้อมูลในประเทศไทยพบว่า สาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน คือผู้ขับขี่ใช้ความเร็วของยานพาหนะสูงและสถานการณ์อุบัติเหตุของประเทศไทยจากการรวบรวมข้อมูลของศูนย์ข้อมูลข้อสนเทศสานักงานตำรวจแห่งชาติ[2] พบว่า การเกิดอุบัติเหตุ ในปี 2545 จำนวน 91,623 ราย และเพิ่มขึ้นปี 2547 มี 124,530 ราย หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งปัจจุบันในปี 2553 เกิดขึ้น 68,583 รายสำหรับความสูญเสียจากการเกิดอุบัติเหตุดังกล่าวพบว่า มีผู้สูญเสียชีวิตในปี 2545 จำนวน 13,116 คนหลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลง จนกระทั่งปัจจุบันในปี 2554 มีจำนวนคนสูญเสียชีวิต 9,205 คน ขณะเดียวกันการได้รับบาดเจ็บของผู้ใช้ทาง พบว่า มีคนบาดเจ็บ 69,313 คน ในปี 2545 และมีแนวโน้มลดลง จนกระทั่งปัจจุบัน ปี 2554 มีคนบาดเจ็บ 21,917 ดังรูปที่ 1

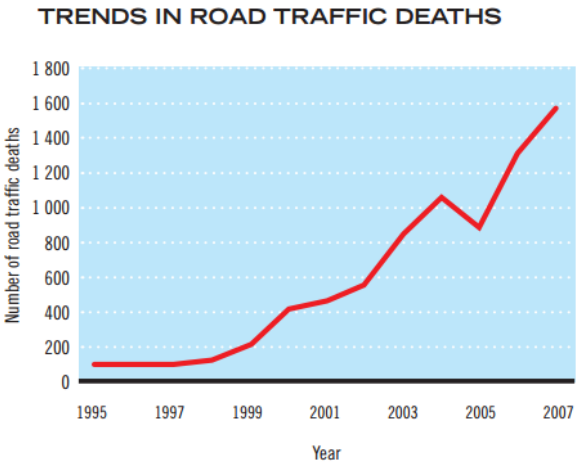



**รูปที่ 1** สถิติการเกิดอุบัติเหตุของประเทศไทย[2]

สถานการณ์อุบัติเหตุของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวจากการรวบรวมข้อมูลของศูนย์ข้อมูลขององค์การอนามัยโลก[3] พบว่า จำนวนผู้เสียชีวิตทางถนน ในปีค.ศ. 1990 จำนวน 100 ราย และเพิ่มขึ้นปี ค.ศ. 1992 มี 150 ราย หลังจากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มจนกระทั่งปัจจุบันในปี ค.ศ. 2002 มีจำนวน 400 รายและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2ส่วนสถานการณ์อุบัติเหตุของประเทศกัมพูชาที่มีการเก็บข้อมูลต้องแต่ ปี ค.ศ. 1995 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งประมาณ ปี ค.ศ.2004แนวโน้มอุบัติเหตุได้ลดลงจนถึงปี ค.ศ.2005 จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุก็ได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ.2007 ดังรูปที่3 และจากรายงานสถานการณ์อุบัติเหตุขององค์การอนามัยโลกในปี ค.ศ. 2013 การเรียงลำดับอัตราการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของประเทศทั้งหมด 193 ประเทศสมาชิก ประเทศไทยมีอัตราผู้เสียชีวิตของอุบัติเหตุทางถนนสูงอยู่ในอันดับที่ 2 ของโลก ประเทศลาวอยู่ในอันดับที่ 41 และประเทศกัมพูชาอยู่ในอันดับที่ 56.[12]




**รูปที่ 2** จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางทางถนนของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว[3]




**รูปที่ 3** จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนของประเทศกัมพูชา[3]

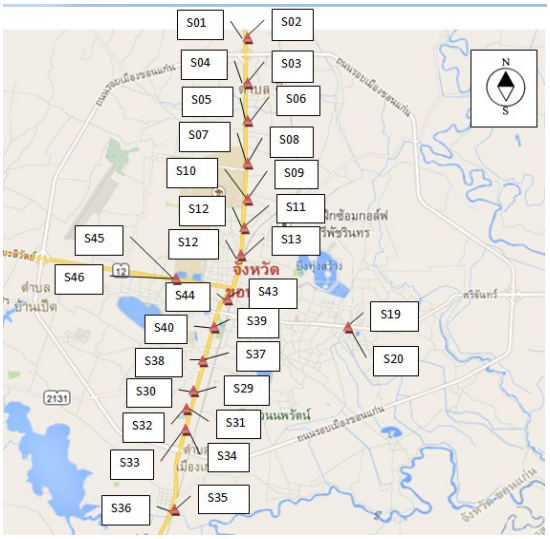
ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาและความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครวิเคราะห์โดยแบบจำลองสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความเร็วเฉลี่ยมีความสัมพันธ์แบบนัยสำคัญทางสถิติกับปัจจัยคือ จำนวนของช่องจราจร การอนุญาตจอดรถริมถนน เป็นต้น ซึ่งอธิบายได้ว่าจำนวนของช่องจราจรที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลกับความเร็วเฉลี่ยด้านเวลาที่เพิ่มขึ้นตาม [4] อย่างไรก็ตามมี

การศึกษาการประเมินความเร็วในเขตเมืองที่มีการจำกัดความเร็วที่ 30 kph และสร้างแบบจำลองวิเคราะห์โดยแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ และตัวแปรตามคือค่าความเร็ว มีนัยสำคัญทางสถิติกับปัจจัยคือ ความกว้างของไหล่ทาง ความกว้างของหน้าตัดถนน จำนวนช่องจราจร เป็นต้นซึ่งอธิบายได้ว่า ความกว้างของไหล่ทางที่เพิ่มขึ้น ความกว้างของหน้าตัดถนนที่เพิ่มขึ้น ช่องจราจรที่มากจะมีผลต่อผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วสูง [5]ในบางงานวิจัยได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความปลอดภัยในท้องถนนกับลักษณะทางเรขาคณิตของถนน ในการวิจัยนี้ได้วิเคราะห์แบบจำลองแบบทวินามเชิงลบ แบบจำลองการถดถอยแบบพัวซอง ฯลฯและแบบจำลองที่มีค่านัยสำคัญที่เหมาะสมกับแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับรัศมีความโค้งของถนน ซึ่งรัศมีความโค้งของถนนจะต้องเหมาะสมไม่เล็กเกินไปจึงจะปลอดภัย[6]ต่อมามีการศึกษาการเชื่อมต่อโครงข่ายถนนกับประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งประเทศไทยในฐานะศูนย์ของการดึงดูดการเดินทางและการกระจายการเดินทาง[7] และแน่นอนว่าการเปิดประชาคมอาเซียนจะทำให้มีผู้ขับขี่ชาวต่างชาติเข้ามาใช้ถนนในประเทศไทย ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากงานวิจัยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของยานพาหนะกับสถิติอุบัติเหตุกับลักษณะทางกายภาพ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลจากประเทศเพื่อนบ้านมาเพิ่มเติมในแบบจำลอง[10] การวิจัยครั้งนี้เป็นการคาดการณ์และหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของยานพาหนะกับลักษณะทางกายภาพของถนน มีพื้นที่การศึกษา 3 เขตเมืองใน 3 ประเทศ คือ ถนนสายหลักในเขตเมืองขอนแก่นประเทศไทย ถนนสายหลักในเขตเมืองเวียงจันทน์ประเทศลาวและถนนสายหลักในเขตเมืองพนมเปญประเทศกัมพูชา ซึ่งกฎหมายการควบคุมความเร็วในเขตเมืองขอนแก่น เท่ากับ 60 Km/h ในเขตเมืองเวียงจันทน์เท่ากับ 40 Km/h ในเขตเมืองพนมเปญเท่ากับ 40 Km/h โดยเมืองเวียงจันทน์และเมืองพนมเปญมีมาตรการณ์การตั้งด่านตรวจจับความเร็วโดยปืนจับความเร็วไปพร้อมๆกับการตรวจจับใบขับขี่และการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ของผู้ขับขี่[11]สถานการณ์การตรวจจับความเร็วในเขตเมืองขอนแก่นจะตรวจจับในเส้นถนนมิตรภาพเขตบริเวณภายในวงแหวนทางเลี่ยงทางซึ่งตรวจจับความเร็วโดยปืนจับความเร็วโดยหน่วยงานตำรวจทางหลวงเมืองขอนแก่น ซึ่งเหตุที่ถนนดังกล่าวผู้ขับขี่นิยมใช้ความเร็วสูงเนื่องจากเป็นถนนตัดผ่านกลางเมืองทำให้ผู้เดินทางที่ต้องการข้ามไปยังจังหวัดข้างเคียงใช้ความเร็วสูงในการขับขี่

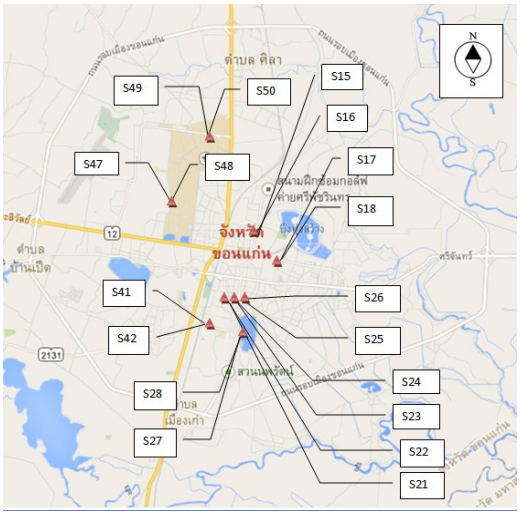
## 2. วิธีวิจัย

### 2.1 การสำรวจความเร็ว

ความเร็วที่จุด(Spot Speed) เป็นความเร็วขณะหนึ่งของยวดยาน ที่จุดใดจุดหนึ่งของถนน อาจวัดโดยใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้า หรือแบบกึ่งไฟฟ้า อัตราเร็วที่จุดจะแปรตาม เวลา สถานที่ สภาพแวดล้อม และสภาพจราจร โดยทั่วไปความเร็วบนถนนชั้นสูง เช่น ทางด่วนจะสูงกว่าความเร็วบนถนนชั้นรองลงไป พบว่าความเร็วเฉลี่ยที่จุดบนถนนนอกเมืองที่มีสองช่องจราจร จะแปรตามความกว้างของช่องจราจรและระยะมองเห็นและจะผกผันกับองศาความโค้ง ความลาดชันตามยาว และจำนวนสิ่งกีดขวางด้านข้างต่อหน่วยความยาวของถนน ณ เวลาและสถานที่หนึ่งๆ ความเร็วของรถแต่ละคันจะมีการกระจายค่อนข้างกว้าง และโดยทั่วไปจะมีการแจกแจงความน่าจะเป็น แบบปกติ (Normal probability distribution) และอัตราเร็วจะลดลงเมื่อปริมาณจราจรเพิ่มมากขึ้น การเก็บข้อมูลความการศึกษานี้สำรวจความเร็วโดยแยกประเภทของยานพาหนะออกเป็น 2 ประเภทได้แก่รถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลตามลำดับเลือกสำรวจความเร็วยานพาหนะที่ใช้ความเร็วแบบอิสระ(06.00 am-07.00 am) โดยใช้ Radar Gun โดยเก็บตัวอย่างความเร็วแบบสุ่มตัวอย่าง แบ่งสำรวจเป็นสองทิศทางต่อจุดสำรวจ ถนนสายหลักในเขตเมืองขอนแก่น(ถนนมิตรภาพ ถนนมะลิวัลย์ ถนนศรีจันทร์ ถนนหน้าเมือง ถนนกลางเมือง ถนนหลังเมือง ถนนเหล่านาดี ฯลฯ) และมีจุดสำรวจดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5

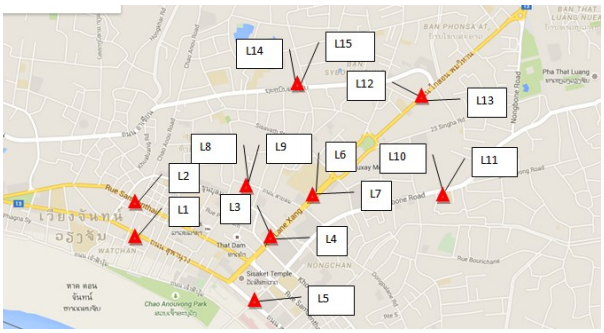



**รูปที่ 4** จุดสำรวจความเร็ว(ถนนสายหลัก)ในเขตเมืองขอนแก่น



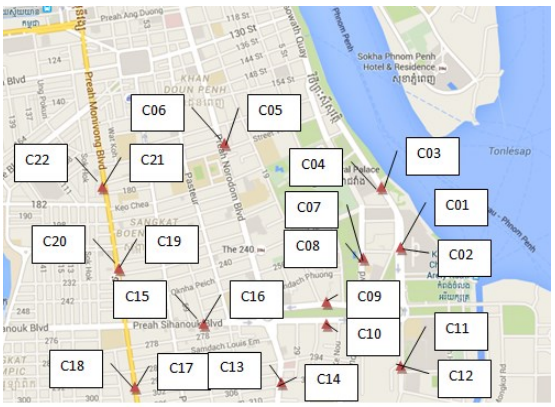

**รูปที่ 5** จุดสำรวจความเร็ว (ถนนสายรอง) ในเขตเมืองขอนแก่น

ในส่วนของจุดสำรวจของถนนสายหลักในเขตเมืองเวียงจันทน์(ถนนล้านช้าง ถนนไกสอน ถนนสายลม ถนนอาเซียน ถนนหนองบอล ถนนวัดศรีเกต ถนนหน้าสนูย์วัฒนธรรม ถนนสุพานุวงฯลฯ) ดังแสดงในรูปที่ 6




**รูปที่ 6** จุดสำรวจของถนนในเขตเมืองเวียงจันทน์

ในส่วนของจุดสำรวจของถนนสายหลักในเขตเมืองพนมเปญ ( PreahSisowath ,QuayPreahSisowath Quay, Preah Norodom Blvd, SamdachSothearos B, Preah Sihanouk B, PreahSisowath Quayetc.) ดังรูปที่ 7




**รูปที่ 7** จุดสำรวจของถนนในเขตเมืองพนมเปญ

## 2.2 การกำหนดรูปแบบจำลอง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่าง 2 ตัวแปรขึ้นไป สามารถหาความสัมพันธ์ได้โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ตัวแปรอาจเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มหรือเชิงคุณภาพก็ได้โดยขั้นตอนการวิเคราะห์จะแยกกลุ่มวิเคราะห์ก่อนจากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์รวมกันการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ แบบจำลองจะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของยานพาหนะกับลักษณะทางกายภาพ โดยหลักการทดสอบทางสถิติใช้หลักการวิเคราะห์ตาม [8] และมีตัวแปรในการวิเคราะห์ดังตารางที่1โดยภายในตารางอธิบายในเรื่องของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยแสดงรายละเอียดในเรื่องของตัวย่อที่ใช้ในการวิจัยและในตารางยังได้อธิบายความหมายของตัวย่อต่างๆ อาทิตัวย่อ $PC_{85th}$ จะมีความหมายว่าเป็นตัวแปรของความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถที่นั่งส่วนบุคคล เป็นต้น

**ตารางที่ 1** Variable Description

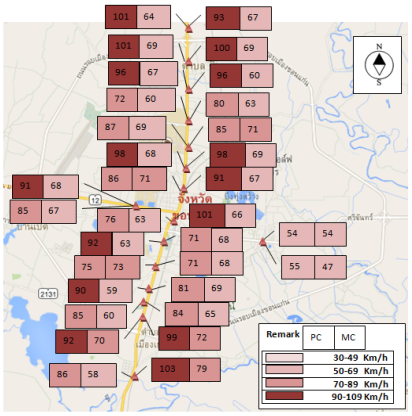
| No | Variable | Description |
|---|---|---|
| 1 | $PC_{85th}$ | $85^{th}$percentile speed of private car (km/h) |
| 2 | $PC_{avg}$ | Mean_speed of private car (km/h) |
| 3 | $MC_{85th}$ | $85^{th}$percentile speed of motorcycle car(km/h) |
| 4 | $MC_{avg}$ | Mean_speed speed of motorcycle (km/h) |
| 5 | $\Delta_{85th}$ | Difference of $85^{th}$percentile speed (km/h) |
| 6 | $\Delta_{avg}$ | Difference of Mean speed of (km/h) |
| 7 | LS | Left Shoulder (m) |
| 8 | NL | Number of lanes |
| 9 | LW | Lane width (m) |
| 10 | RW | Roadway width (m) |
| 11 | RS | Right Shoulder (m) |
| 12 | CF | Conflict point(per 1000 m)คือจุดเชื่อมต่อถนนและจุด |
| 13 | TI | Traffic island |

## 2.3 การปรับเทียบผลของแบบจำลอง

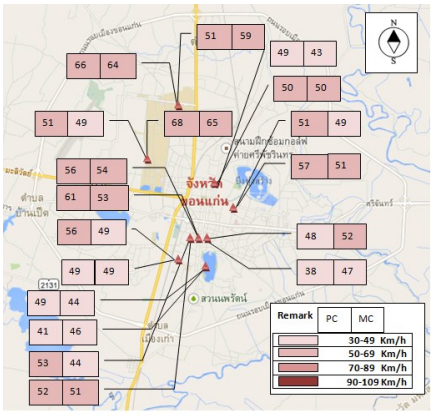
การวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วของยานพาหนะ จะใช้รูปแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น(linear Regression Model) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ คือ 1.การประมาณค่าพารามิเตอร์ 2.ค่าp-Value ($p < 0.05$) 3.ค่า Adjusted-R2เป็นต้นโดยมีการวิเคราะห์โดยใช้หลักการการทดสอบทางสถิติ[8][9]โดยการใช้ข้อมูล 87ชุดข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง

## 3. ผลการวิจัยและอภิปราย

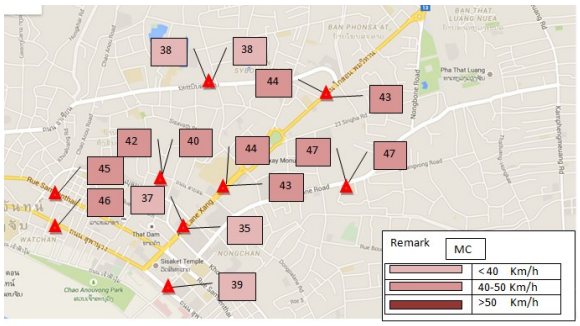
ผลการสำรวจความเร็วของยานพาหนะในพื้นที่ของการศึกษาโดยแผนที่ความเร็วของเขตเมืองขอนแก่น ดังแสดงในรูปที่8,9,10,11,12 และรูปที่ 13



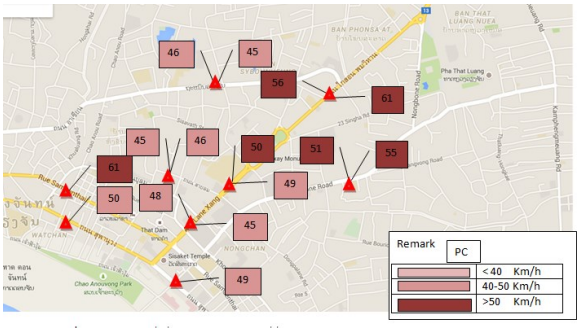

**รูปที่ 8** แผนที่แสดงความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของชั่วโมงการไหลอิสระถนนสายหลักของเมืองขอนแก่น



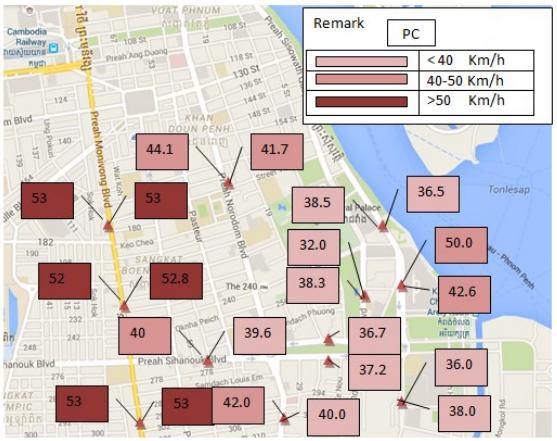

**รูปที่ 9** แผนที่แสดงความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของชั่วโมงการไหลอิสระถนนสายรองของเมืองขอนแก่น



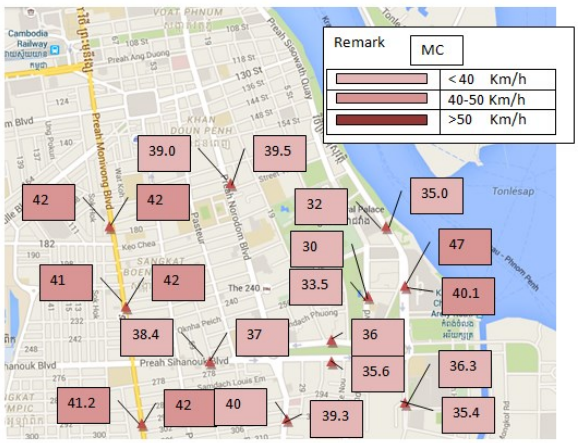

**รูปที่ 10** แผนที่แสดงความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของชั่วโมงการไหลอิสระรถจักรยานยนต์ของเมืองเวียงจันทน์




**รูปที่ 11** แผนที่แสดงความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของชั่วโมงการไหลอิสระรถที่นั่งส่วนบุคคลของเมืองเวียงจันทน์

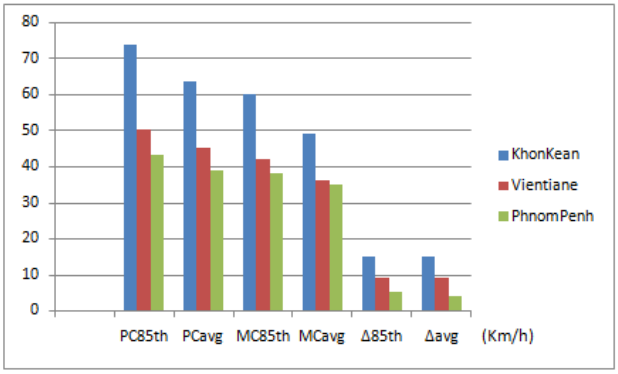



**รูปที่ 12** แผนที่แสดงความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของชั่วโมงการไหลอิสระรถที่นั่งส่วนบุคคลของเมืองพนมเปญ

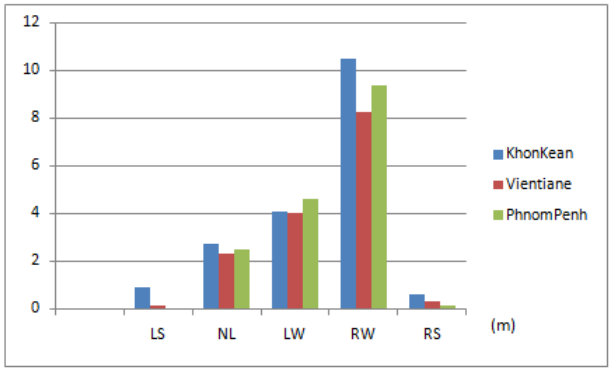



**รูปที่ 13** แผนที่แสดงความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของชั่วโมงการไหลอิสระรถจักรยานยนต์ของเมืองพนมเปญ

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วของยานพาหนะ เขตเมืองขอนแก่น เขตเมืองเวียงจันทน์และเขตเมืองพนมเปญ ดังที่แสดงในรูปที่ 14 และผลการเปรียบเทียบของค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพของถนน ดังแสดงในรูปที่ 15




**รูปที่ 14** ผลการเปรียบเทียบของค่าเฉลี่ยของความเร็วของยานพาหนะระหว่างเมืองขอนแก่น,เมืองเวียงจันทน์,เมืองพนมเปญ




**รูปที่ 15** ผลการเปรียบเทียบของค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพของถนนระหว่างเมืองขอนแก่น,เมืองเวียงจันทน์,เมืองพนมเปญ

จากรูปที่11พบว่าความเร็วเฉลี่ยความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ และความต่างของความเร็ว ของยานพาหนะของเขตเมืองขอนแก่น มีความเร็วสูงกว่าเขตเมืองเวียงจันทน์และเขตเมืองพนมเปญ แต่เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลของเมืองเวียงจันทน์แลเมืองพนมเปญ พบว่าความเร็วของยานพาหนะของเมืองพนมเปญมีค่าต่ำกว่าเมืองเวียงจันทน์ในทุกๆประเภทความเร็ว และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถนน เขตเมืองขอนแก่นมีค่าเฉลี่ยของหน้าตัดถนนมากกว่าเขตเมืองเวียงจันทน์และเขตเมืองพนมเปญ และเขตเมืองเวียงจันทน์มีค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพของถนนค่าน้อยที่สุด สาเหตุที่ความเร็วของยานพาหนะในเขตเมืองพนมเปญต่ำกว่าเมืองเวียงจันทน์ทั้งที่ลักษณะทางกายภาพของถนนมีค่าเฉลี่ยที่กว้างกว่าเนื่องจากในเขตเมืองพนมเปญ ผู้ขับขี่นิยมใช้รถจักรยานยนต์เป็นจำนวนมากจึงทำให้ปริมาณการจราจรค่อนข้างหนาแน่นประกอบกับพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ใช้ยานพาหนะมีการใช้ความเร็วค่อนข้างต่ำ ด้วยเหตุนี้จะทำให้ผลการสำรวจภาคสนามเป็นดังข้างต้นที่กล่าวมา

### 3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์

จากตารางที่ 2 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะทางกายภาพ จะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของหน้าตัดถนนกับจำนวนของช่องจราจร มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง ไม่เหมาะที่จะนำเข้าไปอยู่ในชุดสมการเดียวกันในขั้นตอนการวิเคราะห์ถดถอย

**ตารางที่ 2** ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพถนน

| | NL | RW | LW | LS | RS | CF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NL | 1 | 0.880* | -0.482* | 0.276* | 0.472* | 0.098 |
| RW | | 1 | -0.150 | 0.206 | 0.564* | -0.162 |
| LW | | | 1 | -0.145 | -0.120 | -0.372* |
| LS | | | | 1 | 0.265* | -0.178 |
| RS | | | | | 1 | -0.177 |
| CF | | | | | | 1 |

หมายเหตุ:* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 3.2 การปรับเทียบผลของแบบจำลอง

จากตารางที่ 3 มีการสร้างแบบจำลองโดยมีตัวแปลตามเป็นค่าความเร็วต่างๆ เช่นความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ส่วนบุคคล ความเร็วเฉลี่ยของรถจักยานยนต์ ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถที่นั่งส่วนบุคคล ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์ ความต่างแตกระหว่างความเร็วของยานพาหนะ เป็นต้น และตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นคือลักษณะทางกายภาพของถนน ได้แก่ การแบ่งช่วงจราจรด้วยเกาะกลางถนน ความกว้างของหน้าตัดถนน ความกว้างของไหล่ทางด้านขวา ความกว้างของไหล่ทางด้านซ้าย ความกว้างของช่องจราจร จำนวนของช่องจราจร จำนวนของจุดขัดแย้งต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ซึ่งนำมาวิเคราะห์และจะแสดงผลของแบบจำลองของชุดข้อมูลที่ดีที่สุด โดยนำแสดงเปรียบเทียบในตารางระหว่างยานพาหนะประเภทรถที่นั่งส่วนบุคคลกับรถจักรยานยนต์ และตารางของความแตกต่างของความเร็วของทั้ง2ประเภทโดยวิเคราะห์ทั้งประเภทความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์และความเร็วเฉลี่ย โดยในตารางยังแสดงถึงค่าทางสถิติ อาทิ ค่า ค่าคงที่หรือค่า Coefficient ,ค่า p-Value และค่า Adjusted-$R^2$

**ตารางที่ 3** แบบจำลองการคาดการณ์ความเร็วของยานพาหนะ

| Independent Variables | 85th percentile speed | | | | Mean speed | | | | Difference of speed | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Private car | | Motorcycle | | Private car | | Motorcycle | | $\Delta_{avg}$ | | $\Delta_{85th}$ | |
| | Coefficient | p-Value | Coefficient | p-Value | Coefficient | p-Value | Coefficient | p-Value | Coefficient | p-Value | Coefficient | p-Value |
| Constant | 37.792 | 0.000 | 46.140 | 0.000 | 29.322 | 0.000 | 35.515 | 0.000 | -.6.065 | 0.005 | -7.998 | 0.001 |
| RW | 2.061 | 0.000 | - | - | 2.079 | 0.000 | .768 | 0.000 | 1.273 | 0.000 | 1.550 | 0.000 |
| LS | 11.984 | 0.000 | 8.698 | 0.000 | 10.429 | 0.000 | 4.320 | 0.000 | 6.171 | 0.000 | 6.270 | 0.000 |
| RS | 10.209 | 0.000 | 5.481 | 0.000 | 7.397 | 0.001 | 4.588 | 0.000 | 2.848 | 0.048 | - | - |
| CF | -.920 | 0.010 | -1.591 | 0.000 | -.920 | 0.040 | -.885 | 0.001 | - | - | - | - |
| NL | - | - | 2.521 | 0.007 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Adjusted-R2 | 0.70 | | 0.63 | | 0.70 | | 0.62 | | 0.61 | | 0.53 | |

หมายเหตุ:Correlation is significant at the 0.05 level

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถที่นั่งส่วนบุคคล มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะทางกายภาพของถนน คือ ความกว้างของหน้าตัดถนนความกว้างของไหล่ทางด้านขวาและความกว้างของไหล่ทางด้านซ้าย และความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถที่นั่งส่วนบุคคล มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะทางกายภาพของถนน คือ จำนวนของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทางด้านขวาและความกว้างของไหล่ทางด้านซ้าย แต่ความเร็วของยานพาหนะทั้งสองประเภทมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนจุดขัดแย้งและมีค่า Adjusted-$R^2$ของรถที่นั่งส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์ เท่ากับ 0.70 และ 0.63

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะทางกายภาพของถนน คือ ความกว้างของหน้าตัดถนนความกว้างของไหล่ทางด้านขวาและความกว้างของไหล่ทางด้านซ้าย แต่ความเร็วของยานพาหนะทั้งสองประเภทมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนจุดขัดแย้งและมีค่า Adjusted-$R^2$ของรถที่นั่งส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์ เท่ากับ 0.70และ 0.62ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะทางกายภาพของถนน คือ ความกว้างของหน้าตัดถนน ความกว้างของไหล่ทางด้านขวาและความกว้างของไหล่ทางด้านซ้ายและมีค่า Adjusted-$R^2$เท่ากับ 0.83

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะทางกายภาพของถนน คือ ความกว้างของหน้าตัดถนนและความกว้างของไหล่ทางและมีค่า Adjusted-$R^2$เท่ากับ 0.61 และ 0.53

### 3.3 การอธิปรายผล

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ความเร็วของยานพาหนะจากลักษณะทางกายภาพของถนน โดยจุดความเร็วในการวิเคราะห์ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยอื่น[4] และศึกษาในช่วงถนนที่มีลักษณะเป็นแนวเส้นตรง ไม่พิจารณาตัวช่วงถนนทางโค้งเหมือนงานวิจัย [6] ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าแบบจำลองของค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์และค่าเฉลี่ยเร็วของยานพาหนะ มีผลการทำนายซึ่งมีค่าคาดเคลื่อนค้อนข้างสูงจึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานจริง แต่แบบจำลองของค่าความเร็วของรถที่นั่งส่วนบุคคล มีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลองของ ผลของค่าความแตกต่างค่าความเร็วของยานพาหนะและค่าความเร็วของรถจักรยานยนต์

จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองของความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถที่นั่งส่วนบุคคล ซึ่งมีตัวแปรตัวต้น คือ ความกว้างของไหล่ทางและความกว้างของหน้าตัดถนน ซึ่งมีผลของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ D.Dinhและคณะ ในปี ค.ศ.2013[5] และเมื่อนำแบบจำลองความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถที่นั่งส่วนบุคคล นำมาสร้างเป็นรูปสมการได้เป็นสมการที่ 1 ดังนี้

$$\hat{PC}_{85th} = 37.792+2.061RW+11.984LS+10.209RS-0.920CF \quad (1)$$

โดย RW คือ ค่าความกว้างของหน้าตัดถนน
LS คือ ค่าความกว้างของไหล่ทางด้านซ้าย
RS คือ ค่าความกว้างของไหล่ทางด้านขวา
CFคือ จำนวนจุดขัดแย้งต่อกิโลเมตร

เมื่อนำแบบจำลองของการคาดการณ์ความเร็วเฉลี่ยของรถที่นั่งส่วนบุคคล นำมาสร้างเป็นรูปสมการได้เป็นสมการที่ 2 ดังนี้

$$\hat{PC}_{avg} = 29.322 + 2.079RW + 10.429LS + 7.397RS - 0.920CF \quad (2)$$

โดย RW คือ ค่าความกว้างของหน้าตัดถนน
LS คือ ค่าความกว้างของไหล่ทางด้านซ้าย
RS คือ ค่าความกว้างของไหล่ทางด้านขวา
CFคือ จำนวนจุดขัดแย้งต่อกิโลเมตร

ซึ่งแบบจำลองของความเร็วของรถที่นั่งส่วนบุคคล มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับลักษณะทางกายภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ และความเร็วเฉลี่ยของรถที่นั่งส่วนบุคคล คือ ความกว้างของไหล่ทางและความกว้างของตัดหน้าถนน และจำนวนจุดขัดแย้ง

## 4. สรุป

ผลจากการสำรวจความเร็วของยานพาหนะของพื้นที่การศึกษาวิเคราะห์จะพบว่าความเร็วในเขตเมืองขอนแก่นมีค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงกว่าข้อมูลของเมืองอื่นๆ และผลทางสถิติความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของยานพาหนะกับลักษณะทางกายภาพพบว่าความเร็วที่เป็นแปรตามจะมีความสัมพันธ์กับความกว้างของหน้าตัดถนน และความกว้างของไหล่ทางมีอิทธิพลการใช้ความเร็วให้การขับขี่ยานพาหนะซึ่งความกว้างของหน้าตัดและความกว้างของไหล่ทางในเขตเมืองยิ่งกว้างจะมีแนวโน้มว่ายานพาหนะในช่วงถนนนั้นๆจะใช้ความเร็วสูงตามไป

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นกลุ่มตัวอย่างของจุดความเร็วที่ทำการสำรวจแต่ละช่วงถนนยังค่อนข้างทำให้ความถูกต้องของแบบจำลองไม่ค่อยดีถ้าจะนำไปพยากรณ์ความเร็วของยานพาหนะในเขตแต่แบบจำลองที่ดีของงานวิจัยก็คือการพยากรณ์ความเร็วของรถที่นั่งส่วนบุคคลจากแบบจำลองจะสามารถอธิบายได้ว่าสมการนี้สามารถพยากรณ์ความเร็วของรถที่รถส่วนบุคคลในเขตเมืองขอนแก่น เมืองเวียงจันทน์ และเมืองพนมเปญ ได้อย่างถูกต้อง 70 เปอร์เซ็นต์จากชุดตัวอย่างข้อมูล ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกายภาพของถนน คือ ความกว้างของไหล่ทางด้านซ้าย ความกว้างของไหล่ทางด้านขวา ความกว้างของหน้าตัดถนนซึ่งจากค่า Coefficient ตัวแปรทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์เชิงบวกและจำนวนจุดขัดแย้งมีค่าCoefficientในความสัมพันธ์เชิงลบ และมีความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 95

จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ความเร็วของยานพาหนะในเขตเมืองขอนแก่น เมืองเวียงจันทน์ และเมืองพนมเปญ ว่าช่วงถนนช่วงใดมีความเร็วและความแตกต่างระหว่างความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะสูงๆ อาจทำให้มีแนวโน้มที่จะเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น ซึ่งสามารถทำนายและนำไปเสนอแนะเป็นนโยบายเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในอนาคตต่อไป

## 5. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรมีการเก็บจุดความเร็วของยานพาหนะเพิ่มเติมเพื่อการทำขั้นตอนของ Validation และควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มในเขตเมืองของประเทศสมาชิกGMSที่เหลือ อาทิ ประเทศพม่า ประเทศจีนและประเทศเวียดนาม.

## เอกสารอ้างอิง

[1] World Health Organization (2012), "*SpeedManagement*", Switzerland.

[2] สำนักอำนวยความปลอดภัย สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.2552, รายงานผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต, พ.ศ. 2552.

[3] World Health Organization (2009), "*Road Safety In The Western Pacific Region Call For Action*",Switzerland.

[4] ฉัชฌารวบทองหลางและรัฐพล ภู่บุบผาพันธ์.2556, "การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเฉลี่ยด้านเวลากับความเร็วเฉลี่ยด้านระยะทางบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครฯ", *วารสารวิจัยและพัฒนามจธ*, ปีที่ 36, พ.ศ.2556.

[5] D. Dinh and H. Kubota (2013). "Profile-speed Data-based Models to Estimate Operating Speeds for Urban Residential Streets with a 30 km/h Speed Limit".*LATSS Research, pp. 115-122, 2013.*

[6] M. Bassani and E. Sacchi. (2012)"Calibration to Local Conditions of Geometry-based Operating Speed Models for Urban Arterials and Collectors".*Social and Behavioral Sciences,53, pp.822-833,2012.*

[7] เกษม ชูจารุกุล, 2550. "แบบจำลองอุบัติเหตุสำหรับทางหลวงสายรองในประเทศไทย", เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12, พ.ศ.2550, หน้า 120-125.

[8] กัลยาวานิชย์บัญชา, สถิติสำหรับงานวิจัย. 2555, สำนักพิมพ์ธรรมสาร, พ.ศ.2555,หน้า 91-201.

[9] เมษาทิพเวชและรัฐพลภู่บุบผาพันธ์.2555, "Accident Prediction Model For Highways in Mountainous Areas", *วิทยานิพนธ์*ปีการศึกษา พ.ศ.2555.

[10] เจษฎาคำผอง, 2558."การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของยานพาหนะ สถิติอุบัติเหตุและลักษณะทางกายภาพของถนน", เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20, พ.ศ.2558.

[11] กระทรวงคมนาคม.2552, คู่มือสำหรับผู้ประกอบการขนส่งทางถนนระหว่างประเทศ, พ.ศ. 2552.

[12] World Health Organization (2013),"*Global Status Report on Road Safety*", Switzerland.

# LIST OF ATRANS YOUNG RESEARCH'S FORUM

# COMMITTEE AND CONTACT ADDRESS

**8th ATRANS SYMPOSIUM YOUNG RESEARCHER'S FORUM**

**List of Young Researcher's Forum (YRF) Committee Member2015**

| Young Researcher's Forum Committee | ATRANS Affiliation | University/Institute/Advisor |
|---|---|---|
|  | **Mr. Naruphol Niyom**<br>President and Organizing Committee, Art and Design ,Symposium Materials Units | Prince of Songkla University<br>Cell. 083-183-4629<br>E-mail: naruphol@outlook.com<br>Advisor: Dr. Paramet Luathep |
|  | **Ms. Pitchaya Panwan**<br>Vice-President of Scientific Committee | King MongKut's University of Technology Thonburi<br>Cell. 084-173-7609<br>E-mail: boombeam_atom@hotmail.com<br>Advisor: Dr. Viroat Srisurapanon |
|  | **Ms. Jiralak Suttitum**<br>Vice-President of Organizing Committee | Kasetsart University<br>Cell. 081-899-1612<br>E-mail: jiralakpalmy@gmail.com<br>Advisor: Dr. Saroch Boonsiripant |

| Young Researcher's Forum Committee | ATRANS Affiliation | University/Institute/Advisor |
|---|---|---|
|  | **Ms. Suchawan Chunarong**<br>Secretary | Kasetsart University<br>Cell. 081-985-3516<br>E-mail: jan_chu@hotmail.com<br>Advisor: Dr. Saroch Boonsiripant |
|  | **Ms. Supattra Inthasong**<br>Member of Scientific Committee<br>(Page making & Publishing Units) | Kasetsart University<br>Cell. 087-545-2171<br>E-mail: sptin79@gmail.com<br>Advisor: Dr. Saroch Boonsiripant |
|  | **Ms. Kamolchanok Anu-an**<br>Member of Scientific Committee<br>(Page making & Publishing Units) | Kasetsart University<br>Cell. 091-819-6508<br>E-mail: super_fourthz@hotmail.com<br>Advisor: Dr. Saroch Boonsiripant |

| Young Researcher's Forum Committee | ATRANS Affiliation | University/Institute/Advisor |
|---|---|---|
|  | **Ms. Chomphunut Sutheerakul**<br>Member of Scientific Committee<br>(Paper Submission) | Chiang Mai University<br>Cell. 080-442-9864<br>E-mail: chompunutsu.25@gmail.com<br>Advisor: Dr. Preda Pichayapan |
|  | **Mr. Thanutchai Loymai**<br>Member of Scientific Committee<br>(Paper Submission) | Chiang Mai University<br>Cell. 091-771-4877<br>E-mail: loymai.tha@gmail.com<br>Advisor: Dr. Preda Pichayapan |
|  | **Mr. Pawee Koowibul**<br>Member of Scientific Committee<br>(Paper Submission) | Chiang Mai University<br>Cell. 088-571-6266<br>E-mail: pa.v6266@gmail.com<br>Advisor: Dr. Preda Pichayapan |

| Young Researcher's Forum Committee | ATRANS Affiliation | University/Institute/Advisor |
|---|---|---|
|  | **Ms. Myat Pan Ei Naing**<br>Member of Scientific Committee<br>(Paper Database) | Asian Institute of Technology<br>Cell. 094-857-6800<br>E-mail: wavyblue7@gmail.com<br>Advisor: Dr. Surachet Pravinvongvuth |
|  | **Mr. S.R.B.W.M.S.R.B Wanninayake**<br>Member of Scientific Committee<br>(Paper Database) | Asian Institute of Technology<br>Cell. 080-059-8701<br>E-mail: sbwanninayakeait@gmail.com<br>Advisor: Dr. Surachet Pravinvongvuth |
|  | **Mr. Saroj Maharjan**<br>Member of Scientific Committee<br>(Paper Submission) | Asian Institute of Technology<br>Cell. 094-685-1533<br>E-mail: maharjan.saroj47@gmail.com<br>Advisor: Dr. Djoen San Santoso |

| Young Researcher's Forum Committee | ATRANS Affiliation | University/Institute/Advisor |
|---|---|---|
|  | **Mr. Tiwakorn Prachaiboon**<br>Member of Scientific Committee<br>(Page making & Publishing Units) | Khon Kaen University<br>Cell. 080-747-5137<br>E-mail: tiwakron1990@gmail.com<br>Advisor: Dr. Chulaporn Sota |
|  | **Ms. Sininad Jaisue**<br>Member of Organizing Committee<br>(Registration Coordinator, Photography & Exhibition) | King MongKut's University of Technology Thonburi<br>Cell. 089-403-8035<br>E-mail: sininad_js@outlook.com<br>Advisor: Dr. Viroat Srisurapanon |
|  | **Mr. Sumathee Jaroentham**<br>Member of Organizing Committee<br>(Arts & Design, Symposium Materials Unit) | Prince of Songkla University<br>Cell. 085-880-6275<br>E-mail: suma.thee@hotmail.com<br>Advisor: Dr. Paramet Luathep |

| Young Researcher's Forum Committee | ATRANS Affiliation | University/Institute/Advisor |
|---|---|---|
|  | **Ms. Nidhi Adhikari**<br>Member of Organizing Committee<br>(Registration Coordinator) | Asian Institute of Technology<br>Cell. 080-580-4099<br>E-mail: nidhi357.ait@gmail.com<br>Advisor: Dr. Sangam Shrestha |
|  | **Ms. Cristin Swar**<br>Member of Organizing Committee<br>(Registration Coordinator) | Asian Institute of Technology<br>Cell. 080-568-0581<br>E-mail: christine.swar@gmail.com<br>Advisor: Dr. B H W Hadikusumo |

**List of Mentors of Young Researcher's Forum Committee 2015**

| Young Researcher's Forum Committee | ATRANS Affiliation | University/Institute/Advisor |
|---|---|---|
|  | **Mr. Thana Potanon**<br>Mentor | Chulalongkorn University<br>Cell. 083-037-1797<br>E-mail: p.thana1990@gmail.com<br>Advisor: Dr. Sorawit Narupiti |
|  | **Ms.Chanida Intasien**<br>Mentor | Chulalongkorn University<br>Cell. 089-006-6652<br>E-mail: chivava23@hotmail.com<br>Advisor: Dr. Sorawit Narupiti |
|  | **Mr.Jakarin Na Banchan**<br>Mentor | Chulalongkorn University<br>Cell. 061-414-9454<br>Email : p.jakarins@gmail.com<br>Advisor : Dr.Sorawit Narupiti |