

**Proceeding of 7<sup>th</sup> ATRANS Symposium:  
Young Researcher's Forum 2014**

**"Transportation for A Better Life:  
Towards Better ASEAN Connectivity and Safety"**

**22 August 2014**

**Bangkok, Thailand**

**Welcome Message from the Chair of ATRANS Symposium  
& Activity Committee**



Dear ATRANS Young Researcher's Forum 2014 participants,

It is a pleasure to welcome you to 7<sup>th</sup> ATRANS Symposium: Young Researcher's Forum 2014. In this seventh 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 22<sup>nd</sup> 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: Towards Better ASEAN Connectivity and Safety."

On behalf of ATRANS Secretary-General and the Chair of Symposium & Activity Committee, I wish to express my sincere gratitude to the Young Researcher's Forum Committee who worked relentlessly to make the Young Researcher's Forum 2014 possible. I earnest hope that you all, particularly, participating young researchers, scholars, practitioners and students 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 on 23<sup>rd</sup> August at Air Traffic Control, Suvarnabhumi Airport, Samutprakarn.

Tuenjai Fukuda, Dr. Eng.  
ATRANS Secretary-General and  
Chair of Symposium & Activity Committee

August, 2014

**Welcome message from ATRANS Young Researcher's Forum  
Advisory Committee**



Dear ATRANS Young Researcher's Forum 2014 participants,

On behalf of the research and symposium committees, I am delighted to welcome the delegates to the 7<sup>th</sup> ATRANS International Symposium 2014 together with the ATRANS Young Researcher's Forum (AYRF) meeting.

Let me express my sincere appreciation to the AYRF committee for their hard work in preparing things such as calling for the papers, managing the paper review, developing the proceeding booklet, the well organization of the real meeting, as well as the fascinating field trip. This again marks another success of ATRANS ever.

I anticipate that AYRF will further develop to be stronger and connect with the other young researcher societies in the world.

Finally I hope this year meeting be fruitful with the remarkable proceedings that will be central for the transport-related research in the country and the region.

Best Regards

Varameth Vichiensan, Ph.D.  
Kasetsart University  
Vice-Chair of Symposium & Activity Committee

**Welcome message from ATRANS Young Researcher's Forum  
Advisory Committee**



Dear ATRANS Young Researcher's Forum 2014 participants,

It is my great pleasure to welcome all distinguished guests to the ATRANS Symposium, and this year theme is "Transportation for A Better Life: Towards Better ASEAN Connectivity and Safety". A number of honorable guest speakers will deliver fascinating speeches in this event.

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 Researchers Chapter, 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's Forum 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

**Welcome Message from President of ATRANS Young  
Researcher's Forum Committee 2014**



Dear ATRANS Young Researcher's Forum (AYRF) 2014 participants,

It is an honor to have the opportunity to play an important role as one of the organizing committee to organize the 7<sup>th</sup> ATRANS Symposium: Young Researcher's Forum (AYRF) 2014 held on 22 August 2014 at the Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok. On behalf of president of ATRANS Young Researcher's Forum Committee 2014, it is our great privilege and honor to welcome all of you to be a part of the event in which to exchange various knowledge and information regarding transportation and its related issues.

The theme of this year Symposium is "Transportation For a Better Life: Toward better ASEAN connectivity and safety." Therefore it is a good opportunity to learn and share ideas in order to be knowledgeable and get ready for the upcoming activities of ASEAN connectivity and other Asian countries in the regions as well as to prepare and develop our potential since we all especially, Thailand is going to integrate to ASEAN Economic Community (AEC) next year.

Thus, I am pleased to organize this event to be completely following the theme and hope AYRF 2014 participants would gain benefits and satisfy your desire of learning.

Lastly, I would like to sincerely thank to all kind advices of the Young Researcher's Forum Advisory Committees and deeply appreciate to the great cooperation of our colleagues and friends, the ATRANS Young Researcher's Forum Committee 2014.

Wutichai Chaiya  
President of ATRANS Young Researcher's Forum Committee 2014

August 2014

**List of ATRANS Young Researcher's Forum 2014  
Organizing and Scientific Committee**

<b>Mr. Wutichai Chaiya (President)</b>	<b>Chiang Mai University Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Naruedol Sritaraso (Vice-President Scientific Committee)</b>	<b>Chiang Mai University Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Jakarin Na-bangchang (Vice-President Organizing Committee)</b>	<b>Chulalongkorn University Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Jirawat Pleongsrithong (Secretary of the committee)</b>	<b>Kasetsart University Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Athimet charadsuksawat (Secretary of Organizing)</b>	<b>King Mongkut's University Department of Automotive Engineering</b>
<b>Mr. Suranon Yuayong Member of Scientific Committee (Editor and Paper Database)</b>	<b>Kasetsart University Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Seubsakul Duangdeun Member of Scientific Committee (Paper Submission)</b>	<b>Kasetsart University Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Udomsak Duangchang Member of Scientific Committee (Paper Database)</b>	<b>Kasetsart University Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Sudeep Thapa Member of Scientific Committee (Paper Reviewing)</b>	<b>Asian Institute of Technology Department of Transport Engineering</b>
<b>Ms. Imalka Matarage Member of Scientific Committee (Paper Reviewing)</b>	<b>Asian Institute of Technology Department of Transport Engineering</b>
<b>Mr. Medha Devkota Member of Organizing Committee (Registration Submission)</b>	<b>Asian Institute of Technology Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Anup Shrestha Member of Organizing Committee (Registration Database)</b>	<b>Asian Institute of Technology Department of Civil Engineering</b>

**List of ATRANS Young Researcher's Forum 2014  
Organizing and Scientific Committee**

<b>Mr. Naruphol Niyom</b> <b>Member of Scientific Committee</b> <b>(Essay and Drawing)</b>	<b>Prince of Songkhla University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Kraitsada Sansomboon</b> <b>Member of Organizing Committee</b> <b>(Arts and Design)</b>	<b>Chulalongkorn University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>
<b>Ms. Ornicha Mutchachum</b> <b>Member of Organizing Committee</b> <b>(Registration Database)</b>	<b>Chulalongkorn University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Ratchamongkol Kummuntree</b> <b>Member of Organizing Committee</b> <b>(Arts and Design)</b>	<b>Khonkaen University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Warunyu Auttha</b> <b>Member of Organizing Committee</b> <b>(Arts and Design)</b>	<b>Khonkaen University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>
<b>Mentors:</b>	
<b>Mr. Thana Potanon</b>	<b>Chulalongkorn University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>
<b>Mr. Chaiwat Yaibok</b>	<b>Prince of Songkla University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>
<b>Ms. Chanida Intasien</b>	<b>Chulalongkorn University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>
<b>Ms. Nichaboon Maneenoi</b>	<b>Chulalongkorn University</b> <b>Department of Civil Engineering</b>

### **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

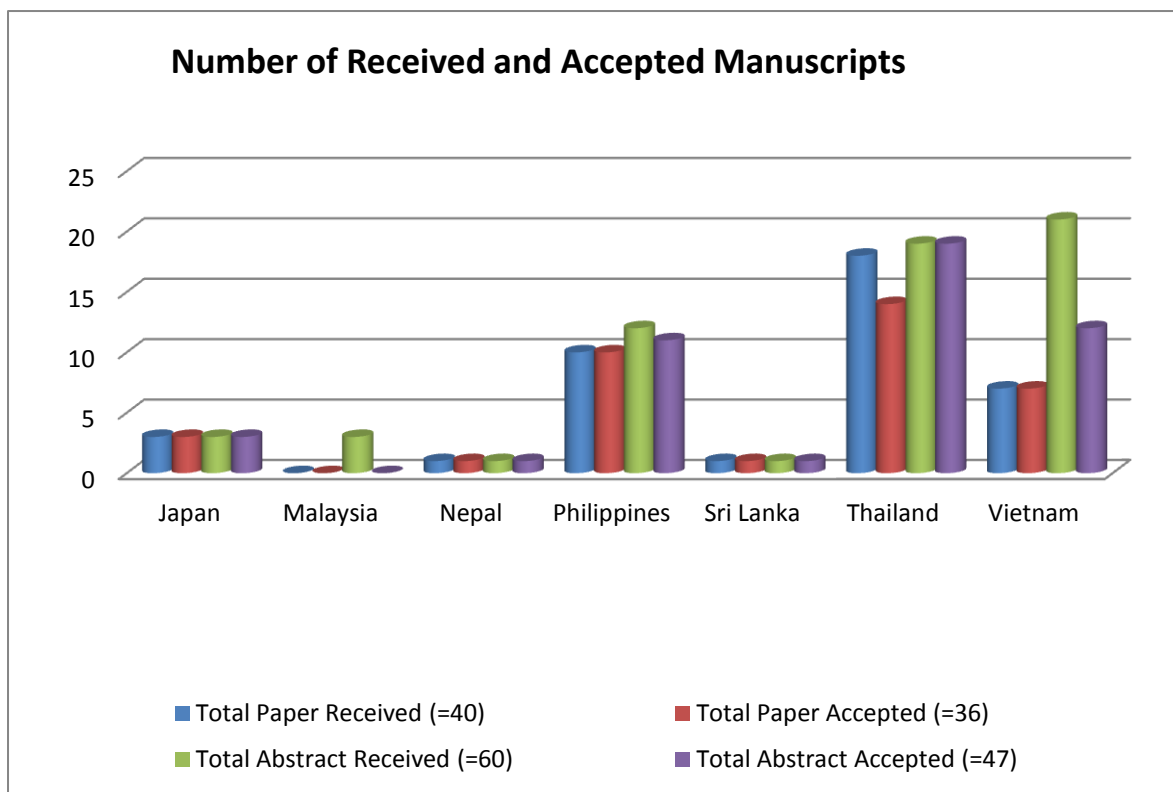
Kasetsart University

Dr. Sumet Ongkitikul

Thailand Development Research Institute  
(TDRI)

---

### Number of Received and Accepted Abstracts and Manuscripts



### List of ATRANS Young Researcher's Forum Paper Reviewers

No.	Title and Name	Organization
1	Prof. Atsushi Fukuda	Nihon University, Japan
2	Prof. Dr. Paibul Suriyawongpaisal	Mahidol University
3	Dr. Suwat Wanisubut	ATRANS Board Committee
4	Dr. Rungsun Udomsri	ATRANS Board Committee
5	Dr. Tuenjai Fukuda	Nihon University, Japan
6	Assoc. Prof. Dr. Chulaporn Sota	Khon Kaen University
7	Assoc. Prof. Dr. Ruth Banomyong	Thammasat University
8	Assoc. Prof. Dr. Agachai Sumalee	King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang
9	Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti	Chulalongkorn University
10	Assoc. Prof. Dr. Hironori Suzuki	Chiba Institute of Technology, Japan
11	Asst. Prof. Dr. Pongrid Klungboonkrong	Khon Kaen University
12	Asst. Prof. Dr. Sittha Jaensirisak	Ubonratchathani University
13	Asst. Prof. Dr. Varameth Vichiensan	Kasetsart University
14	Asst. Prof. Dr. Thaned Sathiennam	Khon Kaen University
15	Dr. Preda Pitchayapan	Chiang Mai University
16	Dr. Thirayoot Limanond	Thai Oil, Col.,Ltd.
17	Dr. Sumet Ongkittikul	Thailand Development Research Institute (TDRI) Foundation
18	Dr. Passakon Prathombutr	NECTEC, Ministry of Science and Technology
19	Dr. Saroch Boonsiripant	Kasetsart University
20	Dr. Siradol Siridhara	Suranaree University of Technology
21	Dr. Paramet Luathep	Prince of Songkla University
22	Dr. Pattarathep Sillapacharn	Department of Highways, Ministry of Transport
23	Dr. Nuwong Chollacoop	MTEC, Ministry of Science and Technology
24	Dr. Yossapong Lao-nual	JGSEE, King Mongkut University of Technology Thonburi
25	Pol. Lt. Col. Dr. Waiphot Kulachai	Royal Thai Police

**7<sup>th</sup> ATRANS SYMPOSIUM: YOUNG RESEARCHER'S FORUM 2014** “Transportation for a Better Life: Towards Better ASEAN Connectivity and Safety”  
22 August 2014 – BANGKOK, THAILAND

Time	Program		
08:30 – 09:00	Registration		
	- <b>OPENING SESSION</b> – (Room: Queen's Park 1, 2 <sup>nd</sup> Floor)		
09:00 – 09:10	Introductory Remarks by Mr. Akira Hasekawa, Managing Director of International Association of Traffic and Safety Sciences (IATSS)		
09:10 – 09:20	Welcome Remarks by Prof. Dr. Wiroj Rujopakarn, ATRANS Chairperson		
09:20 – 09:30	Opening Remarks by Permanent Secretary Soithip Trisuddhi, Ministry of Transport, Thailand		
09:30 – 09:40	Essay and Drawing Awarding Ceremony by ATRANS Chairperson		
09:40 – 10:00	Coffee Break and See Poster Session and other Exhibitions		
10:00 – 12:20	<b>MORNING SESSION &lt;Session 1: Panel Discussion on “Toward Better ASEAN Connectivity and Safety”&gt;</b> (Room: Queen's Park 1, 2 <sup>nd</sup> Floor) Moderated by Mr. Silpachai Jarukasemratana, Former Permanent Secretary of Ministry of Transport		
12:20 – 13:20	Luncheon provided at Parkview Restaurant on Ground Floor		
13:20 – 15:30	<b>FIRST AFTERNOON SESSION &lt;Session 2: Parallel Session of Main Symposium and Young Researcher's Forum</b>		
	<b>ATTRANS Young Researcher's Forum</b>		
	Room: Queen's Park 4, 2 <sup>nd</sup> Floor	Room: Queen's Park 5, 2 <sup>nd</sup> Floor	Room: Queen's Park 6, 2 <sup>nd</sup> Floor
	<b>Session 2B-1:</b> English Session <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (1) Transport Infrastructure & Management, (2) Transport Planning, (3) Traffic and Transport Modeling, (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (8) Sustainable Transport  <b>Session Chair:</b> AYRF Representative	<b>Session 2C-1:</b> English Session <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (7) Land Use, (8) Sustainable Transport, (9) Other transport-related issues  <b>Session Chair:</b> AYRF Representative	<b>Session 2D-1:</b> Eng & Thai Session (ภาคอังกฤษและภาษาไทย) <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (1) Transport Infrastructure & Management, (2) Transport Planning, (3) Traffic and Transport Modeling, (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (7) Land Use, (8) Sustainable Transport, (9) Other transport-related issues  <b>Session Chair:</b> AYRF Representatives
	<b>13:20-13:30</b>  YRF14-009: PARKING MANAGEMENT MEASURES TOWARDS A SUSTAINABLE TRANSPORTATION IN HANOI URBAN AREAS: A CASE STUDY IN HOAN KIEM DISTRICT  Truong Hoang Hai, Dinh Van Hiep	<b>YRF14-008:</b> EFFECT OF FLOODING ON MOUNTAINOUS TRANSPORTATION SYSTEM  Dinh Tung Vuong, Hung Pham, Anh Dung Pham	<b>YRF14-001:</b> COMPARATIVE ACCIDENT SEVERITY STUDY OF HIGH ACCIDENT INTERSECTIONS AND LOW ACCIDENT INTERSECTIONS  Sharad Bajrachaya
<b>13:30-13:40</b>	YRF14-027: STUDY ON BUILT-ENVIRONMENT BEST PRACTICES AND LIFESTYLES TOWARDS METRO USE: CASE STUDY OF CHATUCHAK DISTRICT, BANGKOK  Duangporn PRASERTASUBPAKIT, Sirithip WASINRAT	YRF14-043: CURRENT BUS SERVICE OPERATING CHARACTERISTICS ALONG EDSA, METRO MANILA, PHILIPPINES  Krister Ian Daniel ROQUEL, Alexis FILLONE	YRF14-002: MEANS OF POLITICAL AND LAND USE BOUNDARIES FOR URBAN TRANSPORT PLANNING PURPOSES  Rico Angelo CHIU, Lawrence Kristoffer CHUA, Gizelle Mae LIM, Marco SALCEDO, Alexis FILLONE

Continued from previous page

Time	Program		
13:20 – 15:30	FIRST AFTERNOON SESSION <Session 2: Parallel Session of Main Symposium and Young Researcher's Forum		
	ATRANS Young Researcher's Forum (each presenter has 7-min for presentation and 3-min for Q&A)		
	Room: Queen's Park 4, 2 <sup>nd</sup> Floor	Room: Queen's Park 5, 2 <sup>nd</sup> Floor	Room: Queen's Park 6, 2 <sup>nd</sup> Floor
	<b>Session 2B-1:</b> English Session <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (1) Transport Infrastructure & Management, (2) Transport Planning, (3) Traffic and Transport Modeling, (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (8) Sustainable Transport  <b>Session Chair:</b> AYRF Representative	<b>Session 2C-1:</b> English Session <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (7) Land Use, (8) Sustainable Transport, (9) Other transport-related issues  <b>Session Chair:</b> AYRF Representative	<b>Session 2D-1:</b> Eng & Thai Session (ภาคอังกฤษและภาษาไทย) <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (1) Transport Infrastructure & Management, (2) Transport Planning, (3) Traffic and Transport Modeling, (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (7) Land Use, (8) Sustainable Transport, (9) Other transport-related issues  <b>Session Chair:</b> AYRF Representatives
13:40-13:50	<b>YRF14-029:</b> ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENT AT SIGNALIZED INTERSECTIONS  Tran Quang Vuong, Vu Anh Tuan	<b>YRF14-046:</b> THE PANAY-GUIMARAS-NEGROS BRIDGE PROJECT: AN INITIAL ASSESSMENT  Nicanor ROXAS, Jr., Alexis FILLONE	<b>YRF1-003:</b> IMPACT ASSESSMENT OF TRAFFIC MANAGEMENT MEASURES IN THE VICINITY OF DE LA SALLE UNIVERSITY – MANILA  Danica CARPIO, Joshua CHUA, Analyn Dela PENA, Kervin LUCAS
13:50-14:00	<b>YRF14-030:</b> DESIGNING AND MODELING OF BRT SIGNAL PRIORITIES UNDER MIXED TRAFFIC CONDITIONS  Duc Nguyen HUYNH, Anh Tuan VU	<b>YRF14-047:</b> MODE CHOICE ANALYSIS OF URBAN TRIPS IN ILOILO CITY  Frederick Lloyd A. SOSUAN, Alexis M. FILLONE	<b>YRF14-005:</b> การศึกษาพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุทางถนนบ่อยในประเทศไทยจากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ (Road Black Spot Analysis from Thailand's Road Accident Data)  Surasak Srisawangwong, Suporn Pongnumkul
14:00-14:10	<b>YRF14-034:</b> EFFECTS OF PYROLYZED WASTE COOKING SYNTHETIC DIESEL FUEL ON PERFORMANCE OF A MULTI-CYLINDER DI DIESEL ENGINE  Kanit WATTANAVICHIEEN, Teerawut RAKYHAO, Prasobchok POTHIKUL	<b>YRF14-048:</b> STUDY ON EFFECTIVE LANE USAGE INCLUDING BUS EXCLUSIVE LANE FOR MOTORCYCLES  Wataru MATSUMOTO, Atsushi FUKUDA, Tetsuhiro ISHIZAKA, Yoshihiko HASHINO	<b>YRF14-006:</b> การศึกษาความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารระหว่างเมืองในภาคใต้ (A Study of Safety of Inter-city Passenger Van Services In Southern Thailand)  Jaray Poolpol, Pichai Taneerananon
14:10-14:20	<b>YRF14-040:</b> POSSIBILITIES OF MODAL SHIFT TO PUBLIC TRANSPORT IN DEVELOPING ASIAN CITIES-AN EMPIRICAL EXAMINATION IN HANOI CITY  Vu Anh TUAN	<b>YRF14-049:</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF VKT FROM TRANSPORTATION DEMAND FORECASTING AND VKT BASED ON ACTUAL DRIVING DISTANCE IN CITY  Hatsuki MORI, Atsushi FUKUDA, Tetsuhiro ISHIZAKA, Thaned SATIENNAM	<b>YRF14-010:</b> การวิเคราะห์ค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางเส้นทางตาก – แม่สอติ (Bus Fare Analysis of Tak-Mae Sot Route)  Ratanapong CHUNGCHUA, Preda PICHAYAPAN
14:20-14:30	SESSION BREAK		

Continued: from previous page

Time	Program		
13:20 – 15:30	FIRST AFTERNOON SESSION <Session 2: Parallel Session of Main Symposium and Young Researcher's Forum		
	ATRANS Young Researcher's Forum (each presenter has 7-min for presentation and 3-min for Q&A)		
	Room: Queen's Park 4, 2 <sup>nd</sup> Floor	Room: Queen's Park 5, 2 <sup>nd</sup> Floor	Room: Queen's Park 6, 2 <sup>nd</sup> Floor
	<b>Session 2B-2:</b> English Session <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (1) Transport Infrastructure & Management, (2) Transport Planning, (3) Traffic and Transport Modeling, (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (8) Sustainable Transport  <b>Session Chair:</b> AYRF Representative	<b>Session 2C-2:</b> English Session <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (7) Land Use, (8) Sustainable Transport, (9) Other transport-related issues  <b>Session Chair:</b> AYRF Representative	<b>Session 2D-2:</b> Eng & Thai Session (ภาคอังกฤษและภาษาไทย) <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (1) Transport Infrastructure & Management, (2) Transport Planning, (3) Traffic and Transport Modeling, (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (7) Land Use, (8) Sustainable Transport, (9) Other transport-related issues  <b>Session Chair:</b> AYRF Representatives
14:30-14:40	<b>YRF14-004:</b> CONSTRUCTING FLY-OVER BRIDGES AT INTERSECTIONS IN URBAN AREA TO SOLVE TRAFFIC CONGESTION IN HANOI CAPITAL  TIEN Le Ngoc, LONG Tran Viet , TUNG Vuong Dinh, CHANH Pham Viet	<b>YRF14-050:</b> STUDY ON THE EVALUATION OF THE ROUNDABOUT UTILIZING MICRO TRAFFIC SIMULATION MODEL  Takuya KOJIMA, Atsushi FUKUDA, Tetsuhiro ISHIZAKA, Paramet LUATHEP	<b>YRF14-012:</b> ระบบระบุสายการเดินทางแบบอัตโนมัติจากข้อมูล GPS (Automatic Bus Route Detecting System on GPS Data)  Attaphon PAYANATUM, Saroch BOONSIRIPANT, Tarid SONGSANG
14:40-14:50	<b>YRF14- 013:</b> ASSESSMENT OF THE ON-STREET PARKING MANAGEMENT IN ERMITA-MALATE, PHILIPPINES  Arian Aquino BULACTIAL, Federico Tan DIZON, Mark Wesley Chang GARCIA, Grace Padayhag GUETA, Judylyn Caabay VALDEZ	<b>YRF14-051:</b> MODE CHANGE BEHAVIOR OF BUS PASSENGERS TO RAIL SYSTEM UNDER IMPROVED RAIL OPERATIONS  Germaine Ann C. DILAY, Alexis M. FILLONE	<b>YRF14-019:</b> การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการขับขี่ที่คำนวณจากเซนเซอร์บนโทรศัพท์มือถือและจำนวนการเกิดอันตรายบนถนน (Modeling frequencies of road accident using aggressive driving behaviours from smartphone sensory data)  Nitat TEPNARONG, Suporn PONGNUMKUL, Chalernpol SAIPRASERT, Pimwadee CHAVALIT
14:50-15:00	<b>YRF14-014:</b> IMPROVE ACCESSIBILITY AND ENSURE MULTIMODALITY OF METRO LINE WITH PUBLIC TRANSPORT SYSTEM IN HANOI  Tuan Anh Luong, Hai Linh LE	<b>YRF14-052:</b> INTRODUCTION OF BUS AND BRT SYSTEMS ALONG A MAJOR ROAD CORRIDOR IN ILOILO CITY, PHILIPPINES  Joniemar CALDERON, Mary Earl Daryl GRIO, Rowena DELATINA, Ritz Michael LACSON, Shevane Ruth DELA CRUZ	<b>YRF14-023:</b> ระบบระบุการเข้าและออกสถานีของรถไฟฟ้าจากตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือของผู้โดยสาร (A System for Passenger Train's Arrival and Departure Update of Using Rider's Smartphone GPS Trace)  Theethat THIRATTHANKUL, Surasak SRISAWANGWONG, Narin KUNASETH, Kornchawal CHAIPAH, Suporn PONGNUMKUL

Continued from previous page

Time	Program		
13:20 – 15:30	FIRST AFTERNOON SESSION <Session 2: Parallel Session of Main Symposium and Young Researcher's Forum		
	ATRANS Young Researcher's Forum (each presenter has 7-min for presentation and 3-min for Q&A)		
	Room: Queen's Park 4, 2 <sup>nd</sup> Floor	Room: Queen's Park 5, 2 <sup>nd</sup> Floor	Room: Queen's Park 6, 2 <sup>nd</sup> Floor
	<b>Session 2B-2:</b> English Session <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (1) Transport Infrastructure & Management, (2) Transport Planning, (3) Traffic and Transport Modeling, (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (8) Sustainable Transport  <b>Session Chair:</b> AYRF Representative	<b>Session 2C-2:</b> English Session <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (7) Land Use, (8) Sustainable Transport, (9) Other transport-related issues  <b>Session Chair:</b> AYRF Representative	<b>Session 3D-2:</b> Eng & Thai Session (ภาคอังกฤษและภาษาไทย) <b>Topic:</b> Multidisciplinary issues (1) Transport Infrastructure & Management, (2) Transport Planning, (3) Traffic and Transport Modeling, (4) Intelligent Transport System, (5) Traffic Safety, (6) Energy and Environment in Transport Sector, (7) Land Use, (8) Sustainable Transport, (9) Other transport-related issues  <b>Session Chair:</b> AYRF Representatives
15:00-15:10	<b>YRF14-022:</b> UTILIZING MULTIMODAL PUBLIC TRANSPORTATION ROUTE PLANNERS FOR LONG-TERM SUSTAINABLE TRANSPORTATION NETWORKS Chelcie NARBONETA, Kardi TEKONOMO	<b>YRF14-053:</b> COMPARISON OF TRAVEL BEHAVIOR AND RESPONSES TO CHANGE IN TRANSIT FARE BETWEEN BANGKOK AND MANILA RAIL SYSTEMS  Marcus Kyle BARO, Kasem CHOOCHARUKUL	<b>YRF14-028:</b> การวิเคราะห์ปัจจัยทางถนนบริเวณทางแยกที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรในจังหวัดเชียงใหม่ (Analysis of Intersection-Related Factors Affecting Traffic Signal Violations in Chiang Mai) Wichaya SONGSAENG, Preda PICHAYAPAN, Nopadon KRONGPRASERT
15:10-15:20	<b>YRF14-041:</b> USER PERCEPTION TOWARDS SERVICE QUALITY OF PUBLIC BUS TRANSPORTATION IN ANURADHAPURA DISTRICT, SRI LANKA   Gayani Sasendrika GUNARATHNE, Djoen San SANTOSO	<b>YRF14-059:</b> HIGHWAY-RAILWAY GRADE CROSSING (HRGC) SAFETY AUDIT: A CASE STUDY OF HRGC IN PHITSANULOK PROVINCE   Donyarit SETTASUWACHA, Suchinthon SONGSITTIDET, Surachet WANNA, Kritsana KLINDEE	<b>YRF14-031:</b> การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาและพฤติกรรมการจอดรถภายในห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษาห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ จังหวัดนครราชสีมา (Factor affecting parking behavior in the parking: A case study of The Mall, Nakhon Ratchasima)  Warut SUMMAR, Phattarasuda WITCHAYAPHONG, Siradol SIRADHARA
15:20-15:30	<b>YRF14-042:</b> DEVELOPING A PUBLIC TRANSIT SCHEDULING TOOL FOR METRO MANITA BUS OPERATORS   Raymund Paolo B. ABAD, Alexis M. FILLONE	<b>YRF14-060:</b> GPS ENABLED TAXI PROBE'S BIG DATA PROCESSING FOR TRAFFIC EVALUATION OF BANGKOK USING APACHE HADOOP DISTRIBUTED SYSTEM   Saurav RANJIT, Masahiko NAGAI, Itti RITTAPORN, Fredik HILDING	<b>YRF14-032:</b> การส่งเสริมการใช้จักรยานเลียบคลองแสนแสบเพื่อการขนส่งอย่างยั่งยืน (Encouraging Bicycling alongside Saen Saeb Canal for Transportation Sustainability) Pennapha SUKBANPHAN, Prapatpong UPALA  <b>YRF14-058:</b> การตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัยของผู้ขับขี่สามกลุ่มประเทศและสามกลุ่มอายุในกรุงเทพมหานคร (Risky driving behavior of three countries and three age group in Bangkok)  Chanida INTASIEN, Sorawit NARUPITI
15:30-15:50	Coffee Break		
15:50-17:50	<Session 3> Parallel Session		
17:50-18:00	Best Paper & Presentation Awards, Certifications and Closing Remarks		

## CONTENTS

Welcome Message from the Chair of ATRANS Symposium & Activity Committee	I
Welcome Message from Vice-Chair of ATRANS Symposium & Activity Committee	II - III
Welcome Message from President of ATRANS Young Researcher's Forum Committee 2014	IV
List of ATRANS Young Researcher's Forum (AYRF) 2014 Committee	V - VI
List of ATRANS Young Researcher's Forum Advisory Committee	VII
Diagram of Number of Received and Accepted Abstracts and Manuscripts	VIII
List of ATRANS Young Researcher's Forum Paper Reviewers	IX
Program of ATRANS Young Researcher's Forum Sessions and its Paper Presentations	X - XIII

### **AYRF Paper Presentation Sessions**

<u>AYRF14-001</u> : COMPARATIVE ACCIDENT SEVERITY STUDY OF HIGH ACCIDENT INTERSECTIONS AND LOW ACCIDENT INTERSECTIONS	1 - 6
Sharad Bajrachaya	
<u>AYRF14-002</u> : MEANS OF POLITICAL AND LAND USE BOUNDARIES FOR URBAN TRANSPORT PLANNING PURPOSES	7 - 15
Rico Angelo CHIU, Lawrence Kristoffer CHUA, Gizelle Mae LIM, Marco SALCEDO, Alexis FILLONE	
<u>AYRF14-003</u> : IMPACT ASSESSMENT OF TRAFFIC MANAGEMENT MEASURES IN THE VICINITY OF DE LA SALLE UNIVERSITY – MANILA	16 - 25
Danica Carpio, Joshua Chua, Analyn Dela Pena, Kervin Lucas	
<u>AYRF14-004</u> : CONSTRUCTING FLY-OVER BRIDGES AT INTERSECTIONS IN URBAN AREA TO SOLVE TRAFFIC CONGESTION IN HA NOI CAPITAL	26 - 32
TIEN Le Ngoc, LONG Tran Viet, TUNG VuongDinh, CHANH Pham Viet	
<u>AYRF14-005</u> : การศึกษาพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุทางถนนบ่อยในประเทศไทยจากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ (Road Black Spot Analysis from Thailand's Road Accident Data)	33 - 37
SurasakSrisawangwong, SupornPongnumkul	

<b><u>AYRF14-006:</u></b> การศึกษาความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารระหว่างเมืองในภาคใต้ (A Study of Safety of Inter - city Passenger Van Services In Southern Thailand)	<b>38 -45</b>
JarayPoolpol, PichaiTaneerananon	
<b><u>AYRF14-008:</u></b> EFFECT OF FLOODING ON MOUNTAINOUS TRANSPORTATION SYSTEM	<b>46 - 51</b>
Dinh Tung Vuong, Hung Pham, Anh Dung Pham	
<b><u>AYRF14-009:</u></b> PARKING MANAGEMENT MEASURES TOWARDS A SUSTAINABLE TRANSPORTATION IN HANOI URBAN AREAS: A CASE STUDY IN HOAN KIEM DISTRICT	<b>52 - 57</b>
Truong Hoang Hai, Dinh Van Hiep	
<b><u>AYRF14-010:</u></b> การวิเคราะห์ค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางเส้นทางตาก – แม่สอด (Bus Fare Analysis of Tak-Mae Sot Route)	<b>58 - 65</b>
Ratanapong Chungchua, Preda Pichayapan	
<b><u>AYRF14-012:</u></b> ระบบระบุสายการเดินรถแบบอัตโนมัติจากข้อมูล GPS (Automatic Bus Route Detecting System on GPS Data)	<b>66 - 75</b>
Attaphon Panyanatum, Saroch Boonsiripant, Tarid Songsang	
<b><u>AYRF14-013:</u></b> ASSESSMENT OF THE ON-STREET PARKING MANAGEMENT IN ERMITA-MALATE, PHILIPPINES	<b>76 - 84</b>
Arian Aquino BULACTIAL, Federico Tan DIZON, Mark Wesley Chang GARCIA, Grace Padayhag GUETA, Judylyn Caabay VALDEZ	
<b><u>AYRF14-014:</u></b> IMPROVE ACCESSIBILITY AND ENSURE MULTIMODALITY OF METRO LINE WITH PUBLIC TRANSPORT SYSTEM IN HANOI	<b>85 - 95</b>
Tuan Anh LUONG, HaiLinh LE	
<b><u>AYRF14-019:</u></b> การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมขับขี่ที่คำนวณจากเซนเซอร์ บนโทรศัพท์มือถือและจำนวนการเกิดอันตรายบนถนน (Modeling frequencies of road accident using aggressive driving behaviours from smartphone sensory data)	<b>96 - 102</b>
Nitattepnarong, Suporn Pongnumkul, Chalernpol Saiprasert, Pimwadee Chaovalit	

<b>AYRF14-022: UTILIZING MULTIMODAL PUBLIC TRANSPORTATION ROUTE PLANNERS FOR LONG-TERM SUSTAINABLE TRANSPORTATION NETWORKS</b>	<b>103 - 110</b>
Chelcie Narboneta, Kardi Teknomo	
<b>AYRF14-023: ระบบระบุการเข้าและออกสถานีของรถไฟจากตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือของผู้โดยสาร (A System for Passenger Train's Arrival and Departure Update of Using Rider's Smartphone GPS Trace)</b>	<b>111-121</b>
Theethat Thirattthankul, Surasak Srisawangwong, Narin Kunaseth, Kornchawal Chaipah, Suporn Pongnumkul	
<b>YRF14-027: STUDY ON BUILT-ENVIRONMENT BEST PRACTICES AND LIFESTYLES TOWARDS METRO USE: CASE STUDY OF CHATUCHAK DISTRICT, BANGKOK</b>	<b>122 - 130</b>
Duangporn PRASERTASUBPAKIT, Sirithip WASINRAT	
<b>AYRF14-028: การวิเคราะห์ปัจจัยทางถนนบริเวณทางแยกที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ในจังหวัดเชียงใหม่ (Analysis of Intersection-Related Factors Affecting Traffic Signal Violations in Chiang Mai)</b>	<b>131 - 137</b>
Wichaya Songsaeng, Preda Pitchayapan, Nopadon Kronprasert	
<b>AYRF14-029: ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AT SIGNALIZED INTERSECTIONS</b>	<b>138 -148</b>
Tran Quang Vuong, Vu Anh Tuan	
<b>AYRF14-030: DESIGNING AND MODELING OF BRT SIGNAL PRIORITIES UNDER MIXED TRAFFIC CONDITIONS</b>	<b>149 - 158</b>
Duc Nguyen HUYNH, Anh Tuan VU	
<b>AYRF14-031: การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาและพฤติกรรมการจอดรถภายในห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษาห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ จังหวัดนครราชสีมา (Factor affecting parking behavior in the parking: A case study of The Mall, Nakhon Ratchasima)</b>	<b>159 - 165</b>
Warut Summar, Phattarasuda Witchayaphong, Siradol Siridhara	

<u>AYRF14-034</u> : EFFECTS OF PYROLYZED WASTE COOKING SYNTHETIC DIESEL FUEL ON PERFORMANCE OF A MULTI-CYLINDER DI DIESEL ENGINE	166 - 172
---	-----------

Assoc. Prof. Dr. Kanit WATTANAVICHEN, Teerawut RAKYHAO, Prasobchok POTHIKUL

<u>AYRF14-040</u> : POSSIBILITIES OF MODAL SHIFT TO PUBLIC TRANSPORT IN DEVELOPING ASIAN CITIES - AN EMPIRICAL EXAMINATION IN HANOI CITY	173 - 184
---	-----------

Vu Anh TUAN

<u>AYRF14-041</u> : USER PERCEPTION TOWARDS SERVICE QUALITY OF PUBLIC BUS TRANSPORTATION IN ANURADHAPURA DISTRICT, SRI LANKA	185 - 193
---	-----------

Gayani Sasendrika Gunarathne, Djoen San Santoso

<u>AYRF14-042</u> : DEVELOPING A PUBLIC TRANSIT SCHEDULING TOOL FOR METRO MANILA BUS OPERATION	194 - 204
---	-----------

Raymund Paolo B. ABAD, Alexis M. FILLONE

<u>AYRF14-043</u> : CURRENT BUS SERVICE OPERATING CHARACTERISTICS ALONG EDSA, METRO MANILA, PHILIPPINES	205 - 215
--	-----------

Krister Ian Daniel ROQUEL, Alexis FILLONE

<u>AYRF14-046</u> : THE PANAY-GUIMARAS-NEGROS BRIDGES PROJECT: AN INITIAL ASSESSMENT	216 - 223
--	-----------

Nicanor ROXAS, Jr., Alexis FILLONE

<u>AYRF14-047</u> : MODE CHOICE ANALYSIS OF URBAN TRIPS IN ILOILO CITY	224 - 229
--	-----------

Frederick Lloyd A. SOSUAN, Alexis M. FILLONE

<u>AYRF14-048</u> : STUDY ON EFFECTIVE LANE USAGE INCLUDING BUS EXCLUSIVE LANE FOR MOTORCYCLES	230 – 235
---	-----------

Wataru MATSUMOTO, Atsushi FUKUDA, Tetsuhiro ISHIZAKA, Yoshihiko HASHINO

<u>AYRF14-049</u> : COMPARATIVE ANALYSIS OF VKT FROM TRANSPORTATION DEMAND FORECASTING AND VKT BASED ON ACTUAL DRIVING DISTANCE IN CITY	236 - 241
--	-----------

Hatsuki MORI, Atsushi FUKUDA, Tetsuhiro ISHIZAKA, Thaned SATIENNAM

<u>AYRF14-050</u> : STUDY ON THE EVALUATION OF THE ROUNDABOUT UTILIZING MICRO TRAFFIC SIMULATION MODEL	242 - 247
Takuya KOJIMA, Atsushi FUKUDA, Tetsuhiro ISHIZAKA, Paramet LUATHEP	
<u>AYRF14-051</u> : MODE CHANGE BEHAVIOR OF BUS PASSENGERSTO RAIL SYSTEM UNDER IMPROVED RAIL OPERATIONS	248 - 255
Germaine Ann C. DILAY, Alexis M. FILLONE	
<u>AYRF14-052</u> : INTRODUCTION OF BUS AND BRT SYSTEMS ALONG A MAJOR ROAD CORRIDOR IN ILOILO CITY, PHILIPPINES	256 - 264
Joniemar CALDERON, Mary Earl Daryl GRIO, Rowena DELATINA, Ritz Michael LACSON, Shevane Ruth DELA CRUZ	
<u>AYRF14-053</u> : COMPARISON OF TRAVEL BEHAVIOR AND RESPONSES TO CHANGE IN TRANSIT FARE BETWEEN BANGKOK AND MANILA RAIL SYSTEMS	265 - 273
Marcus Kyle BARO, Kasem CHOOCHARUKUL	
<u>AYRF14-058</u> : การตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัยของผู้ขับขี่สามกลุ่มอายุในกรุงเทพมหานคร (Risky Driving behavior of Three Countries and Three age groups in Bangkok)	274 - 282
Chanida Intasien, Sorawit Narupiti	
<u>AYRF14-059</u> : HIGHWAY-RAILWAY GRADE CROSSING (HRGC) SAFETY AUDIT: A CASE STUDY OF HRGC IN PHISANULOK PROVINCE	283 - 290
Donyarit SETTASUWACHA, Suchinthon SONGSITTIDET, Surachet WANNA, Kritsana KLINDEE	
<u>AYRF14-060</u> : GPS ENABLE TAXI PROBE'S BIG DATA PROCESSING FOR TRAFFIC EVALUATION OF BANGKOK USING APACHE HADOOP DISTRIBUTED SYSTEM	291 - 297
Saurav RANJIT, Masahiko NAGAI, Itti RITTAPORN, Fredrik HILDING	
<u>AYRF14-032</u> : การส่งเสริมการใช้จักรยานเลียบคลองแสนแสบเพื่อการขนส่งอย่างยั่งยืน (Encouraging Bicycling alongside Saen Seab Canel for Transportation Sustainability)	298 - 307
Pennapa SUKBUNPHAN, Prapatpong UPALA	

## **COMPARATIVE ACCIDENT SEVERITY STUDY OF HIGH ACCIDENT INTERSECTION AND LOW ACCIDENT INTERSECTIONS**

Paper Identification Number: **AYRF14-001**

<sup>1</sup>Sharad Bajracharya

<sup>1</sup>Department of Transportation Engineering, School of Engineering and Technology  
Asian Institute of Technology, Pathumthani (2012)  
Email: sharadbaj@gmail.com

### **Abstract**

Intersections though a crucial part of any roadway network, still are one of the most accident prone areas, due to the availability of several conflict points. Accidents though may occur at random, but the severity of the accident can be controlled or reduced by taking some countermeasures. To put in place the countermeasures it is of utmost importance to find the factors responsible for causing high rate of accidents and high severity crashes. For that a statistical comparison of high accident intersection and a low accident intersection should find the factors which commonly differ in-between them. Thus taking into consideration these factors, we can effectively and economically minimize accidents at prone intersections.

**Keywords:** Intersection, High Accident location, Low Accident location Comparison study.

### **1. Introduction**

The purpose of this study was to identify the factors which differ from low accident intersections to that from high accident intersection, thus observe factors responsible for the high rate of accidents occurring at those intersections.

The DOH database and the HAIMS 2010 (Highway Accident Information Management System 2010) have been used to identify the high accident intersections and the low accident intersections. Other data required for the study has been collected in the field. These databases were integrated to focus on the current condition and safety of the intersection location, thus resulting in a composite database with traffic flow, traffic control and the geometric design features of the roadway.

Furthermore, using statistical analysis from our previous studies the relationship between accident severity and roadway design features has been identified. We have found from the result the statistically significant factors for causing accident severity. Thus, those studies contributed in identifying the high accident intersections around Thailand. Hence our goal is to identify the design features and/or characteristics of the higher accident intersection compared to that of the lower

accident intersections, so that the result could be used to reduce intersection accidents in future intersection design and improvements.

### **2. Objective and Limitation of study**

The objective of our study is to identify the different features that exist between high accident intersections and low accident intersections and hence identify the factors responsible for causing high accident as compared to the low accident intersections.

The limitation of the study are:-

- Under-reporting of crashes
- Limited sample size for analysis of High and Low Accident Intersection locations
- Accuracy of DOH database

### **3. Literature Review**

There have been few studies on crash relationships at intersection of 2-lane and 4-lane roadways. However, some of the factors responsible of higher accident severity are identifies as time of the day, traffic volume, traffic control devices, roadway geometry, surrounding environment, median type, lighting, and sight distance.

From previous studies, it has been found that, volume is an important factor in intersection crashes; intersections with an AADT of over 8000 vehicles are reported to have 30% more accidents than lower volume intersections.

The traffic control devices used at intersections also affects the accident rate. The use of stop, yield or intersection ahead signs at intersection could help significantly in reducing the accident rates. Traffic signals are common for major intersections, but studies have shown that signalized intersections have 29% more crashes than non-signalized intersections, due to the increase of rear end collisions. The sight distance at intersections are another important factor causing crashes. A study has shown that 4-legged intersection have 4 times more crashes as compared to that of T-type intersections.

#### 4. Methodology

To calibrate this model, we shall use liner regression to analyze the factors, since we are only concerned about the changes in the attributes of the high accident intersections and the low accident intersections, as to develop a model depicting the factors responsible for severe accident injury at intersections. Thus a linear regression would be the simplest and best model, so identify the outstanding factors accountable to have higher number of accidents at intersections.

The main concern behind simple linear regression models is to minimize the mean or total square errors between the data and the model results. There are two main variables in linear regression, the dependent and the independent variables. Equation (1) shows the relation between the dependent and independent variable, where  $\alpha$  and  $\beta$  are known as coefficients of simple regression model between dependent variable  $Y$  and independent variable  $X$ .

$$Y = \alpha + \beta X \quad (1)$$

If more than one independent variable is to be entered into the model is known as multivariate linear regression model. Therefore the model relationship between independent variables  $X_1, X_2, \dots, X_n$  and dependent variable  $Y$  by the equation (2), coefficients  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$  and  $\beta_n$

must be set based on minimizing the mean square errors between the data and the model results.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n \quad (2)$$

#### 5. Location Identification

The identification of the location of the intersection which has high accident frequency has been done using the DOH database of the accident records from 2007 to 2009, and thus the intersection has been located using the HAIMS database and Google earth. The accident which has low accident or no accident has been selected in the near vicinity of the high accident intersection location as to maintain consistency for any accident records at the intersection on the DOH database. Hence, the intersection with low number of accidents located in the nearby vicinity of the high accident intersection has been selected, as it would have similar traffic flow and traffic volume.

Due to the inaccuracy of the database, some places which have been labeled as intersection, is not an intersection, which was found out during the site visit. As well as, some un-signalized intersections had to be left out. Leaving us with 20 intersections, out of which 11 are high accident intersections and 14, are low accident intersections.

#### 6. Data

Data were collected on 2 main features, i.e. traffic control, and the geometric features of the intersection. Also, data for the annual average daily traffic and the percentage heavy vehicles were taken from the traffic accident on national highway annual reports. The explanatory variables in each of these categories are given in table (1) below. The variable have been selected carefully by the observation of variables used in previous studies and the availability and accessibility of the site of the intersection, keeping on mind the time constraints and the long distance between the intersections. Model Analysis

For analysis we shall also consider the total number of repetition of occurrence and the average value of respective variable is shown in table (2) below.

**Table (1)** Explanatory variables used in the model for High/Low Accident intersection Comparison study

Category of explanatory variables		Description of the variables
	Route	Highway Number
	Control	Highway Control Section Number
	Km	Accident Location (by Kilometer Post)
	N	Northing
	E	Easting
<b>Traffic Flow</b>		
1	% Heavy Vehicle (DOH data)	continuous
2	AADT (DOH data)	continuous
<b>Traffic Control</b>		
1	Total cycle length	continuous
2	Count down traffic signal	yes=1, no=0
3	Signal Phasing	two phase=0, multiphase=1
4	Location of traffic signal	pole=0, hanging=1
5	Turning signal on major road	yes=1, no=0
6	Turning signal on minor road	yes=1, no=0
<b>Geometric design features</b>		
1	No. of Legs	3 leg or 4 leg
2	Width of intersection on major road	continuous
3	Width of intersection on minor road	continuous
4	skew angle intersection	yes=1, no=0
5	Intersection on hilltop along major road	yes=1, no=0
6	Presence of Traffic Island	yes=1, no=0
7	Existence of painted island on the major road	yes=1, no=0
8	Existence of right turn lane on major highway	yes=1, no=0
9	Curve on minor road before intersection	yes=1, no=0
10	Adequate sight distance from the minor road	yes=1, no=0
11	Intersection ahead, signal available on major road	yes=1, no=0
12	Intersection ahead, signal available on minor road	yes=1, no=0

The data were collected at the field at each and every intersection by careful observation and measurements. It has been assumed that the geometry has not been modified during the study period as the observation at the site is has been done on a later date (2012).

## 7. Model Analysis

For analysis we shall also consider the total number of repetition of occurrence and the average value of respective variable is shown in table (2) below.

**Table (2)** Total/Average number of the independent variables for High/Low Accident Intersection Comparison study.

Category of explanatory variables		High Accident		Low Accident	
		Total	Avg.	Total	Avg.
<b>Traffic Flow</b>					
1	% Heavy Vehicle (DOH data)		21.53		17.96
2	AADT (DOH data)		19488.91		25103.44
<b>Traffic Control</b>					
1	Total cycle length		159.18		118.00
2	Count down traffic signal	2		2	
3	Signal Phasing	11		5	
4	Location of traffic signal	1		0	
5	Turning signal on major road	11		8	
6	Turning signal on minor road	7		3	
<b>Geometric design features</b>					
1	No. of Legs				
2	Width of intersection on major road		35.18		30.89
3	Width of intersection on minor road		18.82		22.11
4	skew angle intersection	6		4	
5	Intersection on hilltop along major road	0		0	
6	Presence of Traffic Island	10		5	
7	Existence of painted island on the major road	2		2	
8	Existence of right turn lane on major highway	10		8	
9	Curve on minor road before intersection	2		4	
10	Adequate sight distance from the minor road	11		8	
11	Intersection ahead, signal available on major road	11		9	
12	Intersection ahead, signal available on minor road	9		6	

From table (2), we can observe the difference between the high accident intersections and the low accidents intersections.

## 8. Results

### Traffic Flow

Increase in the volume of traffic gives rise to greater interaction between vehicles, thus giving more chances for conflicts. Also, as volume increases, there would be less maneuvering space for the right and left turning vehicles as well, resulting in higher possibility of accidents due to greater exposure. In our study, though the AADT of the low accident intersection are comparatively higher on average, the percent Heavy vehicles are higher on the high accident intersections. As it can

been seen from the study of Poch and Mannering (1996), in a portion of a roadway segment, the truck percentage increases the proportion of possible injury accidents. We can settle from this result that it is not the quantity of traffic, but the quality of traffic that uses the intersection causes more accidents on Thailand's intersections. Heavy vehicles causes more severe accidents than other smaller vehicles, as discussed earlier, due to its big size and heavy mass causing greater collision impact.

### Traffic Control

The total cycle length on higher accident intersections are significantly more, on an average of 40seconds more than the low accident

intersection, i.e Low Level Of Service (LOS) intersection. The more the waiting time for vehicles, the lesser the patience of the driver. Decreased patience building the possibility of rushing out of the line, which might be a cause for accident.

Generally the number of phases is higher on busy intersection with more number of conflict points on the intersection, which is also mentioned on the Poch & Mannering (1996). The result of which says that most of the accidents occur during the phase-change period. In our study, it can be seen that mostly multiphase signal is being used in high accident intersection; while there are 5 multiphase signals and 4 signal phase in low accident intersection, in our study. Hence, we can say that is higher number of accidents is occurring at intersections with multi-phase signals.

The location of the signal on all the locations seems to be all on poles, which is doing a good job as it is clearly visible from its desired side. Installing a turning signal on an intersection will provide segregation and a timed gap between turning vehicles which will help reduce the conflict between turning vehicles and straight going vehicles. In our study we have found that there is a presence of turning signal on mostly all major roads while, not all minor roads have turning signals. Hence, the vehicles coming from the minor road may result in accidents due unavailability of signals.

### **Geometric design features**

The width of the high accident intersection is a bit wider than the low accident intersection on the major road while it is opposite on the minor road. Perhaps high volume of traffic on the major road and lower volume of traffic on the minor road plays a vital role on causing accidents. As the vehicles on the major road might neglect the minor road as it is smaller in comparison, thus maintaining higher speed. This might result in higher accidental probability when vehicles from the minor road approach the intersection, where there is higher possibility of conflicts.

On skewed angled intersections usually it is difficult for the drivers driving on the skewed side to judge the approach speed of the vehicle on the other road, which often consequences on a miscalculation resulting in an accident.

From the table (3), we can see that nearly all the high accident intersection have traffic island.

Even though it is deemed to be useful for crossing pedestrians as well as segregating turning vehicles, it might causes confusion for speeding vehicles.

The availability of right turn lane may reduce accidents by the reduction of conflicts. As known from the study of Poch and Mannering (1996), without an exclusive right turn lane, the right turning vehicles require to slow down in a shared lane in the same time while other vehicles going straight might be slowing down to stop at the intersection, thus the difference in speed and direction may cause a collision.

A study by Poch and Mannering (1996) showed that the presence of a horizontal curve on an intersection approach would increase accidents. But from our study, a curve on the minor road does not seem to be a major factor on causing higher accident rates.

Appropriate sight distance is a vital part of every intersection, as Shorter sight distance (less than 100m) increases accident rates, making it one of the major causes for accidents. Short sight distance gives driver less time to judge the oncoming traffic. From a study by Kulmana (1995) it also mentioned that short sight distance increases accident rates. Thankfully, on the intersections that were involved in this study, all of the intersections have adequate sight distance.

It is beneficial to have an early warning for the drivers that an intersection in approaching ahead, this would give the driver enough time to prepare and slow down for the intersection. It would be of high value to inform the drivers of the oncoming intersection and thus avoid any confusion or accidents. In our site visit, we observed that all the major roads had signs of intersection ahead, but not all of the minor roads had those signs.

### **9. Conclusion/Discussion**

The factors which are administrated for causing severe accident are General factor, Road Characteristics factor, Probable Cause factor, Environmental Conditions factor, Type of accident factor, and Collision Pattern factor. The ordinal nature of the severity index interrelated with the relation between accident severity and the possible factors responsible for accident severity given the factorial result. When correlating the result using statistical analysis from studies the relationship between accident severity and roadway design features will give the identified.

To identify the design features and characteristics of the higher accident intersection compared to that of the lower accident intersections will be worthy to use to reduce intersection accidents in future intersection design as well as the improvement of the current intersection. There are three major factors that are significant for traffic accidents such as:

- Design default
- Road Traffic Safety, and
- Awareness

Design default will be illustrated from various past familiarity and studies addressing constraint and issues. Imposing notification of Road Traffic Safety ahead prior to prone zone will alert the road user and minimized the accident. Addressing of Road Traffic Safety Awareness for prone zone attentive the road users which impact will reduce the accident. Hence, from design default will reduce 50% of the accident, 40% reduce by Road Traffic Safety and 10% will minimize from Awareness.

### **References**

- [1] Kulmala, (1994) Measuring the safety effect of road measures at junctions, *Accident Analysis and Prevention*, 26 (6), pp. 781–794
- [2] Khattak AJ (2001). Injury severity in multi vehicle rear-end crashes. *Transportation Research Record*, 1746, 59-68.
- [3] Khattak, A.J., Shneider, R.J., & Targa F. (2003) Risk factors in large truck rollovers and injury severity: analysis of single-vehicle collisions. 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Boards, TRB paper number 03-2331,
- [4] Lee, J., Mannering, F.,(2002). Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis. *Accident Analysis and Prevention* 34 (2), 149–161.
- [5] Poch and Mannering, (1996) M Poch, F.L Mannering Negative binomial analysis of intersection accident frequencies *Journal of Transportation Engineering*, 122 (2), pp. 105–113

## **DEVELOPING THE TRAFFIC ANALYSIS ZONES OF ILOILO CITY BY MEANS OF POLITICAL AND LAND USE BOUNDARIES FOR URBAN TRANSPORT PLANNING PURPOSES**

Paper Identification Number: **AYRF14-002**

Rico Angelo CHIU<sup>1</sup>, Lawrence Kristoffer CHUA<sup>2</sup>, Gizelle Mae LIM<sup>3</sup>, Marco SALCEDO<sup>4</sup>, Alexis  
FILLONE<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Civil Engineering Department, De La Salle University  
2401 Taft Avenue, Malate, Manila  
E-mail: rico\_chiu@dlsu.edu.ph

<sup>2</sup>Civil Engineering Department, De La Salle University  
2401 Taft Avenue, Malate, Manila  
E-mail: lawrence\_chua@dlsu.edu.ph

<sup>3</sup>Civil Engineering Department, De La Salle University  
2401 Taft Avenue, Malate, Manila  
E-mail: gizelle\_lim@dlsu.edu.ph

<sup>4</sup>Civil Engineering Department, De La Salle University  
2401 Taft Avenue, Malate Manila  
E-mail: marco\_salcedo@dlsu.edu.ph

<sup>5</sup>Civil Engineering Department, De La Salle University  
2401 Taft Avenue, Malate, Manila  
E-mail: alexis.fillone@dlsu.edu.ph

### **Abstract**

The main objective of the study is to develop the traffic analysis zones of Iloilo City, Philippines and use them to generate travel demand models. The models will be used in addressing urban transportation plans and programs of the city. Consequently, the models will be useful in providing direction to the transportation system as well as optimizing transportation resources especially for future urban transport developments in Iloilo City. To generate the travel demand models, traffic analysis zones will be used as geographic units. Developing the traffic analysis zones consists of two approaches. One approach is clustering by political boundaries (barangays, smallest political unit in the Philippines), and the other is clustering by land use. The Four – Step Transportation Planning Approach (Trip Generation, Trip Distribution, Modal Split and Trip Assignment) will be used in developing the travel demand models for Iloilo City, some necessary data used in this study include the socio – economic characteristics of the population, origin-destination passenger trips, mode choice and public transport routes (i.e. jeepneys). The more effective of the two approaches will be used in the final urban transport planning of the City considering its future transport plans and projects. The future development plans of the city include the introduction of a mass transit system, use of non-motorized transport (i.e. bicycles and pedestrians) with focus on transit-oriented development.

**Keywords:** Traffic analysis zones, Iloilo City

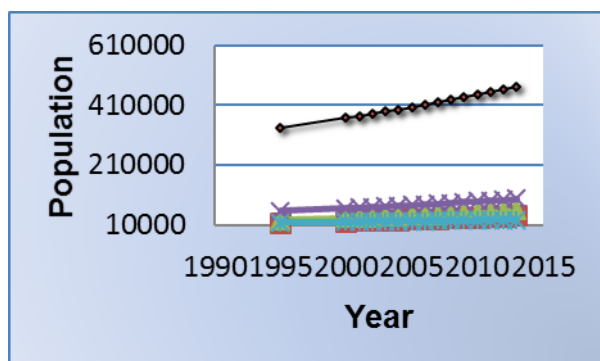
## 1. Introduction

Iloilo City is a highly urbanized city and is the capital of Iloilo Province, Philippines. The city is recognized as the regional center of Western Visayas or Region VI. Iloilo City is composed of seven districts, formerly six until Lapuz was declared a separate district in 2008. The districts are namely Arevalo, City Proper, Jaro, La Paz, Lapuz, Mandurriao and Molo. Shown below is the distribution of barangays per district in the city.

**Table 1.1** Number of Barangays per District

District	Number of Barangays
Arevalo	13
City Proper	45
Jaro	42
La Paz	25
Lapuz	12
Mandurriao	18
Molo	25
<b>Total</b>	<b>180</b>

The land use distribution of Iloilo City is as follow: 57.35% for residential use, 8.21% for commercial use, 4.78% for institutional use, 4.37% for agricultural use and 3.36% for industrial use.



**Source:** Metro Iloilo Development Control: In Pursuit of Managed Urban Growth

**Figure 1.1** Increasing Trends in Population

The increasing population of Iloilo City poses a problem in accommodating all travel demands if the transportation systems and operations will be reactive to the imminent changes and developments. Moreover, being the regional center of Western Visayas, Iloilo City's trade, industry and commercial status will continue to intensify; thus relating an increase in demand for mobility goods; therefore, there must be advancement in transportation systems and operations. The research intends to develop the traffic analysis zones of Iloilo City and will be used to generate a travel demand model specifically for the city. The model is desired to improve the transportation system, to provide convenience to travelers, and to organize the trips generated in Iloilo City; moreover, to pattern future development plans based on the generated model. The traffic analysis zones will contribute in organizing traffic schemes and in optimizing transportation resources; moreover, developing the traffic analysis zones of Iloilo City will not only respond to the existing problems in transportation systems and operations but also react proactively to imminent detrimental circumstances that may take place in the future.

The traffic analysis zones will be developed in two approaches. One is clustering by political boundaries and another is clustering by land use. The research aims to compare the difference in terms of trips produced and attracted between the traffic analysis zones generated using the political subdivision and the traffic analysis zones generated using the land uses.

The research delimits pedestrian study, and several means of transportation. Pedestrian study is delimited because the research focuses on vehicle transportation. The means of transportation that will be tackled are private vehicles, public jeepneys, taxis and buses. However, regional buses will not be included because they travel from one city to another; thus overstepping the bounds of the scope's study area.

## 2. Literature Review

Traffic analysis zone is the most used conventional transport planning models with respect to the geographic characteristic of a study area. Zones are based upon either the land use characteristics or political boundaries. In each zone, the travel behaviour characteristics, traffic flow, socio-demographic and socio-economic variables are used to describe the zonal system of activities.

Using traffic analysis zones for transport planning is not new for the Philippines. In the study conducted in generating the traffic analysis zones of Metro Manila, Metro Cebu and Metro Davao the proponents followed the same process or pattern. The process of generating the traffic analysis zones in the said studies has three major steps; (1) four-step approach which requires socio-economic and demographics data, (2) zoning system and modelling, and (3) forecasting. In the three steps mentioned, traffic analysis zones were developed. The proposed networks and new construction for roads that were recommended were mainly to forecast the traffic demand model in the future, which means that when the same traffic flow was permitted to continue, traffic congestion can be worse until it reaches an unacceptable level. And if the road traffic volumes drastically increase, the level of service will become worse, and that is what the use of traffic analysis zone is trying to address.

## 3. Methodology

The researchers conducted a series of data collection. The obtained data were then used to develop the political and land use traffic analysis zones, and the traffic demand models for future urban transport purposes. The traffic analysis zones of political and land use boundaries were modelled using the programs of *Japan International Corporation Agency System for Travel Demand Analysis (JICA STRADA 3.0)*, which is designed with flexible program sequencing and combination for transportation planning.

### 3.1 Road Network and Boundaries of Iloilo City

The road network is a drawing that shows the structure and arrangement of roads in Iloilo City. The structure of the road network was patterned after the road map presented in *wikimapia.org*. The road network was developed

using the software program Network Editor in JICA-STRADA 3.0.

Political and land use boundaries were separately traced above the road network by also using the Network Editor. The division of barangays presented in *wikimapia.org* was the basis of the political boundaries. On the other hand, the division of land use presented in the land use map provided by the City Planning and Development Office of Iloilo City were the basis of the land use boundaries.

### 3.2 Data Collection

Each barangay profiles were acquired from the City Planning and Development Office of Iloilo City Hall. These profiles have information on population, total number of households, total number of employees, types and number of establishments, number of students, number of educational facilities, available means of transportation, barangay income, and land use.

The jeepney route ordinances were also acquired and were taken from the Transport Management and Traffic Regulation Office of Iloilo City Hall. These routes were traced using the Transit Line Editor program of JICA-STRADA 3.

Also, the proponents were able to gather data from private and public onboard survey by riding a private vehicle and a jeepney. The survey was conducted by taking note of the time that the vehicle stopped and the time that the vehicle moved at certain points, such as junctions, intersections and landmarks, along the route. The distance travelled by the vehicle between two points was determined using *wikimapia.org*. The objectives of this survey are to determine the travel speed, running speed, travel time, running time and delay time.

Another survey that was conducted is the load factor survey. The survey was done by monitoring two selected junctions in Iloilo city, namely Ledesma-Arroyo-J.M.Basa-Iznart junction and Quezon-Ledesma junction. The objectives of the survey are to determine the number of

passengers per 15-minute duration and the frequency of jeepneys per 15-minute duration. The result of this survey was used to modify the transit line characteristics of each jeepney route.

### 3.3 Processing in JICA STRADA

The data gathered were analyzed with the aid of JICA STRADA. JICA STRADA was used by the proponents in handling the network profile and public utility vehicle routes of Iloilo City.

The first step in modeling the transit route is to develop the road network using the Network Editor. The files needed for the network editor are the road network, parameter file and the political area zones and land use zones.

The next step is to input the parameter files which were converted with the help of Matrix Manipulator. Afterwards, the incremental assignment was done, and this needs input parameter files with extensions .INT, .PAR, and .AOD. It then outputs a .DRE file which can be ran on the highway reporter, the highway reporters task is to generate all inputs starting from the road network including the intersections considered and the variables considered, then it will show a graph, a table, flows, depending on what one chooses to view. This serves as the brain of the JICA analyzing and distributing the flow based on the inputted data. In line with the incremental assignment, transit assignment works similarly with the incremental assignment; it just needs a different input but it is also ran through highway reporter. The results outputted by the highway reporter are what the researchers then analyze and calibrate with the actual data obtained from the JICA study done for Iloilo city. After the highway reporter, trip matrix builder is used, this program requires the actual variables affecting the trips generated, trips attracted and the intrazonal trips then modelling the building and choosing the correct parameters needed, and then the output will be a model which can forecast the trips.

### 3.4 Validation of Traffic Analysis Zones

The validation of traffic analysis zones involved test running traffic conditions in the

generated models. The basis of determining the more effective model was the actual data gathered. If the product from the test variables were close to the actual values or if the product of the test variables were  $\pm 20\%$  from the actual values, then the said model is valid.

## 4. Results

Shown in Tables 4.1 to 4.10, is the summary of the comparison of results of the ten intersections considered for the calibration of the directional analysis. Each intersection was compared with the actual study done by JICA, it was compared to both the political and the land use boundaries and the percentage difference was computed. After averaging the total percentage differences for the political and the land use, the political boundary had an average percentage difference of 72.29%, whilst land use boundary had an average percentage difference of 65.35% which means the zoning by land use was closer to the JICA study and is a better approach compared to the political boundary for the particular calibration for directional analysis.

**Table 4.1** Locsin-Avancena-San Pedro Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
387	305	582	23.7	40.25
903	929	1020	2.84	12.17
412	1488	1002	113.26	83.45
903	2941	3000	106.04	107.46
2327	2942	2517	23.34	7.84
920	865	872	6.16	5.36
			45.89	42.75

**Table 4.2** Iloilo Bridge-Infante Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
1086	3740	3706	109.99	109.35
3357	2210	1438	41.21	80.04
236	781	857	107.18	113.63
662	2138	2933	105.43	126.34
1176	824	566	35.2	70.03
855	1030	694	18.57	20.79
1215	1249	787	2.76	42.76
869	1216	851	33.29	2.09
			56.7	70.63

**Table 4.3** Mabini-Igado Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
207	27	113	153.85	58.75
805	697	795	14.38	1.25
796	198	127	120.32	144.96
677	11341	753	177.47	10.63
629	2153	1322	109.56	71.04
300	217	119	32.11	86.4
592	85	226	149.78	89.49
689	8	8	195.41	195.41
			119.11	82.24

**Table 4.4** Mabini-General Luna Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
695	1406	1113	67.68	46.24
1074	876	795	20.31	29.86
627	897	795	35.43	23.63
282	27	180	165.05	44.16
587	19	325	187.46	57.46
1216	1419	1113	15.41	8.84
			81.89	35.03

**Table 4.5** Jalandoni-Delgado Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
269	363	226	29.75	17.37
620	244	21	87.04	186.9
796	286	148	94.27	137.29
677	302	325	76.61	70.26
629	476	99	27.69	145.6
300	355	376	16.79	22.49
592	486	523	19.67	12.38
689	244	127	95.39	137.75
			55.9	91.25

**Table 4.6** Quezon-Ledesma Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
343	40	12	158.22	186.48
27	880	723	188.09	185.6
142	279	128	65.08	10.37
334	248	125	29.55	91.07
670	531	113	23.15	142.27
244	18	188	172.52	25.93
841	649	723	25.77	15.09
131	353	128	91.74	2.32
			94.27	82.39

**Table 4.8 E.** Lopez – Jalandoni Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
201	3037	121	175.17	49.69
917	407	508	77.04	57.4
343	84	505	121.31	38.21
476	2951	1112	144.44	80.1
896	885	731	1.24	20.28
879	629	447	33.16	65.16
383	22	858	178.27	76.55
151	41	58	114.58	89
			105.65	59.55

**Table 4.7** Rizal-Huervana Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
928	1454	311	44.16	99.6
622	848	574	30.75	8.03
765	571	981	29.04	24.74
1444	1144	83	23.18	178.26
643	390	294	48.98	74.49
518	423	909	20.19	54.8
			32.72	73.32

**Table 4.9** Lopez Jaena-Fajardo Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
1268	2686	2081	71.72	48.55
626	446	573	33.58	8.84
710	459	1100	42.94	43.09
205	996	1283	131.72	144.89
1255	3695	1188	98.59	5.49
			75.71	50.17

**Table 4.10** Diversion Road-Benigno Aquino Intersection

Vehicular Flows			Percentage Difference	
Actual	Political	Land Use	Political	Land Use
809	1019	521	22.98	43.31
1111	461	232	82.7	130.9
1085	1404	1531	25.63	34.1
1115	377	502	98.93	75.82
992	1769	1057	56.28	6.34
660	1033	2170	44.06	106.71
			55.10	66.2

Shown in Tables 4.11 and 4.12, the comparisons of results for the travel time from zone to zone by political boundary and by land use boundary. Random zones were chosen to calibrate the actual with the JICA analysis. The political boundary having an average percentage difference of 50.32% and the land use boundary having an average percentage difference of 19.33%, comparing the two, land use boundary has a closer value with the actual JICA study hence the bordering by land use was chosen.

**Table 4.11** Data for Political Zone

	Actual	JICA Analysis	Percentage Difference (%)
	Travel Time (min)	Travel time (min)	
1	5.473	3.75	37.36
2	0.648	1.15	55.84
3	7.73	6.34	19.76
4	0.89	1.2	29.67
5	4.94	3.73	27.89
6	2.47	2.65	7
7	11.64	10.81	7.38
8	7.16	5.01	35.32
9	0.24	2.02	157.76
10	0.345	1.5	125.20

**Table 5.17** Data for Land Use Zone

	Actual	JICA Analysis	Percentage Difference (%)
	Travel Time (min)	Travel time (min)	
1	1.497	1.4	6.7
2	1.321	1.54	15.31
3	10.64	9.18	14.73
4	2.577	4.2	47.90
5	10.235	8.6	17.36
6	4.037	3.7	8.71
7	2.069	2.54	20.43
8	2.836	2.01	34.09
9	6.891	5.75	18.05
10	3.692	3.34	10.01

For the directional analysis calibration, using the political zoning, it acquired a value of 72.29% average percentage difference with the actual; and the land use zoning acquired a value of 65.35% average percentage difference; which means the land use was closer to the values of the actual JICA STRADA study. Hence, it is a better approach.

## 5. Conclusion/Discussion

The research has determined the different variables that affect the trip characteristics of an area. The variables are namely population, number of households, number of employees, number of students, and the presence of attractions in an area.

Based on the generated household maps, most number of households are located in areas surrounding the district of City Proper. The district of City Proper is concentrated with commercial establishments, meaning that the district caters to employees. This illustrates the concept of people staying in a place near their workplace.

Based on the trips attracted per land use, the most number of trip attractions are also located in the City Proper. Since the generators of trips are

students and employees, they are attracted to the district of City Proper because the district is concentrated with attractions such as malls, businesses, commercial establishments, parks, hotels, schools among others.

Since parameters like trip attracted and trip produced was inputted into JICA, as well as the areas where people usually go to and where they are coming from, the model can also help in distributing the flow of traffic. The design of the model was done on a peak hour basis so it can accommodate all time periods for the design of the road since peak hour is the most congested time of the day, the basis of this was the JICA study done on Iloilo City.

The comparison of results was the basis of choosing whether the better approach is by political zoning or land use zoning. It was deduced from the results that the land use boundary was a better approach than the political boundary when it comes to the calibration of the directional analyses and the calibration of the travel time.

## 6. Acknowledgement

First of all, we would like to thank the Lord for guiding our group all throughout the study. We would also like to thank our parents and colleagues for the help and support they have given us. Lastly, we would like to thank our adviser, Dr. Alexis M. Fillone, for all the guidance and knowledge he had shared to us.

## References

- [1] Landoy, Pabiton, Pena (2012). Establishing the Vehicular Sped-Density-Flow Relationships along Selected Primary Roads in Iloilo City.
- [2] Japan International Cooperation Agency - System for Traffic Demand Analysis (2009). Existing Traffic Condition, Inventory of Roads and Bridges, and Capacity Survey of Relevant Organizations.
- [3] Newbold K (2005). Travel behavior within Canada's older population: a cohort analysis. *Journal of Transport Geography*. 13(4), 340-35
- [4] Best H. (2005). Division of labour and gender differences in metropolitan car use: An empirical study in Cologne, Germany.. *Journal of Transport Geography*. 13(2), 109-121
- [5] Boarnet, M. G. (1998). Can Land-use Policy Really Affect Travel Behaviour? A Study of the Link between Non-work Travel and Land-use Characteristics.. *Urban Studies*. 35(7), 1155 – 1169
- [6] Olaru D (2005). Whereabouts Monday to Sunday? . 28th Australasian Transport Research Forum (ATRF).
- [7] Ryley T. (2005). Use of non-motorised modes and life stage in Edinburgh. *Journal of Transport Geography*
- [8] Dieleman F. (2002). Urban Form and Travel Behaviour: Micro-level Household Attributes and Residential Context. *Urban Studies*. 507 – 527
- [9] Hendrickson C. (1989). Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering
- [10] Hobeika A. (2004). Comparative Analysis of Household Activity Matching
- [11] Lee K. (2010). Travelers' Response to Value Pricing: Application of Departure Time to TRANSIMS. *Journal of Transportation Engineering*
- [12] Smith B. (2004). Wireless Location technology-Based Traffic Monitoring: Critical Assessment and Evaluation of an Early-Generation System. *Journal of Transportation Engineering*
- [13] Singh V. (2010). Web-Based Advance Traveler Information System for Developing Countries. *Journal of Transportation Engineering*.
- [14] Attaluri P. (1997). Modeling Demand for Public Transit Services in Rural Area. *Journal of Transportation Engineering*.
- [15] Smith B. (2004). Wireless Location Technology-Based Traffic Monitoring: Critical Assessment and Evaluation of an Early-Generation System. *Journal of Transportation Engineering*
- [16] Commute Time for Location: Iloilo City . (9 April 2013). retrieved April 2013, from Payscale Web Site:

- [http://www.payscale.com/research/PH/Location=Iloilo-City/Commute\\_Time#by\\_Certification](http://www.payscale.com/research/PH/Location=Iloilo-City/Commute_Time#by_Certification)
- [17] Demography. (9 April 2013). retrieved April 2013, from Iloilo City Government Web Site:<http://www.iloilocity.gov.ph/iloiloct2011wip/index.php>
- [18] Iloilo City Socio-Economic Profile 2010. (May 2011). retrieved April 2013, from Scribd Web Site:  
<http://www.scribd.com/doc/82189130/Socio-Economic-Profile>
- [19] City Population. (10 May 2012). retrieved April 2013, from Iloilo City Web Site: <http://www.citypopulation.de/php/philippines-admin.php?adm2id=063022>
- [20] Iloilo City: Population Exceeded 400 Thousand (Results from the 2007 Census of Population). (24 Oct 2009). retrieved April 2013, from National Statistics Office Web Site: <http://www.census.gov.ph/content/iloilo-city-population-exceeded-400-thousand-results-2007-census-population>
- [21] Rhodes A (2007). Consistency of Video Detection Activation and Deactivation Times between Day and Night Periods. Consistency of Journal of Transportation Engineering Video Detection Activation and Deactivation Times between Day and Night Periods. Journal of Transportation Engineering, .
- [22] Smith B. (2004). Wireless Location technology-Based Traffic Monitoring: Critical Assessment and Evaluation of an Early-Generation System. Journal of Transportation Engineering.
- [23] Mallikarjun C. (2009). Traffic Data Collection under Mixed Traffic Conditions Using Video Image Processing. Journal of Transportation Engineering, .
- [24] Curtis, Carey. "Travel Behaviour: A Review of Recent Literature."Urbanet.curtin.edu.au. Urbanet, 2006. Web.

## **IMPACT ASSESSMENT OF TRAFFIC MANAGEMENT MEASURES IN THE VICINITY OF DE LA SALLE UNIVERSITY - MANILA**

Paper Identification number: **AYRF14-003**

Danica Carpio<sup>1</sup>, Joshua Chua<sup>2</sup>, Analyn Dela Pena<sup>3</sup>, Kervin Lucas<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering,  
De La Salle University – Manila  
Telephone 09275188722  
E-mail: danicaccarpio@gmail.com

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering,  
De La Salle University – Manila  
Telephone 09228691168  
E-mail: jc.joshchua@yahoo.ca

<sup>3</sup>Department of Civil Engineering,  
De La Salle University – Manila  
Telephone 09158910125  
E-mail: A\_delapenaa@yahoo.com

<sup>4</sup>Department of Civil Engineering,  
De La Salle University – Manila  
Telephone 09178247643  
E-mail: lucaskervin@gmail.com

### **Abstract**

The streets in the vicinity of De La Salle University – Manila (DLSU-M) are always congested especially during peak hours. Despite the continuous effort of the local government of Manila to improve the traffic condition of the city, traffic congestion still becomes an everyday problem that commuters and private vehicle owners who pass through the vicinity of DLSU-M continue to face. Traffic congestion is primarily caused by the numerous trip generators and attractors like condominiums, institutions and commercial establishments which are found in the area. This study provides an assessment of the following traffic management measures through scenario modeling: converting a one way to two way street, and no on-street parking along certain streets. The four step model was utilized in this study and the traffic management measures were assessed using Emme for the purpose of scenario modeling. A calibrated network was used as basis for the current condition of the area of study where actual data were gotten from on board surveys, vehicle count among others. The scenarios modeled decreased the vehicle hour travelled (VHT) and vehicle distance travelled (VDT) by a large percentage where the basis of the study of having an effective traffic scheme is travel time. Based from the results generated by Emme, it can be concluded that traffic management schemes that would specifically clear the road of any obstruction such as on-street parking are the most effective schemes.

**Keywords:** Impact Assessment, Traffic Management Measures, DLSU, Traffic Congestion

### **1. Introduction**

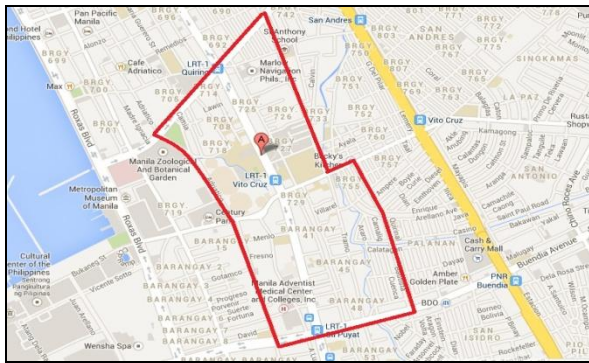
One of the busiest sections of Taft Avenue is from Quirino Avenue to Gil Puyat Avenue. The stretch houses major institutions like De La Salle University, De La Salle – College of Saint Benilde, St. Scholastica's College and Arellano

University among others. These institutions attract people, commuters and car owners alike.

There are also trip generators and attractors located in the area of study. These include high-rise condominiums and hotels, commercial establishments and bus terminals. Additionally, Taft Avenue serves as a passageway to major cities

surrounding Manila such as Makati, Pasay and Sta. Mesa, where airports, malls, socio-civic centers and other land use activities greatly attract people. Due to this and together with other factors, traffic congestion in the area of study, especially during peak hours, becomes inevitable.

Due to the numerous factors of traffic congestion that may be considered in the study area, and its direct effects on students, faculty, and staff of De La Salle University and the people in the vicinity as seen in Figure 1, the study will focus on the area between Quirino Avenue to Gil Puyat Avenue and from Adriatico Street to Bautista Street, also covering some area of Singalong Street.



**Fig. 1** Vicinity Map of DLSU

Traffic congestion causes students and workers to lose valuable time and money. It has been a continuous cycle that has yet to find its end. Traffic congestion has affected people passing along Taft Avenue and there is no immediate solution that could address the problem. Exploring the factors that contribute to the congestion in the vicinity of De La Salle University – Manila, the researchers will help assess the current traffic management measures implemented in the area. The process of assessment will eventually support proper recommendations to improve the movement of vehicles and lessen congestion.

The objective of this study is to model traffic management schemes in the vicinity of De La Salle University – Manila and estimate their impact. Specifically, it aims to identify the possible causes of traffic congestion in the vicinity of De La Salle University – Manila. It also aims to determine the travel characteristics of individuals travelling in the area given their choice of transportation. It also aims to develop and assess the impact of traffic management scenarios on the traffic condition in

the vicinity of De La Salle University – Manila. And lastly, it aims to recommend transport and traffic policies based from the results of the scenarios modeled.

The researchers wanted to address the continuous problem of clogged roadways during peak hours that caused delay not only to students of the university, but also to the motorists going to their destination. The purpose of this study was to recommend an effective policy that may help reduce the traffic congestion in the area. Regarding the existing traffic policies, the researchers would like to improve these since most of these policies are not being followed or observed. Aside from proposing a traffic management scheme to benefit the area, the group wanted to help students and drivers reach their destination with minimal delay by giving them the knowledge of how much time is wasted by traveling during peak hours around the area.

## **2. Review of Related Literature**

### **2.1 Traffic Congestion**

A study done by Downs (2004) indicates that with traffic congestion, millions of dollars are lost due to the time wasted and additional gas expense. Peak-hour traffic congestion and its causes are discussed in the study together with strategies that can reduce traffic congestion, how to increase road-carrying capacity and creating additional transit systems. These elements are all important in this study because peak-hour traffic congestion is reflected by the condition of the roads around De La Salle University (DLSU). Investigating the causes of traffic congestion around the campus can help the researchers devise a way to lessen it which may include increasing road-carrying capacities and adding or removing transit systems.

According to Johnston (1995), it is certain that the major urban congestion will worsen. He started his research due to the increasing demand for highway use. In the past, having this kind of problem on road congestion would be addressed by widening the existing roadways to accommodate more volume of passing cars. In large metropolitan areas, congestions on urban freeways were considered to be the most serious problems according to Nam (1998). He also states that it is important to develop transportation plans or policies that can help and benefit the current transportation system.

## 2.2 Transportation Network

Creput (2007) states that organization is needed in order to supplement the existing networks without hampering the traffic. Since there are several public transportation units available, it is much needed for each of it to have a systematic network to avoid congestion.

## 2.3 Transit System

A study by Vuchic (2007) in Urban Transit Systems and Technology is significant for this study because it discusses about transit systems in detail. It presents efficient design in a transit mode for urban areas. The study can help the researchers understand the different aspects of transit systems, most especially of jeepneys, buses, taxis and light rail transit. All of which is presently used around DLSU.

## 2.4 Effects of Kuliglig/Pedicabs

In a study done by Jayme et al. (2007), "Effects of Pedicabs and Kuligligs to the Roadways around De La Salle University – Manila", the interaction of cars and pedicabs/kuligligs was analyzed as well as their speed relationships. Through the use of videos, survey questionnaires and road trap segment, the objective of the study was met. This particular study by Jayme et al. (2007) responds to the need of the researchers to obtain the effect of pedicabs/kuligligs to the traffic congestion around DLSU. It was concluded that this illegal mode of transportation only worsens the traffic condition because they tend to scatter around the area without following traffic rules.

## 3. Methodology

The four step transportation planning approach was utilized to carry out traffic demand forecast for this study even in a microscopic setting as the objective of this study was to model traffic management scheme which will be done in EMME. The four step are: Trip Generation, Trip Distribution, Modal Split, and Traffic Assignment. The modeling software, EMME, was used to model the transport network of the study area. Moreover, actual data was gotten like travel time and peak count among others for calibration purposes and supplying the variables in EMME.

The first part of the data gathering process and analysis of data was getting actual data of the present condition to identify possible causes of

traffic congestion. On board travel was used to determine travel characteristics of motorists in the area such as delay and travel time. By car, the floating car technique was utilized where the researchers traversed the area of study at least 5 times per peak and off peak hour during weekends and weekdays. During these times, travel time and stopping time were measured and other obstacles that may affect traffic congestion were noted. These ranged from the number of on street parking present in a certain lane to the number of pedicabs among others. On board travel by jeepney and LRT was done where travel time was also measured as well as passenger count. The traffic flow/speed of private and public transportation was computed by using the formula of distance traveled over time. The average speed of the actual data was compared with the average speed produced by the software.

Volume counts for vehicles and people were also utilized. Volume counts for vehicles were done at four key locations during peak hours: Quirino Avenue, Gil Puyat Avenue, Estrada Street, and Pablo Ocampo Street. This was to determine the most used mode choice of the motorist in the area in addition to the getting the peak count of people riding the LRT. Peak count for the three major institutions in the area and seven key condominiums, seen in Figure X, was gotten for regression analysis. Many key aspects of a condominium for trip generation such as the number of establishments present, the number of parking slots, floor area among others were noted. For the major schools for trip attractions, the student and faculty population, floor area, number of floors among others were noted.

The study area was divided into 16 zones. All three major schools institute to one zone each where the other zone was divided by land use. Populations for the schools that attract trips and condominium that generate trips were included in determining the Origin Destination Matrix. The matrix was developed by counting the number of houses in a zone and multiplying it by 4.3 which is the average number of households in Metro Manila from the National Statistics Office (NSO). This is for the purpose of predicting the trips generated per zone and distributing them.

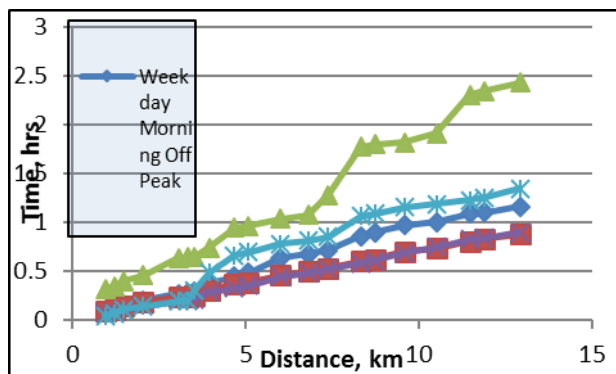
The second part of the study is the network modeling. The network was made via EMME for the purpose of scenario modeling. The main objective of this study was to model traffic management schemes in which EMME was

utilized. Link and nodes were created by scaling the Google Map of the area to the software. Average speed, frequency, and volume were determined already from the actual data presented at the start of chapter five. Calibration was also presented to compare the rough estimates for the outputs of the software.

## 4. Data Analysis

### 4.1 On Board Private Vehicle

The floating car method was used to determine the travel time and delay peak and off peaks hour for weekends and weekdays. The behavior in terms of travel time can also be seen. The vehicle travelled at random routes where parameters such as running time and stop time were recorded.



**Fig. 2** Graphs for Travel Time

Figure 2 above shows the behavior of the travel time for the five conditions. By observation, one can see that the travel time for the weekday night on peak is dramatically higher than the other conditions. As the researchers travelled on a weekday from 5:00pm – 7:00pm many areas were really congested thus taking a longer time to traverse road segments. This was possible because the majority of travelers were on their way home during this time. The most evident segment that was congested could be seen at segments 13 and 14. These streets were from Quirino Avenue to Vito Cruz Street and also after turning right from Adriatico Street to Taft Avenue. One can see that those segments have a steeper line based from the graph as there was a higher travel time duration in the area. In other words, it took a longer time to pass those segments because of congestion occurred. Flat lines would show a generally faster

travel time. It is also noted that during these times, the average speed was recorded to be the lowest of the five samples at 4.97 kph.

The behaviors of a peak and off peak of a weekday morning travel had an average speed of 11.05 kph and 10.93 kph, respectively. The average speed was between the weekday nights and weekend peak and off peak. On peak has a higher value of time as shown in the graph than off-peak. This is because there could be more people traveling to their desired destination at around 7 am – 9am than of the 9 am – 11 am period. At the off-peak period of a weekday, it is possible motorist are already at their destination during that time. Because of this, there would be less congestion in the streets.

**Table 1** Average Speed of Segments

Segments		Actual Speed, kph
Taft Vito Cruz	Taft Buendia	22.36
Taft Buendia	Leveriza	9.49
Leveriza	Taft Buendia	14.75
Taft Buendia	Bautista	14.49
Bautista	Pablo Ocampo	16.48
Pablo Ocampo	Arellano	17.52
Arellano	Estrada	10.04
Estrada	Taft Estrada	6.31
Taft Estrada	Taft Quirino	7.45
Taft Quirino	Singalong	7.13
Singalong	Estrada	8.04
Adriatico	Quirino	8.93
Quirino	Taft Quirino	8.56
Taft Quirino	Taft Vito Cruz	7.11
Taft Vito Cruz	Leveriza	8.84
Leveriza	Gil Puyat	7.80
Taft Vito Cruz	Bautista	9.87
Taft Buendia	Taft Vito Cruz	8.89
Adriatico	Taft Vito Cruz	10.08
Bautista	Gil Puyat	9.23
Average		<b>10.67</b>

As seen from Table 1, the average speed for a fixed route was gotten to be 10.67 kph. From the software EMME in Figure 3, the average of the

same route was determined to be 12.23 kph. This gives a percentage difference of 14.62% from the actual data to the modeled network.

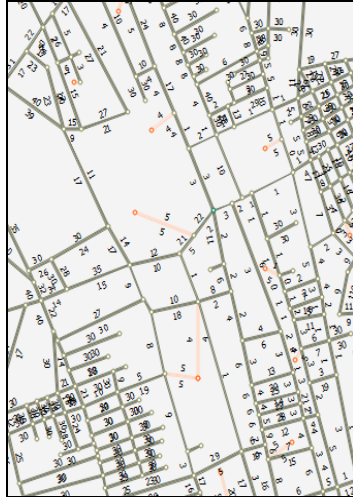


Fig. 3 Average Speed in EMME

#### 4.2 Mode Choice Volume Count

The aim of volume count in this study was to identify the majority of the mode of transportation used. The data gathered helped the researchers determine which one should be altered for the proposal of traffic management measures through the use of EMME. There were four point locations considered for the volume count of this study. These locations were near the intersections of Taft Avenue –Quirino Avenue, Taft Avenue - Vito Cruz Street, Taft Avenue – Estrada Street and Taft Avenue – Buendia Avenue. These were the chosen locations because of the observed worse traffic congestion on these streets during peak hours than the roads parallel to them. These intersections were also the crossroads of the major streets included in the study.

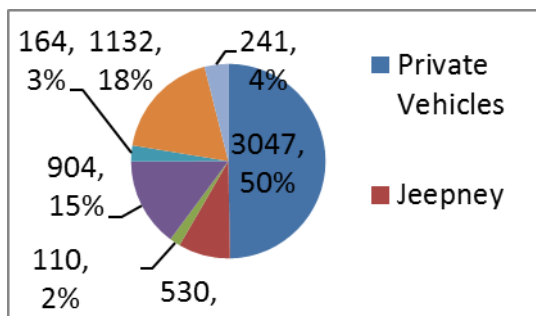


Fig. 4 Total Peak-Hour Volume for the all Locations

The peak-hour was determined to be from 8:00am to 9:00am with Taft-Buendia Avenue having the largest volume with 2977 total vehicles while Taft-Quirino Avenue got the lowest volume count with 936 vehicles (Figure 4). The huge difference was accounted to the buses passing along Taft-Buendia Avenue. Buses were not present at the other three locations since they were banned by the municipality. In Figure 4, the distribution of the volume of vehicle per type is seen. It was clear that private vehicles constitute majority of the vehicles passing through the area of study during peak hour. 3047 private vehicles were present during the data gathering which is almost three times of that of the second highest count with 1392 vehicles.

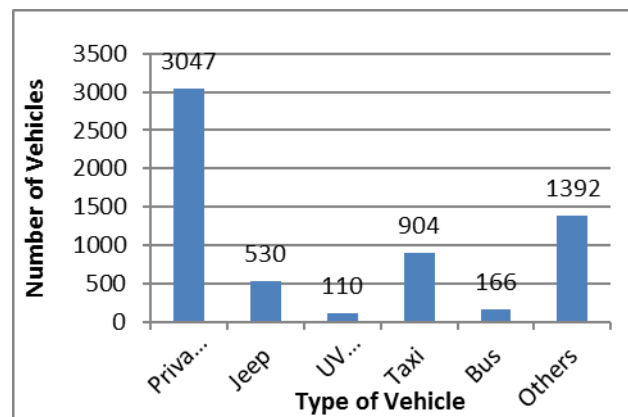


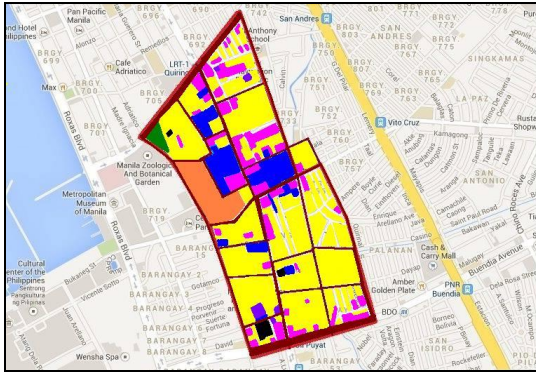
Fig. 5 Volume Count According to the type of Vehicle

The term others was used as a name for motorcycles and pedicabs/kuligligs which may have passed along the area. Surprisingly, they made up 1392 of the volume count for peak-hour, followed by 904 taxis, 530 jeepneys, 166 buses and 110 UV Express. The small number of UV Express vehicles was caused by the limited route they traverse along Taft Avenue from Buendia Avenue to Quirino Avenue. Jeepneys that passed through the area of study reached until ten routes. Although private vehicles caused much of the traffic congestion in the area of study, the amount of motorcycles and pedicabs/kuligligs could be considered a threat if not properly organized.

#### 4.3 Present Condition

Figure 6 shows the land use map of the study area. Most of the land-uses in the area were for residential purposes but a concentration of

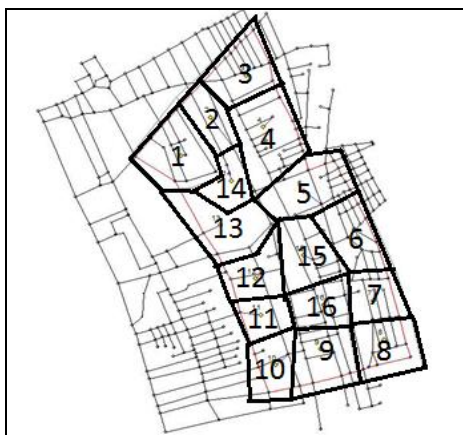
institutional and commercial establishments in the area is shown near Taft Avenue and Pablo Ocampo Street. This is an indication that most of the trips were attracted in the said area.



**Fig. 6** Land Use Map

LEGEND: Green – Recreational Park, Orange – Government Owned Sports Facility, Yellow – Residential, Pink – Commercial Establishment, Blue – Institutional, Purple – Medical Center/Clinic, Black - Church

As seen in figure 7, the area of study was divided into 16 zones. Major trip attractors like De La Salle University was given one zone (zone 14) with some establishments like EGI Taft Towers being a part of it. Zone 6, 7 and 8 consisted of primarily residential houses with local commercial establishments. Zone 5 houses schools like St. Scholastica College and the main building of College of Saint Benilde.

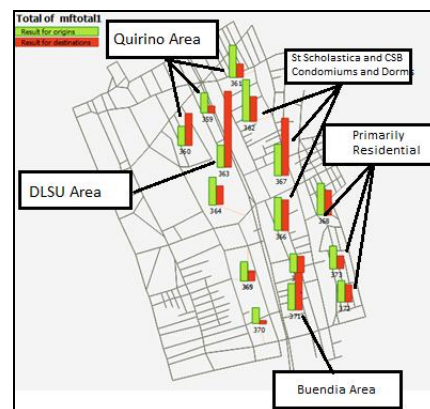


**Fig. 7** Zoning

It is to take note that node 363 (See Figure 8) has a dramatically high bar showing that this

area attract trips the most. This is true as De La Salle University attracts students and workers alike where this zone also generate trips with residential establishments such EGI Taft Tower and other condominiums and dorms are located. Similar to node 363 is Node 367. Major institutional establishment could be located in this node being College of St. Benilde School of Design and Arts. As there are many students in the area, many commercial and residential establishments are found. The area around node 368, 372, and 373 are primarily residential with local commercial establishments to benefit the residence. As such, trip generation at that area would be greater than those that are attracted. This is also true for nodes 369, 370, 359 and 361 where 362 houses many condominiums and dormitories that produces trips naming Manila Dorm, Ivy Hill Residences and much more.

Node 371 is located at Buendia Avenue where there are many commuters changing modes to reach a desired destination from the LRT, Provincial Buses, Jeepneys, and much more attract more trips. For node 360, there are many recreational areas that would attract trips like the Paraiso ng Batang Maynila.



**Fig. 8** Results for Origin Destination

There are volumes that accumulate centrally at Vito Cruz Street - Taft Avenue Intersection. This is because the area houses many commercial establishments, major schools, many modes of travel to transfer, among others. Figure 9 shows how these volumes are divided. Majority could be found coming from the north (Quirino Avenue) splitting off partly to Roxas Boulevard. There are more that travel to Pablo Ocampo Street while others head straight going to Buendia

Avenue. Majority from Buendia Avenue would head straight going to Quirino Avenue for numerous purposes.

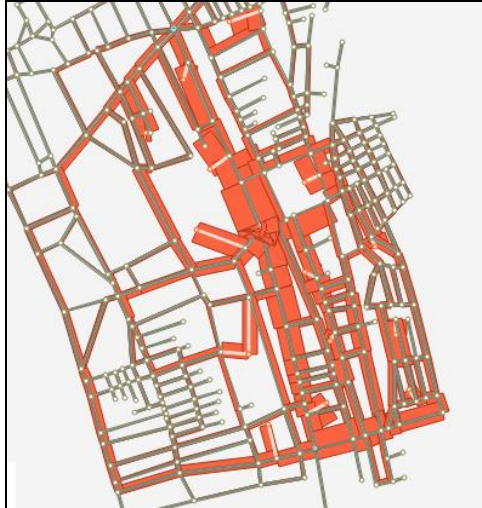


Fig. 9 Volumes on links and turns

#### 4.4 Calibrated Network

The scenarios to be calibrated are presented below:

Scenario 1: Change Pablo Ocampo Street from one way to two way

Scenario 2: No On Street Parking Along Estrada Street and Singalong Street

Scenario 3: Change Estrada Street from one way to two way

#### 4.5 Change Pablo Ocampo Street from one way to two way Street

As seen from Table 2, just by making Pablo Ocampo Street a two way lane, it showed positive effects to the Vehicle Distance Travel by decreasing it by 14%, the Vehicle Hour Travel by decreasing the value by 9% and the time it takes for a vehicle to pass around by 8%. Though average speed increased by 3%, it is to take into consideration the time a vehicle would travel. People would prefer to travel at a lesser time to reach their destination early and save consumption of fuel. Many may prefer using a shorter route by passing Pablo Ocampo Street from the School of Design and Arts side as it could be seen that volume increased, than traveling a bit more to Estrada Street to reach their destination. Or Estrada Street itself is too congested so motorist would turn to Pablo Ocampo Street. The Buendia Avenue

area's volume decreased as motorist again changed routes with the lesser distance now being traveled. As seen from the present condition, the time it takes for a full travel in the area of study would take 42 mins. From the actual observation during the on board travel survey, it took an average of 45 mins to transverse the study area.

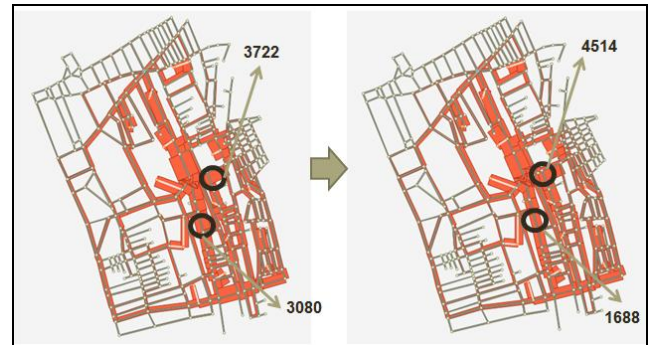


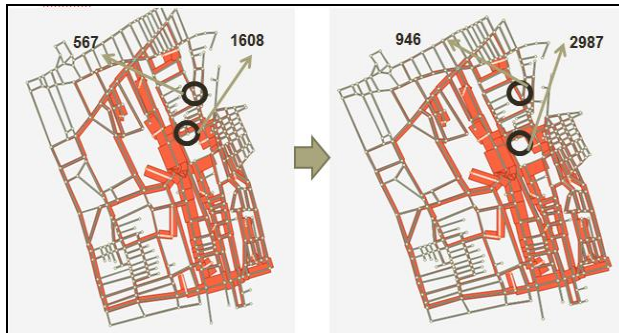
Fig. 10 Pablo Ocampo St. to Two-way  
Volume Change

Table 2 Percentage Change from 1- Way  
Pablo Ocampo St. to 2 – Way

	Present Condition	Scenario 1
VDT	2159778	1841806 ↓14.71%
VHT	835158	764411 ↓9.67%
Average Speed, kph	21.84	22.64 ↑3.66%
Time, min	42.62	39.06 ↓8.35%

#### 4.6 No On Street Parking Along Estrada St. and Singalong St.

Though removing on street parking at Singalong Street and Estrada Street does not have an effect on the VDT, it does have a huge change in VHT by 17% and travel time by 10%. This was done by declaring the roads as one lane. Because of on street parking, lanes were originally declared as three lanes. With a much more space, vehicle would worry less of friction caused by on street parking. They would travel faster with more lanes to take space off. As stated, one should take into account time in traffic assessment. (See Figure 11 and Table 3)



**Fig. 11** No Street Parking along Singalong Street and Estrada Street Volume Change

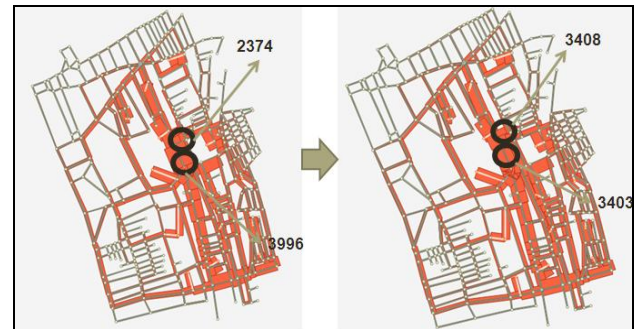
**Table 3** Percentage Change of No Street Parking Along Singalong and Estrada St.

	Present Condition	Scenario 1
VDT	2159778	212994 ↓1.38%
VHT	835158	832215 ↓0.35%
Average Speed, kph	21.84	21.94 ↑-0.46%
Time, min	42.62	42.37 ↓0.59%

#### 4.7 Change Estrada Street from one way to two way

The three major institutions included in this study are all part of Estrada St., therefore many vehicles pass through this area making it one of the most busiest streets in the area of study. Due to the frequency of vehicles passing through, an alteration of Estrada Street from being a one way street into a two way street was made. By doing so, there was a change of volume in Estrada Street from 2374 vehicles to 3408 (Figure 12). This may have been caused by people trying to reroute their vehicles to Estrada because it was turned into two way. Since there was an increase in volume in Estrada Street, a decrease in volume along Taft Avenue was observed. From 3996 vehicles, it dropped to 3403 vehicles. This scenario was able to decrease Vehicle Distance Traveled (VDT) by 1.38% while Vehicle Hour Traveled by 0.36% (Table 4). This only shows that changing Estrada Street from one

way to two way did not make a huge impact to the traffic congestion in the vicinity of DLSU-M.



**Fig. 12** Percentage Change of No Street Parking Along Singalong and Estrada Street

**Table 4** Percentage Changes when Estrada Street became Two Way

	Present Condition	Scenario 1
VDT	2159778	2108366 ↓2.38%
VHT	835158	680277 ↓18.55%
Average Speed, kph	21.84	21.08 ↑-0.64%
Time, min	42.62	38.08 ↓10.6%

#### 4.8 Scenario Summary

Changing Estrada Street from a one way lane to a two way lane had little effect to the model. Instead of becoming beneficial to the network, it could have caused more traffic concluding that the scenario is ineffective. Prohibiting on street parking along Estrada Street and Singalong Street and turning Pablo Ocampo Street to two way lane would be the most beneficial to reduce congestion as it could be seen that travel did improve in VDT and VHT. It would also be easier to implement such actions and we recommend those who are affected by the no on street parking along the given area to simply find available parking space near the area or provide a parking lot on a nearby vacant lot. It is possible that this proposed traffic management measure would affect positively or negatively the surrounding areas not considered in the study but

this effect would not be considered and could simply use for possible studies in the future.

## 5. Conclusion

Three scenarios were developed for the purpose of this study based from the observations the group had seen in the present condition. It was observed through volume counts and on board travel surveys that one way areas like Pablo Ocampo St. and Estrada St. were too congested so the researchers decided to change its conditions by turning them into two way roads. It was also seen that along Estrada St. and Singalong St., roadside friction are heavy due to the on-street parking so the group also decided to do a scenario, modeling no on-street parking allowed along the area. It can be concluded that traffic management schemes that would specifically clear the road of any obstruction such as on-street parking are the most effective schemes.

Scenarios were modeled using EMME. VDT and VHT were used in the assessment process with the importance of time travelled as a lesser travel time can benefit motorists a lot. It was seen that a two way Pablo Ocampo St. and no on street parking along the given area are beneficial as it decreased the parameters like VDH, VHT and travel time. Turning Estrada St. to two way street had little effect on the model and might cause problems in the network when implemented.

The researchers recommends implementing a no on-street parking along Singalong St. and Estrada St. and turning Pablo Ocampo St. to a two way road as seen from the positive effects presented in the area. Effects from outside the study area were not considered when modeling the scenarios. The estimated impacts are only effective within the study area.

It was concluded that implementing a no on street parking along Singalong St. and Estrada St. and turning Pablo Ocampo St. to a two way road are most beneficial. In doing so, it may affect traffic flow and the behavior of motorists within the study area. Those motorists that park along Singalong St. and Estrada St. would have to relocate. The researchers recommend finding a possible empty lot near the area for parking.

The researchers did not consider the effects outside the study area. This could be included in future studies. The researchers recommend continuing this study by adding external factors that

could affect the area of study. This could be done by widening the area of study to include adjacent zones because the total population in the study area during peak hour constitutes both people that lives within and outside the zone.

## 6. Acknowledgement

We would like to take this opportunity to express our gratitude to everyone who helped us in making this research meaningful. Thank You to our Abba Father for bringing us this far in our study. We would like to thank our thesis adviser, Dr. Alexis M. Fillone, for his guidance and never ending patience for our group.

## References

- [1] Bonneson, James A. (1992). *Change Intervals and Lost Time at Single Point Urban Interchanges*. *Journal of Transportation Engineering*, 118, 631-651.
- [2] Bullok.Darcy and Quiroga, Cesar A. (1999). *Measuring Control Delay at Signalized Intersections*, 125, 271-281.
- [3] Creput, Jean-Charles and Koukam Abderrafiaa (2007). *Interactive Meshing for the Design and Optimization of Bus Transportation Networks*. *Journal of Transportation Engineering*, 133, 529-539.
- [4] De La Salle University - Manila. (2012). Quick facts and figures. Retrieved from <http://www.dlsu.edu.ph/inside/default.asp>
- [5] Downs, Anthony (2004). Still stuck in traffic: Coping with peak-hour traffic congestion. Virginia: R. R. Donnelley.
- [6] Jayme, Jamiel L. & Sia, Paul Angelo C. (2011). *Effects of pedicabs and kuligligs on the capacity of the roads in the vicinity of de la salle university*. Manila: De La Salle University.
- [7] Johnston, Robert A., et al (1995). *Capacity-Allocation Methods For Reducing Urban Traffic Congestion*. *Journal of Transportation Engineering*, 121, 27-37
- [8] Lee, Young-Jae and Vuchic, Vukan R. (2005). *Transit network design with variable demand*. *Journal of Transportation Engineering*, 131, 1-4.
- [9] Levinson, David M. (1998). *Speed and Delay on Signalized Arterials*. *Journal of Transportation Engineering*, 124, 259-271.

- [10] Lo, H. K., Chow, A., (2003). *Control strategies for oversaturated traffic*. Journal of Transportation Engineering, 128, 4-6.
- [11] Nam, Do H. and Drew, Donald R. (1998). *Analyzing Freeway Traffic Under Congestion: Traffic Dynamic Approach*. Journal of Transportation Engineering, 124, 209-213
- [12] National Statistical Coordination Board. (2011). [Table of registered vehicles from year 2003 to 2011]. Rail, Water, Land and Air Transportation Statistics. Retrieved from [http://www.nscb.gov.ph/secstat/d\\_trans.asp](http://www.nscb.gov.ph/secstat/d_trans.asp)
- [13] Rakha, H., Ding, Y. (2003). *Impact of stops on vehicle fuel consumption and emissions*. Journal of Transportation Engineering, 129, 1-3.
- [14] Sia, Ronald, et al. (2002). *Trip attraction of condominiums in metro manila*. Manila: De La Salle University.
- [15] Traffic Volume Counts. Manual Count Method. Retrieved from <http://www.ctre.iastate.edu/pubs/traffichandbook/3trafficcounst.pdf>.
- [16] Travel time data collection Handbook. Chapter 3-Test Vehicle Technique. Retrieved from <http://www.fhwa.dot.gov/ohim/handbook/chap3.pdf>
- [17] Travel time data collection Handbook. Chapter 4-Tlicense plate matching technique. Retrieved from <http://www.fhwa.dot.gov/ohim/handbook/chap4.pdf>
- [18] Vuchic, Vukan R. (2007). *Urban Transit Systems and Technology*. New Jersey: Wiley & Sons, Inc.

## **Constructing fly-over bridges at intersections in urban area to solve traffic congestion in Ha Noi Capital**

Paper identification number: **AYRF14-004**

TIEN Le Ngoc<sup>1</sup>, LONG Tran Viet<sup>2</sup>, TUNG Vuong Dinh<sup>3</sup>, CHANH Pham Viet<sup>4</sup>

<sup>1</sup>University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam

Telephone number: (+84) 973 799 656

Email: lengoctien.atp@gmail.com

<sup>2</sup>University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam

Telephone number: (+84) 166 802 0339

Email: xekolong@gmail.com

<sup>3</sup>University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam

Telephone number: (+84) 167 692 7605

Email: pvc.chanh@gmail.com

<sup>4</sup>University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam

Telephone number: (+84) 166 802 0339

Email: xekolong@gmail.com

### **Abstract**

Traffic congestion is no fun for anyone, but it's deadly for public transport. When buses and trams are stuck in traffic jams they fall behind schedule and, because this means that more people will be waiting at the next stops, they fall even further behind schedule leading to bunching and compounding delays. Bunched buses and delays make public transport unattractive for customers and increase operational costs, so congestion impacts on public transport must be eliminated whenever possible. Most people consider traffic congestion wasteful and frustrating, but there are contentious debates concerning which solution is best: whether to expand roadways, improve infrastructure, railway or bus transit services, apply road pricing, or implement transportation demand management strategies. These debates are often simplistic, based on incomplete analysis. We found that in most cases, traffic congestion often happens at intersection points. Where vehicle flows meet each other, vehicle takes turn, traffic signal is applied, all of them lead to the same problem, it calls traffic congestion. This research was carried out with strict adherence to justified methods of data collection and analysis in order to maximize its validity and reliability. This paper focuses on the effect of constructing fly-over bridges at intersections in urban area to improve traffic performance to solve traffic congestion in Ha Noi capital. Some factors are taken into consideration, fluency of traffic flow, reduce waiting time, exclusive lanes. Which means that the study aims at the objective as: solving traffic congestion at intersections in urban area by constructing fly-over bridges. The result of this paper might help the city planner and traffic engineers solve the current problems and forecast the future problems relating to intersection traffic congestion.

**Keywords:** Fly-over bridges, intersection congestion, reduce waiting time, exclusive lanes, traffic performance.

## **1. Introduction**

### **1.1. Overview**

Traffic congestion is no fun for anyone, but it's deadly for public transport. When buses and trams are stuck in traffic jams they fall behind schedule and, because this means that more people will be waiting at the next stops, they fall even further behind schedule leading to bunching and compounding delays. Bunched buses and delays make public transport unattractive for customers and increase operational costs, so congestion impacts on public transport must be eliminated whenever possible.

Most people consider traffic congestion wasteful and frustrating, but there are contentious debates concerning which solution is best: whether to expand roadways, improve infrastructure, railway or bus transit services, apply road pricing, or implement transportation demand management strategies. These debates are often simplistic, based on incomplete analysis. We found that in most cases, traffic congestion often happens at intersection points. Where vehicle flow meet each other, vehicle takes turn, traffic signal is applied, all of them lead to the same problem, it calls traffic congestion.

It is no doubt that intersection performance tends to be one of the most important factor in traffic flow and play a vital function to solve the traffic congestion.

### **1.2 Research objective**

The research is meant to find out the positive impacts of fly-over bridges at intersection points on the traffic flow. The main factor is taken into consideration, fluency of traffic flow, reduce waiting time, exclusive lanes, economic and environmental impacts. Which means that the study aims at the objective as: solving traffic congestion at intersections in urban area by constructing fly-over bridges.

## **2. Literature review**

This part sheds light on the literature of study, specifically the background of the issue and a number of studies related to this research topic. This research focuses on a study field, the places where located in Ha Noi, these collecting data were very reliable and valuable sources of information.

### **2.1. Typical feature of intersections**

According to the reports of traffic committee of Ha Noi. There are 89 black points including 57 intersections and 32 routes, where the traffic congestion always happen during rush hours. 64% of traffic jam is related to intersection points. Here are some general breakdowns of why traffic jam happens at intersections.

There are lot of vehicles operating on road, it leads to overload road's potential. Turning vehicles interrupt traffic flow. Vehicles have to waiting for the traffic signal, crossing pedestrians.

In Ha Noi, people have low level of awareness of on traffic activities because they always want to save the travel time and energy then they ready to take turn whenever they want and possible. Additionally, people are not happy when they use public transport system, that why the number of private vehicle is so many.

In detail of factors that affect traffic operation.

There are lot of vehicles in different types operating on road at the same time and there is no lane restriction for motorbike and event private car or taxi in almost routes of Ha Noi. It makes the traffic flow become extremely complicated and uncontrollable. "Provide exclusive lanes for public transport by constructing fly-over bridges at intersections" become one of the best solution to solve traffic jam at intersections. Exclusive public transport lanes means the lane on which the bus or streetcar runs is not open to private vehicle traffic. Exclusive lanes enable buses and trams to avoid congestion helping increase their speed, reliability and attractiveness.



**Figure 1** Exclusive lanes for public transport

Constructing fly-over bridges at intersections not only supply exclusive lanes for public transport but also allow the vehicles don't have to spend time to wait for the traffic signal if they want to go as designed direction of bridges. It reduces the volume of vehicles and no longer being one main cause of delay for vehicles.



**Figure 2** Provide exclusive lanes at intersections

## 2.2. Intersection facilities.

An intersection or interchange is a designated point on road intersection at which some means are employed to assist people wishing to take turn, go straight without blocking others. They are designed to keep the traffic flow in operation 24/7. Intersections are often found when two of routes meet, but may also be at the points of more

than two routes meet. Basically, the traffic signal is installed at any intersections in Ha Noi urban.

Another technical design with intersection is pedestrian crossing line, as a result of psychological research of Ha Noi University of transport and communications: the time the people have to wait until they can cross the road should be less than or equal to 30 seconds. If that time is greater than 30 seconds, When pedestrians experience more than a 30-s delay, they become impatient, and engage in risk-taking behaviour. People tend to cross the road before they are allowed to. The delay time of pedestrians is a function with 2 variables:  $t = f(v, B)$ ; where  $v$  is the speed of people when crossing roads, and  $B$  is the width of the road. While pedestrian crossing is another main cause of time delay.



**Figure 3** Constructing fly-over bridge at Cau Giay Intersection.

## 2.3. Traffic characteristics of motorcycles.

Motorcycle play an important function in daily activities of people in Ha Noi. It shared the biggest number of vehicle and also is one of the main cause of traffic congestion. It is important and necessary to study their characteristics.

Motorcycles account for the greatest proportion among transportation modes in Vietnam. According to the report on the implementation plan of urgent solutions to traffic accidents and traffic congestion alleviation in Ha Noi (2012), statistics

in August 2012 show that the number of the city's registered vehicles was 4,346,860 of which automobiles were 534,234 and motor vehicles were 3,812,626 (1,150 motor vehicles and nearly 250 automobiles were newly registered a day), not to mention about 80,000 automobiles and 1,000,000 motor vehicles with the number places of other provinces, and nearly 1,500,000 bicycles traveling in the city.

In Hanoi, the average vehicle speed in the urban area is from 18 to 40 km/h. Traffic volumes on the city's major routes have reached 1800 to 3600 units per hour. Hanoi's narrow roads and numerous intersections were not designed to handle these traffic volumes. Therefore, the vehicles are obliged to idle or change frequently their speed, which causes chaotic traffic flow and accidents.

Motorcycles account for a much higher percentage of total vehicular flow than automobiles, and the peak transportation flow occurs in different times of the day: 7:00 to 9:00 a.m. and 4:30 to 6:30 p.m

### 3. Methodology

#### 3.1. Data collection

##### 3.1.1. Data collection methodology

Activities around intersections and the movements of the affected vehicles are studied via the analysis of the field data collected by observation directly of vehicle activities and filmed by using video cameras placed at different positions as follows:

- To have a full sight view, we put one of the camera above the study field to record every movement of each vehicle,
- For the purpose of record the positive effect of fly-over bridges at intersections to the main route that we need to reduce the volume of vehicles. We set up camera on the pavement, where has the best view to observe the scene.

Recording time is about 5 hours. The field study is located in Ha Noi urban area, where are intersections located with two-way or more than two-way street. Following is the recording time:

**Table 1** Video recording time

Location	Date	Time
Kim Ma Intersection	Mon.22 June 2014	7h30 AM – 9h00 AM
Cau Giay intersection	Tues. 22 June 2014	4h30 PM – 6h00 PM
Chua Boc Intersection	Sat. 26 June 2014	7h – 8h AM 4h30 PM - 5h30 PM



**Figure 4** Chua Boc Intersection at 6:00 PM

The site observation was taken note as much as possible and the filmed videos were played with media player software. All the information is strictly consider with carefully rated. The videos were played at slow speed to eliminated unnecessary data and has a full scan with the requirement of observation of the intersection site. We stopped the video whenever we need time to analyse the data.

Vehicle's speed, volumes, positions were pointed out from recorded video files. In order to estimate the speed changing when vehicle meet intersections, the position of vehicle was also identified from the images video, then think about provide priority lane for public transport system.

And the effect of large number of vehicle is estimated through the videos as well.

### 3.1.2. Data analysis methodology

Selecting information from raw data recorded by video cameras to carried out statistics analysis by a computer software. The output data is an excel file. Which has advantages in analysing numbered data and operating necessary calculation.

The vehicle position were identified from the image video file every 1.5 second interval.

Positions of the vehicles affected the fluency of traffic flow, where motorbike occupied bus's lane, private cars are waiting on pedestrian's cross line, taxi, vans does not know where to stop.



**Figure 5** Data collection diagram

### 3.2. Measurement

According to the observation made from viewing the image videos, in 1 minute, there are at most 4 groups of vehicles (public bus, motorbike, auto car and pedestrian) get stuck at intersection during the signal waiting time. It shows that the traffic capacity varies and is the cause of traffic congestion at intersections.

Speed, density, and volume play an important role to evaluate how effective a fly-over bridge can handle a traffic congestion.

The objective of this part is to present the methodology to find out the relationship between fly-over bridges and traffic congestion through

main factors are taken into consider. Especially, relationship between speed and volume.

As a matter of fact, it is difficult to estimate the traffic volume under heterogeneous traffic flow unless different vehicle types are converted into a common unit. Since motorcycles cover the biggest proportion among all transportation modes in Vietnam, it is better to use motorcycle unit (MCU) instead of passenger car unit (PCU) to calculate traffic volume

The traffic volume data were collected for every 1 minute then were converted to an equivalent flow rate with the unit of motorcycle per hour (MCU/h). In addition, to satisfy the requirement of dimensional analysis in the computation, the speed unit of meter per second was also converted to kilometer per hour (km/h).

As a matter of fact, it is difficult to estimate the traffic volume under heterogeneous traffic flow unless different vehicle types are converted into a common unit. Since motorcycles cover the biggest proportion among all transportation modes in Vietnam, it is better to use motorcycle unit (MCU) instead of passenger car unit (PCU) to calculate traffic volume.

Because of the similarity in the road system with heterogeneous traffic of India and Vietnam, the MCU conversion method recommended by Indian Roads Congress (IRC) (Morris et al., 2000) was employed in this research.

**Table 2** shows the MCU's factors for vehicles by the conversion of IRC

No	Type	MCU
1	Cycle	0.8
2	Motorcycle	1.0
3	Car	2.0
4	Minibus	4.4
5	Bus	8.0

The relationship between traffic flow (Q) and mean stream speed (V) is described as an exponential function as follows:

$$Q = a V \exp (-V/b) \quad (3-1)$$

Where: Q: traffic flow (MCU/h)

V: mean stream speed (km/h)

a, b: parameters

To find the maximum value of the above function, its derivative was obtained as below:

$$y' = (1 - x/b) a \exp (-x/b) \quad (3-2)$$

In which, y is considered as Q, x is considered as V

#### 4. Result

Estimate the effect of number of times that vehicles have to wait for pedestrian crossing and traffic signal time.

This part presents the findings from the calculation of the collected information from the raw data of videos. The comparison among different times of pedestrian crossing and waiting time for the traffic signal.

The estimate parameters were calculated by SPSS software.

n/Parameter	a	b
1	1625.92	9.57
2	1732.40	9.26
3	1834.56	8.58
4	1945.57	8.05

Based on the derivative derived from function [3-1], the maximum flow and optimum speed in each case were obtained as shown.

N=number of stopping times	Q (MCU/h)	V(km/h)
N=1	7014.2	9.57
N=2	6600.5	9.26
N=3	6254.5	8.58
N=4	5945.5	8.05

These figures clearly show that the capacity and optimum speed are inversely proportional to

the number of crossing pedestrian and waiting times for traffic signal. The more people stopping, the lower the capacity and the optimum speed are. So constructing fly-over bridges at intersections can be a perfectly solution for this problem.

As a result of statistic step, we determined these following tables:

Traffic capacity at 3 chosen intersections (vehicle/h)

**Table 3** Proportion traffic volume of different vehicles at Kim Ma intersection.

Type/ route	K.Ma St	L.Giai St	NCT St	Total
Motorbike	4715	832	1802	7349
Car	593	185	456	1234
Bus	70	43	0	113
Convert to MCU unit	Bike= 8975	Car= 2812	Bus= 904	

**Table 4** Proportion traffic volume of different vehicles at Cau Giay intersection.

Type/ route	K.Ma St	C.Giay St	Lang St	Total
Motorbike	4715	5832	1117	11664
Car	593	785	256	1634
Bus	70	43	20	133
Convert to MCU	Bike= 11664	Car= 3268	Bus= 1064	

**Table 5:** Proportion traffic volume of different vehicles at Chua Boc intersection.

Type/ route	L.Ha St	C.Boc St	T.Son St	Total
Motorbike	4115	5136	1802	11053
Car	593	600	556	1749
Bus	70	100	30	200
Convert to MCU	Bike= 11053	Car= 3498	Bus= 1600	

As the tables shown, Motorbike and private car always share the most and second highest

proportion in terms of number of vehicles. The public bus only account for the smallest proportion, but serve up to 12%-13% of total traffic demand. It shows that using bus public is one of the most effective solution to reduce number of vehicle then reduce traffic jam. And base on this result we should encourage people to use public transport system by increasing the quality of service, such as come on time, shorten the time schedule by using exclusive lanes for only bus system.

By constructing fly-over bridges not only supply exclusive lanes for special vehicle but also improve the traffic performance by avoid turning vehicle, delay time and we might think about load restriction on bridges also

## **5. Conclusion/Discussion**

### **5.1 Major results and contribution of the research**

Although there have been a number of researches concerning the intersection's effect to the traffic flow, but there has not been any research studying the impacts of constructing fly-over bridges at intersections in terms of solving traffic congestion issue.

Therefore, this research was conducted to find out the impacts of fly-over bridges at intersections to the traffic flow. The main factor was taken into consideration, fluency of traffic flow, reduce waiting time, exclusive lanes. The result of this paper has answered the question "how to reduce traffic congestion at intersections".

### **5.2 Suggestions for future studies**

This study focused on site study in Ha Noi to develop the intersection design and constructing fly-over bridges at intersections in order to solve traffic congestion. For further studies should be carried out to come to how to build fly-over bridges or change the intersection design to deal with traffic congestion at there.

Since this research might not appear as a perfection solution to deal with the problems at site study. Therefore, further researches may base on

the results of this paper to find out a better solution, so that the problem can be solve perfectly.

## **6. 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.

## **References**

- [1] Survey of JICA team (2012) to collect the real factors of public transport system.
- [2] Nguyen Van Truong (2012), University of Transport and Communications, JICA TRAHUD II Workshop for Debate of public transport system in Hanoi.
- [3] Development of Population Newspaper (2012), General Office for Population Family Planning.
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Intersection\\_\(road\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Intersection_(road))
- [5] Chandra, S. (2004) Capacity Estimation Procedure for Two-Lane Roads under Mixed Traffic Conditions. Indian Roads Congress, 151-152.
- [6] Traffic Safety Course Book. (2000) Hanoi: Hanoi University of Transportation and Communicat

## การศึกษาพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุทางถนนบ่อยในประเทศไทยจากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ

### Road Black Spot Analysis from Thailand's Road Accident Data

หมายเลขบทความ : AYRF14-005

สุรศักดิ์ ศรีสว่างวงศ์<sup>1</sup>, สุพร พงษ์นุ้มกุล<sup>2</sup>

Surasak Srisawangwong, Suporn Pongnumkul

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โทรศัพท์. 082-484-5474

E-mail: max.surasak@gmail.com

<sup>2</sup> ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

โทรศัพท์. 02-564-6900

E-mail: suporn.pongnumkul@nectec.or.th

#### บทคัดย่อ

การเกิดอุบัติเหตุจากทางท้องถนนนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการสูญเสียไม่ว่าจะเป็นทางด้านร่างกาย จิตใจและทรัพย์สินของผู้เกิดอุบัติเหตุเอง หรือญาติพี่น้อง การเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศยังเป็นปัญหาสำคัญ และจากปัญหาดังกล่าวก็ได้มีผู้เสนอแนวทางแก้ไข ปัญหาแล้ว แต่ยังลดปัญหานี้ได้ไม่มากนัก ดังนั้นการศึกษานี้จึงรวบรวมสถิติของอุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศไทยที่ได้จากเว็บไซต์ศูนย์ข้อมูล อุบัติเหตุเพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน (<http://www.thairsc.com>) ซึ่งเป็นข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่มาใช้สิทธิ์ พ.ร.บ. บริษัทกลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถจำกัด และการศึกษานี้ได้นำข้อมูลดังกล่าวมาเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการนับแบบออฟไลน์ ซึ่งวิธีการนี้จะแบ่งประเทศไทยออกเป็นตารางละ 1 ตารางกิโลเมตร และวิเคราะห์ว่าใน 1 ตารางกิโลเมตรมีบริเวณใดที่มีความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด และนำบริเวณดังกล่าวมานำวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและความสัมพันธ์ที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุในบริเวณดังกล่าว และได้ผลการศึกษาดังนี้ จากอุบัติเหตุ ทั้งหมด 771,360 ครั้ง ตั้งแต่ปี 2011 ถึง 2014 พบว่าอุบัติเหตุบนท้องถนนที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากที่สุด คือ 1) เป็นบริเวณที่มีห้างสรรพสินค้าในจังหวัด นครราชสีมา เกิดอุบัติเหตุรวม 1627 ครั้ง 2) เป็นแหล่งชุมชนที่มีถนนที่คับแคบในจังหวัดภูเก็ต เกิดอุบัติเหตุรวม 941 ครั้ง 3) บริเวณทางร่วมทางแยกที่ ติดกับถนนหลักระหว่างจังหวัดในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งการศึกษานี้จะเป็นผลดีสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสำหรับผู้เดินทางที่จะตระหนักถึง พื้นที่ที่เป็นจุดเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

**คำสำคัญ:** อุบัติเหตุบนท้องถนน, จุดเสี่ยงอุบัติเหตุทางถนน

#### Abstract

Road accidents can cause major physical, mental and property damages to those involved in the accidents and their loved ones. While many solutions have been proposed to alleviate the problem, road accidents are still a main cause of death in many countries, including Thailand. This paper studies the statistics of road accidents in Thailand in order to identify road accident black spots and analyze the cause of accidents in those areas. The approach used to identify black spots is by analyzing the frequency of accidents that occur in each one-square-kilometer grid throughout Thailand. Due to the large amount of accident data, an optimization is employed to speed up the accident density calculation. The accident data were obtained from an auto insurance company's website, where 771,360 accidents were reported from 2011 to 2014. The three areas with the highest number of accidents are: 1) an area near a shopping mall in Nakhon Ratchasima province with 1627 accidents (in four years) 2 ) a community area with narrow streets in Phuket province with 941 accidents 3 ) an intersection of two main roads in Ubon Ratchathani province with 921 accidents. The system we built will be useful for road authorities to easily identify road black-spots and for drivers to be aware of accident-prone areas while driving

**Keywords:** Road accidents, Road black spots

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอุบัติเหตุบนท้องถนน ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้ระบุว่าประเทศไทยมีการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดเป็นอันดับ 3 ของโลก จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยพบว่าตั้งแต่ปี 2011 ถึง 2014 มีการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นจำนวน 771,360 ครั้ง ซึ่งทำให้มีจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรบนท้องถนนในประเทศไทยได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อุบัติเหตุไม่เพียงแต่จะทำให้เสียชีวิต แต่ยังทำให้เกิดความพิการและเป็นภาระของสังคมเกิดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจและทรัพยากรของประเทศปีละแสนล้านบาท

การคมนาคมในปัจจุบันนับได้ว่ามีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของประชาชนเนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับประชาชนในการเดินทางไปยังสถานที่เพื่อดำเนินกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การเดินทางเพื่อไปประกอบอาชีพ เพื่อศึกษาหาความรู้ การติดต่อธุรกิจ การเดินทางเพื่อการซื้อหาสินค้าในการอุปโภคและบริโภคและรวมไปถึงการเดินทางไปเพื่อการท่องเที่ยวอีกด้วย จะเห็นว่าในชีวิตประจำวันของเราจะต้องมีการสัญจรไปมาอยู่เป็นบ่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นด้วยรถ ด้วยเรือ และยานพาหนะอื่นๆ และในการเดินทางแต่ละครั้งอาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุจราจรได้แก่ ปัจจัยด้านบุคคล ยานพาหนะ และสิ่งแวดล้อมและในปัจจุบันนี้ก็ยังคงอย่างต่อเนื่องและยังเป็นปัญหาหลักของการเสียชีวิต การเกิดอุบัติเหตุได้จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม คือ อุบัติเหตุทางถนน อุบัติเหตุทางเรือ อุบัติเหตุทางน้ำและ อุบัติเหตุทางอากาศ การเกิดอุบัติเหตุไม่ใช่เรื่องบังเอิญแต่สามารถป้องกันได้ ซึ่งการป้องกันหรือการแก้ไขปัญหามิให้เกิดอุบัติเหตุที่มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีการดำเนินการหลายมาตรการอย่างเป็นระบบ

ซึ่งในปัจจุบันนี้ก็ยังมีข้อเสนอแนวทางแก้ปัญหามิให้เกิดอุบัติเหตุมาตลอดแต่ก็ยังลดปัญหาของการเกิดอุบัติเหตุได้ไม่มากนัก ด้วยสาเหตุนี้ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะหาแนวทางแก้ปัญหามิให้เกิดอุบัติเหตุที่ลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงศึกษาเพื่อหาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุโดยใช้สถิติของอุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้น ระหว่างปี พ.ศ.2554 จนถึงปัจจุบัน โดยการศึกษาจะใช้วิธีการนับแบบออฟไลน์ ซึ่งจะแบ่งประเทศไทยออกเป็นตารางเมตรละ 1 กิโลเมตร และทำการนับจำนวนอุบัติเหตุของแต่ละพื้นที่โดยใช้การวิเคราะห์จำนวนของอุบัติเหตุ ซึ่งจะสร้างโปรแกรมเพื่อที่จะให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวคำนวณและทำให้เกิดความแม่นยำของข้อมูล และจะนำแต่ละพื้นที่มาวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุกับบริเวณโดยรอบเพื่อหาสาเหตุของแต่ละพื้นที่

## 2. ทฤษฎีงานและวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิวัฒน์ [1] กล่าวว่า ประเทศไทยมีสถิติผู้เสียชีวิตด้วยอุบัติเหตุบนท้องถนนอันดับ 2 ของโลก อัตราผู้เสียชีวิต 2,000 คนต่อเดือน บาดเจ็บ 200,000 คนต่อเดือน และสาเหตุของอุบัติเหตุบนท้องถนนมี 3 สาเหตุหลัก

1. สาเหตุจากตัวคนขับ เช่น เมาเหล้า มีโรคลมชัก มีข้อจำกัดทางสายตา
2. สาเหตุจากสภาพถนน เช่น ถนนที่ไม่ได้มาตรฐาน ไม่มีไฟเขียวไฟแดง ไม่มีป้ายบอกทางที่ชัดเจน
3. สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม เช่น หมอกกลบจัด คลื่นไฟจากการเผาขยะข้างทาง

สุพรัช [2] กล่าวว่าในการระบุตำแหน่งของจุดที่เกิดอุบัติเหตุจะใช้วิธีการปักหมุดลงบนแผนที่ ซึ่งหลังจากผ่านการเก็บข้อมูลมาเป็นระยะเวลาหลายปี บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อยครั้งก็จะมีหมุดปักอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งตำแหน่งบริเวณที่มีหมุดปักเป็นจำนวนมากนี้ก็มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดอุบัติเหตุ

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนของการศึกษานี้จะรวบรวมข้อมูลจาก <http://www.thairsc.com/> (ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุเพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน) [3] โดยข้อมูลมาจากข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่มาใช้สิทธิ์ พ.ร.บ. จากบริษัทกลางฯ ทุกจังหวัดทั่วประเทศ และทำการดึงข้อมูลตั้งแต่ปี 2011-2014 มาเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น จะใช้วิธีการแบ่งประเทศไทยเป็นตาราง ซึ่งจะแบ่งเป็นตารางละ 1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งประเทศไทยนั้นมีตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ และมีตำแหน่งลองจิจูดที่ 97 องศา 21 ลิปดาตะวันออกถึง 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก

### 3.1 การเก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลนั้นจะทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งจะทำการดึงข้อมูลอุบัติเหตุที่อยู่ระหว่างปี 2011-2014 ที่ทางเว็บไซต์ <http://www.thairsc.com/> [3] ได้เก็บรวบรวมเอาไว้ และทำการดึงข้อมูลดังกล่าวมาเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลของเรา

#### 3.1.1 คำย่อของแต่ละจังหวัด

ดูได้จาก

[http://www.thairsc.com/18122555/dataJson\\_Changwat.ashx?flag=1](http://www.thairsc.com/18122555/dataJson_Changwat.ashx?flag=1)

```
{
  - dt: [
    - {
      provinceid: "กบ",
      changwatname: "กระบี่"
    },
    - {
      provinceid: "กท",
      changwatname: "กรุงเทพมหานคร"
    },
  ],
}
```

รูปที่ 1 คำย่อของแต่ละจังหวัด

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า provinceid คือ กบ นั้นจะเป็นคำย่อของจังหวัด กระบี่ และ กท นั้นจะเป็นคำย่อของ กรุงเทพมหานคร สำหรับคำย่อนั้นจะต้องนำไปใช้ในการค้นหาอุบัติเหตุที่เราต้องการค้นหาแต่ละจังหวัด

### 3.2.1 วิธีการดึงข้อมูลอุบัติเหตุทางถนน

URL :

[http://www.thairsc.com/json\\_Point\\_ByYear.ashx?y=2014&ch=กบ](http://www.thairsc.com/json_Point_ByYear.ashx?y=2014&ch=กบ)

Formats : JSON

HTTP Method : GET

Requires Authentication : No

Parameters : ch = คำย่อของชื่อจังหวัด , y = ปีที่ต้องการจะค้นหา

ตัวอย่างในการเรียกใช้ API

URL :

[http://www.thairsc.com/json\\_Point\\_ByYear.ashx?y=2014&ch=กบ](http://www.thairsc.com/json_Point_ByYear.ashx?y=2014&ch=กบ)

จะได้ผลตามรูปที่ 2

```
- {
  claimno: "K57/810/00929",
  accno: "57/950/00679",
  accdate: "06/03/2014",
  lat: "7.755534",
  lng: "99.248741",
  isdead: "Y"
},
- {
  claimno: "K57/820/00197",
  accno: "57/11344/00085",
  accdate: "01/02/2014",
  lat: "8.541992",
  lng: "98.90422",
  isdead: "Y"
},
```

รูปที่ 2 ข้อมูลอุบัติเหตุ

จากรูปที่ 2

1. claimno คือ ลำดับที่มาใช้สิทธิ์ พ.ร.บ.
2. accno คือ ลำดับของการเกิดอุบัติเหตุ
3. accdate คือ วันเดือนปี ที่เกิดอุบัติเหตุ
4. lat คือ ละติจูดของอุบัติเหตุ
5. lng คือ ลองจิจูดของอุบัติเหตุ
6. isdead คือ มีการเสียชีวิตหรือไม่

### 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นโดยจะทำการหาอัตราส่วนของความกว้างและความยาวของประเทศไทย เพื่อที่จะทำการแบ่งประเทศไทยเป็นตาราง ซึ่งจะแบ่งเป็นตารางละ 1 กิโลเมตร และทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดเพื่อหาจำนวนของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นของแต่ละตาราง และโปรแกรมที่ทำการเขียนขึ้นมานั้น จะทำการค้นหาจากฐานข้อมูลโดยใช้ละติจูดและลองจิจูดของแต่ละตารางไปค้นหาข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลและวิเคราะห์ว่ามีอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นระหว่างละติจูดและลองจิจูดของตารางนี้จำนวนทั้งหมดกี่ครั้ง และทำการวิเคราะห์จนครบทุกตาราง

### 4. ผลการวิจัย

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามที่ได้กล่าวไปข้างต้นนั้น จำนวนที่เกิดอุบัติเหตุที่มีความถี่มากที่สุด 10 ลำดับ ดังตารางที่ 1

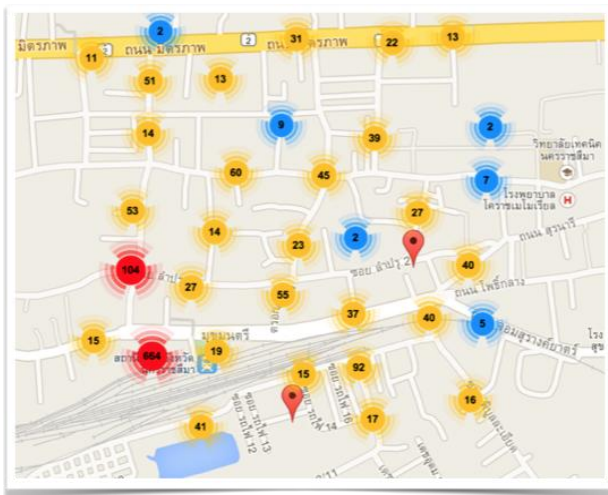
ตารางที่ 1 บริเวณที่มีความถี่ของอุบัติเหตุมากที่สุด

ลำดับ	สถานที่	จำนวน
1	ซอย รฟ 8 ตำบล ในเมือง อำเภอเมือง นครราชสีมา จังหวัด นครราชสีมา ประเทศไทย	1627
2	ถนน รัชฎา ตำบล คลาดเหนือ อำเภอเมืองภูเก็ จังหวัด ภูเก็ต ประเทศไทย	942
3	ถนน พโลชัย ตำบล ในเมือง อำเภอเมือง อุบลราชธานี จังหวัด อุบลราชธานี ประเทศไทย	921
4	ซอย แสนสบาย ตำบล ป่าตอง อำเภอ กะปี่ จังหวัด ภูเก็ต ประเทศไทย	884
5	ซอย เทศบาลบางปู 94 ตำบล บางปูใหม่ อำเภอ	774

	เมืองสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ ประเทศไทย	
6	อุโมงค์รถไฟ 8 ตำบล เทพารักษ์ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ ประเทศไทย	749
7	ซอย ท่าเรือวิบูลย์ศรี 2 ตำบล ปากน้ำ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ ประเทศไทย	723
8	ถนน อุดรเดช ตำบล หมาแข้ง อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัด อุดรธานี 41000 ประเทศไทย	679
9	ซอย เทศบาลแพรงยา 10 ตำบล แพรงยา อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ ประเทศไทย	640
10	เจ้าฟ้าตะวันตก ตำบล วิจิตร อำเภอเมืองภูเก็ต จังหวัด ภูเก็ต 83000 ประเทศไทย	639

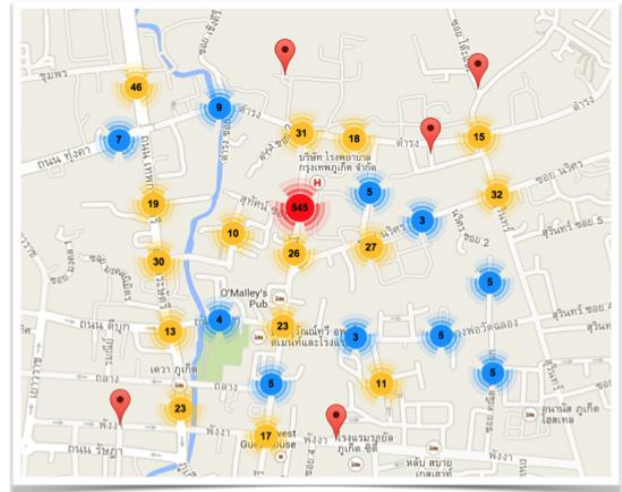
จากตารางที่ 1 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลของ 3 ลำดับแรก  
ดังนี้

1. ซอย รถไฟ 8 ตำบล ในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัด นครราชสีมา 30000 ประเทศไทย เกิดอุบัติเหตุทั้งหมด 1,627 ครั้ง  
ซึ่งเป็นบริเวณที่มีห้างสรรพสินค้า ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในบริเวณ ซอย รถไฟ 8 ตำบล ในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัด นครราชสีมา

2. ถนน รัชฎา ตำบล ตลาดเหนือ อำเภอเมืองภูเก็ต จังหวัด ภูเก็ต 83000 ประเทศไทย เกิดอุบัติเหตุทั้งหมด 942 ครั้ง ซึ่งเป็น  
แหล่งชุมชนที่มีถนนที่คับแคบดังรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในบริเวณ ตำบล ตลาดเหนือ อำเภอเมืองภูเก็ต จังหวัด ภูเก็ต



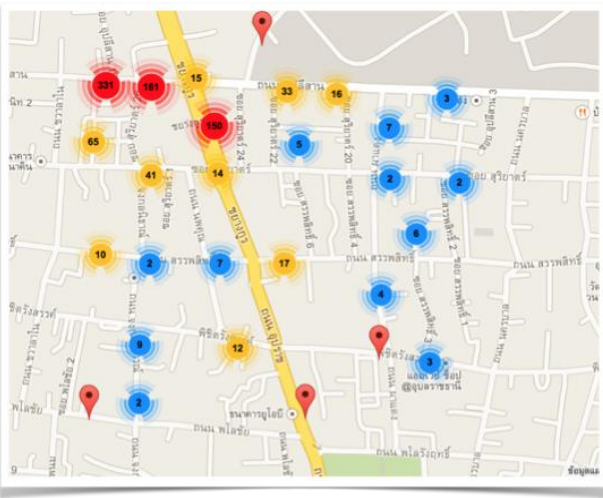
รูปที่ 5 แหล่งชุมชนที่มีถนนที่คับแคบ [4]

3. ถนน พโลชัย ตำบล ในเมือง อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัด อุบลราชธานี 34000 ประเทศไทย เกิดอุบัติเหตุทั้งหมด 921 ครั้ง  
ซึ่งเป็นบริเวณทางรวมทางแยกที่ตัดกับถนนหลักระหว่าง จังหวัด ดังรูปที่ 6 และ 7

ให้มีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น และผู้เดินจะได้ตระหนักถึงจุดที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง เพื่อความปลอดภัยของตนเอง

### เอกสารอ้างอิง

- [1] วิวัฒน์ พุทธวรรณไชย, 2014. วิกฤตอุบัติเหตุบนท้องถนนของไทย. Thammasat Medical Journal 14 (2). April - June 2014
- [2] วุฒิพงษ์ ธรรมศรี, ประสิทธิ์ จิงสงวนพรสุข. (2011). การบ่งชี้จุดอันตรายบนทางหลวงในประเทศไทยด้วยวิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ. วิกฤต. KRU Res J (GS) 11 (2). July - September 2011
- [3] ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุเพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.thairsc.com>. 15 มิถุนายน 2557
- [4] แผนที่ประเทศไทย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <https://www.google.com/maps>



รูปที่ 6 อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในบริเวณ พโลชัย ตำบล ในเมือง อำเภอเมือง  
อุบลราชธานี จังหวัด อุบลราชธานี



รูปที่ 7 บริเวณทางร่วมทางแยกที่ตัดกับถนนหลักระหว่างจังหวัด [4]

## 5. สรุปผลการวิจัย

บทความนี้ได้นำเสนอข้อมูลพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุทางถนนบ่อยในประเทศไทย จากการศึกษาข้อมูลจากเว็บไซต์ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุเพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน[3] ซึ่งพบว่าบริเวณที่มีการเกิดอุบัติเหตุมีหลายหลากจุด บางจุดเป็นบริเวณที่มีห้างสรรพสินค้า บางจุดเป็นบริเวณแหล่งชุมชนที่มีถนนคับแคบ และบางจุดเป็นบริเวณทางร่วมทางแยกที่ตัดกับถนนหลักระหว่างจังหวัด ปัจจัยของการเกิดอุบัติเหตุมีความหลากหลาย ซึ่งเป็นจุดที่น่าสนใจต่อไป

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้มีจุดประสงค์ให้เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไข

## การศึกษาความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารระหว่างเมืองในภาคใต้

### A Study of Safety of Inter - city Passenger Van Services in Southern Thailand

หมายเลขบทความ : AYRF14-006

จเรย์ พูลพล<sup>1</sup>, พิชัย ธานีรณานนท์<sup>2</sup>

Jaray Poolpol, Pichai Taneerananon,

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 074-558789 โทรสาร 074-446519

E-mail: jaray.poolpol@gmail.com.

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 074-558789, 074-287141 โทรสาร 074-446519

E-mail: breathislife@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารและเสนอแนะระบบการจัดการความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสาร ขนพาหนะประเภทนี้ได้ถูกดัดแปลงเพื่อใช้งานบริการขนส่งผู้โดยสาร เนื่องจากจุดแข็งต่างๆในการให้บริการด้วยรถตู้ หลายๆบริษัทจึงประกอบธุรกิจให้บริการประเภทนี้ แต่ยังคงขาดระบบที่มีประสิทธิภาพการจัดการความปลอดภัยในการให้บริการผู้โดยสาร จึงนำมาสู่การเกิดอุบัติเหตุและบาดเจ็บของผู้ใช้บริการรถตู้โดยสาร งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเรื่องระบบการจัดการสมรรถนะผู้ขับขี่ สมรรถนะของรถ โดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ประกอบการรถตู้โดยสาร ผู้ขับขี่รถตู้โดยสาร ผู้ใช้บริการรถตู้โดยสารและศึกษาสภาพรถทั้งก่อนและหลังเกิดอุบัติเหตุ จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการรถตู้โดยสาร พบว่า ไม่มีการประเมินความพร้อมของผู้ขับขี่และรถตู้โดยสารก่อนออกให้บริการ การสัมภาษณ์ผู้ขับขี่รถตู้โดยสารพบว่า ไม่ได้แจ้งให้ผู้โดยสารรัดเข็มขัดนิรภัยร้อยละ 92 ผู้ขับขี่เรียนรู้วิธีการขับรถด้วยตนเองซึ่งไม่ผ่านการฝึกอบรมร้อยละ 85 และการสัมภาษณ์ผู้ให้บริการรถตู้โดยสารพบว่า คนขับมีการใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับขี่ร้อยละ 41 ผู้โดยสารรู้สึกไม่ปลอดภัยเกี่ยวกับความเร็วที่คนขับใช้ร้อยละ 36 ในหลายๆกรณีผู้โดยสารส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้เข็มขัดนิรภัยร้อยละ 81 จากการตรวจสอบสภาพรถพบว่า มีการเสริมเบาะที่นั่งเพื่อบรรทุกผู้โดยสารเกิน(14-15ที่นั่ง) ร้อยละ 67 และไม่จัดให้เข็มขัดนิรภัยสามารถใช้ได้ร้อยละ 82 ผู้วิจัยได้เสนอแนะให้ยกระดับระบบมาตรฐานผู้ขับขี่และขนพาหนะตลอดจนระบบจัดการความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารให้ปลอดภัยขึ้น

**คำสำคัญ :** การให้บริการ 1, รถตู้โดยสาร 2, ความปลอดภัย 3

#### Abstract

The aims of this research are to study safety of Inter-city passenger van services and the management of van safety services systems. Operation of passenger van services is good business because of its several strengths. But van operators have inadequate management of safety services; this has contributed to crashes and injuries of passengers. This studies focus on performance of the driver and vehicle. The study consists of interviewing 3 sample groups : van operators, drivers and passengers and study of vehicle conditions before and after a crash. From the interview of operators, it was found that no assessment the competency and safety of drivers and vehicles before departure was carried out. From the interview of drivers, it was found that drivers did not inform passengers to fasten seat belts (92 %) and most learned to drive a van by self-learning without formal training (85%). From the interview of passengers, it was found many drivers were using a cell phone while driving (41%) passengers feel unsafe about the driving speeds (36%). Most passengers did not use seat belts (81%). Extra passenger seats which were added exceed the legal limit of 14-15 seats

(67%) and (82%) of vans did not provide seatbelts. Recommendations were made to raise driving competency of drivers and roads worthiness of vehicles as well as the management of safety of passenger van services systems to higher standards.

**Keywords :** Services 1, Passenger van 2, Safety 3

## 1. บทนำ

รถตู้ในต่างประเทศผลิตขึ้นมาเพื่อรองรับการใช้งานในการบรรทุกสิ่งของ แต่ในประเทศไทยได้ถูกดัดแปลงขึ้นมาเพื่อใช้งานบริการขนส่งผู้โดยสาร คุณลักษณะการให้บริการของรถตู้พบว่า รถตู้จะให้ความสำคัญกับระยะเวลาในการเดินทาง ความสะดวกสบายในการเดินทาง ความแน่นอนในการให้บริการ ความปลอดภัย ความสะดวกในการเข้ามาให้บริการ ค่าโดยสาร และคุณลักษณะของผู้ให้บริการตามลำดับ [4] รวมจนถึงรายได้ในการประกอบอาชีพของผู้โดยสารที่ค่อนข้างสูงจึงส่งผลให้มีการขยายตัวแบบก้าวกระโดดของธุรกิจรถตู้โดยสารจนนำไปสู่หลายๆบริษัทที่ก้าวมาทำธุรกิจให้บริการประเภทนี้แต่ยังขาดการรองรับระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของการให้บริการผู้โดยสาร จึงเป็นสาเหตุนำไปสู่ความไม่ยั่งยืนและความไม่ปลอดภัยของการให้บริการรถตู้โดยสารซึ่ง เมื่อพิจารณาเชิงลึกถึงความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุของรถตู้ในแต่ละครั้งย่อมส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการวิจัยครั้งนี้

## 2. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมการขนส่งทางบก [1] ได้จัดทำแนวทางการพัฒนาประกอบการขนส่งรถโดยสารประจำทางเพื่อพัฒนาคุณภาพการบริการเพื่อความปลอดภัย และความปลอดภัยในการให้บริการ ซึ่งประกอบด้วยมาตรฐานคุณภาพบริการรถโดยสารประจำทาง โดยมีข้อกำหนดคุณภาพบริการ 3 ด้านคือ 1.ด้านบริการ 2. ด้านความปลอดภัย 3.ด้านสิ่งแวดล้อม

ณรงค์ ป้อมหลักทองและคณะ [2] ได้ศึกษามาตรฐานด้านความปลอดภัยของรถในระบบรถโดยสารประจำทาง การกำหนดมาตรฐานการบังคับใช้และการตรวจสอบพบว่า 1 ไม่มีการกำกับดูแลควบคุมมาตรฐานด้านตัวรถ 2 ขาดข้อมูลที่บ่งชี้การตรวจสอบสภาพและขาดเครื่องมือทางวิศวกรรมในการตรวจสอบ 3 ขาดข้อมูลด้านการตรวจแบบเรียกตรวจ 4 การกำกับดูแลการกระทำผิดของผู้ประกอบการร่วมบริการได้ยากและระยะเวลาในการออกกฎหมายใช้เวลานาน 5 ขาดการเชื่อมโยงกับหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง และได้เสนอแนะให้ภาครัฐติดตามตรวจสอบพัฒนาเครื่องมือการทดสอบเพื่อกำกับดูแลผู้ประกอบการที่ต่อตัวถังรถโดยสาร พัฒนาในการเชื่อมโยงการตรวจสอบและการออกใบอนุญาตประกอบการ พัฒนากลไกการเรียกตรวจ มีบทลงโทษที่ชัดเจน ตั้งสถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการ

ขนส่ง สร้างภาคีเครือข่ายทั้งภาครัฐ เอกชนและผู้โดยสาร นำแนวทางมาตรฐานความปลอดภัยที่เป็นสากลมาประยุกต์ใช้

ฉัตรพร ลิมนานท์ [3] ได้ศึกษาโครงการเพื่อพัฒนาระบบการประเมินความปลอดภัยของรถโดยสารสาธารณะระหว่างจังหวัดในประเทศไทยพบว่ามีการประเมินความปลอดภัยของรถโดยสารสาธารณะระหว่างจังหวัดในประเทศไทย คือ 1. รายการตรวจสอบความพร้อมของรถโดยสารสาธารณะก่อนการเดินทาง 2. รายการประเมินความพร้อมของผู้ขับขี่รถโดยสารสาธารณะก่อนการเดินทาง 3. รายการประเมินพฤติกรรมระหว่างขับขี่รถโดยสารสาธารณะและพบว่าความปลอดภัยของรถโดยสารสาธารณะจากอุปกรณ์ GPS คนขับมีการใช้ความเร็วระหว่าง 80-90 กม./ชมมากที่สุดถึง 123 ครั้ง/เที่ยวและจากแบบประเมินการเร่งและชะลอความเร็วที่ไม่เหมาะสมมากที่สุดถึง 4.43 ครั้ง/เที่ยว

แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ [5] ได้ให้ความเห็นและข้อเสนอแนะด้านการปรับปรุงระบบกำกับดูแลความปลอดภัยรถโดยสารสาธารณะไว้ 3 ด้านดังนี้ 1 ด้านการจัดระเบียบรถโครงสร้างและการตรวจสอบสภาพ 2 ด้านพนักงานขับรถ 3 ด้านผู้ประกอบการ ซึ่งมีข้อเสนอแนะคือ การตรวจสอบการดัดแปลงรถตู้ การติดตั้งที่นั่งเกิน การติดตั้งถังแก๊ส การทดสอบสมรรถนะของรถ ดัดแปลงตามมาตรฐานความปลอดภัยที่เป็นที่ยอมรับของสากล กำกับตรวจสอบและลงโทษพฤติกรรมเสี่ยง ผู้ประกอบการมีกลไกการกำกับดูแลด้านความปลอดภัย มีบทลงโทษที่ชัดเจนกับผู้ประกอบการที่ละเมิดมาตรฐานด้านความปลอดภัย

มงคล อย่างรัตนโชติ [6] ได้ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุและแนวทางการลดอุบัติเหตุของการขนส่งด้วยรถโดยสารประจำทางระหว่างจังหวัดสุโขทัยกับจังหวัดอื่นๆพบสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุมี 5 ปัจจัยคือ 1 ด้านการใช้รถใช้ถนนคือขับรถเร็วเกินอัตราที่กำหนด ขาดการตรวจเช็คในที่คับขัน 2 ด้านสภาพแวดล้อมคือความสว่างของเส้นทางตอนกลางคืน 3 ด้านความรู้และพฤติกรรมของพนักงานขับคือใช้อุปกรณ์สื่อสารบนรถ ขาดความรู้เรื่องป้าย 4 ด้านสภาพรถโดยสารคือระบบเบรกยางและระบบสัญญาณไฟของรถ 5 ปัจจัยสิ่งอำนวยความสะดวกของรถโดยสารคือ การติดตั้งเครื่องเสียงโทรทัศน์เครื่องปรับอากาศได้แนะแนวทางในการลดอุบัติเหตุ คืออบรมให้ความรู้การขับขี่ที่ถูกต้อง จัดกลุ่มผู้ที่ฝ่าฝืนกฎหมายอย่าง ให้งานวัดแก่พนักงานที่ไม่เกิดอุบัติเหตุให้พนักงานขับรถมีเวลาพักผ่อนเพียงพอ ตรวจเช็คสภาพรถก่อนให้บริการ

อภิรักษ์ สะตะพันธ์ [7] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้บริการรถโดยสารในประเทศไทยพบว่าอุบัติเหตุจากรถโดยสารขนาดใหญ่ทั่วประเทศเกิดขึ้นร้อยละ 2 เฉลี่ยปีละประมาณ 4,000 คันพื้นที่เกิดอุบัติเหตุรถโดยสารมากที่สุดคือ กรุงเทพมหานครร้อยละ 60 และในภูมิภาคร้อยละ 40 จากการสัมภาษณ์ผู้ขับขี่รถโดยสารส่วนใหญ่จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาต่ำกว่าร้อยละ 50 เรียนรู้วิธีการขับรถจากการเป็นเด็กมากกว่าร้อยละ 50 และเรียนจากโรงเรียนสอนขับรถร้อยละ 3 จากการสัมภาษณ์ผู้ให้บริการรถโดยสารส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษาร้อยละ 29 มีความพอใจและปลอดภัยอยู่ในระดับปานกลาง พฤติกรรมเสี่ยงของพนักงานขับรถโดยสารได้แก่ขับรถตัดหน้าระยะกระชั้นชิด ขับรถเร็วเกินที่กฎหมายกำหนดเป็นต้นและได้เสนอแนะมาตรการคือการตรวจสอบและปรับปรุงถนนให้มีความปลอดภัย การเปลี่ยนพฤติกรรมของพนักงานขับรถ การตรวจสอบปรับปรุงเพิ่มอุปกรณ์ความปลอดภัยประจำตัวรถ

### 3. ระเบียบวิธีวิจัย

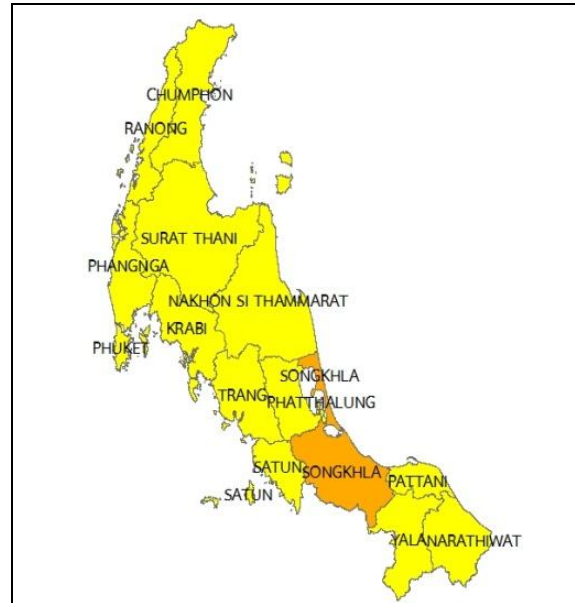
การศึกษาความปลอดภัยในการให้บริการรถโดยสาร มีขั้นตอนในการศึกษาวิจัย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการวิจัย

#### 3.1 คัดเลือกกรณีศึกษา

การศึกษารัั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้รถตู้โดยสารหมวด 3 เป็นตัวแทนของรถตู้โดยสารที่วิ่งระหว่างเมือง (จังหวัดสงขลา – จังหวัดต่างๆ ในภาคใต้) โดยเลือก พื้นที่สถานีขนส่งขนาดใหญ่และสถานีขนส่งจังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 จังหวัดในภาคใต้

### 3.2 การสำรวจข้อมูล

#### 3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจซึ่งรายละเอียดของประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้มี 4 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ประกอบการ กลุ่มผู้ขับขี่รถตู้โดยสาร กลุ่มผู้ให้บริการรถตู้โดยสาร และกลุ่มยานพาหนะ

#### 3.2.2 เครื่องมือการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถาม/สัมภาษณ์และแบบประเมินเป็นเครื่องมืองานวิจัยโดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มดังนี้

แบบสอบถามผู้ประกอบการ ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพนักงานขับรถ ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับยานพาหนะ

แบบสอบถามกลุ่มผู้ขับขี่รถตู้โดยสาร ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปส่วนบุคคล ตอนที่ 2 ข้อมูลการขับรถตู้โดยสาร

แบบสอบถามกลุ่มผู้ให้บริการรถตู้โดยสาร ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปส่วนบุคคล ตอนที่ 2 ข้อมูลการขับรถตู้โดยสาร

แบบประเมินกลุ่มยานพาหนะ ประกอบด้วยตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับยานพาหนะ

### 3.3 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม/สัมภาษณ์จากกลุ่มตัวอย่างจาก กลุ่มผู้ประกอบการจำนวน 3 ชุด กลุ่มผู้ใช้บริการรถตู้โดยสารจำนวน 170 ชุด กลุ่มผู้ขับขี่รถตู้โดยสารจำนวน 39 ชุด และประเมินกลุ่มยานพาหนะ จำนวน 39 ชุด

### 3.4 วิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window 16 (Statistical Package for Social Science) สำหรับค่าสถิติมีดังนี้คือ อัตราร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

## 4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์จากแบบสอบถาม/สัมภาษณ์และแบบประเมินนี้มีการให้คะแนนความรุนแรงจากการละเมิดจะกำหนดความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุหรือความรุนแรงของอุบัติเหตุคะแนนที่ประเมินนี้จะนำมาพิจารณาตามช่วงดังนี้ [3]

- |     |  |
|-----|--|
| 0   | คะแนน ต่ำมาก (มีความพร้อมในการขับขี่)      |
| 1-2 | คะแนน ต่ำ                                  |
| 3-4 | คะแนน พอใช้                                |
| 5-6 | คะแนน น้อย                                 |
| 6+  | คะแนน น้อยที่สุด (ไม่พร้อม/ไม่สมควรขับขี่) |

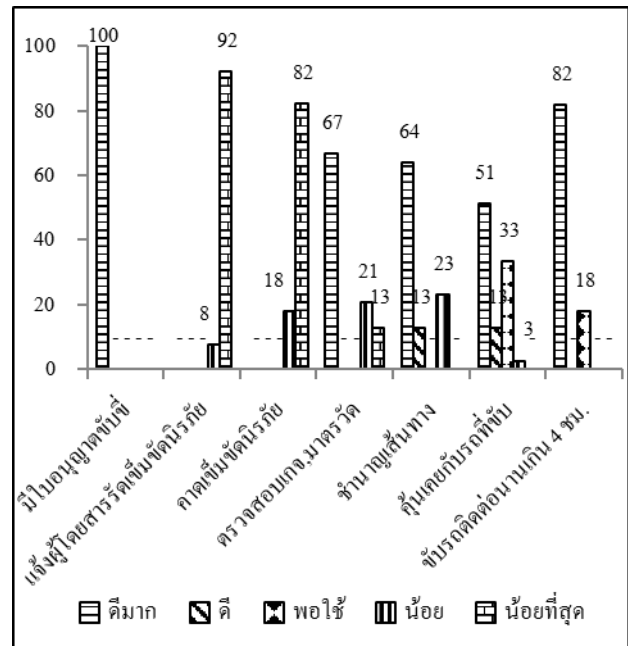
### 4.1 ผลการวิเคราะห์จากผู้ประกอบการรถตู้โดยสาร

จากการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์จากแบบสอบถาม 3 ตัวอย่าง พบผู้ประกอบการไม่มีการประเมินความพร้อมของผู้ขับขี่และรถตู้โดยสารก่อนออกให้บริการ

### 4.2 ผลการวิเคราะห์จากคนขับรถตู้โดยสาร

#### 4.2.1 ความพร้อมพนักงานขับรถก่อนออกให้บริการผู้โดยสาร

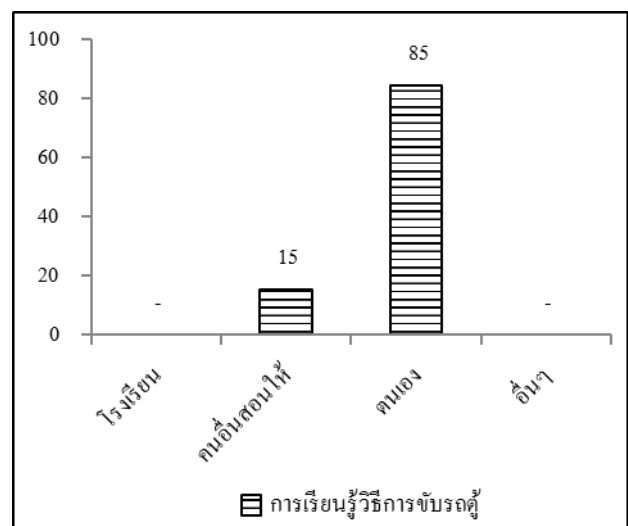
จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 39 ตัวอย่างพบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ คนขับรถตู้โดยสารมีใบอนุญาตในการขับขี่อยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 100 คนขับรถตู้ได้แจ้งผู้โดยสารระดับขั้นขั้นในรถในระดับน้อยที่สุด ร้อยละ 92 คนขับรถตู้ได้คาดเข็มขัดนิรภัยในระดับน้อยที่สุด ร้อยละ 82 คนขับรถตู้ได้ตรวจสอบเงา, กระจกมองข้างในระดับดีมาก ร้อยละ 67 คนขับรถตู้มีความชำนาญเส้นทางในระดับดีมาก ร้อยละ 64 คนขับรถตู้คุ้นเคยกับรถที่ขับในระดับดีมาก ร้อยละ 51 คนขับรถตู้ขับรถติดต่อกันเกิน 4 ชม.ในระดับดีมาก ร้อยละ 82 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความพร้อมคนขับก่อนออกให้บริการ

#### 4.2.2 การเรียนรู้วิธีการขับรถของพนักงานขับรถตู้

จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 39 ตัวอย่าง พบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ คนขับรถตู้โดยสารเรียนรู้วิธีการขับรถด้วยตนเองมากที่สุดร้อยละ 85 และมีคนอื่นสอนให้ร้อยละ 15 ดังรูปที่ 4

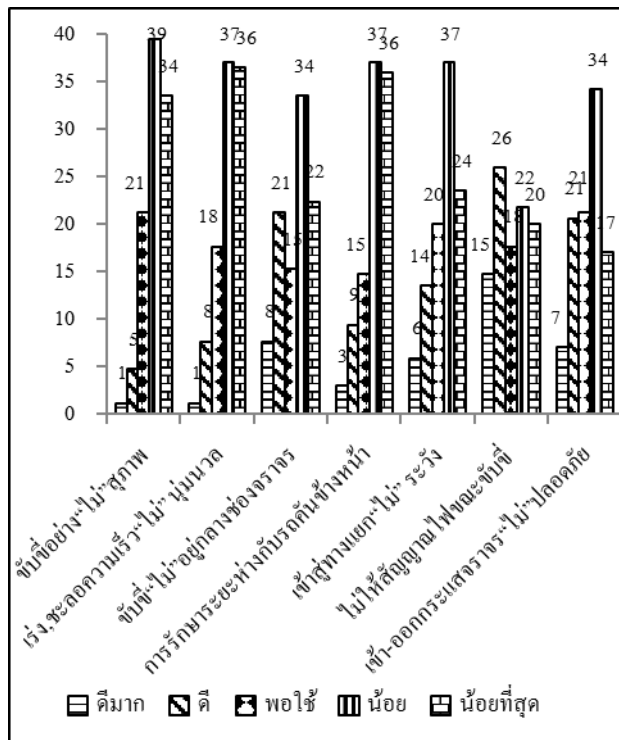


รูปที่ 4 การเรียนรู้วิธีขับรถ

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์จากผู้ให้บริการผู้โดยสาร

##### 4.3.1 พฤติกรรมการขับขี่ทั่วไป

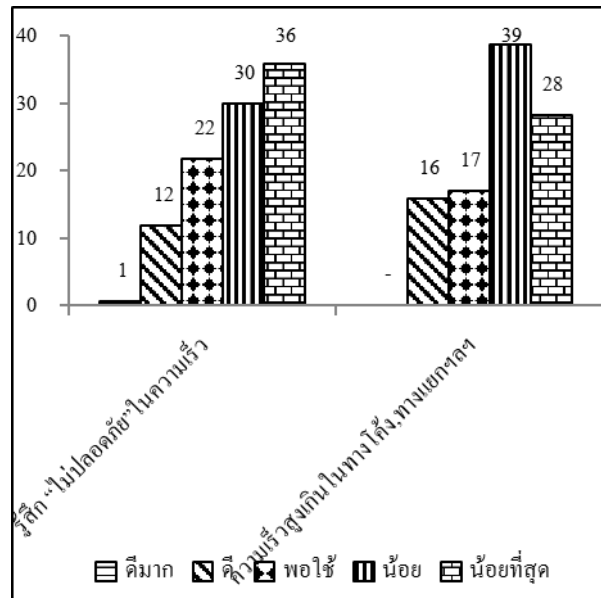
จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 170 ตัวอย่าง พบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ การขับอย่างไม่สุภาพหรือไม่ระมัดระวังในระดับน้อย ร้อยละ 39 การเร่งและชะลอความเร็วที่ไม่นุ่มนวลในระดับน้อย ร้อยละ 37 การขับขี่ ไม่อยู่ตรงกลางของช่องจราจรในระดับน้อย ร้อยละ 34 ขับห่างรถคันหน้าไม่น้อยกว่า (45- 56)m ที่ความเร็ว (80 -100 ) km/hr. ในระดับน้อย ร้อยละ 37 การเข้าสู่ทางแยกด้วยความไม่ระวังในระดับน้อย ร้อยละ 37 การไม่ให้สัญญาณไฟขณะขับขี่ในระดับดี ร้อยละ 26 การ เข้า-ออกกระแสจราจรอย่างไม่ปลอดภัยในระดับน้อย ร้อยละ 34 ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 พฤติกรรมการขับขี่ทั่วไป

##### 4.3.2 พฤติกรรมการใช้ความเร็ว

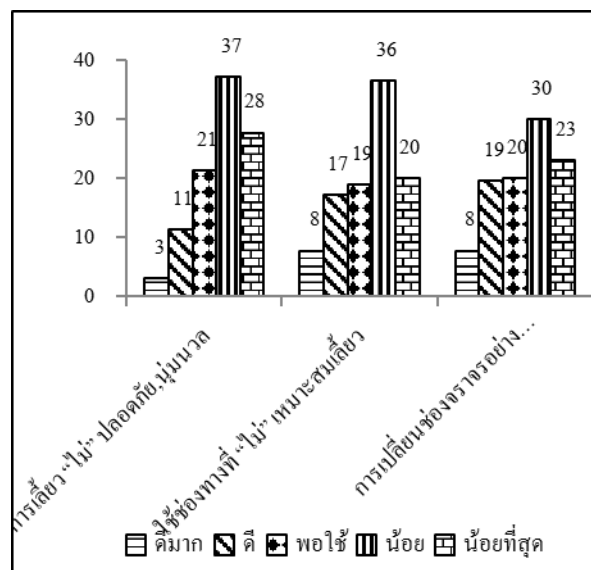
จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 170 ตัวอย่าง พบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ รู้สึกไม่ปลอดภัยเกี่ยวกับความเร็วที่ตนขับขี่ในระดับน้อยที่สุด ร้อยละ 36 การใช้ความเร็วสูงเกินบริเวณทางโค้ง ทางแยก ชุมชน ฯลฯ ในระดับน้อย ร้อยละ 39 ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 พฤติกรรมการใช้ความเร็ว

##### 4.3.3 พฤติกรรมการเลี้ยวและเปลี่ยนช่องจราจร

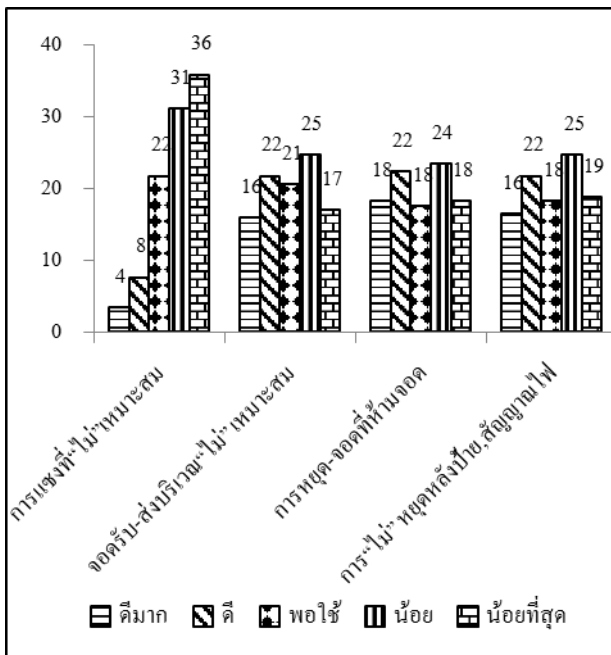
จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 170 ตัวอย่าง พบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ การเลี้ยวที่ไม่ปลอดภัยหรือไม่นุ่มนวลในระดับน้อย ร้อยละ 37 ผู้ขับขี่ใช้ช่องทางที่ไม่เหมาะสมขณะเลี้ยวรถในระดับน้อย ร้อยละ 36 การเปลี่ยนช่องจราจรอย่างอันตราย(รวดเร็ว/ไม่ให้สัญญาณไฟจราจร, ล้ำเข้าช่องตรงข้าม)ในระดับน้อย ร้อยละ 30 ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 พฤติกรรมการเลี้ยวและเปลี่ยนช่องจราจร

#### 4.3.4 พฤติกรรมการหยุด/แซง

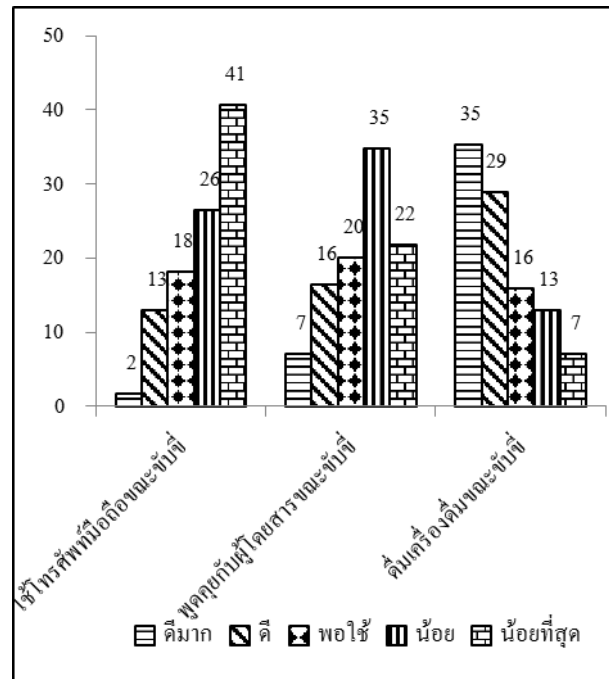
จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 170 ตัวอย่าง พบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ การแซงที่ไม่เหมาะสม (ตัดหน้าในระยะกระชั้นชิด)ในระดับน้อยที่สุด ร้อยละ36 การจอดรับ-ส่งผู้โดยสารบริเวณที่ไม่เหมาะสมและไม่ปลอดภัยในระดับน้อย ร้อยละ25 การหยุด-จอดรถผู้ที่ไม่ห้ามจอดหรือบนช่องจราจรในระดับน้อย ร้อยละ24 การไม่หยุดหลังป้ายหยุดหรือสัญญาณไฟจราจรในระดับน้อย ร้อยละ25 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 พฤติกรรมการหยุด/แซง

#### 4.3.5 พฤติกรรมการปฏิบัติตัวของผู้ขับขี่

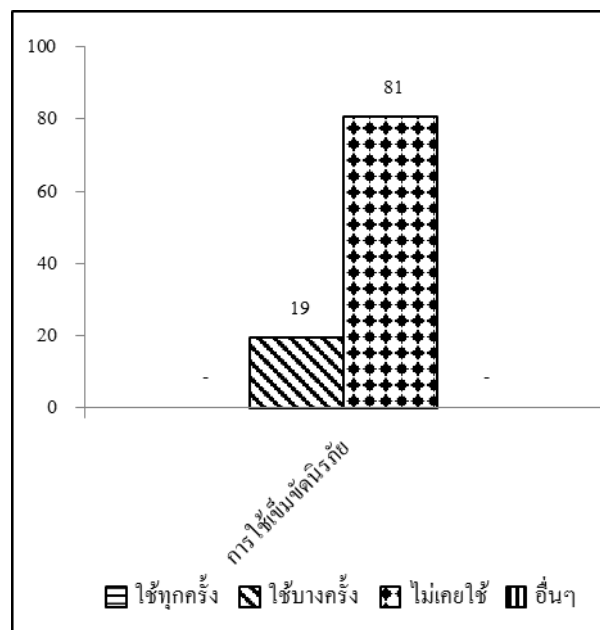
จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 170 ตัวอย่าง พบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ คนขับการใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับขี่ในระดับน้อยที่สุด ร้อยละ41 มีการพูดคุยกับผู้โดยสารขณะขับขี่ในระดับน้อยร้อยละ35 มีการรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มขณะขับขี่ในระดับดีมาก ร้อยละ35 ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 พฤติกรรมการปฏิบัติตัวของผู้ขับขี่

#### 4.3.6 พฤติกรรมการใช้เข็มขัดนิรภัยของผู้ใช้บริการ

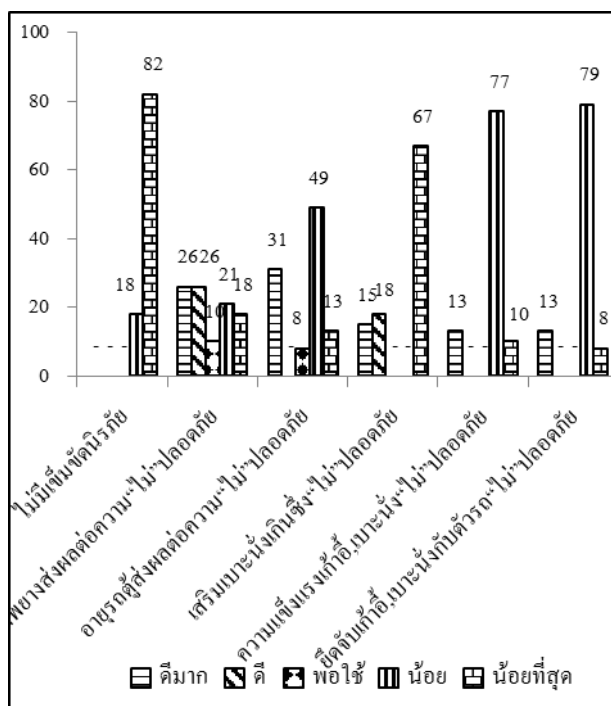
จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 170 ตัวอย่าง พบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ ผู้ใช้บริการไม่เคยใช้เข็มขัดนิรภัยมากที่สุดร้อยละ 81 รองลงมาใช้บางครั้งร้อยละ19ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การใช้เข็มขัดนิรภัย

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์จากการประเมินรถตู้โดยสาร

จากการประเมินความพร้อมของตัวรถตู้โดยสารที่ให้บริการผู้โดยสารทั้ง 39 ตัวอย่างพบจำนวนตัวอย่างที่ค่าร้อยละของข้อมูลมากที่สุดดังนี้ รถตู้ไม่มีเข็มขัดนิรภัยในระดับน้อยที่สุด ร้อยละ 82 สภาพยางส่งผลต่อความไม่ปลอดภัยในระดับมากที่สุด ร้อยละ 26 อายุรถตู้ส่งผลต่อความไม่ปลอดภัยในระดับน้อย ร้อยละ 49 มีการเสริมเบาะนั่งบรรทุกผู้โดยสารเกินซึ่งไม่ปลอดภัยในระดับน้อยที่สุด ร้อยละ 67 ความแข็งแรงของเก้าอี้และเบาะนั่งซึ่งไม่ปลอดภัยในระดับน้อย ร้อยละ 77 ความแข็งแรงการยึดจับเก้าอี้และเบาะนั่งกับตัวรถซึ่งไม่ปลอดภัยในระดับน้อย ร้อยละ 79 ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ความพร้อมของตัวรถตู้

#### 5. ความแข็งแรงของตัวรถตู้

จากการสืบค้นข้อมูลรถตู้เมื่อเกิดการชนพบว่ามักได้รับความเสียหายอย่างมาก เช่น โครงสร้างรถด้านข้างและโครงหลังคาหลุดออกจากตัวถังรถ จากการชนรถตู้ชนรถบรรทุก 6 ล้อ บริเวณทางเบี่ยง จ.สุราษฎร์ธานีและรถตู้ประจำทางเสียหลักชนต้นไม้ บริเวณ ค.บางตาหลวง จ.ปัตตานี [8] และจากการที่โครงสร้างรถได้รับความเสียหายจากการชนกับวัตถุข้างทางที่แข็งแรงด้านหน้าของตัวรถทำให้เกิดการกระแทกที่รุนแรงส่งผลให้เบาะรถหลุดออกจากตัวถังภายในห้องโดยสาร

ส่วนตัวผู้โดยสารที่ไม่คาดเข็มขัด/ไม่มีเข็มขัดนิรภัย ที่อยู่ด้านหลังมากระแทกกับผู้โดยสารด้านหน้าจึงเป็นการเพิ่มความรุนแรงของอุบัติเหตุ [9] ผู้วิจัยจึงได้สำรวจสภาพความแข็งแรงของรถตู้เมื่อเกิดการชนโดยค้นหาจากการทดสอบรถตู้โดยสารองค์กร เช่น ANCUP รถตู้หลายรุ่น เช่น Mitsubishi Express ผลการทดสอบได้ 1 ดาว จาก 5 ดาว Nissan Urvan E25 ผลการทดสอบได้ 1 ดาวจาก 5 ดาว Suzuki APV ผลการทดสอบได้ 3 ดาว จาก 5 ดาว และ Toyota Haice ผลการทดสอบได้ 4 ดาวจาก 5 ดาว [10] ซึ่งหมายถึง คนขับจะบาดเจ็บสาหัสหรือเสียชีวิตเมื่อเกิดการชน ดังนั้นอาจอนุมานได้ว่ารถตู้มีความแข็งแรงต่ำกว่ามาตรฐานที่จะป้องกันผู้โดยสารในกรณีเกิดการปะทะหรือพลิกคว่ำ

#### 6. สรุปผล

จากการศึกษาความปลอดภัยในการให้บริการรถตู้โดยสารพบปัญหาหลักในความไม่ปลอดภัยในการให้บริการ ดังนี้

ผู้ประกอบการไม่มีการประเมินความพร้อมของผู้ขับขี่และรถตู้โดยสารก่อนออกให้บริการ ไม่จัดให้เข็มขัดนิรภัยสามารถใช้ได้ มีการเสริมเบาะที่นั่งเพื่อบรรทุกผู้โดยสารเกินมาตรฐานกำหนดซึ่งไม่ปลอดภัย

พนักงานขับรถตู้โดยสารไม่พร้อมขับขี่ หรือไม่สวมก้มขับขี่ เพราะมีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุหรือความรุนแรงของอุบัติเหตุ โดยพนักงานขับรถตู้ไม่มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ปลอดภัย มีการแข่งที่ไม่เหมาะสม (ตัดหน้าในระยะกระชั้นชิด) ผู้ใช้บริการรู้สึกไม่ปลอดภัยเกี่ยวกับความเร็วที่คนขับใช้ มีการใช้โทรศัพท์มือถือขณะขับขี่ อีกทั้งคนขับรถตู้โดยสารเรียนรู้วิธีการขับรถด้วยตนเองซึ่งไม่ผ่านการฝึกอย่างมีระบบ

ผู้ให้บริการส่วนใหญ่ไม่เคยใช้เข็มขัดนิรภัยเนื่องจากผู้ประกอบการไม่จัดให้เข็มขัดนิรภัยสามารถใช้ได้

#### 7. ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางแก้ไขดังนี้

ต้องมีมาตรการการตรวจและเตรียมพร้อมยานพาหนะและพนักงานขับรถก่อนออกให้บริการในแต่ละเที่ยว มีมาตรการกำกับพฤติกรรมพนักงานขับรถมีบทลงโทษพฤติกรรมเสี่ยงที่ชัดเจนกับพนักงานขับรถที่ฝ่าฝืน มีการกำกับและตรวจ สอบมาตรการบังคับใช้กฎหมาย พัฒนาการฝึกอบรมให้ความรู้อย่างจริงจังและเป็นระบบในทุกมิติ เช่น จริยธรรมของ ผู้ขับขี่ พ.ร.บ. การขนส่งทางบก กฎหมายจราจร ตลอดจนใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ โดยการติดตั้ง GPS (Global Positioning System) และระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติด้วยเรดาร์ (Dynamic Radar Cruise Control)

จัดให้ยานพาหนะมีความพร้อมด้านตัวรถผู้ขณะที่ให้บริการ  
ผู้โดยสารพร้อมด้วยแนะนำการใช้งานอุปกรณ์ความปลอดภัยและ  
ตำแหน่งของอุปกรณ์นั้นให้ไปตามหลักสากล

## 8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการ  
สำรวจข้อมูลภาคสนาม

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมการขนส่งทางบก, 2554. แนวทางการพัฒนาประกอบการขนส่ง  
รถโดยสารประจำทาง. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง  
ประเทศไทยจำกัด กรุงเทพฯ
- [2] ณรงค์ ป้อมหลักทองและคณะ, 2555. โครงการมาตรฐานด้านความ  
ปลอดภัยของรถในระบบรถโดยสารประจำทาง การกำหนด  
มาตรฐานการบังคับใช้และการตรวจสอบ. โครงการศูนย์วิชาการเพื่อ  
ความปลอดภัยทางถนน ระยะที่ 3 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการ  
สร้างเสริมสุขภาพ
- [3] กิรยุทธ ลิมนานท์, 2555. โครงการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการประเมิน  
ความปลอดภัยของรถโดยสารสาธารณะระหว่างจังหวัดในประเทศไทย. โครงการศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน ระยะที่ 3  
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ
- [4] บุญรักษ์ ภูณาสล, 2543. การศึกษาดูและแรงจูงใจในการให้และ  
ใช้บริการรถตู้โดยสารในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [5] แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ, 2556  
ความปลอดภัย ในการใช้ บริการรถตู้โดยสารสาธารณะ. คณะเภสัช  
ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- [6] มงคล อย่างรัตน์ โชติ, 2548. ปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุและแนว  
ทางการลดอุบัติเหตุของการขนส่งด้วยรถโดยสารประจำทางระหว่าง  
จังหวัดสุโขทัยกับจังหวัดอื่นๆ. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิต
- [7] อภิรักษ์ สะตะพันธ์, 2551. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของ  
ผู้ให้บริการรถโดยสารในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [8] เอกลักษณ์ กาญจนเพ็ญและคณะ, 2555. การสืบสวนสาเหตุการเกิด  
อุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะ. กรณีศึกษาภาคใต้:

กรณีศึกษาภาคใต้. สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย  
หน้า 118 – 126

- [9] เอกลักษณ์ กาญจนเพ็ญและคณะ, 2556. การสืบสวนสาเหตุการเกิด  
อุบัติเหตุจากรถตู้และรถโดยสารสาธารณะ. กรณีศึกษาภาคใต้. เอกสาร  
ประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18  
หน้า 278 – 285

- [10] The Australasian New Car Assessment Program (ANCAP)  
<http://www.ancap.com.au/crashTestResults.aspx>

## **Effect of flooding on mountainous transportation system: Case study: North central region of Viet Nam**

Paper Identification number: **AYRF14-008**

DINH TUNG Vuong<sup>1</sup>, HUNG Pham<sup>2</sup>,  
DINH TUAN Vuong<sup>3</sup>, ANH DUNG Pham<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Advanced training program 51, International education center,  
University of transport and communication  
Telephone (+84) 986 244 387  
E-mail: [vuongtung1992@gmail.com](mailto:vuongtung1992@gmail.com)

<sup>2</sup>Advanced training program 51, International education center,  
University of transport and communication  
E-mail: [muucttb@gmail.com](mailto:muucttb@gmail.com)

<sup>3</sup>Division of auditing and accounting  
National economic university  
Telephone (+84) 1648 245 499  
E-mail: [vuongtuan32412@gmail.com](mailto:vuongtuan32412@gmail.com)

<sup>4</sup>Advanced training program 51, International education center,  
University of transport and communication  
E-mail: [haku2302@gmail.com](mailto:haku2302@gmail.com)

### **Abstract**

Flooding is considered to be one of the most catastrophic forms of natural disaster. In mountainous area, this disaster often causes many bad effects on the transportation system which is known as a country's socio-economic lifeline. There is no doubt that the impact of flood on transportation in mountainous area is much worse than in urban or flat area due to its terrain characteristic. The North central region of Viet Nam, at which mountainous area accounts for more than 75% total area, is known as the home of flood in Viet Nam. Generally, after the landing of a typhoon or heavily rainy days, the flood appears and destroys thousand meters of road, dozens of bridge become useless by then. These data (shown in paper) are real evidences for the huge impact of flooding on mountainous transport system in the North central region of Viet Nam. This paper will give further understanding of flooding, main features of transportation in mountainous area, and how the flooding effects on transportation system and other impacts related to disturbance of transportation system. This paper also points out some solutions which have been studied and applied such as: change the standard of designing and construction, re-plan the transport system on mountainous area, install flood warning system or manage the resident to reduce the impact of flooding.

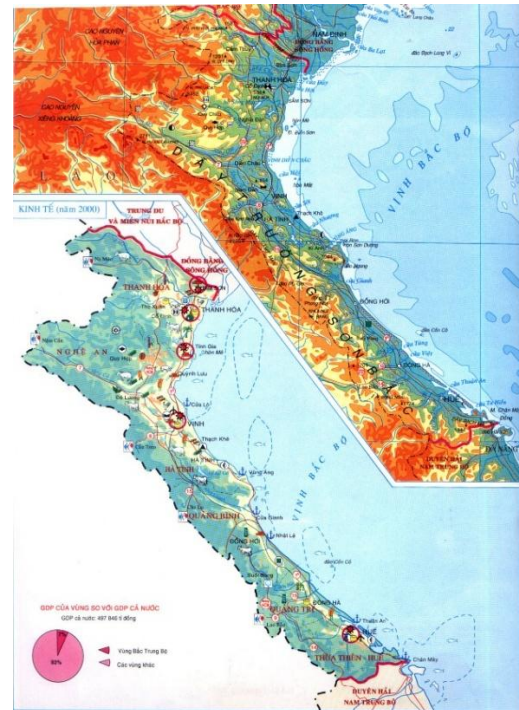
**Keywords:** flooding, mountainous area, transportation system, north central region, effect.

## 1. General Introduction

Transportation system is considered as an integral part of a region or nation's infrastructure and often termed as its "socio-economic life line" since it promotes social and economic activities. Damage to transportation system lames country or region and severely hampers social, economic development.

Flood can be one of the most catastrophic natural events in which it severely damages any transportation systems. When a segment of a route network is closed by floodwater, the various flood impacts can be observed by the characteristic of traffic flow, including the destroying transportation constructions, disrupting communications, traffic congestion, decreasing travelling speed and increasing travel time. As a result, many indirect impacts on society and economy will take place and it is not easy to estimate accurately these side effects.

Viet Nam is a tropical country; therefore, the natural events, likewise flood, obviously become familiar disasters. The North central region of Viet Nam is the region, which significantly suffers the impacts of flood in comparison with the other regions. With more than 75% area is covered by mountains, the North central region of Viet Nam often witnesses the big flood, flash flood after the landing of a typhoon. From 1995 to 2005, there are 11 of total 18 big typhoons landing to Viet Nam attacking the North central region of Viet Nam, equivalent to 61%. Being combined with the high-slope terrain of this region, the damage of flood and flash flood to the transportation system becomes more and more terrible. Deep understanding about flood in this region and how it influences on the transportation facilities plays the important role in working out the best solution in reducing the effects of flood on transportation system in the North central region of Viet Nam.



**Fig. 1** The map of North central region of Viet Nam

## 2. Flood and current transportation system in north central region of Viet Nam.

### 2.1 Flood.

Definition: A flood is an excess of water (or mud) on land that is usually dry and is situation where in the inundation is caused by high flow or over flow of water in an established water course such as a river, stream and irrigation systems. A flood can strike anywhere without warning, occurs when a heavy rain falls within a short time.



**Fig. 2** An example of a flood in North central of Viet Nam

In North central region of Viet Nam, the flash floods often occur in the mountainous areas from July to December. From 1999 to 2004 there were total 25 big flash floods occurred, specially: 7/1999 in Ham Tan, Binh Thuan province, 9/2002 Huong Khe, Ha Tinh province, 5/2005 Anh Son, Nghe An province... The main reasons of flood can be listed out as follows:

- Natural categories: heavy rains ( almost from the storms or typhoons) result in raising the water level and form a quick flow through the rivers or streams; lack of lake which can store a big amount of water; mountainous terrain with total 15 river systems starting from Truong Son mountain to East sea which almost have high slope.
- Human categories: Deforestation, poor water and sewerage management...

## **2.2 Transportation system in mountainous area in north central region of Viet Nam**

Almost roads and bridges in the North central region were built in 1980s and 1990s. The alignments of road usually go around the mountains or go along the river bank. Many small bridges were constructed by the local people without standard designing and quality controlling. Therefore, these transport facilities now need to be maintained or totally rebuilt; however it requires big capital investment, and in fact, it can be only carried out step by step, and considered as a long-term target. Other considerable feature is that the roads and bridges are built based on the specifications; therefore most of roads and bridge are in grade 3 or 4 which are suitable for requirement of transportation but hard to bear the attack from the flood and flash flooding in mountainous areas.

## **3. Effect of floods on mountainous transportation system in North central region of Viet Nam.**

### **3.1 Effect on bridge**

- *Damage to abutment:*

In normal condition, the real width of a river or stream is small. The abutments often are built close to the main water flow to reduce the

construction cost. When a flood or a flash flood happens the discharge sharply increases, leading to a widening of water flow cross section. The soil or material on the abutment starts to behave in-cohesively. In this situation the abutments are in dangerous, the flood can destroy the protect wall of the abutments and collapse the bridge easily.



**Fig. 3** A Flood in Ha Tinh (2003) damage the abutment of a bridge

- *Flood washed away the bridge:*

Almost bridges in North central region of Viet Nam are small and medium span bridges, the clearance below is not enough to transfer a big amount of water when a flood come over. The bridge is submerged, the superstructure have to bear the horizontal force from water flow and the buoyancy force. The result is the bridge can be washed away after the flood run over.



**Fig.4** A bridge was washed away in Quang Binh in 2007

- *Damage to the pier of bridge:*

Pier erosion which has a form of deep hole around the pier is a common phenomenon when a flood happens, specially the flash flooding. The high-speed flow is disturbed by the pier and then creates the vortex around the pier, the soil near the pier will be washed away and finally the vortex will form a deep hole close to the pier. This damage is very fatal; it can end with destruction of pier or even suddenly collapse the bridge.



**Fig. 5** Damage of pier lead to bridge collapse

### 3.2 Damage to the road

- *Land slide (erosion) along the road:*

This problem occurs due to the turbulent flows, they run beside and on the road, make the road bed become weaker and wash the road bed material away.



**Fig. 6** Erosion of roadbed

- *Damage to the road pavement:*

When a flood happens, the road will be submerged in the water. The pavement material such as concrete or asphalt concrete becomes very weak in this situation. The upper layer (asphalt layer) can be fretted, and then the damaged area may be widened to other parts.



**Fig. 7** Road pavement damage

- *Land slide of the slope of the road:*

The water from the flood makes the soil of the slope become saturated, decreases the shearing resistance of material and creates the land slide attacking the road or causes the slide of the slope of the road. This situation often occurs with the road which is located along the rivers or streams.



**Fig. 8** Land slide of the slope

### 3.3 Effect of flood on transportation system in north central region of Viet Nam

**Table 1:** Summary of effect of flooding from 2005 to 2008 in North central region of Viet Nam

Type of damage	2005	2006	2007	2008
Soil and rock sliding (m <sup>3</sup> )	3417238	1636560	7126064	4728829
Collapse bridge	260	247	333	347
Damaged bridge	160	455	2752	1248
Damaged road (km)	1088	2385	541	727
Damaged road pavement (m <sup>2</sup> )	48430	287260	438652	303999

Source: <http://www.ccfsc.gov.vn/>

It can be seen from the table that the effect of flooding and flash flooding on transportation system in north central region of Viet Nam is terrible. The number of bridge, which had been destroyed, steadily increased from 260 bridges in 2005 to 347 bridges in 2008. The area of pavement that had been damaged has a huge growing from 48430 m<sup>2</sup> to 438652 m<sup>2</sup> in 2007. The length of damaged road has a fluctuated trend. The minimum value is 541 km in 2007 and in 2006, this value picked up to 2385 km. In general, these data show that the impact of flooding is bigger day by day and the government needs to have more active solutions to reduce these bad impacts immediately. There is no doubt that the authorities will have to spend a lot of money to repair and rebuild these transportation facilities.

### 3.4 Indirect impacts due to effect of flood on transportation system.

In fact, any damage to roads and bridges always leads to the disturbance of transportation

system. This situation creates many impacts on economy and society.

With economy, the disturbance of transportation will slow down all economy activity. In North central region of Viet Nam, more than 90% of good is transport by highway system; therefore any damage to the road or bridge will bring about a huge losses in economy. The North central of Viet Nam holds the most important position in domestic transportation system in Viet Nam and plays the main role in trading with the neighbor country, Laos. Obviously, any damage to transportation in the North central region of Viet Nam will severely hurt the economy of Viet Nam.

In term of society, the disturbance of transportation system will separate the impacted areas from the adjacent areas. For example, after a history flooding in 2006 the people in Huong Khe district, Ha Tinh province were run out of communication with the others area in 3 weeks. In order to go out, in this case, the people had to accept the risk from the damaged roads and bridges or other simple ways which are very dangerous to use. This situation becomes very familiar to many areas in the North central region of Viet Nam after a coming of the flood. Other considerable impact is the delaying of relief works. After the landing of a flood, many people will be homeless, injured, run out of food or clean water and they do need help from the government. However, the damaged roads and bridges will obstruct the rescue teams to approach the people.



**Fig. 9** Alternative transport solution

#### 4. Proposals

As the matter of fact, the serious damages of the flood on transportation system in mountainous area are strongly related to natural reasons. It is impossible to totally prevent the effects from the flood, particularly in the mountainous area such as the North central region of Viet Nam. The target is now becoming how to minimize the impacts of the flood on the transportation system there.

##### *Technical solution:*

##### With bridge:

- + Consider about the horizontal force, buoyancy force from the water flow in design specification.
- + Widen the clearance of the bridge in area that flood can run over.
- + Choose suitable types of bridge: no pile on the main stream, high span length.
- + Raise the standard or requirement with some important components: abutment, pile.

##### With road:

- + Raise the requirement of road: road bed capacity, using high quality material for construction.
- + Using some geotextile fabric to prevent the land slide, construct the barrier beside the dangerous part of road (near the flood flow)
- + The slope should be strengthened by concrete block or geotechnical- grass.
- + Change the road alignment, not to across the flood flow.

##### *Flood management solution:*

- + Predict the area that flood can happen in raining season in order to reinforce the transportation system there.
- + Re-arrange the transportation system to get far from them river, stream that the flood often occur in the past.
- + Do migration to easy control the transportation system.
- + Stop cutting down trees in the forest and encourage people to re-plant the forest to reduce the power of the flood.

#### 4. Conclusion

North central region of Viet Nam, which has more than 75% area is mountainous, is the region has the worst effect from the floods in Viet Nam. With the impact from climate changing, the appearances of the floods now become more dangerous and unpredictable. From 2005 to 2008, in the North central region of Viet Nam, there are more than 2000 bridges, 3000 km of road had been destroyed. The effect on transportation will lead to many impacts on economy and society, for example: the government must pay money to repair and reconstruct the roads and bridges, people are segregated and the relief from the government is delayed. These losses are result of a combination of the strong natural disaster, natural terrain, weak transportation constructions and unsuitable management of the government. Many solutions in both technical aspect and management have been considered and studied, the problem is that we have to find out the best answer from these solutions.

#### 5. Acknowledgment

We would like to express our sincere gratitude to Dr. Eng. Tran Thi Kim Dang for giving us a significant supporting, material and advise to complete this paper.

Special appreciation is extended to lecturers of ATP for all of warm supporting and variable information sources during our researching time to finish the work.

#### 6. References

- [1] M.J.B Alam, Alamgir M. Hoque and Md. Mazharul Hoque *Assessment of economic loss caused by flood damaged transportation Network*
- [2] Prof. Kiril Karagoyozov, Prof. Todor Razmov, Minera Todorova *Impact of Natural disasters on transport systems- case study from Bulgaria*
- [3] B.C Eaten, M.F Lapointe – Department of geography, University of British Columbia, Quebec, Canada *Effects of large floods on sediment transport and reach morphology in the cobble-bed Sainte Marguerite River.*
- [4] <http://www.ccfsc.gov.vn/KW6F2B34/Disaster-Database.aspx>

## Parking Management Measures towards a Sustainable Transportation in Hanoi Urban Areas: A Case Study in Hoan Kiem District

Paper Identification number: **AYRF14-009**

Truong Hoang Hai<sup>1</sup>, Dinh Van Hiep<sup>2</sup>

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: <sup>1</sup>haitruonghoang@gmail.com; <sup>2</sup>hiep.dinhv@gmail.com

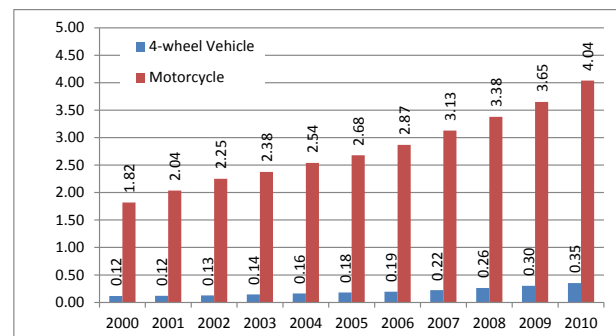
### Abstract

Transport development is a key factor for supporting economic development and growth, and facilitating the exchange of goods for a country. However, rapid traffic increase is a major challenge to sustainable development, especially in urban areas of developing countries. One of issues is the problem of parking management and policy in urban areas, which also causes traffic congestion and leading horrendous problems for a low quality of life and economic burden. To solve these problems, Transportation Demand Management (TDM) scheme is a solution, which does not require too much change on transport infrastructure, but it considers applying the policies and measures. In this study, we carried out a pilot survey for parking in Hoan Kiem district, the centre of Hanoi city, where there is a larger number of motorcycle along with cars increasing rapidly recently. Based on the survey data, the study presented that parking fares and parking duration blocks can be effective solutions for parking management for the city in regard to reducing the demand of parking and traffic in the core urban area. These findings may help city agencies in applying the right parking management and policy solutions and thus result in contributing a sustainable transportation in Hanoi as well as to provide lessons for other similar cities in Vietnam and other similar regions.

**Keywords:** Parking management, Parking policy, Transport Demand Management, Hoan Kiem.

### 1. Introduction

Vietnam, a country in Southeast Asia, has seen a fast growth of economy in the latest decade. Hanoi city is one of the two biggest cities of Vietnam trending upward. The rapid urbanization leading to fast growth of private vehicles, up to now, by the statistics of Hanoi Department of Transport (HDoT), there are 3.7 million motorcycles in Hanoi accounting for 1/8 of motors, and 380,000 cars accounting for 1/6 of cars over the country. The number of newly registered vehicles has constantly increased each year, 12-13% of motorcycles and 9-13% cars as shown in Fig.1. The number of personal vehicles is creating great pressure on urban transport infrastructure and is one of the major causes for congestion.



Source: Traffic department, Hanoi police, 2010.

**Fig. 1** Registered Vehicles in Ha Noi (2000-2010) (million)

The increase of number of vehicle makes the negative effect on transport system. It causes traffic congestion, traffic accident and reducing environment quality and traffic comfortableness. It calls indirectly the increase of travel time, fuel consumption, emission but also reduces economic growth and convenience and disturbs social activities.

To solve the problem, Hanoi has adjusted transport master plan to increase the percentage and role of public transport in transportation system. By the transportation master plan up to 2030 and vision to 2050, Hanoi will construct 8 lines of urban railway (UMRT) and two lines of BRT. However, the master plan has not yet focused on parking issues, one of emergent problems of transportation in Hanoi in recent years. The most recent master plan for parking facilities of Hanoi was published in 2003 and has not brought any positive effects during last ten years.

## 2. Situation of Parking in Hanoi

By the study of Vietnam Transport Development and Strategy Institute (TDSI) in 2010, there are 1,178 parking facilities in Hanoi area including parking facilities for motorcycle and car. The total area is 429,269.3m<sup>2</sup>, so the average surface of each parking facilities is around 364m<sup>2</sup> (Table 1). This current parking facilities system meets only 8-10% need of parking slot for existed vehicle fleet of Hanoi area. The remaining need of parking (around 90%) is provided by parking area of resident and urban area (about 24% or 93.4ha), parking area of office and at home (about 63.5% or 245ha), parking area on road surface, road side, school yard. (about 12% or 46.36ha) and parking area in surface of pending project (about 0.5% or 1.9ha).

**Table 1** Parking area in 11 districts of Hanoi

District	Car		Motorcycle	
	No. of park-ing	Area (m <sup>2</sup> )	No. of park-ing	Area (m <sup>2</sup> )
Hoan Kiem	144	18,317.00	177	12,546.80
Ba Dinh	121	71,320.40	102	5,417.00
Hai Ba Trung	106	22,304.22	137	4,762.00
Dong Da	77	11,655.68	82	3,034.00
Hoang Mai	18	72,572.00	8	2,700.00
Long Bien	9	13,353.00	18	2,095.00
Cau Giay	32	55,874.00	22	11,639.00
Thanh Xuan	15	679.00	61	8,815.00

Tay Ho	20	1,551.60	11	515.00
Ha Dong	6	378.60	7	594.00
Tu Liem	5	95,147.00	n/a	n/a
TOTAL	553	377,151.50	625	52,117.80

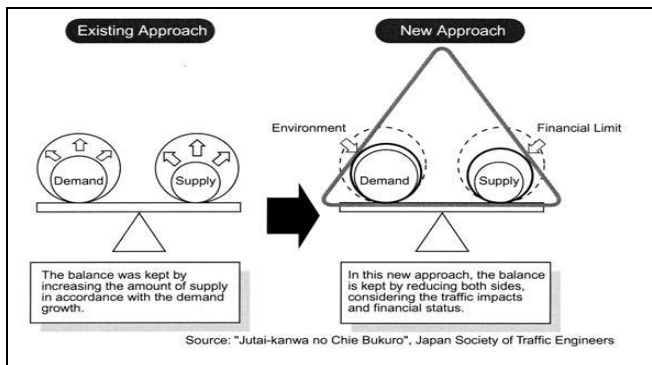
**Source:** TDSI, 2010

In the same report, the percentage of area for parking in Hanoi is about 2.5-3% of land for transportation, which is very low in comparison with the rate in developed countries (about 7-8%). Therefore, the current licensed public parking meets only 8-10% need of usage especially in commercial business district (CBD), where the lack of parking facilities is very serious. Besides, the number of illegal parking and illegal parking facilities (on street and in roadside) is increasing continuously causing the congestion and affecting the traffic safety. Moreover, the parking facilities network is unsuitable in comparison with parking demand, which calls the serious need in high parking demand area as CBDs.

About the management policy, the parking facilities in Hanoi are mainly managed by HDoT and district people's committee. On-street parking facilities of all street and on-sidewalk parking facilities of some important streets are managed (license issued) by HDoT, on-roadside parking facilities of almost streets are managed by district people's committee. The inconsistency is one of causes of unaffected parking network management.

In the meantime for issuing a new master plan for parking facilities in Hanoi, Transportation Demand Management (TDM) scheme is a solution, which does not require too much change on transport infrastructure, but it considers applying the policies and measures. It will be useful to solve the current situation and to prepare to apply a new master plan on parking issues.

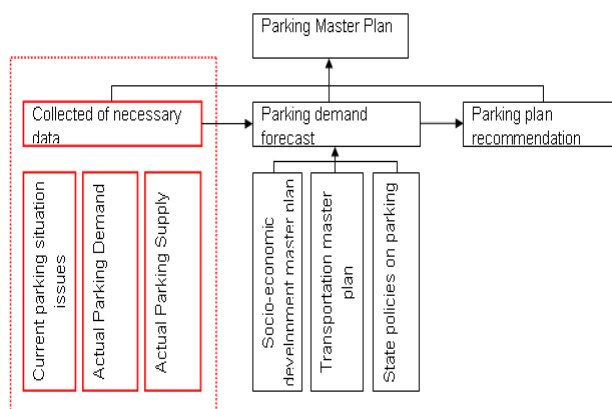
Traffic demand management (TDM) is a new concept that began to gain wide recognition in the later 1990s. It focuses on the suppression of the traffic demand and does not require too much change on transport infrastructure. The purpose of TDM is mitigation of traffic congestions, reduction of energy consumption and exhaust gas emission in the transport sector and so forth which involve changes in people's attitudes towards mobility. Traffic congestion occurs when traffic demand exceeds the capacity of the road network.



### 3. The case study of Hoan Kiem district

#### 3.1 Scope of study

The case study objective under the project on improving public transport in Hanoi City (TRAHUD II) is to analyze in details the current situation of parking in Hoan Kiem district, to detect the parking issues and to propose the TDM solutions to improve the current situation (Fig. 2).



**Fig.2** Scope of work of the case study

The surveyed data can be used for the parking master plan of Hoan Kiem district. The TDM solutions can help to reduce the parking demand, increase the turnover rate of parking facilities and shorten the unbalance between supply and demand of parking. This paper presented only the survey results and the proposed TDM solutions to improve parking current situation in Hoan Kiem district. The surveys were carried out by Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE, 2013).

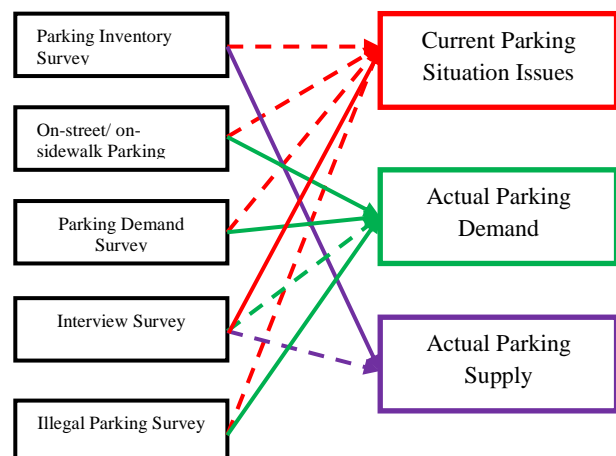
The surveys and purpose of each survey as shown in **Table 2** below:

**Table 2** Survey and purpose of surveys

No.	Type of Survey	Items
1	Parking Inventory Survey	Parking Inventory Data and its Map
2	On-street/ on-sidewalk Parking Count Survey	No. of Parking Vehicles and parking time/duration on Selected Road Sections
3	Parking Demand Survey	No. of visitors to building No. of household, offices, shops, population, No. of employees
4	Interview Survey	Interview to vehicle driver
5	Illegal Parking Survey	Site Survey on Selected Road Sections

Source: TRAHUD II, 2013.

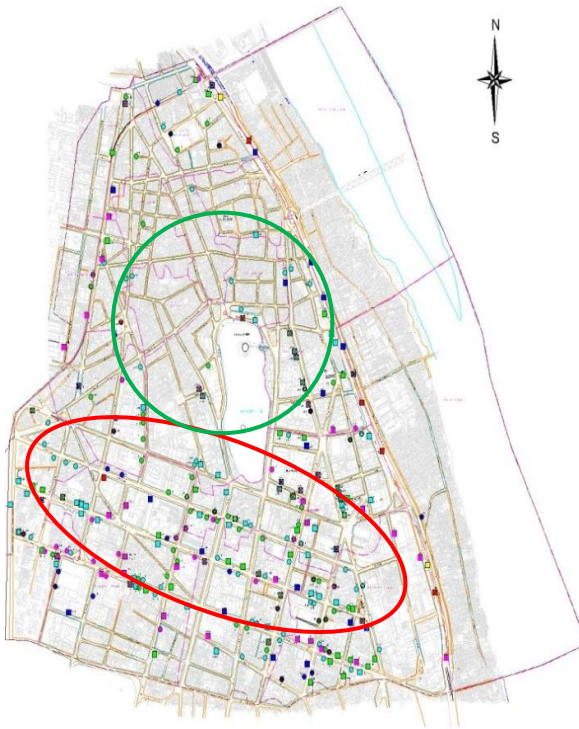
The Fig. 3 shows the relation between target surveys and analyzing data tasks.



**Fig. 3** Relation between target surveys and analyzing data tasks

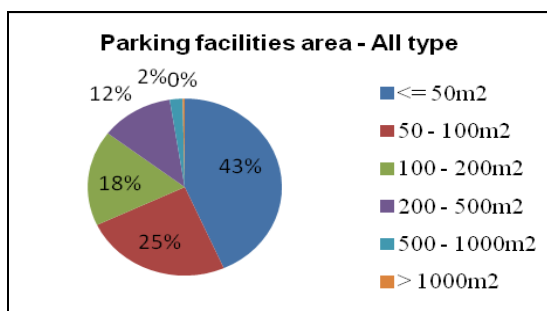
#### 3.2 The survey results

In Hoan Kiem district, there are 281 licensed parking facilities including car parking and motorcycle parking. The 281 licensed parking provided 3,000 slots for car and 12,000 slots for motor cycle in same time by using 33,607m<sup>2</sup> of surface (Fig. 4).



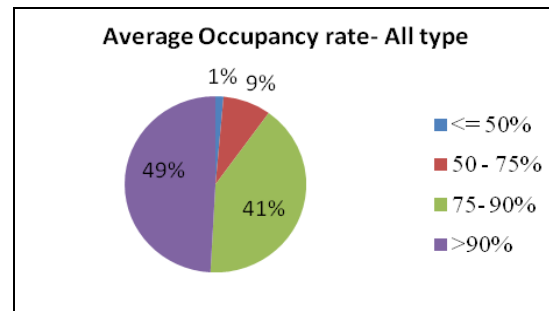
**Fig. 4** Distribution of parking facilities in Hoan Kiem district

There is a high number of parking facilities with area under  $50m^2$  (43%), then from  $50m^2 - 100m^2$  (25%). There are only two parking facilities which have the area more than  $1,000m^2$  (in Tran Khanh Du & Tran Nhat Duat issued by HDOT) as shown in Fig.5.



**Fig. 5** Parking facilities area in Hoan Kiem

The occupancy of surveyed parking facilities is always higher than 75%, more than 2/3 number of parking facilities higher than 90%, around 50% parking facilities full and overload in peak hour (Fig. 6).

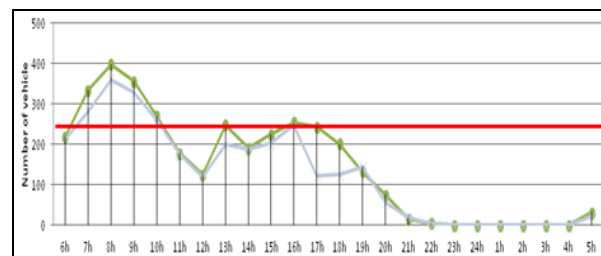


**Fig. 6** Average Occupancy rate

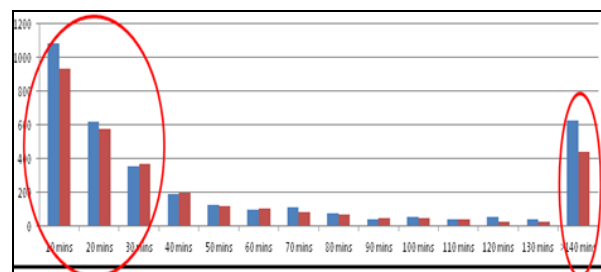
Two big groups of parking time are under 30mins and more than 180mins, in which, the rate of ">180mins" group is more than 50%.

The parking fare is from 1,000-3,000VND for bicycle (BC), 2,000-5,000VND for motorcycle (MC), and 20,000-40,000VND per time for Car.

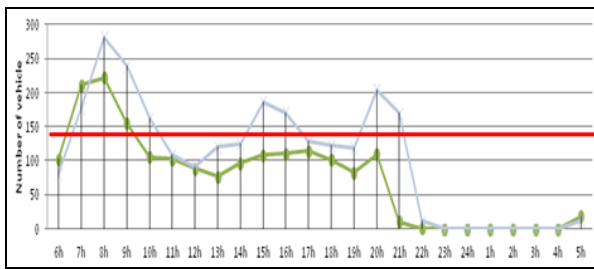
Figures 7 – 10 show the parking demand in two streets, i.e Hai Ba Trung and Nguyen Huu Huan streets. The base line in red shows the capacity of parking facilities along the street. The results show that overload demand always comes in some periods of a day. The period depends on the characteristic of the street.



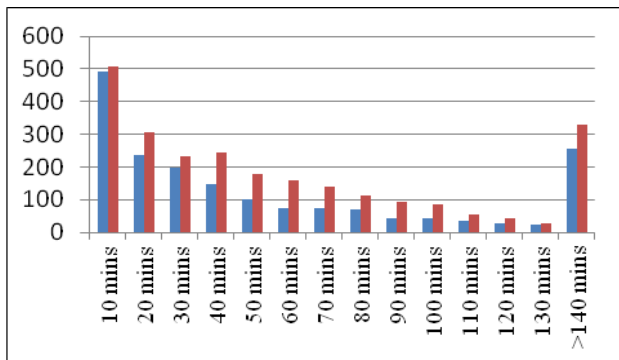
**Fig. 7** Number of parking using on-street & on-sidewalk during a day in Hai Ba Trung street



**Fig. 8** Parking duration in Nguyen Huu Huan Street

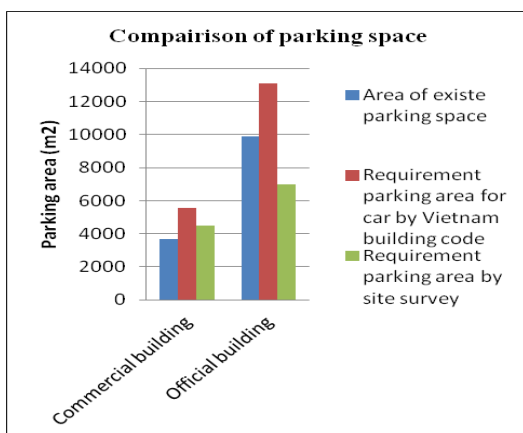


**Fig. 9** Number of parking using on-street & on-sidewalk during a day in Nguyen Huu Huan Street



**Fig. 10** Parking duration in Nguyen Huu Huan Street

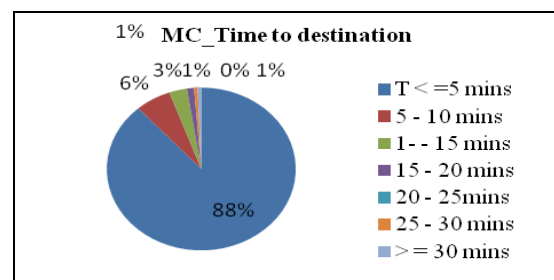
The result of parking demand survey shows the balance between provided parking space and demand of parking space in two types of building including commercial and office buildings. The parking area of office buildings is enough space in comparison with actual requirement, but it does not match the requirement of Vietnam building code. The parking area of commercial buildings is under actual requirement as well as the requirement of building code (see Fig. 11).



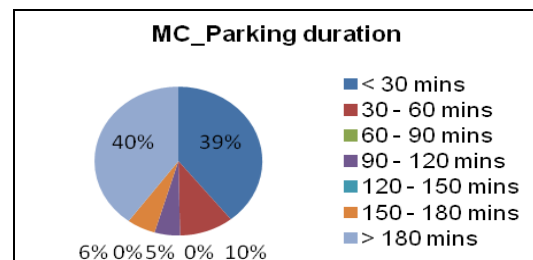
**Fig. 11** Parking duration in Nguyen Huu Huan Street

The parking interview survey provides some main results as follows:

- Distance for walking prefer from 5-10 mins. usually less than 5 mins (Fig.12).
- At night, drivers park their vehicles at their home, not parking on-street/on-sidewalk
- Parking duration less than 30 mins and more than 2 hours are high percentage (Fig.13).
- Parking fare is preferred from 5,000 VND and less than 30,000VND for a short parking for MC and Car, respectively.



**Fig. 12** Time to destination of parking usage



**Fig.13** Parking duration of parking usage

### 3.3 Problems and solutions

According to the surveys, the parking issues in Hoan Kiem districts can be summarized as follows:

- A half of parking facilities has occupancy rate over 90% in all daytime. Almost parking facilities have not enough space for parking demand in peak hour.
- The distribution of parking facilities is not suitable in comparison with the parking demand. The number of parking facilities is very low in previous quarter, when the parking demand is quite high.
- Parking demand concentrates during the period 7:00AM – 9:00AM in the morning and from 3:00PM – 6:00 PM in the evening.

In this time period, the demand always passes over the supply.

- Highest percentage of parking duration is the group less than 30mins.
- Second highest percentage of parking duration is the group more than 2 hours.

The solutions are provided to improve the current situation. In near future, a master plan for parking has to conduct and apply to aims the sustainable development. The proposed solutions are as follows:

- To propose the parking fare depending on the time, the fare will be higher during the peak time from 7:00AM – 9:00AM of working day.
- To propose the block duration for parking fare, it will be less than 30 mins for a block for on-street/on-sidewalk parking as example in Fig. 14.
- The "over 2 hours" group, drivers park their vehicles in parking facilities near their destination, and will provide monthly fare if they require and usually park their vehicle for daily working.
- Pay more attention on Parking Management during the peak time (in morning and late afternoon)
- Need to examine the requirement of building codes according to different uses of buildings, such as office, commercial buildings, and residential buildings; especially for commercial buildings, supermarket areas, shopping malls.
- To provide more information on parking for vehicle users, such as a map of locations, fare information, available slots, monthly ticket, ...
- To make a plan for applying advanced technology for parking management such as real-time information, ITS via internet, smart-phone, ...



**Fig. 14** Parking slot for motorcycle in Taipei

#### 4. Conclusions

Almost life time of any vehicle in urban area is remained for parking duration. Therefore, the master plan for parking must have an important role in the master plan for transport of any cities or urban areas.

This case study is the first action for a large program towards sustainable transportation. In the meantime for introducing a suitable master plan for parking in Hanoi area, the TDM solutions as mentioned above can give positive effects for improvement of current situation. It can be applied not only for Hoan Kiem district but also for other districts in Hanoi city or other urban areas of Vietnam and similar cities.

#### References

- [1] TDSI. (2010) *Study to arraign parking facilities in Hanoi area.*
- [2] ALMEC Corporation. (2012) *The Project for Improving Public Transportation in Ha Noi.*
- [3] IPTE (2013) *Parking survey in Hoan Kiem district.*
- [4] The World Bank Distance Course in Urban Planning. (2012) Module 4 Traffic Management and Transport Demand Management.
- [5] R Del Mistro, R Behrens, C Venter. (2008) Toward successful travel demand management in developing countries. *Codatu.nethink.com.*
- [6] *Transport Demand Management – A small and mid-size communities toolkit* (Fraser Basin Council, Canada, 2009).

## การวิเคราะห์ค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางเส้นทางตาก – แม่สอด

### Bus Fare Analysis of Tak-Mae Sot Route

หมายเลขบทความ : AYRF14-010

รัตนพงษ์ ชั่งข้าว<sup>1</sup>, ปรีดา พิชยาพันธ์<sup>2</sup>

Ratanapong Chungchua, Preda Pichayapan

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์. 087-3007715

E-mail: kwang559@hotmail.com

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ 0-5394-4156 ต่อ 127

E-mail: [preda@eng.cmu.ac.th](mailto:preda@eng.cmu.ac.th)

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันการกำหนดอัตราค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางหมวด 4 ส่วนภูมิภาคนั้นยึดหลักเกณฑ์และแนวทางที่คณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกกลางกำหนด โดยคณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกประจำจังหวัดมีหน้าที่ในการพิจารณา กำหนดอัตราค่าโดยสาร ซึ่งในบางครั้งการกำหนดอัตราค่าโดยสารของคณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกประจำจังหวัดก็ไม่ได้สอดคล้องกับต้นทุนการประกอบการขนส่งของผู้ประกอบการ ประกอบกับการพิจารณาเพื่อปรับอัตราค่าโดยสารยังไม่มีข้อมูลย้อนหลังตามการเปลี่ยนแปลงของภาวะทางเศรษฐกิจ จึงทำให้ผู้ประกอบการต้องแบกรับภาระต้นทุนการประกอบการที่สูงขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางหมวด 4 ส่วนภูมิภาคเส้นทางตาก – แม่สอด โดยงานวิจัยนี้จะทำการหาอัตราค่าโดยสารจากต้นทุนของผู้ประกอบการที่สำรวจได้โดยยึดหลักเกณฑ์ที่คณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกกลางกำหนดและประยุกต์ใช้แบบจำลอง Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนส่วนใหญ่ของผู้ประกอบการจะเป็นต้นทุนในส่วนของการดำเนินงานและต้นทุนคงที่ ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกันคือร้อยละ 43.15 และ 42.75 ตามลำดับ ในส่วนการกำหนดอัตราค่าโดยสารของคณะกรรมการขนส่งทางบกประจำจังหวัดตากโดยการใช้ Program FareV2 โดยอ้างอิงราคาน้ำมันขั้นที่ 17 ซึ่งเป็นราคาน้ำมันในปัจจุบันราคาโดยสารจะอยู่ที่ 81 บาทต่อคน จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมหมวด 4 คจว ค่าโดยสารจะอยู่ที่ 93 บาทต่อคน และการวิเคราะห์อัตราค่าโดยสารโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement พบว่าอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 78-113 บาทต่อคน

**คำสำคัญ:** อัตราค่าโดยสาร, การขนส่งสาธารณะ, โปรแกรมวิเคราะห์อัตราค่าโดยสาร, จังหวัดตาก

#### Abstract

Currently determining the fares of fixed-route buses of Category 4, Provincial Area, is based on criteria and guidelines provided by the Central Land Transport Control Commission and the Provincial Land Transport Control Commission is responsible for determining the fare rate, which sometimes, the determined fare rate of the Provincial Land Transport Control Commission is not in line with the operating cost of transport of entrepreneurs, accompanying with the fact that there is no flexibility in consideration to adjust the fare rate as to the economical changes so that the entrepreneurs have to bear a higher cost. This research is aimed to analyze the fares of fixed-route buses of Category 4, Provincial Area, Tak – Mae Sot Route. In this research, the fare rate was determined from the cost of the entrepreneurs obtained from surveying, based on the rules set by the Central Land Transport Control Commission, and application of the model of Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement. The study results showed

that most of costs of the entrepreneurs were variable costs and fixed costs, which are almost the same percentage as 43.15 and 42.75% respectively. For determining the fares by Tak Land Transport Control Commission, using Program Fare V2 and referring to oil price at step 17, which is the current oil price, the fare was 81 baht per person. From calculation using the program of Category 4, Provincial Area, the fare was 93 baht per person. And analysis of fares by application of the model of Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement found that the fares are reasonable in the range 78-113 baht per person.

**Keywords:** Fare Rate, Public Transport, Fare Analysis Program, Tak Province

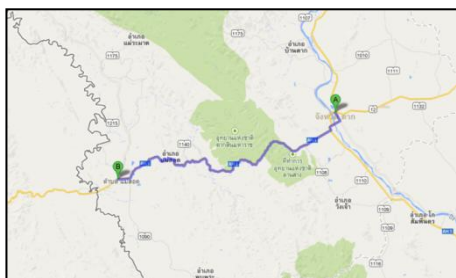
## 1. คำนำ

การให้บริการเดินรถโดยสารประจำทางเป็นสาธารณูปโภคที่มีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน การกำหนดหรือปรับเปลี่ยนอัตราค่าโดยสารให้มีความเหมาะสมนั้นย่อมส่งผลดีต่อทั้งผู้ประกอบการและผู้โดยสารทำให้เกิดความเป็นธรรมทั้งสองฝ่าย ซึ่งในบางครั้งการกำหนดหรือปรับเปลี่ยนอัตราค่าโดยสารของคณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกประจำจังหวัด ยังไม่มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะทางเศรษฐกิจและต้นทุนการเดินรถของผู้ประกอบการ ทำให้ผู้ประกอบการต้องแบกรับภาระต้นทุนที่สูงขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลต่อมาตรฐานในการให้บริการที่ต่ำลงได้ นั้นย่อมส่งผลกระทบต่อการได้รับบริการของผู้โดยสาร การศึกษาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงในการเดินรถของผู้ประกอบการ วิเคราะห์หาอัตราค่าโดยสารตามหลักเกณฑ์ของกรมการขนส่งทางบกและประยุกต์ใช้แบบจำลอง Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถที่จะจ่ายได้ของผู้โดยสารและประชาชนที่เคยสัญจรโดยใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 12 ดาก – แม่สอดต่ออัตราค่าโดยสาร จะทำให้ทราบถึงค่าโดยสารที่มีความเหมาะสม

### 1.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

- 1) เพื่อวิเคราะห์หาอัตราค่าโดยสารตามหลักเกณฑ์ของกรมการขนส่งทางบก
- 2) เพื่อวิเคราะห์หาอัตราค่าโดยสารโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement

ขอบเขตการศึกษาของบทความวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในเส้นทางหลวงหมายเลข 12 ดาก – แม่สอด ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาเส้นทางหลวงหมายเลข 12 ดาก – แม่สอด

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 นิยามต้นทุนของรถโดยสารประจำทาง

รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาต้นทุนการประกอบการรถโดยสารประจำทาง สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย(2553) ได้กล่าวถึงต้นทุนการเดินรถหรือต้นทุนขนส่งสาธารณะ เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการกำหนดอัตราค่าโดยสาร ทั้งนี้อัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องสะท้อนถึงต้นทุนการประกอบการเดินรถมากที่สุด

### 2.2 ประเภทของโครงสร้างต้นทุนรถโดยสารประจำทาง

รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาต้นทุนการประกอบการรถโดยสารประจำทางสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย(2553) ได้แบ่งโครงสร้างเกี่ยวกับต้นทุนของรถโดยสารประจำทาง สามารถจำแนกต้นทุนออกเป็น 3 กลุ่มได้ดังต่อไปนี้

#### 1. ต้นทุนผันแปร (Variable) ประกอบด้วย

- ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพนักงานขับรถ
- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
- ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับยางรถยนต์
- ค่าน้ำมันหล่อลื่น เช่น น้ำมันเครื่อง น้ำมันเบรก น้ำมันเกียร์
- ค่าใช้จ่ายสิ้นเปลืองอื่นๆ เช่น แบตเตอรี่ หัวเทียน ไส้กรองน้ำมันเครื่อง ไส้กรองอากาศ สายพาน หลอดไฟ

#### 2. ต้นทุนกึ่งผันแปรกึ่งคงที่ (Semi- variable/Semi - fixed)

ประกอบด้วย

- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษารถ จะเกิดขึ้นเมื่อรถถูกใช้ทำการขนส่งเท่านั้น เช่น การซ่อมเบรก ล้อทซ์ อะไหล่ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ซึ่งส่วนแต่เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานแต่ไม่จำเป็นต้องเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นประจำทุกปี
- ค่าเสื่อมสีกของตัวรถ
- ต้นทุนอื่นๆ ได้แก่ ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมเงินเพื่อใช้ซื้อรถ รวมถึงค่าเช่าใช้รถ

#### 3. ต้นทุนคงที่ (Fixed) ประกอบด้วย

- ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการบริหารจัดการในการประกอบการขนส่งด้วยรถโดยสารประจำทางของผู้ประกอบการ เช่น ค่าเครื่องใช้สำนักงาน ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าเช่าสถานที่จอดรถ ค่าบริการสถานี ค่าจ้างพนักงานประจำสำนักงาน ค่าพิมพ์ตั๋ว และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่นๆ
- ค่าธรรมเนียมและภาษีที่ผู้ประกอบการต้องจ่ายให้แก่รัฐ

## 2.3 หลักเกณฑ์และแนวทางการกำหนดอัตราค่าโดยสารรถ

### โดยสารประจำทางหมวด 4 ส่วนภูมิภาค

การพิจารณาหาอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสม ให้พิจารณาในลักษณะการวิเคราะห์โครงการภายใต้การทำการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพ รายได้จากอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมจะเป็นรายได้ที่ทำให้รายได้รวมหลังหักค่าใช้จ่ายต่างๆแล้ว มีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับเงินลงทุน

ปัจจัย (สมมติฐาน) ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสม จะใช้ปัจจัย 4 ประการ ดังนี้

1. ปัจจัยที่เป็นเงินลงทุน ประกอบด้วย
  - เงินลงทุนค่าตัวรถ
  - เงินสดหมุนเวียน
2. ปัจจัยที่เป็นค่าใช้จ่าย ประกอบด้วย
  - ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
  - ค่าซ่อมและบำรุงรักษารถ
  - ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพนักงานประจำรถ
  - ค่าใช้จ่ายอื่นๆและการบริหาร
- 3) ปัจจัยที่เป็นรายได้ ประกอบด้วย
  - รายรับจากมูลค่าซาก
  - รายรับจากเงินสดหมุนเวียนคงเหลือ
  - รายรับจากค่าโดยสาร
- 4) ปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย
  - อายุการใช้งานของรถ
  - วันทำการเดินรถต่อปี
  - กิโลเมตรทำการต่อวัน
  - อัตราคิดลด (Discount Rate)
  - จำนวนผู้ให้บริการ
  - อัตราผลตอบแทนการลงทุน(IRR)

## 2.4 วิธีการวิเคราะห์หาอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสม

ในการวิเคราะห์เพื่อหาอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมจะนำเงินลงทุน ค่าใช้จ่าย และรายได้ มาทำการวิเคราะห์ภายใต้หลักพื้นฐานที่ว่า รายได้

สุทธิภายหลังจากหักออกด้วยค่าใช้จ่ายแล้วนำมาคิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน จะต้องเท่ากับเงินลงทุน

ซึ่งสามารถเขียนในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

$$NPV(A) = B \quad (1)$$

$$NPV(C-D) = B \quad (2)$$

$$NPV(E + F - D) = B \quad (3)$$

$$NPV(E) = B + NPV(D - F) \quad (4)$$

โดยที่ A คือ รายได้สุทธิ

B คือ เงินลงทุน

C คือ รายได้

D คือ ค่าใช้จ่าย

E คือ รายได้จากค่าโดยสาร

F คือ รายได้อื่นๆ

หมายเหตุ: รายได้อื่นๆคือรายได้จากมูลค่าซาก+รายได้จากเงินสดหมุนเวียนคงเหลือ

$$G = PMT(NPV(E)) \quad (5)$$

$$H = G/I \quad (6)$$

$$J = H/K \quad (7)$$

$$L = J/M \quad (8)$$

โดยที่ G คือ รายได้จากค่าโดยสารต่อปี

H คือ ค่าโดยสารที่เหมาะสมต่อวัน

I คือ จำนวนวันทำการต่อปี

J คือ ค่าโดยสารที่เหมาะสมต่อกิโลเมตร

K คือ กิโลเมตรทำการต่อวัน

L คือ ค่าโดยสารที่เหมาะสมต่อกิโลเมตร

M คือ จำนวนผู้ให้บริการ

## 2.5 การศึกษาหาราคาค่าโดยสารที่เหมาะสมโดยวิธี Kishi's

### Logit Price Sensitivity Measurement (KLP)

วิธี Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement ประกอบไปด้วยฟังก์ชันความถี่สะสม 4 อย่างดังนี้

1. ฟังก์ชันความถี่สะสมของจำนวนผู้โดยสารที่ระบุว่าสินค้าราคาถูก
2. ฟังก์ชันความถี่สะสมของจำนวนผู้โดยสารที่ระบุว่าสินค้าราคาแพง
3. ฟังก์ชันความถี่สะสมของจำนวนผู้โดยสารที่ระบุว่าราคาสินค้าถูกมาก
4. ฟังก์ชันความถี่สะสมของจำนวนผู้โดยสารที่ระบุว่าสินค้าราคาแพงมาก

ซึ่งฟังก์ชันสมการความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าและฟังก์ชันสมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้ามีรูปแบบดังสมการที่ 9 และสมการที่ 10

$$T = \frac{1}{1 + EXP(ax + b)} \quad (9)$$

$$(x) = ax + b \quad (10)$$

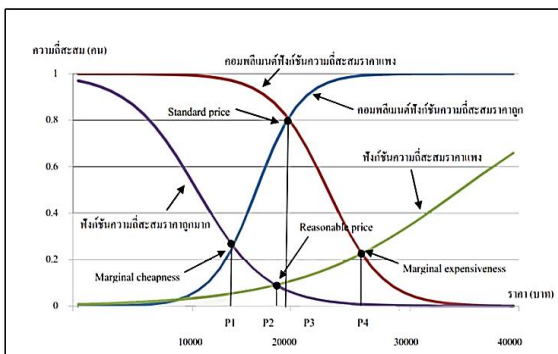
โดยที่  $T$  คือ ฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้า  
คือ ราคาสินค้าที่ถูกระบุ

( $x$ ) คือ ฟังก์ชันสมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้า

การหาฟังก์ชันสมการความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคา ต้องเริ่มต้นจากการหาสมการถดถอยเชิงเส้นของความถึสะสมสำหรับผู้ที่ระบุราคาสินค้าที่ได้จากวิธี Price-Sensitivity Measurement ทั้ง 4 เส้น ดังนี้

1. สมการความถดถอยเชิงเส้นสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาถูก
2. สมการความถดถอยเชิงเส้นสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาแพง
3. สมการความถดถอยเชิงเส้นสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาถูกมาก
4. สมการความถดถอยเชิงเส้นสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาแพงมาก

จากนั้นให้นำสมการความถดถอยเชิงเส้นไปแทนค่าในฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้า ดังสมการที่ 9 เมื่อได้ฟังก์ชันสมการถดถอยเชิงเส้นครบทั้ง 4 เส้นแล้วให้นำมาเขียนกราฟในรูปความถึสะสม สำหรับผู้ที่ระบุจำนวนราคาสินค้าเป็นแกน Y และระดับราคาเป็นแกน X ซึ่งกราฟที่ได้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1



รูปที่ 2 ช่วงราคาที่เหมาะสมโดยใช้วิธี Kishi's Logit PSM

จากรูปที่ 2 จะทำให้เกิดจุดตัดของฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับผู้ที่ระบุราคาสินค้า 4 จุด ซึ่งแต่ละจุดจะมีความหมายดังต่อไปนี้

- 1) จุดตัดที่ระดับราคาต่ำสุดหรือเรียกจุดนี้ว่า Marginal Cheapness ซึ่งเกิด จากการตัดกันของฟังก์ชันความถึสะสมระหว่างฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาถูกกับฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาถูกมาก
- 2) ตำแหน่งราคาที่เหมาะสมหรือเรียกจุดนี้ว่า Reasonable price ซึ่งเกิดจากการตัดกันของฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาถูกมากตัดกับฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาแพงมาก
- 3) ตำแหน่งราคามาตรฐานหรือเรียกจุดนี้ว่า Standard price ซึ่งเป็นจุดที่เกิดจากการตัดกันของฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาถูกตัดกับฟังก์ชันสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาแพง
- 4) ตำแหน่งราคาสูงสุดหรือเรียกจุดนี้ว่าจุด Marginal expensiveness ซึ่งเป็นจุดที่เกิดจากการตัดกันของฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาแพงตัดกับฟังก์ชันความถึสะสมสำหรับจำนวนผู้ที่ระบุราคาสินค้าราคาแพงมาก

ซึ่งจุดตัดกราฟฟังก์ชันความถึสะสมของผู้ที่ระบุราคาสินค้าทั้ง 4 เส้นจะแสดงถึงความเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อระดับราคานั้น

ซึ่งจุดตัดกราฟฟังก์ชันความถึสะสมของผู้ที่ระบุราคาสินค้าทั้ง 4 เส้นจะแสดงถึงความเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อระดับราคานั้น

1) ตำแหน่ง P1 เป็นราคาที่ไม่เหมาะสม หากราคาค่าต่ำกว่าจุดนี้ จะทำให้ผู้บริโภคมีความคิดว่าเป็นระดับราคาที่ต่ำเกินไปที่จะซื้อสินค้าชนิดนี้ ผู้บริโภคอาจจะคิดว่าราคาสินค้าที่ต่ำอาจเป็นตัวแทนถึงคุณภาพสินค้า แต่ในขณะที่ราคาสินค้าที่มีราคาแพงผู้บริโภคมีความเต็มใจที่จะซื้อสินค้าเพราะว่าผู้บริโภคคำนึงถึงคุณภาพของสินค้ามากกว่าราคา ดังนั้นจุด P1 ควรเป็นจุดเริ่มต้นในการตั้งราคาสินค้าในตลาด

2) ตำแหน่ง P4 ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะมีความคิดเห็นว่าเป็นระดับราคาที่สูงเกินไปที่จะซื้อสินค้าชนิดนี้ ผู้บริโภคจะคำนึงถึงราคาสินค้าก่อนที่จะพิจารณาคุณภาพของสินค้าหรืออาจจะหันไปบริโภคสินค้าอื่นทดแทน

3) ตำแหน่ง P3 เป็นระดับราคาที่มีจำนวนผู้บริโภคที่มีความคิดเห็นว่าเป็นระดับราคาถูก เท่ากับจำนวนของผู้บริโภคที่มีความคิดเห็นว่าเป็นราคาที่แพง แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของราคาสินค้าที่ได้จากความคิดเห็นของผู้บริโภคทุกกลุ่ม หรือกล่าวอีกนัยว่าเป็นระดับราคาสินค้าที่มีราคาไม่แพงเกินไปและราคาไม่ถูกเกินไป ระดับราคาสินค้ามาตรฐานตรงตำแหน่งนี้แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมระหว่างราคาสินค้าและคุณภาพของสินค้า

4) ตำแหน่ง P2 ถ้าระดับราคาเกินตำแหน่ง P2 ผู้บริโภคจะมีความรู้สึกว่าราคาสินค้ามีราคาสูงเกินไปที่จะซื้อ ในทางกลับกันหากราคา

สินค้าต่ำกว่าตำแหน่ง P2 ผู้บริโภคจะรู้สึกว่าสินค้าจะเป็นสินค้าที่ไม่มีคุณภาพเนื่องจากมีราคาที่ต่ำเกินไป

5) ตำแหน่ง P1 ถึง P4 เป็นช่วงราคาระหว่างจุด Marginal cheapness และ Marginal expensiveness เป็นช่วงราคาสินค้าที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยตำแหน่งของช่วงราคาอยู่ระหว่างราคาสูงสุดและราคาต่ำสุด ผู้ผลิตควรตั้งราคาสินค้าให้อยู่ในช่วงราคานี้ซึ่งเป็นช่วงราคาที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับ

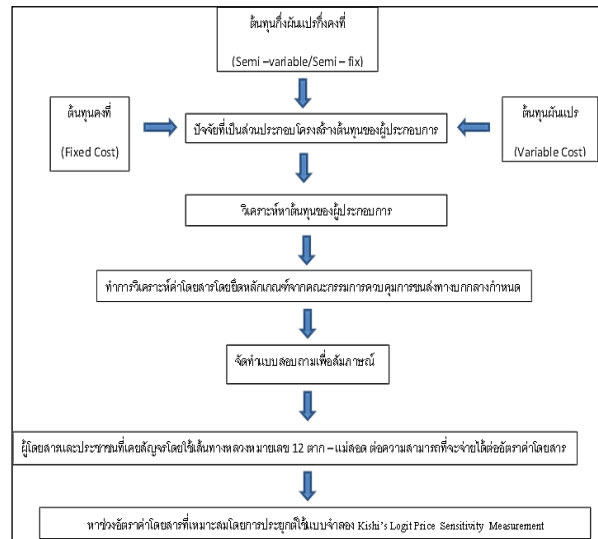
6) ตำแหน่ง P1 ถึง P3 เป็นช่วงราคาระหว่างจุดตัด Marginal Cheapness และจุดตัด Standard price เป็นช่วงราคาจากความคิดของผู้บริโภคว่าราคาของสินค้ามีความเหมาะสมกับคุณภาพของราคาผู้บริโภคจะมีความคิดเห็นว่าคุณภาพของสินค้ามีค่ามากกว่าราคา หากซื้อสินค้าที่มีระดับราคาอยู่ในช่วงนี้จะทำให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อราคาที่จ่ายและคุณภาพที่ได้รับจากสินค้า

### 3.วิธีดำเนินการวิจัยและการสำรวจข้อมูล

วิธีการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางเส้นทางตาก – แม่สอดมีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาถึงปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างต้นทุนของผู้ประกอบการ
2. จัดทำแบบสอบถามเพื่อสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเกี่ยวกับปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างต้นทุน
3. นำข้อมูลปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างต้นทุน มาทำการวิเคราะห์หาต้นทุนของผู้ประกอบการ
4. ทำการวิเคราะห์ค่าโดยสารโดยยึดหลักเกณฑ์จากคณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกกลางกำหนด
5. จัดทำแบบสอบถามเพื่อสัมภาษณ์ผู้โดยสารและประชาชนที่เคยสัญจรโดยใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 12 ตาก – แม่สอด ต่อความสามารถที่จะจ่ายได้อัตราค่าโดยสาร
6. นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาทำการหาช่วงอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement

ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการสำรวจข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 อธิบายขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการสำรวจข้อมูล

### 4.ผลการศึกษา

จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับรถโดยสารประจำทางเส้นทางตาก-แม่สอด โดยจะทำการจัดสรรข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ 1. ข้อมูลทั่วไปสำหรับการให้บริการเดินรถโดยสารประจำทางของผู้ประกอบการ 2. ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างต้นทุนของผู้ประกอบการ ซึ่งแบ่งเป็นต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ต้นทุนกึ่งผันแปรกึ่งคงที่ (Semi-variable/Semi-fix) และต้นทุนคงที่ (Fix cost) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับการให้บริการเดินรถโดยสารประจำทางของผู้ประกอบการ

จากการสำรวจข้อมูลของผู้ประกอบการให้บริการเดินรถโดยสารประจำทางหมวด 4 สายที่ 1153 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ชื่อบริษัท เพชรสังวาล รถโดยสารประจำทางหมวด 4 สายที่ 1153 ชื่อเส้นทาง ตาก – แม่สอด
- จำนวนรถที่มีให้บริการทั้งหมด 30 คัน
- ราคาเฉลี่ยของรถยนต์แต่ละคัน 1,206,000 บาท ยี่ห้อ TOYOTA รุ่น Commuter 2.5 อายุการใช้งานเฉลี่ย 7 ปี
- ความถี่ของจำนวนรถในการให้บริการ 2 คัน/ชั่วโมง
- ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจุดต้นทางไปยังปลายทาง 1.45 ชั่วโมง
- ระยะเวลาในการเริ่มให้บริการและเวลาสิ้นสุดในการให้บริการ  
- เส้นทางจาก ตาก – แม่สอด เริ่ม 06.00 - สิ้นสุด 20.00 น.

- เส้นทางจาก แม่สอด – ตาก เริ่ม 06.30 - สิ้นสุด 18.00 น.

- จำนวนผู้โดยสารที่ให้บริการเฉลี่ยต่อวัน 600 – 800 คน
- จำนวนเที่ยวเฉลี่ย (ไป-กลับ คือ 1 เที่ยว) ที่รถแต่ละคันวิ่งให้บริการต่อวัน 1 เที่ยว
- จำนวนกิโลเมตรที่วิ่งได้เฉลี่ยต่อวันที่รถแต่ละคันวิ่งได้ 200 กิโลเมตร
- จำนวนวันโดยเฉลี่ยที่ให้บริการของรถแต่ละคันในระยะเวลา 1 ปี 300 วัน

#### 4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างต้นทุนของผู้ประกอบการ

##### โดยสารประจำทางเส้นทางตาก - แม่สอด

ผลจากการรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการ สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินการขนส่ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ต้นทุนของผู้ประกอบการในการดำเนินการขนส่ง

ประเภทของต้นทุน	รายการค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น	หน่วย
ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพนักงานขับรถ	108,000 บาท/ปี/คน
	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพนักงานคอยให้บริการผู้โดยสาร	108,000 บาท/ปี/คน
	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง(ดีเซล)	195,000 บาท/ปี/คัน
	ค่าयरถยนต์	30,000 บาท/ปี/คัน
	ค่าน้ำมันหล่อลื่น	24,000 บาท/ปี/คัน
	ค่าใช้จ่ายสิ้นเปลืองอื่นๆ	16,000 บาท/ปี/คัน
	รวม	481,000 บาท/ปี
ต้นทุนกึ่งผันแปร กึ่งคงที่ (Semi-variable/Semi-fix)	ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษารถ	6,000 บาท/ปี/คัน
	ค่าเสื่อมสึกหรอของตัวรถ	139,286 บาท/ปี/คัน
	ต้นทุนอื่นๆ ได้แก่ ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมเงินเพื่อใช้ซื้อรถ รวมถึงค่าเช่าใช้รถ	12,000 บาท/ปี/คัน
	รวม	157,286 บาท/ปี
ต้นทุนคงที่ (Fix Cost)	ค่าการบริหารจัดการภายในสำนักงาน	424,440 บาท/ปี
	ค่าธรรมเนียมและภาษี	52,214 บาท/ปี/คัน
	รวม	476,654 บาท/ปี
	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	1,114,940 บาท/ปี

ที่มา:จากการสำรวจข้อมูลผู้ประกอบการ, 2557

จะพบว่าต้นทุนในการเดินรถของผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนของต้นทุนผันแปรและต้นทุนคงที่ โดยที่ต้นทุนผันแปร(Variable

Cost) และต้นทุนคงที่ (Fix Cost) มีค่าใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 43.15 และ 42.75 ตามลำดับ ส่วนต้นทุนกึ่งผันแปรกึ่งคงที่(Semi-variable/Semi-fix) มีค่าร้อยละ 14.10

#### 4.3 การวิเคราะห์ค่าโดยสารโดยยึดหลักเกณฑ์จาก

##### คณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกกลางกำหนด

การกำหนดอัตราค่าโดยสารรถโดยสารประจำทางหมวด 4 ส่วนภูมิภาคของคณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกกลาง ในปัจจุบันได้มีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในรูปของ Excel เข้ามาช่วยในการกำหนดอัตราค่าโดยสาร เพื่อความสะดวกต่อการปฏิบัติงานของคณะกรรมการควบคุมการขนส่งทางบกประจำจังหวัด โดยโปรแกรมหลักที่ใช้ในการกำหนดอัตราค่าโดยสารคือ Program FareV2 ซึ่งจะมีการกำหนดอัตราค่าโดยสารตามตารางราคาน้ำมัน 25 ขึ้น ระยะทางและสภาพเส้นทางของแต่ละพื้นที่ จึงทำให้อัตราค่าโดยสารมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ตารางที่ 2 แสดงตารางราคาน้ำมัน 25 ขึ้นที่ใช้ในการกำหนดอัตราค่าโดยสาร

ตารางที่ 2 ตารางราคาน้ำมัน 25 ขึ้น

อัตราที่	ราคาน้ำมัน	อัตราค่าโดยสาร(บาท)									
		40 กม.แรกกม.ละ		เกิน 40 กม.แต่ไม่เกิน 150 กม.กม.ละ		เกิน 150 กม.ขึ้นไป		กม.ละ		กม.ละ	
		อัตรา ก	อัตรา ข	อัตรา ค	อัตรา ก	อัตรา ข	อัตรา ค	อัตรา ก	อัตรา ข	อัตรา ค	อัตรา ค
1	10.07-11.28	0.40	0.45	0.50	0.33	0.38	0.43	0.28	0.33	0.38	
2	11.29-12.50	0.41	0.46	0.51	0.34	0.39	0.44	0.29	0.34	0.39	
3	12.51-13.72	0.42	0.47	0.52	0.35	0.40	0.45	0.30	0.35	0.40	
4	13.72-14.95	0.43	0.48	0.53	0.36	0.41	0.46	0.31	0.36	0.41	
5	14.96-16.17	0.44	0.49	0.54	0.37	0.42	0.47	0.32	0.37	0.42	
6	16.18-17.39	0.45	0.50	0.55	0.38	0.43	0.48	0.33	0.38	0.43	
7	17.40-18.61	0.46	0.51	0.56	0.39	0.44	0.49	0.34	0.39	0.44	
8	18.62-19.83	0.47	0.52	0.57	0.40	0.45	0.50	0.35	0.40	0.45	
9	19.84-21.05	0.48	0.53	0.58	0.41	0.46	0.51	0.36	0.41	0.46	
10	21.06-22.27	0.49	0.54	0.59	0.42	0.47	0.52	0.37	0.42	0.47	
11	22.28-23.49	0.50	0.55	0.60	0.43	0.48	0.53	0.38	0.43	0.48	
12	23.50-24.71	0.51	0.56	0.61	0.44	0.49	0.54	0.39	0.44	0.49	
13	24.72-25.93	0.52	0.57	0.62	0.45	0.50	0.55	0.40	0.45	0.50	
14	25.94-27.15	0.53	0.58	0.63	0.46	0.51	0.56	0.41	0.46	0.51	
15	27.16-28.37	0.54	0.59	0.64	0.47	0.52	0.57	0.42	0.47	0.52	
16	28.38-29.59	0.55	0.60	0.65	0.48	0.53	0.58	0.43	0.48	0.53	
17	29.60-30.81	0.56	0.61	0.66	0.49	0.54	0.59	0.44	0.49	0.54	
18	30.82-32.03	0.57	0.62	0.67	0.50	0.55	0.60	0.45	0.50	0.55	
19	32.04-33.25	0.58	0.63	0.68	0.51	0.56	0.61	0.46	0.51	0.56	
20	33.26-34.47	0.59	0.64	0.69	0.52	0.57	0.62	0.47	0.52	0.57	
21	34.48-35.69	0.60	0.65	0.70	0.53	0.58	0.63	0.48	0.53	0.58	
22	35.70-36.91	0.61	0.66	0.71	0.54	0.59	0.64	0.49	0.54	0.59	
23	36.92-38.13	0.62	0.67	0.72	0.55	0.60	0.65	0.50	0.55	0.60	
24	38.14-39.35	0.63	0.68	0.73	0.56	0.61	0.66	0.51	0.56	0.61	
25	39.36-40.57	0.64	0.69	0.74	0.57	0.62	0.67	0.52	0.57	0.62	

ในกรณีที่คำนวณค่าโดยสารได้ต่ำกว่า 7 บาท ให้คิดค่าโดยสารเท่ากับ 7 บาท

ที่มา :กรมการขนส่งทางบก,2550

โดยจะมีการกำหนดอัตราค่าโดยสารตามลักษณะของถนน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- อัตรา ก.หมายถึงอัตราค่าโดยสารที่ใช้กับถนนลาดยางหรือคอนกรีต

- อัตรา ข. หมายถึงอัตราค่าโดยสารที่ใช้กับถนนลูกรัง หรือทางขึ้นลงเขาซึ่งมีความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 4 ขึ้นไปเป็นระยะทางไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของช่วงทางขึ้นลงเขานั้น
- อัตรา ค. หมายถึงอัตราค่าโดยสารที่ใช้กับทางชั่วคราว หรือทางขึ้นลงเขาซึ่งมีความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 4 ขึ้นไปเป็นระยะทางไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 ของช่วงทางขึ้นลงเขานั้น ซึ่งอัตราค่าโดยสารดังกล่าวเป็นอัตราค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางธรรมดา (ไม่ปรับอากาศ) สำหรับรถปรับอากาศให้คิดค่าธรรมเนียมสำหรับรถปรับอากาศตามที่กำหนดคือ

- รถมอเตอร์ฐาน 2 หรือรถปรับอากาศชั้น 2 ไม่มีห้องน้ำ ให้คิดค่าธรรมเนียม 40% ของค่าโดยสาร
- รถมอเตอร์ฐาน 1ข. หรือรถปรับอากาศชั้น 1 มีห้องน้ำ ขนาด 42 ที่นั่ง ให้คิดค่าธรรมเนียม 80% ของค่าโดยสาร
- รถมอเตอร์ฐาน 1ข. พิเศษ หรือรถปรับอากาศชั้น 1 มีห้องน้ำ ขนาด 32 ที่นั่ง ให้คิดค่าธรรมเนียม 110% ของค่าโดยสาร
- รถมอเตอร์ฐาน 1ก. หรือรถปรับอากาศชั้น 1 (VIP) มีห้องน้ำ ขนาด 24 ที่นั่ง ให้คิดค่าธรรมเนียม 180% ของค่าโดยสาร

ผลจากการวิเคราะห์อัตราค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางหมวด 4 สายที่ 1153 ดาก-แม่สอด ซึ่งอ้างอิงตามตารางราคาน้ำมันขึ้นที่ 15 ที่กำหนดโดยคณะกรรมการควบคุมขนส่งทางบกจังหวัดตาก ซึ่งเป็นอัตราค่าโดยสารรถโดยสารประจำทางหมวด 4 สายที่ 1153 เส้นทางดาก – แม่สอดที่ใช้ในปัจจุบัน โดยมีอัตราค่าโดยสารอยู่ที่ 78 บาทต่อคน ซึ่งระยะทางจากจังหวัดตากถึงอำเภอแม่สอดมีระยะทางประมาณ 100 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4

-- ระยะทาง (กม.) --	0	0	-- ระยะทางแต่ละช่วง (กม.) --				
	38	38	ตาก				
	68	30	ด	23	บ.มุเซอ		
			ธ	9			
			ร	32			
100	32	ด	41	20	บ.แม่ละเมา		
		ธ	16	8			
		ร	57	28			
		ด	58	37	19	อ.แม่สอด	
		ธ	23	15	8		
		ร	81	52	27		

รูปที่ 4 อัตราค่าโดยสารรถโดยสารประจำทางเส้นทางดาก-แม่สอด  
หมวด 4 สายที่ 1153 ที่ใช้ในปัจจุบัน

ผลจากการวิเคราะห์อัตราค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางหมวด 4 สายที่ 1153 ดาก-แม่สอด อ้างอิงตามตารางราคาน้ำมันขึ้นที่

17 ตามราคาน้ำมันที่เป็นจริงในปัจจุบัน พบว่าอัตราค่าโดยสารอยู่ที่ 81 บาทต่อคน ดังแสดงในรูปที่ 5

-- ระยะทาง (กม.) --	0	0	-- ระยะทางแต่ละช่วง (กม.) --						
	38	38	ดาก						
	68	30	ด	22	บ.มุเซอ				
			ธ	9					
			ร	31					
100	32	ด	39	19	บ.แม่ละเมา				
		ธ	16	8					
		ร	55	27					
		ด	56	36	19	อ.แม่สอด			
		ธ	22	14	8				
		ร	78	50	27				

รูปที่ 5 อัตราค่าโดยสารรถโดยสารประจำทางเส้นทางดาก-แม่สอด  
หมวด 4 สายที่ 1153 อ้างอิงตามตารางราคาน้ำมันขึ้นที่ 17

การกำหนดอัตราค่าโดยสารโดยใช้ Program FareV2 เป็นโปรแกรมที่กำหนดขึ้นมาใช้เพื่อความสะดวกในการกำหนดอัตราค่าโดยสารของคณะกรรมการขนส่งทางบกประจำจังหวัด ซึ่งการกำหนดอัตราค่าโดยสารโดยใช้ Program FareV2 บางครั้งอาจจะไม่สอดคล้องกับสภาพของต้นทุนในการเดินรถของผู้ประกอบการที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นจึงได้ใช้โปรแกรม หมวด 4 จว. เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงของผู้ประกอบการโดยในส่วนของโปรแกรมจะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้ อัตราดอกเบี้ย จำนวนวันทำการต่อปี กิโลเมตรทำการต่อวัน จำนวนที่นั่ง อัตราบรรทุก ผู้โดยสาร เงินสดหมุนเวียน (% ของค่าใช้จ่ายปีแรก) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (กม.ต่อลิตร) ราคาน้ำมัน ค่าซ่อมบำรุงต่อกิโลเมตร เงินเดือนพนักงาน เบี้ยเลี้ยงพนักงาน เงินเปอร์เซ็นต์พนักงาน ค่าบริหารและอื่นๆ (% ของค่าใช้จ่าย) และค่าตัวรถ

ผลจากการวิเคราะห์อัตราค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางหมวด 4 สายที่ 1153 ดาก-แม่สอด โดยใช้โปรแกรม หมวด 4 จว. พบว่าอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมต่อคนต่อกิโลเมตรคือ 0.93 สตางค์ โดยที่ระยะทางจากจังหวัดตากถึงอำเภอแม่สอดมีระยะทางประมาณ 100 กิโลเมตร ดังนั้นอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมคือ 93 บาทต่อคน โดยอัตราค่าโดยสารนี้จะไม่คิดค่าธรรมเนียมในการจัดบริการปรับอากาศ เนื่องจากค่าตัวรถที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าโดยสารเป็นรถปรับอากาศอยู่แล้ว

#### 4.4 การวิเคราะห์อัตราค่าโดยสารโดยการประยุกต์ใช้

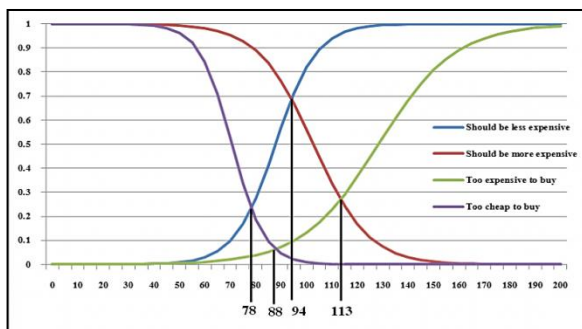
##### แบบจำลอง Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement

การสำรวจความพึงพอใจต่ออัตราค่าโดยสารของผู้โดยสารจำนวน 400 ตัวอย่างและประชาชนที่เคสสัญจรโดยใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 12 ดาก – แม่สอดที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดตากและอำเภอแม่สอดจำนวน 400 ตัวอย่าง โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Kishi's Logit Price

Sensitivity Measurement โดยผลที่ได้จากการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 6

ตารางที่ 3 ผลการสำรวจความพึงพอใจต่ออัตราค่าโดยสารของผู้โดยสาร และประชาชน จำนวน 800 ตัวอย่าง

ความพึงพอใจต่ออัตราค่าโดยสาร	อัตราค่าโดยสาร (บาท)	อัตราค่าโดยสารที่กำหนดโดยคณะกรรมการขนส่งทางบกประจำจังหวัดเมื่อปี พ.ศ.2551
อัตราค่าโดยสารต่ำสุดที่ทานจะจ่าย	78	ปัจจุบันราคา ค่าโดยสารคือ 78 บาท ระยะทาง 100 กิโลเมตร
อัตราค่าโดยสารที่ท่านคิดว่าเหมาะสม(สมเหตุสมผล)	88	
อัตราค่าโดยสารที่ท่านคิดว่ามีราคาแพง(แต่สามารถที่จะจ่ายได้)	94	
อัตราค่าโดยสารที่ท่านคิดว่ามีราคาแพง(ไม่สามารถที่จะจ่ายได้)	113	



รูปที่ 6 ช่วงอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมจากการสำรวจความพึงพอใจต่ออัตราค่าโดยสารของผู้โดยสารและประชาชน

## 5.สรุปผลการศึกษา

ต้นทุนในการเดินรถของผู้ประกอบการจากการศึกษาจะพบว่า ส่วนใหญ่จะเป็นต้นทุนในส่วนของต้นทุนผันแปร(Variable Cost) และต้นทุนคงที่ (Fix Cost) ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกันคือร้อยละ 43.15 และ 42.75 ตามลำดับ ส่วนต้นทุนกึ่งผันแปรกึ่งคงที่(Semi-variable/Semi-fix) มีค่าร้อยละ 14.10

การกำหนดอัตราค่าโดยสารของคณะกรรมการขนส่งทางบกประจำจังหวัดตากโดยการใช้ Program FareV2 ในการกำหนดอัตราค่า

โดยสารของรถโดยสารประจำทางหมวด 4 สายที่ 1153 ดาก-แม่สอด โดยอ้างอิงตามราคาราคาน้ำมันขึ้นที่ 15 ซึ่งเป็นราคาราคาน้ำมันในปี 2551 ในพื้นที่จังหวัดตาก พบว่าอัตราค่าโดยสารอยู่ที่ 78 บาทต่อคน โดยระยะทางจากจังหวัดตากถึงอำเภอแม่สอดมีระยะทางประมาณ 100 กิโลเมตร ซึ่งอัตราค่าโดยสารนี้ยังคงใช้มาตั้งแต่ปี 2551 จนถึงปัจจุบัน แต่จากการวิเคราะห์อัตราค่าโดยสารของรถโดยสารประจำทางหมวด 4 สายที่ 1153 ดาก-แม่สอด โดยอ้างอิงตามราคาราคาน้ำมันขึ้นที่ 17 ซึ่งเป็นราคาราคาน้ำมันในปัจจุบันในพื้นที่จังหวัดตาก พบว่าอัตราค่าโดยสารอยู่ที่ 81 บาทต่อคน ในส่วนการวิเคราะห์อัตราค่าโดยสารโดยใช้โปรแกรมหมวด 4 คจว พบว่าอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมคือ 93 บาทต่อคน โดยอัตราค่าโดยสารนี้จะไม่ลิดค่าธรรมเนียมในการจัดบริการปรับอากาศเนื่องจากค่าตัวรถที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าโดยสารเป็นรถปรับอากาศอยู่แล้ว

การวิเคราะห์อัตราค่าโดยสาร โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Kishi's Logit Price Sensitivity Measurement จากการสอบถามความพึงพอใจต่ออัตราค่าโดยสารของผู้โดยสารและประชาชนที่เคยสัญจรโดยใช้ทางหลวงหมายเลข 12 ดาก – แม่สอดจำนวน 800 ตัวอย่าง พบว่าอัตราค่าโดยสารที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 78-113 บาทต่อคน

## เอกสารอ้างอิง

- [1] นิติพล อัมพันศิริรัตน์,2553 .การวิเคราะห์อุปสงค์ของการจอดรถในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและพื้นที่ใกล้เคียง:กรณีศึกษาอาคารจอดรถที่ติดกับอาคารมหาจักรีสิรินธร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย,2553.รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านทุนการประกอบการรถโดยสารประจำทาง.
- [3] กรมการขนส่งทางบก,2547. หลักเกณฑ์และแนวทางการกำหนดอัตราค่าโดยสารรถโดยสารประจำทางหมวด 1 ส่วนภูมิภาค หมวด 4 ส่วนภูมิภาค รถขนาดเล็กและรถโดยสารไม่ประจำทางเพื่อการรับจ้างที่บรรทุกผู้โดยสารได้เกิน 7 คน แต่ไม่เกิน 9 คน.

## ระบบระบุสายการเดินรถแบบอัตโนมัติจากข้อมูล GPS (Automatic Bus Route Detecting System on GPS Data)

หมายเลขบทความ : AYRF14-012

อัฐพล ปัญญานธรรม<sup>1</sup>, สโรช บุญศิริพันธ์<sup>2</sup>, ฐาฤทธิ์ ส่งแสง<sup>3</sup>

Attaphon Panyanatum, Saroch Boonsiripant, Tarid Songsang

<sup>1</sup>นิสิตปริญญาโทสาขาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทรศัพท์. 086-5266095, 087-0104553

E-mail: max.attaphon@gmail.com, em.tarid@gmail.com

<sup>2</sup>อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทรศัพท์. 081-8859300

E-mail: boonsiripant@gmail.com

### บทคัดย่อ

การรายงานข้อมูลการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสาร ซึ่งเป็นที่นิยมและใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดยมีหลักการทำงาน คือ รถโดยสารที่ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ GPS จะส่งข้อมูลพิกัดและความเร็วไปยัง Server ที่ใช้ในการประมวลผล จากนั้นระยะเวลาการรอรถโดยสาร จะถูกส่งไปยังสื่อต่างๆ เช่น Mobile Application, Bus Information Display หรือ Website เป็นต้น โดยประโยชน์ที่สามารถเห็นได้ชัดเจน คือ ช่วยให้ผู้โดยสารลดความวิตกกังวลในการรอรถโดยสาร เพราะทราบถึงเวลาที่แน่นอนที่รถโดยสารจะมาถึงยังป้าย และสามารถตัดสินใจเลือกการเดินทางไปสู่จุดหมายได้อย่างเหมาะสมที่สุด สำหรับปัญหาที่พบในการรายงานข้อมูลการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสาร คือ ในบางครั้งรถโดยสารอาจถูกสับเปลี่ยนสายการเดินรถ เพื่อนำไปเสริมในเส้นทางที่มีผู้โดยสารจำนวนมากในช่วงโมงเร่งด่วน ซึ่งส่งผลให้การรายงานข้อมูลการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสารเกิดความผิดพลาดขึ้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้พัฒนาระบบ ระบุสายการเดินรถแบบอัตโนมัติจากข้อมูล GPS สำหรับการระบุสายการเดินรถที่เปลี่ยนไปแบบ Real-Time โดยทดลองใช้ข้อมูลการเดินรถโดยสารสวัสดิการภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จำนวน 30 คัน จากระบบ GPS เป็นระยะเวลา 10 วัน เพื่อดูถึงค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานของระบบในการระบุสายการเดินรถ และค่าเฉลี่ยเวลาการแจ้งเตือนของระบบ เมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง ซึ่งข้อมูลภายหลังจากการที่ระบุสายการเดินรถแบบอัตโนมัติได้แล้วนั้น จะสามารถนำไปพัฒนาหาระยะเวลาการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสาร และรายงานผลให้แก่ผู้โดยสารได้รับทราบต่อไป

**คำสำคัญ:** ระบุสายการเดินรถแบบอัตโนมัติ, ข้อมูลจากระบบ GPS

### Abstract

Bus arrival time information system is used to report bus arrival time for passengers. The key components include bus tracking device (such as Global Position System, GPS), communication system, processing unit, and display unit. While operating, the GPS device sends data (e.g., coordinates, speed, etc.) to the server to process data and report real-time bus arrival time to passengers at the bus stop or via mobile apps. To calculate arrival time at the next stop, the system needs to know the route that the bus is being assigned to. However, some buses are often assigned to operate on a different route during the day causing arrival time error in the system. The objective of this study is to develop an algorithm to automatically detect the current bus route and detect when bus out of route based on GPS data. The test bed data were collected from buss operated in Kasetsart University. This proposed algorithm can improve the arrival time estimation system and also reduce workload that a fleet manager needs to handle.

**Keywords:** Bus arrival time information system, Automatic Bus Route Detection

## 1. บทนำ

Advanced Public Transportation Systems (ATPS) คือ การผสมผสานเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน กับระบบการขนส่งสาธารณะ แรกเริ่มปัญหาหลักของการใช้รถโดยสารสาธารณะของประชาชน คือ ประชาชนไม่ทราบถึงเส้นทางในการเดินทาง, ประชาชนไม่ทราบว่ารถมาถึงเมื่อไหร่แล้วต้องใช้เวลาในการเดินทางเท่าใด ซึ่งส่งผลต่อการใช้รถโดยสารสาธารณะของประชาชน ต่อมาจึงได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการให้ข้อมูลข่าวสารต่างๆ ที่เกี่ยวกับการให้บริการของระบบการขนส่งนั้นๆ ให้แก่ผู้ที่มาใช้บริการ สำหรับในการแจ้งเวลาการเดินทาง หรือการแจ้งเตือนในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ที่มาใช้บริการ

การนำเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งหรือ Global Position System (GPS) เข้ามาใช้กับระบบการขนส่งสาธารณะ เป็นที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในช่วงตลอดเวลาหลายปี เนื่องจากสามารถรู้ตำแหน่งได้แบบ Real times และมีความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง จึงเป็นที่มาของระบบการแจ้งข้อมูลของรถโดยสารแก่ผู้โดยสาร (Public Information Systems) ซึ่งข้อมูลประกอบด้วย เวลาที่รถโดยสารแต่ละสายจะมาถึงยังป้าย (Arrival Time), เส้นทางและสถานที่ที่ผ่านของรถโดยสารแต่ละสาย, ระยะเวลาในการเดินทาง (Travel Time) ไปยังแต่ละป้าย และในบางแห่งรถโดยสารได้มีการติดตั้งระบบ Auto Passenger Counting (APC) ซึ่งสามารถบอกได้ถึงจำนวนผู้โดยสารที่อยู่บนรถโดยสาร ณ ปัจจุบัน เพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้โดยสารในขณะที่รออยู่ที่ป้าย ในกรณีที่ผู้โดยสารเต็มรถและไม่มีผู้โดยสารลงที่ป้าย รถโดยสารจะไม่จอดรับผู้โดยสารที่ป้าย สำหรับประโยชน์ที่สามารถเห็นได้ชัดเจนของระบบการแจ้งข้อมูลของรถโดยสารแก่ผู้โดยสาร (Public Information Systems) คือ

- ช่วยลดความวิตกกังวลในการรอรถโดยสาร เพราะทราบถึงเวลาที่แน่นอนที่รถโดยสารจะมาถึงยังป้าย
- สามารถนำเวลาที่ใช้ในการรอรถโดยสารไปทำกิจกรรมอย่างอื่นก่อนได้ ก่อนที่รถโดยสารจะมาถึงยังป้าย
- สามารถตัดสินใจเลือกการเดินทางโดยรถโดยสาร หรือเลือกการเดินทางโดยวิธีอื่นที่รวดเร็วกว่าได้
- ประชาชนหันมาใช้บริการรถโดยสารเพิ่มมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ได้เล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบการขนส่งสาธารณะ โดยมีนโยบายที่จะให้นิสิตและบุคลากร ลดการใช้รถยนต์ส่วนตัวและจักรยานยนต์ในการเดินทางภายในมหาวิทยาลัย และหันมาใช้รถโดยสารสวัสดิการแทน เพื่อเป็นการส่งเสริมนโยบาย ทางมหาวิทยาลัยฯ จึงได้พัฒนาระบบรายงานข้อมูลการเดินทางสวัสดิการ (KU Smart Bus) ขึ้นเมื่อเดือน พฤษภาคม

พ.ศ. 2556 สำหรับวัตถุประสงค์หลักของโครงการนี้ คือ การแจ้งข้อมูลระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารสวัสดิการแก่ผู้โดยสาร เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถวางแผนการเดินทางไปสู่จุดหมายได้อย่างเหมาะสมที่สุด

แต่เนื่องด้วยปัญหาที่จำนวนรถและคนขับมีจำนวนจำกัด และปริมาณผู้โดยสารเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาหรือสถานที่ ทำให้ผู้ควบคุมการเดินทางต้องมีการมีสับเปลี่ยนสายการเดินทางในบางช่วงเวลา สำหรับนำไปเสริมในเส้นทางที่มีผู้โดยสารจำนวนมากในช่วงเวลาเร่งด่วน เพื่อให้การเดินทางเพียงพอต่อความต้องการเดินทางของผู้โดยสาร ซึ่งการสับเปลี่ยนสายการเดินทางในแต่ละครั้ง ผู้ควบคุมการเดินทางจะต้องทำการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์กรอกข้อมูลลงในฐานข้อมูลของระบบ เพื่อให้ระบบสามารถระบุได้ว่า โดยรถคันนี้วิ่งให้บริการในเส้นทางไหน จึงทำให้ระบบสามารถรายงานข้อมูลการวิ่งของรถโดยสารคันดังกล่าวได้ แต่ในบางที่ผู้ควบคุมการเดินทางมีเหตุจำเป็น ทำให้ไม่สามารถกรอกข้อมูลลงในฐานข้อมูลของระบบได้อย่างทันทีทันใด ส่งผลให้การรายงานข้อมูลการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสารเกิดความผิดพลาดขึ้น

ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้พัฒนาระบบ ระบบสายการเดินทางแบบอัตโนมัติจากข้อมูล GPS เพื่อเป็นการตรวจสอบรถโดยสารที่วิ่งให้บริการนั้น อยู่ในเส้นทางที่ผู้ควบคุมการเดินทางได้กรอกข้อมูลลงในฐานข้อมูลของระบบหรือไม่ และถ้าหากไม่อยู่เส้นทางที่ผู้ควบคุมการเดินทางได้กรอกข้อมูลลงในฐานข้อมูลของระบบ จะมีการแจ้งเตือนและระบบจะทำการระบุสายการเดินทางใหม่ให้กับรถโดยสารที่วิ่งให้บริการอยู่ ณ ขณะนั้นจะอยู่ในเส้นทางที่วิ่งให้บริการในเส้นทางใด เพื่อที่จะได้นำข้อมูลไปพัฒนาหรือระยะเวลาการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสาร และรายงานผลให้แก่ผู้โดยสารได้รับทราบต่อไป

## 2. ระบบรายงานข้อมูลการเดินทางสวัสดิการ (KU Smart Bus)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ได้มีนโยบายให้นิสิต นักศึกษา เจ้าหน้าที่และบุคลากรตลอดจนทั้งประชาชนที่มาทำธุรกรรมติดต่อหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย หันมาใช้การเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น เพื่อลดปัญหาด้านการจราจรและปัญหาด้านมลพิษภายในมหาวิทยาลัย จากปัญหาดังกล่าว ทางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขนจึงได้ริเริ่ม ระบบรายงานข้อมูลการเดินทางสวัสดิการ (KU Smart Bus) สำหรับวัตถุประสงค์หลักของโครงการนี้ คือ การแจ้งข้อมูลระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารสวัสดิการแก่ผู้โดยสาร เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถวางแผนการเดินทางไปสู่จุดหมายได้อย่างเหมาะสมที่สุด สำหรับองค์ประกอบของระบบประกอบด้วย

1) ส่วนของระบบติดตามยานพาหนะ (Auto Vehicle Location, AVL) โดยในโครงการนี้เลือกใช้การติดตั้งอุปกรณ์ระบบ GPS (Global Position System) แบบ Online สำหรับติดตามรถโดยสาร โดยได้ติดตั้งกับรถโดยสารทั้งหมด 30 คัน (ในแต่ละวันมีรถโดยสารวิ่งให้บริการประมาณ 11-12 คัน เนื่องจากบางวันคนขับอาจต้องไปปฏิบัติงานราชการ)

2) ส่วนของระบบประมวลผลสำหรับประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS โดยจะนำข้อมูลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับข้อมูล Historical Data และนำมาหาค่าเฉลี่ยกับสัดส่วนเส้นทางวิ่งที่เหลือนอกมาเป็นระยะเวลาในการเดินทาง ซึ่งในปัจจุบันกำลังพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network , ANN) เป็นแบบจำลองในการประมาณระยะเวลาเดินทาง

3) ส่วนของผู้ใช้งาน สามารถตรวจสอบข้อมูลเวลาเข้าป้ายของรถโดยสารได้จาก 4 ช่องทาง ได้แก่

- Mobile Application ระบบปฏิบัติการ (iOS & Android) : KUSmartBus
- Website : [www.kusmartbus.com](http://www.kusmartbus.com)
- จอแสดงผลที่ป้ายรถโดยสาร (Bus Information Display, BID)
- ส่ง SMS หมายเลขป้ายรถโดยสาร และส่งไปที่ 488-55-99 (ครั้งละ 3 บาท)

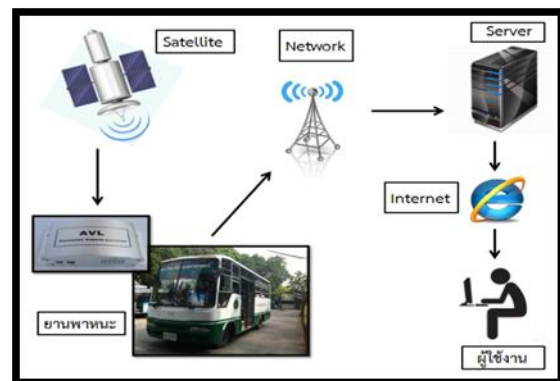


ภาพที่ 1 รูปแบบการแสดงผลผ่านทาง Mobile Application



ภาพที่ 2 รูปแบบการแสดงผลผ่านทาง Bus Information Display, BID

หลักการทำงานของระบบ เริ่มจากดาวเทียม (Satellite) จะส่งข้อมูลตำแหน่งพิกัด, ทิศทาง และความเร็วของรถโดยสารทุกๆ 5 วินาที ไปเก็บไว้ยังอุปกรณ์ GPS ที่ได้ทำการติดตั้งบนรถโดยสาร จากนั้นข้อมูลจะส่งผ่านระบบ Network มายัง Server เพื่อทำการประมวลผลข้อมูล โดยใช้หลักการทางสถิติและข้อมูลย้อนหลังเพื่อทำนายระยะเวลาในการเดินทางของรถโดยสาร เมื่อเสร็จสิ้นในส่วนของการประมวลผล ทางระบบจะทำการส่งต่อข้อมูลผ่านทาง Internet เพื่อแจ้งข้อมูลแก่ผู้ใช้งานผ่านทางโทรศัพท์ Smart phone, Website, ที่ป้ายรถโดยสาร (Bus Information Display, BID) โดยหลักการทำงานของระบบสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3

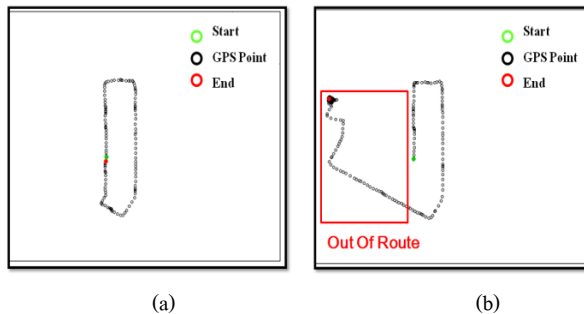


ภาพที่ 3 หลักการทำงานของระบบ

### 3. ข้อมูลและวิธีการเบื้องต้น

ข้อมูลที่ได้รับมาจากอุปกรณ์ GPS สำหรับการนำวิเคราะห์ประกอบด้วย ข้อมูลวัน เวลา และข้อมูลตำแหน่ง (Latitude, Longitude) โดยอุปกรณ์ GPS จะทำการส่งข้อมูลผ่านทางระบบ 3G มาทุกๆ 5 วินาที หลังจากที้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เบื้องต้น จะเห็นได้ว่าลักษณะการวิ่งของรถโดยสารมีทั้งที่วิ่งตรงตามเส้นทาง ดังภาพที่ 4 (a) และวิ่งออกนอก

เส้นทาง ดังภาพที่ 4 (b) อันเนื่องมาจากผู้ควบคุมการเดินรถมีการปรับเปลี่ยนสายการเดินรถในบางช่วงเวลา สำหรับนำไปเสริมในเส้นทางที่มีผู้โดยสารจำนวนมากในช่วงโมงเร่งด่วน เพื่อให้การเดินรถเพียงพอต่อความต้องการเดินทางของผู้โดยสาร ส่งผลให้การรายงานข้อมูลการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสารเกิดความผิดพลาดขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ต้องทำการกำหนด Zone ในการตรวจจับตำแหน่งของรถโดยสาร และสร้างเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสารในแต่ละสายขึ้น เพื่อให้ระบบสามารถทำการระบุสายการเดินรถแบบอัตโนมัติจากข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ GPS ได้



ภาพที่ 4 ลักษณะของข้อมูล GPS จากการวิ่งของรถโดยสาร

(a) รถโดยสารที่วิ่งตรงตามเส้นทาง สาย 4

(b) รถโดยสารที่วิ่งออกนอกเส้นทาง

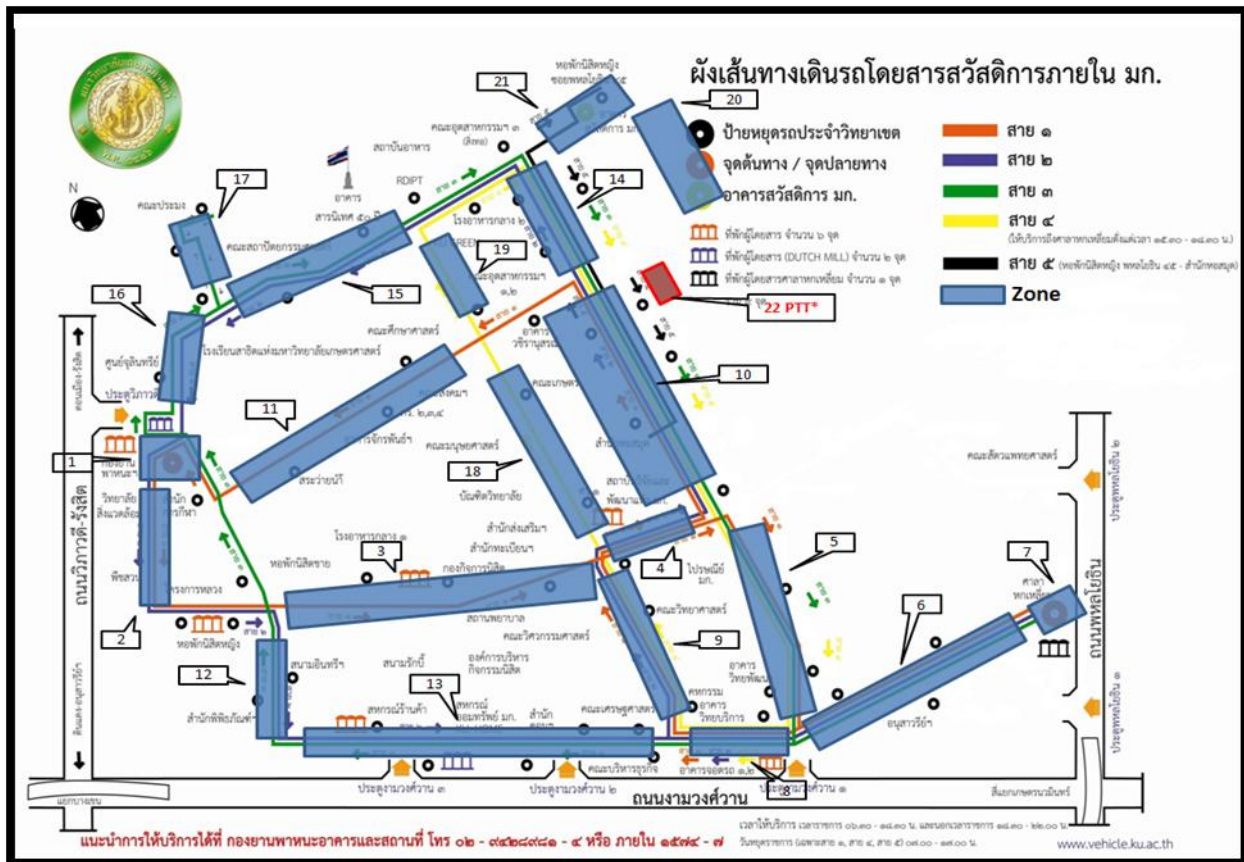
### 3.4 การกำหนด Zone ในการตรวจจับตำแหน่งของรถโดยสาร

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษารถโดยสารที่วิ่งให้บริการภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จำนวน 5 สาย มีลักษณะการวิ่ง และการกำหนด Zone ในการตรวจจับตำแหน่งของรถโดยสาร โดยแบ่งออกเป็น 22 Zone โดยการกำหนด Zone ในการตรวจจับตำแหน่งของรถโดยสารนั้น จะมีความยาวตามลักษณะของถนนในแต่ละเส้นทาง และมีความกว้างจากจุดกึ่งกลางถนนไปทางด้านซ้าย-ขวา ผังละ 15 เมตร ดังภาพที่ 5 สาเหตุที่ต้องทำการกำหนด Zone ขนาดใหญ่ เนื่องจาก มีอาคารสูงตามเส้นทางที่รถโดยสารวิ่งทำให้สามารถเกิดการกระแทกหรือสะท้อนของการรับ-ส่งสัญญาณ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ GPS ในบางช่วง ส่วนตำแหน่ง Zone ที่ 22 PTT\* คือ ปั่นน้ำมัน PTT ซึ่งรถโดยสารจะต้องเข้ามาใน Zone ที่ 22 เพื่อเติมน้ำมันในช่วงเวลาประมาณ 13:20 น. ของทุกวัน จึงต้องทำการกำหนด Zone ไว้สำหรับตรวจจับตำแหน่งเมื่อรถโดยสารออกนอกเส้นทางปกติเพื่อเติมน้ำมันในแต่ละวัน

### 3.2 เงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสารในแต่ละสาย

เงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสารในแต่ละสายที่วิ่งผ่านนั้นประกอบไปด้วย

- สาย 1 เริ่มจาก Zone ที่ 1 วิ่งผ่าน  
Zone 2-3-4-5-6-7-6-8-9-4-10-11-1
- สาย 2 เริ่มจาก Zone ที่ 1 วิ่งผ่าน  
Zone 2-12-13-8-6-7-6-8-9-4-10-14-15-16-1
- สาย 3 เริ่มจาก Zone ที่ 1 วิ่งผ่าน  
Zone 16-17-15-14-10-5-6-7-6-8-13-12-1
- สาย 4 เริ่มจาก Zone ที่ 18 วิ่งผ่าน  
Zone 19-14-10-5-6-7-6-8-9-18 (ก่อนที่จะเริ่มต้นการวิ่งในเส้นทางรถโดยสารจะต้องออกจากท่ารถใน Zone ที่ 1 ผ่าน Zone 2-3 ก่อนที่จะเข้าเส้นทางวิ่งใน Zone ที่ 18)
- สาย 5 เริ่มจาก Zone ที่ 20 วิ่งผ่าน  
Zone 21-14-10-14-21-20 (ก่อนที่จะเริ่มต้นการวิ่งในเส้นทางรถโดยสารจะต้องออกจากท่ารถใน Zone ที่ 1 ผ่าน Zone 2-3-4 ก่อนที่จะเข้าเส้นทางวิ่งใน Zone ที่ 10)



ภาพที่ 5 การกำหนด Zone ทั้ง 22 Zone

ที่มา : กองยานพาหนะอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน (2554)

#### 4. กระบวนการทำงานของระบบ

4.1 ระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งของ GPS โดยจะพิจารณาจากข้อมูลตำแหน่ง GPS กับพื้นที่ของแต่ละ Zone ถ้าหากข้อมูลตำแหน่ง GPS เข้ามายังพื้นที่ใน Zone ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Zone เกิดขึ้น แล้วจึงนำข้อมูลตำแหน่งแรกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Zone มาพิจารณา แต่ถ้าหากแต่ละตำแหน่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ Zone เกิดขึ้นจะไม่นำข้อมูลนั้นมาพิจารณา

4.2 ระบบจะทำการ Check Matching Score ตามเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสารในแต่ละสายที่วิ่งผ่าน โดยจะทำการเพิ่มคะแนนครั้งละ 1 คะแนน เมื่อข้อมูลตำแหน่งของ GPS จากข้อที่ 4.1 ตรงตามเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสารสายใด

4.3 ระบบจะพิจารณาจากสายใดสายหนึ่งที่มีคะแนนมากที่สุด สำหรับการระบุสายการเดินรถ ยกเว้นกรณีที่มีคะแนนเท่ากัน ระบบจะใส่สถานะให้เป็น UNDEFINED คือ ไม่สามารถระบุได้ว่า รถโดยสารที่กำลังวิ่งให้บริการอยู่นั้น วิ่งอยู่ในสายใด

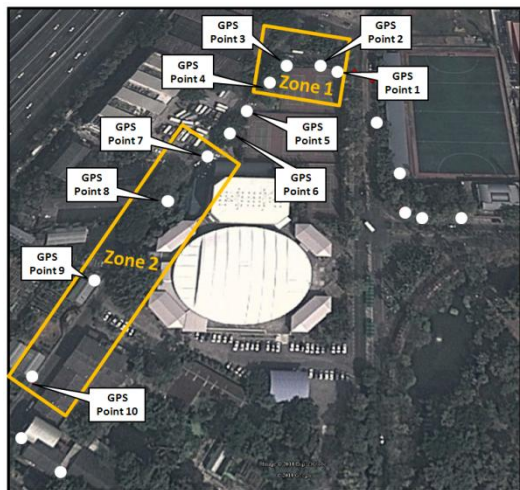
4.4 ระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งของ GPS ในตำแหน่งต่อไปอีกครั้งหนึ่ง โดยมีหลักการทำงานเหมือนกับข้อที่ 4.1-4.3 จนครบรอบการวิ่ง โดยระบบจะทำการระบุสายจากคะแนนมากที่สุด เป็นสายเส้นทางที่รถโดยสารจะวิ่งให้บริการในรอบถัดไป และถ้าหากรถโดยสารวิ่งออกนอกสายเส้นทาง ระบบจะพิจารณาให้เป็น UNDEFINED และจะเริ่มทำการให้คะแนนใหม่ โดยย้อนกลับไปเริ่มต้นที่ข้อ 4.1 ใหม่ อีกครั้งหนึ่ง

#### 5.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบระบุสายการเดินรถ

5.1 ระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งของ GPS โดยจะพิจารณาจากข้อมูลตำแหน่ง GPS กับพื้นที่ของแต่ละ Zone ถ้าหากข้อมูลตำแหน่ง GPS เข้ามายังพื้นที่ใน Zone ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Zone เกิดขึ้น แล้วจึงนำข้อมูลตำแหน่งแรกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Zone มาพิจารณา แต่ถ้าหากแต่ละตำแหน่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ Zone เกิดขึ้นจะไม่นำข้อมูลนั้นมาพิจารณา

5.1 ระบบจะทำการ Check Matching Score สำหรับ การศึกษานี้ คือ การให้คะแนน (Score) ตามเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสารในแต่ละสาย เมื่อระบบตรวจสอบข้อมูลตำแหน่ง แล้วพบว่า ตำแหน่งของรถโดยสารอยู่ใน Zone ที่ 1 (GPS Point 1 ดังภาพที่ 6) ระบบจะทำการเพิ่มคะแนน ดังตารางที่ 1

โดยตรวจสอบแล้วพบว่า เมื่อตำแหน่งของรถโดยสารอยู่ใน Zone ที่ 1 และตรงตามเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสาร Line 1, 2 และ 3 ระบบจะทำการเพิ่มคะแนน ใน Line 1, 2 และ 3 ทำให้ค่า Score มีค่าเท่ากับ 1 จากนั้นระบบจะพิจารณาจากสายใดสายหนึ่งที่มีคะแนน มากที่สุด สำหรับการระบุสายการเดินรถ ในกรณีนี้พบว่า Line 1, 2 และ 3 มีคะแนนเท่ากัน คือ 1 คะแนน อย่างไรก็ตามระบบจึงพิจารณาให้เป็น UNDEFINED คือ ไม่สามารถระบุได้ว่า รถโดยสารที่กำลังวิ่งให้บริการ อยู่ ณ เวลานั้น อยู่ในสายใด



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการพิจารณาตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งของ GPS กับพื้นที่ของแต่ละ Zone

ตารางที่ 1 การให้คะแนนเมื่อระบบตรวจสอบตำแหน่งรถโดยสาร ได้ใน Zone ที่ 1

Line 1		Line 2		Line 3		Line 4		Line 5	
Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score
1	1	1	1	1	1	18		20	
2		2		16		19		21	
3		12		17		14		14	
4		13		14		10		10	
5		8		10		5		14	
6		6		5		8		21	
7		7		6		9			
8		6		7					
9		8		6					
10		4		13					
11		10		12					
		14							
		15							
		16							
Max Score	1	1		1		0		0	
Assigned Line : UNDEFINED									

5.2 ระบบจะทำการเริ่มขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูล ตำแหน่งของ GPS ทุกตำแหน่งครั้งใหม่ พบว่า GPS Point 2, 3 และ 4 อยู่ใน Zone 1 เช่นกัน (ดังภาพที่ 6) แต่ระบบจะไม่นำมาพิจารณาเนื่องจาก ไม่ใช่ข้อมูลตำแหน่งแรกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Zone

5.3 ระบบจะทำการเริ่มขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูล ตำแหน่งของ GPS ทุกตำแหน่งครั้งใหม่ พบว่า GPS Point 6 และ 7 ไม่ได้ อยู่ใน Zone ใด (ดังภาพที่ 6) ระบบจึงไม่นำข้อมูลมาพิจารณาเช่นกัน

5.4 ระบบจะทำการเริ่มขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูล ตำแหน่งของ GPS ทุกตำแหน่งครั้งใหม่ และเมื่อระบบตรวจสอบข้อมูล ตำแหน่งแล้วพบว่า ตำแหน่งของรถโดยสารอยู่ใน Zone ที่ 2 (GPS Point 7 ดังภาพที่ 6) ระบบจะทำการให้คะแนน ดังตารางที่ 2

โดยตรวจสอบแล้วพบว่า เมื่อตำแหน่งของรถโดยสารอยู่ใน Zone ที่ 2 และตรงตามเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสาร Line 1

และ 2 ระบบจะทำการเพิ่มคะแนน ใน Line 1 และ 2 ทำให้ค่า Score มีค่าเท่ากับ 2 จากนั้นระบบจะพิจารณาจากสายใดสายหนึ่งที่มีคะแนนมากที่สุด สำหรับการระบุสายการเดินรถ ในกรณีนี้พบว่า Line 1 และ 2 มีคะแนนเท่ากัน คือ 2 คะแนน ระบบจึงพิจารณาให้เป็น UNDEFINED เช่นเดิม

ตารางที่ 2 การให้คะแนนเมื่อระบบตรวจสอบตำแหน่งรถโดยสารได้ใน Zone ที่ 2

Line 1		Line 2		Line 3		Line 4		Line 5	
Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score
1	1	1	1	1	1	18		20	
2	2	2	2	16		19		21	
3		12		17		14		14	
4		13		14		10		10	
5		8		10		5		14	
6		6		5		8		21	
7		7		6		9			
6		6		7					
8		8		6					
9		9		8					
4		4		13					
10		10		12					
11		14							
		15							
		16							
Max Score	2	2		1		0		0	
Assigned Line : UNDEFINED									

5.5 ระบบจะทำการเริ่มขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งของ GPS ทุกตำแหน่งครั้งใหม่ พบว่า GPS Point 8, 9 และ 10 อยู่ใน Zone 2 เช่นกัน (ดังภาพที่ 6) แต่ระบบจะไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากไม่ใช่ข้อมูลตำแหน่งแรกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Zone

5.7 ระบบจะทำการเริ่มขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งของ GPS ทุกตำแหน่งครั้งใหม่ และเมื่อระบบตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งแล้วพบว่า ตำแหน่งของรถโดยสารอยู่ใน Zone ที่ 3 (ไม่ได้แสดง

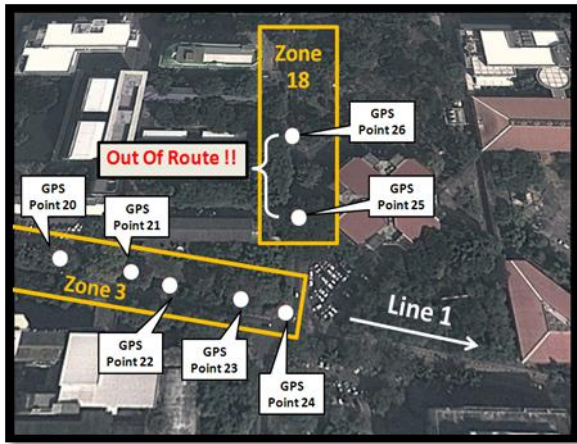
ในภาพที่ 6 เนื่องจาก ตำแหน่งอยู่ใกล้กัน ทำให้พื้นที่ในการวางภาพไม่เพียงพอ) ระบบจะทำการให้คะแนน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การให้คะแนนเมื่อระบบตรวจสอบตำแหน่งรถโดยสารได้ใน Zone ที่ 3

Line 1		Line 2		Line 3		Line 4		Line 5	
Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score	Zone	Score
1	1	1	1	1	1	18		20	
2	2	2	2	16		19		21	
3	3	12		17		14		14	
4		13		14		10		10	
5		8		10		5		14	
6		6		5		8		21	
7		7		6		9			
6		6		7					
8		8		6					
9		9		8					
4		4		13					
10		10		12					
11		14							
		15							
		16							
Max Score	3	2		1		0		0	
Assigned Line : Line 1									

โดยตรวจสอบแล้วพบว่า เมื่อตำแหน่งของรถโดยสารอยู่ใน Zone ที่ 3 และตรงตามเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสาร Line 1 ระบบจะทำการเพิ่มคะแนน ใน Line 1 ทำให้ค่า Score มีค่าเท่ากับ 3 จากนั้นระบบจะพิจารณาจากสายใดสายหนึ่งที่มีคะแนนมากที่สุด สำหรับการระบุสายการเดินรถ ในกรณีนี้พบว่า Line 1 มีคะแนนมากที่สุด คือ 3 คะแนน ระบบจึงสามารถระบุสายการเดินรถเป็น Line 1

## 6. กรณีตัวอย่าง: รถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการพิจารณาตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งของ GPS กับพื้นที่ของแต่ละ Zone ในกรณีที่รถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง

จากข้อมูลในตารางที่ 3 เมื่อระบบทำการเริ่มขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งของ GPS ทุกตำแหน่งครั้งใหม่ และเมื่อระบบตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งแล้วพบว่า ตำแหน่งของรถโดยสารอยู่ใน Zone ที่ 18 (GPS Point 25 ดังภาพที่ 6) ระบบจะทำการตรวจสอบตามเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสารในแต่ละสาย ซึ่งพบว่าเป็นการวิ่งออกนอกเส้นทางของการวิ่งของรถโดยสาร สาย 1 จากที่ได้ทำการ Assigned Line : Line 1 ในตารางที่ 3 ระบบจะทำการแจ้งเตือน การวิ่งออกนอกเส้นทาง (Out Of Route) ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุมการเดินรถ จากนั้นระบบจะทำการเริ่มต้นการให้คะแนนใหม่ ดังตารางที่ 4

โดยตรวจสอบแล้วพบว่า เมื่อตำแหน่งของรถโดยสารอยู่ใน Zone ที่ 18 ซึ่งไม่ตรงตามเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสาร Line 1 ระบบจะทำการเริ่มต้นการให้คะแนนใหม่ โดยระบบจะทำการเพิ่มคะแนน ใน Line 4 เนื่องจากตรงตามเงื่อนไขใน Zone 18 ทำให้ค่า Score มีค่าเท่ากับ 1 จากนั้นระบบจะพิจารณาจากสายใดสายหนึ่งที่มีคะแนนมากที่สุด สำหรับการระบุสายการเดินรถ ในกรณีนี้พบว่า Line 4 มีคะแนนมากที่สุด คือ 1 คะแนน ดังนั้นระบบจึงระบุสายการเดินรถเป็น Line 4

ตารางที่ 4 การให้คะแนนเมื่อระบบตรวจสอบตำแหน่งรถโดยสารได้ใน Zone ที่ 18

Line 1		Line 2		Line 3		Line 4		Line 5	
Zon	Sco	Zo	Sco	Zo	Sco	Zo	Sco	Zo	Sco
e	re	ne	re	ne	re	ne	re	ne	re
1		1		1		18	1	20	
2		2		16		19		21	
3		12		17		14		14	
4		13		14		10		10	
5		8		10		5		14	
6		6		5		8		21	
7		7		6		9			
6		6		7					
8		8		6					
9		9		8					
4		4		13					
10		10		12					
11		14							
		15							
		16							
<b>Ma</b>									
<b>x</b>	0		0		0		1		0
<b>Sco</b>									
<b>re</b>									
Assigned Line : Line 4									

## 7. ผลการทดสอบกับข้อมูลจริง

การศึกษานี้ได้พัฒนาระบบในการระบุสายการเดินรถ และระบบการแจ้งเตือนเมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง สำหรับรถโดยสารที่วิ่งให้บริการภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อนำข้อมูลสายรถไปใช้ในการคาดการณ์เวลาเข้าป้ายรถ โดยมีกระบวนการทำงานของระบบ 4 ขั้นตอน จากการนำระบบดังกล่าวไปใช้กับข้อมูล GPS จริงเป็นระยะเวลา 10 วัน ตั้งแต่วันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล GPS ทั้งหมดจำนวน 1,197,147 ตำแหน่ง คิดเป็นชั่วโมงของการวิ่งให้บริการจำนวน 140 ชั่วโมง พบว่า

ค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานของระบบในการระบุสายการเดินรถ โดยเริ่มนับเวลาจากการที่รถโดยสาร เริ่มออกวิ่งให้บริการจากสถานีหลักใน Zone 1 และค่าเฉลี่ยเวลาการแจ้งเตือนของระบบ เมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง ดังสรุปในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการทำงานของระบบ

Line	Time To Detect	
	Route Assignment (min.)	Out Of Route (min.)
1	1.39	2.04
2	1.39	2.56
3	0.12	1.39
4	5.24	1.23
5	9.15	3.12

จากตารางที่ 5 พบว่า สาย 1 และ สาย 2 มีค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานในระบบระบุสายการเดินทาง อยู่ที่ 1 นาที 39 วินาที เท่ากัน เนื่องจากใช้เงื่อนไขในการระบุสาย 3 เงื่อนไขเท่ากัน และมีระยะห่างของ Zone ในการ Detect ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนค่าเฉลี่ยเวลาการแจ้งเตือนของระบบ เมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง สาย 1 อยู่ที่ 2 นาที 4 วินาที และ สาย 2 อยู่ที่ 2 นาที 56 วินาที

สาย 3 มีค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานในระบบระบุสายการเดินทาง เพียง 12 วินาที เนื่องจากใช้เพียงเงื่อนไขเดียวในการระบุสาย และมีมีระยะห่างของ Zone ในการ Detect ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนค่าเฉลี่ยเวลาการแจ้งเตือนของระบบ เมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง อยู่ที่ 1 นาที 39 วินาที

สาย 4 มีค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานในระบบระบุสายการเดินทาง อยู่ที่ 5 นาที 24 วินาที เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเดินทางจากสถานีหลัก (Zone 1) ก่อนที่จะเข้าวิ่งในเส้นทางสาย 4 และตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดทำให้ระบบใช้เวลาพอสมควรในการระบุสายการเดินทางสาย 4 ส่วนค่าเฉลี่ยเวลาการแจ้งเตือนของระบบ เมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง อยู่ที่ 1 นาที 23 วินาที

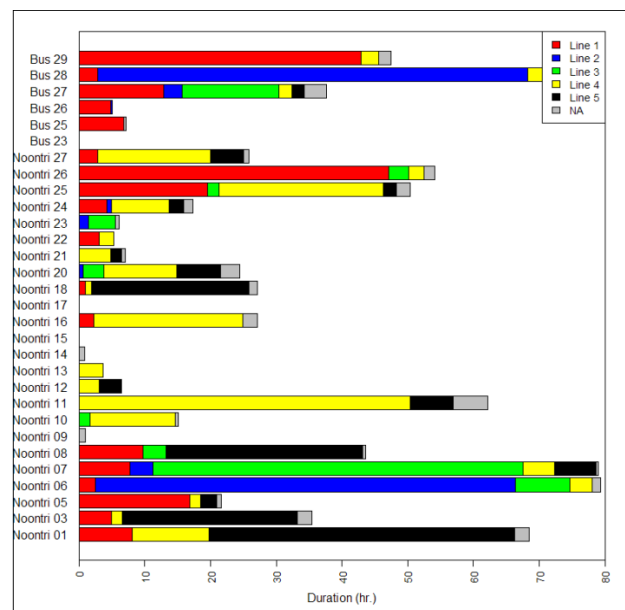
สาย 5 มีค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานในระบบระบุสายการเดินทาง อยู่ที่ 9 นาที 15 วินาที เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเดินทางจากสถานีหลัก (Zone 1) ก่อนที่จะเข้าวิ่งในเส้นทางสาย 5 เช่นเดียวกับสาย 4 แต่มีระยะทางที่มากกว่า ก่อนที่จะตรงตามเงื่อนไขในการระบุสาย 5 ทำให้ระบบใช้เวลาค่อนข้างมากในการระบุสายการเดินทาง ส่วนค่าเฉลี่ยเวลาการแจ้งเตือนของระบบ เมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง อยู่ที่ 3 นาที 12 วินาที จะเห็นได้ว่าใช้เวลามากกว่าสายอื่นเช่นกัน เนื่องจากระยะห่างจาก ระยะห่างของ Zone ในการ Detect มีระยะทางค่อนข้างมาก ทำให้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการทำงานของระบบมีค่ามากขึ้น

สำหรับจำนวนเที่ยวที่รถโดยสารวิ่งให้บริการเฉลี่ยประมาณ วันละ 260 เที่ยว โดยที่ รถโดยสารมีการวิ่งออกนอกเส้นทางเพื่อทำการเปลี่ยนสายหรือให้พนักงานขับรถหยุดพักระหว่างวัน ประมาณ 17 ครั้งต่อวัน โดยจากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นถึงการกำหนดเส้นทางการเดินทางโดยสาร จากข้อมูลตัวอย่างทั้ง 10 วัน พบว่า รถโดยสารแต่ละคันจะไม่ได้ออกนอกเส้นทาง

ถูกกำหนดให้วิ่งสายใดสายหนึ่งตลอดเวลา โดยจะมีการปรับเปลี่ยนไปตามความเหมาะสมของพนักงานขับรถและสภาพเครื่องยนต์

ถ้าหากไม่มีระบบในการระบุสายการเดินทางแบบอัตโนมัติ จากข้อมูล GPS การที่มีรถโดยสารมีการวิ่งออกนอกเส้นทางเพื่อทำการเปลี่ยนสายหรือให้พนักงานขับรถหยุดพักระหว่างวัน จะทำให้การรายงานผลให้แก่ผู้โดยสาร นั้นผิดพลาดไปจนกระทั่ง ผู้ควบคุมการเดินทางรถก็ใช้ข้อมูลลงในฐานข้อมูลของระบบ จึงจะทำให้การรายงานผลให้แก่ผู้โดยสารสามารถใช้งานตามปกติ

ดังนั้นระบบในการระบุสายการเดินทางแบบอัตโนมัติ และระบบการแจ้งเตือนเมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง จากข้อมูล GPS จึงมีความจำเป็น เนื่องจากส่งผลต่อความถูกต้องในการรายงานข้อมูลให้แก่ผู้โดยสาร โดยจากการศึกษาพบว่า ระยะเวลาในการ Detect เข้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะของเส้นทางที่วิ่งให้บริการของรถโดยสารในแต่ละสาย, ระยะห่างของ Zone ที่ใช้ในการ Detect และเงื่อนไขในการระบุ Zone ของรถโดยสารในแต่ละสาย



ภาพที่ 8 การกำหนดเส้นทางรถโดยสาร  
จากข้อมูลตัวอย่างทั้ง 10 วัน

## 8. ข้อเสนอแนะ

ระบบระบุสายการเดินทางแบบอัตโนมัติ และระบบการแจ้งเตือนเมื่อรถโดยสารวิ่งออกนอกเส้นทาง จากข้อมูล GPS สามารถนำไปใช้พัฒนาต่อยอด เช่น การทำรายงานสรุปจำนวนรอบการวิ่งให้บริการของรถโดยสารในแต่ละวัน, การติดตามพฤติกรรมรถโดยสารของพนักงานขับรถ และการทำฐานข้อมูลระยะเวลาการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสาร (Travel

Time) สำหรับนำไปใช้ในการทำแบบจำลอง เพื่อให้สามารถคาดการณ์ระยะเวลาในการเข้าสู่ป้ายของรถโดยสาร ในการรายงานผลให้แก่ผู้โดยสารได้รับทราบ เป็นต้น

## 9. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการศึกษาขอขอบคุณ กองยานพาหนะอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ GPS บนรถโดยสาร และโครงการปรับปรุงการให้บริการรถสวัสดิการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU Smart Bus) สำหรับข้อมูล GPS ตลอดการศึกษา มา ณ ที่นี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Jeong R.H. 2004. The Prediction of Bus Arrival Time Using Automatic Vehicle Location Systems Data. Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, Texas A&M University.
- [2] Vuchic V.R. 2005. Urban Transit: Operations, Planning and Economics New Jersey: John Wiley & Sons.
- [3] Watkins K.E., Ferris B., Borning A., Rutherford G. and Layton D. 2011. “Where Is My Bus ? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders.” Transportation Research Part A 45 839-848.
- [4] สโรช บุญศิริพันธ์, เอกชัย สิริกิจพาณิชย์กุล และ ธาตุทธิ์ ส่งแสง. 2557. รายงานสรุปผลการดำเนินงานโครงการปรับปรุงการให้บริการรถสวัสดิการ (KU Smart Bus) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
- [5] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. 2556. รายงานการศึกษาเพื่อเสนอแนวทางและกำหนดมาตรการ ในการนำเทคโนโลยีระบบกำหนดตำแหน่งบนพิภพโลก (Global Positioning System : GPS) มาใช้ติดตั้งกับรถสาธารณะ

## Assessment of the On-street Parking Management in Ermita-Malate, Philippines

Paper Identification Number: **YRF14-013**

Arian Aquino BULACTIAL<sup>1</sup>, Federico Tan DIZON<sup>2</sup>, Mark Wesley Chang GARCIA<sup>3</sup>, Grace Padayhag GUETA<sup>4</sup>, Judylyn Caabay VALDEZ<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Civil Engineering Department  
De La Salle University  
Telephone: (632) 524 4611  
Email: arian\_0000\_18@yahoo.com

<sup>2</sup>Civil Engineering Department  
De La Salle University  
Telephone: (632) 524 4611  
Email: dizonfederico3@gmail.com

<sup>3</sup>Civil Engineering Department  
De La Salle University  
Telephone: (632) 524 4611  
Email: mwcg\_539@yahoo.com

<sup>4</sup>Civil Engineering Department, Faculty of Engineering  
De La Salle University  
Telephone: (632) 524 4611  
Email: padayhag.grace@yahoo.com

<sup>5</sup>Civil Engineering Department  
De La Salle University  
Telephone: (632) 524 4611  
Email: [judyvaldez@yahoo.com](mailto:judyvaldez@yahoo.com)

### Abstract

One of the highest on-street parking generators in the Philippines is Ermita-Malate. This area is considered as the business district in Manila due to the various establishments situated here. With this, on-street parking has been extensive the area. A study prior to this was done to compare the management of the on-street parking facilities in Makati CBD and Ermita-Malate. However, even with its likeliness with respect to its volume, it was found out that the on-street parking facilities in Ermita-Malate are not fully utilized with lack of proper management. This study focuses on the identification and assessment of the current parking management practices of Manila Parking Management (MaPMa) which is now handling the on-street parking in Manila. The on-street parking volume, types of parkers as well as the collection from MaPMa were gathered. Also, this study aims to evaluate the shift from manual ticketing to the use of parking meter. In addition, as a point of comparison, collections from the other branches which use parking meter were obtained. From the data gathered, it was found out that the on-street parking management has been improved with the new management handling it and that there is an increase in the collection of parking fees. The use of parking meters would also increase the collection and reduce the tendency for illegal practices of the parking officers. Although the shift can be tricky especially during the implementation, the use of parking meters would promote an easier and safer on-street parking. To further maximize the use of parking slots, it is recommended that the maximum time of parking be reduced from ten hours to six hours.

**Keywords:** On-street parking, parking management, parking meter

## Introduction

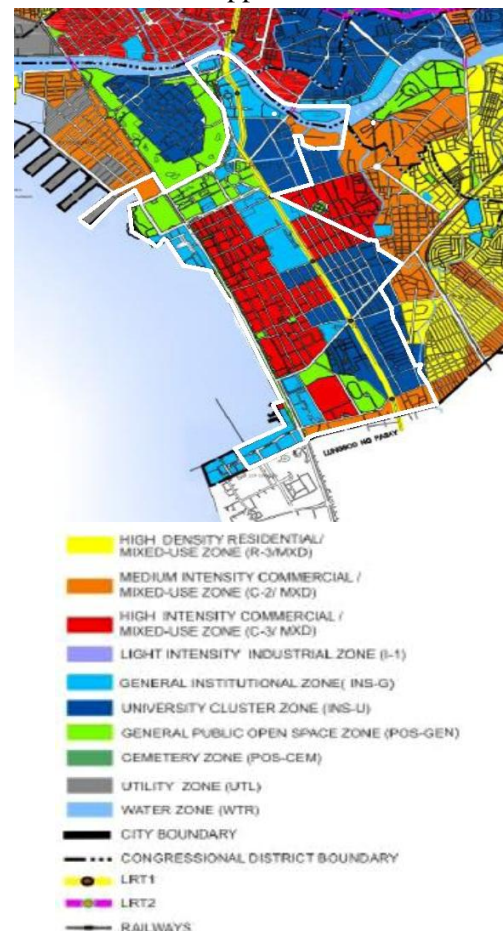
Ermita-Malate in the city of Manila is a highly commercialized and industrialized area. Although the area can be considered minimal, the concentration of business and offices here are relatively higher compared to the other districts of Manila. Figure 1 shows the comprehensive land use plan of the study area. Ermita is a high intensity commercial zone with university and general institution zones. Manpower agencies, hotels, restaurants and parks are situated here. On the other hand, Malate caters to more universities and some parts of the high intensity commercial zone. Majority of the on-street parkers are found within these high intensity commercial zones. Parking along national roads and public transportation routes is prohibited so on-street parking can be observed within the minor streets. The use of on-street parking has been the choice of most parkers due to the limited off-street parking facilities offered in the area. Also, some of these off-street parking facilities are a bit distant to most commercial areas making parking inconvenient for those who intend to stay for just a short period of time.

The ingress of Ermita-Malate is also very accessible. Major roads like Taft Avenue and Roxas Boulevard can be traversed to access major office areas. Light Rail Transit (LRT) Line 1 along with jeepneys and buses serve as the main mode of public transportation while SUVs and vans serve as auxiliary means of transportation.

On-street parking in Manila in general has been given meek attention by the traffic and parking bureau. In certain areas, on-street parking causes disruption in the flow of traffic. Illegal on-street parking also contributes to this dilemma. To help alleviate the severe traffic congestion in Manila caused by on-street parking, the local government decided to form MaPMa which focuses on the administration and enforcement of parking regulations.

This study is developed from the prior research on the comparison of on-street parking

management in Ermita-Malate and Makati Central Business District, Philippines of the same author.



**Fig. 1** Comprehensive land use plan of Ermita-Malate

The main purpose of this study is to assess the current on-street parking management of MaPMa in Ermita-Malate. This covers the implementation of the parking regulations and its efficiency. The study also aims to determine the current parking demand to calculate the turnover rate of the parking slots and also to identify the peak hours of parking. Information like the type of parkers and parking collection are to be used as supplement data for the assessment of the parking efficiency. Another purpose of this study is to evaluate the shift from manual ticketing which is currently the main system employed to the use of parking meters. This includes the advantages, disadvantages and current public feedback with the use parking meters. Lastly, this study seeks to recommend further improvement of the parking management to maximize parking efficiency.

## 2. Literature Review

### 2.1 On-street Parking Supply and Demand

According to the study conducted by the Asia Development Bank (2011) about the parking policy in Asian cities, street parking crises are often localized in high-profile commercial areas or streets. While parking itself is widely seen in these cities as hindering traffic flow, there was surprisingly little concern about the impact on congestion of motorists searching for parking. Lack of awareness of the parking search externality does not prove that it is not important. On-street parking is important although on-street parking is one of the main causes of traffic problem in an area. Even if a state provides abundant supply of off-street parking, there will always be on-street parking present. This is because people tend to choose to park in areas near destination, and gives importance to accessibility and convenience. The study suggests that there is a need to give consideration on the time consumed by motorists in searching for their parking slot on street since this may also cause traffic.

A study conducted by Oyon-oyon et. al (2008) on the on-street parking scheme for Ermita and Malate Districts, City of Manila, suggests that due to the fact that the area is surrounded by many establishments, there is an insufficient supply of parking facilities to accommodate the vehicles, thus, ending up cars parked along the narrow roads of Ermita and Malate Districts. In order to solve the problem, they proposed a new parking scheme to improve the traffic flow wherein vehicles are prohibited to park along main roads, narrow roads, and driveways, and at the same time, revenue will increase due to the fact that other areas will be utilized for on-street parking. They concluded that there is excess in demand even after improving the design of the parking facility. The real problem lies not only in designing a perfect parking scheme, but also to the over-demand of parking facilities given that the number of people going to Ermita and Malate area is rapidly increasing.

### 2.2 Parking Meter

One of the widely used technologies used worldwide to manage parking is the use of parking meter. Parking meters were first installed in 1935 in Oklahoma City and were created to address the concern with the lack of sufficient parking space for the rapidly increasing vehicle volume. Since then, the technology has been continuously

improved to compromise with its slip-ups. San Francisco County Transportation Authority (SFCTA) performed a study regarding the on-street parking management and pricing study primarily to investigate on the techniques to help improve the parking management of the city given the diversity of its neighborhood. This study involves four points of discussion; the review of the existing on-street parking management programs and neighborhood parking conditions, identification of strategies to improve the management of on-street spaces, assessment on the potential of using various innovative technologies to manage demand and increase the availability of parking spaces, the issues regarding residential parking management issues, and recommendations of comprehensive neighborhood parking management to improve parking conditions and support policy goals.

For the parking pricing, there are two approaches discussed which targets different issues:

- Variable parking pricing addresses on-street parking shortages and can be expected to have a limited effect on peak-period road use in San Francisco's most congested areas.
- Roadway congestion pricing is targeted at peak-period congestion and would likely have a stronger effect on peak-period traffic, particularly commute trips.

**Table 1** Meter district rates (per hour)

Meter District	Before July 1, '09	Effective July 1, '09	Metering Hours
Downtown	\$3.00	\$3.50	7am-6pm
Downtown Periphery	\$2.50	\$3.00	7am-6pm
Others	\$1.50	\$2.00	9am-6pm
Fisherman's Wharf	\$2.50	\$3.00	7am-7pm

**Source:** SMFTA

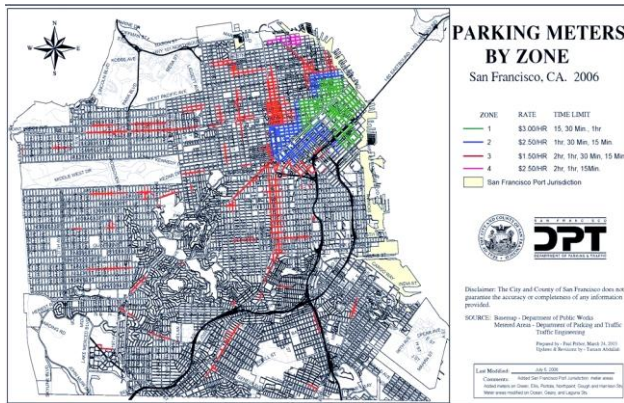


Fig. 2 Parking meters by zone (2006)

Parking meter is the primary technology used in San Francisco and shown in figure 2 are the four meter districts in the city including the pricing per area. The rates for each district vary as well as the time limit for parking as shown in table 1.

This study also introduces a new approach to manage the parking system named *SFpark*. According to the study, "The current *SFpark* pilot projects will test new networked parking meters, parking occupancy sensors, and parking information systems. Price-based regulatory strategies will be deployed, including variable pricing and progressive pricing." This approach changes the rates for parking which will be flexible depending upon the demand per area, time of the day and/or the length of stay.

## 2.3 Parking Management

One of the aspects given focus also by the study of the SFCTA is the neighborhood studies and the market research. The parking occupancy, turnover rates and parking duration in the commercial areas were calculated as for the observation. Occupancy is said to exceed its practical capacity when the percentage is over 85 percent. Turnover rates on the other hand indicate the efficiency of a parking space and are expressed in vehicles/space-hr. Parking duration is basically the average length of time a vehicle parks in a parking space in a given time.

A helpful approach used in this study is the parking management strategies involving four elements which are enforcement, technology, conventional regulation and price based regulation. Enforcement is a crucial part of parking management as it determines the efficiency of system being implemented. An effective

enforcement is said to promote compliance while inducing public safety. However, enforcement would not be enough and this is where the other strategies are needed. The conventional and price based regulations are suggested to focus on the demand of parking and the compromise with metering time periods and on/off-street parking pricing.

Recommendations were made with respect to the four parking management elements. First is the improvement of the parking experience, the utilization of more advanced technology, structuring privileges to permit holders and lastly, promotion of neighborhood level management.

## 4. Methodology

The main objective of this study is to assess the on-street parking management in Ermita-Malate. The data collection and analysis involves three major phases; identification of the parking demand, assessment of the parking management in terms of the efficiency of the administration and implementation, and lastly the evaluation of the shift from manual ticketing to the use of parking meters.

The first phase of the study is determining the demand of on-street parking in the study area. The study focuses on the day-time volume from 8:00 AM to 5:00 PM. The collected parking volume was used for the computation of the turnover rate and average parking occupancy in morning and afternoon. The equations used are the following:

$$TR = \frac{N_t}{S \times T_s} \quad (1)$$

where,

$TR$  : turnover rate

$N_t$  : total number of vehicles observed

$S$  : number of parking slots

$T_s$  : time of study in hours

$$Occupancy = \frac{N_x}{S} \quad (2)$$

where,

$N_x$  : average number of vehicles parked

$S$  : number of parking slots

The type of parkers per cluster and the parking fee collections were used to validate the computed values of turnover rate and occupancy.

Assessment of the parking management is the next phase of the data collection and analysis. As mentioned earlier, MaPMA just started operating over a year ago and there are still some glitches with its system. The management's main apprehension is on the reception of the people, particularly of those who used to handle its own on-street parking like the residents and business owners. Aside from this, issues about the parking officers are often encountered by the management. The measurements taken by the management to address these concerns are discussed in the analysis.

Data from previous study was also used for the assessment of the existing parking facilities which used Ordered Probit Analysis. The t-values generated were used to analyze the correlation between the variables in different survey data and the behavior of the collected samples. From the data previously collected, the equation formed was:

$$y_i = x_i\beta + \varepsilon_i \quad (3)$$

where,

- $y_i$  : frequency of visit to Ermita-Malate
- $x_i$  : independent variables (such as age, number of cars per household, family income, parking duration, frequency of visit with vehicle, purpose of trip, parking place, household size, amount paid for parking, limited parking spaces)
- $\beta$  : unknown coefficient
- $\varepsilon_i$  : random error

The final phase of the study involves the evaluation of the shift from manual ticketing to the use of parking meters and handheld ticketing devices. There are parking meters installed in certain areas, although most of which are not operational. The advantages, disadvantages as well as the feedback of the use of parking meters are discussed.

## 5. Results

### 4.1 Parking Demand

Ermita-Malate is divided into five clusters. Cluster 1 is composed mainly of restaurants with

several offices. Most of the parkers here are diners who occupy almost three quarters of the parking spaces. Cluster 2 has mixed use of offices, commercial establishments and public hospital. The parking slots are mostly allocated for cars and some motorcycles. Cluster 3, on the other hand, is shopping area with some offices. Most of the parking slots are for cars with certain slots shared by cars and motorcycles. Cluster 4 is mostly comprised of offices and some restaurants. Only a small percentage of the slots are allocated for motorcycles. Cluster 5 is composed of various institutions and establishments including universities, restaurants and offices. Most of the parkers here are diners and student from universities. The summary of the breakdown of type of parkers are shown in figure 3.

In the recent years, the number of parkers who use the on-street parking facilities in Manila has been increasing. Even with the constant increase of car usage, the supply of both on-street and off-street facilities has not totally met this demand.

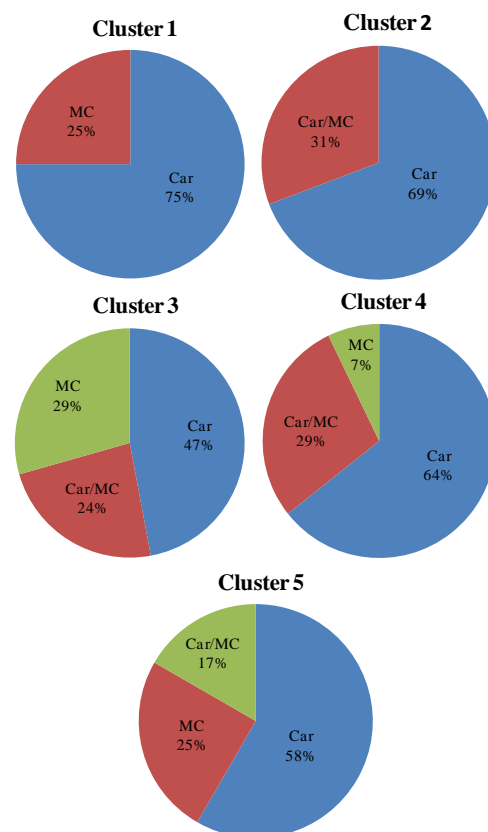
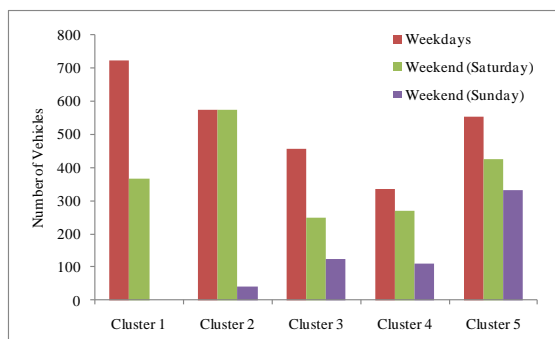
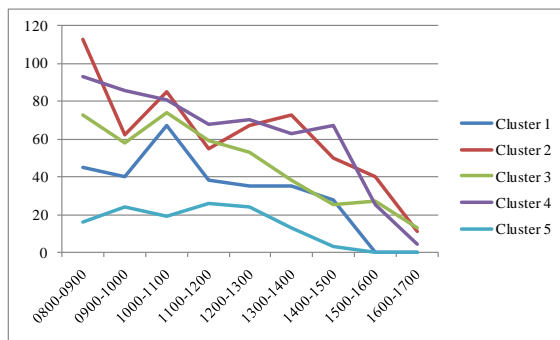


Fig. 3 Type of parkers per cluster

The parking volume in Ermita-Malate varies during weekdays and weekends. Figure 4 shows that during weekdays, cluster 1 has the highest parking volume. This volume is accounted from the offices in the area, particularly by embassies and manpower agencies with its ample number of applicants. Clusters 2 and 5 share almost the same weekday parking volume from the students, office workers and shoppers going to the area. Over the weekend, the volume decreases on average because of the offices which are closed during the weekends. Clusters 2 and 5 which are shopping and leisure areas get more parkers during this period.



**Fig. 4** Parking volume per cluster



**Fig. 5** Hourly parking volume

This study assessed the parking demand based on the day which represents the most parking volume which is during weekdays. On average, the peak time of parking is at 8:00 AM where most workers and students start going to their offices and schools, respectively. The volume increases sometime between 10:00 AM -11:00 AM when most of the establishments and restaurants open and then decreases in afternoon.

From the previous study of Go et. al (2010) regarding the parking scheme in Ermita-Malate,

they computed the turnover rate to be as follows: 0.099 for Area 1, 0.233 for Area 2, and 0.170 for Area 3. These values do not differ that much from the currently computed values as shown in table 2 except for the turnover rate in cluster 1. Given that Ermita-Malate has a diverse land use, certain areas exert higher turnover rates compared to others. However, with a turnover rate of 0.178 veh/sp-hr for the whole study area, this still implies a low turnover of vehicles. A study conducted prior to this compared the parking demand data of Ermita-Malate and Makati CBD. The turnover rate for Makati CBD was 0.367 veh/sp-hr which can be contributed to the 3-hr parking rule implemented in the area. For the average occupancy, all of the clusters do not reach the maximum practical occupancy of 85%.

**Table 2** Parking demand data

Cluster	Turnover Rate (veh/sp-hr)	Ave. Occupancy
1	0.367	36.68%
2	0.154	17.22%
3	0.162	16.22%
4	0.203	20.27%
5	0.208	19.78%

## 4.2 Assessment of the Old and New Parking Management

**Table 3** Summary of Comparison of the Old and New Management

	<b>Old Management</b>	<b>New Management</b>
Population (as of 2010)	84, 337	
Parking Management	Manila Traffic Parking Bureau (MTPB), private (residents)	Manila Parking Management Authority
Total number of vehicles that park in the study area	2476	2642
Parking Fee	P30-40 (with ticket) P20-30 (without ticket)	P30 (first 3 hours) P15 (additional hour)
Parking Limit	No limit	10 hours
Revenue (per day)	P99, 040	P174,040

The table above shows summary of the comparison between the old management and the new one. The observed number of parked vehicles increased by 6.7% but we also have to consider that the count from the previous management include the illegal parkers. With this, we can assume that the increase in the number of parkers was actually more than 6.7%. The previous parking rates are also similar from the current rates. However, the parking fees collected by the previous management are often times at a fixed rate but the management persists on additional payment for succeeding hours of parking. Because of this, there is higher revenue generated by the new management. The new management also works on Memorandum of Agreement (MoA) with establishments and offices with regular parkers. This MoA would benefit both parties. For example, a restaurant that has high parking turnover rate would just pay a fixed amount instead an incurred value from fees by their delivery trucks or customers. Meanwhile, MaPMA would receive a fixed amount monthly without

worrying about the parking officer that will supervise the area and also if the parking slots would produce a high or low turnover.

An ordered probit analysis was used for the survey results. Shown in table 4 are the dependent variables found to be significant from the survey. Most of the respondents who frequently visit the area agree that there are limited parking spaces in Ermita-Malate. This statement does not totally hold true with the parking facilities available in the area, but rather, we can say that the parking facilities are not efficiently used as per its average occupancy.

**Table 4** Parameter Estimate

Variables	Estimate	T-Values
car1 (2 and below)	-.535	-2.026
freq2 (4-5 times a week)	-1.174	-4.124
freq3 (2-3 times a week)	-.940	-3.395
freq4 (once a week)	-.530	-1.830
freq5 (seldom)	0	1.830
place1 (Name of School)	.421	1.903
Limitpark (Limited Parking Spaces)	.623	1.978

The data results could give us an idea about the efficiency of the parking facilities. The management could actually produce greater revenue if the use of on-street parking could only be maximized. One of the struggles of MaPMA which also contributes to this inefficiency is the response of the public when the new management was introduced. Some areas welcomed the idea open mindedly while there are those who refused to give in their parking slots. Most of these people who refused to cooperate with the management are those who either handle their own on-street parking or business owners who used the on-street parking for free. The response of the management to this is the collaboration with the local barangay officials and the MoA which they offer to the other businessmen. Another issue constantly encountered by MaPMA is the illegal practices of parking officers. The most common offense committed by the parking officers are fraud and tampering. Those who are proved to have committed such offenses

are suspended or removed from their job. Also, the management is currently revising their employment requirements to ensure the legitimacy of the parking officers.

#### **4.3 Shift from Manual Ticketing to the Use of Parking Meters**

The use of parking meter for on-street parking is widely used in European countries and also in America. Asian countries like Hongkong and Singapore have adapted this technology in the recent years. The use of parking meters is an easy and convenient way in parking on-street. Coins or cards are the usual mode of payments for parking meters. Aside from the convenience, the use of parking meters also reduces the chances for manipulation of the payment unlike with manual collection. However, just like any other technology, the use of parking meter also has its downside. One of which is that you have to determine exactly how long you will be staying. Also, you most likely cannot stay for too long because of the time limit often imposed with the parking meter system and would be advised to use off-street parking facilities. Manipulation which is totally inevitable is also a risk especially with parking meters that accept coins as mode of payment.

At present, there are two areas handled by MaPMa which use parking meters. The first is Binondo and the other one is Ermita-Malate. Binondo pioneered the use of parking meters in Manila when launched in January 2013. More parking meters are installed and functional here compared to Ermita-Malate. Around ten to twenty percent of the daily collections come from the installed parking meters. Greater revenue is also achieved if more cars park for a long time because of the accumulated amount from the succeeding hours. In Ermita-Malate, only a small portion of the installed parking meters are operational, thus, no significant percentage from the daily collection is attributed from the parking meters.

Parking meter is a very useful tool especially when its functions are maximized. From the interviews conducted during data collection, most of the parkers say that they are willing to use the parking meters if the service and time of parking is improved. The rates implemented are also cheaper compared with manual ticketing which is a plus point for the parking meter.

#### **6. Conclusion and Recommendations**

Ermita-Malate is a business district with a huge potential when it comes to the use of parking meters especially with its high on-street parking volume. With the new management, the total parking volume increased, which in turn increased its revenue. These improvements can be considered significant given that it is under operation for just over a year. The system can be further calibrated in the coming years if given its proper attention.

The use of parking meters can help improve the service and efficiency of on-street parking especially during peak hours. With the 'tap-n-go' system, on-street parking can be done in just a short period of time. This could also promote safer and more convenient parking. Although the shift can be tricky especially with the public's response over the new system, it could still be effective when implemented properly.

It is recommended that the maximum time of parking be changed from ten hours to six hours at most. Areas with high turnover rates can have shorter parking limit to be able to further improve its efficiency. However, this still has to be amended and legalized by the local government of Manila to take effect.

#### **7. Acknowledgement**

The authors would like to express their gratitude to the management of MaPMa and Tokagawa Global Corporation for the chance given to study the current parking management of Manila. This study would not be possible without the expertise of Marco Salcedo who helped greatly during the data collection.

#### **References**

- [1] Allison L. C. de Cerreño, Ph.D. (December 2002). *The Dynamics of On-Street Parking in Large Central Cities*. Retrieved from <http://www.michaelwalker.ca/files/rudin.pdf>.
- [2] Anagnostopoulos, K.P., Dimitriou, D., Stephanis, B. & Vavatsikos, A. (2002). Evaluation of a Transportation Project with the Analytic Hierarchy Process: Best Parking Angle Selection. *Urban Transport VIII*, 2, 161-168.
- [3] Amusan L.M (n.d.) Study of Factors Affecting Construction Cost Performance in Nigerian

- Construction Sites. Retrieved from Covenant University.
- [4] Asia Development Bank (2011). Parking Policy in Asian Cities. Retrieved from <http://cistup.iisc.ernet.in/Urban%20Mobility%2008th%20March%202012/parking-policy-asia.pdf>.
- [5] Benitez, F., Brebbia, C. A. & Sucharov, L. J (2002). *Urban Transport VIII*. Southampton, UK: WIT Press.
- [6] Chance, B. (2009). Parking Problems- Potential Solutions[powerpoint slides]. Retrieved from [http://www.chancemanagement.com/downloads/presentations/CMA\\_MEPS2009\\_OnStreet.pdf](http://www.chancemanagement.com/downloads/presentations/CMA_MEPS2009_OnStreet.pdf)
- [7] Gresham Smith and Partners (June 2002). On-Street Parking. Retrieved from [http://www.bgky.org/publicworks/planningdesign/transportation/pdf/On-Street\\_Parking.pdf](http://www.bgky.org/publicworks/planningdesign/transportation/pdf/On-Street_Parking.pdf)
- [8] Makati Parking Authority (2008). Locate on-street parking. Retrieved from <http://www.makatiparking.com.ph/map/makati.html>
- [9] Mark Henric T. Go, Myron Julius O. Manguera (September 2010). Assessing Parking Demand and Supply of Establishments in Ermita-Malate Area City of Manila. Retrieved from De La Salle University
- [10] Oyon-oyon, G., Sudaria, G., Yang, P.J., (2008) On-street Parking Scheme for Ermita and Malate Districts, City of Manila. Retrieved from De La Salle University.
- [11] Parking Management Study (n.d.). Retrieved from [http://www.sfcta.org/sites/default/files/content/Planning/ParkingManagementStudy/pdfs/parking\\_study\\_final.pdf](http://www.sfcta.org/sites/default/files/content/Planning/ParkingManagementStudy/pdfs/parking_study_final.pdf)
- [12] Republic Act No. 4136 from Lawphil Project (2000). Retrieved from [http://www.lawphil.net/statutes/repacts/ra1964/ra\\_4136\\_1964.html](http://www.lawphil.net/statutes/repacts/ra1964/ra_4136_1964.html)
- [13] World's First Parking Meter (n.d.). Retrieved from <http://www.history.com/this-day-in-history/worlds-first-parking-meter-installed>

## **IMPROVE ACCESSIBILITY AND ENSURE MULTIMODALITY OF METRO LINE WITH PUBLIC TRANSPORT SYSTEM IN HANOI**

Paper Identification number: **AYRF14-014**

Tuan Anh LUONG<sup>1</sup>, Hai Linh LE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Road and Urban Transportation, Faculty of Transport Economics,  
University of Transport and Communications  
Tel: (+84) 4 3766 4067  
Email: luongtuananh1988@gmail.com

<sup>2</sup> Department of Economics and Management Principal, Faculty of Transport Economics,  
University of Transport and Communications  
Tel: (+84) 972 314 258  
Email: l2linh.kt@gmail.com

### **Abstract**

After two decades of innovation, Vietnam has obtained a number of great achievements in socio-economic development, lead to the boom of traffic demand in urban areas. This is the valuable opportunity as well as threat for development of urban transport system. However, only bus services are developed in almost big cities in Vietnam, cannot satisfy the travel demand in over-one-million-population cities such as Hanoi. Under this context, on one hand, an urban mass rapid transit (UMRT) system in Hanoi is necessary and has the priority to meet the high travel demand in future. On the other hand, the UMRT system also required other transport modes such as bus services, taxi or private vehicles for improving the accessibility and attracting more passengers to use public transport. The study concentrated on developing the urban transport facilities, services and measures, together with introduction of Intelligent Transport System (ITS) in transport management to encourage public transport usage. The Ngoc Khanh station of Hanoi Metro Line 3 was use as a sample for preparing designs for the areas around to provide basic standard equipment and fittings for the multi-modal hubs and for public spaces around the stations, including commercial equipment, parking spaces, pedestrian areas, feeder public transport lines, and similar. This study used data from several surveys of transport demand, modal share, transport infrastructure conditions, public transport system and parking conditions to analyse interchange demand and choose the reasonable layout for public transport interchange, parking area for private vehicle or park-and-ride service. The aim of this study is to improve the accessibility of the stations and optimize the possibilities of fully integrating the Metro Line 3 with other public transport modes; increase awareness and understanding of concept of a modern, safe, convenient and environmental-friendly public transport interchange for the public.

**Keywords:** accessibility, metro station, integrating public transport system, public transport interchange

### **Introduction**

The 2008 approved Urban Transport Master Plan for Hanoi by 2020 sets out recommendations for future transport development of the city, which envisages a high priority for public transport development. Modal share of travel in Hanoi urban areas by public transport has been targeted to be a daily high level of 35% in 2020 and 55% in 2030 compared with only around 10% today. Further initiatives will be needed to facilitate the desired increase in public transport usage. These will generally be “soft” in nature, with a focus on operations and management of the

transport system, management of the demand by people for transport services, together with low cost investments in civil works and equipment to complement the extensive investments already proposed. Those initiatives which have been developed includes: (a) being Integrated refers to initiatives which will facilitate the development and use of a public transport system that enables users to make journeys using any transport mode easily and seamlessly, services and frequencies designed to reduce waiting times, passenger information covering the whole system, while fares do not

penalize users for changing modes and only one ticket is needed for each journey, irrespective of the mode used; (b) being Sustainable refers to duly addressing the three generally accepted areas of sustainability – economic/financial, social and environmental; (c) being Innovative means initiatives that are new to Vietnam in general; (d) being Transformational – initiatives that have the capability of transforming the travel behaviour of people, or the ways in which people and decision makers view public transport. In this context, the transformation desired is from use of private transport to increased use of public transport. Most transformational initiatives tend to relate to changes in policies, regulations, and the institutional arrangements and business processes of transport agencies.

To develop and apply these initiatives into the public transport system in Hanoi, The Strengthening Sustainable Urban Transport for Hanoi Metro Line 3 Project is carried out and focused on developing the urban transport facilities, services and measures along Hanoi Metro Line 3, primarily at the proposed 12 stations, together with necessary policy and regulatory measures to encourage public transport usage. This program is focused on preparing designs for the areas around the entrances/exits to show where bus stops, taxi ranks, xe-om parking would be, or the improvements needed to footpaths or traffic management measures including measures for the disabled on roads under/over the station and surrounding it. The aim is to improve the accessibility of the stations and optimize the possibilities of fully integrating the Metro Line 3 with other public transport modes. In particular, this paper concentrated on describing solutions implemented in Ngoc Khanh station for the accessibility and integration improvements, with a focus to improve accessibility to Ngoc Khanh metro stations on Metro Line 3 and ensuring multimodality through the good connectivity of metro line with existing and future public transport system. More specific objectives of this study are: (i) Increase awareness and improve understanding of concept of a modern, safe, convenient and environmental-friendly public transport interchange for the public; (ii) Improve accessibility to Ngoc Khanh stations; (iii) Enhance public spaces affected by the Metro Pilot Line 3 around Ngoc Khanh stations; (iv) Improve connectivity with the existing and future public transport system in Hanoi city; (v)

Provide basic standard equipment and fittings for the multi-modal hubs and for public spaces around the stations, including commercial equipment, parking spaces, pedestrian areas, feeder public transport lines, and similar.

## **2. Methodology and Data Collected**

### **2.1 Methodology**

Firstly, the study used data collecting from site surveys of MVA Consultants to estimate the transport infrastructure and accessibility surrounding Ngoc Khanh station. These survey was conducted in mid-2013 including: (i) Survey of land use and buildings along the line, conducted by a thorough survey of buildings (address, no. of floors, area, no. of people working, shopping, etc.); (ii) Traffic surveys to assess the accessibility of wide and narrow roads, wards and sub-wards; and also the transportation infrastructure nearby; (iii) Public transport system survey to estimate the capacity of bus interchange and vehicle, frequency of bus route in peak/off-peak hour, location of bus shelter areas; (iv) Parking surveys to collect information of public and private parking within the study, including indoor, basement and outdoor with full details.

Secondly, to forecast transport demand and modal share, the study reviewed demand – supply analysis of SYSTRA Consultants to estimate the total patronage of public transport usage. To evaluate the proportion of each transport mode usage in transferring between bus to metro, private vehicle to metro and pedestrian to metro and reverse, this paper summarized and reviewed several previous studies in Ho Chi Minh City, Bangkok which have several similar conditions in population, density, income, level of car ownership, or passenger behavior and other studies for Metro line 5 in Hanoi.

Those surveys provided data of transport demand in connecting to metro station and proportion of each mode. In case of Hanoi, travel demand still based on motorbike, and the second priority choice is bus system, thus the study could make the choice of parking layout, bus interchange layout to optimize the location, capacity and the accessibility from these area to station, improving the multimodal transferring. In addition, the survey indicated that Ngoc Khanh station is a centre-area station with many commercial and high building nearby, thus the accessibility of pedestrian also need to concentrate, might be implemented by

improving sidewalks or ensuring the safety for pedestrian. These ideas will be presented in results.

## 2.2 Demand – Supply Analysis

Based on studies of SYSTRA, the total demand estimated in term of patronage forecast for every station shown in Table 1 provides a basic input to station design. However, there is a need to know how Metro Line 3 users will get to the stations. The question of access mode share is an important input to station layout design, as the access mode share will specify the requirement for access and egress to and from every station by different modes: walk, bicycle, motorcycle, xe-om (motorcycle taxi), taxi, car, and bus.

**Table 1** Metro Line 3 Peak Hour Patronage  
Forecasts in 2038 (Pax/hour)

Name of Station	Passenger on Track 1	Passenger on Track 2
Nhon	8.420	5.670
Minh Khai	3.270	1.160
Phu Dien	3.680	920
Cau Dien	3.980	1.400
Le Duc Tho	5.720	2.100
DHQQ	5.780	3.430
Chua Ha	4.130	2.690
Cau Giay	6.190	3.930
<b>Ngoc Khanh</b>	<b>7.280</b>	<b>4.670</b>
Cat Linh	8.450	5.890
Van Mieu	5.940	4.480
Hanoi RW	10.140	7.680

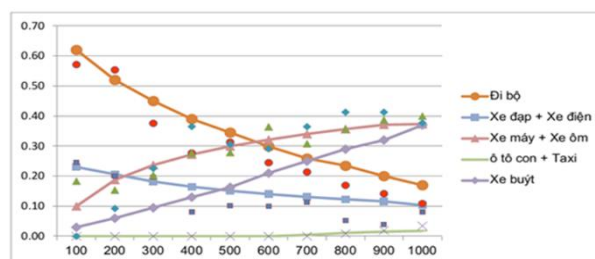
**Sourced:** Metro Line 3 Design, SYSTRA Consultants (2008)

The proportion of buses used in the study of the ABD TA7894 (2013) is expected to be 15% to 40% depends on each station and are evaluated according to key parameters: (i) an integrating ticket system between bus and Metro. (ii) reduce the number of bus routes duplicated with metro line; (iii) number, capacity and quality of buses are appropriate in Hanoi; (iv) the number and quality of feeder bus, bus frequency time, reliability and payload. The ratio of walking is assumed to be 20% - 35%, this ratio tends to increase in city centers and higher in major interchange stations. The rate also shows the amount of people access by motorbike and xe-om to Ngoc Khanh station is 8% and 21%, respectively. Moreover, ABD TA7894

(2013) study report does not mention the number of passenger directly interchange with Metro Line 5 in 2038.

The paper conducted a review of bus network as well as the need for interchange to Metro line 5 (based on two studies of the JICA and TEDI for in 2013). The adjustments for mode share primarily to the result of ABD TA7894 (2013) are: Increase bus percentages at Ngoc Khanh interchange station and reduce at Cau Giay; additional interchange passenger mode share with Metro Line 5. The access mode share is also sourced from the following data: Surveyed at major bus terminals in Hanoi, (by HAIDEP in 2006/7); Surveyed at 12 MRT stations in Bangkok, (by SYSTRA MVA (Thailand) Ltd in 2009/10); Stated choices for access modes to future stations from household interviews in HCMC Metro Line 2 corridor (by ADB TA7892 in December 2012).

The main conclusion from this survey showed that if the rate of 15% motor vehicle access to a bus station is via motorcycle or xe-om, then such rate for a metro station will be almost certainly higher than this number. The study has conducted a review of the bus demand survey data at Ngoc Khanh of ABD TA7894 (2013), OD and SP survey was conducted in May 1/2013 by TED.co. The additional survey carried out by MVA were also conducted in May 6/2013. The additional survey results at bus shelters are shown in Figure 1 below:



**Sourced:** ABD TA7892 Household Survey, MVA Ltd. (2013)

**Fig 1** Access mode percentages by distance

Mode share of interchange passengers between Metro Line 3 and 5 at Ngoc Khanh station is estimated based on data from studies of MVA for Metro Line 2 in HCM city as well as JICA for Ha Noi Metro Line 5 and is assumed to be 15%. Other mode share will decrease correspondingly to the priority of buses and walking. At Ngoc Khanh station, demand forecasts have assumed that the bus will be restructured so that the buses pick up

passengers to metro station, rather than providing an alternative means of competition. This means that there will be high demand of interchange between buses and metro at this station. If not considering the interchange share between Metro line 3 and line 5 (the share which has low impact to calculate access modes), the results are shown in Table 2.

**Table 2** Accessibility mode share to station

Mode	2018	2038
	Estimated share	Estimated share
Walk	30%	35%
Bus	40%	34%
Car	3%	3%
Taxi	2%	4%
Motorcycle	8%	6%
Xe om	12%	12%
Bicycle	5%	6%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Sourced:** MVA Consultants Ltd. (2013)

### 2.3 Transport Infrastructure surrounding Ngoc Khanh station

Ngoc Khanh Metro Line 3 station is underground, and located under Kim Ma Street, on the eastern side of the Nguyen Chi Thanh and Lieu Giai Street. Ngoc Khanh is an interchange station with Metro Line 5 that will run under Nguyen Chi Thanh and Lieu Giai Street. A flyover is currently being constructed on the top of Kim Ma Street. Dao Tan Street is an important East West route west of Ring Road 2 (and close to Ngoc Khanh station with 2x3m lane carriageway and a median. East of Lieu Giai, Dao Tan Street is narrowed down to 2 lanes 2 way and further east widens to form a service road to Kim Ma Street.

### 2.4 Land use and buildings surrounding Ngoc Khanh station

The area surrounding Ngoc Khanh station is predominantly open space/green park and a large Diplomatic area, as well as office use together with mixed used of commercial (frontage shops along Kim Ma street), a residential area with a number of small alleys along Kim Ma street, and educational use in the south of Ngoc Khanh station. The following key potential traffic generators for Metro Line 3 are: In the South: mainly low rise residential areas and educational (Ngoc Khanh Primary, Phan

Chu Trinh Secondary and Dong Do University); In the North: Ngoc Khanh car park and vehicle testing station; In the Northwest: Daewoo Hotel and Lotte Tower (under construction); In the South West: VIT Tower (office building).

### 2.5 Access Conditions

**Access ways:** With regard to the roads and alleys surrounding Ngoc Khanh station, the pedestrian footways vary from 3-6m, generally of poor quality, with many obstacles and parking on the footway.

**Traffic junction inventory survey:** A traffic junction inventory survey for the area surrounding the two stations was conducted by MVA in mid-June 2013. MVA surveyed thirty-five junctions around the Ngoc Khanh station area. Three junctions (La Thanh/Nguyen Chi Thanh, Kim Ma/Van Bao, and Lieu Giai/Phan Ke Binh/Van Phuc) are signal controlled. The city recently built the Nguyen Chi Thanh/Lieu Giai flyover over the main junctions of Kim Ma/Nguyen Chi Thanh/Lieu Giai and Dao Tan/Lieu Giai, with the traffic lights reinstalled for the movements not serviced by the flyover. Nineteen junctions have pedestrian crossing markings. Fourteen junctions have regulatory signs banning particular movements or particular vehicles classes. Near the Ngoc Khanh station, key junctions are the Kim Ma/Nguyen Chi Thanh/ Lieu Giai and Dao Tan/Lieu Giai junctions to the west of Ngoc Khanh station, and Dao Tan/Kim Ma junction to the east of Ngoc Khanh station.

### 2.6 Parking conditions

MVA inventoried thirteen parking areas around Ngoc Khanh station. These parking areas cover a physical area of more than 26,000 m<sup>2</sup>, almost all of it on the footway. The parking lot in the Ngoc Khanh triangle (9,000 m<sup>2</sup>) is the only parking lot suitable for the Ngoc Khanh station. Other parking lots are around 500m or more from the station.

### 2.7 Vehicle and Pedestrian movements

Current traffic conditions around Ngoc Khanh station are congested. The city recently constructed a flyover from Nguyen Chi Thanh Street to Lieu Giai Street was to alleviate these conditions. The introduction of Metro Line 3 will also help reducing vehicular traffic. Congestion is

acute during the AM peak period (see Figure 2a) but is at its highest in the afternoon peak (see Figure 2b). Key congestion areas include:



**Sourced:** TED.Co Traffic Survey Report (2013)

**Fig 2a** Traffic Flow around Ngoc Khanh station  
AM peak (2 hours)



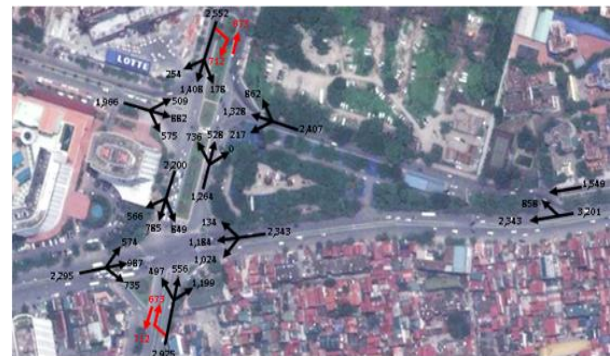
**Sourced:** TED.Co Traffic Survey Report (2013)

**Fig 2b** Traffic Flow around Ngoc Khanh station  
PM peak (2 hours)

Congestion often occurs at Daewoo Intersection during the day, particularly in the straight traffic flow. The overpass from Nguyen Chi Thanh to Lieu Giai Street has lightened the traffic volume that was saturated. However, the 4-arm intersection signals at Kim Ma/Nguyen Chi Thanh/Lieu Giai and Dao Tan/Lieu Giai have kept all allowed movements. The highest traffic volumes are along Kim Ma Street in front of Ngoc Khanh station with more than 6,000 pcus going west and more than 6,900 pcus going east over the two hour

PM peak. With two lanes each direction and the Kim Ma/Nguyen Chi Thanh/Lieu Giai traffic signal, this section of Kim Ma Street going west is already above capacity.

Based on traffic counts and expected urban and infrastructure developments, the following Figure 3 shows the forecasted 2018 evening peak hour (17:00-18:00) vehicular traffic (pcus) in Ngoc Khanh intersections.



**Sourced:** MVA Consultants Ltd. (2013)

**Fig 3.** Forecasted 2018 evening peak hour (17:00-18:00) vehicular traffic (pcus) in Ngoc Khanh intersections

In 2018 the total entering traffic to Ngoc Khanh intersections will be about 14,500 pcu/hour, 6.1% more than in 2013. Total entering traffic to Daewoo intersection (Kim Ma/Nguyen Chi Thanh/Lieu Giai) will decrease by 7.6% to about 9,100 pcu/hour, while the total entering traffic to Dao Tan/Lieu Giai will increase by 32.4% to about 7,500 pcu/hour. Thus, the Dao Tan/Lieu Giai intersection will be more congested in the future.

About pedestrian movements, at Ngoc Khanh current pedestrian volumes are still manageable (at 1,450 pedestrians/hour, classified as Level C), (Fruin, 1987). With the property development of the surrounding areas of Ngoc Khanh, such as the Lotte building, and the corresponding pedestrian activity that those developments will generate, together with the increased importance of Ngoc Khanh as a multimodal interchange area, pedestrian volumes at Ngoc Khanh will increase. Thus, the level of service will decrease if the city does not carry out footway improvement/ widening to increase the capacity. In addition, MVA's survey results in Ngoc Khanh station shows the pedestrian footpaths

vary from three to six meters, with not good quality: there are many obstacles and parking on the footpath.

## 2.8 Public transport

Currently, no routes currently terminate at Ngoc Khanh. Ten existing bus routes pass close to Ngoc Khanh. These are routes 09, 12, 18, 25, 27, 28, 32, 34, 38 and 50. Four Routes (25, 32, 34 and 38) operate east – west along Kim Ma passing the site of Ngoc Khanh station, duplicating this section of Metro Line 3 and are candidates for rationalization when Metro Line 3 opens. Two routes (18 and 50) operate between the south (Nguyen Chi Thanh) and East (Kim Ma). Route, No. 50 from Long Bien via the Old City operates from east of Ngoc Khanh junction to the south via Nguyen Chi Thanh. Three routes operate between the South (Nguyen Chi Thanh) and West, Route 27 and 28 via Kim Ma and Route 12 via Dao Tan. Route 26 and 27 also originate at Cau Giay and then operate south on Nguyen Chi Thanh, but Route 26 “shortcuts” via La Thanh and avoids the Ngoc Khanh junction. Route 9 operates between the west (Kim Ma) and North (Lieu Giai). It originates at Cau Giay Interchange and operates north from the junction to Lieu Giai Street. It is the only bus route on this road, and then takes a circuitous route to the Old City along the shore of West Lake, staying north of the Metro Line 3 alignment.

Scheduled peak headways of the existing routes serving the Ngoc Khanh Station area vary from five minutes (Routes 27 and 32) to 20 minutes, and off peak headways vary from 10 minutes (route 32) to 20 minutes. Operating hours of the majority of routes are from approximately 05:00 to 21:00, with a few of the busier routes operating until 22:30. Currently, the bus stops for the east-west routes on Kim Ma in the vicinity of Ngoc Khanh Station are spaced very far apart (approximately 1km), and are located a long way from the junction and the proposed station site.

MVA (2013) conducted a bus occupancy and headway variance survey at Ngoc Khanh bus interchange station was conducted 05 July 2013. The survey was conducted at Lieu Giai (Section I, southbound, before Dao Tan intersection) and at Nguyen Chi Thanh (Section II, northbound before Kim Ma intersection) for three hours over three time periods (06:30-07:30, 10:00-11:00, and 17:30-18:30). Summary results of the survey are shown

in Table 3, which shows some 30-34 buses/hour through Ngoc Khanh in the south-north direction.

**Table 3** Summary Result of bus occupancy survey at Ngoc Khanh station

Direction	Number of buses	Occupancy on Arrival	Average Occupancy
<b>Survey period: 06:30-07:30</b>			
Southbound	10	115	11.50
Northbound	24	555	23.13
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>670</b>	<b>19.71</b>
<b>Survey period: 10:00-11:00</b>			
Southbound	9	146	16.22
Northbound	24	687	28.63
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>833</b>	<b>25.24</b>
<b>Survey period: 17:30-18:30</b>			
Southbound	8	184	23.00
Northbound	22	667	30.32
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>851</b>	<b>28.37</b>

Sourced: MVA Consultants (2013)

To summary, the area adjacent to Ngoc Khanh is fully developed, with mixed use development including education centres, but with some areas of open space/ diplomatic area. A new 70 storey office/ commercial building is currently under construction which will be a potential major generator of pedestrian movements to and from the station, along with some of the existing high rise office buildings in the immediate locality including Daewoo Hotel, VIT tower etc.. The station is underground at this location. The road network around the station includes Kim Ma Street, Nguyen Chi Thanh/ Lieu Giai Roads, and Dao Tan Street which are all arterial roads on the Hanoi road network. Traffic flows along Kim Ma road in front of Ngoc Khanh station are around 3,000-3,500 pcu/hr per direction. Pedestrian volumes around this area are lower than at Cau Giay. The footways around Ngoc Khanh are generally in a poor state of repair and would need to be upgraded/ widened in the future. In the future, there will be a need to provide grade separated pedestrian facilities are mid-block crossings directly outside the station across Kim Ma and to facilitate pedestrian movements across the road between the key generators such as Lotte Tower/ Daewoo Hotel. Currently, the bus stops for the east-west routes on Kim Ma are about 1km from Ngoc Khanh station.

In order to promote metro-bus interchange, opportunities for locating bus stops closer to Ngoc Khanh station along the service routes need to be investigated. One opportunity is the land parcel adjacent to Ngoc Khanh station, which is currently used for car parking, although it is zoned in the land use Master Plan as open space. It is noted that this area also is the only area offering a convenient for parking for park and ride opportunities

### 3. Results and solutions

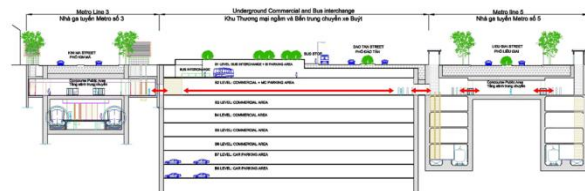
#### 3.1 Technical solution for Multimodal connectivity

Ngoc Khanh station is located within Ba Dinh urban District. The District is considered as the political centre of Vietnam with most of the government offices and embassies located here. Ba Dinh is also an educational hub with a number of secondary and high schools located in the district. RMIT University Hanoi campus is located on Kim Ma Street, west of Lieu Giai Street, close to the future Ngoc Khanh station. A possible development concept of Ngoc Khanh triangle (see Figure 4) is prepared: construction of the triangle plot becomes an underground as part of a larger commercial development. The construction cost of the bus terminus under this development concept would not be under this Project and it is expected instead that it would be part of a package associated with the commercial development offered to private investors by the city, possibly planned and designed as part of the overall Ngoc Khanh area development. This option have been predicated on a requirement for an interchange bus station at Ngoc Khanh station (interchange station between Metro Lines 3 and 5). This requirement is in part to cater for three new feeder bus routes and four interchange bus routes relocated from Cau Giay, as there is no space in the future at Cau Giay for these terminating routes.



Sourced: MVA Consultants (2014)

**Fig 4** Possible Underground space construction at Ngoc Khanh station



Sourced: MVA Consultants (2014)

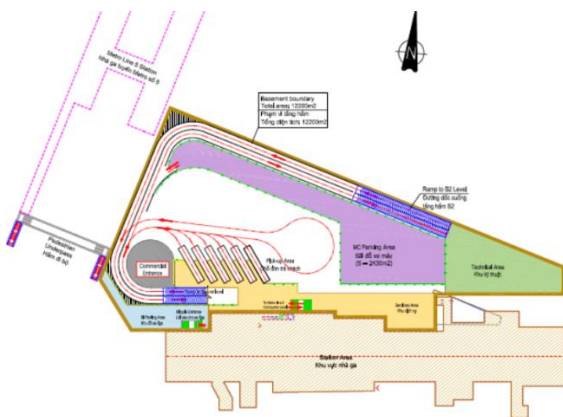
**Fig 5** Underground interchange diagram

#### Metro – Metro connection

For interchange between metro line 3 and line 5, this study also reviewed the master plan of the area, future development of the surrounding area both stations and designed underground interchange corridors and locations connected to Metro Line 5 with the following parameters: Passengers interchange to Metro Line 5 will be primarily located in B2 connecting from Line 3 concourse level => B2 - underground triangle area => short subway => Metro Line 5 concourse level. The total length of the expected interchange is around 160m. Walking corridor's profile level in the interchange basement B2 is -8.5m on average to the ground. The width of the basement corridor and the subway is 8m. Footpath in the basement is equipped with air-conditioning system, lighting and electronic signposts. The facilities for the disabled are installed along the interchange paths. There are 10 entrances/exits expected to provide for 2 interchange stations, ensuring passengers' accessibility from all directions. In addition, some underground locations directly connecting to the station concourse level from the surrounding TOD areas can be added in the future.

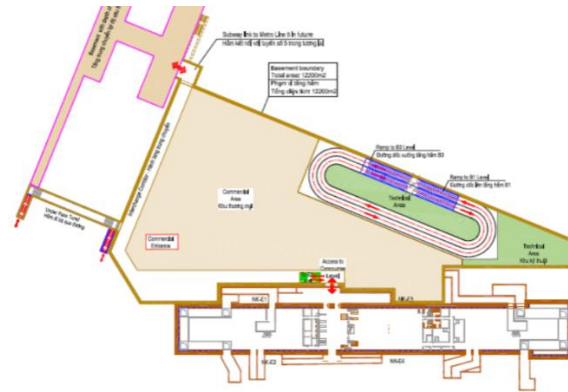
### Metro – Bus / Bus – Bus connection

The proposed underground floor will provide a bus terminal, two-wheel and car parking, commercial centre connected with the interchange underground corridor with Metro Line 5 (see cross-section in Figure 5). Basement B1: Bus and bicycle interchange floor, elevation level of -3.6m compared to Kim Ma street level; Basement B2: Passengers interchange floor. Arrange a motorcycle parking and commercial centre, the B2 elevation level is equal to the station concourse elevation level; Basement B3 and below: can combine the car parking and the commercial centre. With this proposal, passengers interchanging from the concourse entrance at elevation level - 8.3m will access B1 by the 6m wide stair at elevation level - 3.6m. The bus waiting areas are located close to the stair location, and are separated from the parking space by enforced glass doors. Passengers will transfer between bus routes on the ground, a sheltered walkway is provided between the bus shelters in order to create the best conditions for passengers to transit. Figure 6 and 7 below describes the pick-up and parking layout of bus routes, which park at the B1 bus parking area. Twelve parking spaces are provided for picking-up passenger from Metro directly. A small service area will be provided in B1 to serve passengers to buy tickets, wait for bus and rest rooms for bus drivers.



Sourced: MVA Consultants (2014)

**Fig 6** Expected bus terminal layout at B1



Sourced: MVA Consultants (2014)

**Fig 7** Interchange floor layout at B2

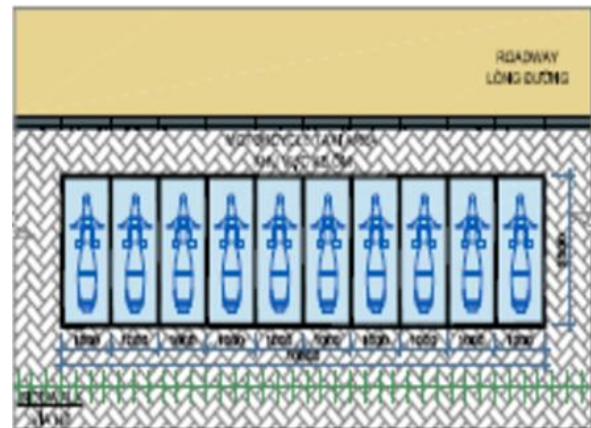
To encourage pre-metro bus ridership in the Metro Line 3 corridor, (and increase the overall public transport mode share as required by HPC Policy) ADB TA 7894 has proposed that a new high-frequency, high-quality bus route is established. This will follow the urban section of Metro Line 3 from Ga Hanoi in the east, initially to Station 6 on Ring Road 3 in the west, a distance of about 8kms. The route could terminate in My Dinh, or My Dinh 2 terminals. With five minute headway, the route will have a round trip time of 88 minutes, including a five minute layover. It will require 17 buses for peak hour service, or 20 buses to allow for maintenance spares. As a second stage, the route can be extended further west, requiring a further 10 buses (including spares). Bus priority measures should be introduced to ensure this route is not delayed by traffic congestion. Whilst strongly supporting the proposed improvement of bus services in the Metro Line 3 corridor prior to Metro operations, we have a concern about using expensive new buses on the proposed pre-Metro bus service once metro construction starts, unless very good temporary traffic management measures (which maintain a high quality of road surface for buses) are maintained at all stages of construction. Apart from introduction of the pre-Metro bus service proposed by ADB TA 7894 and the removal of the temporary diversions caused by the current construction of the Flyover at the junctions of Kim Ma and Nguyen Chi Thanh and Dao Tan with Lieu Giai, it is assumed that the existing routes serving Cau Giay interchange and Ngoc Khanh will remain unchanged up to the opening of Metro Line 3 in 2018, but with improvements in service headways to reflect continued increasing use of

public transport due to service quality improvements and measures to gradually restrict private vehicle use. As a result of such headway improvements, and the proposed pre-Metro bus service, the peak period throughput of buses at Cau Giay Interchange would reach approximately 132 buses per hour per direction immediately prior to Metro Line 3 opening. A further recommendation for improvement of bus stops in the vicinity of Ngoc Khanh in order to reduce walk distances to bus stops is to immediately provide bus stops in both directions on Kim Ma near the proposed locations of bus stops adjacent to Ngoc Khanh station. The current spacing of bus stops for the east-west bound routes 32, 34 and 38 is far too long at over 800m westbound and over 1,000m eastbound. It is appreciated that such stops may need to be suspended for periods during Ngoc Khanh station construction.

### **Park-and-ride/ Taxi parking**

There are two proposed taxi stands - drop-off/pick-up areas around the station. The first area is located on the median strip, near the end of triangular wedge. The second area is proposed in front of Daewoo Hotel on Dao Tan Street. At the first location, passengers can easily access from the station entrance by sidewalk with a distance of about 50m. At the second location, passengers will cross the road by subway; the distance from the station to the taxi stand is over 100m. The sidewalks connecting from taxi stand / drop-off area to the station entrance will be sheltered.

Three xe-om waiting areas are provided in the front of Russian Cultural Centre (at the corner of Kim Ma - Nguyen Chi Thanh) and in front of the vehicle maintenance centre (at the corner of Dao Tan extension – Lieu Giai) and near Lotte Center sidewalk. At each location there will be 5-10 xe-om designated waiting spaces provided, with road markings. The xe-om drivers are organized into associations/groups with uniformed wear and specific regulations. There are regulations for managing traffic violations. The Figure 8 below shows the typical layout for the xe-om waiting spaces.



Sourced: MVA Consultants (2014)

**Fig 8** Xe-om parking area

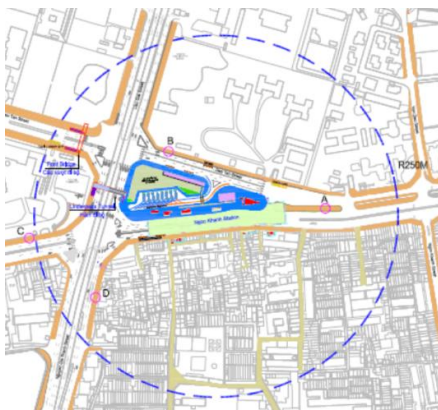
### **Private vehicle parking**

According to the demand forecast, number of two-wheeled parking spaces required for Metro passengers is approximately 1000 spaces in 2038. A portion of the Ngoc Khanh triangle area will be arranged to motorcycle and bicycle parking. The total area of the parking would be approximately 2,200 sqm, with a capacity of 600 vehicles. When the triangle area is constructed, the underground part of the triangle area will include adequate space for the two-wheeled parking demand. Parking entrance /exit located on Lieu Giai Street where traffic volume is low in order to minimize traffic conflicts. Parking is located in a separate area, surrounded by fences. A security station / automatic ticketing collection is provided at the entrance of the parking. Each parking space meets the standard 1x2.5m, with the parking spaces arranged perpendicularly or diagonally in 30 degrees. Bicycle parking area is arranged in the same area with motorcycle parking on the ground. Bicycle

parking is designed with a dedicated charging area for electric bicycles for emergency.

### **Pedestrian connection**

Sidewalk improvements include either upgrading the existing sidewalk pavement by using large granite slabs or replacing by a completely new structure. 60x60cm granite slabs are designed to ensure hardness, brightness with 140 MPa compressive strength following TCVN 6883-2001 standards. Along the curb of the accessibility sidewalk section, it is proposed to construct steel fences or iron pillars (except pedestrians' crossings) to lead passengers to compulsory road crossing locations.



**Sourced:** MVA Consultants (2014)

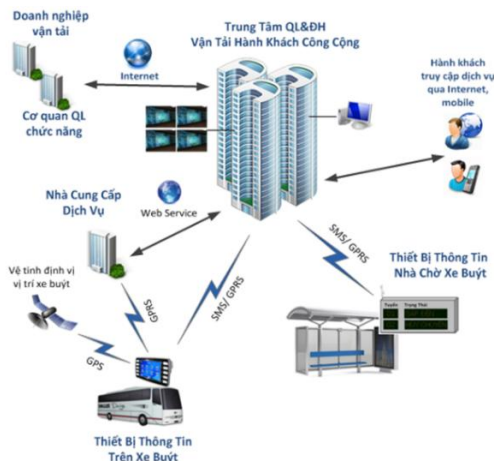
**Fig 9** Scope of sidewalk improvement around Ngoc Khanh station

In a 250m radius of Ngoc Khanh station, there are several alleys approaching from the residential neighbourhoods along Kim Ma Street from Alley 371 to Alley 499. The key features of these alleys are narrow with widths from 2.5-4.5 m, the levels of the alleys are around 0.5-1m lower than Kim Ma Street. Most of the alleys' surfaces are cement concrete finishing; the quality has deteriorated, much occupied by businesses. The main proposed solutions for these alleys are: (i) Replace existing surface with new concrete within 400m catchment, and install drainage if necessary; (ii) Remove obstructions to clear sidewalks for pedestrians; (iii) Immediately adjacent to Kim Ma Street, repave the alleys to the same level as the nearby sidewalk level; (iv) Improve road markings, signage, lighting, and install drop kerbs and railings; (v) Install speed humps to reduce the speed of vehicles to ensure safety for pedestrians.

### **3.2 Intelligent Transport System (ITS)**

The ITS equipment is a technology innovation program required to improve the reliability, operating speeds and attractiveness of the bus services, and to reduce overall bus operating costs. The equipment required is as follows: (i) Automatic Vehicle Location/Bus Tracking: Using GPS, this allows the location of the bus to be tracked in real time by a central control room. The central control can issue instructions to the bus driver in order to maintain the schedule, or add buses to meet unscheduled demand, all of which improves service reliability. Data on the actual times it takes to make trips is collected and used to adjust bus run times to actual road conditions, so that reliability is improved. (ii) Real time passenger information displays: These displays will provide passengers with information such as the next stop, interchange points with other routes, and the estimated arrival of the next bus at the interchange point. This is all key information to facilitate interchange and provide for a "seamless" journey on public transport. The information for the displays comes from the integrated public transport information system. (iii) Smart Card Ticketing: This equipment will be the "on bus" component of any integrated ticketing system, which will allow passengers to use the same tickets on bus and on the metro. (iv) Communications Equipment: This will allow the three ITS systems to exchange information in real time with the central bus control room, the core passenger information database and the ticketing database. (v) Signal Pre-Emption Transponders: This equipment communicates with the controllers at signal controlled junctions to provide buses pre-emption of the signal phasing. This signal pre-emption provides buses with a green phase at a traffic signal in advance of the other traffic, or allowing buses to extend the green phase in order to pass through an intersection without stopping. (vi) Hardware and Software for the Operations Control Centre: This is equipment to be installed in a Bus Operations Centre (BOC) to enable the BOC manage the buses on street, for the generation of real time passenger information, and to integrate with the ticketing system (showed on Figure 10 below). (vii) New bus stops/bus shelters away from Stations: Bus stops and shelters at stations are to be improved as part of Component I Station Accessibility. This item will provide for similar improvements to be made to the bus stops along the corridor between stations, for

the “pre-metro” services and on feeder services in order to provide a similar quality of service to metro passengers using the bus to travel to/from the stations.



**Sourced:** MVA Consultants (2014)

**Fig 10** Bus information and operation system

#### 4. Conclusion

To summary, the study includes access to all transportation modes and the paths linking them, excluding the station itself. The station accessibility measures incorporated the following design principles: (i) On-street vehicles’ accessibility design: ensuring priority for access and parking/stopping at the stations for those vehicular modes carrying most Metro passengers. Most Metro passengers by vehicle are expected to use bus or motorcycle. The accessibility designs seek to ensure buses move freely to the station and along the corridor with bus stops well connected to station entrances and exits minimizing walk distances. Motorcycle parking are provided, and drop off / pick up spots sited conveniently to entrances and exits. (ii) Multi-modal interchange design: Passengers will be arriving at the stations by a variety of modes, by bus, taxi, xe-om and private transport modes. The multi-modal interchange needs to be designed to accommodate the needs of these various modes of arrival/ departure including pick up/ set down and waiting spaces as well as park and ride, with good connections for seamless travel. (iii) Pedestrian accessibility design: Undertake systematic improvement of pedestrian spaces, footways and alleyways with seamless connections to other forms of transport for transfer and to land uses which

offer major generators for using the Metro. Provide facilities for pedestrian comfort, convenience and personal security, such as street furniture, way finding, lighting, signalized crossings at grade, and remove obstacles. As well as these measures, other facilities and services for integrated public transport is required such as provision of passenger information systems, and integrated fares and ticketing.

#### References

- [1] Egis International (2013). ABD TA7894: Strengthening Sustainable Urban Transport for Ha Noi Metro Line 3. Project 1 Integrated Metro Line 3 Station Designs - *Feasibility Study Final Report*. Hanoi: Asian Development Bank.
- [2] Fruin, J. (1987). *Pedestrian planning and design*. New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners.
- [3] MVAAsia Limited (2013). Support the Urban and Environmental Integration of Hanoi Pilot Metro (Nhon – Hanoi Rail Station). Package 4: Consultant survey, prepare feasibility study report for transport interchanges of Hanoi pilot metro line from Nhon to Hanoi train station – *Data Collection on Existing Situation Report*. Hanoi: Metropolitan Rail Management Board (MRB).
- [4] MVAAsia Limited (2013). ADB TA7892: Sustainable Urban Transport for Ho Chi Minh City MRT Line 2 Project - *Feasibility Study Final Report*. Ho Chi Minh City: Asian Development Bank.
- [5] MVAAsia Limited (2014). Support the Urban and Environmental Integration of Hanoi Pilot Metro (Nhon – Hanoi Rail Station). Package 4: Consultant survey, prepare feasibility study report for transport interchanges of Hanoi pilot metro line from Nhon to Hanoi train station - *Feasibility Study Final Report*. Hanoi: Metropolitan Rail Management Board (MRB)
- [6] SYSTRA Consultants (2008). Metro Line 3 Design - *Feasibility Study Final Report*. Hanoi: Metropolitan Rail Management Board (MRB)
- [7] Transport Engineering Designing & Research Company Limited (TED.Co.Ltd) (2013). *Traffic Survey Report for ADB TA7894*. Hanoi: Asian Development Bank

## การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการขับขี่ที่คำนวณจากเซนเซอร์

### บนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนและจำนวนการเกิดอันตรายบนถนน

#### Modeling frequencies of road accident using aggressive

#### driving behaviours from smartphone sensory data

หมายเลขบทความ : AYRF14-019

นิทัศน์ เทพนรงค์<sup>1</sup>, สุพร พงษ์นุ้มกุล<sup>2</sup>, เฉลิมพล สายประเสริฐ<sup>3</sup>, พิมพวีดิ เชาวลิต<sup>4</sup>

Nitat Tepnarong, Suporn Pongnumkul, Chalermopol Saiprasert, Pimwadee Chaovalit

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โทรศัพท์. 094-310-0165

E-mail: nitat@kkumail.com

<sup>2,3,4</sup>ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

โทรศัพท์. 02-564-6900

E-mail: suporn.pongnumkul@nectec.or.th,

chalermopol.saiprasert@nectec.or.th,

pimwadee.chaovalit@nectec.or.th

#### บทคัดย่อ

อุบัติเหตุจากการจราจรที่เกิดขึ้นบนท้องถนนเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของอัตราการเสียชีวิตในหลายประเทศทั่วโลก และปัญหานี้มีผู้นำเสนอวิธีช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุหลายวิธีการ แต่ส่วนใหญ่จะไม่ประสบความสำเร็จในการลดอุบัติเหตุ งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์บนสมาร์ทโฟนถูกนำมาตรวจวัดการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและเหตุการณ์การขับขี่ที่ไม่ปลอดภัย เช่น การเบรกกะทันหัน หรือการเข้าโค้งแรง ดังนั้นวิธีการในงานวิจัยนี้จะเป็นการใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนการเกิดอุบัติเหตุมาบ่งชี้ถึงความเสี่ยงที่จะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุทางถนน จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์การขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง โดยการใช้ Multiple linear regression กับข้อมูลการขับขี่จริงที่ได้จากโทรศัพท์สมาร์ทโฟน ผลการทดลองของงานวิจัยนี้สรุปว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่และจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งทำให้เห็นว่าวิธีการที่เสนอในงานวิจัยนี้สามารถนำข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่มาใช้ระบุจุดเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนนได้แม้ก่อนเกิดเหตุขึ้น

**คำสำคัญ:** อุบัติเหตุบนท้องถนน, พฤติกรรมการขับขี่, โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน

#### Abstract

Road traffic accident is one of the major causes of death in many countries around the world. This has been an ongoing issue for decades with numerous approaches proposed in order to mitigate the risk of road traffic accidents, in most cases without much success. In this work, smartphone sensory data from the onboard accelerometer is used to detect the movement of the vehicle. As a result, pre-accident data is utilised to infer the likelihood of road traffic accidents. An investigation is carried out to establish the relationship between the occurrence of dangerous driving events such as sudden braking and aggressive turning and the actual number of road traffic accidents. Multiple linear regression technique is applied to a real-world driving data. Experimental results revealed that a correlation has been established between the pre and post accident data, which makes this a promising approach to identifying road black spots, even prior to accident occurrence.

**Keywords:** Road accident, Driving behavior, Smartphone

## 1. บทนำ

ในปีหนึ่งๆ อัตราผู้เสียชีวิตในประเทศไทยจากอุบัติเหตุมีเพิ่มมากขึ้น อุบัติเหตุนี้ส่งผลต่อชีวิต ทรัพย์สิน ครอบครัว และอื่นๆอีกมากมาย ไม่เฉพาะผู้ประสบอุบัติเหตุเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อผู้ใช้รถใช้ถนน เช่น อุบัติเหตุ หรือความล่าช้าในการเดินทางล่าช้าเนื่องจากการจราจรติดขัด สาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุมีอยู่ 3 อย่างคือ ขาดทักษะ คน และสภาพถนน

ด้วยความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี ปัจจุบันมีอุปกรณ์เสริมด้านความปลอดภัยในรถยนต์มากมาย เช่น กล้องนิรภัย ระบบช่วยเบรก อีกทั้งยังมีระบบแจ้งเตือนคนขับรถเมื่อมีอาการง่วงนอน ซึ่งจะเป็นเทคโนโลยีที่เน้นไปที่การเพิ่มอุปกรณ์ติดตั้งในรถและการจัดการกับตัวรถยนต์และคนขับ แต่ยังไม่ค่อยมีการจัดการกับสภาพถนนจากปัญหานี้จึงมีการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนที่เป็นแอปพลิเคชันชื่อว่า “SafeMate” ที่ตอบสนองความต้องการของประชากรที่มีการใช้สมาร์ตโฟนกันอย่างแพร่หลาย ขณะที่วิ่งไปตามเส้นทางสมาร์ตโฟนจะเป็นตัวเก็บข้อมูลเช่น เซอร์ที่มีอยู่แล้วในสมาร์ตโฟน เช่น GPS, มาตรวัดความเร็ว (Accelerometer) เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์ประเมินพฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่เหมาะสม ที่จะส่งผลกระทบต่ออุบัติเหตุ เช่น การเบรกกะทันหันหรือการเลี้ยวกะทันหัน

คณะผู้วิจัยเล็งเห็นว่าข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นอันตรายนั้น นอกจากจะมีสาเหตุมาจากผู้ขับขี่โดยตรงแล้ว สภาพถนนที่อันตรายยังเป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้ขับขี่ต้องเบรกหรือเลี้ยวอย่างกะทันหันด้วย จึงมีแนวคิดว่าจะนำข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นอันตรายมาบ่งชี้จุดเสี่ยงอันตรายบนถนนผ่านการแสดงผลในรูปแบบแผนที่แสดงจุดที่เกิดพฤติกรรมอันตรายหนาแน่น

แต่เราจะทราบได้อย่างไรว่า ข้อมูลที่ได้จากการประเมินพฤติกรรมนี้จะส่งผลกระทบต่ออุบัติเหตุได้จริงหรือไม่ ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงจัดทำรายงานการวิจัยนี้ขึ้นมาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการขับขี่กับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง โดยการนำข้อมูลการประเมินพฤติกรรมการขับขี่ของรถโดยสารประจำทางสาย หมอชิต – สถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงรายทั้งหมด 15 เที่ยว ช่วงเวลา 08.00 น. – 20.00 น. เป็นระยะทางทั้งหมด 778 กิโลเมตร โดยการติดสมาร์ตโฟนที่มีแอปพลิเคชัน SafeMate ไว้บนรถ และการนำข้อมูลอุบัติเหตุจริงจากบริษัทประกันภัยในปี พ.ศ. 2556 คำนวณเส้นทางรถโดยสารประจำทางหมอชิต- สถานีขนส่งผู้โดยสาร 2 ชนิด โดยการศึกษาสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง (Multiple linear regression equation) เพื่อให้สามารถคาดการณ์การเกิดอุบัติเหตุได้

## 2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน (ศวปถ.) จัดทำคู่มือจัดการ ‘จุดเสี่ยง’ ทางถนนในชุมชน [4] โดยเรียบเรียงจากงานวิจัย

โครงการ “การศึกษาและการพัฒนาคู่มือการสำรวจและวิเคราะห์จุดเสี่ยงเพื่อความปลอดภัยทางถนนอย่างมีส่วนร่วม” โครงการมุ่งเน้นไปที่การจัดการปัญหาที่มาจากถนนและสิ่งแวดล้อมโดย มีวิธีการกำจัดจุดเสี่ยงดังนี้คือ

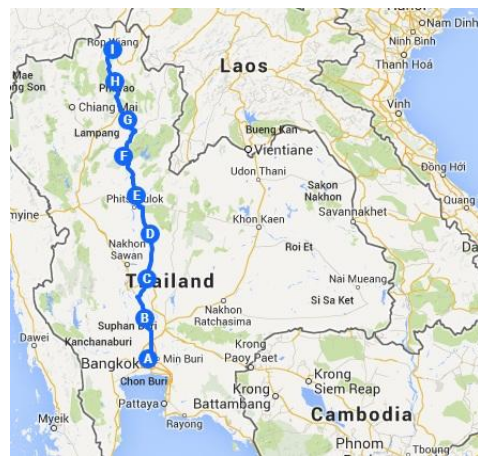
1. การตัดทวงโซ่อุบัติเหตุ ในประเทศออสเตรเลียที่ระบบถนนพัฒนาไปอย่างมาก พบว่ามีปัจจัยหลัก 3 อย่างที่ส่งผลกระทบต่ออุบัติเหตุดังนี้ 1) คน ส่งผลประมาณ 95% ในการชน 100 ครั้ง 2) สภาพแวดล้อมบนถนน ส่งผลประมาณ 28% ในการชน 100 ครั้ง 3) รถ ส่งผลประมาณ 8% ในการชน 100 ครั้ง แต่ในประเทศไทยที่ระบบถนนยังไม่พัฒนาเท่าที่ควร สิ่งแวดล้อมบนถนนอาจส่งผลกระทบต่ออุบัติเหตุมากกว่าปัจจัยอื่น การตัดทวงโซ่อุบัติเหตุที่มาจากถนนด้วยการปรับปรุงถนนให้มีความปลอดภัยมากขึ้นจะสามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุอย่างแน่นอน เช่น ติดตั้งหลักนำโค้งให้มองเห็นโค้งอย่างชัดเจน
2. การค้นหาจุดเสี่ยงอันตรายและจัดทำแผนที่จุดเสี่ยงจากแผนที่ชุมชน โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) แกนนำร่วมกันสร้างแผนที่ชุมชนที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบไปด้วย ถนน และสถานที่สำคัญ เช่น วัด โรงเรียน 2) สร้างแผนที่จุดเสี่ยง โดยการช่วยกันระบุตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา แยกเป็น เสียชีวิต บาดเจ็บสาหัส และบาดเจ็บเล็กน้อย ซึ่งสามารถทำการระบุตำแหน่งโดยใช้สีต่างกัน เช่น สีแดง หมายถึงเสียชีวิต
3. การวิเคราะห์จุดเสี่ยงอันตราย โดยค้นหารูปแบบอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยๆและร่วมกันหาข้อมูลลักษณะอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น เช่น อุบัติเหตุเกิดที่ไหน สถานที่เกิดอุบัติเหตุมีลักษณะของถนนอย่างไร สรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากรูปแบบอุบัติเหตุ โดยเน้นปัญหาด้านถนนและสิ่งแวดล้อมเพื่อทำการปรับปรุงสภาพถนน เช่น การสร้างบ้านไว้ตรงมุมของถนนที่เป็นทางแยก จะทำให้มองไม่เห็นรถที่มาจากอีกทาง
4. การปรับปรุงจุดเสี่ยงอันตราย โดยทำการลงพื้นที่เพื่อหาทางปรับปรุงจุดเสี่ยงอันตราย ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาที่เกิดขึ้นจากทางแยก คือการมองไม่เห็นทางแยก สามารถแก้ปัญหาอย่างง่ายได้โดยการจัดทำป้ายเตือนสะท้อนแสง ทำให้สามารถมองเห็นได้ทั้งกลางวันและกลางคืน
5. การเฝ้าระวังและติดตามผล ต้องมีการติดตามผลการดำเนินงาน โดย 1) บันทึกสถิติอุบัติเหตุบริเวณจุดเสี่ยงที่ได้รับการปรับปรุง 2) กำหนดแผนปฏิบัติการจุดเสี่ยงเข้าสู่แผนประจำปีของชุมชน 3) เฝ้าระวังจุดเสี่ยงบริเวณใหม่ที่เกิดขึ้นในชุมชน

อุบัติเหตุ และประสิทธิ [5] ได้ค้นคว้าหาวิธีการบ่งชี้จุดอันตรายบนถนน โดยวิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุทุกจุด ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูล สถิติการเกิดอุบัติเหตุ ปริมาณจราจรและข้อมูลทางกายภาพของถนน โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานความปลอดภัย กรมทางหลวงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2551
2. พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C# เพื่อการคำนวณและเชื่อมต่อข้อมูลไปยังโปรแกรม ArcGIS โดยมีการจำแนกข้อมูลตามจำนวนช่องจราจรเป็น 9 ชุดดังนี้ 1) ถนน 2 ช่องจราจร 2) ถนน 4 ช่องจราจรที่มีถนนกั้นกลางแต่ไม่มีทางขนาน 3) ถนน 4 ช่องจราจรที่ไม่มีถนนกั้นกลาง 4) ถนน 6 ช่องจราจรที่มีถนนกั้นกลางและมีทางขนาน 5) ถนน 6 ช่องจราจรที่มีถนนกั้นกลางแต่ไม่มีทางขนาน 6) ถนน 6 ช่องจราจรที่ไม่มีถนนกั้นกลาง 7) ถนนมากกว่า 6 ช่องจราจรที่มีถนนกั้นกลางแต่ไม่มีทางขนาน 8) ถนนมากกว่า 6 ช่องจราจรที่มีถนนกั้นกลางและมีทางขนาน 9) ถนนมากกว่า 6 ช่องจราจรที่ไม่มีถนนกั้นกลาง
3. คำนวณและประมวลผลจากโปรแกรมภาษา C# โดยแสดงค่าด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ArcGIS 9.2 ซึ่งมีการหาค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ยของถนนทั้ง 9 ชุดข้อมูล และแบ่งถนนแต่ละชุดเพื่อพิจารณาเป็นช่วง ช่วงละ 200 เมตร จากนั้นหาค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุทุกจุดสำหรับช่วงถนน 200 เมตร คำนวณค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุของแต่ละช่วง 200 เมตรของถนนที่พิจารณา แล้วนำค่าทั้ง 3 มาพิจารณาหาจุดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ถ้าค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุของช่วงถนนมีค่ามากกว่าค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุทุกจุดถือว่าจุดนั้นเป็นจุดเสี่ยงอันตราย
4. แสดงผลการค้นคว้าจุดอันตรายบนถนนทางหลวงในประเทศไทย หลังจากได้ทำการคำนวณแล้วลงบนแผนที่โดยใช้โปรแกรม ArcGIS 9.2 พร้อมกับเปรียบเทียบเพื่อเรียงลำดับความสำคัญของจุดอันตราย และบ่งชี้ถึงลักษณะของถนนที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุตามรูปแบบที่ได้แบ่งไว้ทั้ง 9 ชุด ซึ่งสรุประดับความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ถนน 6 ช่องจราจรไม่มีถนนกั้นกลาง, ถนน 4 ช่องจราจรไม่มีถนนกั้นกลาง, ถนน 2 ช่องจราจร, ถนนมากกว่า 6 ช่องจราจรไม่มีถนนกั้นกลาง, ถนน 4 ช่องจราจรมีถนนกั้นกลางแต่ไม่มีทางขนาน, ถนนมากกว่า 6 ช่องจราจรแต่ไม่มีทางขนาน, ถนนมากกว่า 6 ช่องจราจรมีถนนกั้นกลางมีทางขนาน และถนน 6 ช่องจราจรมีถนนกั้นกลางและมีทางขนาน

### 3. วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยตามเส้นทางการเดินทางโดยสารประจำทางเส้นทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย ในช่วงเวลา 08:00-20:00 นาฬิกา เป็นระยะทางประมาณ 778 กิโลเมตร ทั้งหมด 15 เทียว โดยเป็นขาไปอย่างเดียว และการสร้างแผนที่บน Google Maps ขึ้นมาโดยแบ่งระยะทางเป็นช่วงๆ ให้ได้ระยะทางที่เท่ากัน ช่วงละประมาณ 100 กิโลเมตรตามเส้นทางการเดินทาง จะได้เส้นทางย่อยทั้งหมด 8 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 (A-B), ช่วงที่ 2 (B-C), ช่วงที่ 3 (C-D), ช่วงที่ 4 (D-E), ช่วงที่ 5 (E-F), ช่วงที่ 6 (F-G) และช่วงที่ 7 (G-H) ซึ่งมีระยะทางช่วงละ 100 กิโลเมตร ส่วนช่วงที่ 8 (H-I) มีระยะทาง 78 กิโลเมตร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การแบ่งช่วงเส้นทางเดินทางโดยสารประจำทางเส้นทางหมอชิต-เชียงราย ออกเป็น 8 ช่วง

### 3.1 การค้นคว้าเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 3.1.1 การเก็บข้อมูลจากแอปพลิเคชัน SafeMate

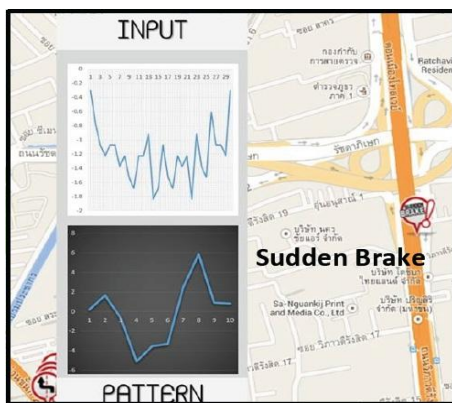
ระบบประเมินพฤติกรรมมารการขับขี่ด้วยโทรศัพท์สมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชัน SafeMate นั้นเป็นการประเมินพฤติกรรมมารการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารประจำทาง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ที่เรียกว่า Accelerometer หรือมาตรวัดความเร่ง ที่มี 3 แกน คือ แกน x แกน y และแกน z ด้วยการเปรียบเทียบความเหมือนของสัญญาณโดยใช้ pattern matching algorithm [1] เมื่อโทรศัพท์สมาร์ตโฟนวางอยู่บนรถที่ต้องการวัดพฤติกรรมและรถเคลื่อนที่ไประหว่างการขับขี่ ความเร่งที่ได้จากมาตรวัดความเร่งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความเร่งในแกน x คือการเคลื่อนที่ไปด้านข้าง ซ้าย-ขวา และแกน y คือการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า – หลัง ดังรูปที่



รูปที่ 2 แกนการเคลื่อนที่ 3 แกนของสมาร์ทโฟนที่วัดได้จาก

มาตรวัดความเร่ง (Accelerometer)

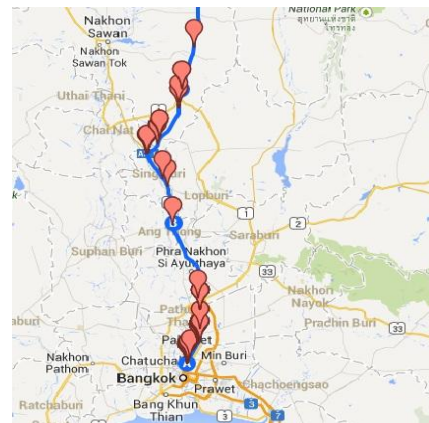
พฤติกรรมที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุที่ได้พิจารณาทั้งหมด 6 เหตุการณ์ คือ SA = การเร่งอย่างกะทันหัน, SB = การเบรคอย่างกะทันหัน, SL = การเลี้ยวซ้ายอย่างกะทันหัน, SR = การเลี้ยวขวาอย่างกะทันหัน, SCL = การเปลี่ยนเลนไปทางซ้ายอย่างกะทันหัน, SCR = การเปลี่ยนเลนไปทางขวาอย่างกะทันหัน การเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็ว หมายถึงการเคลื่อนที่ของรถอย่างรวดเร็ว เช่น การเร่งอย่างกะทันหัน จากการทดลองขับรถในเหตุการณ์การขับขี่ต่างๆ จะได้กราฟเซนเซอร์ของ Accelerometer แสดงเป็นรูปแบบการขับขี่ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบวิเคราะห์สัญญาณนำเข้าที่เก็บได้จากการขับขี่ ดังรูปที่ 3 เมื่อสัญญาณนำเข้ามีความใกล้เคียงกับรูปแบบการขับขี่ที่กำหนดไว้ ก็จะเตือนผู้ขับขี่เป็นสัญญาณเสียง



รูปที่ 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างสัญญาณนำเข้า (input) กับรูปแบบการขับขี่ (pattern) [2]

ในการเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชัน SafeMate เมื่อเปิดแอปพลิเคชันขึ้นมาแล้ว ให้วางสมาร์ทโฟนในแนวราบขนานกับพื้นหันหัวเครื่องไปทางเดียวกันกับหัวรถ จากนั้นแอปพลิเคชันจะทำงานและ

แจ้งเตือนด้วยสัญญาณเสียงเมื่อมีพฤติกรรมขับขี่ที่มีความเสี่ยงต่างๆ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลและส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ สำหรับงานวิจัยนี้ การเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชัน SafeMate จะติดสมาร์ทโฟนไว้บนรถโดยสารประจำทางเส้นทาง ดันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย และดึงข้อมูลพฤติกรรมขับขี่จากแอปพลิเคชัน SafeMate อันประกอบไปด้วย ข้อมูลพิกัด เวลา และพฤติกรรมเสี่ยงที่เกิดขึ้น มาลงบนแผนที่สำหรับทุกเที่ยวเดินทาง และนับจำนวนพฤติกรรมขับขี่ที่แยกตามรูปแบบที่ได้พิจารณาไว้ ทั้ง 6 เหตุการณ์ สำหรับแต่ละช่วงระยะทาง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนที่ข้อมูลพฤติกรรมขับขี่

### 3.1.2 การเก็บข้อมูลอุบัติเหตุ

การเก็บข้อมูลส่วนนี้จะใช้ข้อมูลจากบริษัทประกันภัยที่ได้บันทึกข้อมูลมาจากเว็บไซต์ [3] ซึ่งจะแสดงตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุบนแผนที่ Google Maps โดยสามารถแสดงข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุได้เป็นรายจังหวัด และแสดงข้อมูลเป็นรายปี ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุของปี พ.ศ.2556 ตามเส้นทางการเดินรถโดยสารประจำทาง ดันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย โดยแบ่งการเก็บข้อมูลเป็นช่วงระยะทางเหมือนข้อมูลที่ได้เก็บจากแอปพลิเคชัน SafeMate

ในการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุมีหลักเกณฑ์ ในการรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลอุบัติเหตุจะอยู่บนเส้นทางดันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงรายอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 5
2. ข้อมูลอุบัติเหตุบนเส้นทางดันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย ที่ไม่สามารถยืนยันได้แน่นอนว่าเกิดขึ้นที่เส้นทางขาไปหรือขากลับ จะเก็บเป็นข้อมูลอุบัติเหตุ ดังรูปที่ 6

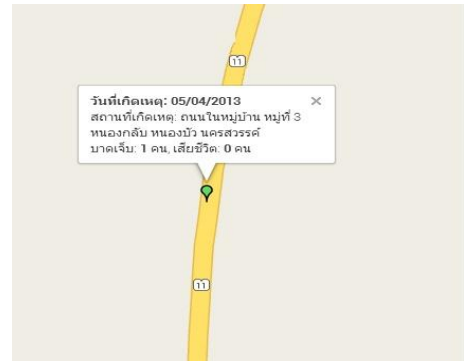
3. ข้อมูลอุบัติเหตุบนเส้นทางคันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานี  
ขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย ที่ระบุได้ชัดเจนว่าไม่ได้อยู่  
บนเส้นทางหลัก เช่น ระบุว่าเกิดอุบัติเหตุบนถนนในหมู่บ้าน  
จะไม่เก็บเป็นข้อมูลอุบัติเหตุ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 5 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ระบุตำแหน่งชัดเจนว่าอยู่บนเส้นทางคันทางหมอ  
ชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย



รูปที่ 6 ข้อมูลอุบัติเหตุที่อยู่ระหว่างหมอชิตกับสถานีขนส่งผู้โดยสาร  
จังหวัดเชียงราย แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าอยู่บนเส้นทางขาไปหรือจากกลับ



รูปที่ 7 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ไม่อยู่บนเส้นทางคันทางหมอชิตถึงปลายทาง  
สถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย จะไม่นำมารวบรวมเพื่อวิเคราะห์  
หาความสัมพันธ์

### 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมรถกับอุบัติเหตุ  
ที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูลที่มีคือ พฤติกรรมรถทั้งหมด 6 แบบ ดังนี้  
SA = การเร่งอย่างกะทันหัน, SB = การเบรคอย่างกะทันหัน, SL = การ  
เลี้ยวซ้ายอย่างกะทันหัน, SR = การเลี้ยวขวาอย่างกะทันหัน, SCL = การ  
เปลี่ยนเลนไปทางซ้ายอย่างกะทันหัน, SCR = การเปลี่ยนเลนไปทางขวา  
อย่างกะทันหัน และข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง ผู้ทำวิจัยต้องการหาค่า  
ของจำนวนอุบัติเหตุเมื่อเกิดพฤติกรรมรถที่แน่นอนราย ซึ่งได้  
ศึกษาหาสมการที่จะสามารถให้คำตอบนี้ได้ โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณ  
เชิงเส้นตรง (Multiple linear regression equation) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์  
การถดถอยเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามหนึ่งตัวด้วยตัว  
แปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป มีรูปแบบของสมการถดถอยดังนี้

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + e \quad (1)$$

เมื่อ

Y = ตัวแปรตามที่ต้องการหาค่านั้นคือจำนวนอุบัติเหตุ

$b_0$  = ค่าคงที่ของสมการ

$b_1, b_2, \dots, b_n$  = ค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร

$X_1, X_2, \dots, X_n$  = ตัวแปรอิสระ

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการ

ซึ่งในการวิจัยที่ผู้ทำวิทยศึกษานี้ ตัวแปรอิสระคือ ข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่ที่ได้จากแอปพลิเคชัน SafeMate ดังนี้

- SA = การเร่งอย่างกะทันหัน  
SB = การเบรคอย่างกะทันหัน  
SL = การเลี้ยวซ้ายอย่างกะทันหัน  
SR = การเลี้ยวขวาอย่างกะทันหัน  
SCL = การเปลี่ยนเลนไปทางซ้ายอย่างกะทันหัน  
SCR = การเปลี่ยนเลนไปทางขวาอย่างกะทันหัน

#### 4. ผลการวิจัย

##### 4.1 ข้อมูลจากแอปพลิเคชัน SafeMate

การเก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่โดยใช้แอปพลิเคชัน SafeMate ตามเส้นทางการเดินทางโดยสารประจำทางคันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย ได้ข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลแสดงจำนวนครั้งที่เกิดพฤติกรรมการขับขี่ 6 ประเภทใน 8 ช่วงระยะทาง

ช่วงที่	พฤติกรรมการขับขี่					
	SA	SB	SL	SR	SCL	SCR
1	2	8	24	11	5	17
2	2	10	39	2	2	5
3	3	10	122	9	14	4
4	4	28	38	10	8	4
5	1	12	6	5	8	4
6	1	8	22	2	21	7
7	2	6	19	7	31	21
8	5	27	4	4	3	3

##### 4.2 ข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุ

การเก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุโดยจากเว็บที่บริษัทประกันภัยได้บันทึกข้อมูลไว้ตามเส้นทางการเดินทางโดยสารประจำทางคันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย ได้แบ่งความรุนแรงของอุบัติเหตุเป็น 2 แบบ คืออุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทำให้ได้รับบาดเจ็บและอุบัติเหตุที่ทำให้เสียชีวิต ได้ข้อมูลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุ

ช่วงที่	จำนวนอุบัติเหตุ		
	บาดเจ็บ	เสียชีวิต	รวม
1	92	5	97
2	57	9	66
3	23	4	27
4	86	5	91
5	43	2	45
6	102	9	111
7	160	5	165
8	109	3	112

##### 4.3 สมการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ

การศึกษา สมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง (Multiple linear regression equation) สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่จากแอปพลิเคชัน SafeMate และข้อมูลอุบัติเหตุที่บริษัทประกันภัยได้ทำการบันทึกไว้ตามเส้นทางการเดินทางโดยสารประจำทางคันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงรายปี 2556 มีความสัมพันธ์กันดังสมการ (2)

$$Y = -1.15SA + 4.44SB + 0.05SL - 7.31SR + 1.14SCL + 7.71SCR \quad (2)$$

ซึ่งข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นอันตรายสามารถอธิบายข้อมูลอุบัติเหตุที่เป็นตัวแปรตามได้ 97% ( $R^2 = 0.97$ ) และผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test พบว่าสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.07 (p-value = 0.07) และจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง พบว่าเหตุการณ์ที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ การเบรคกะทันหัน (สัมประสิทธิ์ = 4.44), การเปลี่ยนเลนทางขวาอย่างกะทันหัน (สัมประสิทธิ์ = 7.71) และการเลี้ยวขวาอย่างกะทันหัน (สัมประสิทธิ์ = -7.31) ซึ่งสาเหตุที่เหตุการณ์ทั้งสามเหตุการณ์นี้มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุเป็นหัวข้องานวิจัยที่น่าสนใจศึกษาต่อไปในอนาคต

#### 5. สรุปผลการวิจัย

การหาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นอันตรายจากระบบการประเมินพฤติกรรมการขับขี่ด้วยแอปพลิเคชัน SafeMate ในโทรศัพท์สมาร์ทโฟน กับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงบนท้องถนน โดยเก็บข้อมูลจากสมาร์ตโฟนที่มีแอปพลิเคชัน SafeMate แล้วนำไปไว้บนรถโดยสารประจำทาง คันทางหมอชิตถึงปลายทางสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงราย และข้อมูลอุบัติเหตุจริงจากเว็บบริษัทประกันภัยที่ได้บันทึก

ข้อมูลไว้ ซึ่งได้แบ่งเส้นทางเป็นช่วงตามเส้นทางรถโดยสารประจำทาง ช่วงละประมาณ 100 กิโลเมตร เก็บข้อมูลนำมาสรุปในแต่ละช่วงแล้ว นำข้อมูลทั้ง 2 ชนิดมาวิเคราะห์ผลหาความสัมพันธ์ได้ โดยการใช้สมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรง โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (2) ทำให้ผู้วิจัยสามารถคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นได้ โดยการคำนวณตามสมการ ซึ่งจะนำค่าตัวแปรอิสระที่เป็นพฤติกรรมการขับขี่จากแอปพลิเคชัน SafeMate พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรงมาแทนค่าลงในสมการ (2) งานวิจัยในขณะนี้สามารถคาดการณ์ได้เฉพาะจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ แต่การศึกษาต่อไป ผู้ทำวิจัยจะศึกษาหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อให้สามารถ แยกการเกิดอุบัติเหตุเป็น 2 ชนิดตามที่ได้เก็บข้อมูลคือ จำนวนอุบัติเหตุที่ทำให้ได้รับบาดเจ็บ และจำนวนอุบัติเหตุที่ทำให้เสียชีวิต

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Chalermopol Saiprasert, Thunyasit Pholprasit and Wasan Pattara-Atikom. Detecting Driving Events Using Smartphone. ITS WC 20, Tokyo, Japan, October 2013.
- [2] เฉลิมพล สายประเสริฐ. SAFEMATE: Brief Information Pack. MBI Research Group ICCRU NECTEC.
- [3] บริษัทกลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถ. “DEMO RVP MAP-ACCIDENT.” Internet: <http://www.thairsc.com/ReportAccidentGM.apV3.aspx>.
- [4] ศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน และมูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ. คู่มือจัดการ ‘จุดเสี่ยง’ ทางถนนในชุมชน.
- [5] วุฒิพงษ์ ธรรมศรี และประสิทธิ์ จีสงวนพรสุข. (2554). การบ่งชี้จุดอันตรายบนทางหลวงในประเทศไทยด้วยวิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ วิกฤต. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 11(3): กรกฎาคม-กันยายน.

## **Utilizing Multimodal Public Transportation Route Planners for Long-term Sustainable Transportation Networks**

Paper Identification number: **AYRF14-022**

Chelcie Narboneta<sup>1</sup>, Kardi Teknomo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Information Systems and Computer Science  
Ateneo de Manila University  
Katipunan Avenue Quezon City Philippines 1108  
Telephone 0632-4707352, Mobile +639178317234  
E-mail: cgn1108@yahoo.com

<sup>2</sup>Department of Information Systems and Computer Science  
Ateneo de Manila University  
Katipunan Avenue Quezon City Philippines 1108  
Telephone 0632-4266001, Fax. 0632-4266071  
E-mail: teknomo@gmail.com

### **Abstract**

Traffic has always been a problem in major cities around the world, especially in Metro Manila. One way to solve congestion problem in road networks is to urge commuters to shift away from using private transportation to public transportation. One concrete step to support commuters to shift to public transportation is by providing them with relevant and reliable transportation information. The researchers aim to provide these now non-readily available information to the public by implementing a public transportation route planner using the open source software OpenTripPlanner. The said system would help all kinds of commuters in their travel within Metro Manila, as it has helped commuters all over the world. With more people using public transportation, the researchers' end goal of providing ways for a more sustainable transportation network in the long run would be realized.

**Keywords :** Route planner, sustainable transportation, public transportation, modal shift, Open Trip Planner

### **1. Introduction**

As modern life evolves and progresses, there has been a constant need to transport people and products from one point to another. Every day, people need to go to school, to work, to entertainment places, just to name a few. When it comes to products, raw materials need to be transported to factories and then to warehouses, before being sent to their outlet stores. Mobility has indeed become one of the most important ability today. Transportation has been an integral part of our everyday lives that there is a great need for a good transportation network.<sup>1</sup> But as more people and products need to be transported, the transportation network is continuously being congested. One way to solve this problem is to minimize the number of vehicles on the road. This is why a number of governments from all over the world have been taking steps to entice their citizens to shift from using private vehicles to using public

transportation modes.<sup>2</sup> The average vehicle occupancy of private cars is only at 1.55 person, based on the National Household Travel Survey (NHTS).<sup>3</sup> On the other hand, average jeepney occupancy is at 10.88 people, and bus occupancy is at 45 people based on Ateneo's publication of Philippine Public Transport Survey.<sup>4</sup> These numbers show the immense difference in number of people transported between public and private transportation modes. In using public transportation, there is an inevitable shift from monomodal, using only one transportation mode per trip, to multimodal travelling, using more than one transportation mode per trip. This is because every transportation mode and franchise has its own role and function in the whole transportation system. This certainly contributes to the long-term sustainability of the transportation sector. In Kenyon and Lyon's research, it was found out that lack of public transportation information is one of

the main reasons why some commuters are anxious of using public transportation. One way to solve this, and to entice commuters to support the modal shift, is to provide commuters with the relevant and reliable information.<sup>2</sup>

This modal shift measure gave birth to the popularity of "Public Transport Route Planners." System that helps commuters find the best route between a given origin point to any destination point. Since these route planners run on public transportation, it has the responsibility to integrate different modes operating in the area. These route planners are intelligent enough to be able to take into account a lot of factors such as multiple objective functions (cheapest travelling cost, fastest travelling time, shortest travelling distance, just to name a few.).<sup>5</sup> The researchers believe that this initiative of implementing a public transport route planner that commuters can use for their travels seems to be a promising solution in decongesting Metro Manila.

The researchers aim to share in this paper their knowledge in implementing the open source multimodal trip planning system OpenTripPlanner<sup>6</sup> with the transportation network of Metro Manila. The produced system would be uploaded online for public consumption and realization of the researchers' end goal of helping decongest the road networks of Metro Manila. The system would compute an array of available multimodal public transportation routes from the user's inputted origin and destination points. The routes suggested would be accompanied by important travel information such as the estimated time of travel, estimated distance to be travelled by foot, and the estimated distance to be travelled. When the system reached a large enough user database, the researchers would then run analytical tests on the data recorded to able to produce statistical and analytical studies regarding the public transportation sector of the country.

### 1.1 Significance and Originality

There have been a number of researches when it comes to monomodal route planning, as the network in this kind of system is more static with fixed topology and costs, while the public transport system is more dynamic where travelling cost is time-dependent or randomly varying.<sup>1</sup> Although some researchers have started exploring the multimodal public transportation route planning field, there are still a lot of open ended questions

including which algorithm is best fit for this kind of system and what system architecture is best for creating these kinds of systems. In the context of the Philippines, researches in route planning are more so in its early stages.

This research would not only validate previous researches about public transportation route planning, but it also aims to aid the decongestion of Metro Manila by helping commuters shift from using private transportation to public transportation. The implementation of the system would not only provide regular commuters alternatives from their habitual transportation route and mode preference, it will also empower one-time and first time commuters to use public transportation without apprehension and anxiety. With the propagation of the now non-readily available public transportation information, commuters' negative perception of using public transportation modes would hopefully be changed. This would then entice commuters to make use of the public transportation modes more - decongesting the road networks of too much private vehicles. Local tourism in the region of Metro Manila would also be boosted, as Filipinos would be given additional knowledge on how to go about the whole area. Lastly, with the data that would be collected from the system's users database, combined with the transportation data collected by the researchers, various analytical studies about Metro Manila's transportation network and commuters can be produced to help provide a better transportation sector to commuters.

### 1.2 Purpose

This paper aims to explore the effectiveness of the open source multimodal trip planning system OpenTripPlanner with the road networks of Metro Manila. The resulting public transport route planner would then be hosted online for the general reference of Metro Manila commuters. The system aims to:

- 1.) Provide an array of multimodal public transportation route directions to commuters on how to reach their destination from their origin,
- 2.) Equip commuters with additional important travel information (estimated time of travel, estimated total transportation cost, and the estimated distance to be travelled),
- 3.) Change the negative perception of users regarding the negative image of using public

transportation (no public transportation route available, longer travel time as compared to driving, etc.) in hopes of urging commuters to shift from using private transportation to public transportation, and

4.) Produce analytical studies with the data gathered regarding public transportation to relevant offices and organizations for further improvements and studies regarding the transportation sector of the Philippines

All these follow the researcher's goal of providing ways for a more sustainable transportation network in the long run.

## 2. Literature Review

A number of public transport route planners were implemented in different transportation networks throughout the world, especially in Asia. Although they follow different frameworks and methodologies, they all meet in their final goal of providing multimodal public transportation routes to entice commuters to use public transportation modes over private vehicles. This section would discuss some distinguished examples of this type of system.

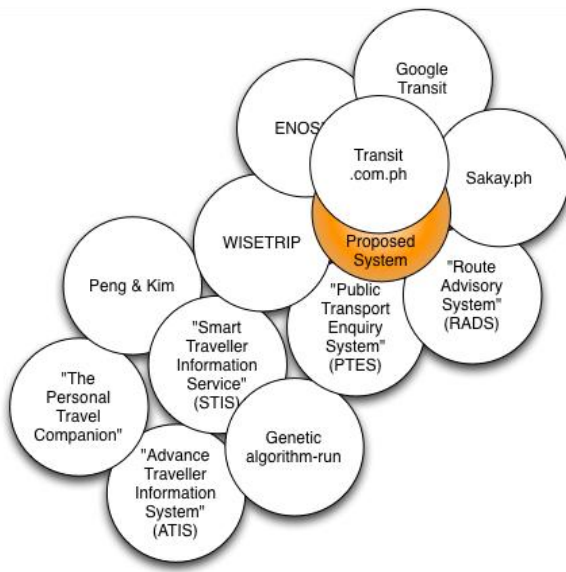
### 2.1 International Context

In the Eindhoven region, J. Zhang and his team implemented a Dijkstra-based Advanced Traveler Information System (ATIS) that ran on five (5) transportation modes.<sup>7</sup> In Vienna Austria, K. Rehrl and company implemented a small-scaled application called “the Personal Travel Companion.”<sup>8</sup> In the US, Z. R. Peng and his group developed a distributed trip planning system that integrates different trip planning system in the country.<sup>9</sup> Another similar system called “Smart Traveller Information Service” (STIS) was produced by the team of S. Brennan in Dublin Ireland.<sup>10</sup> In Tehran, the group of R. Abbaspour created a multimodal public transport route planner based on a genetic algorithm.<sup>11</sup> In Hong Kong, an Internet-based comprehensive public transport enquiry system (PTES) was developed by L. Pu-Cheng.<sup>12</sup> As a capstone for their research, Meng and his team developed a system called “Route Advisory System” (RADS) that run the algorithm they created and implemented it with the public transport of Singapore.<sup>13</sup> V. Spitadakis and company implemented WISETRIP in Greece, an international multimodal journey planning and

delivery of personalized trip information.<sup>14</sup> Also developed in Greece, by the team of K. Zografos is ENOSIS, a passenger information and trip planning system that aims to provide both urban and interurban multimodal planning services with real-time travel information.<sup>15</sup> Some other notable route planners include researches of L. Zhang,<sup>16</sup> J. Q. Li,<sup>17</sup> and J. Jariyasunant<sup>18</sup> who all created systems to support mobile-based advanced traveller information systems in the context of California. J. M. Su and company developed a multimodal trip planning system for intercity transportation in Taiwan.<sup>19</sup> P Kumar and team developed a GIS-based multimodal transport system for Hyderabad city in India.<sup>20</sup>

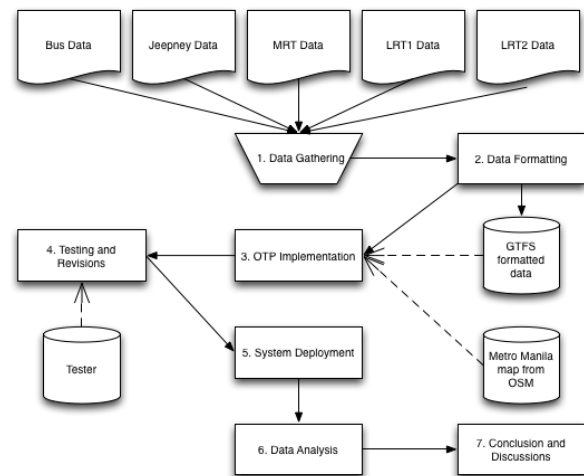
### 2.2 Philippine Context

Google maps, which is perhaps one of the most well known route planning system in the world, has its own version of public transport route planner called Google Transit. The system however only incorporates buses, MRT, LRT1, and LRT2 routes; jeepneys, which is the main transportation mode used in the Philippines, is not included in the system. Transit.com.ph, a system produced by the Philippine Transit App Challenge 2013, aimed to produce a local version of Google Transit by adding more local transportation modes. The system is however currently running the transportation network of Cebu city and the Metro Manila routes are not yet fully functioning, as it is only able to return the walking route from the origin to the destination point. Sakay.ph, also produced by the Philippine Transit App Challenge 2013, was successful in creating a local version of the Google Transit application. Their system is able to compute for an array of routes for the given origin and destination point, complete with supplementary transportation information. They were also able to incorporate jeepney routes, which was the main shortcoming of Google Transit. However, it has been reported that some of its route suggestions are not the actual routes used by commuters. It is notable that the domain of public transport route planners is helping commuters all around the world - even in the Philippines. There are however almost no studies and no published researches in the said field in the country.



**Fig. 6** Public Transport Route Planners Tree Diagram

Fig. 1 is a diagram illustrating the tree diagram representation of notable Public Transport Route Planners. It summarizes the position of known Public Transport Route Planners as compared to the proposed system in a graphical manner. As seen, PTES, RADS, WISETRIP, ENOSIS, Transit.com.ph, and Sakay.ph, are the closest systems to the researchers' proposal. Although these systems already implement most of the functionalities the researchers wish to put in their proposed route planner, none of them fully encapsulate the goals of the researchers. Most route planners only compute for the shortest path while the researchers want to give users all possible multimodal paths from the origin to the destination. Most route planners only take into consideration the shortest travel time, the proposed system would return an array of possible routes so commuters would have a number of options to choose from. Some planners only return the computed path, the proposed system would provide additional travel information such as estimated travel time, transportation expense, and distance to be travelled. Since other systems are in the business for money, they do not keep user information for other purposes, however the proposed system would save all user information and past sessions as one of its end goal is to produce analytical studies for the betterment of the transportation sector in the Philippines.



**Fig. 7** Research Methodology

### 3. Methodology

Fig. 2 is a diagram illustrating the methodology behind the whole research and system development that would assist the researchers in answering their research questions. The third steps, which is the OTP modification, is focused in meeting the first objective of the researchers, which is to implement a multimodal public transportation route planner in the context of the Metro Manila road networks. The second step, which is the Data Formatting, would aid the researchers in meeting their follow-up objective of proving a good approach in formatting transportation data from LTRFB and various transportation agencies. The last follow-up objective, which is providing a good process to ensure the effectiveness and efficiency of the produced system, would be achieved with the help of the fourth step, Testing and Revisions.

#### 3.1 Data Gathering

First step is data gathering as transportation data is not readily available to the public in the Philippines. It is also important to take note that transportation data in the country is not integrated and is currently being housed by different governing bodies. Data gathering is an integral part of the whole process as it will set the foundations of the system and it would also set the scope and limitation of the project.

MRT capacity and schedule were directly collected from the MRTA office, all other data about the MRT were gathered from their official website. LRT capacity was also directly collected

from the LRTA office while all other information were downloaded from their official website. All data relating to bus and jeepneys information were directly collected from LTFRB. Data that were collected from the MRTA, LRTA, and LTFRB offices were hard copies. Bus and jeepney data were very raw: around 30 pages of case number, operator name, and route names were collected from the governing offices.

Map data of Metro Manila on the other hand would be extracted from OpenStreetMap. However, since extraction of large amounts of data cannot be directly done through OpenStreetMap's home website, Metro Extracts was used to extract Metro Manila's map.

### 3.2 Database Formatting

Transportation data would be formatted according to the General Transit Format Specification (GTFS), as it is the data needed by the OpenTripPlanner (OTP) software.

The extracted OSM map of Metro Manila would be kept as is, and no modifications would be done on it.

### 3.1 Open Trip Planner Implementation

Complete with the needed data, the researchers would then start the actual implementation of OpenTripPlanner. Source code would be downloaded from OpenTripPlanner's GitHub page; instruction manuals to set up the system would also be obtained from the same page.

Before being able to implement the actual system, the graph of the subjected area should be created first by OpenTripPlanner's graph builder module. This module requires two inputs to create the graph: first is the OSM data of the region, and second is the GTFS data of the area. Since large amounts of OSM data cannot be directly extracted from its home website, a third party website was used to download Metro Manila's OSM data. GTFS data on the other hand was obtained from Department of Transportation and Communication's (DOTC) Public Transit Information Service official webpage.

Once the graph is created, OpenTripPlanner's web API would be configured to run the web application. The base set up of the system is already able to produce multimodal public transport routes when the user selects the origin and destination point with the use of the provided map. But to make the system user-friendlier, some modifications

would be employed such as the integration of the geocoder module. This module allows the user to input the origin and destination points' names instead of clicking on the map or providing the points' actual longitude and latitude.

In cases of bugs and errors, the researchers would inquire from the official OpenTripPlanner developer and user community in Google groups. This is the same group the researchers hope to contribute knowledge to.

## 3.2 Testing and Revision

### 3.2.1 Alpha Test

The first testing phase would test the system's effectiveness and efficiency. The system would be subjected to 30 route queries with different randomly chosen combination of origin and destination points.

The system would pass the test if 95 percent of the queries return a computed route; it fail of more than 5 percent of the queries return an error message of "No route was found." The 5 percent allowance is given because there are some route queries that are not accessed by transportation modes. When the system fails the test, the researchers would have to do basic debugging test.

### 3.2.2 Beta Test

Second phase would involve the use of the automated tester application. As discussed in the previous chapter, the automated tester would be inputted with around 10 origin and destination combination along with the usual route actual commuters use for that particular journey. The tester would check if the system is able to return the correct route.

The system would pass if 100 percent of the queries return the correct route. Although in reality, there are a lot of routes from the origin to the destination point, the researchers want the system to reflect the actual route most commuters take. If the system fails the query tests, the researchers would have to do basic debugging tests just as the Alpha test.

## 3.5 System Deployment

Once the system passes the testing stage, it would then be hosted online for the consumption of Metro Manila commuters. To urge people to use the system, the researchers along with colleagues would promote the web application through various social networking sites. The researchers also plan to

give away flyers to commuters in strategic locations such as main MRT and LRT stations, as well as major bus terminals.

### 3.6 Data Analysis

Once the system has been deployed, data collected with the use of the system would be used to create analytical studies as stated in the previous chapter. The researchers hope that these studies would help provide a better transportation sector to the commuters of Metro Manila.

## 4. Results and Analysis

### 4.1 Results

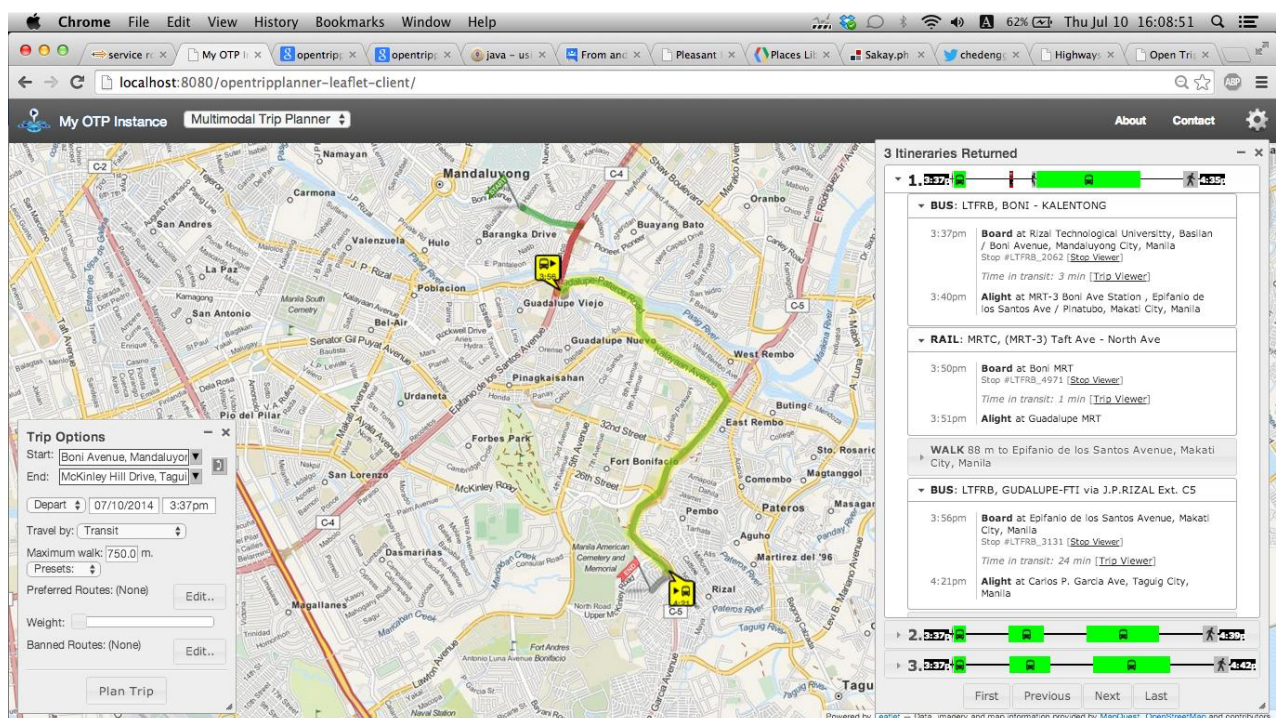
This section would describe the significant details during our implementation of OpenTripPlanner.

Once the system was up, the researchers tested it with a number of randomly selected origin and destination points by arbitrarily clicking on the map and typing in the provided "To" and "From" textboxes. Fig. 3 shows the system's route suggestion given a usual route travelled by the researchers. Different color codes lines represent the multimodal route suggested by our system. The system is always able to suggest at least one multimodal public transport route between user's

inputted origin and destination points. This was proven with the random test the researchers carried out. If either the origin or destination point is beyond the boundaries of Metro Manila, the system returns a route with an endpoint nearest the point, which is outside the boundary. Supplementary walking route are added from the calculated endpoint to the actual selected point of the user. The system is not able to compute for any route at all when both the origin and destination points selected are outside the boundary box of the system. The system pops up an error message saying, "Trip is not possible. You might be trying to plan a trip outside the map data boundary."

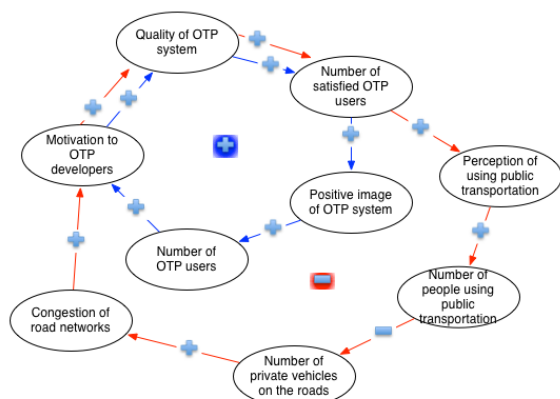
When the inputted "to" and "from" points are popular or well-known transportation hubs or usual destination points, the system usually returns 3 multimodal public transportation routes. However, when the two provided points are uncommon places, only one route is suggested.

The system's route suggestions changes depending on the "arrival time" or "departure time" inputted by the user. This is due to the fact that different transportation modes have different service times. Some transportation modes may not be available during the specific times inputted.



**Fig. 8** Sample Route Query from Boni Avenue, Mandaluyong city to McKinley Hill Drive, Taguig

## 4.2 Analysis



**Fig. 9** Causal Loop Diagram

Fig. 4 illustrates the causal loop diagram behind this research. As the quality of the implemented OpenTripPlanner system increases, so too does the number of its satisfied users. A growing number of satisfied users would up the image of the OpenTripPlanner system and would encourage more people to use it. As more people uses the system, the developers and researchers would be motivated further to continually improve their system. This loop creates the inner blue positive flow. When one component increases, all others follow, vice-versa. Positive feedback loops, following System Dynamic technique suggested by Jay Forrester of MIT,<sup>21</sup> tends to grow exponentially. The inner loop is the internal drive of the system.

Congruently, the outer feedback loop has negative sign. As the number of satisfied OpenTripPlanner users increase, many would start to have a positive perception of using public transportation. With the negative perception of using public transportation going down, more commuters would start to use public transportation and the number of private vehicles on the roads would be lessen. When the number of private vehicles on the road compared to the number of public transportation modes lessen, the road networks of Metro Manila would be little by little decongested. When the researchers see their end goal being realized, their motivation to improve their system more would continually increase. Combining these two feedback loops creates the feedback loops that helps stabilize the whole system so it will not grow exponentially out of hand.

## 5. Discussions and Conclusion

### 5.1 Discussion

Although the current transportation data the system is running on is adequate in suggesting transportation routes, it needs further cleaning and formatting to allow for better and easier route readability. Presently, the system is wrongfully reading jeepney routes as bus routes; it is having a hard time differencing jeepney routes. The estimated travel time also needs further revision for a more realistic estimate. Addition of travel fare is also a useful improvement the researchers need to work on next.

As discussed in the previous section, to achieve the researchers' end goal of decongesting the road networks of Metro Manila, the number of commuters using the system should continually grow. This therefore pushes the researchers to give high importance to the system's promotion. This is essential for the researchers to be able to guide commuters into a better transportation system.

### 5.2 Conclusion

A multimodal public transportation route planner was implemented with the transportation network and data of Metro Manila. OpenTripPlanner was the basis for this system as it is a trusted software implemented in various countries worldwide. It also has a big developer and user community always working on improving it.

The system is currently running LTFRB's latest publication of their GTFS data. This data is however continuously being updated since it is still not complete and finalized. Should LTFRB release a new version, the system should be updated with the new one.

In the implementation of the public transportation route planner, the main impediments lie in data gathering, formatting and updating. Once the system is implemented, the main focus should be in the promotion of the system. This is the research's future direction.

## 6. Acknowledgements

This research is supported by the Department of Science and Technology - Engineering Research and Development for Technology (DOST-ERDT) and Philippine Higher Education Research Network (PHERNET).

## References

- [1] Kumari, S. M. and Geethanjali, N. (2010) A survey on shortest path routing algorithms for public transport travel. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 9(5):73–75.
- [2] Kenyon, S. and Lyons, G. (2003) The value of integrated multimodal traeller information and its potential contribution to modal change. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1):1–21.
- [3] US Department of Transportation Federal Highway Admission (2009) 2000 NHTS Average Vehicle Occupancy: [http://nhts.ornl.gov/tables09/fatcat/2009/avo\\_TRPTRANS\\_WHYTRP1S.html](http://nhts.ornl.gov/tables09/fatcat/2009/avo_TRPTRANS_WHYTRP1S.html)
- [4] Roschlau, M. W. (1985) Provincial public transport. *Philippine Studies*, 33(4):431 – 458, 1985.
- [5] Meng, F. H., Lao, Y., Wai, L. H., and Chuin, L. H. (1999) A multi- criteria, multi-modal passenger route advisory system. National Science and Technology Board (NSTB) Singapore.
- [6] McHugh, B. (2011) The opentripplanner. Metro 2009-2011 regional travel operations grant final report, TriMet, August 2011.
- [7] Zhang, J., Arentze, Theo A., and Timmermans, Harry JP. A multi- modal transport network model for advanced traveler information system. *JUSPN*, 4(1):21–27, 2012.
- [8] Rehrl, K., Goll, N., Leitinger, S., and Bruntsch, S. (2005) Combined in- door/outdoor smartphone navigation for public transport travellers. In *Proceedings of the 3rd Symposium on LBS & TeleCartography*, volume 2005, pages 235– 239.
- [9] Peng, Z. R., and Kim, E. (2008) A standard-based integration framework for distributed transit trip planning systems. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 12(1):13– 28.
- [10] Brennan, S., and Meier, R. (2007) STIS: Smart travel planning across multi- ple modes of transportation. In *Intelligent Transportation Systems Conference, 2007. ITSC 2007. IEEE*, pages 666–671. IEEE.
- [11] Abbaspour, R. A. and Samadzadegan, F. (2010) An evolutionary solution for multimodal shortest path problem in metropolises. *Computer Science and Information Systems*, 7(4):789–811.
- [12] Pun-Cheng, L. (2012) An interactive web-based public transport enquiry system with realtime optimal route computation. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions*, 13(2):983–988.
- [13] Meng, F. H., Lao, Y., Wai, L. H., and Chuin, L. H. (1999) A multi- criteria, multi-modal passenger route advisory system. National Science and Technology Board (NSTB) Singapore.
- [14] Spitadakis, V., and Fostieri, M. (2012) Wisetrip-international multimodal journey planning and delivery of personalized trip information. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48:1294–1303.
- [15] Zografos, K. G., Androutopoulos, K. N., and Vassilis Spitadakis. (2009) Design and assessment of an online passenger information system for integrated multimodal trip planning. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions*, 10(2):311–323.
- [16] Zhang, L., Li, J. Q., Zhou, K., Gupta, S. D., Li, M., Zhang, W.B., Miller, M. A., and Misener, J. A. (2011) Traveler information tool with integrated real-time transit information and multimodal trip planning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2215(1):1–10.
- [17] Li, J. Q., Zhou, K., Zhang, L., and Zhang, W. B. (2010) A multimodal trip planning system incorporating the park-and-ride mode and real-time traffic/transit information. In *Proceedings ITS World Congress*, volume 25, pages 65–76.
- [18] Jariyasunant, J., Kerkez, B., Sengupta, R., Glaser, S., and Bayen, A. (2011) Mobile transit trip planning with real-time data.
- [19] Su, J. M., Chang, C. H., and Ho, W. C., (2008) Development of trip planning systems on public transit in taiwan. In *Networking, Sensing and Control, 2008. ICNSC 2008. IEEE International Conference*, pages 791–795. IEEE. Zhang, J., Arentze, J. A., and Timmermans, H. (2012) A multimodal transport network model for advanced traveler information system. *JUSPN*, 4(1):21–27.
- [20] Kumar, P., Singh, V., and Reddy, D. (2005) Advanced traveler information system for hyderabad city. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions*, 6(1):26–37.
- [21] Forrester, Jay W. (1971) *Principle of System, Productivity*.

## ระบบการเข้าและออกสถานีของรถไฟจากตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือของผู้โดยสาร

### A System for Passenger Train's Arrival and Departure Update of Using Rider's Smartphone GPS Trace

หมายเลขบทความ: AYRF14-023

ธีทัต ธีรัทธานกุล<sup>1</sup>, สุรศักดิ์ ศรีสว่างวงศ์<sup>1</sup>, นรินทร์ คุณาเสฐ<sup>1</sup>, กรชวัล ชาญผา<sup>1</sup>, สุพร พงษ์นุ้มกุล<sup>2</sup>

Theethat Thirattanakul, Surasak Srisawangwong, Narin Kunaseth, Kornchawal Chaipah, Suporn Pongnumkul

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: theethatt@gmail.com, max.surasak@gmail.com,

narin.kunaseth@kkumail.com, kornchawal@kku.ac.th

<sup>2</sup>ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

โทรศัพท์: 02-564-6900

E-mail: suporn.pongnumkul@nectec.or.th

#### บทคัดย่อ

การเดินทางโดยรถไฟเป็นการคมนาคมสาธารณะที่มีประชาชนนิยมใช้บริการ แต่ผู้โดยสารมักประสบปัญหาความล่าช้าทำให้เกิดความไม่สะดวกในการเดินทาง ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะปัจจุบันของรถไฟว่าแต่ละขบวนอยู่ที่ใดและล่าช้าหรือไม่ มีให้บริการทางเว็บไซต์ของการรถไฟแห่งประเทศไทยในรูปแบบเวลาเข้าและออกสถานีล่าสุด แต่บางครั้งข้อมูลที่มีก็ไม่ใช่ข้อมูลปัจจุบัน ทางคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีเสริมข้อมูลการเข้าถึงและออกจากสถานีของรถไฟโดยใช้ประโยชน์จากตำแหน่งจีพีเอสที่อยู่ในโทรศัพท์สมาร์ทโฟนของผู้เดินทางเพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้โดยสาร งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟนเพราะเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยได้ทำการพัฒนาระบบและแอปพลิเคชันที่สามารถคำนวณว่ารถไฟขบวนที่ผู้โดยสารนั่งอยู่กำลังเข้าหรือออกสถานีโดยอยู่หรือไม่ และแสดงข้อมูลผ่านระบบทวีตเตอร์ให้ผู้ใช้งานระบบท่านอื่นทราบ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพและข้อจำกัดของวิธีการคำนวณนี้ด้วยการเปรียบเทียบข้อมูลการเข้าออกสถานีกับข้อมูลจากการเดินทางบนรถไฟ 2 ขบวน ขบวนละ 5 เที่ยว พบว่าระบบสามารถให้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถให้ข้อมูลได้บ่อยและรวดเร็วกว่าข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์ของการรถไฟแห่งประเทศไทย ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของวิธีการที่จะนำมาเสริมระบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน

**คำสำคัญ:** รถไฟ, สมาร์ทโฟน, พิกัด, เวลาเข้าออกสถานี

#### Abstract

Passenger train is a useful mode of transportation, but riders of Thai trains often suffer from train delays and the lack of real-time information. The real-time information about the current status of trains is still limited in Thailand as the only available information is the latest arrival and departure time provided on the State Railway of Thailand's website. However, this information is sometimes not updated. This paper develops a method that leverages GPS capability in smartphones to collect the real-time information of a train position as a rider uses our smartphone application on the moving train. Smartphones are used in this project because it is a popular commodity nowadays. The developed method identifies whether the train is arriving or departing a station and broadcasts the information via a Twitter account. We evaluated the effectiveness and limitation of this method using data collected from travelling on two different trains, five times each. The results show the potential of using this system to complement the information currently provided on the State Railway of Thailand's website.

**Keywords:** Passenger Train, Smartphone, Location, Arrival and Departure Time

## 1. บทนำ

การเดินทางด้วยรถไฟถือเป็นหนึ่งในการคมนาคมและขนส่งที่มีผู้โดยสารนิยมใช้บริการเป็นจำนวนมาก นอกจากประโยชน์ในการขนส่งผู้โดยสารไปยังจุดหมายปลายทางที่ไม่จำเป็นเป็นการเดินทางภายในประเทศหรือ การเดินทางข้ามประเทศเพื่อนบ้านแล้ว รถไฟยังสามารถใช้ในการขนส่งสินค้าได้อีกด้วย ซึ่งผู้โดยสารที่จะใช้บริการรถไฟสามารถตรวจสอบเวลาการเดินทางของรถไฟได้จากตารางเวลาการเดินทาง โดยตารางเวลาการเดินทางจะแสดงข้อมูลเวลาเข้าออกสถานีของขบวนรถไฟ และชนิดของขบวนรถไฟ แต่ด้วยปัญหาความล่าช้าในการเดินทางมาถึงยังสถานีของรถไฟที่ไม่ตรงกับเวลาในตารางเวลาการเดินทางที่อาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การเข้าออกสถานีที่เสียเวลาเกินกว่ากำหนด หรือมีเหตุการณ์สุดวิสัยบางอย่างที่ส่งผลให้ขบวนรถไฟล่าช้า ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสถานะทางอารมณ์ของผู้โดยสาร เพื่อลดปัญหาเหล่านี้ทางการรถไฟได้สร้างระบบติดตามขบวนรถไฟบนหน้าเว็บไซต์ของการรถไฟ [1] ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของขบวนรถ และสถานะปัจจุบัน ได้แก่สถานีล่าสุดที่ผ่าน เวลาถึง เวลาออก เวลาล่าช้า ดังตัวอย่างในรูปที่ 1

อย่างไรก็ตามผู้โดยสารหรือผู้ใช้บริการรถไฟที่ใช้งานระบบติดตามขบวนรถไฟยังคงพบปัญหาในการปรับปรุงข้อมูลตารางเวลาการเดินทางของเจ้าหน้าที่ที่คลาดเคลื่อนกับความเป็นจริง ซึ่งอาจเกิดจากการที่บางสถานีไม่มีเจ้าหน้าที่ประจำอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงการปรับปรุงข้อมูลนั้น

ไม่ได้เปลี่ยนแปลงทันทีที่ขบวนรถไฟเข้าเทียบสถานีหรือออกจากสถานี ทำให้ข้อมูลดังกล่าวเหล่านี้ยังเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้โดยสารได้มากเท่าที่ควร

ผู้ทำวิจัยจึงได้พัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถไฟจากโทรศัพท์สมาร์ตโฟนเพื่อสร้างอีกหนึ่งตัวเลือกในการให้ข้อมูลเพื่อเพิ่มความสะดวกของการโดยสารด้วยรถไฟ เนื่องด้วยในปัจจุบันการใช้โทรศัพท์สมาร์ตโฟนเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายและง่ายต่อการเข้าถึงระบบ

อินเทอร์เน็ต ผู้ทำวิจัยได้นำเซ็นเซอร์ที่ถูกติดตั้งอยู่ในโทรศัพท์สมาร์ตโฟนมาประยุกต์ใช้เพื่อให้อุปกรณ์แต่ละเครื่องสามารถส่งข้อมูลตำแหน่งบนภาคพื้นดิน (Global Positioning System : GPS) จากผู้โดยสารที่ขึ้นรถไฟก่อนมาคำนวณข้อมูลการเข้าและออกสถานีแบบอัตโนมัติเพื่อให้ผู้โดยสารท่านอื่นที่ยังรอรถไฟอยู่ทราบว่ารถไฟได้ผ่านเข้าออกสถานีใด ณ เวลาใด ข้อดีของระบบนี้คือ การใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้ไม่ส่งผลที่จะทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมแต่อย่างใด เนื่องจากไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ติดตามขบวนรถแต่ละขบวน แต่ใช้อุปกรณ์ที่ผู้เดินทางพกพาอยู่แทน นอกจากนี้ระบบยังแสดงข้อมูลแบบอัตโนมัติผ่านทวิตเตอร์เมื่อรถไฟเดินทางเข้าหรือออกสถานีใดดังรูปที่ 2 ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลปัจจุบัน ซึ่งกระบวนการนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า มีผู้โดยสารที่ยินยอมและทำการแบ่งปันข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของตนเพื่อประโยชน์แก่ผู้โดยสารท่านอื่น

ผู้ทำวิจัยได้ทำการทดสอบระบบและเก็บข้อมูลด้วยการใช้งานจริงบนขบวนรถไฟจำนวน 2 ขบวนเป็นเวลา 5 วันทำการ และได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเปรียบเทียบกับข้อมูลการเข้าออกสถานีที่ได้จากการสังเกตของผู้ทำการทดสอบระบบขณะเดินทาง และข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์ระบบติดตามรถไฟของทางการรถไฟแห่งประเทศไทย

เลขขบวน	วันที่ออกเดินทาง	เวลาออกเดินทาง	สถานีต้นทาง-ปลายทาง	เวลาถึงปลายทาง	สถานะปัจจุบัน			
					ถึงสถานี	เวลาถึง	เวลาออก	ช้า (นาที)
3	15/07/2014	10:50	กรุงเทพ - ศีลาอาสน์	19:15	พิษณุโลก	16:17	16:22	17
9	15/07/2014	08:30	กรุงเทพ - เชียงใหม่	20:30	เด่นชัย	16:36	16:39	46
12	15/07/2014	08:50	เชียงใหม่ - กรุงเทพ	20:25	หนองฉม	ผ่าน	16:11	88
14	15/07/2014	16:00	เชียงใหม่ - กรุงเทพ	06:30	สาทร	16:23	16:24	0

รูปที่ 1 ตารางแสดงข้อมูลขบวนรถไฟของการรถไฟ [1]



รูปที่ 2 การแสดงข้อมูลผ่านทวิตเตอร์

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ ผู้ทำวิจัยทำการศึกษเกี่ยวกับการใช้รถไฟโดยสารร่วมกับการใช้ประโยชน์จากระบบ GPS บนโทรศัพท์มือถือของผู้โดยสาร จากการค้นคว้าพบว่ามีหลายงานวิจัยที่มีการใช้ระบบ GPS ในการระบุตำแหน่งเพื่อช่วยในการเดินทางของผู้โดยสารรถประจำทาง รวมไปถึงการสร้างระบบ Crowd-sourcing computing system โดยการให้ผู้โดยสารแบ่งปันข้อมูล GPS เพื่อระบุตำแหน่งที่แน่นอนของรถประจำทางที่เดินทางอยู่ ณ เวลานั้นๆ ซึ่งผู้ทำวิจัยเห็นว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับงานวิจัยนี้ได้

เช่นงานวิจัย Bus Arrival Time Prediction Based on the k-Nearest Neighbor Method [3] ได้ออกแบบการทำนายการมาถึงของรถประจำทางโดยใช้วิธี k-NN (k Nearest Neighbor) โดยใช้ข้อมูล GPS ในอดีตของรถโดยสารประจำทางของเมืองปักกิ่งประเทศจีน โดยผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานของ k-NN โดยใช้ข้อมูลความล่าช้าในอดีตที่มีความใกล้เคียงกับความล่าช้าในปัจจุบันที่สุด เพื่อใช้วิเคราะห์ทำนายเวลามาถึงในอนาคต

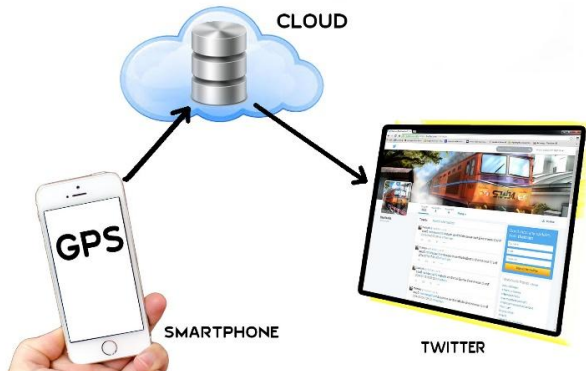
งานวิจัย Hybrid dynamic prediction model of bus arrival time based on weighted of historical and real-time GPS Data [4] ได้ทำการทำนายการมาถึงของรถประจำทางโดยใช้ข้อมูลของ advanced public transportation system (APTS) ซึ่งเป็นการรวมกันของเทคโนโลยีข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทาง เช่น Global Position Systems (GPS), Automatic Vehicle Location Systems (AVLS) และ Automatic Passenger Counting (APC) systems เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณและเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้ขั้นตอนวิธีสามแบบ ได้แก่ Moving average model (MAM) , Moving average dynamic adjustment model (MADA) และ Hybrid method based on hybrid moving average and dynamic adjustment model (HMADA) พบว่าขั้นตอนวิธี HMADA มีประสิทธิภาพในการทำนายแม่นยำที่สุด

และงานวิจัย Field Trial of Tiramisu: Crowd-Sourcing Bus Arrival Times to Spur Co-Design [5] ที่มุ่งเน้นในการใช้งานระบบ Crowd-sourcing computing system โดยการให้ผู้ใช้งานแบ่งปันข้อมูล ได้แก่ การติดตามของ GPS บนโทรศัพท์มือถือ และข้อมูลความแออัดของรถประจำทาง จากนั้นระบบจะสร้างเป็นรูปแบบให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูได้ ซึ่งมีทั้งข้อมูลแบบ Real Time ข้อมูลในอดีต และข้อมูลจากตารางเดินรถ รวมถึงหากผู้ใช้พบปัญหาต่างๆ สามารถเขียนรายงานส่งไปยังระบบได้ จากการทดลองพบว่าแนวคิดนี้มีประโยชน์ในการนำมาใช้งานจริง โดยผู้ใช้งานระบบประสบผลสำเร็จในการติดตามข้อมูลและใช้ข้อมูลแบบ Real Time รวมถึงข้อมูลในอดีตเพื่อพัฒนาการเดินทางประจำวัน นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่าผู้ใช้งานระบบมีอัตราส่วนของการแชร์ข้อมูลการติดตามและการรายงานปัญหาของบริการขนส่งที่ผิดพลาดสูง

## 3. ส่วนประกอบและการทำงานของระบบ

ระบบที่นำเสนอในบทความนี้นำตำแหน่ง GPS ที่ได้จากโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟนของผู้ที่ใช้บริการรถไฟขณะกำลังเดินทางมาประมวลผลเพื่อแสดงสถานะของขบวนรถไฟที่เข้าของโทรศัพท์ที่ใช้บริการอยู่ว่ากำลังเข้าออกสถานีใด เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้โดยสารท่านอื่น ระบบมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ดังรูปที่ 3 คือ 1. โทรศัพท์สมาร์ตโฟนของผู้ที่กำลังเดินทางอยู่บนรถไฟ 2. ส่วนประมวลผลกลาง และ 3. ส่วนแสดงผล ซึ่งในบทความนี้ใช้การแสดงผลผ่านบัญชีผู้ใช้ Twitter ชื่อ ThaiTrain [2] โดยการทำงานของระบบจะเริ่มจากการที่ผู้เดินทาง แบ่งปันข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟโดยส่งข้อมูลตำแหน่งเข้ามาประมวลผลที่ส่วนประมวลผลกลาง และส่วนประมวลผลกลางทำ

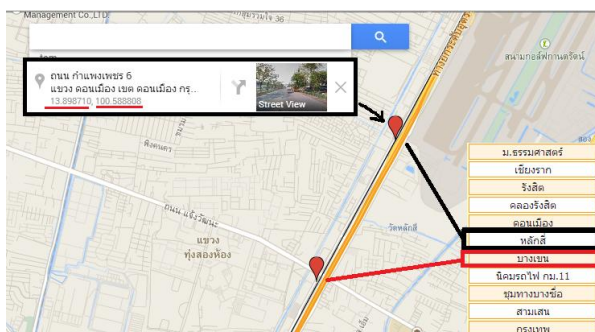
การคำนวณว่าในตำแหน่งดังกล่าวนี้รถไฟเข้าถึงหรือออกจากสถานีใดอยู่หรือไม่ และทำการให้ข้อมูลเมื่อมีการเข้าถึงหรือออกจากสถานีผ่านบัญชี Twitter ThaiTrain [2] ดังที่แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งการทำงานของระบบแบ่งได้เป็นสามส่วน คือ การตั้งค่าข้อมูลขบวนรถไฟ, แอปพลิเคชันสำหรับให้ข้อมูลตำแหน่งรถไฟ และการคำนวณสถานะการเข้าออกสถานีจากตำแหน่งรถไฟด้วยละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของระบบ ประกอบด้วยโทรศัพท์มือถือที่ส่งตำแหน่งไปประมวลผลที่ส่วนประมวลผลกลางใน Cloud และแสดงผลเมื่อมีการเข้าและออกจากสถานีผ่าน Twitter

### 3.1 การตั้งค่าข้อมูลขบวนรถไฟ

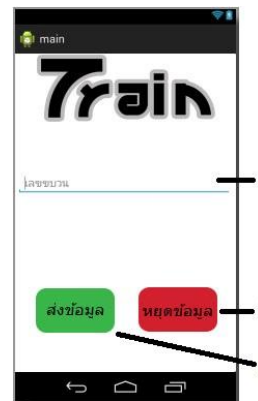
เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณเทียบกับตำแหน่งปัจจุบันในรถไฟ ระบบต้องการการตั้งค่าโดยใช้ข้อมูลตำแหน่งของสถานีต่างๆที่รถไฟผ่าน ผู้ควบคุมระบบจะต้องทำการสร้างฐานข้อมูลของขบวนรถไฟแต่ละขบวน เก็บไว้ในส่วนประมวลผลกลาง โดยในข้อมูลของขบวนรถไฟนั้นจะมีตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของสถานีที่ขบวนรถไฟนั้นๆ ต้องเข้าจอด ในการกำหนดจุดนั้นต้องกำหนดจุดให้ตรงตามตารางเดินรถที่ทางการรถไฟมีให้ ซึ่งตำแหน่งที่ใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดทำการอ้างอิงจาก Google maps ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การกำหนดตำแหน่งสถานีบน Google maps

### 3.2 แอปพลิเคชันสำหรับให้ข้อมูลตำแหน่งรถไฟ

สำหรับผู้ใช้สารที่เป็นผู้ให้ข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟจะต้องมีแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือที่ติดตั้งตำแหน่งปัจจุบันที่มีถือนั้นอยู่จากระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS) ซึ่งแอปพลิเคชันจะส่งค่าละติจูดและลองจิจูดไปที่ส่วนประมวลผลกลางทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง รูปที่ 5 แสดงหน้าจอของแอปพลิเคชัน โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกเลขขบวนที่ใช้บริการ (รูปที่ 5 หมายเลข 1) จากนั้นเมื่อผู้ใช้งานได้ขึ้นยังขบวนรถเรียบร้อยแล้วให้ทำการส่งข้อมูลละติจูดและลองจิจูดไปยังฐานข้อมูลโดยการกดปุ่ม “ส่งข้อมูล” (รูปที่ 5 หมายเลข 2) เพื่อเริ่มส่งข้อมูลตำแหน่งไปยังส่วนประมวลผลกลาง และเมื่อถึงสถานีปลายทางให้กด “หยุดข้อมูล” (รูปที่ 5 หมายเลข 3) เพื่อหยุดส่งข้อมูลตำแหน่ง



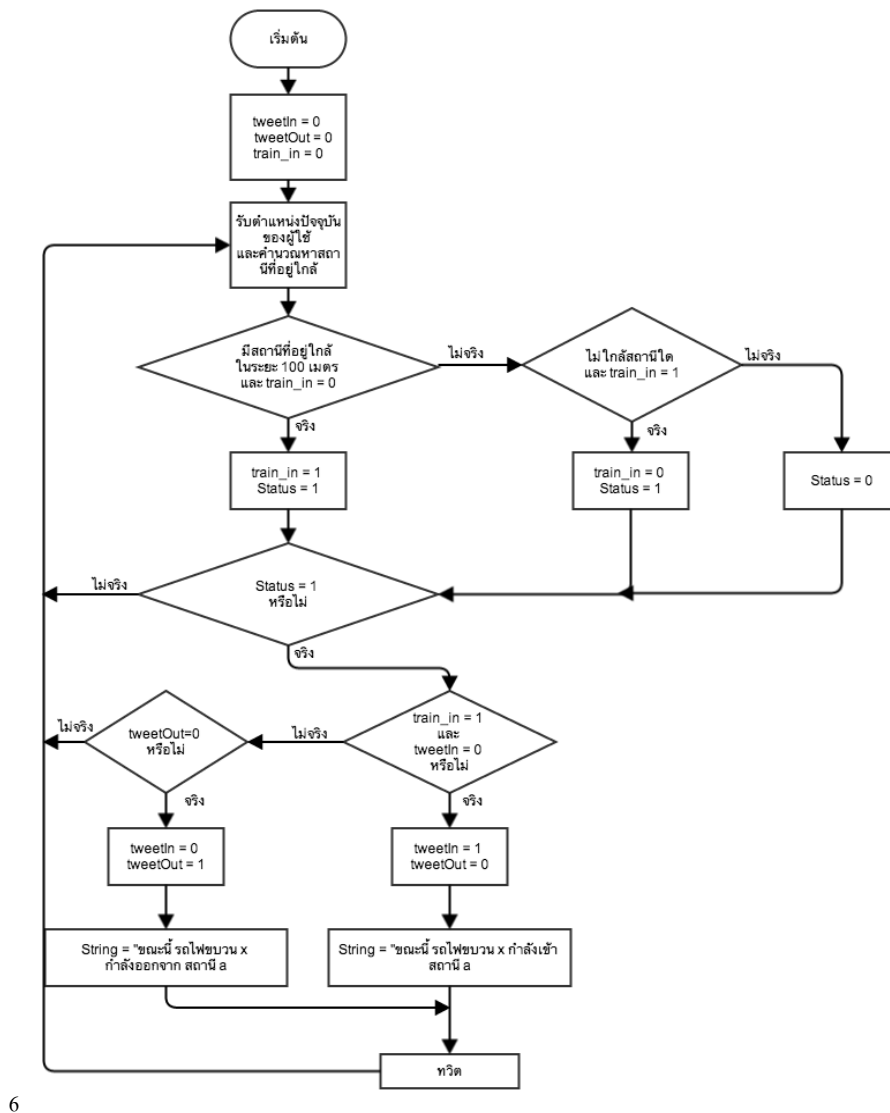
รูปที่ 5 ตัวอย่างหน้าจอการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับให้ข้อมูลตำแหน่งรถไฟ ซึ่งผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลเลขขบวน (1) และกดปุ่ม “ส่งข้อมูล” (2) และ “หยุดข้อมูล” (3) เพื่อเริ่มและหยุดการส่งตำแหน่งเข้าส่วนประมวลผลกลาง

### 3.3 การคำนวณสถานะการเข้าออกสถานีจากตำแหน่งรถไฟ

หลังจากที่ผู้ใช้งานกรอกเลขขบวน แล้วทำการกดปุ่ม “ส่งข้อมูล” เพื่อเป็นการส่งข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้ไปให้ทางโปรแกรมเพื่อคำนวณสถานะการเข้าออกสถานี ขั้นตอนแรกเมื่อโปรแกรมได้รับตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้ซึ่งเป็นตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟ โปรแกรมจะนำตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟมาคำนวณเพื่อตรวจสอบว่าจากตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟมีสถานีรถไฟใดบ้างที่อยู่ในรัศมี 100 เมตร และเลือกเฉพาะสถานีรถไฟที่ใกล้ที่สุด และเมื่อตรวจสอบแล้วว่าตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟขบวนนั้นมีสถานีรถไฟที่ใกล้ที่สุดที่อยู่ในรัศมี 100 เมตร โปรแกรมจึงกำหนดสถานะของรถไฟว่ารถไฟขบวนนี้กำลังจะเข้ามายังสถานีรถไฟดังกล่าว แต่เมื่อตรวจสอบ

แล้วว่ารถไฟขบวนนี้ไม่มีสถานีรถไฟใดเลยในรัศมี 100 เมตร โปรแกรมจะตรวจสอบในขั้นตอนถัดไป ซึ่งขั้นตอนนี้โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่ารถไฟขบวนนี้และรถไฟขบวนนี้เคยเข้าสถานีรถไฟมาก่อนหรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วเงื่อนไขเป็นจริง แสดงว่ารถไฟขบวนนี้กำลังที่จะออกจากสถานีรถไฟ เนื่องมาจากรถไฟขบวนนี้เคยเข้าสถานีมาก่อนแล้ว และในปัจจุบันรถไฟได้ออกจากสถานีแล้ว โปรแกรมจึงจะกำหนดสถานะของรถไฟขบวนนี้ว่ารถไฟขบวนนี้ได้ออกจากสถานีไปแล้ว แต่เมื่อตรวจสอบแล้วว่ารถไฟขบวนนี้ไม่มีสถานีรถไฟอยู่ในรัศมี 100 เมตร และรถไฟขบวนนี้ยังไม่เคยเข้าสถานีรถไฟมาก่อน แสดงว่ารถไฟขบวนนี้อยู่ระหว่างสถานี โปรแกรมจะทำการกลับไปปรับตำแหน่งของรถไฟใหม่ ในขั้นตอนต่อมา โปรแกรมจะตรวจสอบสถานะของรถไฟที่ได้จากขั้นตอนที่แล้ว เพื่อจะได้รู้ว่ารถไฟขบวนนี้อยู่สถานะที่จะแสดงไปบนทวิตเตอร์หรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วสถานะของรถไฟขบวนนี้มีสถานะที่ตรงตามเงื่อนไข โปรแกรมจะกลับไปเริ่มต้นการทำงานใหม่เพื่อที่จะรับตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟใหม่แล้วตรวจสอบตามขั้นตอนอีกครั้ง แต่ถ้าตรวจสอบแล้วว่ารถไฟขบวนนี้มีสถานะเข้าหรือออกสถานีรถไฟระบบจะนำข้อมูลไปแสดงบนทวิตเตอร์ได้ โปรแกรมจะทำงานในขั้นตอนถัดไป ซึ่งในขั้นตอนถัดไปนี้ โปรแกรมจะตรวจสอบว่ารถไฟขบวนนี้กำลังเข้าสถานีรถไฟและแสดงไปบนทวิตเตอร์แล้วหรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วว่ารถไฟขบวนนี้กำลังเข้าสถานีรถไฟและยังไม่ได้แสดงไปบนทวิตเตอร์ โปรแกรมจะกำหนดข้อความที่จะใช้แสดงบนทวิตเตอร์

ด้วยข้อความ “ขณะนี้ รถไฟขบวน x กำลังเข้า สถานี a” และกำหนดสถานะของรถไฟขบวนนี้ว่าไม่สามารถแสดงข้อความบอกว่าเข้าสถานีรถไฟอีกได้ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้แสดงข้อความนี้อีกครั้งและกำหนดสถานะของรถไฟขบวนนี้ว่าสามารถแสดงข้อความบอกว่าออกจากสถานีรถไฟได้ แต่ถ้าโปรแกรมตรวจสอบแล้วว่ารถไฟขบวนนี้เคยเข้าสถานีรถไฟไปแล้วหรือได้แสดงไปบนทวิตเตอร์แล้ว โปรแกรมจะทำงานในขั้นตอนถัดไป ซึ่งขั้นตอนถัดไปนี้ โปรแกรมจะตรวจสอบว่าสามารถแสดงข้อความบอกว่าออกจากสถานีได้หรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วว่า ยังไม่สามารถแสดงข้อความบอกว่าออกจากสถานีได้ โปรแกรมจะกลับไปเริ่มการทำงานในขั้นตอนแรกใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าเมื่อตรวจสอบแล้วว่า สามารถแสดงข้อความบอกว่าออกจากสถานีได้ โปรแกรมจะกำหนดข้อความที่จะใช้ในการแสดงบนทวิตเตอร์ด้วยข้อความ “ขณะนี้ รถไฟขบวน x กำลังออกจาก สถานี a” และกำหนดสถานะของรถไฟขบวนนี้ว่าไม่สามารถแสดงข้อความบอกว่าออกจากสถานีรถไฟอีกได้ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้แสดงข้อความนี้อีกครั้งและกำหนดสถานะของรถไฟขบวนนี้ว่าสามารถแสดงข้อความบอกว่าเข้าสถานีรถไฟได้ และเมื่อได้ข้อความที่จะใช้ไปแสดงบนทวิตเตอร์แล้ว โปรแกรมจะทำงานแสดงข้อความนั้นไปบนทวิตเตอร์ แล้วกลับไปเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมใหม่อีกครั้งจนกว่าผู้ใช้งานจะกดปุ่มหยุดส่งข้อมูล โปรแกรมจึงจะหยุดการทำงาน เพื่อความชัดเจนสามารถขั้นตอนการทำงานตามรูปที่



6

รูปที่ 6 Flowchart แสดงหลักการทำงานของระบบ

#### 4. การทดสอบระบบ

เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพและข้อจำกัดของระบบ ผู้วิจัยได้เดินทางบนรถไฟจำนวน 2 ขบวน เป็นเวลา 5 วัน โดยจุดประสงค์คือเพื่อทำการเปรียบเทียบ ข้อมูลการเข้าออกสถานีในรูปแบบต่างๆ แบบ ได้แก่ เวลาเข้าออกสถานีตามที่ผู้โดยสารจับบันทึก (ใช้เป็นข้อมูลความจริง หรือ ground truth เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ), เวลาเข้าออกสถานีตามตารางเดินรถ, เวลาเข้าออกสถานีที่ระบบให้ข้อมูล, และเวลาเข้าออกสถานีจากเว็บของการรถไฟแห่งประเทศไทย ซึ่งในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงขบวนรถไฟทั้งสองขบวน การตั้งค่าระบบ และวิธีการเก็บข้อมูลทั้ง 4 แบบ

##### 4.1 ขบวนรถไฟที่ทดสอบ และการตั้งค่าระบบ

ผู้วิจัยได้เดินทางบนรถไฟจำนวน 2 ขบวน คือ หมายเลข 202 จากสถานีมหาชัยธรรมศาสตร์รังสิตไปถึงยังสถานีกรุงเทพ ซึ่งตามตารางเดินรถผ่านสถานีรถไฟ 10 สถานี และ หมายเลข 315 จากสถานีกรุงเทพไปยังสถานีมหาชัยธรรมศาสตร์รังสิต ซึ่ง 315 ผ่านสถานีตามตารางเดินรถ 14 สถานี ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบเป็นเวลา 5 วัน คือ วันที่ 4 และ วันที่ 7-10 กรกฎาคม พ.ศ. 2557 ตามตารางเดินรถดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ตำแหน่งของสถานีที่ขบวน 202 ผ่าน

ลำดับ สถานี	ชื่อสถานี	ค่าละติจูด	ค่าลองจิจูด
1	สถานีรถไฟม.ธรรมศาสตร์	14.07934	100.5887
2	สถานีรถไฟเชียงราก	14.05534	100.5926
3	สถานีรถไฟรังสิต	13.99002	100.6022
4	สถานีรถไฟคลองรังสิต	13.97459	100.6043
5	สถานีรถไฟดอนเมือง	13.92038	100.6015
6	สถานีรถไฟหลักสี่	13.88404	100.5808
7	สถานีรถไฟบางเขน	13.84692	100.5607
8	สถานีรถไฟชุมทางบางซื่อ	13.80476	100.5403
9	สถานีรถไฟสามเสน	13.77928	100.53
10	สถานีรถไฟกรุงเทพ	13.74019	100.517

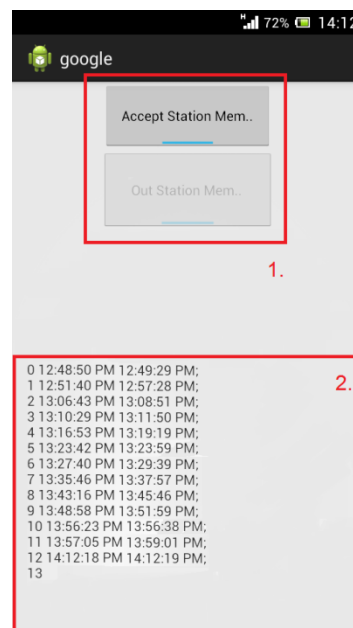
ตารางที่ 2 ตำแหน่งของสถานีที่ขบวน 315 ผ่าน

ลำดับ สถานี	ชื่อสถานี	ค่าละติจูด	ค่า ลองจิจูด
1	สถานีรถไฟกรุงเทพ	13.74019	100.517
2	สถานีรถไฟยมราช	-	-
3	สถานีรถไฟโรงพยาบาล รามธิบดี	-	-
4	สถานีรถไฟสามเสน	13.77928	100.53
5	สถานีรถไฟชุมทางบางซื่อ	13.80476	100.5403
6	สถานีรถไฟบางเขน	13.84692	100.5607
7	สถานีรถไฟทุ่งสองห้อง	-	-
8	สถานีรถไฟหลักสี่	13.88404	100.5808
9	สถานีรถไฟดอนเมือง	13.92038	100.6015
10	สถานีรถไฟคลองรังสิต	13.97459	100.6043
11	สถานีรถไฟรังสิต	13.99002	100.6022
12	สถานีรถไฟคลองหนึ่ง	-	-
13	สถานีรถไฟเชียงราก	14.05534	100.5926
14	สถานีรถไฟม.ธรรมศาสตร์	14.07934	100.5887

## 4.2 การเก็บข้อมูล

### 4.2.1 เวลาเข้าออกสถานีตามที่ได้ทำการจดบันทึก

ในส่วนของการเก็บข้อมูลที่ได้ทำการจดบันทึกทางผู้วิจัยได้แบ่งการบันทึกเป็นสองส่วนคือ เวลาที่ขบวนรถไฟเข้าสถานี เวลาที่ขบวนรถไฟออกจากสถานี โดยใช้โปรแกรมบันทึกเวลาในการบันทึกเวลาลักษณะหน้าตาดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ลักษณะ โปรแกรมบันทึกเวลา

เวลาที่ได้ทำการบันทึกนั้นใช้เวลาอ้างอิงจากเครื่องบันทึก โดยหลักการทำงานคือเมื่อผู้บันทึกเวลาเห็นว่าขบวนรถไฟได้เข้าสถานีแล้ว จะทำการกดปุ่ม Accept Station Mem (รูปที่ 7 หมายเลข 1) และเมื่อผู้ใช้งานเห็นว่าขบวนรถไฟได้ออกจากสถานีแล้วให้ทำการกดปุ่ม Out Station Mem (รูปที่ 7 หมายเลข 1) ในการจดบันทึกเวลานั้นปุ่มทั้งสองจะสามารถใช้ได้ทีละปุ่ม ส่วนในหมายเลข 2 ในรูปที่ 7 นั้น เป็นส่วนที่แสดงผลของการบันทึกเวลา จะแสดงข้อมูลลำดับการบันทึก เวลาเข้าสถานี และเวลาออกสถานี

### 4.2.2 เวลาเข้าออกสถานีตามตารางเดินทางการรถไฟ

สำหรับข้อมูลตารางเวลาเข้าออกสถานีตามตารางเดินรถนั้น ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการรถไฟได้กำหนดไว้เป็นข้อมูลพื้นฐานดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ตารางเดินรถของการรถไฟฟ้าขบวน 202

ลำดับ สถานี	ชื่อสถานี	เวลาเข้า	เวลาออก
1	สถานีรถไฟม.ธรรมศาสตร์	12:51	12:52
2	สถานีรถไฟเชียงราก	12:55	12:56
3	สถานีรถไฟรังสิต	13:02	13:03
4	สถานีรถไฟคลองรังสิต	13:06	13:07
5	สถานีรถไฟดอนเมือง	13:13	13:14
6	สถานีรถไฟหลักสี่	13:19	13:20
7	สถานีรถไฟบางเขน	13:27	13:28
8	สถานีรถไฟชุมทางบางซื่อ	13:41	13:43
9	สถานีรถไฟสามเสน	13:50	13:52
10	สถานีรถไฟกรุงเทพ	14:05	0

ตารางที่ 4 ตารางเดินรถของการรถไฟฟ้าขบวน 315

ลำดับ สถานี	ชื่อสถานี	เวลาเข้า	เวลาออก
1	สถานีรถไฟกรุงเทพ	0	16:01
2	สถานีรถไฟยมราช	16:16	16:18
3	สถานีรถไฟโรงพยาบาล รามาริบัติ	16:22	16:23
4	สถานีรถไฟสามเสน	16:24	16:26
5	สถานีรถไฟชุมทางบางซื่อ	16:32	16:34
6	สถานีรถไฟบางเขน	16:44	16:45
7	สถานีรถไฟทุ่งสองห้อง	-	-
8	สถานีรถไฟหลักสี่	16:53	16:54
9	สถานีรถไฟดอนเมือง	17:02	17:03
10	สถานีรถไฟคลองรังสิต	17:09	17:10
11	สถานีรถไฟรังสิต	17:13	17:14
12	สถานีรถไฟคลองหนึ่ง	17:18	17:19
13	สถานีรถไฟเชียงราก	17:23	17:24
14	สถานีรถไฟม. ธรรมศาสตร์	17:27	17:28

#### 4.2.3 เวลาเข้าออกสถานีตามระบบให้ข้อมูล

เวลาเข้าออกของระบบในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลที่มีการแสดงผลทางทวิตเตอร์ โดยระบบจะนำค่าละติจูดและลองจิจูดที่ได้จากเครื่องโทรศัพท์ของผู้โดยสารไปทำการคำนวณและแสดงข้อมูลเข้าออกสถานีแต่ละสถานีทางทวิตเตอร์ ข้อมูลที่แสดงจะมีเลขขบวนรถไฟสถานะว่ากำลังเข้าหรือออกสถานี สถานีที่กำลังเข้าจอดหรือกำลังออกเวลาการเดินทางที่ล่าช้ากว่าในตารางเดินรถของการรถไฟฟ้า และจะบอกถึงวันเดือนปีพร้อมทั้งเวลาขณะเข้าออกสถานี

#### 4.2.4 เวลาเข้าออกสถานีตามเว็บทางการรถไฟฟ้า

การรถไฟฟ้าได้ทำการสร้างเว็บไซต์ที่แสดงข้อมูลสถานะของขบวนรถไฟ [1] ทุกขบวนที่อยู่ระหว่างการเดินทางหรือกำลังจะออกเดินทางดังรูปที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูลหน้าเว็บทุกๆหนึ่งนาทีเพื่อหาเวลาที่มีการปรับปรุงข้อมูล

### 5. ผลการทดสอบระบบ และการอภิปรายผล

#### 5.1 การเข้าจอดสถานีจากการสังเกตของผู้ทดสอบระบบ

จากการเดินทางบนรถไฟฟ้าขบวนเดียวกันเป็นจำนวน 5 ครั้งต่อขบวนทำให้ผู้ทดสอบสังเกตการเข้าจอดสถานีที่ไม่แน่นอนได้เนื่องจากขบวน 202 ซึ่งมีสถานีตามตารางเดินรถ 10 สถานี มีการจอดตั้งแต่ 11 – 13 ครั้งใน 5 เทียที่เดินทาง และ ขบวน 315 ที่มีจำนวน 14 สถานีตามตารางเดินรถ มีการจอดจำนวน 16 – 20 ครั้ง ใน 5 เทียที่เดินทาง ซึ่งเกิดจากการจอดรับผู้โดยสารในจุดที่ผู้โดยสารขาประจำขึ้นนอกสถานีและป้ายจอด ซึ่งการจอดนอกสถานีที่กำหนดไว้ ทำให้ข้อมูลที่ทำได้จากตารางเดินรถไม่ครอบคลุมการจอดเหล่านี้

#### 5.2 ความล่าช้าจากตารางเดินรถ

จากการเดินทาง 5 เทียของ 2 ขบวนนี้ ผู้ทดสอบพบว่าความล่าช้าของขบวนรถไฟในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงดูได้จากตารางที่ 5 และ 6 ซึ่งขบวน 202 เข้าถึงสถานีปลายทางช้า ตั้งแต่ 14.00 นาที จนถึง 35.98 นาที โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 24.21 นาที และ ขบวน 315 เข้าถึงสถานีปลายทางช้า ตั้งแต่ 11.58 นาที จนถึง 22.20 นาที โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 17.73 นาที ซึ่งความล่าช้าจากการเดินทางที่ไม่แน่นอนนี้ทำให้การเดินทางในระบบนี้มีความไม่แน่นอนและไม่สะดวกสบาย

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบเวลาหยุดนิ่งและรถเริ่มเคลื่อนตัวจากการ  
บันทึกกับเวลาเข้าออกสถานีจากตารางเวลาการเดินทางรถไฟฟ้าของ  
ขบวน 202

สถานี	ระยะเวลา(นาที)ที่คลาดเคลื่อนจากตารางรถไฟ	
	รถเข้าถึงสถานี	รถออกจากสถานี
ม. ธรรมศาสตร์	-	13.45
เชียงใหม่	14.00	14.35
รังสิต	19.47	19.90
คลองรังสิต	19.45	18.73
ดอนเมือง	20.27	20.17
หลักสี่	25.35	25.25
บางเขน	27.00	26.97
ชุมทางบาง ซื่อ	29.02	27.88
สามเสน	27.32	26.67
กรุงเทพ	35.98	-

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบเวลาหยุดนิ่งและรถเริ่มเคลื่อนตัวจากการ  
บันทึกกับเวลาเข้าออกสถานีจากตารางเวลาการเดินทางรถไฟฟ้าของ  
ขบวน 315

สถานี	ระยะเวลา(นาที)ที่คลาดเคลื่อนจากตารางรถไฟ	
	รถเข้าถึงสถานี	รถออกจากสถานี
กรุงเทพ	-	12.05
สามเสน	11.58	10.93
ชุมทางบาง ซื่อ	13.40	13.97
บางเขน	14.20	14.65
หลักสี่	15.98	16.62
ดอนเมือง	17.85	18.92
คลองรังสิต	21.57	21.05
รังสิต	20.57	20.43
เชียงใหม่	22.20	21.67
ม. ธรรมศาสตร์	22.20	-

### 5.3 การปรับปรุงข้อมูลของเว็บไซต์

จากการสำรวจการปรับปรุงข้อมูลจากเว็บไซต์รถไฟ ทำให้  
ทราบจำนวนครั้งของการปรับปรุงข้อมูลตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 ซึ่ง  
มีการปรับปรุงข้อมูลเพียง 1 – 3 ครั้งต่อเที่ยว จากจำนวน 10 และ 14  
สถานี ซึ่งผู้ทดสอบพบว่าข้อมูลไม่ถูกปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน ดังนั้น  
ข้อมูลดังกล่าวอาจจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้เดินทางมากนัก

ตารางที่ 7 จำนวนการปรับปรุงข้อมูลของการรถไฟ

วัน	จำนวนการปรับปรุงข้อมูล	
	ขบวน 202 (เที่ยวไป กรุงเทพ)	ขบวน 315 (เที่ยวออก กรุงเทพ)
วันที่ 1	1	2
วันที่ 2	3	3
วันที่ 3	3	3
วันที่ 4	3	3
วันที่ 5	3	1

### 5.4 การปรับปรุงข้อมูลของระบบเปรียบเทียบกับเวลาเข้าถึง สถานีจริง

เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถให้ข้อมูลการเข้าถึงและออกจาก  
สถานีได้ใกล้เคียงกับการเข้าถึงและออกจากสถานีจริงตามที่ผู้เดินทางได้  
ทำการบันทึกข้อมูลไว้ ตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ได้ทำการเปรียบเทียบ  
ข้อมูลเวลาที่ได้จากระบบและข้อมูลเวลาจากผู้บันทึก เฉลี่ยใน 5 เที่ยว  
ของแต่ละสถานี จากข้อมูลพบว่า การเข้าถึงและออกจากสถานีมีความ  
คลาดเคลื่อนต่ำกว่า 2 นาที โดยค่าความคลาดเคลื่อนโดยส่วนใหญ่ต่ำกว่า  
1 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบเวลาระหว่างเวลาที่ได้จากการบันทึกกับ  
เวลาที่บันทึกจากทวิตเตอร์ของขบวน 202

สถานี	เวลารอหยุด-เวลาเข้า (นาที)	เวลารอเริ่มเคลื่อน-เวลารอออก (นาที)
ม. ธรรมศาสตร์	-	0.28
เชียงใหม่	0.52	0.27
รังสิต	1.08	2.30
คลอง รังสิต	0.17	0.42
ดอนเมือง	0.58	0.28
หลักสี่	0.68	0.60
บางเขน	0.60	0.02
ชุมทาง บางซื่อ	1.10	1.63
สามเสน	0.55	0.30
กรุงเทพ	0.62	-

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบเวลาระหว่างเวลาที่ได้จากการบันทึกกับ  
เวลาที่บันทึกจากทวิตเตอร์ของขบวน 315

สถานี	เวลารอหยุด-เวลาเข้า (นาที)	เวลารอเริ่มเคลื่อน-เวลารอออก (นาที)
กรุงเทพ	-	0.50
สามเสน	0.75	0.40
ชุมทาง บางซื่อ	1.73	0.42
บางเขน	0.72	0.45
หลักสี่	0.45	0.07
ดอนเมือง	0.77	0.62
คลอง รังสิต	0.57	0.87
รังสิต	1.55	1.00
เชียงใหม่	0.50	0.32
ม. ธรรมศาสตร์	0.45	-

## 5.5 เปรียบเทียบจำนวนการปรับปรุงข้อมูลของเว็บรถไฟและ ทวิตเตอร์

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงข้อมูลของเว็บ  
การทางรถไฟและทวิตเตอร์ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาที่ทดสอบ ข้อมูล  
จากระบบที่พัฒนาขึ้นซึ่งอยู่บนทวิตเตอร์มีความสมบูรณ์มากกว่า

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงข้อมูลระหว่างทางการรถไฟและจาก  
ทวิตเตอร์

	ทางการรถไฟ		ทวิตเตอร์		เต็ม
	MIN( % )	MAX( % )	MIN( % )	MAX( % )	
ขบวน 202	10	30	100	100	10 สถานี
ขบวน 315	7.14	21.42	71.43	71.43	14 สถานี

## 5.6 ข้อจำกัดของระบบ

จากการทดสอบ ระบบที่นำเสนอมีข้อจำกัดในสามส่วนหลักๆ  
ข้อแรก คือ ตำแหน่งที่กำหนดไว้ของแต่ละสถานีอาจจะไม่ตรงกับจุดที่  
รถไฟจอดจริง ทำให้ระบบให้ข้อมูลการเข้าถึงและออกจากสถานี  
ผิดพลาดไปเล็กน้อย ดังที่เห็นจากข้อมูลการเข้าถึงและออกจากสถานีของ  
สถานีบางซื่อ ในตารางที่ 8 และ 9 ซึ่งระบบให้ข้อมูลการเข้าถึง  
คลาดเคลื่อนไป 1.73 นาทีโดยเฉลี่ย ข้อสอง คือ สถานีย่อยบางสถานีที่อยู่  
ในตารางเดินรถ แต่ไม่มีข้อมูลอยู่บน Google Maps เป็นสถานีซึ่งระบบ  
ไม่สามารถตรวจสอบการเข้าออกสถานีได้ จึงเป็นส่วนที่ไม่สามารถให้  
ข้อมูลได้ ดังที่แสดงในตารางที่ 10 และข้อสาม สถานีย่อยที่จอร์รับ  
ผู้โดยสารโดยที่ไม่กำหนดในตารางเดินรถ ผู้ควบคุมระบบไม่สามารถ  
กำหนดตำแหน่งได้ล่วงหน้า ทำให้ไม่มีข้อมูลในระบบเช่นกัน ซึ่ง  
ข้อจำกัดทั้งสามข้อนี้สามารถแก้ไขได้โดยการสำรวจสถานีจริงตามที่จอด  
ขณะเดินทาง ซึ่งสามารถให้ผู้เดินทางกดแจ้งตำแหน่งสถานีแทนการใช้  
ข้อมูลจาก Google Maps ได้

นอกจากนี้ผู้ทดสอบยังพบว่า มีหลายปัจจัยที่ทำให้รถไฟเกิด  
การล่าช้า เช่น การที่รถไฟต้องหยุดรอการจราจรของรถยนต์บริเวณที่ตัด

กับทางรถไฟ การก่อสร้างบริเวณข้างทางรถไฟ ฯลฯ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดความล่าช้าที่ทำนายได้ยาก ในส่วนของการพัฒนาในอนาคตจะได้นำข้อมูลพิกัดปัจจุบันของรถไฟมารวมในข้อมูลสถานะของรถไฟด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มข้อมูลให้ผู้เดินทาง

## 6. สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอระบบให้ข้อมูลการเข้าและออกสถานีของรถไฟจากตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือของผู้โดยสาร ซึ่งเป็นระบบที่ผู้โดยสารสามารถแบ่งปันข้อมูลตำแหน่งรถไฟให้กับผู้โดยสารท่านอื่นได้ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาและทดสอบระบบ และพบว่าระบบนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มข้อมูลสถานะของรถไฟเพื่อเพิ่มความสะดวกในการเดินทางของผู้โดยสารได้ เพราะมีการรายงานผลที่คลาดเคลื่อนต่ำจากความเป็นจริง

## เอกสารอ้างอิง

- [1] การรถไฟแห่งประเทศไทย, 2557. ระบบติดตามขบวนรถ Train Tracking System (TTS). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://58.181.223.142/srtts/view/>. 1 พฤษภาคม 2557
- [2] Twitter Account ThaiTrain (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://twitter.com/ThaiTrain>. 12 พฤษภาคม 2557
- [3] Liu, T., Ma, J.; Guan, W., Song, Y., Niu, H. “Bus Arrival Time Prediction Based on the k-Nearest Neighbor Method,” Computational Sciences and Optimization (CSO), 2012
- [4] Jun, G., Mingyue, L., Sen, Z. “Hybrid dynamic prediction model of bus arrival time based on weighted of historical and real-time GPS Data,” 25th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 2013
- [5] John, Zimmerman., et al., “Field Trial of Tiramisu: Crowd-Sourcing Bus Arrival Times to Spur Co-Design,” Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), Pages 1678-1686, 2011

## **Study on Built-environment Best Practices and Lifestyles towards Metro Use: Case Study of Chatuchak District, Bangkok**

Paper Identification number: **AYRF14-027**

Duangporn PRASERTASUBPAKIJ<sup>1</sup>, Sirithip WASINRAT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Applied Science, Faculty of Science  
Chandrakasem Rajabhat University  
Telephone 0-2942-6900 Ext 5066,5067, Fax. 0-2541-7877  
E-mail: honney.pra@gmail.com

<sup>2</sup>Department of Science, Faculty of Science  
Chandrakasem Rajabhat University  
Telephone 0-2942-6900 Ext 5066,5067, Fax. 0-2541-7877  
E-mail: sirithip.w@hotmail.com

### **Abstract**

Non-accomplishment of sustainable transportation in big cities brought by automobile dependency encourages many interventions on modal shift schemes under the concept Avoid-Shift-Improve, especially shifting from car to metro— the fast speed and high carrying capacity transits. In this concerted effort, integrating Transit-Oriented Development (TOD) into station-area development is one of choices of cities - even in Bangkok, Thailand fell into disrepute of the World's Worst Traffic Congestion. Nevertheless, integrating TOD practices into station-area development is not easy as our expectations due to influences of various factors and conditions. The objective of this paper is to focus on finding best practices on built-environment factors and lifestyles supporting TOD as well as how to make TOD works in case of Bangkok's experiences. In this endeavor, the existing conditions of TOD development in Chatuchak District, Bangkok were investigated, in terms of physical TOD characteristics and lifestyles of 484 participants who live within 1000-m radius from four metro stations in the district. The findings found that almost 80% of the sample residents near stations use metro less than 3 trips/week; thus may occur through non-mix land uses, less number of employment and a decline in node of activities around the station. The results from Chi square test verified that metro users and non-users have different lifestyles at the significance level of 0.05. As well, Binary Logistic Regression test found good sidewalk with boulevard design and recreational lifestyle influence metro use of Bangkok residents live near station. Discussions on built-environment best practices regarding TOD and lifestyles enhancing metro use might provide the beginning of a new era for better land-use and transport planning in Thailand and inspires other urban planners towards sustainable city.

**Keywords:** Best Practices, Built-environment, Lifestyles, Metro Use, Transit-Oriented Development

### **1. Introduction**

Most cities in the developing countries have been experiencing fast-growing development, sprawl, unsynchronized transportation and land use planning, inefficient transportation infrastructure and services, and inaccessibility. Such phenomenon give rise to the number of car users and generate travel demand, and eventually bring about inefficient traffic congestion and pollution problems causing the failure of achievement of sustainable urban development; thus happening in Bangkok, Thailand as well. Nowadays it is reported that Bangkok could not cope with the enormous

demand that has been put its existing road systems, especially CBD districts or areas with metro (BTS and MRT), BRT and SRT lines passing through. In the year 2000, the total number of registered vehicle in Thailand was 20,698,779. From the presented market share, motorcycles, cars, vans and pick-ups were the major types at about 90% of all registered vehicles. The trend of vehicle registration increased at an average rate of approximately 22% annually. Almost 22% of vehicle registration in Thailand was registered in the Bangkok Metropolitan Area (BMA). However, more than 60% were actually used in the area.

To shape mass transit accessibility, Transit-Oriented Development (TOD) approach is one of sustainable solutions [1]. Developing TOD implication in the city would influence people's behavioural responses to choose rail-based transit services over the other modes residents or less reliant on private cars for daily trips [2]. TOD is paramount to build a good pedestrian environment in planning which makes the easier access to station area. With TOD design, the distance that a person will walk to reach the transit is equal to approximately a 12 minute walk, or about 500 to 800 meters [3]. In this respect, built-environment factors (i.e. mixed-use development, street connectivity, sidewalk, etc.) should be taken into consideration [4], [5], [6], [7]. Besides built-environment aspect, other aspects of TOD such as social aspect, especially lifestyle might influence how people choose modes for common trips that no study has examined. [8] identified different people's modal choice behaviors brought by different lifestyles can reflect different types of TOD.

By using an empirical case of Chatuchak District, Bangkok where 4 metro stations (BTS Mo Chit, MRT Chatuchak Park, MRT Lat Phrao and MRT Pahon Yothin stations) are located, this study purposes to test two assumptions that *firstly*, users and non-users ( $\leq 3$  trips per week<sup>1</sup>) [9] have different lifestyles expected to support TOD. *Secondly*, mass rapid transit commuters, especially those who live within the 1000 m radius around station expected to show a rail access behavior as stated by [10] might be influenced by built environment factors (i.e., provision of a city-wide network of bicycle lanes and paths, mixed-use design, pedestrian street management, land revitalization, etc.) and unique lifestyles (i.e. favor of travel by non-motorized mode, active traveler [11], economic rationally and time efficiency, recreational lifestyles, travel experience by trip transfer). It is interesting that in this study, we also examine whether people living nearby the station use transit service. In this regard, factors influencing tendency to use mass rapid transits as a major outcome would direct a guidance of TOD best practices for improving metro accessibility in

Bangkok and other cities towards transport sustainability.

## 2. Literature review

TOD understandings need more information on multi-aspects. As well, it is important that TOD practices are not static for all cities as different types of TOD could be affected by different people's lifestyles. Regarding built-environment aspect, land use factors (such as walking and cycling conditions, site design, etc.) and mixed-use development design influence travel behavior [12], [13], [14], [15]. So, addressing built-environment planning is vital to achieve transportation accessibility. In addition, [16] explored the relationship of urban form and travel behavior of non-work trips based on the 1995 Portland Metropolitan Area Activity Survey. The findings revealed influential factors relating socio-demographics, land use (e.g., land use mix and density) and level of service (LOS) factors. The study indicated that built-environment factors affect walking behavior of people engaging non-work activities in the study area.

With regard to lifestyles supporting mass rapid transit use, propensity to walk enhances access trips to transit stations [17]. Moreover, the ability to travel actively under individual's own power persons - called as active lifestyles has an effect on an active form of transportation [11]. [18] found that users choose transport modes due to numerous factors relying on individual characteristics, lifestyles, and the type of journey. So, the transportation choices are influenced by individual and trip characteristics, especially social and recreational trips that have been the fastest growing over other trip purposes in the city. As well, consumer activity pattern and trip transferring factors could reflect the success of TOD [19].

## 3. Methodology

### 3.1 Sampling

Based on questionnaire survey, sampling design was considered relating to a sample group of mass transit users and non-users who live within 1000 m radius around four metro station located in Chatuchak District, Bangkok, Thailand. The appropriate sample size for a population-based survey is determined largely by three factors: (1) the estimated prevalence of the variable of interest; (2) the desired level of confidence; and (3) the acceptable margin of error. For a survey design

<sup>1</sup> The commuters who have trip frequency less than or equal to than 3 trips/ week, classified as 'non-users' [9].

based on a simple random sample, the sample size required can be calculated according to the following formula:

$$n = \frac{Z^2 \times (p) \times (1-p)}{c^2} \quad (1)$$

Where  $n$  = sample size;  $Z$  = confidence level at 95% (standard value of 1.96);  $p$  = percentage of picking a choice expressed as decimal e.g. 0.5;  $c$  = confidence interval, expressed as decimal e.g. 0.1 for 10 percent.

In this effort, 500 questionnaires were distributed to residents at investigated areas around four stations (BTS Mo Chit, MRT Chatuchak Park, MRT Lat Phrao and MRT Pahon Yothin) using multi-stage and systematic samplings based on data sharing of various user groups (gender, working & non-working group). The respondents were asked their e-mail address in case the researcher needs more information on re-testing and checking validity. However, only 484 were completed and brought in to analysis.

### 3.2 Questionnaire design

To obtain data related to two major aspects of built-environment and lifestyles, mixed-tool investigation was applied through questionnaire survey. The questionnaire comprises qualitative and quantitative questions. The first part has questions related to travel characteristics (such as metro trips per week) and residential location of the respondents. The second part aims to examine modal choice, built-environment and lifestyles. Residential location and target location of respondents are asked by using open-ended questions. Questionnaire mainly includes attitude statements, to which respondents are raised the extent to which they agreed or disagreed on a five-point Likert scale from 'Strongly Agree to Strongly Disagree'. The third part involves individual characteristics (i.e. gender, age, educational level, status, income, vehicle occupancy, etc.).

### 3.3 Specific Methods

#### 3.3.1 Binary logistic regression analysis

To find factors influencing tendency to use metro services in the study area, binary logistic regression analysis was used. The general form of the binary logistic regression model is:

$$P(Y = 1) = \frac{e^{b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_{11}X_{11}}}{1 + e^{b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_{11}X_{11}}} \quad (2)$$

Where  $y$  is the dependent variable (0=don't use; 1= use);  $x_1, x_2, \dots, x_k$  are the independent variables;  $\beta_i$  determines the contribution of the independent variable  $x_j$ .

In this study, the dependent variable ( $y$ ) is tendency of mass rapid transit use with a value '0' or '1' that is obtained from survey. The independent variables are based on a tentative set of factors regarding built-environment and lifestyles aspects influencing mass rapid transit use. In the analysis, the model that has the high values of adjusted coefficient of determinant (adjusted  $R^2$ ) is selected. Data collection for binary logistic regression analysis is conducted based on questionnaire survey.

#### 3.3.2 Site analysis

Site analysis was conducted within study area in order to examine physical TOD characteristics (especially, transit accessibility) within 500 m radius around investigated stations. Most of the spatial data in the GIS database were derived from digital land base data provided by BMA. The based-data are a result of the joint effort from various government departments and agencies to investigate the existing situation of transport and land use and socioeconomic data. There are a convergence and integration of information from BMA, OTP, MRTA, Land Use Department, and metro agencies.

### 4. Results

#### 4.1 Respondents' characteristics

According to 484 samples obtained from residents living within 1000 m radius around four investigated stations located at Chatuchak District, Bangkok, more than half were female (302 residents), and 290 residents were between 21-40 years old. The majority of respondents were working groups in private sector (268 residents) and public sector (27 residents), entrepreneurs (104 residents), government enterprise (9 residents) and others (18 residents). The average income of respondents falls in the range of 10,001-30,000 THB/month (~ USD 311-934<sup>2</sup>). It is surprising that

<sup>2</sup> 1 USD = 32.14 THB as of July 15, 2014.

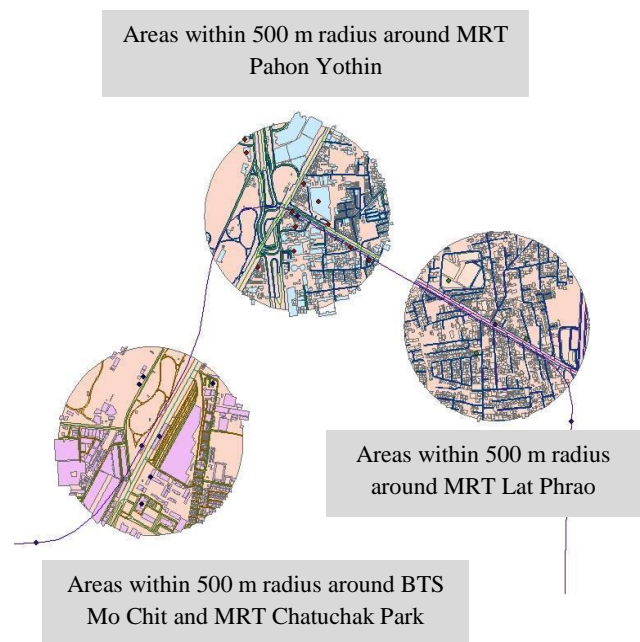
about 84% of people who live close to stations use mass rapid transit services less than 3 trips per week (classified as non-users) and almost 80% of respondents have their own cars. More details can be seen in Table 1.

**Table 1** Characteristics of residents living within a 1000 m radius around station in Chatuchak District, Bangkok

Respondents' characteristics		Chatuchak	Pahon Yothin	MRT Lat Phrao	BTS Mo Chit	Total
Gender	Male	25	48	68	41	182
	Female	57	77	78	90	302
Age (year)	< 20	1	10	11	7	29
	21-30	51	80	68	91	290
	31-40	25	28	44	29	126
	41-50	4	6	18	4	32
	>50	1	1	3	0	7
Occupation	Unemployed	6	10	21	21	58
	Employee in public sector	4	3	2	18	27
	Employee in private sector	50	76	75	67	268
	Government enterprise	3	1	5	0	9
	Entrepreneur	16	30	35	23	104
	Others	3	5	8	2	18
Educational level	<Bachelor	11	44	21	16	92
	Bachelor	60	70	103	97	330
	>Bachelor	11	11	22	18	62
Status	Single	49	80	100	88	317
	Married	33	44	45	41	163
	Divorced/separated	0	1	1	2	4
Income THB/month)	<10,000	1	23	16	16	56
	10,001-20,000	35	54	57	51	197
	20,001-30,000	30	34	24	47	135
	30,001-40,000	9	11	23	9	52
Vehicle occupancy	No	15	18	47	18	98
	Yes	67	107	99	113	386
Respondents' characteristics		MRT Chatuchak	Pahon Yothin	MRT Lat Phrao	BTS Mo Chit	Total
Metro trips/ week	Don't use (<=3)	75	121	111	103	410
	4-8	4	0	16	12	32
	> 8	3	4	19	16	42

## 4.2 Built-environment conditions within a 500 meter radius around station in Chatuchak District, Bangkok

The study conducted spatial survey within a 500 meter radius around investigated stations – BTS Mo Chit, MRT Chatuchak Park, MRT Lat Phrao and MRT Pahon Yothin stations to analyze the existing physical TOD characteristics nearby transit nodes especially accessibility criteria as illustrated in Fig.1.



**Fig.1** A 500 meter radius of Transport accessibility around metro stations in Chatuchak District

Based on measurement, areas around stations lack a diversity of land uses to reduce auto trips. Non-mix land uses were found in neighborhoods near transit zones, especially MRT Lat Phrao. Albeit, its surrounding areas are dense with condominium and row house, the neighborhood exhibits less employment proximity and node of activity. The area seems to have low accessibility due to less land use diversity in urban contexts. For areas near BTS Mo Chit and MRT Chatuchak Park, most of them were used for commercial purposes (red color) imbalance with a few residential-use buildings. In the study of feeder connectivity, the study measured GPS (x, y) coordinates from feeder stops such as van, bus, motorcycle taxi and taxi stops as well as bicycle parking space at entrance of all investigated stations

and then illustrated by Arc GIS as shown in Fig.1 According to investigation, MRT Lat Phrao appears lowest feeder connectivity compared to other stations; however it shows the highest average connectivity when considering ‘index line’ based on space syntax calculation from Arc GIS.

#### 4.2 Analysis of lifestyles of residents living within a 1000 m radius around stations in Chatuchak District, Bangkok

Based on the illustration of Fig.2-6, majority of respondent have a favorable opinion on lifestyle of travelling by non-motorized mode to access public transit. However, about 73% said that if it was more than 10 minutes walking to access metro, they prefer to use other modes as shown in Table 2.

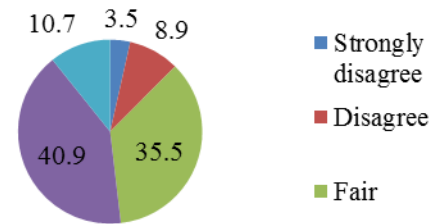
**Table 2** Walkability (min) to access metro services classified by age

		Age (years)					Total
		<= 20	21-30	31-40	41-50	>50	
Walkability (min)	<= 10	16	208	100	24	5	353
	>10	13	82	26	8	2	131
Total		29	290	126	32	7	484

\* Pearson Chi-Square 7.567, p-value.109

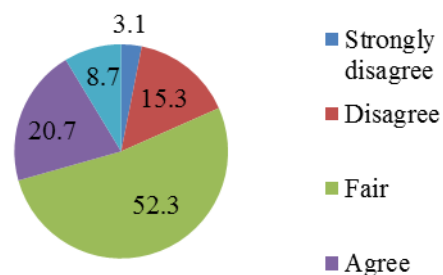
In addition, most respondents have an active lifestyle with busy schedule. They always have physical activities outside homes with a greater number of trips. Moreover, some activities after work or for weekends can generate greater number of mass rapid transit trips. Of course, people in urban city, especially Bangkok love meeting with friends or going to shopping mall where station exists as seen in Fig. 5. While, Fig. 4 shows that more than half of respondents have economic rationality and time efficiency lifestyle. If the estimated costs from metro travel are very high, they prefer to use their own cars instead because it's more convenient. Likewise, another lifestyle also shows similar results. Majority of respondents have a greater experience of trip transferring.

**Favor of travel by non-motorized mode to access public transit**



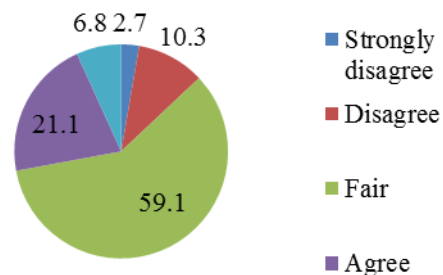
**Fig.2** Favor of travel by non-motorized mode to access public transit (Lifestyle\_1)

**Active traveler**

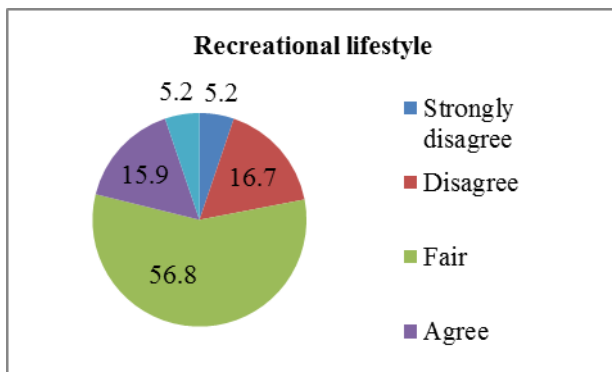


**Fig.3** Active traveler (Lifestyle\_2)

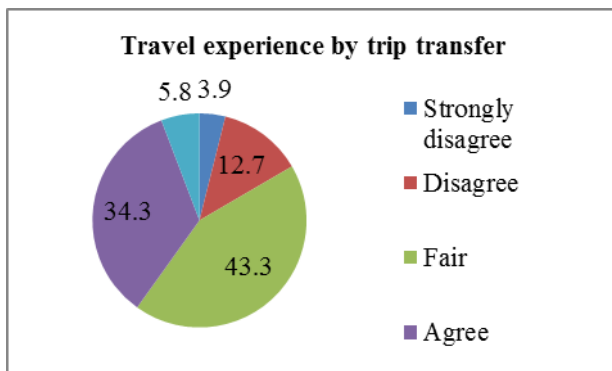
**Economic rationality and time efficiency**



**Fig.4** Economic rationality and time efficiency (Lifestyle\_3)



**Fig.5** Recreational lifestyle (having social life outside home) (Lifestyle\_4)



**Fig.6** Travel experience by trip transfer (Lifestyle\_5)

#### 4.3 Chi-square test results

Based on hypothesis1, the study found that metro commuters and non-commuters have different lifestyles in terms of economic rationality and time efficiency ( $p$ -value = .004), active traveler ( $p$ -value = .000) and recreational lifestyle (having social life outside home) ( $p$ -value = .000) at a significance level of 0.05 as represented in Table 3. While both groups have similar opinions on favor of travel by non-motorized mode to access public transit and travel experience by trip transfer.

**Table 3** Results of a hypothesis test 1 using the chi-square

Lifestyles	Pearson Chi-Square Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Favor of travel by non-motorized mode to access public transit (Lifestyle_1)	5.177	5	.395
Lifestyles	Pearson Chi-Square Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Economic rationality and time efficiency (Lifestyle_2)	15.526	4	.004*
Active traveler (Lifestyle_3)	20.623	4	.000*
Recreational lifestyle (having social life outside home) (Lifestyle_4)	41.060	5	.000*
Travel experience by trip transfer (Lifestyle_5)	21.240	15	.129

\*At a 0.05 significance level.

#### 4.4 Binary logistic regression results

Regarding hypothesis 2, 11 tentative variables related to built-environment and lifestyle aspects supporting mass rapid transit use were brought into binary logistic regression analysis as shown in Table 4.

**Table 4** Tentative variables

Tentative variables	Description of variables
Builtenv_1	Provision of a city-wide network of bicycle lanes and paths and their facilities
Builtenv_2	Provision of mixed-use buildings on attractive location
Builtenv_3	Pedestrian street management
Builtenv_4	Land revitalization for enhancing businesses or activity diversity around stations
Builtenv_5	Good sidewalk with boulevard design(having trees, grass or flowers)
Builtenv_6	Increasing park areas
Lifestyle_1	Favor of travel by non-motorized mode
Lifestyle_2	Active traveler
Lifestyle_3	Economic rationality and time efficiency
Lifestyle_4	Recreational lifestyles
Lifestyle_5	Travel experience by trip transfer

The binary logistic regression model can be drawn as equation (3);

$$P(Y = 1) = \frac{e^{b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_{11}X_{11}}}{1 + e^{b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_{11}X_{11}}} \quad (3)$$

Where Y = Tendency to use metro (value 1 = use; 0 = don't use);  $\beta_0$  is effect of using mass rapid transit when no any factor and  $b_1, b_2, \dots, b_{11}$  are effects of factors  $X_1, X_2, \dots, X_{11}$  respectively, to use using mass rapid transit.

**Table 5** Categorical variables codings

variables	Parameter codings
Builtenv_5 lowest	0 0 0 0
Low	1 0 0 0
Fair	0 1 0 0
High	0 0 1 0
highest	0 0 0 1
Lifestyle_4 lowest	0 0 0 0
Low	1 0 0 0
Fair	0 1 0 0
High	0 0 1 0
highest	0 0 0 1

**Table 6** Binary logistic regression results

Variables	B	S.E	Wald	df	Sig	Exp(B)
Builtenv_5			21.261	4	.000	
Builtenv_5(1)	-1.159	.681	2.897	1	.089	.314
Builtenv_5(2)	-1.325	.560	5.596	1	.018	.266
Builtenv_5(3)	-2.038	.566	12.938	1	.000	.130
Builtenv_5(4)	-2.406	.582	17.094	1	.000	.090
Lifestyle_4			35.442	4	.000	
Lifestyle_4(1)	-.698	.648	1.159	1	.282	.498
Lifestyle_4(2)	-.144	.563	.065	1	.799	.866
Lifestyle_4(3)	1.184	.592	4.001	1	.045	3.268
Lifestyle_4(4)	1.830	.667	7.530	1	.006	6.233

The results at a 0.05 significance level indicated good sidewalk with boulevard design areas and recreational lifestyle (having social life outside home) influence the tendency of mass rapid transit use. The Nagelkerke R square values is 0.615. The binary logistic regression model can be drawn as equation (4);

$$P(Y = 1) = \frac{e^{-1.159Builtenv_5(1) - 1.325Builtenv_5(2) - 2.038Builtenv_5(3) - 2.406Builtenv_5(4) - 0.698Lifestyle_4(1) - 1.44Lifestyle_4(2) + 1.184Lifestyle_4(3) + 1.830Lifestyle_4(4)}}{1 + e^{-1.159Builtenv_5(1) - 1.325Builtenv_5(2) - 2.038Builtenv_5(3) - 2.406Builtenv_5(4) - 0.698Lifestyle_4(1) - 1.44Lifestyle_4(2) + 1.184Lifestyle_4(3) + 1.830Lifestyle_4(4)}} \quad (4)$$

#### 4.5 TOD best practices

According to site analysis results, an integrated land use and transportation master plan may be required for redeveloping existing lands in Bangkok in compatible with compact and mixed-use development with a concern of a city-wide network of bicycle lanes and paths and their facilities. Furthermore, binary logistics regression results indicated the importance of creation a pleasant pedestrian zone with boulevard design - a wide street which generally has grass, trees or flowers planted down along its sides. Non-motorized travel mode should be supported by BMA and related agencies by creating high quality streets. By improving the street activities and greenery settings, the street environment would be more pleasant and safer, attracting more people to walk to the stations.

In addition, provision of a city-wide network of bicycle lanes and paths and their facilities as a good TOD practice accepted by the

model at a significance level of 0.10 should be taken into consideration. To promote cycling to access station, BMA and transit agencies should collaboratively build bicycle culture by improving bike facilities together with providing continuous bike lanes. Cycling tracks should be integrated in adjusted land use plan or strategy for the district. Currently, cycling is not possible and more dangerous inside CBD. As well, bike facilities should be brought into consideration to ensure safe and comfortable travel.

Finally, creating each station as an attractive place for economic and social activities to enhance recreational trips could increase metro use as well. Building attractive public space and commercial areas near station is an example to provide enjoyable waiting and drop-off zones for passengers and act as central activity and gathering points for the community. The station neighborhood can be purposefully filled with plazas, shops, restaurants, small parks with fountains or other landmark attributes. It is considered as transit supportive use encouraging a number of pedestrians at station which directly promote greater transit ridership.

## 5. Discussion and Conclusion

This study was conducted to develop TOD best practices regarding built-environment and lifestyle aspects to combat car dependency in Bangkok through site analysis and formulation of binary logistic regression model to describe the interrelations between built-environment and lifestyles factors and tendency of metro use. This effort responds to fulfill the knowledge gap of the multifaceted aspects of TOD, especially social aspect. It was revealed by this study that majority of people living close to station (within a 1000 meter radius from station) did not use transit services. This phenomenon was caused by many reasons. It is surprising that, boulevard design as built-environment factor shows great relationship with mass transit use; thus meaning that, people prefer to have pleasant walking to station surrounded by greenery. Green landscaping and good quality of sidewalks provide a pleasant pedestrian zone. Regarding lifestyle perspective, recreational lifestyles significantly affect tendency of mass rapid transit use. Hence, creation of each station as an “attractive place” for economic and social activities is one of TOD best practices. Such key findings from this study might turn people from

car use to metro use, especially people who live near stations. Moreover, we can conclude from results based on chi-square test that lifestyles of metro users and non-users are significantly different at a significance level 0.05 in terms of economic rationality and time efficiency, active traveler and recreational lifestyle. The new challenge of three TOD best practices towards car reduction in Bangkok were suggested by this study comprising providing better pedestrian environment with boulevard design, building a city-wide network of bicycle lanes and paths and their facilities and creating each station as an attractive place for economic and social activities. In addition, the outcomes would contribute to TOD-based knowledge and potential propensity to use mass rapid transit in Bangkok and other cities towards transport sustainability.

## 6. Acknowledgment

The authors would like to acknowledge with appreciation for the support budget granted by Chandrakasem Rajabhat University. I would like to thank all key informants and respondents for providing the valuable information. Thanks to our students for helping me in data collection part.

## References

- [1] Calthorpe, P. (1993) *The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream*, Harper and Row, New York.
- [2] Mckibbin, M. (2011) The influence of the built environment on mode choice-evidence from the journey to work in Sydney, In Proceedings of Australian Transport Research Forum, September 2011, Adelaide, Australia.
- [3] USA Metropolitan Council (2013) *Metropolitan Council TOD Strategic Action Plan*, Center for Transit-Oriented Development, USA.
- [4] Townsend, C. and Zacharias, J. (2010) Built environment and pedestrian behavior at rail rapid transit stations in Bangkok, *Transportation*, Vol.37, No.2, pp.317-330.
- [5] Lin, J. J. and Gau, C. C. (2006) A TOD planning model to review the regulation of allowable development densities around subway station, *Land Use Policy*, Vol. 23, No.3, pp. 353-360.
- [6] Zhang, M. (2007) Chinese edition of Transit-Oriented Development., *Transportation Research Record*, No.2038, pp.120-127.

- [7] Crowley, D.F., Shalaby, A.S. and Zarei, H. (2009) Access, walking distance, transit use, and Transit-Oriented Development in North York City Center, *Transportation Research Record*, No. 2110, pp. 96-105.
- [8] ARUP (2013). Transit-Oriented Development (TOD) in Hong Kong, Presentation at ARUP Co. Ltd, Hong Kong.
- [9] Khattak, J. A., Yim, Y., Stalker, L. (1999) Does travel information influence commuter and noncommuter behavior?: results from the San Francisco Bay Area TravInfo Project, *Transportation Research Record*, No. 1694, pp. 48-58.
- [10] Endemann, P. and Müller, G. (2000) Rail-oriented development – potentials, impact, policies. In Proceedings of the European Transport Conference 2000, pp. 131-143, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.
- [11] Burbidge, S. K., Goulias, K. G. and Kim, T. G. (2006) Travel behavior comparisons of active living and inactive living lifestyles, Paper presented at the 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [12] Litman, T. (2014) *Land use impacts on transport: How land use factors affect travel behavior*. Retrieved May 22, 2014, from Victoria Transport Policy Institute Website: <http://www.vtpi.org/landtravel.pdf>
- [13] Geurs, K. T. and van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transportation strategies: Review and research directions, *Journal of Transport Geography*, Vol. 12, No. 2, pp. 127-140.
- [14] Banister, D. (1997) Reducing the need to travel, *Environmental and Planning B: Planning and Design*, Vol. 24, No. 3, pp. 437-449.
- [15] Townsend, C. and Zacharias, J. (2010) Built environment and pedestrian behavior at rail rapid transit stations in Bangkok, *Transportation*, Vol. 37, No.2, pp. 317-330.
- [16] Rajamani, J., Bhat, C. R., Handy, S., Knaap, G. and Yan, S. (2003) Assessing impact of urban form measures on non-work trip mode choice after controlling for demographic and level-of-service effects, *Transportation Research Record*, No. 1831, pp. 58-165.
- [17] Chalermpong, S. and Wibowo, S.S. (2007) Transit station access trips and factors affecting propensity to walk to transit stations in Bangkok, Thailand, *Journal of the Eastern Asia Society of Transportation Studies*, Vol. 7, pp. 1806-1819.
- [18] Beirão, G., and Cabral, J. A. S. (2007) Understanding attitudes towards public transport and private car: a qualitative study, *Transport Policy*, Vol.14, No.6, pp.478-489.
- [19] Niles, J. S. and Nelson, D. (1999) Measuring the success of Transit-Oriented Development: retail market dynamics and other key determinants, Paper presented at the APA National Planning Conference, April 24 – 28, 1999, Washington.

## การวิเคราะห์ปัจจัยทางถนนบริเวณทางแยกที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรในจังหวัดเชียงใหม่

### Analysis of Intersection-Related Factors Affecting Traffic Signal Violations in Chiang Mai

หมายเลขบทความ : AYRF14-028

วิษณุ ส่องแสง<sup>1</sup>, ปรีดา พิชยาพันธ์<sup>2</sup>, นพดล กรประเสริฐ<sup>3</sup>

Wichaya Songsaeng, Preda Pitchayapan, Nopadon Kronprasert

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์: 084-483-6379 โทรสาร 0-5389-2376

E-mail: aurkung147@gmail.com

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ 0-5394-4156 ต่อ 127 โทรสาร 0-5389-2376

E-mail: predap@eng.cnu.ac.th

<sup>3</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ 0-5394-4156 ต่อ 127 โทรสาร 0-5389-2376

E-mail: nopkron@eng.cmu.ac.th

#### บทคัดย่อ

จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งเป็นเมืองศูนย์กลางความเจริญในเขตภาคเหนือของประเทศไทย เป็นแหล่งดึงดูดความสนใจของผู้คนจากทั่วทุกสารทิศให้เข้ามาทำกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่ และผู้คนเหล่านี้ได้นำมาซึ่งการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคม แต่ในขณะเดียวกันการเจริญเติบโตของเมืองก็นำมาซึ่งความต้องการในการเดินทางที่สูงขึ้นและสร้างปัญหาทั้งทางเศรษฐกิจและสังคม อาทิเช่น ปัญหาการจราจรติดขัด ปัญหาการกลายเป็นพิษ ปัญหาอุบัติเหตุทางถนน และปัญหาการใช้ทรัพยากร เป็นต้น ในด้านวิศวกรรมการทางและจราจร สัญญาณไฟจราจรถือเป็นตัวกลางในการแก้ปัญหาเหล่านี้ โดยเฉพาะในบริเวณทางแยก โดยสัญญาณไฟทำหน้าที่ควบคุมจังหวะและทิศทางการเคลื่อนที่ของจราจร แบ่งแยกความขัดแย้งของการจราจร และเพิ่มศักยภาพของการเคลื่อนตัวของกระแสจราจรและลดความล่าช้า แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรกลับเป็นปัญหาหลักโดยเฉพาะในเมืองใหญ่ ๆ ที่สภาพชีวิตของผู้คนมีความเร่งรีบและการแข่งขันสูง งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree method) ในการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรในจังหวัดเชียงใหม่ ผลจากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟมากที่สุดคือปัจจัย ความเร็วขณะเข้าสู่ทางแยก ซึ่งเป็นส่วนบนสุดของรากต้นไม้ โดยมีค่าเกณฑ์ก่อนข้างสูง รองลงมาคือขนาดความกว้างของทางแยก ช่วงเวลาทำการสำรวจ และระยะรอบสัญญาณไฟจราจร ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรในจังหวัดเชียงใหม่ต่อไปในอนาคต

**คำสำคัญ:** ความปลอดภัยทางถนน, การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร, วิศวกรรมจราจร, ต้นไม้ตัดสินใจ

#### Abstract

Chiang Mai which is a center of modernization in the Northern region of Thailand has attracted many people worldwide and brought about a large amount of economic and social activities. However, the city's expansion has caused the recent surge in traffic demand and created several social and economic problems, such as traffic congestion, pollution emission, road accident, and resource problems. In highway and traffic engineering, traffic signal is a mean to resolve such problems at an intersection by controlling the phases of traffic movements, separating traffic conflicts and enhancing delays. However, traffic signal violation has become a critical issue in major cities where the lifestyle of people is changing in a faster pace. This research applies the Decision Tree method for identify intersection-related factors influencing the violation of traffic signal in

Chiang Mai. This result showed that the most contributing factor is the approach speed of vehicle which provides the highest information gain and is set as the top root node of the tree. The following relevant attributes are the width of intersection, travel period, and signal cycle length. The result of this study are useful for researchers and responsible agencies to understand and the safety improvement strategies in order to reduce the degree of signal violation.

**Keywords:** Road Safety, Traffic Signal Violation, Traffic Engineering, Decision Tree Method

## 1. บทนำ

จังหวัดเชียงใหม่เป็นเมืองศูนย์กลางความเจริญของภาคเหนือตอนบน ทำให้จำนวนประชากรที่มีอยู่ในท้องที่ ผู้อพยพเข้ามาทำงาน นักเรียนนักศึกษา มีจำนวนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งให้เกิดการเดินทางเพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้จังหวัดเชียงใหม่เกิดปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วนรวมถึงปัญหาจราจรในด้านอื่นๆ ทั้งยังส่งผลให้เกิดผลกระทบในด้านเศรษฐกิจ สภาพสังคม และสภาพสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังส่งผลก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้อีกด้วย

จากสถิติอุบัติเหตุจราจรในจังหวัดเชียงใหม่มีจำนวนสูงขึ้นเรื่อยๆ ในปี 2552 มีอุบัติเหตุที่ได้รับแจ้ง 2,397 ครั้ง ปี 2553 มีอุบัติเหตุที่ได้รับแจ้ง 3,202 ครั้ง ในปี 2554 มีอุบัติเหตุที่ได้รับแจ้ง 3,901 ครั้ง (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ) ซึ่งการฝ่าฝืนสัญญาณจราจรนับเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผู้ขับขี่ยานพาหนะสัญจรผ่านบริเวณทางแยก ดังนั้นลักษณะทางกายภาพของทางแยกอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อการกระทำความผิดฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ดังนั้นวิศวกรจราจรหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะต้องตระหนักและทำการศึกษา เพื่อหาแนวทางป้องกันอันตรายต่างอันจะเกิดขึ้น เพื่อลดจำนวนอัตราการเกิดอุบัติเหตุให้น้อยลง

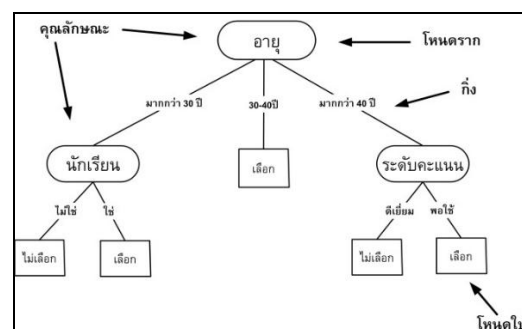
ผู้ศึกษาจึงต้องการที่จะจำแนกข้อมูลทางกายภาพที่เกี่ยวข้องบริเวณทางแยกในเขตเมืองจังหวัดเชียงใหม่ในสภาพปัจจุบันและทำการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟ โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ รอบสัญญาณไฟ ระยะเวลาไฟเหลือง ความกว้างของทางแยก ความกว้างของช่องจราจรขณะเข้าสู่ทางแยก ช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ ความเร็วของยานพาหนะขณะเข้าสู่ทางแยก รูปแบบพลสัญญาณไฟ จำนวนช่องจราจรที่เข้าสู่ทางแยก การมีหรือไม่มีเกาะกลาง ซึ่งลักษณะทางกายภาพของทางแยกอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ยานพาหนะ เช่น ถ้าความกว้างของทางแยกมีความกว้างมาก แต่ถนนเข้าสู่ทางแยกมีขนาดที่แคบ ผู้ขับขี่จะรู้สึกอึดอัดซึ่งมีผลในการจำกัดความเร็วของผู้ขับขี่หรือความคล่องตัวในการเคลื่อนยานพาหนะทำให้ผู้ขับขี่จะต้องเพิ่มความระมัดระวังให้มากยิ่งขึ้น หรือ ถ้ารอบสัญญาณไฟมีระยะเวลาที่นาน ความกว้างทางแยกมีความกว้างมาก ความเร็วขณะเข้าสู่ทางแยกค่อนข้างสูง ผู้ขับขี่อาจจะไม่เคารพสัญญาณไฟจราจรนำไปสู่การฝ่าฝืนสัญญาณไฟและก่อให้เกิดอุบัติเหตุที่ตามมาอย่างร้ายแรงเป็นต้น เมื่อทำการสำรวจรวบรวมข้อมูลครบถ้วนแล้วจะทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree method) ซึ่ง

เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างข้อมูลชนิดเป็นลำดับชั้น (hierarchy) ใช้สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจ โดยจะมีลักษณะคล้ายกับต้นไม้จริงที่กลับหัวโดยมีโหนดรากอยู่ทางด้านบนสุดและโหนดใบจะอยู่ล่างสุดของต้นไม้ โดยที่แต่ละโหนดจะมีคุณลักษณะที่เป็นตัวทดสอบ (attribute) กิ่งของต้นไม้ (branch) เป็นค่าที่แสดงคุณลักษณะของข้อมูลที่ถูกละเลือกทดสอบ ใบ (leaf) เป็นสิ่งที่อยู่ด้านล่างสุดของต้นไม้ตัดสินใจ แสดงถึงกลุ่มของข้อมูล (class) ซึ่งก็คือผลลัพธ์ ดังนั้นการสร้างแผนภูมิต้นไม้ตัดสินใจจะช่วยแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรและเข้าใจถึงระดับความสำคัญของแต่ละตัวแปรอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 วิธีการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Method)

การเรียนรู้ของต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นการเรียนรู้โดยการจำแนกประเภท (Classification) ข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (class) ต่างๆ โดยใช้คุณลักษณะ (attribute) ข้อมูลในการจำแนกประเภท ต้นไม้ตัดสินใจที่ได้จากการเรียนรู้ทำให้ทราบว่า คุณลักษณะใดเป็นตัวกำหนดการจำแนกประเภท และคุณลักษณะแต่ละตัวมีความสำคัญมากน้อยต่างกันอย่างไร เพราะฉะนั้น การจำแนกประเภทมีประโยชน์ช่วยให้ผู้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลและตัดสินใจได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของผลการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ

### 2.1.1 ส่วนประกอบของการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ

โหนดภายใน (internal node) คือ คุณลักษณะต่างๆ ของข้อมูล ซึ่งเมื่อข้อมูลใดๆ ตกลงมาถึงโหนด จะใช้คุณลักษณะนี้เป็นตัวตัดสินใจว่าข้อมูลจะไปไหนทิศทางใด โดยโหนดภายในที่เป็นจุดเริ่มต้นของต้นไม้เรียกว่า โหนดราก

กิ่ง (branch, link) เป็นค่าของคุณลักษณะในโหนดภายในที่แตกกิ่งนี้ออกมา ซึ่งโหนดภายในจะแตกกิ่งเป็นจำนวนเท่ากับจำนวนค่าของคุณลักษณะในโหนดภายในนั้น

โหนดใบ (leaf node) คือกลุ่มต่างๆ ซึ่งเป็นผลลัพธ์ในการจำแนกประเภทข้อมูล

### 2.1.2 ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา

Attribute Type

- Nominal แบ่งเป็นกลุ่ม
- Ordinal แบ่งเป็นกลุ่มโดยมีการเรียงลำดับของกลุ่ม
- Continuous เป็นข้อมูลมีความต่อเนื่องกัน
- จำนวนของทางที่จะแยก
- 2 way split (Binary split)
- Multi-way split

### 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยากรณ์ ฤทธิสิทธิ์ [1] ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรกับปัจจัยลักษณะทางกายภาพของทางแยก ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ปัจจัยคือ ระยะข้ามทางแยก ขนาดช่องจราจร จำนวนช่องจราจร ตำแหน่งของที่ตั้งทางแยก การแบ่งทิศทางการจราจร ชนิดของผิวจราจร และการจัดช่องทางเฉพาะสำหรับเลี้ยว ขทางแยกในเทศบาลเมืองสกลนคร โดยใช้ค่าเฉลี่ยจำนวนการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรต่อจำนวนยานพาหนะ 1,000 คัน ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการเปรียบเทียบพหุคูณที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ระยะทางข้ามทางแยกที่มากขึ้น การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจะน้อยลง ช่องจราจรขนาดมากกว่า 3.5 เมตร มีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟมากที่สุด และช่องจราจรขนาด 3.0-3.5 เมตร มีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟน้อยที่สุด จำนวนช่องจราจรต่อทิศทางมากขึ้น การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจะน้อยลง ทางแยกในชุมชนเมืองมีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรมากกว่าทางแยกบริเวณชานเมือง ผิวจราจรแบบคอนกรีตมีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรมากกว่าผิวจราจรแบบแอสฟัลท์ การจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวแบบมีช่องรถเลี้ยวซ้าย และช่องรถเลี้ยวขวามีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรน้อยกว่าแบบไม่มีการแบ่งช่องทิศทางจราจร

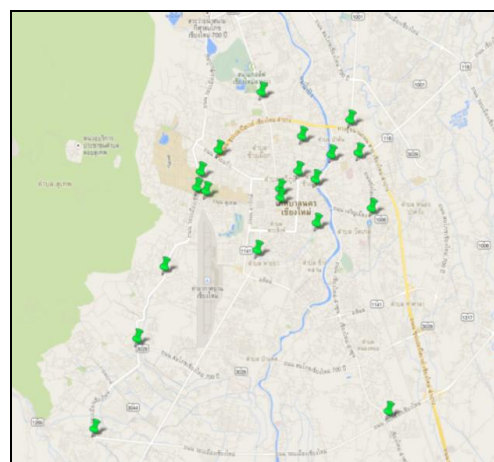
Linda boyle [2] ทำการศึกษเกี่ยวกับอายุและการใช้โทรศัพท์ขณะขับรถมีผลต่อการตัดสินใจเมื่อเห็นสัญญาณไฟเหลืองโดยผู้ทดสอบจะผ่านการแนะนำการใช้เครื่องจำลองการขับรถในกรณีที่ผู้ใช้โทรศัพท์

และไม่ใช้โทรศัพท์ ซึ่งผู้ทดสอบจะเผชิญกับการทดสอบเมื่อได้เห็นสัญญาณไฟเหลืองจำนวน 6 ครั้ง โดย 2 ครั้งสำหรับกรณีไม่ใช้โทรศัพท์ และ 4 ครั้งสำหรับกรณีที่ผู้ใช้โทรศัพท์ ซึ่งแต่ละการทดสอบจะมีเวลาถึงเส้นหยุด อยู่ในช่วง 2.5-3.8 วินาที ซึ่งผู้เข้าร่วมทดสอบจัดออกเป็น 4 กลุ่มอายุ ได้แก่ ผู้เริ่มหัดใหม่ (16ปี) วัยรุ่น (18-25ปี) วัยทำงาน (30-45ปี) และผู้สูงอายุ (50-60ปี)

ผลจากต้นไม้ตัดสินใจพบว่า อายุมีผลต่อการตัดสินใจมากที่สุด เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยการใช้โทรศัพท์ระหว่างขับรถพบว่า กลุ่มวัยทำงานจะคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการหยุดรถ กลุ่มผู้เริ่มหัดใหม่จะพิจารณาระยะที่ตนเองอยู่ห่างจากเส้นหยุดเมื่อเห็นสัญญาณไฟเหลือง กลุ่มวัยรุ่น และกลุ่มคนอายุมากจะพิจารณาความเร็วของตนเองเมื่อพบเห็นไฟเหลือง

### 3. พื้นที่ทำการสำรวจข้อมูล

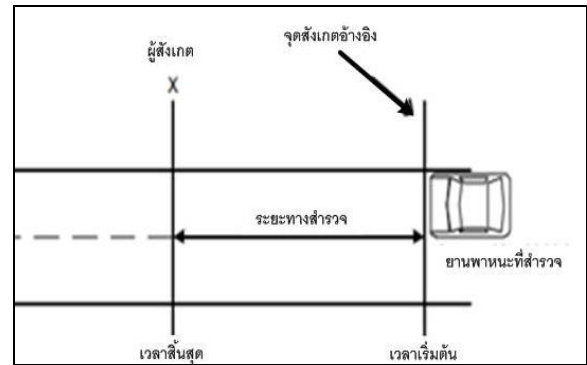
เทศบาลนครเชียงใหม่มีพื้นที่ประมาณ 40 ตารางกิโลเมตร ซึ่งประกอบไปด้วยแขวงต่างๆ จำนวน 4 แขวง ได้แก่ แขวงนครพิงค์ แขวงศรีวิชัย แขวงกาวิละ และแขวงเมืงราย นอกจากนั้นแล้วยังประกอบไปด้วยตำบลต่างๆ อีก 14 ตำบล ได้แก่ ตำบลป่าตัน ตำบลฟ้าฮ่าม ตำบลหนองป่าครั่ง ตำบลท่าศาลา ตำบลหนองหอย ตำบลป่าแดด ตำบลสุเทพ ตำบลช้างเผือก ตำบลวัดเกต ตำบลช้างคลาน ตำบลช้างม่อย ตำบลหายยา ตำบลพระสิงห์ และตำบลศรีภูมิ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้กำหนดถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่เพื่อเป็นขอบเขตในการศึกษาหาปัจจัยทางถนนและจราจรที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร คือ ถนนห้วยแก้ว ถนนสุเทพ ถนนเรียบคลองชลประทาน ถนนบุญเรืองฤทธิ์ ถนนช้างเผือก ถนนแก้ววรุฒ์ ถนนเจริญเมือง ถนนช้างคลาน ถนนรัตนโกสินทร์ ในการคัดเลือกทางแยกที่จะทำการสำรวจจะเลือกทางแยกที่มีลักษณะทางกายภาพของทางแยกที่ต่างกัน โดยทางแยกที่ทำการสำรวจมีทั้งสิ้น 20 ทางแยกดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษาภายในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

#### 4. วิธีการดำเนินการศึกษา

เบื้องต้นผู้วิจัยได้วางแผนการสำรวจข้อมูลการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร โดยจะสำรวจพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในระหว่างที่สัญญาณไฟเหลืองได้ปรากฏขึ้นและสัญญาณไฟแดงปรากฏตามลำดับและทำการสังเกตลักษณะทางกายภาพของแต่ละทางแยกซึ่งอาจมีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรโดยมีเงื่อนไขในการสำรวจข้อมูลดังนี้คือ 1. เป็นทางแยกที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร 2. สามารถสังเกตเห็นเส้นหยุดหรือทางม้าลายได้ชัดเจน 3. สัญญาณไฟจราจรต้องไม่กระพริบเป็นสีเหลืองขณะที่ทำการสำรวจข้อมูล 4. สภาพอากาศแจ่มใส ไม่มีฝนตก



รูปที่ 3 การสำรวจความเร็วจุด

#### 4.1 ช่วงเวลาในการสำรวจข้อมูล

จากจำนวนทางแยกที่ถูกคัดเลือกผู้วิจัยได้ทำการสำรวจในวันธรรมดา คือ วันจันทร์-ศุกร์ โดยเก็บข้อมูลการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรจำนวน 1 ชั่วโมง ซึ่งขณะทำการสำรวจ ผู้สำรวจจะต้องระวังไม่ให้กระแสน้ำจราจรถูกกวนจากการเกิดอุบัติเหตุ การแห่ขบวน หรือระหว่างช่วงเทศกาล

#### 4.2 ทิศทางในการสำรวจ

ทำการสำรวจยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกโดยแบ่งเป็นถนนสายหลักและสายรอง โดยพิจารณาจากปริมาณยานพาหนะที่เข้าสู่ทางแยกและโอกาสที่ยานพาหนะจะฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรซึ่งผู้สำรวจจะเลือกทิศทางสำรวจเพียงหนึ่งทิศทางของถนนสายหลักและถนนสายรอง ซึ่งจะพิจารณาจากยานพาหนะที่เข้าสู่ทางแยกเมื่อสัญญาณไฟเหลืองปรากฏโดยห่างจากเส้นหยุดที่ระยะ 20 เมตร และพิจารณาจากยานพาหนะที่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงเมื่อสัญญาณไฟแดงปรากฏเมื่อล้อหลังล้ำเส้นหยุดออกไป

#### 4.3 ความเร็วขณะเข้าสู่ทางแยก

ทำการสำรวจความเร็วของยานพาหนะที่เข้าสู่ทางแยก ดังรูปที่ 3 เมื่อสัญญาณไฟเหลืองปรากฏขึ้นและห่างจากทางแยกเป็นระยะทาง 20 เมตรห่างจากเส้นหยุด โดยใช้วิธีการสำรวจความเร็วเฉพาะจุด ซึ่งจะกำหนดช่วงสั้นๆให้ห่างกัน 30-50 เมตร แล้วจับเวลาขณะที่รถวิ่งผ่านจุดอ้างอิงทั้งสองจุด จึงนำมาหาความเร็วค่าเฉลี่ยที่ 1

$$v = \frac{3.6 \times S}{t} \quad (1)$$

โดยที่  $v$  คือ ความเร็วของยานพาหนะที่สำรวจ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

$S$  คือ ระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด (เมตร)

$t$  คือ เวลาที่ยานพาหนะใช้เมื่อผ่านจุดอ้างอิง 2 จุด (วินาที)

#### 5. การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษา

##### 5.1 การคัดเลือกปัจจัยเพื่อจำแนกกลุ่มของข้อมูล

ผู้วิจัยได้พิจารณาปัจจัยทางถนนและจราจรทั้งหมด 14 ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยมีข้อมูลสถิติเบื้องต้น ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยทางถนนและจราจรที่พิจารณา

ปัจจัย	ข้อมูลเบื้องต้น
รอบสัญญาณไฟ (Cycle length)	70-240 วินาที
เวลาไฟเหลืองในทิศทางที่พิจารณา (Yellow time)	2-5 วินาที
อัตราส่วนเวลาไฟเขียวในทิศทางที่พิจารณา (Green split)	0.20-0.70
เฟสสัญญาณไฟ (No. of signal phases)	2, 3, 4 เฟส
ความกว้างทางแยก (Intersection width)	10-60 เมตร
จำนวนช่องจราจรที่วิ่งข้าม (No. of cross lanes)	2-6 ช่องจราจร
ความกว้างช่องจราจรที่พิจารณา (Lane width)	3-3.7 เมตร
จำนวนช่องจราจรในทิศทางที่พิจารณา (No. of approach lanes)	2-6 ช่องจราจร

ความเร็วเข้าสู่ทางแยก (Approach speed)	30-70 กิโลเมตร/ ชั่วโมง
ช่องจราจรสำหรับรถเดี่ยว	มีหรือไม่มีช่องรถ เดี่ยว
เกาะกลาง (Presence of median)	มีหรือไม่มีเกาะกลาง
ช่วงเวลาการเดินทาง (Time period)	ชั่วโมงเร่งด่วน หรือไม่
การมองเห็นของสัญญาณไฟถัดไป (Visibility of downstream signal)	มองเห็นหรือมองไม่ เห็น
การประสานสัมพันธ์ของสัญญาณไฟกับ ทางแยกถัดไป (Signal coordination)	มีหรือไม่มี การประสานสัมพันธ์

ในการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ ปัญหาที่ต้องพิจารณาคือ ควรจะเลือกปัจจัยใดมาทำหน้าที่เป็นโหนดราก ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ช่วยประกอบการเลือกปัจจัยจะได้จากการคำนวณค่าข้อมูลที่รับหรือค่าเกน (gain) ซึ่งจะบ่งบอกว่าปัจจัยนั้นจะสามารถจำแนกกลุ่มของข้อมูลได้ดีเพียงใด โดยทดลองเลือกให้แต่ละปัจจัยที่เป็นไปได้เป็นโหนดราก ถ้าปัจจัยใดให้ค่าเกนที่สูงที่สุด แสดงว่าปัจจัยนั้นสามารถจำแนกกลุ่มของข้อมูลได้ดีที่สุด

## 5.2 ค่ามาตรฐานเกน (Gain criterion)

วิธีการสร้างต้นไม้ตัดสินใจโดยใช้อัลกอริทึม ID3 จะใช้ค่ามาตรฐานเกนในการตัดสินใจเลือกปัจจัยที่จะใช้เป็นโหนดรากของต้นไม้ ซึ่งจะเลือกปัจจัยที่มีค่าเกนที่มีค่าสูงสุดเป็นโหนดรากซึ่งจะมีความสามารถในการจำแนกข้อมูลสูง ช่วยให้สามารถแบ่งข้อมูลที่มีการปะปนกันของข้อมูลกลุ่มที่ต่างกัน โดยค่าเกนนี้จะสามารถคำนวณได้โดยใช้ความรู้จากทฤษฎีสารสนเทศ (information theory) ซึ่งค่าสารสนเทศของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของข้อมูล ซึ่งสามารถวัดอยู่ในรูปของบิต (bits)

ค่าสารสนเทศของข้อมูลเขียนได้ดังสมการที่ 2

$$\text{Information gain} = - \sum_{j=1}^n p_s(j) \log_2 p_s(j) \quad (2)$$

โดยที่  $S$  คือ ตัวอย่างที่ประกอบด้วยชุดของตัวแปรต้นและตัวแปรตามหลายๆกรณี

$p_s(j)$  คือ อัตราส่วนของกรณีใน  $S$  ที่ตัวแปรต้นหรือผลลัพธ์มีค่า  $j$

## 5.3 เอนโทรปี (entropy)

เป็นค่าที่ใช้บอกความไม่บริสุทธิ์ของข้อมูลเมื่อพิจารณาแล้วจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 โดยจะมีค่าเป็น 0 เมื่อทุกๆกรณีมีผลลัพธ์เพียงแบบเดียว และจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อข้อมูลเริ่มมีความแตกต่าง ซึ่งหาได้ดังสมการที่ 3

$$E(A) = \sum_{v=\text{value}(A)} \frac{|S_v|}{|S|} E(S_v) \quad (3)$$

โดยที่  $S$  คือ ตัวอย่างที่ประกอบด้วยชุดของตัวแปรต้นและตัวแปรตามหลายๆกรณี

$E$  คือ เอนโทรปีของตัวอย่าง

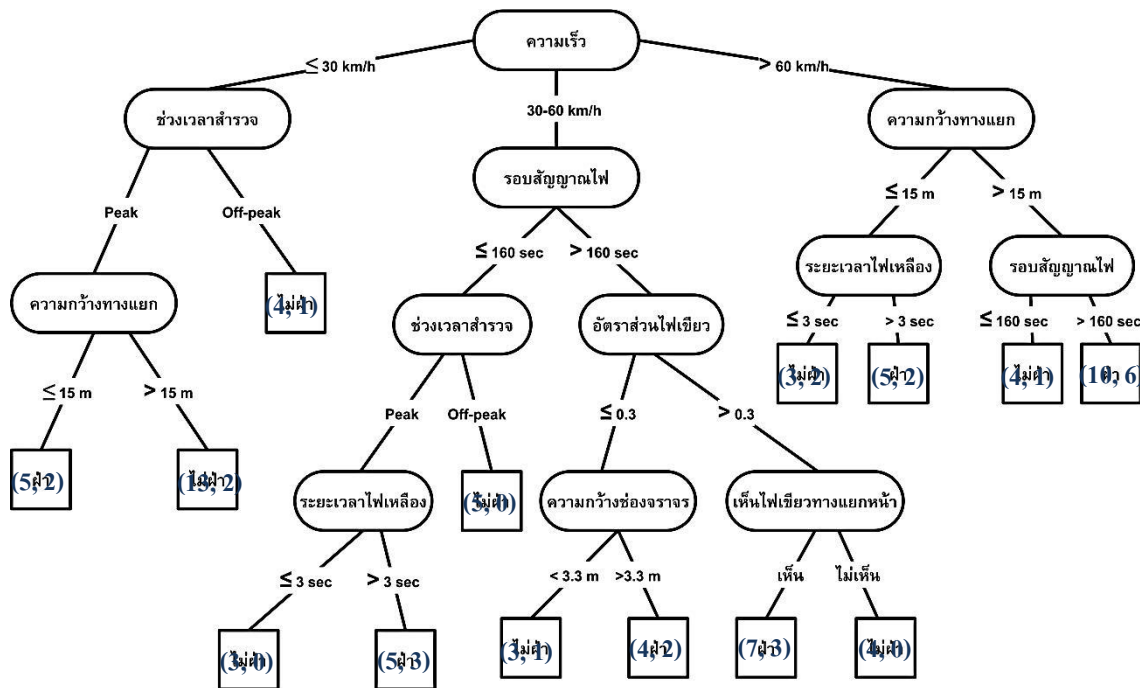
$A$  คือ ตัวแปรต้นที่จะพิจารณา

$\text{Value}(A)$  คือ เซตของค่า  $A$  ที่เป็นไปได้

$S_v$  คือ ตัวอย่างที่  $A$  มีค่า  $v$  ทั้งหมด

## 5.4 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการสำรวจข้อมูลจำนวน 826 ตัวอย่าง บริเวณทางแยกที่ได้กำหนดไว้ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ผลจากการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ประกอบด้วย ความเร็วที่วิ่งเข้าสู่ทางแยก ความกว้างบริเวณทางแยก (หรือจำนวนช่องจราจรที่ข้ามบริเวณทางแยก) รอบสัญญาณไฟจราจร และช่วงเวลาการเดินทาง และปัจจัยรองลงมา ได้แก่ ความกว้างของช่องจราจร การเห็นไฟเขียวทางแยกหน้า ระยะเวลาไฟเหลือง การมองเห็นสัญญาณไฟของทางแยกถัดไป และการประสานสัมพันธ์ของสัญญาณไฟ แผนภาพต้นไม้ตัดสินใจสามารถแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปัจจัยทางถนนที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟในจังหวัดเชียงใหม่

จากแผนภูมิต้นไม้ตัดสินใจปัจจัยที่มีผลมากที่สุดต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรคือ ความเร็วขณะเข้าสู่ทางแยกซึ่งถูกกำหนดให้เป็นส่วนแรกของแผนภูมิต้นไม้ตัดสินใจ จากแผนภูมิสามารถอธิบายปัจจัยที่เป็นผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรได้ว่า เมื่อความเร็วขณะเข้าสู่ทางแยกมีค่าน้อยกว่า 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง ปัจจัยช่วงเวลาในการสำรวจมีผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ การสำรวจในช่วงนอกเวลาเร่งด่วนผู้ขับขี่มีแนวโน้มไม่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟ แต่ในช่วงเวลาเร่งด่วน ปัจจัยความกว้างทางแยกจะมีผลต่อการตัดสินใจ ซึ่งทางแยกที่กว้างน้อยกว่า 15 เมตร ผู้ขับขี่มีแนวโน้มที่จะไม่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟ แต่ทางแยกที่กว้างมากกว่า 15 เมตรผู้ขับขี่มีแนวโน้มที่จะฝ่าฝืนสัญญาณไฟเช่นกัน

ในกรณีที่ความเร็วขณะเข้าสู่ทางแยกมีอัตราเร็วเกินกว่า 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ปัจจัยความกว้างของทางแยกส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ ถ้าความกว้างของทางแยกน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 เมตรปัจจัยด้านระยะเวลาของไฟเหลืองที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 วินาทีจะส่งผลให้ผู้ขับขี่ไม่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟในทางตรงกันข้ามถ้าระยะเวลาของไฟเหลืองมากกว่า 3 วินาที ผู้ขับขี่มีแนวโน้มที่จะฝ่าฝืนสัญญาณไฟ สำหรับความกว้างของทางแยกที่มากกว่า 15 เมตร ปัจจัยด้านรอบสัญญาณไฟจะส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ กล่าวคือ เมื่อรอบสัญญาณไฟมีระยะเวลาน้อยกว่าเท่ากับ 160 วินาทีผู้ขับขี่มีแนวโน้มที่จะไม่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟในทาง

ตรงกันข้ามถ้ารอบสัญญาณไฟมีระยะเวลาที่มากกว่า 160 วินาทีขึ้นไปจะส่งผลให้ผู้ขับขี่มีแนวโน้มที่จะฝ่าฝืนสัญญาณไฟ

## 6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ซึ่งได้ผสมผสานระหว่างการอนุมานเชิงสถิติ (statistical inference) และเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (data mining) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาหาปัจจัยทางถนนที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรจากการสำรวจข้อมูลในพื้นที่จริง โดยปกติแล้ววิธีการอนุมานเชิงสถิติเช่น logistic regression นั้นเป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน (robust) แต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์พื้นฐานของปัจจัยในกรณีหลายปัจจัยได้ และในทางกันข้ามเทคนิควิธีการทำเหมืองข้อมูลมักจะประสบความสำเร็จในการหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ แต่ขาดการอนุมานที่สมเหตุสมผล

บทความนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ขับขี่เมื่อเดินทางเข้าสู่บริเวณทางแยกในช่วงเวลาเปลี่ยนสัญญาณไฟจากเขียวเป็นแดง โดยสามารถแบ่งพฤติกรรมการขับขี้ออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือผู้ขับขี่ที่ก้าวร้าว (aggressive) และฝ่าฝืนสัญญาณไฟซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และผู้ขับขี่ที่ปฏิบัติตามกฎ (conservative) และไม่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

โดยที่งานวิจัยพบว่า มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่ในการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อและก่อให้เกิดการฝ่าฝืนสัญญาณไฟมากที่สุดได้แก่ปัจจัยความเร็วขณะเข้าสู่ทางแยก ซึ่งเป็นส่วนบนสุดของรากต้นไม้ โดยมีค่าเกณฑ์ค่อนข้างสูง รองลงมาคือขนาดความกว้างของทางแยก ช่วงเวลาทำการสำรวจ และระยะรอบสัญญาณไฟจราจร ส่วนปัจจัยอื่น ๆ เช่น ขนาดของจราจร ระยะเวลารอไฟเหลือง ช่วงเวลาการเดินทาง การจัดรูปแบบไฟสัญญาณไฟ เป็นปัจจัยรองที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟ โดยผลจากการศึกษานี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถอธิบายความสัมพันธ์ในเชิงอนุมาณของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ขับขี่บริเวณทางแยกในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนจัดการจราจรและปรับปรุงระบบการขนส่งในจังหวัดเชียงใหม่ให้มีความปลอดภัย อีกทั้งช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเฉพาะปัจจัยทางวิศวกรรม แต่ในอนาคตผู้วิจัยจะศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมของผู้ใช้ยานพาหนะ ปัจจัยด้านยานพาหนะ เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุในเชิงลึก และช่วยให้การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการฝ่าฝืนสัญญาณไฟ มีความชัดเจนและแม่นยำมากยิ่งขึ้นเพื่อหามาตรการลดอัตราการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรและการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยกให้น้อยลง

### เอกสารอ้างอิง

- [1] วิษยาภรณ์ ฤทธิสิทธิ์ พงษ์ศักดิ์ สุริยวานากุล และ ชวเลข วนิชเวทิน (2553). การศึกษาปัจจัยด้านกายภาพของทางแยกที่มีผลต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร: กรณีศึกษา ทางแยกในเทศบาลเมืองสกลนคร (*A Study of Physical Factors at Intersection which Affect Red Light Running : A Case Study of Intersection in Sakon Nakhon Municipality*). วิศวกรรมสาร มก., คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
- [2] Linda boyle. (2012). Understanding Driver Behavior at Yellow Light: Do various Statistical Methods Serve to Clarify or Confuse?, University of Washington

- [3] ชินพัฒน์ แก้วชินพร, การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจและการจัดกลุ่ม, ปรินุณนิพนธ์ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553
- [4] Tang, K., Nakamura, H. (2009) *Safety Evaluation for intergreen interval at signalized intersection based on probabilistic method. Transportation research record*, 2128, 226-235

## Analysis of traffic accidents at signalized intersections

Paper Identification number: AYRF14-029

Tran Quang Vuong<sup>1</sup>, Vu Anh Tuan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vietnamese-German Transport Research Centre, Vietnamese-German University.  
Binh Duong New City, Binh Duong Province, Viet Nam  
Telephone +8493269279  
E-mail: tqvuong@vgtrc.vgu.edu.vn

<sup>2</sup> Vietnamese-German Transport Research Centre, Vietnamese-German University.  
Binh Duong New City, Binh Duong Province, Viet Nam  
Telephone +8413997953  
E-mail: drtuan.va@vgtrc.vgu.edu.vn

### Abstract

The objectives of this research are to investigate traffic accident patterns, the severity levels, and to determine the factors to the accidents. The results could be helpful in proposing effective measures for improving traffic safety at signalized intersections. A case study is conducted in Ho Chi Minh City (HCMC), Vietnam. Firstly, time-series data on road traffic accidents in the city are collected. Binary logit models were estimated to help identify significant factors to the levels of accident severity (namely, no injure, injured, and fatal accident). The results show that the involvement of motorcycle, intersection location (e.g., located in central, newly developed, and developing areas), road type, illegal overtaking, and approach width might be contributing factors to the accident severity. The findings can help formulating strategies and measures for safety improvement.

**Keywords:** Road traffic accident, Signalized intersection, Logit model, Traffic safety measures, Factor analysis

### 1. Introduction

Signalized intersections are a key component of the road network. The performance of the whole road system is affected considerably by its operations[1]. According to [2], although intersections are a small part of the overall road system, they are the point at which traffic movements most often conflict with one another. As a consequence, nearly 25 percent of all fatal crashes occur at intersections, and about 30 percent of those are at intersections controlled by signals. In 2003, Asian Development Bank (ADB) has carried out the study regarding 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 social. In 2013, the number of traffic accident, fatalities, injuries which occurrence in Vietnam, have been slightly decreased accounted for 29,385 (accidents); 9,369 (fatalities); and 29,500 (injuries), while, in HCMC these rates were 5,094 (17.3%), 773 (8.3%), and 4,582 (15.6%), respectively. Although, this showed

that in comparison with 2012, the number of traffic accident, fatalities, and injuries in 2013 have slightly decreased, in Vietnam accounted for 5.19%, 0.58%, and 9.36%, and in HCMC (26%, 5.6%, 29.6%), respectively, these increase at signalized intersections in HCMC accounted for 45% (61 accidents) of total accident occurrence at intersections (135 accidents). Hence, there have been a lot of researches on traffic safety at signalized intersections before. Nevertheless, 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 for 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. To address the road traffic accident problems, it is necessary to deeply understand contributing factors to traffic accident.

The objectives of this research are to investigate traffic accident patterns, the severity levels, and contributing factors to traffic accidents. Due to data constraints, this study is not going to

explore not all the contributing factors. Logistic regression was used in this study to estimate the effect of the significantly contributing factors to accident severity. Based on the findings, strategies and measures for safety improvement are formulated and discussed with reference to the international experience.

This paper are divided into five parts, following the introduction is literature review. Descriptive analysis and modelling are the third and fourth part, respectively, and the last part is discussions.

## 2. Literature review

Intersections are common places for crashes 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 total traffic accident at intersections. Thus, many researchers have been focused on this approach with aim at examining contributing factors to accident severity to improve this situation for both developed and developing cities by development of many various models, such as Poison and Negative Binomial model (Hoong et al., 2001); Random-Effect Negative Binomial regression model (Lin et al, 2003, Yinhai et al., 2004); ordered probit model (Abdel-Aty et al. 2005), and binary logistic model was developed by many researchers. Logistic modeling technique is often preferred by researchers, due to the logistic function must lie in the range between 0 and 1, and this is not usually the case with other possible functions (Kleinbaum and Klein, 2002).

Logistic regression was used by Hilakivi et al. (1989)[3] in predicting automobile accidents of young drivers. In research, they explored the predictive values of the Cattell 16-factor personality test on the occurrence of automobile accidents among conscripts during 11-month military service in a transportation section of the Finish Defense Force. A study conducted by Kim, et al. (1996) [4] that developed logistic model and used it to elucidate the likelihood of motorists being at fault in collisions with cyclists. They have been explored contributing factors which can be affect increasing likelihood of motorist fault include characteristic drivers (age, gender), alcohol use, cyclists making turning, and rural locations. Shankar and Mannering (1996)[5] considered roadway environment, vehicle type, and characteristic

drivers in their multinomial logit analysis of motorcycle-rider severity on single-vehicle motorcycle crashes. James and Kim (1996)[6] developed a logistic regression model to describe the use of child safety seats for children involved in crashes in Hawaii form 1986 through 1991. The model reveals that children riding in automobiles are less likely to be restrained; belted drivers are far more likely to restrain children; and one- and two-year-olds are less likely to be restrained. Mercier et al. (1997) [7] have been used logistic regression to determine whether either age or gender (or both) was a contributing factor to accident severity in head-on automobile collisions on rural highways. Carson and Mannering (2001) developed multinomial logit models to address the effect of ice-warning signs on crash severity of different roadway functional classes.

In 2002, Al-Ghamdi [8] have been using logistic regression to estimate contributing factors to accident severity. In the study, accident location and accident cause were two significant variables effect on accident severity by using the concept of deviance together with the Wald statistic to statistical testing. Abdel-Aty (2003)[9] developed ordered probit model to predict crash severity on roadway sections, signalized intersections and toll plazas by using the Florida crash database. Ulfarsson and Mannering (2004)[10] examined differences in severity between male and female drivers in single and two-vehicle collisions. They also developed separate multinomial logit models for male and female drivers. Kelvin (2004)[11] applied logistic regression models to explore factors affecting the severity of single vehicle traffic accident in Hong Kong. Unique risk factors associated with each of the vehicle types were identified by the model, such as for private vehicles, district board, gender of driver, age of vehicle, time of accident, and street light conditions are significant factors determining injury severity; for goods vehicles, seat-belt usage and weekday occurrence are major factors affecting the injury severity; for motorcycles, age of vehicle, weekday, and time of the accident were determined important factors. Abdel-Aty and Keller (2005)[12] created the ordered probit models by using roadway attributes and crash types for crashes occurred at signalized intersections. Multiple logistic regression model was used to analysis of rear-end accidents patterns at signalized intersections by Yan et al. (2005)[13]. They examined that seven roadway

environment factors (number of lanes, divided/undivided highway, accident time, road surface condition, highway character, urban/rural, and speed limit), five factors related to striking role (vehicle type, driver age, alcohol, driver residence, and gender), and four factors related to struck role (vehicle type, driver age, driver residence, and gender) are significantly associated with the risk of rear-end accidents. Huang et al. (2008)[14] developed a Bayesian hierarchical binomial logistic model to identify the significant factors affecting the severity level of driver injury and vehicle damage in traffic crashes at signalized intersections. Yu Jin et al. (2010)[15] analyzed contributing factors on right-angle crash injury severity in Florida. Ordered probability models were developed to examine the factors significantly contributing to the severity of right-angle crashes given that an accident had occurred.

In summary, there have been numerous studies to determine contributing factors effect on accident severity by developing logistic regression models. Nevertheless, only limited studies explored crash injury severity at signalized intersections (Abdel-Aty, 2003; Abdel-Aty and Keller, 2005; Yan et al., 2005; Huang et al., 2008; Yu Jin et al., 2010). Time of day, intersections type, nature of lane, street lighting, presence of the red light camera, pedestrian involved, vehicle type, driver age, and accident type are variables which major contributing factors to accident severity that learning from literature review. Moreover, there is no study investigating contributing factors to accident severity by using logistic models at signalized intersections in Vietnam in general and in HCMC in particular. Based on literature review combination with time-series data available in Vietnam condition, binary logistic model is high appropriate which can be applied for this case. Hence, in this study logistic regression models were developed to investigate traffic accident patterns, the severity levels, and to determine contributing factors to accident severity.

### 3. Descriptive analysis of traffic accident at signalized intersections in HCMC

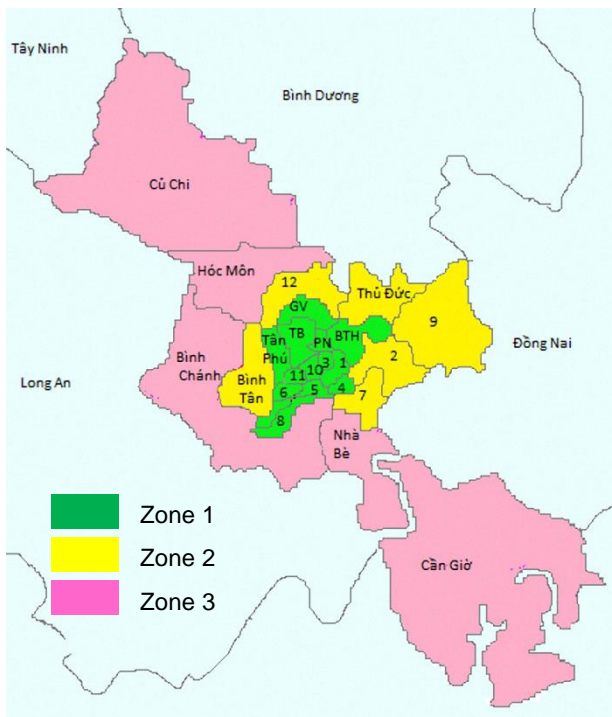
#### 3.1 Overview of HCMC

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 2093.7km<sup>2</sup>, 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.

#### 3.2 Data collection

This research has been carried out based on the historical accident database during five years (2009-2013), obtained from the Rail-Road Traffic Police Bureau in HCMC. The traffic accident information was recorded in accordance with form No. 02/TNDB under circular 58/2009/TT-BCA dated 12/12/2009. According to this form, accident information is recorded quite detailed, with nearly 60 categorizes information. However, in fact, accident information just only could be recorded 17 categorizes information since various reasons, such as late announcement traffic accident to police office or site changing. In this study, the 17 categorizes information that said above were conducted analyzing to determine significant contributing factors to accident severity.



**Fig. 1** Classification zone in HCMC

**Table 1** Classification criteria for three zones

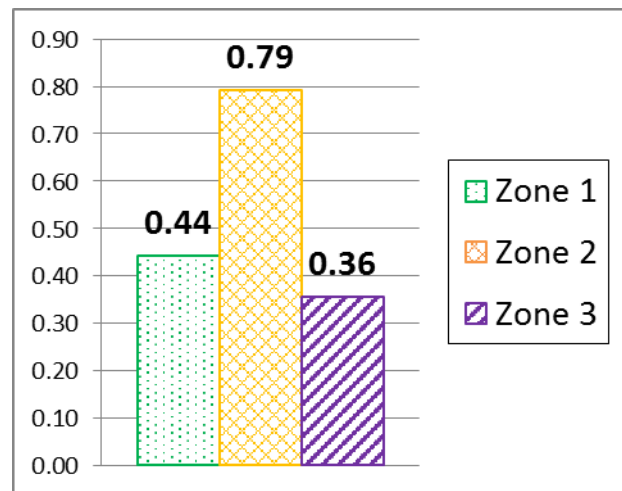
No.	Items	Zone 1	Zone 2	Zone 3
1	Population (million)	3.90	2.16	1.34
2	Area (km <sup>2</sup> )	142.00	352.00	1602.00
3	Road area (km <sup>2</sup> )	8.18	8.48	14.83
4	Road length (km)	853.47	1017.47	2589.24
5	Main road length ( $B \geq 7m$ )(km)	592.42	542.71	300.60
6	Main road area ( $B \geq 7m$ )(Km <sup>2</sup> )	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	- $7m \leq B < 10m$ (%)	54.70	34.49	10.81
8.3	- $10m \leq B < 12m$ (%)	61.50	22.07	16.43
8.4	- $B \geq 12m$ (%)	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	- Provincial 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

Source: DOT in HCMC, 2014

### 3.3 Analysis of the patterns

According to the traffic signal control centre, until 2014 there have been 742 signalized intersections of total 4306 intersections (junctions, four-legs, five-legs, six-legs, seven-legs, and roundabout) in HCMC. They were located distinguish between three zones, which accounted for 479 (64.5%) intersections in zone 1, 159 (21.4%) in zone 2, and 104 (14.1%) in zone 3.

There were 375 traffic accidents at signalized intersections in HCMC during five years (2009-2013). The number of traffic accident was distributed different between three zones, with 212 (56.5%) accidents occurrence in zone 1, 126 (33.6%) in zone 2, and 37 (9.9%) in zone 3. It is easy for us to recognize most of the traffic accident happening in zone 1. However, the rate between the number of traffic accident and the total signalized intersections for each zone, this rate in zone 2 is highest (0.79), following by zone 1(0.44), and the less in zone 3(0.36), **Fig.2**. The similarities and distinguish between three zones regarding traffic accident distribution are presented in detailed, as follows

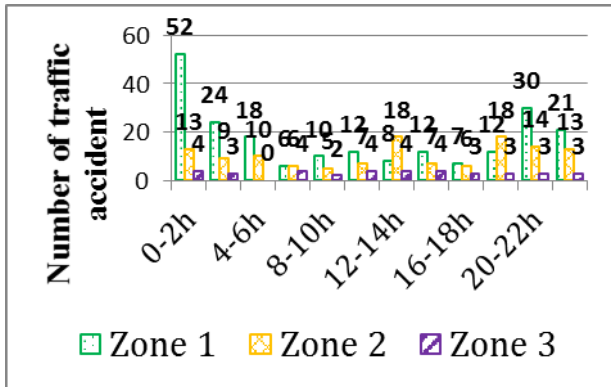


**Fig.2** The rate b/w No. accident and No. signalized intersection

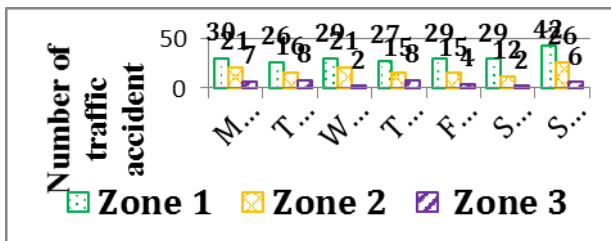
#### 3.3.1 Distribution by time

The traffic accident trends slightly increasing on holidays, tet holidays, at the weekend, and at the end of months in year, **Fig.3**, **Fig.4**. The time of traffic accident occurrence is difference in three zones, in zone 1 most of the traffic accident happened in night off-peak hour

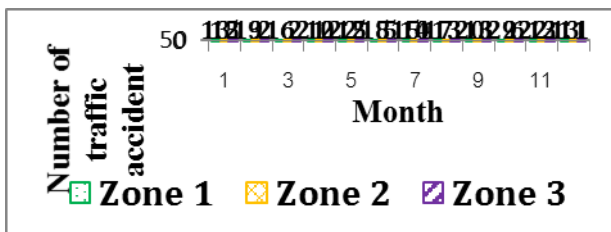
from 8PM to 4AM, while in zone 2, zone 3 it trends slightly increasing morning, noon, and night peak hour (6AM-8AM; 12AM-2PM; 6PM-8PM), **Fig.5**



**Fig.3** Time fluctuation of traffic accident



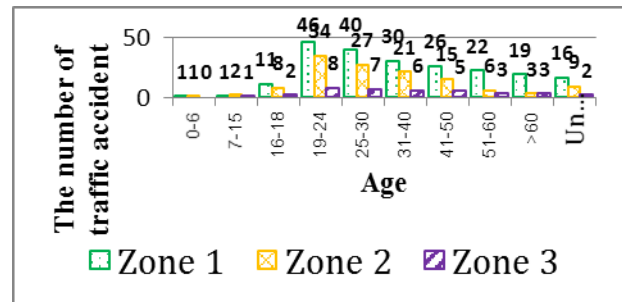
**Fig.4** Weekly fluctuation of traffic accident



**Fig.5** Monthly fluctuation of traffic accident

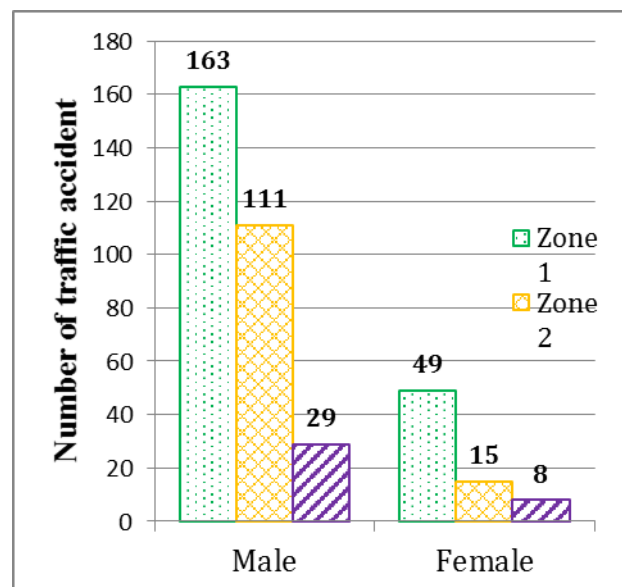
### 3.3.2 Distribution by road user involvement accident

**Fig.6** shows that the most age group of road user involvement traffic accident is 19-24 year-old (24%), following by 25-30 year-old group (19%). This age group accounted for 32%, 46%, and 22% in zone1, zone2, and zone3, respectively. This age group is not really maturity, and irritated easily by alcohol.



**Fig.6** Age distribution of traffic accident

**Fig.7** illustrates that male road users are main group leading traffic accident for three zones, which accounted for 77%, 88%, and 78% in zone 1, zone 2, and zone 3, respectively. The traffic accident happening between Motorcycle and Motorcycle, Motorcycle-Truck are configuration type, which are the most popular in zone 1, and in zone 2, 3 accounted for 38%, 47%, respectively, **Fig.8**. Red-light running, not accept priority, wrong lane, illegal turning, and illegal overtaking are significant causes leading to traffic accident at signalized intersections. In particular, red-light running, not accepted priority are the most significant accident cause in zone 1, and zone 2 accounted for 26%, 29%, respectively. Red-light running and wrong lane are main causes in zone 3, accounted for 35%, **Fig.9**.



**Fig.7** Gender distribution of traffic accident

**Fig.8** Traffic accident distribution by configuration type

**Fig.9** Traffic accident distribution by causes

#### 4. Modelling of accident at signalized intersections

## 4.1 Theoretical background of logistic regression

A special case of general linear regression is the logistic regression or logit model, which assumes that the response variable follows the logit-function. It is important to understand that the aim of an analysis using logistic regression is the same as that of any model-building technique used in statistics: to explore the best fit. The logistic regression model is an approach used to describe the relationship of single or several independent variables to a binary outcome variable. A binary logistic regression is proper to use when the dependent variable is dichotomy (an event happened or not) and can be applied to test association between a dependent variable and the related potential factors, to rank the relative importance of independents, and to assess interaction effects. Binary logistic regression is used in this study since dependent variable Y (accident severity classification) can only take on two values:  $Y=1$  for fatal accident,  $Y=0$  for non-fatal accident. In any regression analysis the key

quantity is the mean value of the response variable given the values of the response variable given the values of the independent variable:

$$E(Y/x) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1)$$

Where  $Y$  denotes the response variable,  $x$  denotes a value of the independent variable, and the  $\beta_i$ -values denote the model parameters. Many distribution functions have been suggested to analyze dichotomous response variable. The specific form of the logistic regression model is

$$\pi(x) = P = \frac{e^{\beta_o + \beta_1 x}}{1 + e^{\beta_o + \beta_1 x}} \quad (2)$$

The transformation of conditional mean  $\square(x)$  logistic function is known as the logit transformation. The logit is the LN (to base e) of the odds, or likelihood ratio that the dependent variable is 1, such that

$$\text{Logit (P)} = LN \left( \frac{P_i}{1 - P_i} \right) = B_0 + B_i X_i \quad (3)$$

Where:

$\alpha_0$  : the model constant  
 $\alpha_i$  : the parameter estimates for independent variables

$X_i$  : set of independent variables ( $i= 1, 2, 3, \dots, n$ )

P : Probability ranges from 0 to 1

$\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right)$  : the natural logarithm ranges from negative infinity to positive infinity

The logistic regression model account for a curvilinear relationship between the response variable  $Y$  and the predictor variables  $X_i$ , which can be continuous or discrete. The logistic regression was illustrated by a curve with approximately linear in the middle range and logarithmic at extreme values. A simple transformation of Equation (2)

$$\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \exp^{B_o+B_i.X_i} = \exp^{B_o} . \exp^{B_i.X_i} \quad (4)$$

The fundamental equation for the logistic regression shows that when the value of an

independent variable increases by one unit, and all other variables are constant, the new probability ratio  $[P_i / (1 - P_i)]$  is given as follows:

$$\left( \frac{P_i}{1 - P_i} \right) = \exp^{B_o + B_i (X_i + 1)} = \exp^{B_o} \cdot \exp^{B_i \cdot X_i} \quad (5)$$

When independent variables  $X$  increases by one unit, with all other factors remaining constant, the odds  $[P_i / (1 - P_i)]$  increases by a factors  $\exp^{B_i}$ . This factor is called the odds ratio (OR) and ranges from 0 to positive infinity. It illustrates the relative amount by which the odds of the outcome increases ( $OR > 1$ ) or decreases ( $OR < 1$ ) when the value of the corresponding independent variable increases by 1 unit. There is no true  $R^2$  value in logistic regression, as there is in Ordinary Least Squares regression. Alternatively, Pseudo  $R^2$  can be a proxy of an  $R^2$  including Cox & Snell Pseudo- $R^2$  and Nagelkerke Pseudo- $R^2$ , Nagelkerke's  $R^2$  will normally be higher than the Cox and Snell measure. An alternative to model chi square is the Hosmer and Lemeshow test which divides subjects into 6 ordered groups of subjects and then compares the number actually in the each group (observed) to the number predicted by the logistic regression model (predicted). If the H-L goodness-of-fit test statistic is greater than 0.05, we fail to reject the null hypothesis that there is no difference between observed and model-predicted values, implying that the model's estimates fit the data at an acceptable level.

In this research, accident severity is considered dependent variable and dichotomous type. It should pay attention that the definition non-fatal accident mean any accident happened without any fatal during 24 hours account from traffic accident occurrence, and otherwise. Each accident in time-series on road accident data was categorized as either non-fatal or fatal. The logistic model used is

$$P(\text{non-fatal accident}) = \pi(x) = \frac{e^{g(x)}}{1 + e^{g(x)}} \quad (6)$$

and thus

$$P(\text{fatal accident}) = 1 - P(\text{non-fatal accident}) = 1 - p(x) = 1 / (1 + e^{g(x)}) \quad (7)$$

Where  $g(x)$  stands for the function of the independent variables:

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (8)$$

Logistic regression determines the coefficients that makes the observed outcome (non-fatal or fatal accident) most likely using the maximum-likelihood technique. There should be special coding which is defined consistent with requirement input data in SPSS version 21.0 software was used in this research. The walds tests, together with deviance, and Cox & Snell Pseudo, Nagelkerke Pseudo tests, and Hosmer and Lemeshow test will be used as criteria include or remove independent variables from the model

Principle estimation of this model is based on probability value ( $P$ ) equal 0.3, this means, in case probability value is more than and equal 0.3, that is fatal accident occurrence, and otherwise.

## 4.2 List of variables

Since the research goal was to determine the factors that might affect the severity of the accident (i.e. whether it was a fatal or none-fatal accident), 37 variables are summarized from the time-series data, accident patterns, and they are coded under 0 and 1 to serve for developing model, Table 2.

Because of discrete variables, correlation analysis (Kendall's tau-b test) was also used to reduce the number of variables basing on the level of correlation and P-value. This is necessary and more convenient in order to simplify the model interpretation. Moreover, the more design variables the model includes, the more difficult the interpretation becomes. Hence, reduction the variable is one of the early stages in this study. Nevertheless, care is needed in doing to make sure that the model will not lose significant information.

Looking back accident patterns at signalized intersections in HCMC, it's easy for us to recognize some variables can be neglected or merge with other variable since their small proportion, and based on the aim at this research as well. **Table 3** illustrates the number of design variables after reduction and the result of Kendall's tau-b test.

## 4.3 Development of logistic model

Based on the number of design variables after reduction, which classifications method used in the same technique that has been described previously (refer table 2). The entry method of logistic regression was followed using SPSS version 21. The Omnibus tests of traffic accident severity model coefficients is analyzed to assess

whether data fit the model or not as illustration in **Table 4**. The specified model is significant (Sig <0.05), hence it is recommended that the independent variables improve on the predictive power of the null model. **Table 5** contains the two pseudo  $R^2$  measures that are Cox-Snell, and Nagelkerke. Cox and Snell's  $R$ -square attempts to imitate multiple  $R$ -square based on 'likelihood', but its maximum can be (and usually is) less than 1.0, making it difficult to interpret. Here it is indicating that 11.8% of the variation is explained by the logistic model. The Nagelkerke modification that does range from 0 to 1 is a more reliable measure of the relationship. Nagelkerke's  $R^2$  will normally be higher than the Cox and Snell measure. In this case it is 0.263 indicating the relationship of 26.3% between the predictors and the prediction. In addition, in **Table 5** Hosmer-Lemeshow (H-L) test illustrate the significance of the developed logistic regression models (sig. >0.05). Our H-L statistic has a significance of 0.22 which means that it is not statistically significant and therefore our model is quite good fit. Rather than using a goodness-of-fit statistic, we often want to look at the proportion of cases we have managed to classify correctly. In a perfect model, the overall percent correct will be 100% for all cases. In our study overall 88.3% were correctly classified. Nevertheless, it trends skew prediction for non-fatal accident (percentage correct 95%) while only 18.2% is percentage correct for fatal accident prediction. From Wald-value test, **Table 6**, it appears that the variables loc, Uroad, Proad, Croad, and Zone2 show some significant effect on traffic accident severity.

According to the previous analysis, the logit model with the significant variables is as follows:

$$g(x) = -4.422 + 0.77loc + 1.008Uroad + 0.929Proad + 1.188Croad + 0.792zone2 \quad (9)$$

Hence the logistic regression model developed in this study is

$$\square(x) = e^{g(x)} / (1 + e^{g(x)}), \text{ where } g(x) \text{ in Eqs. (9)}$$

#### 4.4 Model interpretation

Interpretation of any models means the ability to explain practical inferences from the estimated coefficients. The estimated coefficients for the independent variables represent the trend or rate of change of the dependent variables per unit of

change in the independent variable. Hence, determining the functional relationship between the dependent variable and the independent variable, and appropriately defining the unit change for the independent variable are two significant tasks involving interpretation. The interpretation of the model developed in this study are presented in detailed, as follows

##### 4.4.1 Impact of location on accident severity

It should pay attention that due to 'loc' has two levels as shown in **Table 2**,

loc = 1 (fatal accident occurrence at junction and the others)

loc = 0 (fatal accident occurrence at intersections)

According to this coding, our model shows loc in the logit model with the coefficient of 0.77. To interpret this parameter, the logit difference should be computed as follows:

Logit (fatal accident/ junction & other)

$$= \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5$$

Logit (fatal accident/ Intersection)

$$= \beta_0 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5$$

$$\text{Logit difference} = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 - (\beta_0 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5) = \beta_1 = 0.77$$

Hence the odds ratio is

$$\text{Odds ratio} = e^{\beta_1} = e^{0.77} = 2.16$$

This value shows that the odds of being in a fatal accident at a junction and the others location are 2.16 higher than those at an intersection. By using the same method, we can explain the zone 2 factor to impact on accident severity easily, the odds of being in a fatal accident happening in zone 2 are 2.2 ( $e^{0.792}$ ) higher than those occurrence related to zone 1 and zone 3.

**Table 2** List of variable

No.	Variable	Abbreviation	Codes/value	Severity of accident	
				Non-fatal	Fatal
				Count	Count
1	Time of accident	hr	04AM-19h59	225	13
			20h-03h59AM	117	20
2	Day of accident	day	weekend	299	20
			weekday	43	13
3	Month of accident	mth	Jan.-Nov.	225	13
			Dec.-Feb.	117	20
4	location	loc	Junction&other intersection	299	20
				43	13
5	Urban road	Uroad	0	217	6
			1	125	27
6	National Highway	Hway	0	307	27
			1	35	6
7	Province road	Proad	0	264	12
			1	78	21
8	District road	Droad	0	260	21
			1	82	12
9	Commune road	Croa	0	219	5
			1	123	28
10	Motorcycle-Motorcycle	MM	0	311	33
			1	31	0
11	Motorcycle-Other	MO	0	338	31
			1	4	2
12	Other-Other	OO	0	340	31
			1	2	2
13	Helmet	hel	Don't wearing	342	32
			Wearing helmet	0	1
14	gender	gender	female	304	18
			male	38	15
15	Drunk	Drunk	0	247	20
			1	95	13
16	Driving forbidden oneway street	Drfb	0	315	28
			1	27	5
17	Illegal overtaking	Iovertake	0	273	25
			1	69	8
18	Other	other	0	251	8
			1	91	25
19	Don't accept priority	Daprio	0	212	6
			1	130	27
20	Don't safety distance	Dsadis	0	312	27
			1	30	6
21	Technical breakdown	Teb	0	339	32
			1	3	1
22	Red light running	Rlr	0	334	31
			1	8	2
23	Wrong lane	Wl	0	321	33
			1	21	0
24	Illegal turning	Itur	0	320	29
			1	22	4
25	Self-accident	Sacci	0	323	25
			1	19	8
26	Illegal crossing	Icross	0	341	32
			1	1	1
27	Exceeding speed limit	Speed	0	338	32
			1	4	1
28	Zone1	Zone1	0	326	31
			1	16	2
29	Zone2	Zone2	0	327	26
			1	15	7
30	Zone3	Zone3	0	321	30
			1	21	3
31	Width road <10m vs Width road >10m	Wiroad1	0	329	31
			1	13	2
32	Width road <10m vs Width road >10m	Wiroad2	0	334	33
			1	8	0
33	Width road >10m vs Width road >10m	Wiroad3	0	333	31
			1	9	2
34	Width pavement <3m vs Width pavement >3m	Wipa1	0	268	18
			1	74	15
35	Width pavement <3m vs Width pavement >3m	Wipa2	0	280	21
			1	62	12
36	Width pavement >3m vs Width pavement >3m	Wipa3	0	318	27
			1	24	6

By using the same method, we can explain the zone 2 factor to impact on accident severity easily, the odds of being in a fatal accident happening in zone 2 are 2.2 ( $e^{0.792}$ ) higher than those occurrence related to zone 1 and zone 3

**Table 3** Matrix coefficient correlation

Variables		Time of accident	Day of accident	Month of accident	location	Urban road	Province road	Commune road	Helmet	Don't accept priority	Zone2	Width pavement <3m vs >3m	Severity of accident
Time of accident	r	1.000											
	Sig.												
Day of accident	r	-.318**	1.000										
	Sig.	.000											
Month of accident	r	1.000**	-.318**	1.000									
	Sig.		.000										
location	r	-.318**	1.000**	-.318**	1.000								
	Sig.	.000		.000									
Urban road	r	.637**	.264**	.637**	.264**	1.000							
	Sig.	.000	.000	.000	.000								
Province road	r	.450**	.207**	.450**	.207**	.442**	1.000						
	Sig.	.000	.000	.000	.000	.000							
Commune road	r	.540**	.388**	.540**	.388**	.662**	.421**	1.000					
	Sig.	.000	.000	.000	.000	.000	.000						
Helmet	r	-.039	.123	-.039	.123	.063	-.031	-.042	1.000				
	Sig.	.448	.017	.448	.017	.226	.549	.412					
Don't accept priority	r	.591**	.357**	.591**	.357**	.643**	.460**	.670**	.061	1.000			
	Sig.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.239					
Zone 2	r	.117	.182**	.117	.182**	.233**	.262**	.188**	-.013	.179**	1.000		
	Sig.	.024	.000	.024	.000	.000	.000	.803	.001				
Width pavement <3m vs >3m	r	.345**	.294**	.345**	.294**	.484**	.263**	.679**	-.029	.391**	.181**	1.000	
	Sig.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.577	.000	.000			
Severity of accident	r	.155**	.213**	.155**	.213**	.261**	.262**	.282**	.166**	.252**	.203**	.159**	1.000
	Sig.	.003	.000	.003	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.002	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

The number of samples (N)=375

r . Correlation Coefficient

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

The number of samples (N)=375

r. Correlation Coefficient

#### 4.4.2 Impact of Uroad on accident severity

$\beta_2(1.008)$  measures the differential effect on the logit of two cases, whether fatal accident occurrence on urban road or not.

To interpret this parameter, the logit difference is computed first,

$$\text{Logit (Fatal/Uroad)} = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_5$$

For any other type of road,

$$\text{Logit (Fatal/not Uroad)} = \beta_0 + \beta_1 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5$$

$$\text{Logit difference} = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_5 - (\beta_0 + \beta_1 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5)$$

$$= \beta_2 - \beta_3 - \beta_4 = 1.008 - 0.929 - 1.188 = -1.109$$

$$\text{Hence the odds ratio is } e^{(-1.109)} = 0.33$$

Thus, the odds that accident will be fatal, in case it occurrences on urban road is 0.33 times its being fatal related to the other type of road.

The similar method was used to compute the odds for Proad and Croa, which account for 0.28 and 0.47, respectively.

**Table 4** Omnibus Tests of Model Coefficients

Omnibus Tests of Model Coefficients				
		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	47.081	5	.000
	Block	47.081	5	.000
	Model	47.081	5	.000

**Table 5** Goodness of fit (Pseudo R<sup>2</sup> and H-L Test)

Pseudo R2 Test			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	176.333 <sup>a</sup>	.118	.263
a. Estimation terminated at iteration number 7 because parameter estimates changed by less than .001.			
Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	5.739	4	.220

**Table 6** The result of Wald test

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	loc	.770	.426	3.258	1	.049	2.159
	Uroad	1.008	.522	3.727	1	.049	2.740
	Proad	.929	.415	5.020	1	.025	2.533
	Croad	1.188	.563	4.451	1	.035	3.280
	Zone2	.792	.541	2.143	1	.043	2.207
	Constant	-4.422	.558	62.782	1	.000	.012
a. Variable(s) entered on step 1: loc, Uroad, Proad, Croad, Zone2.							

## 5. Conclusions

Logit model was developed in this study in order to determine significant contributing factors to accident severity in HCMC basing on response variable which is binary nature (i.e. has two categories – fatal or non-fatal). Eleven explanatory variables (accident time (*time, day, month*), type of road (*urban road, province road, commune road*), location (*intersection, junction & other*), driver behavior (*wearing helmet or not, don't accept priority*), road design (*width of pavement*), and land use (*zone 2*)) which collected from Rail-Road Traffic Police Bureau in HCMC were used to develop this model.

Nevertheless, only three variables were included in the model, namely, type of road, location, and land use by using the concept of deviance together with the Wald statistic test. The observed level of significance for regression coefficients for the three variables was less than

5%, recommendation that these were indeed good explanatory variables. This model is reasonable statistic fit with 88.3% overall percentage, although it trend skew prediction for non-fatal accident case (18.2%)

The model also reveals that the odds of a junction and other, accidents occurrence in zone 2 being fatal are higher than intersection, and accidents related to zone 1, zone3. The odds that fatal accident occurrence on commune road is the most serious following urban road, and then province road. This finding might help the authorities in HCMC should focus on improvement safety at junctions in zone 2 where involve commune road for their strategies. It also help the authorities that should be pay attention to make own safety policies for each zone instead of for whole HCMC as they have made before. This may make safety policies more cost-effectively.

The odds presented in this paper can be used to help establish priorities solutions to reduce serious accident. Such as the odds of being involved in a fatal accident at junctions & other on commune road in zone 2, where there is few policeman to control the traffic, lack of traffic signs, and drivers with low safety awareness, are relatively higher than those for other cases. Hence, to reduce serious accident we need to change the recent policies in this zone.

It is important should pay attention that, some significant variables such as road surface, traffic signal pattern, light condition, collision type, license status, and so on which are not available or difficult to obtain in HCMC condition. So they are not including in this research. Nevertheless, the findings of this study can be considered as guidance methods for future study when these variables are available.

## References

- [1] 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.
- [2] 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.

- [3] Hilakivi, I., et al., *A sixteen-factor personality test for predicting automobile driving accidents of young drivers*. Accident Analysis & Prevention, 1989. **21**(5): p. 413-418.
- [4] Kim, K. and L. Li, *Modeling fault among bicyclists and drivers involved in collisions in Hawaii, 1986-1991*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1996. **1538**(1): p. 75-80.
- [5] Shankar, V. and F. Mannering, *An exploratory multinomial logit analysis of single-vehicle motorcycle accident severity*. Journal of Safety Research, 1996. **27**(3): p. 183-194.
- [6] James, J.L. and K.E. Kim, *Restraint use by children involved in crashes in Hawaii, 1986-1991*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1996. **1560**(1): p. 8-12.
- [7] Mercier, C.R., et al., *Age and gender as predictors of injury severity in head-on highway vehicular collisions*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1997. **1581**(1): p. 37-46.
- [8] Al-Ghamdi, A.S., *Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity*. Accident Analysis & Prevention, 2002. **34**(6): p. 729-741.
- [9] Abdel-Aty, M., *Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models*. Journal of safety research, 2003. **34**(5): p. 597-603.
- [10] Ulfarsson, G.F. and F.L. Mannering, *Differences in male and female injury severities in sport-utility vehicle, minivan, pickup and passenger car accidents*. Accident Analysis & Prevention, 2004. **36**(2): p. 135-147.
- [11] Yau, K.K.W., *Risk factors affecting the severity of single vehicle traffic accidents in Hong Kong*. Accident Analysis & Prevention, 2004. **36**(3): p. 333-340.
- [12] Abdel-Aty, M. and J. Keller, *Exploring the overall and specific crash severity levels at signalized intersections*. Accident Analysis & Prevention, 2005. **37**(3): p. 417-425.
- [13] Yan, X., E. Radwan, and M. Abdel-Aty, *Characteristics of rear-end accidents at signalized intersections using multiple logistic regression model*. Accident Analysis & Prevention, 2005. **37**(6): p. 983-995.
- [14] Huang, H., H.C. Chin, and M.M. Haque, *Severity of driver injury and vehicle damage in traffic crashes at intersections: A Bayesian hierarchical analysis*. Accident Analysis & Prevention, 2008. **40**(1): p. 45-54.
- [15] Jin, Y., X. Wang, and X. Chen. *Right-angle crash injury severity analysis using ordered probability models*. in *Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2010 International Conference on*. 2010. IEEE.

## **Designing and Modeling of BRT Signal Priorities under Mixed Traffic Conditions**

Paper Identification number: **AYRF14-030**

Duc Nguyen HUYNH, Anh Tuan VU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vietnamese German Transport Research Centre

Vietnamese-German University

Telephone +84 (0)8 3725 1901, Fax. +84 (0)8 3725 1902

E-mail: hdnguyen@vgtrc.vgu.edu.vn

<sup>2</sup> Vietnamese German Transport Research Centre

Vietnamese-German University

Telephone +84 (0)8 3725 1901, Fax. +84 (0)8 3725 1902

E-mail: drtuan.va@vgtrc.vgu.edu.vn

### **Abstract**

Major cities in Vietnam have developed Bus Rapid Transit (BRT) system to improve the image and levels of service for public transport system to attract more passengers. One of the key advantages of BRT service is higher operation speed thanks to dedicated lanes and signal priority at intersections. However, given the numerous motorcycles and mixed traffic flows, it seems difficult to make sure signals priority for BRT bus at intersections, resulting in significantly lower bus operated speeds. This study aims to propose a suitable bus priority method applied in such mixed traffic condition. Then, traffic performance is simulated, including the BRT bus flows and other traffic flows, under different scenarios, namely *2020 No Build Model* and *2020 BRT Model*. The results indicated that the combination between physical measures include creating dedicated lane for BRT and prioritized signal measures, designing a new the signal structure include fixed time program running in normal condition (without BRT) plus with a BRT phase when the bus enter the intersection could be considered as integrated measures to enhance the bus service quality. The simulation results also outline that the *2020 BRT Model* showed the better results about the traffic performance than that in the *2020 No Build Model*.

**Keywords:** Bus Rapid Transit (BRT), Bus Signal Priority, Vehicle Actuated Program (VAP), Mixed Traffic Flow.

### **1. Introduction**

Ho Chi Minh City is the primary economic area of Vietnam, producing almost 23 percent of GDP. The city's rapid population growth is both an input to and result of its economic dynamism. But rapid urban growth brings with it a series of challenges. City's development challenges are remarkably similar to those of other Asian megacities, particularly urban mobility. So, A Bus Rapid Transit (BRT) along the Vo-Van-Kiet/Mai Chi Tho/East-West Highway corridor (approximately 25km) was intended to develop in order to increase the urban mobility in 2020. According to that, dedicated lane is applied for BRT by using existing outer lane, bus priority traffic-actuated signal program is designed at intersections.

Bus Rapid Transit (BRT) is a form of rapid transit based on the use of buses with the support of infrastructure and traffic management. With large capacity, buses can contribute to reducing traffic congestion. However, buses are usually impeded by traffic congestion especially at intersections, leading to speed reduction and an increase in bus travel time. So, giving priority to buses plays an important role to enhance the bus service and the bus operational effectiveness. Priority measures are applied in many cities, including dedicated facilities and priority facilities at signalized intersection depend on the existing infrastructure, traffic signal control system, and the characteristics of the bus operations.

On the link, With-flow bus lanes are the commonest form of bus priority measure, traffic

lane, usually on the nearside, is reserved for the use of buses and other vehicles which are accorded priority [1]. Besides, application of contra-flow bus lane enable buses travel against the main direction of traffic stream and access to business and shopping areas in one-way traffic system [2].

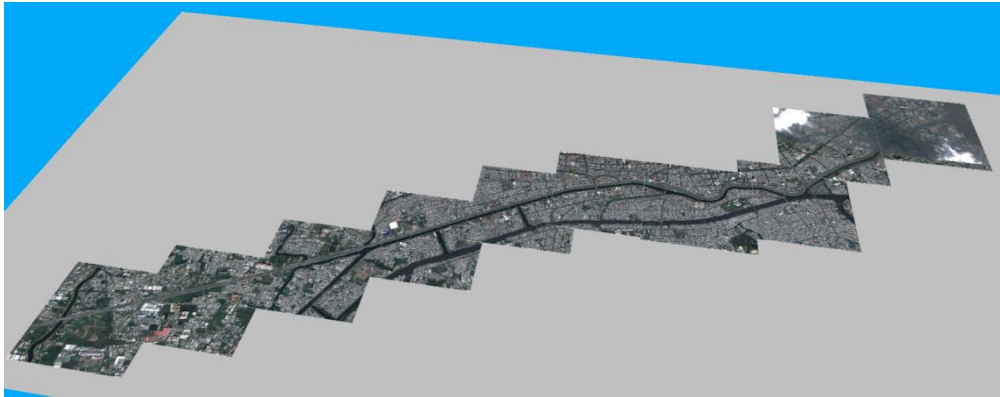
At the intersection, it is more complex because the bus priority is reflected by priority signal measures and physical measures. Nowadays, there are various prioritized signal control strategy in different cities such as fixed time control and vehicle actuated control. Vehicle actuated (VA) system is the most common strategy for signal control. Moreover, from VA system, there are several kind of signal control. MOVA (microprocessor optimized vehicle actuation) system [3] analyses lane by lane detector data and controls the signal timing to optimized delay and stops or capacity. Furthermore, coordinated system is also applied when there are interactions among intersection due to close space, all coordinated intersection will use an Urban Traffic Control (UTC system), including fixed time UTC and traffic responsive UTC. The improved traffic performance that has been demonstrated with traffic responsive control had led to the development of a number of systems such as SCOOT, SCATS, UTOPIA, PROLYN and BALANCE... [4].

Operation of bus priority aforementioned have just adopted in developed countries where car is dominant, and the vehicle runs in platoon to make following streams, this eases for using detection technology and vehicle actuated system. However, use of such bus priority under mixed traffic condition with a high share of motorcycle will lead to some problems that need to be solved. In such case, motorcycle occupies more than 80% in traffic composition, and its traffic behavior represents to the mixed traffic flow. The high maneuverability and non-lane based behavior of motorcycle will affect to the movement of other vehicles including bus, this reduces the speed of

bus, increases the travel time and decreases the bus service quality. Thus, to improve the bus service quality, the only way is that dedicated lane has to be installed to separate the bus flow to the mixed traffic flow combine with prioritized signal control strategies at intersections completely. Nevertheless, installing one dedicated lane for Bus will reduce the capacity of other vehicles because the number of lane for other vehicles will decrease one lane, this may reduce the traffic performance in general. So, the question is whether the scenario with the operation of priority for bus will lead to enhance the traffic performance or the scenario without the operation of bus's priority will lead to a better performance due to not setting up an exclusive lane for bus is still a controversial one. Moreover, such bus prioritized traffic signal program in developed countries could not be applied to developing countries where the traffic stream is heterogeneous and this lead to a difficulty of detection technology application.

The objective of the paper is to propose a suitable design and analysis the traffic impact of BRT system in mixed traffic flow. For those purposes, Vo Van Kiet Corridor in Ho Chi Minh City, where the first-BRT line will operate in 2020 has been considered. The analysis shown in the paper can help to answer the question how effective it will be to run the BRT line in the study area. It is also necessary to build up a simulation model for analyzing the BRT operation. Different scenarios were modelled and simulated by using VISSIM software in order to conclude about the effectiveness of BRT application in the future.

The case study area (Vo Van Kiet corridor) include 13 main intersections in which 4-grade intersections, 2 four-leg intersections, and 7 three-leg intersections in Ho Chi Minh City, Viet Nam. All of them now are operated as fixed time signal program. And from 2020, one BRT line will operate along this corridor. The map of BRT line is shown in Figure 10



**Figure 10:** Study area

## 2. Designing BRT priority under mixed traffic condition.

Recently, worldwide, the priority for BRT system could be divided into three levels based on the priority levels for buses by following components: running way, design and arrangement of BRT stations, vehicles, service, route structure, fare collection and ITS system. In this study, the designed priority focuses on the running ways and the ITS system at intersection.

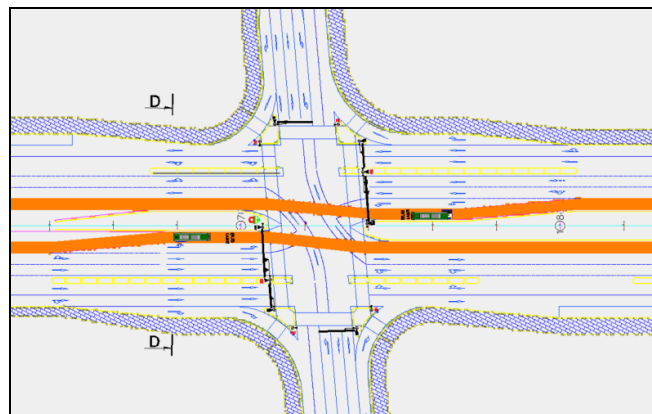
### 2.1 Priority Method

In the study, the bus priority methods could be classified into two sections: Priority on the link and priority at the intersections.

On the link, a dedicated lane for BRT only is established by utilizing the existing outer lane of 4-wheel vehicle. A polymer curb is installed to separate the BRT flow and general traffic flow. With this kind of design, the bus flow completely segregates from other traffic, and this increases the

bus performance. For example, the BRT can run with the desired speed and it could be protected from congestion. Moreover, the dedicated lane ensures the traffic safety for BRT as well as the ability to rescue BRT vehicles in the case that accident occurs or vehicles are broken down.

At intersection, a dedicated lane only for BRT by also utilizing the existing outer lane of 4-wheel vehicle at each direction combine with bus prioritized traffic signal system is implemented (Figure 11). It becomes apparent that when busses are placed in their own lane, they do not impede the flow of the other vehicles. With their own lanes, buses are able to stop and unload passengers at the stop station near the intersection without holding up vehicles that may be behind them. In addition, dedicated bus lanes also allow the buses to across the intersection safer and minimize the delay of bus. In fact, this physical design was put into practice widely, and this is especially effective in mixed traffic condition.



**Figure 11:** Layout design template at intersection

The first requirement for bus priority application is a technology of bus detection that identifies the bus on the approach to the intersection. Inductive loop is proposed in this case due to its efficiency, low cost, and applicability. On the dedicated lane, the inductive loop is placed in front of the station in order to recognize the appearance of bus and measure the time when the bus goes to the stop line. Then the priority command could be activated to the signal system. Another inductive loop is placed in front of the stop line to recognize when the bus crossed the stop line and then transmits the command for ending the bus priority signal on this direction.

## 2.2 Designing prioritized signal control strategy for BRT at intersection.

A vehicle actuated program (VAP) apply in this case. However, a new prioritized signal control strategy is designed in order to adopt the specific mixed traffic condition in the study area. The priority signal control strategy at intersection is identified based on following principles:

- **Capacity:** The signal system has to contribute to increasing or remaining the high capacity of the intersection. This principle is very significant because, in such motorcycle dependent city, the capacity of homogenous motorcycle stream can reach 11000 vehicles per hour [5] while this figure of car stream is 2000 vehicles per hour. Moreover, in such mixed traffic condition, motorcycle rate is more than 80%. In means that in the current situation, much more vehicles than the situation in developed country operate at intersection. So, giving the priority of the bus which carries less passenger than motorcycle will reduce the intersection performance if the signal system is not suitable.
- **Traffic behaviour:** The new signal system should not change the traffic behavior in the study area thoroughly. Currently, all the traffic signal system operate in fixed time control mode, all the signal components such as cycle time, phase, green time... are fixed. Furthermore, all the current traffic signal are equipped with the countdown system, this system help the road user better understand the traffic flow and

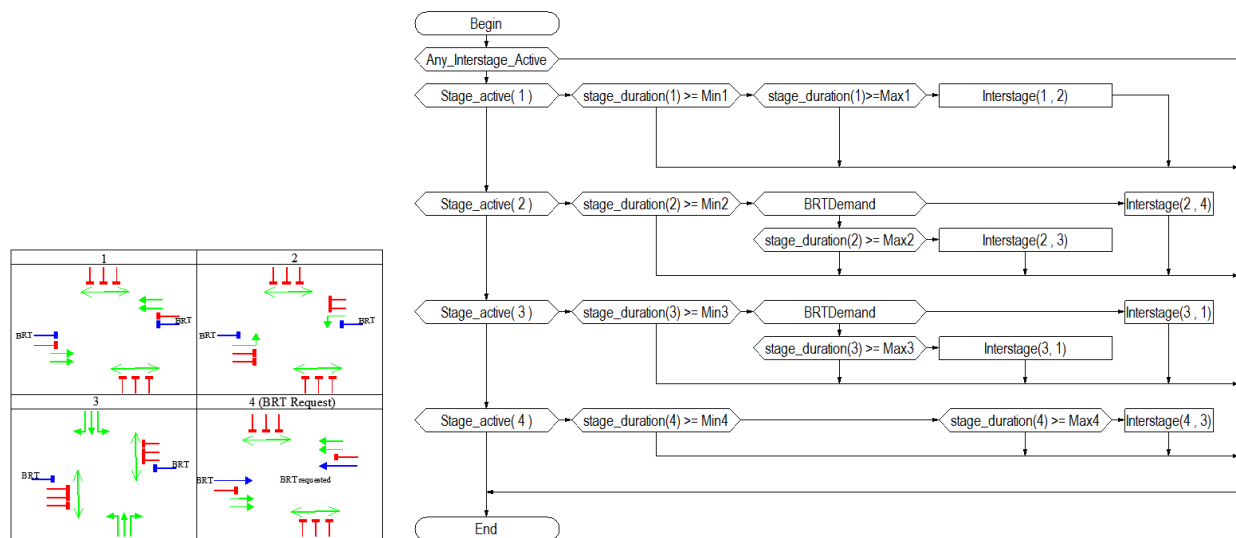
enable driver to make decision proactively. Thus, the new vehicle actuated signal system may affect negatively to the traffic behavior of the driver if the majority of signal characteristics change.

In order to meet those requirements, the signal control strategy is divided into 2 signal states. The first state is a case of no BRT appears at the intersection, the signal program runs under the fixed- time control, means that the cycle time, green time, yellow and red time are fixed at the certain time period. The second state is when BRT occurs at the intersection, the signal control program is adjusted by adding a special phase (BRT phase). This phase comprises of the BRT flow and other vehicle flow which does not conflict with the BRT flow. In the other hand, the first phase of the phase sequence should be designed as the same of BRT phase. The purpose is to distribute evenly the appearance of phase in the phase groups even in the case BRT occur at the intersection when a certain phase is running.

A logical control algorithm is designed to describe the traffic actuated operation. The logical algorithm depends on the number of phases, designed phase transition process... at each intersection. In this study, there are two traffic signal programs which are applied for all intersection along the BRT corridor. The detail of designed traffic signal programs are as followed:

**Program 1:** Include three phases at normal condition (without BRT) and one BRT phase (

Figure 12). Phase 1 includes go-through traffic streams on the main road (BRT go along the main corridor). Phase 2 includes the left-turn streams on the main road. Phase 3 includes the movement streams on the minor road, and BRT phase have the same flow of phase 1 but have shorter green time.



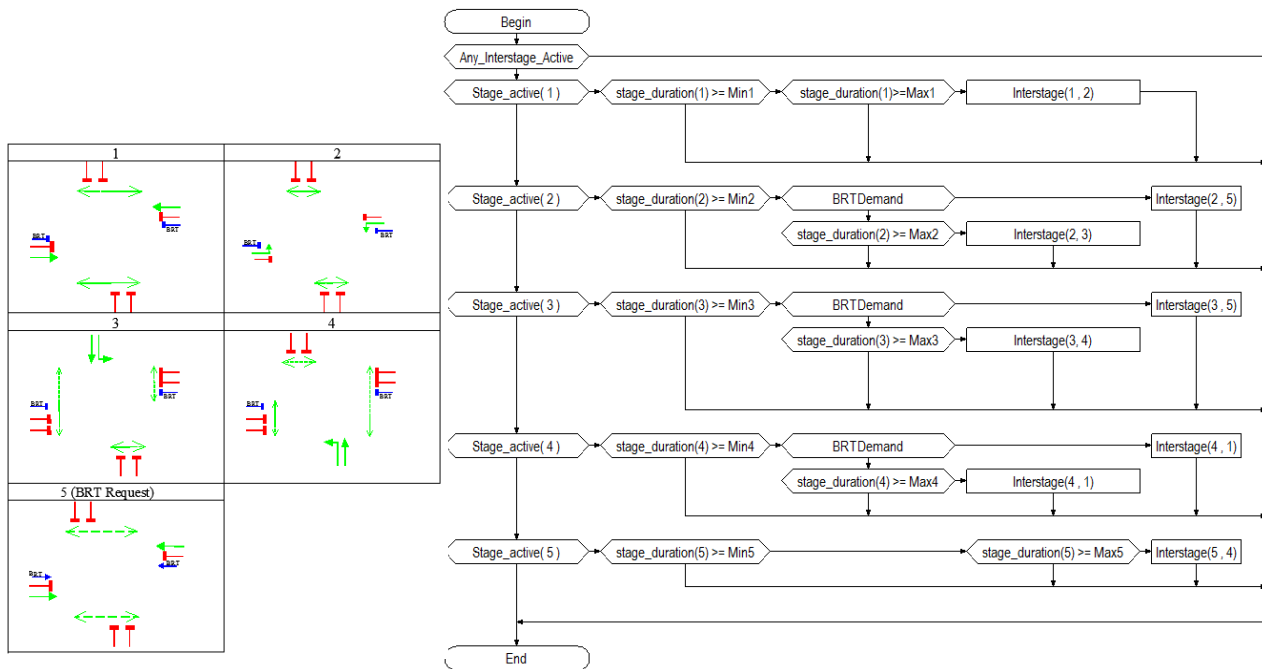
**Figure 12:** Signal Phases and Logical Condition Algorithm of Program 1

In

Figure 12, the phase sequence in normal condition (without BRT) is 1-2-3-1... If the BRT occur when phase 1 is running, there is no phase transition because, in phase 1, traffic streams have no conflict with BRT flow, so BRT can run in this phase. If BRT occur when phase 2 is running, phase transition is conducted from phase 2 to phase 4 (BRT phase) then transit to phase 3 before turn back to phase 1. If BRT occurs in phase 3, then transit to phase 1.

**Program 2:** Include 4 phases at normal condition (without BRT) and 1 BRT phase (

Figure 13). Phase 1 includes go-through traffic streams on the main road (BRT go along the main corridor). Phase 2 includes the left-turn streams on the main road. Phase 3 and phase 4 includes the movement streams on the minor road, and BRT phase have the same flow of phase 1 but have shorter green time.



**Figure 13:** Signal Phases and Logical Condition Algorithm of Program 2

In Figure 14, the phase sequence in normal condition (without BRT) is 1-2-3-4-1... If the BRT occur when phase 1 is running, there is no phase transition because, in phase 1, traffic streams have no conflict with BRT flow, so BRT can run in this phase. If BRT occur when phase 2 is running, phase transition is conducted from phase 2 to phase 4 (BRT phase) then transit to phase 3 before the turn back to phase 1. If BRT occurs in phase 3, then transit to phase 1. From Figure 152 and Figure 163

Figure 13, the designed phase organization have some advantages. Firstly, it is not affected to the normal phase structure, green time of each phase is remained even BRT come to the intersection. So, drivers easier to get familiar with the traffic situation. Secondly, this avoids the case that when BRT appears in any moment, phase 1 is always called and this leads to the fact that phase 3 and phase 4 is the less appearance than phase 2.

In general, the designed bus priority strategies described above are applied without affecting the normal structure. The solution is to allocate a specific stage to the bus when it is detected. This phase is then added to the phase sequence depends on the logical condition

algorithm. This method is theoretically proper in such mixed traffic situation because it enhance the capacity of the intersection and also keeps unchanged the traffic behavior of drivers in the study area. However, this method need to be checked about the traffic performance effectiveness, the next chapter will present a traffic model in which BRT operation is simulated based on the proposed priority control strategy.

### 3 Modeling BRT performance at along Vo Van Kiet corridor.

#### 3.1 Introduction

The selected network is coded in visual simulation (VISSIM 5.4) to perform the traffic activities and analyses the detailed assessment. Four types of transport mode are considered in the traffic composition in this area including 1.Motorcycle; 2. Car; 3.Bus; 4.Truck; and 5.Coach. Furthermore, the simulation is conducted in two scenarios, current situation and the recommended situations respectively, and the comparison between scenarios will be implemented to find out the best scenario.

At first, the current traffic situation was built up to analysis and calibrates the simulation model, and then future scenarios in 2020 will be

proposed with or without the operation of BRT line. In the scenario without BRT operation, fixed-time signal programs are applied at intersections. In the scenario with BRT operation, exclusive lane is constructed, and traffic-actuated signal programs are applied to get the priority for BRT at intersections according to the designed method in chapter 2. The comparison among scenarios is conducted based on the results of network performance via several evaluation parameters. Finally, conclusions are drawn on the effectiveness of BRT corridors.

The validated base model constructed for the AM peak period (7:00-8:00). Approximately 12.5 kilometers of the BRT corridor along Vo Van Kiet also included in the model.

### 3.2 VISSIM model construction

Three evaluated models were built up for different analysis, comparison, as followed:

- **2013 No Build Model:** Includes existing road configuration with no improvement. Traffic volume in the model was obtained from field survey. The *2013 No Build Model* was used as the base model for current analysis and model calibration.
- **2020 No Build Model:** Includes existing road configuration with a small improvement at some severed intersections. Traffic volumes will increase 15% in the area based on the demand forecast report of related area. *2020 No Build model* was built up as the basis (zero-case model) for comparison of major improvements that may be implemented in the future.
- **2020 BRT Model:** Includes road configuration of *2020 No Build Model* except using a dedicated lane of the outer lane of 4-wheel lanes for BRT. Traffic volume will reduce 10% compare with the one in *2020 No Build Model*. *2020 BRT Model* was created to evaluate the effectiveness of BRT application to the traffic network via comparison with the *No Build Model* at the same time.

Traffic data has been used as the input of the VISSIM models. The data were obtained from field survey and also from the output of a macroscopic model (VISUM model) that did from other studies. The data include Background; road

network characteristic such as lane width, lane allocation, lane closure, intersection geometry, and road facilities (bus stop station, BRT stop station); vehicle's types and vehicle's dimension, traffic behavior model, speed distribution of each vehicle type, traffic volume, routing decision at intersections; traffic signal programs at signalized intersection.

### 3.3 Traffic Signal Control Strategy

The proposed traffic signal programs were different among scenarios and they were recommended suitably according to the traffic situation at each scenario.

- **2013 No Build Model:** Traffic signal programs were set by using the current signal programs at existing signalized intersection. All the programs were the fixed signal program.
- **2020 No Build Model:** Traffic signal programs were redesigned to deal with the increasing volume at all approaches. All the programs were the fixed signal program and the phase organization was the same with the current state.
- **2020 BRT Model:** In this model, the priority for BRT was set up especially at intersections by using traffic-actuated signal program as mentioned in chapter 2. More specifically, the traffic signal program included a fixed time program for all the traffic stream inner intersections in case of no BRT's presence combine with a separated phase for BRT. This phase will be turned on when the BRT occur at detector loops and then the request of the BRT phase is called.

Application of Vehicle Actuated Program in VISSIM via VisVAP add-on, logical condition program (Figure 172 and Figure 183 ) was written in VisVAP and connected with the bus priority signal program in *2020 BRT Model*

### 3.4 Model Calibration

*2013 No Build Model* was used to calibrate in accordance with current traffic situation (year 2013). The calibration approach involved two phases. In Phase 1, the primary objective was to calibrate the model so that it would match the observed traffic volumes and traffic conditions as closely as possible. However, due to some

questionable data, the model could not replicate the observed traffic conditions on the surveyed corridor. Overall, estimated travel time was confirmed by the observed data for AM peak hour. The estimated travel time on Vo van Kiet corridor was compared with the observed travel times

during the AM peak hour in the same check points. Overall, the AM peak hour VISSIM model was able to replicate the travel time when traffic was operating at or close to free-flow conditions. The simulation results were consistent with the observed traffic conditions.

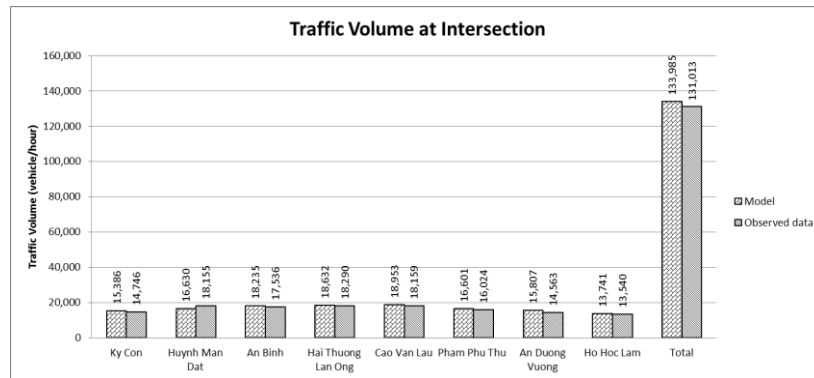


Figure 19: Traffic Volume Calibration Result

In Figure 204, the different about traffic volume between the model and the observed data is lower than 10% at all surveyed intersection and the different of total traffic volume even lower than 1%. So the traffic volume calibration matches the observed traffic volumes in phase 1.

In phase 2, the travel time of Car and Motorcycle was chosen for calibrating. The section is from Vo Van Kiet-Ho Hoc Lam (Point 1) intersection to Thu Thiem Tunnel (point 2).

Figure 2115 showed the position of two data checkpoints.

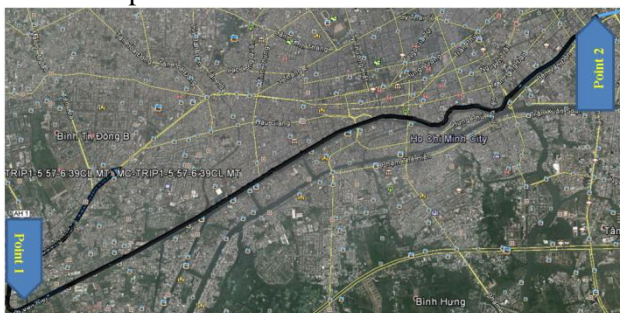


Figure 21: Observed Travel Time

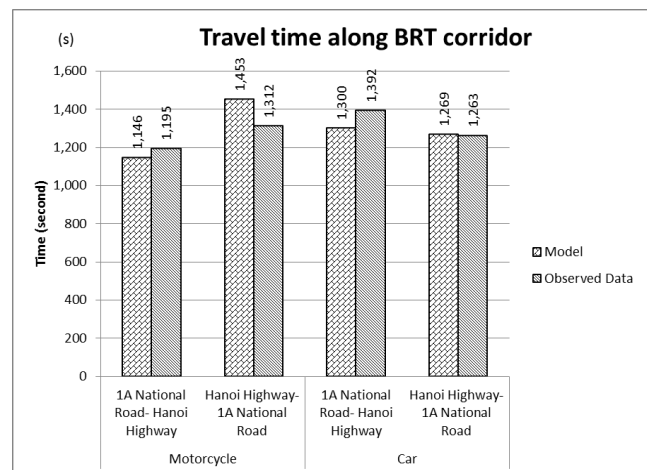


Figure 22: Travel time calibration result

From Figure 236,, the tolerance about the travel time of motorcycle and car in two sections is lower than 10%. So the travel time calibration matches the observed travel time in phase 2. The model reached an acceptable level of validation. It is possible to build up other model such as 2020 No Build Model and 2020 BRT Model by changing the traffic volume respectively.

#### 4. Model Results

The study area includes links and 13 intersections, so the results do not focus on analysis at each intersection. Instead of this, the whole network performance is analyzed and compared between two scenarios: *2020 No Build Model* and *2020 BRT Model*. In order to evaluate comprehensively the traffic performance of each scenarios, following parameters were selected: Travel Time[h]; Average Speed [km/h]; Total Delay Time[h]; Average Delay Time [s].

The delay time of a vehicle in one time step is the part of the time step which is spent because the actual speed is lower than the desired speed. It is calculated by subtracting the quotient of the actual distance traveled in this time step and the desired speed from the length of the time step. Then the total delay time is the sum of delay time of all active and arrived vehicles. The average delay time per vehicle is extract by the total delay time divide to the active and arrived vehicles. From

Table 2 and Table 1, the delays of *2020 BRT Model* is lower than those in *2020 No Build Model*. Especially motorcycle in case of BRT has less 25% about total delay time and 26% about average delay time than those in case of without BRT. Because, there were 10% of motorcycle will shift to BRT mode, so the volume of motorcycle in *2020 BRT Model* was fewer than the volume of motorcycle in *2020 No Build Model* and this made the traffic flow run smoother

**Table 1:** Total delay time of the whole network in two scenarios

Vehicle Class	Total delay time [h]		
	2020 No Build Model	2020 BRT Model	Tolerance
All Class	2,327.59	1,744.74	-25.04%
Motorcycle	2,157.53	1,599.53	-25.86%
Car	131.34	107.56	-18.10%
HGV	16.43	16.76	2.01%
Bus	2.26	3.84	70.26%
Coach	16.77	15.54	-7.32%
BRT	0.00	1.30	

**Table 2:** Average Delays of the whole network in two scenarios

Vehicle Class	Average delay time per vehicle [s]		
	2020 No Build Model	2020 BRT Model	Tolerance
All Class	105.77	77.92	-26.33%
Motorcycle	104.45	76.86	-26.41%
Car	119.52	80.42	-32.71%
HGV	179.22	208.06	16.09%
Bus	133.16	251.44	88.83%
Coach	156.36	153.68	-1.72%
BRT	0.00	99.86	

Another considered parameter was the travel time crossing two check points. Table 3 showed the comparison results between two scenarios. The total travel time in of most vehicle type in *2020 BRT Model* was lower than total travel time in *2020 No Build Model*.

**Table 3:** Total travel time of the whole network in two scenarios

Vehicle Class	Total travel time [h]		
	2020 No Build Model	2020 BRT Model	Tolerance
All Class	7,599	6,103	-19.69%
Motorcycle	7,094	5,636	-20.55%
Car	396	353	-10.89%
HGV	47	48	0.43%
Bus	7	8	10.97%
Coach	50	45	-9.02%
BRT	0	11	

Finally, the average speed was also analyzed and compared in Table 4. The result shows that the average speed of motorcycle in *2020 BRT Model* is slightly smaller than the one in *2020 No Build Model*. On the contrary, the average speed of Car, Bus, Coach in *2020 BRT Model* is little higher than the *2020 No Build Model*. The explanation from this result is that even though in *2020 BRT Model*, 4-wheel flows were allocated at least 2 lane along the main corridor, and the volume of 4-wheel flow was not so high, thus with 2-lane allocation, 4-wheel flow was much affected by decreasing one lane for BRT compared with *2020 No Build Model*. The higher value of average speed in *2020 BRT Model* come from the higher priority which was set for the go-through stream on the main corridor. In the other hand, there were some sections that the lane width of motorcycle was reduce to set space for remaining 2-lane for 4-wheel vehicle and it contributed to reducing the speed of motorcycle.

**Table 4:** Average Speed of the whole network in two scenarios

Vehicle Class	Average speed [km/h]		
	2020 No Build Model	2020 BRT Model	Tolerance
All Class	34.95	33.41	-4.42%
Motorcycle	34.93	33.08	-5.31%
Car	35.05	37.54	7.10%
HGV	37.91	38.43	1.37%
Bus	30.67	30.86	0.64%
Coach	36.18	37.23	2.90%
BRT	0.00	32.69	

Apparently in general, the traffic performance of *2020 BRT Model* showed the better result than the traffic performance of *2020 No Build Model*. It would have been logical because the higher traffic flow in the main road was getting more green time than other streams due to designing two phases for go-through vehicle (phase 1 and BRT phase). Moreover, another reason is that the traffic volume in *2020 BRT Model* was lower than in that in *2020 No Build Model* due to the output of mode choice model (10% private vehicle will shift to BRT in 2020).

## 5. Conclusion

The proposed designed method for bus priority depicted its effectiveness in mixed traffic condition in motorcycle dependent city. The combination between physical measures and prioritized signal measures could be considered as integrated measures to enhance the bus service quality. In the physical measures, constructing full separated lane for BRT is necessary, especially at intersection. This space not only help the bus flow run smoothly and avoid the impedance from other vehicle streams but also a place that detector system is installed to identify the bus for activating the prioritized signal system. In the prioritized signal measures, creating a new the signal structure include fixed time program running in normal state (without BRT) plus with a BRT phase when the bus enter the intersection is a suitable method. This method contributes to keeping the high capacity of the intersection and also keep the traffic behavior of the drivers in case BRT line put into operation.

In 2020 based on the simulated model, the traffic scenario with BRT operation proved the feasibility and the effectiveness. The comparison between two models showed that the traffic performance in *2020 BRT Model* was better than the traffic performance in *2020 No Build Model*

even though designing a dedicated BRT lane by using one lane of existing 4-wheel vehicle was led to the reduction of capacity of 4-wheel vehicle by 1/3.

## References

- [1] Department of the Environment, Transport and the Regions (1997) Keeping Buses Moving, *Local Transport Note 1/97, DETR, London, UK*
- [2] Jingyi, H., Gang, R., Yang, C., Zhengfeng, H., Bin, R. (2013) Corridor Management of Large Planned Special Events: Integrated Optimization of Park-and-Ride and Bus Contraflow Measures, *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*.
- [3] Crabtree, M.R., and Vincent, R.A., (1998) Review of Bus Priority in MOVA, *IEE RTIC Conference*.
- [4] Hounsell, N.B., Farges, J.L., Fox, K., Friedrich, B. and Di-Taranto, C. (1996) Public transport priority at traffic signals: Results of a European collaborative Study, *3rd World Congress on Intelligent Transport Systems*, Orlando Florida, USA.
- [5] Nguyen, H., Montgomery, F., Timms, P., (2008). Saturation Flow and Vehicle Equivalence Factors in Traffic Dominated by Motorcycles, *Proceeding of 85th Annual TRB Meeting, Washington DC*.
- [6] KIM, S., PARK, M., CHON, K., (2005) A Bus Priority Signal Strategy for Regulating Headways of Buses, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.6, pp. 435-448.
- [7] Rahmat, R.A.O.K, Darvishpour, A., Ganji, M., Shokri, F., Ismail, A., (2005) Evaluation of Bus Signal Priority in Signalized Intersections with Using Vissim , *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.6, pp. 435-448.
- [8] Toma, S, Fukuda, A., Hashino, Y., Satiennam, T., (2012) Analysis of BRT Priority Signal Control System Implementation in Major Intersections of Khon Kaen City , *5<sup>st</sup> Atrans Symposium*, pp. 102-107.

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาและพฤติกรรมการจอดรถภายในห้างสรรพสินค้า  
กรณีศึกษาห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ จังหวัดนครราชสีมา

Factor affecting parking behavior in the parking: A case study of The Mall, Nakhon Ratchasima

หมายเลขบทความ : AYRF14-031

วรุฒ สัมมา<sup>1</sup>, ภัทธสุดา วิชยพงษ์<sup>2</sup>, ศิรดล ศิริธร<sup>3</sup>

Warut Summar, Phattarasuda Wichayaphong, Siradol Siridhara

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทรศัพท์: 0-4422-4238 โทรสาร: 0-4422-4239

E-mail: W\_summar@hotmail.com

<sup>2</sup> โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์

โทรศัพท์: 0-4381-1128 ext.3260

E-mail: p.wichayaphong@gmail.com

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทรศัพท์: 0-4422-4238 โทรสาร: 0-4422-4239

E-mail: siradol74@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาพฤติกรรมและดัชนีชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับการเข้าจอดที่จอดรถ กรณีศึกษาห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ จังหวัดนครราชสีมา รวมถึงสร้างแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ทางด้านกายภาพที่มีผลต่อพฤติกรรมการเข้าจอดที่จอดรถ โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยสมการเชิงเส้นแบบพหุ วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านกายภาพกับความแตกต่างของระยะเวลาการเข้าจอดที่จอดรถช่วงชั่วโมงเร่งด่วนและช่วงปกติ จากผลการวิเคราะห์ส่วนแรกพบว่าปัจจัยทางด้านกายภาพกับความแตกต่างของระยะเวลาการเข้าจอดที่จอดรถช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ได้แก่ ระยะการกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 1 ระยะการกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 และระยะทางจากจุดรับบัตรจอดรถถึงสถานที่จอดรถ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้เท่ากับ 0.692 ผลในส่วนที่สองพบว่าปัจจัยทางด้านกายภาพกับความแตกต่างของระยะเวลาการเข้าจอดที่จอดรถช่วงชั่วโมงปกติ ได้แก่ ระยะการกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 ระยะการกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 7 และระยะทางจากจุดรับบัตรจอดรถถึงสถานที่จอดรถ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้เท่ากับ 0.795 ซึ่งจากผลการวิจัยทำให้ทราบพฤติกรรมของการเข้าจอดที่จอดรถและสามารถทำนายเวลาการเข้าจอดในแต่ละจุดจอดได้ อันจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการแก้ไขปัญหาจราจรเพื่อลดการติดขัดของยานยนต์และทำให้อาคารจอดรถสามารถให้บริการผู้เดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: พฤติกรรมจอดรถ, การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ

Abstract

This research aims to study behaviors and indicators related to the department store parking, a case studies The Mall department store Nakhon Ratchasima. Including to created model, has shown the relationship between the physical behaviors of a parked car with the statistical

analysis by multiple linear Regression. The association between physical factors and time differential while parking car during peak time and regular intervals. The analysis for the first part of result showed that physical factors with time period differentiation for parking car during peak hour which was including of displacement from the park to the first entrance, displacement from the park to the sixth entrance and the distance between ticket parking point to car park by 0.835 adjusted coefficient of determination. The second part of result showed that physical factors with time period differentiation for parking car during regular interval which was including of displacement from the park to the sixth entrance, displacement from the park to the seventh entrance and the distance between ticket parking point to car park by 0.795 adjusted coefficient of determination. From these results showed that the behavior of a parked car and can predict the time to enter the park at each point. This will be useful in putting solutions to reduce traffic jams, and make vehicles out of the parking building can serve effectively.

**Keywords:** Parking behavior, Multiple Regressions

## 1. ที่มาของโครงการ

การขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่มีอัตราสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการขยายตัวพื้นที่ในเขตตัวเมืองอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ใหญ่เป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย และมีจำนวนประชากรสูงเป็นอันดับสองของประเทศ การกระจายตัวของประชาชนและที่อยู่อาศัยจะมีการขยายตัวมากขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัวของห้างค้าปลีกอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับความต้องการของผู้บริโภคที่มากขึ้นตามไปด้วย ลักษณะการมาใช้บริการของประชาชนส่วนใหญ่จะใช้ยานพาหนะส่วนตัวในการเดินทาง ปัญหาที่ตามมาคือพื้นที่จอดรถไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจร อันเป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อความเจริญของประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม กล่าวคือในด้านเศรษฐกิจปัญหาการจราจรติดขัดก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลืองในการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิงไปอย่างไร้ประโยชน์ ทำให้เสียเวลาในการเดินทาง และการประกอบการธุรกิจ หากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกวิธีจะก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจนั้นนับเป็นจำนวนเงินสูงถึงแสนล้านบาทต่อปี ในด้านสังคมปัญหาการจราจรติดขัดส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของประชาชนในสังคมทำให้เกิดความเครียด ปัญหาด้านสุขภาพจิต อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ฝุ่นละออง และควันทัน ซึ่งอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในสังคมอีกด้วย [1] พื้นที่จอดรถเป็นส่วนหนึ่งของระบบขนส่งที่มีอิทธิพลต่อการเดินทางของผู้คน ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการเลือกรูปแบบการเดินทาง ความหนาแน่นของปริมาณจราจรในเขตเมือง หรือค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ การจัดพื้นที่จอดรถที่มีรูปแบบที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ จึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นและความต้องการใช้ที่จอดรถสูง [2] การศึกษาถึงข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและประเมินผลการออกแบบการจัดการจราจรภายในที่จอดรถ คือ เวลาการจอดรถ และการหมุนเวียนช่องจอด ซึ่งหาได้จากการสัมภาษณ์หรือจากการสำรวจหมายเลขทะเบียนรถ โดยเวลาการ

จอดนานเป็นการบ่งบอกถึงประเภทของที่จอดรถภายใต้เงื่อนไขของการให้บริการที่จำเป็นสำหรับผู้ใช้บริการ [3] การศึกษาพื้นที่จอดรถของห้างซูเปอร์เซ็นเตอร์ในเขตพื้นที่ต่างจังหวัดพบว่า ในวันทำงานปกติ ช่วงเวลาที่ช่องจอดมีการใช้งานมากที่สุดจะเป็นช่วงเย็นหลังเลิกงาน คือ เวลา 18.00 น. ถึง 19.00 น. ในวันหยุดงานช่วงเวลาที่ช่องจอดมีการใช้งานมากที่สุดจะเป็นช่วงบ่าย คือเวลา 13.00 น. ถึง 17.00 น. [4] การศึกษาถึงปัญหาของการออกแบบการจัดการจราจรภายในที่จอดรถจากส่วนประกอบต่างๆ ในการออกแบบส่วนประกอบต่างๆของที่จอดรถให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยจะต้องรู้ถึงประเภทการใช้งาน ซึ่งแต่ละลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้พฤติกรรมของผู้ที่มาใช้ที่จอดรถแตกต่างกัน

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาและพฤติกรรมจอดรถภายในห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษาเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาและพฤติกรรมจอดรถภายในห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ จังหวัดนครราชสีมา โดยพิจารณาพฤติกรรมจอดรถของประชาชนผู้ใช้บริการ ซึ่งผลจากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบนพื้นที่ดังกล่าว รวมถึงเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนด้านการจราจรและขนส่งต่อไปในอนาคตได้

## 2. ขอบเขตการศึกษา

1) ขอบเขตด้านพื้นที่ ขอบเขตพื้นที่ทำการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งห้างสรรพสินค้านี้ตั้งอยู่บนถนนมิตรภาพอันเป็นถนนสายหลักของเมือง ซึ่งพื้นที่นี้พบว่ามีปัญหาด้านการจราจรติดขัดมากในช่วงเวลาเร่งด่วนเนื่องจากพื้นที่จอดรถมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้มาใช้บริการ ดังนั้นผู้วิจัยเห็นควรอย่างยิ่งว่า พื้นที่ดังกล่าวควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขสภาพการจราจรให้ดีขึ้น

2) กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองระยะเวลาในการครอบครองพื้นที่จอดรถที่สามารถอธิบายถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระยะเวลาการเข้าจอดที่จอดรถ ดังนั้นผู้วิจัยจึงพิจารณาเฉพาะประชาชนผู้ใช้บริการห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ จังหวัดนครราชสีมา เพื่อจะสามารถอธิบายพฤติกรรมและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเข้าจอดที่จอดรถได้

3) การสร้างแบบจำลองระยะเวลาในการเข้าจอดที่จอดรถที่สามารถอธิบายถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเข้าจอดที่จอดรถ โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาในการครอบครองพื้นที่จอดรถ ดังนั้นจึงสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขการจราจรติดขัดได้

### 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 3.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์การจอดรถ

พื้นที่จอดรถเป็นส่วนหนึ่งของระบบขนส่งที่มีอิทธิพลต่อการเดินทางของผู้คน ไม่ว่าจะเป็นการเลือกรูปแบบการเดินทาง ความหนาแน่นของปริมาณจราจรในเขตเมือง หรือค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นต้น ที่จอดรถถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของระบบการขนส่ง ทั้งนี้เพราะการเดินทางใดๆ ต่างก็เริ่มและสิ้นสุดที่พื้นที่จอดรถ ด้วยเหตุนี้การจัดพื้นที่จอดรถที่มีรูปแบบเหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการ จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นและมีความต้องการใช้ที่จอดรถสูง

การศึกษาการจอดรถ (Parking Study) โดยทั่วไปการศึกษาการจอดรถประกอบด้วย การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน การออกแบบประโยชน์การใช้งาน การออกแบบโครงสร้าง และการศึกษาความต้องการในการใช้งานที่จอดรถ โดยการศึกษาวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาความต้องการใช้งานที่จอดรถและประโยชน์การใช้งานเป็นสำคัญ สามารถแบ่งวิธีการศึกษาได้ 3 วิธี 1) คือการศึกษาแผนหลัก (Comprehensive studies) คือ การศึกษาการจอดแบบครอบคลุมทั้งพื้นที่ เช่น การศึกษาการจอดรถของพื้นที่ศูนย์กลางเศรษฐกิจ (Central Business District, CBD) เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาความต้องการใช้พื้นที่จอดรถเป็นสำคัญ ทั้งนี้ความต้องการใช้พื้นที่จอดรถอาจถูกควบคุมโดยเงื่อนไขและสภาพของชุมชน ทำให้ไม่สามารถแบ่งความต้องการการใช้พื้นที่ที่แท้จริงได้ การสำรวจข้อมูลภาคสนามจะทำให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ เช่น ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทาง ความต้องการใช้พื้นที่จอดรถ และพฤติกรรมการใช้พื้นที่จอดรถ เป็นต้น 2) การศึกษาเฉพาะที่ (Limited Studies) จะมีความคล้ายคลึงกับการศึกษาแผนหลักแต่จะลดขนาดขอบเขตการศึกษาในบางเรื่อง โดยทั่วไปจะเป็นการศึกษาที่จะจะไปพื้นที่จอดรถประเภทใดประเภทหนึ่ง

เท่านั้น และเป็นการศึกษาเฉพาะสภาพการณ์ปัจจุบันโดยไม่มีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการทำนายความต้องการใช้พื้นที่จอดรถในอนาคต

3) การศึกษาเฉพาะพื้นที่ (Site-specific Studies) เป็นการศึกษาเฉพาะเจาะจงในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเท่านั้น เป็นการศึกษาที่เน้นในการวิเคราะห์ในรายละเอียดมากขึ้น พื้นที่เฉพาะสำหรับการศึกษาประเภทนี้ ได้แก่ โรงพยาบาล มหาวิทยาลัย ห้างสรรพสินค้า แหล่งที่พักอาศัย สำนักงานและแหล่งอุตสาหกรรม เป็นต้น

การวิเคราะห์การจอดรถ ในการศึกษาพื้นที่จอดรถนั้น จะมีตัวชี้วัดสำคัญ ได้แก่ การสะสมของขบวน (Accumulation) การครอบครองช่องจอดรถ (Turnover) และเวลาเฉลี่ยในการครอบครองพื้นที่จอดรถ (Average Duration of Occupancy)

1) การสะสมของขบวน หมายถึง จำนวนขบวนทั้งหมดที่จอดอยู่ เวลาทำการศึกษา

2) ระยะเวลาเฉลี่ยในการครอบครองพื้นที่จอดรถ หมายถึง ช่วงเวลาที่รถยนต์คันใดๆ ใช้ในการจอดในพื้นที่จอดรถ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการจอดรถ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$D = \frac{\sum x(N_x \times X \times I)}{N_T} \quad (1)$$

โดย D คือ ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการจอดรถ (ชั่วโมง/คัน)  
 $N_x$  คือ จำนวนขบวนที่จอดในช่วงเวลา X  
X คือ จำนวนช่วงเวลาที่ทำการจอดรถ  
I คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการสังเกตช่วงเวลาจอดรถ (ชั่วโมง)  
 $N_T$  คือ จำนวนขบวนรวมที่ได้จากการสังเกตการจอดรถในช่วงเวลาศึกษา T

3) อัตราการหมุนเวียนการจอด เป็นอัตราของการใช้ช่องจอดนั้นๆ หาได้จากการหารปริมาณของรถทั้งหมดที่เข้ามาจอดในช่วงเวลาที่กำหนด ด้วยจำนวนของช่องจอดทั้งหมดที่มีอยู่ในพื้นที่จอดรถนั้นๆ

$$TR = \frac{N_T}{P_S \times T_S} \quad (2)$$

โดย TR คือ อัตราการครอบครองช่องจอด (คัน/ช่อง/ชม.)  
 $N_T$  คือ จำนวนขบวนที่ได้จากการสังเกตการจอด  
 $P_S$  คือ จำนวนช่องจอดที่มีอยู่ทั้งหมด ที่อนุญาตให้จอดได้ (ตามระเบียบ)  
 $T_S$  คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา (ชั่วโมง)

### 3.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ต่างจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย คือจะมีตัวแปรอิสระ  $x$  หลายตัวแปร หรืออาจกล่าวได้ว่ามีตัวแปรอิสระหลายตัวที่มีอิทธิพลต่อ  $y$  โดยที่สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณนั้นจะเป็นการประมาณสมการความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ รูปแบบของสมการคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (3)$$

โดยที่  $Y$  คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

$X$  คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

$\beta_0$  คือ เป็นระยะตัดแกน  $y$  หรือค่าเริ่มต้นของเส้นสมการถดถอย

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยตัวที่ 1 ถึงตัวที่  $n$

### 4. วิธีเปรียบเทียบการวิจัย

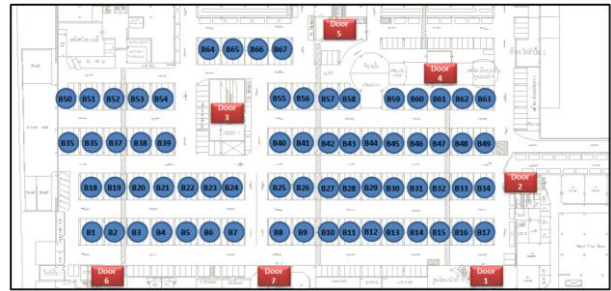
#### 4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้มีวิธีการเก็บข้อมูลจากการสำรวจโดยแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การสำรวจปริมาณจราจรและเวลา การสำรวจการจอดรถ และการสำรวจข้อมูลด้านกายภาพ

4.1.1 การสำรวจข้อมูลด้านกายภาพ ทำการสำรวจด้วยวิธีการสำรวจภาคสนาม โดยการใช้นักการสำรวจและบันทึกข้อมูลต่างๆ ทางกายภาพของสถานที่สำรวจ

4.1.2 การสำรวจปริมาณปริมาณจราจรและเวลา ทำการสำรวจด้วยวิธีการตรวจสอบป้ายทะเบียนรถยนต์ (License-plate observations) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการสำรวจเวลาในการเดินทางบนช่วงถนนที่มีความยาวพอสมควร การสำรวจทำได้โดยการจดตัวเลขทะเบียนรถและระยะเวลาของรถขณะที่รถวิ่งผ่านสถานีสำรวจข้อมูลซึ่งตั้งอยู่บนตำแหน่งคันทางของช่วงถนนที่ทำการสำรวจข้อมูลและขณะที่รถวิ่งออกจากช่วงถนนที่ทำการสำรวจข้อมูล ณ สถานีสำรวจข้อมูลซึ่งตั้งอยู่ที่ปลายทางของช่วงถนนนั้น วิธีนี้จะสามารถตรวจสอบเวลาและปริมาณจราจรที่เกิดขึ้นบนช่วงถนนที่ศึกษา

4.1.3 การสำรวจการจอดรถ ทำการสำรวจด้วยวิธีการตรวจสอบป้ายทะเบียน (License-plate observations) การสำรวจทำได้โดยการจดตัวเลขทะเบียนและระยะเวลาของรถขณะที่ทำการจอดที่ตำแหน่งจุดที่สำรวจ วิธีนี้จะสามารถตรวจสอบเวลาการใช้ที่จอดรถและปริมาณจราจรที่เกิดขึ้นบนช่วงเวลาศึกษา



รูปที่ 1 การแบ่งพื้นที่สำรวจ

### 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจซึ่งได้แก่ ข้อมูลระยะเวลาการหาช่องจอด ข้อมูลระยะเวลา และข้อมูลลักษณะกายภาพของจุดสำรวจ (ตารางที่ 1) โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของเวลาที่มีปริมาณจราจรสูงสุดเข้ากับตัวแปรอิสระที่เกี่ยวข้อง ดังสมการที่ 4

$$T_{DP} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 Dis_{DP} + \beta_9 Space + \beta_{10} N_{park} + \beta_{11} Y_{on} \quad (4)$$

ตารางที่ 1 อธิบายลักษณะตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
<b>ตัวแปรตาม</b>		
$T_{DP}$	ระยะเวลาการหาช่องจอด	นาที
<b>ตัวแปรต้น</b>		
$D_1$	ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 1	เมตร
$D_2$	ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 2	เมตร
$D_3$	ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 3	เมตร
$D_4$	ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 4	เมตร
$D_5$	ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 5	เมตร
$D_6$	ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6	เมตร
$D_7$	ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 7	เมตร
$Dis_{DP}$	ระยะทางจากจุดรับบุตรจอดรถถึงสถานที่จอด	เมตร
$Space$	ระยะความกว้างของช่องจอด	เมตร
$N_{park}$	จำนวนช่องจอด	เมตร
$Y_{on}$	ช่วงระยะห่างจากจุดจอดถึงอาคาร	เมตร

## 5. ผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการเข้าจอดที่จอดรถกับลักษณะทางกายภาพนั้น ใช้สมการถดถอยเชิงเส้นในการอธิบายความสัมพันธ์ โดยเริ่มจากกำหนดตัวแปรตาม จากนั้นทำการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ แล้วกำหนดตัวแปรอิสระที่จะวิเคราะห์ แล้วเลือกรูปแบบสมการความถดถอยที่มีความเหมาะสม โดยคัดเลือกจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) โดยจะเลือกรูปแบบสมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงที่สุด หรือในกรณีที่ตัวแปรอิสระหลายตัวจะพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Adjusted  $R^2$ ) มากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการความถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบสมการเชิงเส้น โดยก่อนการทดสอบต้องทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระเพื่อเป็นการตรวจสอบสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ แบบจำลองโดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาเร่งด่วน และแบบจำลองสำหรับช่วงเวลากลางคืน แสดงรายละเอียดต่อไปนี้

### 5.1 แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาเร่งด่วน

จากการตรวจสอบค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระพบว่าตัวแปรอิสระบางตัวมีความสัมพันธ์กันเองซึ่งอาจเกิดจากการใช้ตัวแปรอิสระมากเกินไป ทำให้ต้องมีการปรับแบบจำลองให้เหมาะสมด้วยการตัดตัวแปรบางตัวที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ) หรือที่ 95% ออกจากแบบจำลอง ทั้งนี้ต้องพิจารณาข้อมูลร่วมด้วย โดยมีตัวแปรอิสระที่นำมาพิจารณาอันได้แก่ ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 1 ( $D_1$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 2 ( $D_2$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 3 ( $D_3$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 4 ( $D_4$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 5 ( $D_5$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 ( $D_6$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 7 ( $D_7$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงสถานที่จอด (Dis\_DP) ระยะความกว้างของช่องจอด (SPACE) จำนวนช่องจอด ( $N_{PK}$ ) และช่วงระยะห่างจากจุดจอดถึงอาคาร (Y\_on) แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาเร่งด่วน

Model	B	t	Sig.
(Constant)	-4.483	-3.67	0
D1	0.051	3.736	0
D5	-0.025	-2.955	0.003
D6	0.046	3.525	0
Dis_DP	0.02	14.336	0
Y_on	-0.074	-3.326	0.001
$R^2$	0.697		
Adjusted $R^2$	0.692		

จากการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาเร่งด่วน ได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นดังนี้

$$TDP = -4.483 + 0.051(D_1) - 0.025(D_5) + 0.046(D_6) + 0.02(Dis\_DP) - 0.074(Y\_on) \quad (5)$$

วิเคราะห์แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาเร่งด่วน จากผลกาพบว่าตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการหาช่องจอด(TDP) อย่างมีระดับนัยสำคัญ 0.05 ( $\alpha=0.05$ ) ได้แก่ ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 1 ( $D_1$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 5 ( $D_5$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 ( $D_6$ ) ระยะทางจากจุดจอดถึงสถานที่จอด (Dis\_DP) และช่วงระยะห่างจากจุดจอดถึงอาคาร (Y\_on) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.697 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้เท่ากับ 0.692 จากเครื่องหมายค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวนั้นพบว่าระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 1 ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 และระยะทางจากจุดจอดถึงสถานที่จอด มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่ามีความสัมพันธ์ระยะเวลาการหาช่องจอด กล่าวคือเมื่อระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ ระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 1 ประตูทางเข้าที่ 6 และระยะทางจากจุดจอดถึงสถานที่จอดมีค่ามากก็จะทำให้ระยะเวลาการหาช่องจอดมากขึ้นด้วย ส่วนระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 5 และช่วงระยะห่างจากจุดจอดถึงอาคาร มีความสัมพันธ์ในทิศทางข้ามกับระยะเวลาการหาช่องจอดกล่าวคือเมื่อระยะทางจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 5 และช่วงระยะห่างจากจุดจอดถึงอาคารจะส่งผลให้ระยะเวลาการหาช่องจอดนั้นมีค่าลดลง

## 5.2 แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาปกติ

จากการตรวจสอบค่าสหสัมพันธ์กันเองซึ่งอาจเกิดจากการใช้ตัวแปรอิสระบางตัวมีความสัมพันธ์กันเองซึ่งอาจเกิดจากการใช้ตัวแปรอิสระมากเกินไป ทำให้ต้องมีการปรับแบบจำลองให้เหมาะสมด้วยการตัดตัวแปรบางตัวที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ( $\alpha=0.05$ ) หรือที่ 95% ออกจากแบบจำลอง ทั้งนี้ต้องพิจารณาข้อมูลร่วมด้วย มีตัวแปรอิสระที่พิจารณาได้แก่ ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 1 ( $D_1$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 3 ( $D_3$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 4 ( $D_4$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 5 ( $D_5$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 ( $D_6$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 7 ( $D_7$ ) ระยะทางจากจุดรับบุตรจอร์จนถึงสถานที่จอด ( $Dis\_DP$ ) ระยะความกว้างของช่องจอด ( $SPACE$ ) จำนวนช่องจอด ( $N\_PK$ ) และช่วงระยะห่างจากจุดจอดถึงอาคาร ( $Y\_on$ ) แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาปกติ

Model	B	t	Sig.
(Constant)	-0.038	-0.192	0.848
D6	-0.002	-2.031	0.043
D7	0.004	2.535	0.012
Dis_DP	0.02	29.225	0
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.796</b>		
<b>Adjusted R<sup>2</sup></b>	<b>0.795</b>		

จากการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาปกติ ได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นดังนี้

$$TDP = -0.038 - 0.002(D_6) + 0.004(D_7) + 0.02(Dis\_DP) \quad (6)$$

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับช่วงเวลาปกติ ทางเลือกที่ พบว่าตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการหาช่องจอด 3 (TDP) อย่างมีระดับนัยสำคัญ 0.05 ( $\alpha=0.05$ ) ได้แก่ ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 ( $D_6$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 7 ( $D_7$ ) และระยะทางจากจุดรับบุตรจอร์จนถึงสถานที่จอด ( $Dis\_DP$ ) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.796 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้เท่ากับ 0.795 เครื่องหมายค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวนั้นพบว่าระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 7 และระยะทางจากจุดรับบุตรจอร์จนถึงสถานที่จอด

มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่ามีความสัมพันธ์ระยะเวลาการหาช่องจอด กล่าวคือเมื่อระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ และ 7 ระยะทางจากจุดรับบุตรจอร์จนถึงสถานที่จอด มีค่ามากก็จะทำให้ระยะเวลาการหาช่องจอดมากขึ้นด้วย ส่วนระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 มีความสัมพันธ์ในทิศทางข้ามกับระยะเวลาการหาช่องจอดกล่าวคือเมื่อระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ มีค่ามากก็จะส่งผลให้ระยะเวลาการหาช่องจอดนั้นมีค่าลดลง

## 6. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาและพฤติกรรมการจอดรถภายในห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษาเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการหาช่องจอด (TDP) ในช่วงเวลาเร่งด่วน ได้แก่ ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 1 ( $D_1$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 5 ( $D_5$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 ( $D_6$ ) ระยะทางจากจุดรับบุตรจอร์จนถึงสถานที่จอด ( $Dis\_DP$ ) และช่วงระยะห่างจากจุดจอดถึงอาคาร ( $Y\_on$ ) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.697 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้เท่ากับ 0.692 และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการหาช่องจอด (TDP) ในช่วงเวลาปกติ ได้แก่ ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 6 ( $D_6$ ) ระยะทางกระจัดจากจุดจอดถึงประตูทางเข้าที่ 7 ( $D_7$ ) และระยะทางจากจุดรับบุตรจอร์จนถึงสถานที่จอด ( $Dis\_DP$ ) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.796 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้เท่ากับ 0.795

จากการศึกษาและทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทวิวิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อกำหนดมาตรการลดการติดขัดของกระแสจราจรในอาคารพื้นที่จอดรถ เพื่อให้พื้นที่จอดรถมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการที่จะเลือกใช้มาตรการและวิธีการใดนั้น ควรคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผู้มาใช้บริการ ผู้ให้บริการ และผู้กำกับดูแลโดยวิธีการที่ถูกนำมาใช้โดยทั่วไป มีดังนี้

- 1) การกำหนดพื้นที่จอดสำหรับรถแต่ละประเภท โดยมาตรการการกำหนดพื้นที่จอดรถแต่ละประเภทจะสามารถแบ่งประเภทของรถได้ตามระยะเวลาหรือประเภทของวัตถุประสงค์ที่จอดทำให้ง่ายต่อการจัดการพื้นที่จอดรถรวมถึงวิศวกรรมจราจรสะดวกมากขึ้น รวมทั้งทำให้ผู้ใช้แต่ละกลุ่มมีพื้นที่จอดรถที่ชัดเจนอีก อย่างไรก็ตามเพื่อป้องกันการสับสนของผู้ใช้บริการจะต้องมีการแจ้งข้อมูลพื้นที่แต่ละประเภทให้ผู้ทราบอย่างทั่วถึง
- 2) การกำหนดระยะเวลาการจอดสูงสุด มาตรการนี้จะทำให้อัตราการหมุนเวียนของการใช้ช่องจอดเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามระยะเวลาจอดสูงสุดที่จะกำหนดต้องขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของแต่ละพื้นที่ รวมทั้งความจุของพื้นที่จอดรถที่มีอยู่

- 3) ควรจัดให้การสัญจรภายในลานจอดมีจุดรวบรวมน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดแนวโน้มของการเกิดอุบัติเหตุในลานจอด และการติดขัดในช่วงเวลาการจราจรคับคั่งในลานจอด
- 4) การคิดคั้งป้ายจราจรและเครื่องหมายบนพื้นทางควรมีความชัดเจนและอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นได้ในระดับสายตา เพื่อความสะดวกและความปลอดภัย ตลอดจนควรมีการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีเสมอ
- 5) ขนาดมิติช่องจอดรวมทั้งทางสัญจรภายใน จะขึ้นอยู่กับขนาดของรถที่คาดว่าจะใช้ลานจอดนั้นเป็นหลัก ความกว้างช่องจอดอาจแปรเปลี่ยนระหว่าง 2.30 เมตร ถึง 2.80 เมตร โดยลานจอดที่มีรถจอดเป็นระยะเวลานาน ความกว้างอาจเป็น 2.50 เมตร ในขณะที่ลานจอดสำหรับห้างสรรพสินค้า ธนาคาร หรือที่อื่นๆ ที่มีการหมุนเวียนการจอดสูง หรือมีสัมภาระ ความกว้างช่องจอดอาจกว้างถึง 2.80 เมตร สำหรับลานจอดที่มีคนคอยช่วยนำรถเข้าจอด ความกว้างช่องจอดอาจแคบเป็น 2.30 เมตร ส่วนความยาวช่องจอดอาจแปรเปลี่ยนตั้งแต่ 4.50 เมตร ถึง 5.50 เมตร สำหรับประเทศไทยซึ่งมีรถขนาดเล็กใช้ส่วนใหญ่ได้กำหนดช่องจอดไว้เป็น 2.50 x 5.00 เมตร
- 6) มาตรการอื่นๆ เช่น การตั้งราคาค่าที่จอดรถ โดยมาตรการด้านราคาถูกนำมาใช้เพื่อลดความต้องการที่จอดรถที่ไม่จำเป็นและให้ผู้ชำระเสียค่าใช้จ่ายที่สะท้อนมูลค่าที่แท้จริง มาตรการทางด้านราคาผู้เดินทางย่อมจะเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงกับความเต็มใจที่จะจ่าย หากค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ที่จอดรถสูงกว่าความเต็มใจที่จะจ่ายอาจมีผลทำให้ผู้ใช้บริการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ทั้งการลดเวลาการจอดและการเปลี่ยนไปใช้บริการรถสาธารณะ มาตรการทั่วไป ได้แก่ การปรับราคาสินค้า การตั้งราคาที่แตกต่างกันระหว่างรถที่จอดระยะสั้นกับรถที่จอดระยะยาว การยกเลิกการสนับสนุนการจอดรถจากนายจ้าง การตั้งราคาที่แตกต่างกันระหว่างปริมาณผู้โดยสารบนรถ การตั้งราคาของสถานที่จอดแล้วจึงให้มีราคาต่ำ

2) การเก็บข้อมูลระยะเวลาของแต่ละจุดสำรวจควรเก็บให้มีความละเอียดมากที่สุดเพื่อให้แบบจำลองมีความใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

3) ควรกระจายจุดศึกษาให้ครอบคลุมขึ้นโดยอาจจะทำการสำรวจบริเวณชั้นต่างๆ เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้มี Range ของข้อมูลกว้างขึ้นและลักษณะข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน

4) พิจารณาตัวแปรอิงกับลักษณะกายภาพหรือปริมาณที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นได้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] วิโรจน์ ฐโงปการ (2544). การวางแผนการขนส่งเขตเมืองภาคทฤษฎีวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- [2] สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2551). การควบคุมความต้องการเดินทางและการจัดการจราจร (Travel Demand Management and Traffic Management) ในเอกสารประกอบการสอน วิชาวิศวกรรมขนส่ง ภาคทฤษฎีวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยบูรพา
- [3] ศิริชัย เลียงกอสกุล. (2546). ลักษณะที่จอดรถในศูนย์กลางเมืองธุรกิจกรณีศึกษาของย่านเยาวราชในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาคทฤษฎีวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2546
- [4] Cheng, S.Y. (1991). Planning & Design of Parking Facilities. NACTPA Traffic Engineering Seminar. Taiwan Taipei: Republic of China.
- [5] กัลยา วานิชย์บัญชา (2546). การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

## 7. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

จากการศึกษาและทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาศำหรับการวิจัยต่างๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรม การเข้าจอดที่จอดรถกับลักษณะทางกายภาพในอนาคต โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1) ควรทำการศึกษาในช่วงเวลาวันธรรมดากับหยุดเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเข้าจอด เพื่อการวางแผนการจัดการการเดินทางในลำดับต่อไป

## **Effects of Pyrolyzed Waste Cooking Synthetic Diesel Fuel on Performance of a Multi-Cylinder DI Diesel Engine**

Paper Identification number: **AYRF14-034**

Assoc.Prof.Kanit WATTANAVICHEN<sup>1</sup>, Teerawut RAKYHAO<sup>2</sup>, Prasobchok POTHIKUL<sup>3</sup>

Internal Combustion Engine Research Laboratory  
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering  
Chulalongkorn University

Telephone 0-2218-6610, Fax. 0-2252-2889

Email: [wkanit@chula.ac.th](mailto:wkanit@chula.ac.th)<sup>1</sup>

Email: [t.rakyhao@gmail.com](mailto:t.rakyhao@gmail.com)<sup>2</sup>

Email: [p.pothikul@gmail.com](mailto:p.pothikul@gmail.com)<sup>3</sup>

### **Abstract**

An alternative pyrolyzed diesel fuel from waste cooking oil which was successfully manufactured by Biomass R&D Center of Chulalongkorn University, Saraburi, had been used in this study. The main target of this research is to evaluate the influence of using pyrolyzed diesel on the performance of direct-injection diesel engine comparing with commercial diesel fuel (CD) as base line. The test experiments (constant speed steady state) were conducted with a multi-cylinder direct injection (DI) compression ignition (CI) engine, either along full-load conditions and selected part-load conditions at 1250, 1750, 2250 and 2750 rpm, respectively. The acquired data included basic engine performance parameters were comparatively analyzed dealing with: torque, brake specific fuel consumption (BSFC), thermal efficiency ( $\eta_{th}$ ), brake mean effective pressure (BMEP) and engine operating conditions. The knowledge of these comparative results on a multi-cylinder engine's performance that obtained in this research can be used to develop for high efficient use of this green alternative fuel in the future.

**Keywords:** Pyrolyzed diesel, Waste cooking oil, Direct-injection, Multi-cylinder engine, Performance

### **1. Introduction**

Diesel engines have been used, in Thailand, throughout many applications in such as industrial, transportation, construction, farming, mining, etc. [1]. Therefore, demand of diesel fuel has continuously increased as the growth of Thailand's economics. However, most of petroleum crude that used as feedstock for diesel productions in Thailand are mainly be imported.

According to Thailand's Energy Policy, as an agrarian country, production of liquid fuels from biomass is expected as one of petroleum alternatives. Fatty acid methyl ester (FAME) is known as the first generation biodiesel, often called "biodiesel", is currently used to blend (up to 5%) with petroleum diesel. FAME is produced by transesterification of triglycerides from vegetable oils and animal fats with methanol and alkali catalyst. Bio hydrofined diesel (BHD) is another process that gives paraffins by hydrogenation. However, these processes have some disadvantages such as complex separation process for FAME

production, and a high pressure operation with high cost for BHD, respectively.

Compared to petroleum-based diesel, the high cost of biodiesel, most of them are produced from edible oils, is major barriers to their commercialization. Moreover the use of edible feedstock will cause the competition of farming land for food and fuel supply. This will result in the oil and food price inflation. In Thailand, palm oil is mainly used as feedstock to produce FAME. Therefore, use of low-cost, non-edible feedstock such as waste cooking oil is expected to be competitive in price with petroleum diesel and ensure food security. Furthermore, the use of waste cooking oil as fuel also contributes to reduce environmental problems due to waste-oil disposal.

Recently, the new developed a catalytic cracking process, pyrolyzed synthetic diesel, which gave diesel fraction hydrocarbon fuel through the catalytic decarboxylation of triglyceride. A bench scale and a pilot scale plants under SATREPS project were built in Biomass R&D Center of

Chulalongkorn University, Saraburi, using MgO/SiO<sub>2</sub> and MgO/carbon as effective high performances catalysts for the decarboxylation for the reaction.

Although there have been many researches that investigate use ability of waste cooking oil on compression-ignition engine, in almost the researches, the researchers use transesterification biodiesel or they use directly waste cooking oil to fuel for the engine. For these reasons, in order to extend the confidence of using the new fuel in transportation, the motivation of this study is aimed to investigate and compare the effect of PWCSO to conventional diesel fuel in terms of its performance characteristics. The experiments were performed using a multi cylinder, direct injection CI (compression-ignition) engine.

## 2. Materials and Conversion

### 2.1 Waste Cooking oil [2]

To produce the PWCSO, the waste cooking oil from cookery has been used as feed stock which can be obtained from many sources such as household, restaurant and etc. Waste cooking oil has Triacylglycerol which is a hydrocarbon and consist many kinds of fatty acid such as Oleic acid for 52.9%, Palmitic acid for 20.4% and Linoleic acid for 13.5%. The advantages for using waste cooking oil to produce alternative diesel fuel are:

- Waste cooking oil is in liquid form therefore there is no need of any process to transform the feedstock to liquid form.
- Can be replaced with vegetable oil if there were lack of feed stock.
- The lower amount of sulfur and aromatic in feedstock, the lesser amount of sulfur and particulate emissions in tail pipe compare to petroleum diesel.

### 2.2 Pyrolysis reaction [2]

Catalytic pyrolysis reaction is a thermochemical decomposition of organic material at elevated temperatures in the absence of oxygen (or any halogen), and it involves the simultaneous change of chemical composition and physical phase, and is irreversible. It can be divided in two types

#### 2.2.1 Thermal cracking pyrolysis

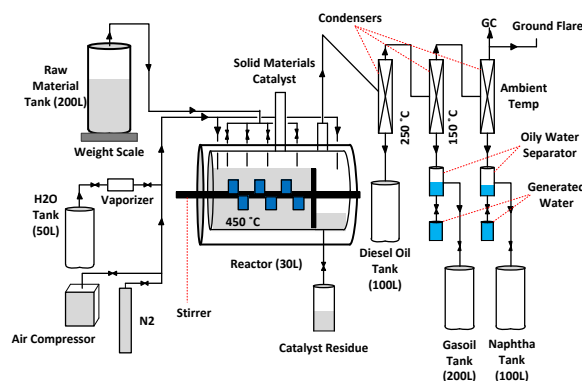
Thermal cracking pyrolysis is to cracking macro hydrocarbon molecules into micro hydrocarbon molecules by using high temperature.

#### 2.2.2 Catalytic pyrolysis cracking

Catalytic pyrolysis cracking is to use catalysts to stimulate hydrocarbon cracking in the absence of oxygen by decarboxylation reaction to obtain the optimum chemical compositions for the benefits of the fuel production.

In this study, Decarboxylation of waste cooking oil was conducted using an agitated bed reactor. Standard reaction condition was 430°C under atmospheric pressure. Waste cooking oil was fed by a liquid pump using N<sub>2</sub> as carrier gas. In this study, FCC catalysts with 10 wt%MgO/carbon catalyst were used.

A pilot scale plants, **Fig.1**, was built at Biomass R&D Center of Chulalongkorn University, Saraburi. The reactor sizes of the bench plant and the pilot plant were 3 L (Ø 120 mm × 380 mm) and 45 L (Ø 250 mm × 975 mm), respectively. The process capacity of the pilot plant was 10 L/h (200L/day). The product oil recovery system was composed of 3 step condensers (250°C, 150°C and 20°C), and the oil recovered at the second condenser was the diesel fraction, called Pyrolyzed Waste Cooking Synthetic Diesel (PWCSO).



**Fig. 1** Schematic illustrates the pyrolyzed waste cooking synthetic diesel production at capacity of 40 Liters/day.

### 2.3 Properties and compositions of the fuel [4]

Pyrolyzed waste cooking synthetic diesel (PWCSO) fuel is a synthetic diesel which has been

produced by pyrolysis process. The physical properties are similar to commercial diesel (CD). The fuel compositions and properties of PWCSO and CD are shown in **Table 1** and **2**, respectively.

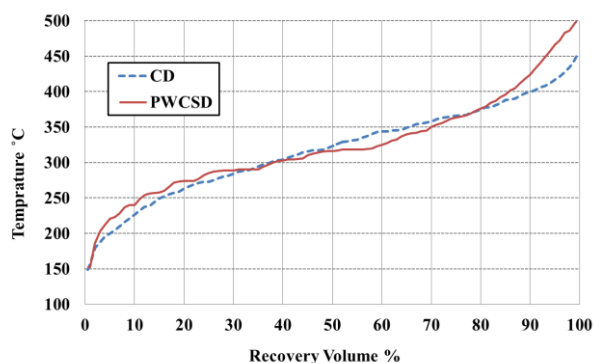
**Table 1** Fuel compositions [4]

Compositions	CD	PWCSO
Naphtha	5.00%	2.83%
Kerosene	10.00%	8.67%
Diesel		
> Light Gas Oil	50.00%	58.50%
> Gas Oil	13.00%	8.25%
Long residues	22.00%	21.75%
Total amount	100%	100%

**Table 2** Fuel properties [4]

Properties	Test Method	CD	PWCSO
Density (kg/m <sup>3</sup> )	ASTM D1298	827.49	820.29
Kinetic Viscosity at 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	ASTM D445	3.74	2.92
Heating Value (MJ/kg)	ASTM 04-5865	44.86±0.29	44.48±0.13
CHN Element (% wt)	Liquid Chromatograph		
Carbon		76.24±0.54	77.14±1.15
Hydrogen		14.08±0.24	14.60±0.41
Nitrogen		0.06±0.0	0.08±0.01
API Gravity	ASTM D1298	39.5	41
Distillation (°C)	ASTM D86		
IBP		206.59	221.61
T10		251.7	265.56
T50		316.18	310.46
T90		375.34	401.62
FMP		398.21	449.71
Flash Point (°C)	ASTM D92	81.5±0.7	93.5±2.1
Fire Point (°C)	ASTM D92	85.0±0.0	103.0±4.2

Volatile characteristics of PWCSO were estimated using composition data obtained from liquid chromatograph. Distillation characteristics of PWCSO is compared to CD and shown in **Fig. 2**.



**Fig. 2** Distillation curve of CD and PWCSO [4]

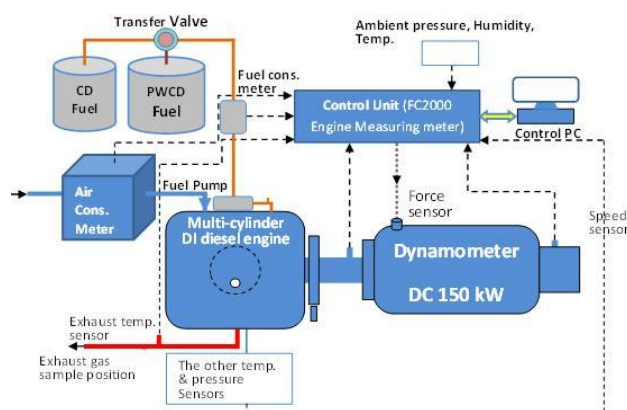
### 3. Experiment setup and test procedure

#### 3.1 Experimental set up

The engine which used in this research was a commercial, multi-cylinder, direct-injection engine. The engine is coupled with a 150 kW DC regenerative dynamometer. The FC2000 control system was used to control engine speed and torque. The engine specification and the schematic diagram of the experiment set have been shown on **Table 3** and **Fig.3**, respectively.

**Table 3** Engine specifications

<b>Cylinders</b>	4 Inline
<b>Bore</b>	93 mm
<b>Stroke</b>	102 mm
<b>Compression ratio (CR)</b>	17.2
<b>Displacement volume</b>	2.77 Litre
<b>Connecting rod</b>	127 mm
<b>Crank radius</b>	51 mm
<b>Intake valve opening (IVO)</b>	24° BTDC
<b>Intake valve closing (IVC)</b>	55° BBDC
<b>Exhaust valve opening (EVO)</b>	54° BBDC
<b>Exhaust valve closing (EVC)</b>	26° BTDC
<b>Idling speed</b>	760±50 rpm
<b>Rated power/speed</b>	71/3700 kW/rpm
<b>Max torque/speed</b>	208/2100 N.m/rpm
<b>Oil capacity</b>	5.6 Litre



**Fig. 3** Schematic diagram of experimental set up

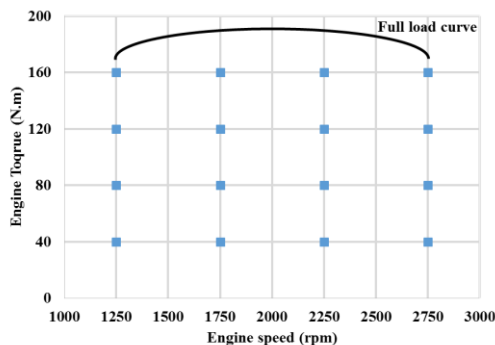
Intake air consumption rate is measured by TH01-40 Air consumption meter. The system mainly consists of surge tank to eliminate air flow fluctuations, orifice, and differential pressure sensors. Fuel flow rate unit is measured by

Gravimetric Fuel Gauge type, the FC2210 Advanced Fuel Measurement Device. [5]

### 3.2 Test procedure

The engine was operated at constant speed, steady state of each selected test matrix points as shown in **Fig. 4**. The engine load was controlled by using the DC regenerative dynamometer.

Before captured each test data, the engine was warmed up until the lubricant oil and coolant temperature reached to the manufacturer recommended temperature. Measurement of engine performance was obtained when the engine reached a steady-state at the desired condition. Each experiment was repeated three times, the average data from three experiments record were used for comparison. The considered engine performance parameters were brake torque (N.m), brake power (kW), brake mean effective pressure (BMEP, kPa), brake specific fuel consumption (BSFC, g/kWh) and Brake thermal efficiency (BTH, %). [6]

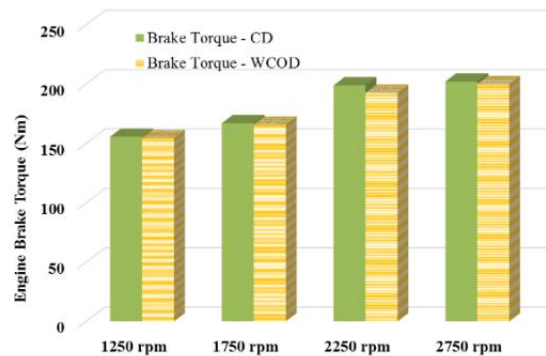


**Fig. 4** Performance test matrix

## 4. Results and Discussions

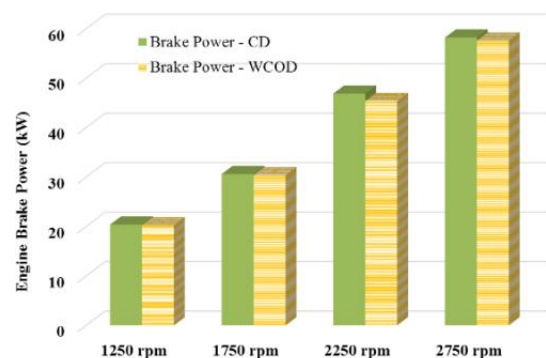
### 4.1 Full load results

In **Fig. 5**, the variation of brake torque with respect to engine speeds at full load conditions for both CD and PWCSO are illustrated. The PWCSO provided slightly lower torque than CD. The highest torque output using PWCSO occurred at 2750 rpm with 200 Nm, while the CD produced the slightly higher torque output at the same speed. These can be explained by the cause of the higher heating value of CD fuels as shown in **Table 2**.

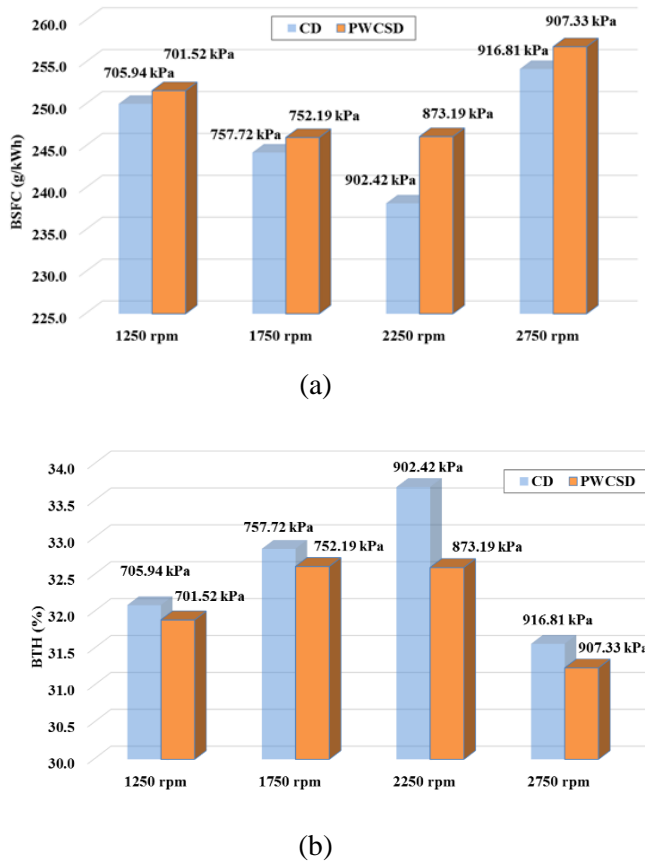


**Fig. 5** Engine brake torque at full load condition.

The engine brake power performances for both fuels are also shown in **Fig. 6**. The engine brake power increased with increasing engine speed. The peak brake power outputs for both fuels were observed at 2750 rpm. The PWCSO produced slightly lower engine power outputs compared to CD for all the engine speeds. The maximum power output for PWCSO was 57.62 kW and CD was 58.21 kW at the same engine speed 2750 rpm, respectively.



**Fig. 6** Engine brake power at full load condition.



**Fig. 7** (a) Break specific fuel consumption and (b) Break thermal efficiency of CD and PWCSO at full load

**Fig. 7 (a)** illustrates the comparison of BSFC with respect to BMEP at 1250 rpm, 1750 rpm, 2250 rpm, and 2750 rpm at full load, respectively. It can be seen, for all testing speeds, that the BSFC for PWCSO was higher than CD. The lowest BSFC of both fuels are occurred at the same engine speed of 2250 rpm. The results are also shown that the different of BSFC between PWCSO and CD is also highest around 3.35%. However, the differences become lower at either higher or lower engine speed.

**Fig. 7 (b)** illustrates the comparison of BTH with respect to BMEP at 1250 rpm, 1750 rpm, 2250 rpm, and 2750 rpm at full load, respectively. It can be seen that the obtained trend is a mirror of BSFC results. For all testing speeds, it is found that the BTH for PWCSO was lower than CD.

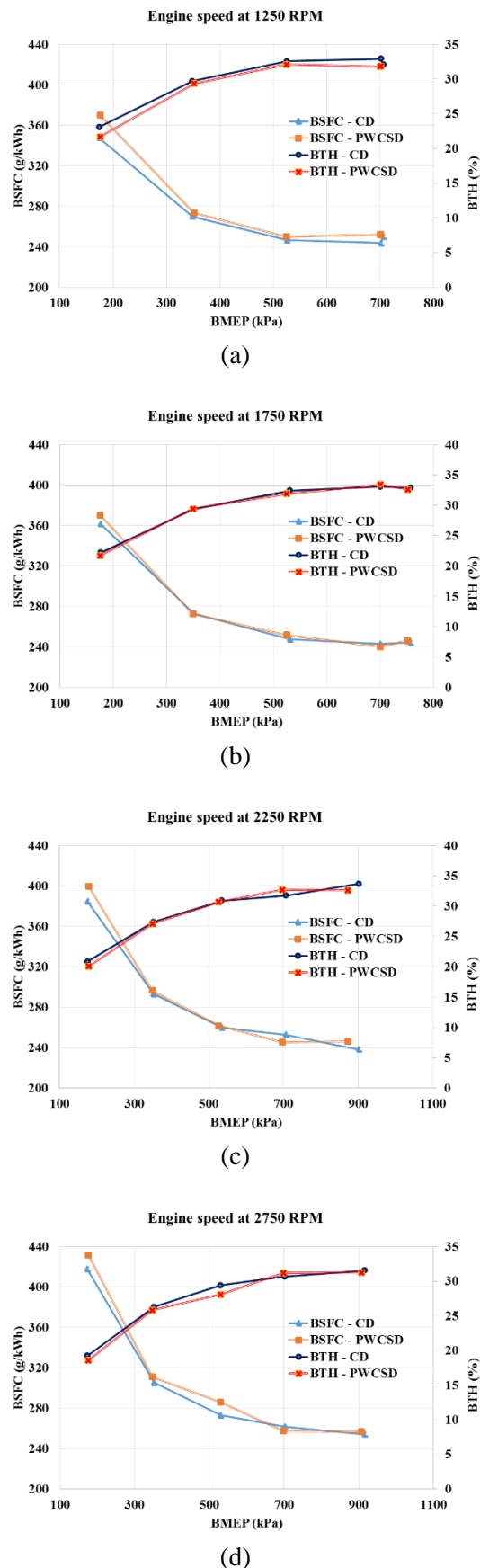
## 4.2 Part load results

In **Fig. 8** is illustrated the comparison of BSFC and BTH with respect to BMEP at 1250 rpm, 1750 rpm, 2250 rpm, and 2750 rpm at part load, respectively. It can be seen, for all testing speeds, that the highest BSFC for PWCSO was occurred with lower load of 25% full load condition. The results are also shown that, at that load condition, the BSFC of PWCSO is slightly higher than CD around 3%. However, the BSFC of PWCSO under higher load from 50 to 75% of full load condition, for all engine operating conditions, were similar to CD.

In case of brake thermal efficiency (BTE), it can be seen that the BTE of PWCSO was similar to CD especially under load from 50 to 75% of full load condition at all engine operating conditions. The maximum BTH of PWCSO was 32.70% at 2250 rpm under load 75% of full load condition. The maximum difference of BTH between two test fuels was 2.97% which BTH of PWCSO was slightly lower than BTH of CD. These can be explained by two reasons. First, the higher BSFC is caused by the lower heating value of PWCSO. The second, higher BSFC is due to the higher viscosity and poorer volatility of PWCSO which lead to their poor atomization thus poorer combustion.

## 5. Conclusions

In this research, Pyrolyzed Waste Cooking Synthetic Diesel (PWCSO) was used as a research fuel and Commercial diesel (CD) was used as a reference fuel. Both fuels were used to fuel a commercial multi-cylinder, direct injection diesel engine to investigate the effects after used by comparing the performance results data of both fuels. The constant speed, steady state test condition along a test matrix was conducted on engine-dynamometer test bed.



**Fig. 8** Break specific fuel consumption and Break thermal efficiency of CD and PWCSO at part load (a) 1250 rpm, (b) 1750 rpm, (c) 2250 rpm and (d) 2750 rpm

At full load, the maximum torque of engine using PWCSO provided slightly lower torque and power than CD. The BSFC of PWCSO, at all engine operating conditions, was slightly higher than CD while the BTH of PWCSO was slightly lower than CD.

At engine part load, the highest BSFC for PWCSO was occurred with lower load of 25% full load condition. The BSFC of PWCSO is slightly higher than CD around 3%. The BTE of PWCSO was similar to CD especially under load from 50 to 75% of full load condition at all engine operating conditions. The maximum BTH of PWCSO was 32.70% at 2250 rpm under load 75% of full load condition. The maximum difference of BTH between two test fuels was 2.97% which BTH of PWCSO was slightly lower than BTH of CD.

In summary, it can be concluded that the difference of using PWCSO is very small. Therefore, PWCSO can be used as an alternative fuel for diesel engine. The future research, in order to obtain a better engine performance, should involve the improvement of the fuel quality and proper calibrating the engine operating parameters such as fuel injection timing.

## 6. Acknowledgement

Authors have willingly gratitude to the Biomass R&D center of Chulalongkorn University, Saraburi for their fuel support and thanks to the master degree students in internal combustion engine research laboratory who have assisted for establishing and conducting this experiment.

## References

- [1] Agarwal AK. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science* 33 (2007) 233–271.
- [2] Chettha Jungjaroenpanit, Catalytic pyrolysis of used cooking oil by magnesium oxide and activated carbon in continuous reactor. Thesis for the master degree of science in Chemical Technology, Department of Chemical

- Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 2012.
- [3] Haruki Tani, Yayoi Murakami, Kenji Asami, Kaoru Fujimoto, Prasert Reabroycharoenand, Kanit Wattanavichien and Tharapong Vitidsant. Development of Catalytic Cracking Decarboxylation Process of Waste Cooking Oil for New Bio-diesel (HiBD) Production. Grand Renewable Energy 2014, Tokyo Big Sight, Tokyo Japan.
- [4] Kanit Wattanavichien, Mansour Nagib Elhemri. Effects of synthetic diesel fuel on performance and emissions of a single cylinder DI diesel engine. Thesis for graduate student of combustion engine and propulsion system laboratory in Faculty of Mechanical and Aerospace Engineering, Institute of Technology Bandung, 2013.
- [5] FC2000 automatic engine control system user manual DC regenerative dynamometer 150 kW, Boaleeco Education Export Company, United State of America
- [6] A. Bulent Koc, Mudhafar Abdullah. Performance of a 4-cylinder diesel running on tire-oil-biodiesel blend, Fuel Processing Technology 118 (2014) 264-269.

## **Possibilities of Modal Shift to Public Transport in Developing Asian Cities – An empirical examination in Hanoi City**

Paper Identification number: AYRF14-040

Vu Anh TUAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vietnamese-German Transport Research Centre  
Vietnamese-German University, Ho Chi Minh City, Vietnam  
Telephone +84 (0)8 3725 1901, Fax. +84 (0)8 3725 1903  
E-mail: drtuan.va@vgtrc.vgu.edu.vn

### **Abstract**

Asian cities have been experiencing the dominance of motorcycles. To help reduce the usage of this mode, those cities are developing urban mass rapid transit systems (i.e., BRT and MRT) to attract a large number of motorcycle and car users. But there might be uncertainties in shifting private transport users to new public transport systems, thereby risking the effectiveness of the investment in public transport. This study aims to examine the possibilities of modal shift to public transport by exploring current patterns of people's travel behavior and anticipating their mode choice changes under policy intervention scenarios. Hanoi City, a typical motorcycle-dominated city in Asia, is selected as a case study. A stated preference survey is conducted and SP/RP mode choice models are estimated for different segments of the urban transport market. It is revealed that a significant number of private transport users might still stick to motorcycle and car use despite potentially aggressive improvements in public transport. Trip chaining behavior and the presence of school kid(s) in the family may prevent the family members from shifting to public transport. A longer travel distance may not necessarily lead to a higher modal shift away from motorcycle. These findings would be helpful to guide policy making towards sustainable development of public transport systems and formulate effective management strategies for private transport in developing cities.

**Keywords:** Travel behavior, Discrete choice model, Motorcycle, Public transport, Transport policy

### **1. Introduction**

In developing Asian cities, urban transport situations are getting worse because the large-scale travel demands have been continuously increasing as the consequence of rapid economic growth, rapid urbanization, high densities, and overconcentration in the capital cities (Morichi, 2009; Morichi and Acharya, 2007). These developing cities failed to respond to travel demand growing trends as they have supplied inadequate road infrastructure and substandard public transport services. As a result, motorcycle ownership and use have increased so rapidly that they are now dominating urban transport in many cities. In Hanoi and Jakarta, for examples, motorcycle ownership rates already stood at 600-700 motorcycle/1000 population (Tuan, 2012). The dominance of motorcycles has caused severe road traffic accidents and decreased public transport use. In the meantime, private car ownership and use have been increasing quickly because high income people are seeking for more

comfortable and safer transport. These special conditions strongly call for innovative strategies to developing urban transport systems in the long term in order to meet the increasing travel demand and substantially reduce motorcycle and car use.

The first part of the overall study on “Long-term travel behavior changes and innovative policy response in developing Asian countries” (Tuan, 2012) pointed out that modal splits have been changing across Asian cities as a result of policy interventions that have been implemented by city governments. In Hanoi, motorcycle share has remained to be higher than 80% of total motorized trips due to poor bus services. In Jakarta, despite the introduction of BRT network, consisting of 10 lines, motorcycle share has suddenly increased from 26% to 63% for a period of 2002-2010. In Bangkok, the share has increased from 18% to 27% during 1990-2010. In Taipei, the figure has remained more than 30% for several decades despite of the fact that public transport services,

which consist of MRT lines and dense bus network, have been fairly good. People in these cities have used motorcycle for multi purposes, including commuting, shopping, private business, delivering services and accessing transit stations. In contrast, motorcycle share in Guangzhou started to decline from 31% in 2003 to 7% recently due to a continuous improvement of public transport service and motorcycle ban in urban area. Tokyo and Seoul are extreme cases where motorcycle share has always been minor (only 2-3%) while public transport share has been 70%-80%. Clearly, an early development of urban railways and a continuous improvement of public transport services have made it a very good public transport system. People in these two cities have used motorcycle only for short-distance trips, such as shopping near home, delivering goods/services and accessing railway stations and/or bus terminals and stops. Contrasting pictures between the developing and developed cities in Asia imply that to solve the dominance of motorcycles it will require drastic improvements of public transport services and strong regulations of motorcycle transport. Otherwise, the dominance of motorcycles is likely to continue in the long run, challenging sustainable urban transport development.

The concept of integrated transport system has been discussed for a long time by Givoni and Banister (2010), Schipper (2004), May and Roberts (1995). Under this concept, mass rapid transit lines, such as MRT and BRT, play the role of trunk modes and private passenger cars serve the role of a feeder mode. However, this concept might be not easily realized and implemented because private passenger cars require a huge number of parking spaces and robust and of course expensive infrastructure for intermodal connection. However, such a concept can be realized and could be effective in the context of motorcycle-dominated cities. This is because of two fold. First, these cities have been planning and/or developing mass rapid transit systems to meet increased travel demand due to high urbanization and economic development. For example, Hanoi City has planned to develop an extensive mass rapid transit system, consisting of 8 MRT lines and 5 BRT lines, by 2030 (JICA, 2007). Second, motorcycles in Asian cities are mostly scooter type (with engine displacement of 50-125cc) and thus are space efficient, especially when parking. Parking space for a standard passenger car (about 25 m<sup>2</sup>) can store 8-10 motorcycles (Tuan,

2012). Therefore, it would be easy to provide parking infrastructure for motorcycles and bicycles to make them feed the mass rapid transit systems, which are under planning or construction. Further, if motorcycles are only used for short-distance trips and run at low speeds, the danger of motorcycle fatal accidents could be improved significantly (Tuan, 2012).

However, an important question is even if the mass rapid transit system is introduced and motorcycle is provided with a parking space at railway station or bus stop, whether it would be possible to attract a large number of motorcycle (and car) users to public transport? This question is new and of course unanswered. There might be uncertainties in changing people's travel behavior that may risk the effectiveness of public transport investments. A better understanding of travel behavior changes may help plan better the BRT or MRT network, which consists of line alignment, station space design, parking and terminals to connect with other modes, and formulate special regulations of motorcycle use, if needed.

This research aimed to understand current patterns of people's travel behavior and how they might change their mode choice under scenarios of improved level of service of public transport and increased parking fee. Based on the understanding, innovative policies were suggested. Hanoi City was selected for a case study.

## **2. Methodology and Data**

### **2.1 Overall Research Framework**

The overall study follows a framework as presented in Fig.1. First, an attempt is made to collect and compile time-series data on infrastructures and public transport services, private vehicle ownership, modal splits, and policy responses so far. These data are used to analyze urban transport trends. Second, from the trend analysis results, potentially effective policies are considered and scenarios of policy intervention are set. Third, person trip surveys are conducted in studied cities to collect travel behavior data for analyzing travel behavior changes. Lastly, the considered policies are evaluated and effective policy measures are recommended. Case studies include Hanoi, Jakarta, Bangkok, and Guangzhou for comparison, and Tokyo, Seoul, and Taipei for lesson learning.

This paper presents the results of travel behavior survey and analysis for Hanoi City, a

typical motorcycle dominated city. A person trip survey is conducted to capture the existing travel behavior patterns, examine people's responses to different policy scenarios, and suggest concrete policies for the city and similar cases.

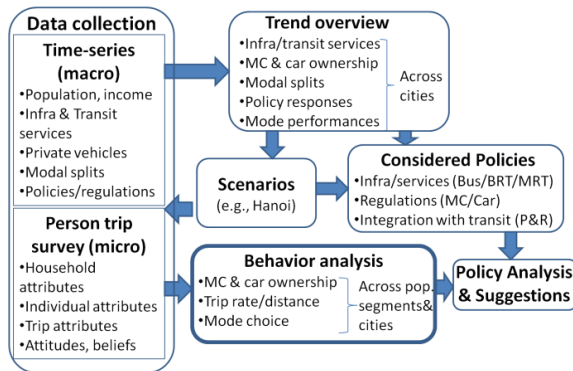


Fig. 1 Overall Study Framework

## 2.2 Stated Preference Survey

A questionnaire survey is conducted in Hanoi City to examine how different groups of travelers might respond to different policy scenarios. The questionnaire includes both revealed preferences (RP) and stated preferences (SP) information items. First, a respondent is asked to reveal what mode he or she actually used to make the trip of concern, identify alternative modes, and give basic travel information on each mode, including access time, waiting time, in-vehicle time, egress time, access cost, fare/fuel cost, parking cost, and toll cost (if any). Revealed mode choice is considered to be a base scenario. Second, the respondent is presented with scenarios or hypothetical changes in travel cost and time of the available modes and hypothetical modes (i.e., BRT and MRT). Actually, four scenarios are set for the survey (see Table 1) with assumptions as follow.

Table 1 Scenarios for stated preferences survey

Mode	Variable	[Scen.1] "BRT only"	[Scen.2] "BRT + Parking"	[Scen.3] "MRT + Parking"	[Scen.4] "MRT + 2Parking"
M-cycle	Parking fee (VND)	0-3,000	8,000	8,000	12,000
Car	Parking fee (VND)	0-30,000	50,000	50,000	75,000
BRT/ improved Bus	In-veh. time	75% X	75% X	75% X	75% X
	Access & wait time	50% Y	50% Y	50% Y	50% Y
	Fare (VND)	5,000	5,000	5,000	8,000
MRT	In-veh. time			50% X	50% X
	Access & wait time			25% Y	25% Y
	Fare (VND)			10,000	15,000

Notes: X = Current bus's in-veh time  
Y = Current bus's access & wait time  
Supposed no changes to Bicycle mode

Note: 1 USD = 20,850 VND (average exchange rate in 2012)

- Scenario 1 “**BRT only**”: It is assumed that a BRT system will be introduced. BRT is expected to reduce in-vehicle time to 75% of the performance of the current bus service. It is also assumed that the higher frequencies offered by the BRT and the use of bicycle as an access mode instead of walking (as mostly indicated in the base case) would reduce out-of-vehicle time (i.e., access time plus waiting time) to 50% of the existing bus's performance. Parking fees of motorcycle and car are assumed to be the same as the base case.
- Scenario 2 “**BRT+Parking**”: It is hypothesized that in addition to the BRT introduction, higher parking fees would be imposed on motorcycle and car users. The performance of the hypothetical BRT remains the same.
- Scenario 3 “**MRT+Parking**”: It is assumed that MRT system will be introduced in addition to the BRT. MRT system is assumed to be able to reduce in-vehicle time further down to 50% of the current bus's performance as it runs faster and provides higher frequency than BRT. It is also supposed that motorcycle will be used as a feeder mode to MRT station, thus it would help to reduce out-of-vehicle time to 25% of the current bus's performance. Hypothetical BRT's performance and the parking fees remain the same as in Scenario 2.
- Scenario 4 “**MRT+2Parking**”: It is assumed that parking fees of motorcycle and car and fares of BRT and MRT would be higher than the levels set in Scenario 3.

Under each scenario, the respondent is asked to indicate his or her most preferred mode among the available ones plus the hypothetical modes for the trip of concern. Of course, the respondent is advised not to choose any private modes that his or her family did not have at moment (i.e., the time of interview). Responses from all the scenarios are pooled together for the purpose of analyzing changes in mode choice behavior.

## 2.3 Characteristics of the Samples

The survey was conducted in May 2012 with 800 samples successfully collected, including 300 motorcycle users, 200 bus users, 150 car users, and 150 bicycle users. Table 2 presents the characteristics of the samples. The samples are distributed quite evenly in term of gender; however, it is biased towards younger groups, particularly 18-24 years old. Most sampled households have about 3 to 4 persons. The samples also skew towards the low-income groups (Q1 and Q2).

**Table 2** Sample characteristics (N=800 samples)

Main characteristics		Percentage (%)
Gender	Male	55
	Female	45
Age	Under 18	2
	18-24	44
	24-29	16
	20-39	17
	40-49	10
	50-59	7
	From 60	5
Household size	1 person	4
	2 person	23
	3-4 person	52
	5+ person	21
Household income quintile (Million VND /month)	Q1 (0-7)	33
	Q2 (7-14)	26
	Q3 (14-21)	14
	Q4 (21-35)	14
	Q5 (>35)	13

## 3. Descriptive Analysis of the Survey

### 3.1 Household Vehicle Ownership Pattern

Table 3 presents the average number of vehicles by household size and income. Since people shifted from bicycle to motorcycle over the past two decades (Tuan, 2012), the households nowadays own a limited number of bicycles, usually just one as a backup mode or for children to commute to school. The number of motorcycles is higher and increases continuously with both household size and income. This indicates that people are heavily reliant on motorcycles to meet their increased mobility needs. The number of cars is strongly determined by the household income. The highest income group (Q5) is likely to own at least one car. Interestingly, the number of motorcycles continues increasing despite the increased number of cars.

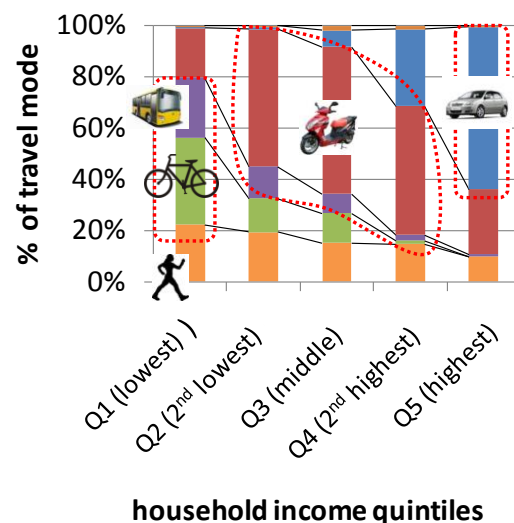
**Table 3** Average vehicles at the household level

Group		Bicycle	M-cycle	Car
Household size	1 person (N=32)	0.22 (0.42)	0.81 (0.54)	0.22 (0.42)
	2 person (N=184)	0.51 (0.66)	1.06 (0.82)	0.08 (0.32)
	3-4 person (N=419)	0.65 (0.74)	1.72 (0.92)	0.32 (0.55)
	5+ person (N=165)	1.03 (1.16)	2.41 (1.06)	0.33 (0.54)
Household income quintile	Q1(lowest) (N=264)	0.76 (0.80)	0.79 (0.78)	0.01 (0.11)
	Q2 (N=208)	0.72 (0.85)	1.78 (0.80)	0.08 (0.35)
	Q3(middle) (N=112)	0.69 (0.89)	2.07 (0.85)	0.32 (0.53)
	Q4 (N=112)	0.52 (0.88)	2.31 (1.04)	0.73 (0.63)
	Q5(highest) (N=104)	0.40 (0.72)	2.52 (1.00)	1.19 (0.54)

Note: the numbers in ( ) parentheses are standard deviations

### 3.2 Revealed Mode Choice Preferences

Average trip rate is generally indifferent among the income groups. On average, a person makes 4 trip/day (including home-work commuting trips), this rate is higher than the one in developed cities, such as Person Trip Survey in Tokyo (2007) estimated 2.5 trip/day per person. In other words, people in developing cities may make more trips than their counterparts in developed cities. Mode choice pattern is, however, totally different across the income groups (Fig.2). While the lowest income (Q1) mainly choose bus and bicycle, a wide range of people (Q2 to Q4) select motorcycle, and the highest income (Q5) use car.



**Fig. 2** Individual's daily trip mode by income

The mode choice patterns can be explained by the users' revealed preferences, as shown in Fig.3. In principle, a person may choose a specific mode for different reasons, including cost saving, time saving, reliability, convenience, comfort, and safety. Recently, the poorest choose bus and/or bicycle for cost saving; many choose motorcycle for time saving and convenience; and the richest prefer car because of comfort and safety. Interestingly, as household income increases the role of travel cost decreases quickly, while the importance of comfort and safety increases dramatically. Considering door-to-door time (i.e., in-vehicle time plus access, regress, and wait time), bus is the slowest mode while motorcycle is the fastest for any distances. For instances, for a trip of 7.5 km it takes 26 minutes by motorcycle but it takes 46 minutes by bus; similarly for a trip of 15 km, it takes 35 minutes and 64 minutes by motorcycle bus, respectively. In term of total travel expenses per month, which include costs for bus ticket, fuel, parking, maintenance, and insurance (excluding vehicle purchase cost), motorcycle usage costs about 580 thousands VND while car usage costs 10 times higher (6 million VND). Using bicycle or bus costs 60-80 thousands VND. Taking the travel expenses as percentage of personal income, the lowest to the middle-income groups pay 14% of their incomes for daily travel, a double rate of Tokyo's people (about 6-7% as estimated). Surprisingly, the higher and highest incomes pay 30% of their incomes for car use for the sake of comfort, safety, and business-oriented values. In fact, 40% of the respondents used car for their business meetings. When being asked if “driving a car will increase your business opportunities”, about two third of the respondents agreed so. That means people strongly perceive the car as a “business investment”, so it might be difficult to shift car users to public transport system until their perception is about to change.

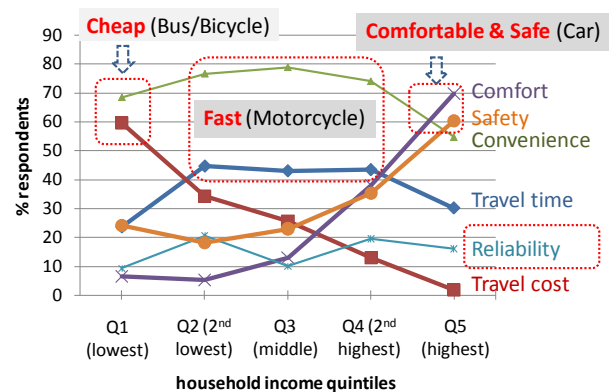


Fig. 3 Revealed factors of mode choice

The survey revealed the fact that 40% of the respondents linked their daily trips together in order to save time and to seek for convenience. This is so called trip chaining behavior. Among various patterns of trip chaining, shopping on the way to get home and dropping off kids at school on the way to work or picking the kids up on the way to get home are the most dominant patterns (Table 4). Totally, 70% of the respondents did so. This fact carries out important implication for the coordination between transport development and land-use planning and control. Currently, the major public facilities, such as shopping malls, schools and hospitals are distributed in a scatter manner. Therefore, motorcycles fit well for such a land-use pattern because of its high flexibility. In the future, the development of MRT system alone might not be able to support trip chaining, thus it might be difficult to shift motorcycle users to the MRT system. Thus, the future MRT system needs to be supported by drastic changes in land-use pattern. Effective measures may include parking control, realizing the Transit-Oriented-Development (TOD) concept or bringing the major public facilities closer to the planned MRT stations to support the trip chaining practice, thereby further encouraging the modal shift to the MRT system.

Table 4 Patterns of trip chaining (N=328 samples)

Trip chaining pattern	Percentage (%)
Shopping → Home/Other	35
Kid drop-off/pickup → Work/ Home	32
Eating out → Work	10
Main work → Part-time work	8
At work/social/study, etc. → Other	15

In summary, as incomes increase, people would strongly prefer fast, safe and comfortable travel modes. But motorcycle ownership and use are likely to continue increasing at the higher income levels despite the growth in car ownership. The trip chaining behavior and the perceived value of the private car as a “business investment” may prevent the people from shifting to public transport.

### 3.3 Stated Mode Choice Preferences

Fig. 4 presents the result of the stated mode choices by scenario. As expected, when the level of intervention increases, motorcycle and car users are more likely to shift to public transport. Comparing the “BRT+Parking” and “MRT+Parking” scenarios, it shows that if BRT system is introduced only, there would remain 63-75% of motorcycle and car users. However, if MRT system is added, it is likely to reduce the shares of motorcycle and car users to 46-49%. Further, while motorcycle users would prefer both BRT and MRT, car users would prefer MRT only. Such different responses imply the important role of MRT system in achieving the substantial modal shift. However, given the most aggressive intervention in the scenario “MRT+2Parking”, there would remain 36-43% of motorcycle and car users who will still stick to their private vehicles, not shifting to MRT or BRT system.

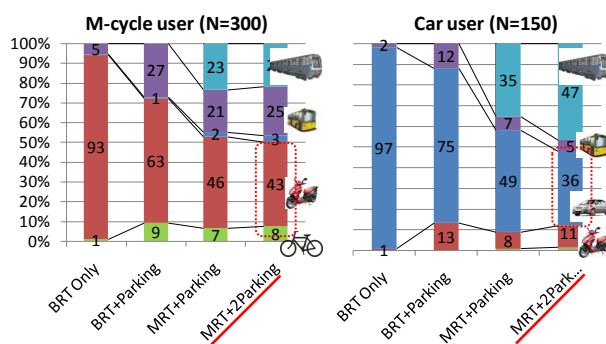
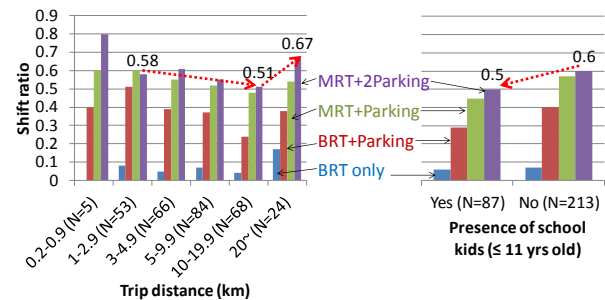


Fig. 4 Stated mode choices by scenario

Examining the ratio of shifting away from motorcycle, it shows interesting findings. We usually expected that as trip distance increases, motorcycle user was more likely to shift to public transport for more comfort and increased safety. However, the stated responses show the opposite trend (Fig.5a): Within a distance of 20 km, the shift ratio actually decreased. Perhaps, the habit of trip

chaining prevents a portion of motorcycle users from shifting to the improved public transport even for long distances. Fig.5b further shows that the motorcycle users with school kids or children in their households might be less likely to shift than the ones without school kid. That means people with school kids would still prefer to use motorcycles for the convenience of kid drop-off and pick-up.



(a) by trip distance (b) by school kid presence

Fig. 5 Ratio of shifting away from motorcycle

In summary, the descriptive analysis found that at higher incomes household motorcycle ownership is likely to continue increasing despite the growth in household car ownership. As incomes increase, people would strongly prefer fast, safe and comfortable modes. It may be difficult to shift motorcycle and car users to new or improved public transport systems because of the trip chaining behavior often made by motorcycle users and the perceived value of private car as a “business investment”.

#### 4. Mode Choice Behavior Modeling

This part presents the results of modeling mode choice behavior by traveler group, which is classified by personal income quintile and presence of school kids in the household. A multinomial logit model framework (Dissanayake and Morikawa, 2003; Train and Wilson, 2008) was applied for the analysis. The utility function was assumed to be a linear function of explanatory variables. Various models were specified and estimated based on the combination of RP and SP data. Estimated models that best fit the data are presented below.

##### 4.1 Mode Choice Model by Income Group

Table 5 presents estimated models of the mode choice by income. The respondents are classified into three income levels, low income (Q1 and Q2), middle income (Q3), and high income (Q4 and Q5). Key findings can be summarized as follow. The first factor is “Travel cost divided by Income”. The middle-income group seems to be most sensitive to this factor. This group also seems to be most sensitive to “Travel time” factor, however, it is interesting that it may be insignificant for the high-income group because they may do care more about safety and comfort as explained previously. Third, “personal income” factor has positive effect on car choice, negative effect on BRT and bicycle choice, but has insignificantly negative on MRT choice, especially for low and high income groups. Interestingly, “Car ownership per household adult member” would increase car choice, but only significant to the middle income as this group is strongly seeking the social status from this mode. They may want to mimic the high-income group by trying to own and use private passenger car. More importantly, the number of motorcycles per household adult member has the most negative impact on BRT, MRT and bicycle. In fact, these people are the main users of the existing bus service because they do not have regular access to motorcycle. However, as their incomes increase, they will buy motorcycle, thus shifting away from current bus or would not use new public transport systems like BRT and MRT. It is also interesting that within the middle- and high-income groups the higher the number of bicycles per adult member the higher the choice of MRT and BRT. This could be explained by the fact that these people like to use bicycle, an environmentally friendly mode, so they

wish to use BRT and MRT if these modes are introduced. So it is important to encourage the people to use bicycles daily. This mode was so popular in the 1980s and 1990s, but people drastically shifted to motorcycles. Nowadays, a limited number of peoples are using bicycle. Therefore, policy measures to revitalize bicycle transport culture in Vietnam are very important to support the development of new public transport systems in the future. Lastly, it is found that destination of the trip may influence the mode choice, but only significant to BRT. The low and middle income are likely to choose BRT if they go outward of the city center, however, it is opposite to the high income. As the high income usually live in newly developed areas or out of the city center and they do have car, so they use car to make such trips, not willing to shift to BRT system.

**Table 5** Estimated SP/RP mode choice models by income group

Variable	Model		All cases		Low Income		Mid Income		High Income	
			para.	t-test	para.	t-test	para.	t-test	para.	t-test
<b>Travel Cost by Income</b> (VND per mil. VND)			-2.53E-04	-9.84	-2.84E-04	-8.51	-3.31E-04	-4.53	-2.20E-04	-3.15
<b>Total travel time</b> (min.)			-0.0521	-10.74	-0.0562	-9.42	-0.0666	-5.59	-0.0193	-1.23
<b>Personal income</b> (mil. VND)										
Car alternative			0.0899	3.34	0.0885	0.46	0.0104	0.17	0.114	3.26
BRT alternative.			-0.193	-5.80	-0.207	-3.54	-0.149	-2.93	-0.109	-1.88
MRT alternative			-0.022	-0.76	-0.126	-1.45	-0.0913	-1.91	-0.0136	-0.33
Bicycle alternative			-0.478	-6.95	-0.558	-5.89	-0.445	-3.59	-1.03	-1.98
<b>Car ownership</b> (per adult)										
Car alternative			0.152	0.26	3.82	1.42	3.14	2.85	-0.922	-1.37
<b>M-cycle ownership</b> (per adult)										
Car alternative			0.118	0.26	-0.482	-0.34	0.38	0.49	0.0824	0.13
BRT alternative			-2.36	-9.72	-2.3	-7.51	-2.81	-5.43	-1.06	-1.39
MRT alternative			-1.51	-5.81	-2.09	-5.06	-0.454	-1.54	-1.37	-1.90
Bicycle alternative			-1.01	-3.63	-1.33	-3.89	1.01	1.32	3.33	0.83
<b>Bicycle ownership</b> (per adult)										
BRT alternative			0.154	0.65	-0.41	-1.46	2.08	3.45	1.91	1.80
MRT alternative			0.515	1.46	-0.168	-0.36	1.89	2.67	5.72	3.24
Bicycle alternative			1.45	4.27	1.47	3.70	1.17	1.27	0.513	0.17
<b>Trip Destination zone</b>										
BRT alternative			0.478	5.66	0.531	4.81	0.719	4.09	-0.999	-2.50
MRT alternative			-0.0823	-0.74	0.235	1.36	-0.211	-1.20	-0.189	-0.61
<b>Scale parameter</b>			0.535	11.22	0.492	10.44	0.753	2.07	0.589	3.39
<b>Value of time</b> (VND/hour)			79077		36095		82576		94061	
Initial log-likelihood			-3873.47		-2474.41		-727.22		-671.84	
Final log-likelihood			-3025.58		-2040.84		-570.25		-337.56	
Rho-square			0.23		0.184		0.331		0.412	
Adjusted rho-square			0.226		0.178		0.311		0.383	
Sample size			3,922		2438		770		714	

Notes: Motorcycle is treated as a reference mode

1 USD = 20,850 VND (average exchange rate in 2012)

## 4.2 Mode Choice Model by School Kid Presence in the household

It is important to understand how different travelers with/without school kids would change their mode choice in response to changes in travel time, travel cost, and vehicle ownership. Table 6 shows that the ones with school kid(s) are less

negatively sensitive to increase in travel cost relatively to income than the ones without. However, they are more negatively sensitive to increase in total travel time. The number of cars per adult member may lead to increase in the likelihood of choosing car; however the effect is not statistically significant. As the number of

motorcycles per adult member increases, the respondents without school kid would be less willing to choose BRT and MRT. Interestingly, the ones with school kid(s) may be more likely to choose BRT and bicycle as the number of bicycles

per member increase. These findings may imply that people who got married and having school kids are more concerned about traffic safety and time saving than travel cost.

**Table 6** Estimated SP/RP mode choice models by school kid presence in the household

Variable	Model	All cases		Without Kid ≤ 11		With Kid ≤ 11	
		para.	t-test	para.	t-test	para.	t-test
<b>Travel Cost by Income</b> (VND per mil. VND)		-2.53E-04	-9.84	-2.98E-04	-9.04	-1.88E-04	-4.32
<b>Total travel time</b> (min.)		-0.0521	-10.74	-0.0518	-8.85	-0.0535	-6.25
<b>Personal income</b> (mil. VND)							
Car alternative		0.0899	3.34	0.138	2.77	0.0693	2.67
BRT alternative		-0.193	-5.80	-0.278	-5.54	-0.0743	-2.25
MRT alternative		-0.022	-0.76	-0.186	-3.35	0.0706	2.82
Bicycle alternative		-0.478	-6.95	-0.459	-5.26	-0.465	-4.50
<b>Car ownership</b> (per adult)							
Car alternative		0.152	0.26	-1.69	-1.62	0.86	1.47
<b>M-cycle ownership</b> (per adult)							
Car alternative		0.118	0.26	0.755	1.07	-0.271	-0.60
BRT alternative		-2.36	-9.72	-2.67	-8.48	-1.59	-4.77
MRT alternative		-1.51	-5.81	-1.33	-3.94	-1.25	-3.67
Bicycle alternative		-1.01	-3.63	-1.67	-4.45	-0.376	-0.88
<b>Bicycle ownership</b> (per adult)							
BRT alternative		0.154	0.65	-0.0139	-0.05	0.73	1.77
MRT alternative		0.515	1.46	0.654	1.49	0.136	0.23
Bicycle alternative		1.45	4.27	1.39	3.38	2.14	2.96
<b>Destination zone</b>							
BRT alternative		0.478	5.66	0.665	6.14	0.101	0.85
MRT alternative		-0.0823	-0.74	0.204	1.38	-0.397	-2.48
<b>Scale parameter</b>		0.535	11.22	0.488	11.57	0.75	2.38
<b>Value of time</b> (VND/hour)		79077		50062		189527	
Initial log-likelihood		-3873.47		-2785.83		-1087.64	
Final log-likelihood		-3025.58		-2263.66		-729.375	
Rho-square		0.23		0.216		0.3	
Adjusted rho-square		0.226		0.21		0.284	
Sample size		3,922		2891		1031	

Notes: Motorcycle is treated as a reference mode

1 USD = 20,850 VND (average exchange rate in 2012)

### 4.3 Estimated Values of Travel Time

Based on the estimated models, the values of travel time are derived by dividing the coefficient of “Total travel time” by the coefficient of “Travel cost by Income” and then timing by the average personal income. The value of travel time is then compared with the average pay rate per group of travelers. Table 7 presents the comparison result. The low and middle income people may be willing to pay double of their pay rate for saving an hour of travel time (ratio = 1.90-1.97), while the high income would pay less than their pay rate (ratio = 0.84). It implies that the low- and middle-

income groups (or the majority of the population in Hanoi City) are willing to pay high cost for travel time saving. Further, the travelers with school kids are willing to pay an extremely higher rate (ratio = 2.73) than the ones without school kid. This fact shows the strong influence of the school kids in the family on mode choice behavior of the adult members. The influence might remain strong in the future. The urban transport planners, managers, and international consultants and experts should be kept these interesting and important findings in mind when they plan for public transport investments.

**Table 7** Comparison of estimated value of travel time and average pay rate

Traveler Group	Estimated value of travel time (VND/hour)	Average pay rate (VND/hour)	Ratio between VOT and average pay rate
Average (all cases)	79,077	40,000	1.97
Low income	36,095	19,000	1.90
Middle income	82,576	42,750	1.93
High income	94,061	111,688	0.84
Without school kid	50,062	30,000	1.67
With school kid(s)	189,527	69,375	2.73

*Note: 1 USD = 20,850 VND (average exchange rate in 2012)*

In summary, the model-based analysis suggests that just improving the quality of bus services or introducing BRT system may be not sufficient to attract a large number of motorcycle and car users until MRT system is introduced. There might be a significant number of motorcycle and car users who are likely to stick to motorcycle/car despite the introduction of MRT system and the imposition of high parking charges. Such a resistance in behavioral change may be explained by the facts that motorcycle users usually link trips together (trip chaining) and higher income people strongly perceive car ownership and use as a business investment. The high level of motorcycle ownership at the household level is likely reducing the modal shift to MRT/BRT system in the future. The value of travel time may vary significantly across population segments, especially by income level and the presence of school kids in the household. Low and middle income and the ones with school kid are willing to pay high cost for travel time saving. Middle and high income people are more concerned about traffic safety and comfort.

### 5. Discussions and Conclusion

The study suggests that Asian cities should invest in MRT system development to meet increased travel demand and help solve the issues of motorcycle dominance in the long run. The high level of service of the MRT system will be effective to attract a large number of motorcycle and car users. However, there might be a significant number of motorcycle and car users who are likely to stick to their vehicles, not shifting to the new public transport systems. Therefore, supplementary policies will be strongly needed to support the intended modal shift. The policies may include the following. First, a good coordination between MRT development and land-use development around the planned MRT stations should aim for bringing major public facilities closer to the planned MRT stations. This strategy will help accommodate the trip chaining behavior, thereby encouraging drastic modal shift.

Second, special regulations will be inevitably needed to restrict motorcycle ownership and use. Motorcycles should be converted from a currently main mode to a feeder mode by regulatory measures. The survey has shown that

many travelers are likely to commute for a distance longer than 20 km by motorcycle. To discourage long-distance trips by motorcycle and improve road safety developed countries in Asia like Taiwan, South Korea, Japan, and Hong Kong already prohibited motorcycle ride on urban expressways and trunk roads. Thailand and the Philippines also restricted motorcycles on expressways and trunk roads. However, Malaysia still allows motorcycles run on expressways by providing exclusive motorcycle lanes. As a result, the country has been suffering from the highest fatal accident and death rates among developing Asian countries (WHO, 2009). It is highly suggested that Vietnam and other developing countries like Indonesia shall prohibit motorcycle use on expressways, including urban expressways.

At the same time, it is important to provide park-and-ride facilities for motorcycle users at the planned MRT stations and BRT terminals as experienced by Taipei and Bangkok. In Taipei, although the bus and rail networks have been quite extensive, still 20% to 30% of the residential and office areas are located beyond 2 km from transit stations. To increase the coverage of transit systems, the city decided to provide more motorcycle parking spaces at transit stations. They revised Planning Manual for Rapid Transit Systems in 2005 to accommodate this. As a result, motorcycle parking spaces increased from 7,000 to 9,000, sharing 40% the total parking spaces. In Bangkok, motorcycle taxi service is very popular. Motorcycle taxis are operating along narrow and deep streets (Sois) branching off the main streets where bus routes and railways operate. It has contributed to 30% of the total access trips, followed by Songtaeow 23%. Realizing the importance of this service, the Thai government accepted this mode as a formal public transport in 2005 and has regulated since then. The city controls fare and regulates license plates, driver's uniform, safety service and driving behavior. This policy also helps improve safety for passengers and increase incomes for the drivers. The city is also proposing terminals connected with stations for motorcycle taxi operation. More aggressive could be a staged restriction of motorcycle use in urban area as experienced by Guangzhou and other Chinese cities.

Third, measures to control car ownership and use at early stage are urgently needed. Parking

restriction is an obvious solution. Alternative measures could be to provide convenient and high-quality places for business meeting at MRT stations (e.g., Starbuck or Macdonald) to upgrade the image of public transport and thus attract more high income people or car users to use it.

Finally, other cities would need to implement a similar survey and study on travel behavior changes in response to improvements in urban transport infrastructure and services. This will aid the planning of mass rapid transit systems and policy-making. As a future work, the study will incorporate factors other than travel cost and time, such as comfort, safety, reliability, and flexibly into the mode choice models.

## 6. References

- [1] Acharya, S. R. and Morichi, S. (2007) Motorization and role of mass rapid transit in East Asian megacities, *IATSS Research*, Vol. 31, No. 2, pp.6-16.
- [2] Dissanayake, D. and Morikawa, T. (2003) A Combined RP/SP Nested Logit Model of Vehicle Ownership, Mode Choice and Trip Chaining to Investigate Household Travel Behavior in Developing Countries, *TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM*.
- [3] Givoni, M. and Banister, D. (2010) The need for integration in transport policy and practice, Chapter 1 in *Integrated transport – from policy to practice*, edited by Moshe Givoni and David Banister, Routledge.
- [4] JICA (2007) *The Comprehensive Urban Development Programme in Hanoi Capital City of the Socialist Republic of Vietnam – HAIDEP*, Final Report.
- [5] May, A. D. and Roberts, M. (1995) The design of integrated transport strategies, *Transport Policy*, Vol. 2, pp.97 - 105.
- [6] Morichi, S. and Acharya, S.R. (2007) New perspectives on urban transport policies for East Asian megacities, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6.
- [7] Morichi, S. (2009) Sustainable transport development in East Asian megacities, *Int. J. Environment and Sustainable Development*, Vol. 8, No. 3-4, pp.229–246.
- [8] Schipper, L. (2004) Sustainable urban transport: progress in Mexico city and prospects for China, *International Mayors Forum on Sustainable Urban Energy Development*, Kunming, China, 10-11 November.

- [9] Person Trip Survey in Tokyo (2007), accessed [http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/zpt/pdf/zenkokupt\\_gaiyouban\\_english.pdf](http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/zpt/pdf/zenkokupt_gaiyouban_english.pdf).
- [10] Train, K. and Wilson, W.W. (2008) Estimation on stated-preference experiments constructed from revealed-preference choices, *Transportation Research Part B*, Vol. 42, pp.191-203.
- [11] Tuan, Vu Anh (2012) Long-term strategies for motorcycle management in Asian Cities, *ITPS Transport Policy Studies' Review*, Vol. 14, No. 4, 2012 Winter, pp.72-80 (in Japanese).
- [12] WHO (World Health Organization) (2009) Vehicles, road traffic deaths and proportion of road users, Table A.2 included in *Global Status Report on Road Safety*, accessed [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/data/table\\_a2.pdf](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/data/table_a2.pdf).

## **User Perception Towards Service Quality of Public Bus Transportation in Anuradhapura District, Sri Lanka**

Paper Identification Number: **AYRF14-041**

Gayani Sasendrika Gunarathne<sup>1</sup>, Djoen San Santoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil and Infrastructure Engineering, School of Engineering and Technology

Asian Institute of Technology, Pathumthani

Telephone: +(66 2) 516 0110 - 44 Fax: +(66-2) 516 2126

E-mail: kmgayani@yahoo.com

<sup>2</sup> Construction, Engineering and Infrastructure Management

School of Engineering and Technology

Asian Institute of Technology, Pathumthani

Telephone: +94714198548

E-mail: djoensan@yahoo.com

### **Abstract**

Escalation of travel demand and increasing use of private vehicles are causing a swift motorization in various nations around the world, which at the end resulted in traffic jam and longer travel time. Arguably, the public transport must be a part of a solution in sustainable transportation. In order to increase the mode share of public transportation, the service quality should be satisfactory to fulfill the expected requirements of the users. This study examined the critical attributes of service quality of public bus by conducting a questionnaire survey depending on the bus users' satisfaction, importance factors, and demographic characteristics. Eventually, the study is a series of discoveries to find out what types of critical attributes are common in the selected area in Anuradhapura District.

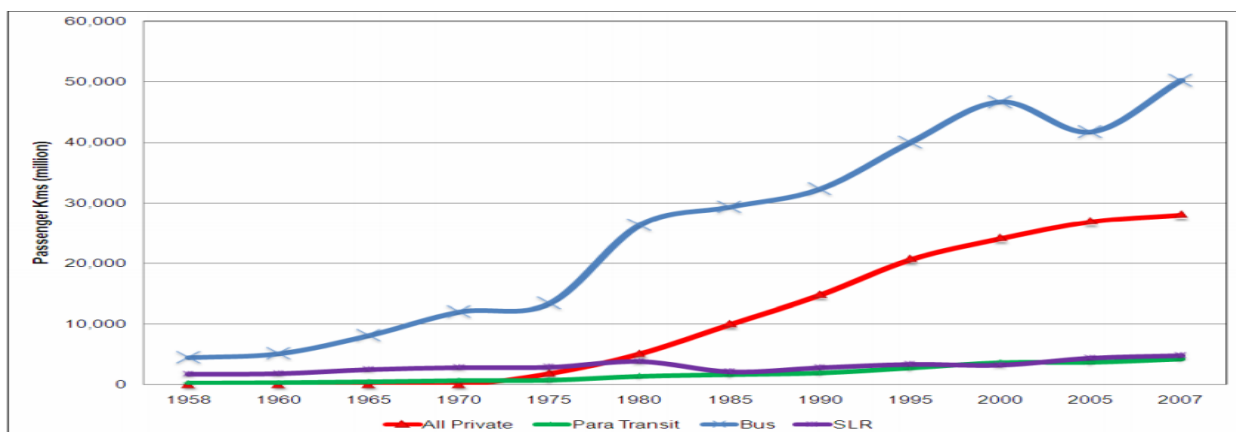
**Keywords:** Public-Transportation, Perception, Service Quality, Satisfaction, Importance

### **1. Introduction**

Congestion of vehicles in Sri Lankan metropolitan zones and its rapid and broader concerns on the environment are urging responsible authorities in project-level sector and network-level sector to initiate sustainable transport policies. These policies need a specific person-oriented attention to the expectations of the users, to be aware and measure the most effective parameters on their judgment to travel in public transport. So this makes it essential to identify the principles and classes of user(s), and also to know which of these policies may be directed or exposed for the users. These aspects in this regard come within an entire scope of raising the quality of the service given to attract more users. The conception of quality of service has been broadly applied to the public transportation because it shields varieties of topics as such as security and safety within the carrier, travel time and convenience of the service expected.

Public-Transportation has a critical role in associated with the mode share (Percentage of travellers using a specific type of transportation or number of trips using said type). For an example, it is a supporting substitute for the private vehicles and at the same time, it provides a choice for those who do not own a private vehicle. As far as the sustainable transportation is concerned, the mode share is considered to be the most significant factor, as it directly links with the quality of service. By and large, the passengers always tend to use or perceive the best transportation services which satisfy their needs and requirements.

Variation of Mode Share in Sri Lanka over 49 years is shown in Fig. 1.



**Fig. 1** Variation of Mode Share in Sri Lanka (Source: Kumarage, A.S., 2011)

In this research, there are two well-defined objectives are mentioned below to come up with a ground conclusion. The two main objectives are listed as follows:

1. To examine the critical attributes of service quality for public bus which need to be improved.
2. To analyse perceptions of service quality from socio demographic factors.

## 2. Literature Review

### 2.1 Service Quality

Quality of service is a major component where we have to drift our attention to. This component heavily depends upon two parameters; users and providers. The gap between the expected services and the experienced services is taken to evaluate the quality, in terms of users. Performance is measured by the gap between the provider's target and the delivered quality level. This is the measure of the provider (TCRP, 2010). These two perspectives are interrelated to each other, and it launches a "quality loop". This can be used to illustrate and measure, how productively a service can be met the user perceptions.

The quality loop is based on four clearly defined quality benchmarks. They are targeted quality, delivered quality, perceived quality, and expected quality. The gap among these benchmarks can be minimized by improving service quality and efficiency. There are many components under service quality and it is vital to recognize the aspects that are considered to be significant from passenger's perception. Therefore to increase the

customer satisfaction, it is required to improve the service quality. Then what will happen is that the contented customers will tend to use the service and they can help to bring out or encourage other users to get the experience on public transportation to their life.

### 2.2 Public Transportation

Transportation plays a key role in the system of life, the government structure, and social structure. To build a sustainable public transport structure, it needs to regenerate all features related to public transport. Government does a very significant task in the process of planning and implementation of public transport policy. Various policies that affect the transportation problems should be synchronized to sustain the continuation of the transportation.

Today public transportation has turned out to be one of the essential parts of urban planning and the means for billions of people to get from their origin to destination. The public transportation is the most eco-friendliest approach of all transportation modes. Even though it might be uncomfortable at sometimes, but many people would say that it is valuable at the end, in terms of economy and environment. We can clearly identify the relationship between public transportation and its effect on environment.

### 2.3 Service Quality in the Public Bus Transportation

Traffic disorder is a source of traffic congestion, and poor service of maintenance especially in the public bus transportation. So, it has to be understood that the policy makers have to

be more reasonable in making their decisions to issue policies associated with public interests in the future. Without having a fair alignment of the policies, it is impossible to expect a balance between the use of private vehicles and public transportation (Erlangga, 2004).

Bus transport is once again a significant element in any urban public transportation system when we focus on its role as a complementary mode. This helps to cover a broad range which cannot be covered by any other mode (Dell'Olio, 2010). Moreover, in actuating, it needs for the bus owner organizations to be as fast, as safe, as reasonable fare for the passengers that can be afforded as possible. And more importantly, there should no accidents be happened during its transportation routine along with passengers or goods.

In order to keep the bus transportation afloat, it should be supplied with active operations, productivity of the agencies and also the level of service that has to be offered to the public. It is not disturbed so much with mechanical performance of the vehicles. But more with their functions and operational activities, that is evident and influences the travelling public in their choice of mode (Giannopoulos, 1989).

## 2.4 Customer Satisfaction and Service Quality

Lately, number of parties has come to aware the significance of customers' satisfaction. It is obvious that it cost less to enforce customers to use the same service than attracting new customers. For almost all of the parties in the civic sector, customers' satisfaction is a significant factor when stepping forward for the success. Following Oliver (1997), “Satisfaction” is meant by the customer's accomplishment or in other words, it is a hypercritical point of view whether the service is at a satisfying condition. Anything which is below this critical point will leads to dissatisfaction.

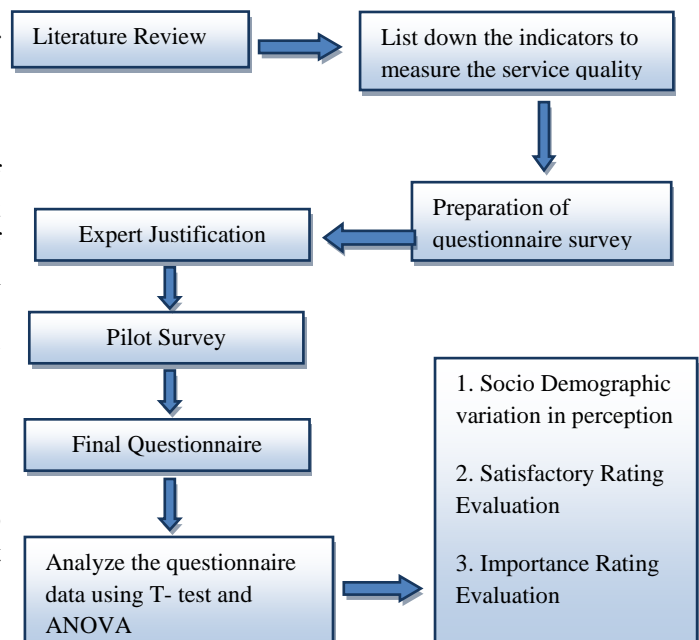
Hence, quality is key parameter which influences the user's satisfaction decisions. Number of studies has been carried out to measure the satisfaction and dissatisfaction in public transportation service all around the world. Among them Gatersleben and Uzzell (2007) studied influential experiences of day-to-day travel. Finding of this survey discovered that not only traveling by private car but also public automobiles cause dissatisfaction due to the delays. Another

survey conducted by Van Vugt et al. (1996) provided solid confirmations that the customers desire alternatives with not only small journey times but also higher frequency of service.

## 3. Methodology

### 3.1 Approach

The methodology is totally based on a questionnaire survey which is conducted within the study area. A set of questions related to public transportation, including other miscellaneous information are designed to gather necessary data to detect the existing quality of the bus transportation system in the selected area, in Anuradhapura district.



**Fig. 2** Exhibition of the methodological process

### 3.2 Identification of Indicators to measure the service quality

Quite a lot of past studies have been carried out for the purpose of identifying the affecting attributes on service quality in public bus transportation. A set of attributes which was included to design the questionnaire, can be shown as an array of attributes.

Attributes = {route coverage, affordability, frequency of service, hours of service, payment system, ease of transfer, reliability, accessibility, bus capacity, appeal of carrier, cleanliness in the bus-stop, cleanliness inside the bus, facilities on the bus, facilities in the bus-stop, comfort on the bus,

information provision, security on the bus, security in the bus-stop, safety provision, staff politeness, driver behavior, facilities for the disables, ease of getting on/off from the bus}

As it is mentioned in the “Attribute” set, twenty-three factors have been considered to design the questionnaire survey for the research.

### 3.3 Questionnaire Survey

Questionnaire survey is divided into 3 parts.

1. Demographic characteristics
2. Satisfaction rating
3. Importance rating

The responders are asked to provide their demographic characteristics such as gender, age parameters, employment information, income etc.

Then, the second part of the questionnaire is designed to detect the satisfaction on the existing bus transportation, whereas the third part of the questionnaire detects the importance parameters that has in the prevailing bus transportation. Each rating in satisfaction rating has a score which expands from #1 to # 5 representing each number; strongly dissatisfied, not satisfied, neither satisfied nor dissatisfied, satisfied, and strongly satisfied respectively. Moreover, each rating in importance rating has a score which expands from again from #1 to # 5 representing unimportant, fairly unimportant, neutral, important and very important.

After a careful supervision on the questionnaire, an expert justification was carried out for further amendments if necessary. For this task, six experts were attended consisting of a civil engineer, a high school principal, a university lecturer, a police officer, a lawyer and a nurse.

Next, a pilot survey was carried out in a selected bus-stop having twenty responders for the survey, in order to ensure that the results are reliable and realistic. After being successfully carrying out the pilot survey, the final data collection will be done eventually. Here the expected sample specimens are two-hundred.

### 3.4 Analysis of the research

The analysis of this study can be essentially divided into three stages.

1. Identification of attributes from survey of literature about service quality of public bus transportation.
2. All the critical attributes which need to be improved, were measured in service quality attributes using satisfactory scale and importance scale.
3. Collected data was analyzed and interpreted to assess the people’s perception towards service quality of public buses.

The cross tabulation analysis between satisfactions versus importance was carried out to identify the critical attributes that need to be improved. The T- test and ANOVA was used to grasp the distinction of perception with respect to the responders’ demographic characteristics.

## 4. Results

### 4.1 Examine the critical attributes of service quality for public bus which need to be improved.

In this research what is significant to look at is to find out what attributes needs to be developed or flourished, to ensure that the public transportation is in the good standards. As an accurate and a realistic technique, the questionnaire approach is extremely operative. The reason is that all the information is taken directly from the people who use the public transportation themselves. So in this case, each respondent is given the set of questions which is included in the questionnaire and everybody is exposed to give their opinions on what they feel about the “satisfaction” and the “importance”, after providing their socio-demographic information. Since each attribute is liable to be answered with a number which covers from 1 to 5, we can identify how much of percentage have the respondents chosen # 1 and # 2 out of all the participants. In other words, we can get a clear idea on how much of people are “Strongly Dissatisfy” or “Dissatisfy” on the stated attributes in public transportation. And it will be a proportion of total respondents participated in the questionnaire survey. If the cumulative percentage exceeds 50% for those who voted # 1 and # 2, it can be said that the majority of the users have a

negative point of view on the prevailing bus transportation system. This can be done for each attribute to see if there is any necessity to ameliorate the existing condition of the bus transportation. Similarly, the importance factor is analysed in the same fashion.

After the analysis, the critical attributes within the selected area can be determined as it shows in the following table for both the importance and the satisfaction rating cases.

**Table 1** Attributes in both Satisfaction Rating and Importance Rating

Critical Attributes for Satisfaction Rating	Critical Attributes in Importance Rating
1. Frequency of service	1. Frequency of service
2. Hours of service	2. Hours of service
3. Ease of transfer/interchanges	3. Ease of transfer
4. Bus capacity	4. Reliability
5. Appeal of vehicle	5. Accessibility
6. Cleanliness in the bus stop	6. Bus capacity
7. Facilities on the bus	7. Facilities on the bus/bus-stop
8. Facilities on the bus stop	8. Security in the bus
9. Comfort on the bus,	9. Comfort on the bus
10. Information provision,	10. Information provision
11. Security in the bus stop	11. Security in the halt
12. Safety provision,	12. Safety provision
13. Staff politeness, Driver behavior	13. Staff politeness and helpfulness
	14. Driver behavior
	15. facilities for disable
	17. Ease of getting on or getting off from the bus

Here, each attribute exceeds 50% for people who have voted # 1 and # 2 in the questionnaire rating in both cases. Then using the cross tabulation analysis, the critical attributes were identified. The results are shown in the Table 2.

**Table 2** Critical attributes which need to be improved

Importance Rating	Satisfaction Rating				
	Strongly Dissatisfied	Dissatisfied	Neither Dissatisfied nor Satisfied	Satisfied	Strongly Satisfied
Vary Important	1. Frequency of service 2. Hours of service 3. Ease of transfer/interchanges 4. Bus capacity 5. Facilities in the bus 6. Facilities on the bus stop 7. Comfort on the bus 8. Information provision				
Important	9. Security in the bus stop 10. Safety Provision 11. Staff politeness 12. Driver behaviour				
Neutral					
Fairly Important					
Unimportant					

The next step is to assess the moderate preference of the responders based on their replies in the questionnaire survey. The average preference of the respondents can be figured out by looking at the mean values depending on what the respondents have answered. Once the mean values are organized in the ascending order, the ranking can be arranged in accordance with the score that the responders have replied. Same procedure was used for the Importance Rating.

As it is clearly explained in the Table 2, twelve (12) of the total characteristic aspects are considered to be the most critical attributes. As far as these attributes are concerned, they are not only the responses that majority of people chose, but also those attributes are the baseline data for this analysis. According to the mean values which can be ordered based on the ascending order in both Satisfaction rating and importance rating, it can be said that those attributes vary based on the rating # 1 to # 5. In other words, those which are varying around # 1 and # 2 are supposed to be the most important and the most dissatisfied attributes

#### **4.2 Analyse perceptions of service quality from socio demographic characteristics.**

In this section, comparison among attributes of service quality is conducted by employing analysis of variance (ANOVA) and t-test to find whether there is a significant difference in the perception between genders, age groups, income groups, respondents with different employment groups, respondents who use the service with different frequencies, respondents who use the service for different purposes, car ownership, bike ownership, preferred bus service, and license ownership. The results presented in the tables are with 5% significance level.

The following demographic characteristics were analyzed:

##### **1. Analysis between genders.**

From the results, it is clear that there is a significant difference in the perception between male and female regarding the Importance of below attributes.

- Ease of transfers/interchanges
- Accessibility
- Bus Capacity
- Information Provision

##### **2. Analysis among age groups.**

From the results, it is clear that there is a difference in the perception between the age groups regarding the importance of below Attributes.

- Cleanliness in the bus stop
- Cleanliness inside the bus

##### **3. Analysis among the respondents having different employment groups.**

From the Post Hoc test, we can see that there is a difference in perception among student; other and Government job; other occupation group on the importance of reliability. Students and government officers have a defined scope of schedule. Therefore, the reliability is an important factor for these two sets of groups. Here, the other occupation group refers to respondents who do not work on a schedule (example: retired officers and people

without employments). Schedule is not much that important for this type of group.

Moreover, there were total of 71 (39.25%) students out of 181 respondents. The students use bus service to go to school or tuition classes. Therefore, it is clear that reliability is an important factor for them. Here, the reliability is referred to consistency of buses that are arriving according to their preferred schedule.

From the results, it was found out that there is a significant difference in perception between groups regarding the importance of following attributes:

- Reliability
- Cleanliness inside the bus

##### **4. Analysis among income groups.**

The results show that there is a difference in perception regarding the importance of:

- Frequency of service
- Reliability
- Cleanliness inside the bus

##### **5. Analysis among the respondents who are using the service in different frequencies.**

Results show that there is a difference in perception regarding the importance of:

- Cleanliness inside the bus stop

##### **6. Analysis among the respondents who use the service for difference purposes.**

Results show that there is a difference in perception regarding the importance of:

- Cleanliness in the bus stop

##### **7. Perception towards the service quality of respondents with the Car Ownership.**

Out of the 181 responders 75 (41%) responders own a car while 106 (59%) do not own a car.

The T-test was carried out to find whether there is a difference in the perception towards the service quality with the car ownership.

It is due to:

- Inflation rate of fuel persuades the car owners to limit their usage of cars more often.
  - Frequent circulation of buses and existence of many transit opportunities in Anuradhapura area, people also tend to limit their private vehicle usage and prioritize public transportation.
  - With the increasing amount of private vehicles, the amount of parking spaces decreases proportionally and causing time loss on the road. People always try to get to their destination spending less time on the road.
  - Seriousness of the driving test for the driver's license, eyesight condition of the vehicle users, and physical health etc.
8. Analysis of perception towards the service quality with the preferred bus service.

Out of 83 (45.9%) responders prefer to use SLTB bus service while 98 (54.1%) responders prefer using bus service provided by private sector.

The T-test was carried out to find whether there is a difference in the perception towards the service quality with the preferred bus service.

Three attributes were critical:

- Frequency of service
- Hours of service
- Payment system

The main reason is:

Less number of buses exists in SLTB sector compared to the private sector and therefore frequency of service, hours of service are less wise-versa.

## 5. Conclusion

After a rigorous preliminary research work, a questionnaire survey to analyse problems in existing transportation system in Sri Lanka was developed. Respondents were requested to give their evaluation on the bus services based on two perspectives:

1.) Satisfaction of the people on service quality in the bus transportation.

2.) Importance factors that people would be looking, to have a better transportation network throughout the city.

The questionnaire was designed in such a way that it covers most of all the age groups who might use bus transportation regardless of either the service is obtained by SLTB or by private sector.

However, the first task of this study was to detect the critical attributes that the users face in their daily routine. The structure of the questionnaire survey entices the critical attributes, and those attributes are dependent upon the importance factor and the satisfaction factor. The satisfaction rating corresponds the responses which fall to strongly dissatisfied and dissatisfied whereas the importance rating corresponds the responses which fall to very important and important. After a statistical analysis it was possible to detect twelve critical attributes which count for both importance and satisfaction ratings as follows:

1. Information provision
2. Security in the bus stop
3. Safety Provision
4. Staff politeness
5. Driver behaviour
6. Ease of transfer/interchanges
7. Bus capacity
8. Facilities in the bus
9. Facilities on the bus stop
10. Comfort on the bus
11. Hours of service
12. Frequency of service

Second approach to the research is to justify above finding using another method; average preference. This method revealed that 75% of critical attributes were included in satisfaction scale whereas 83.3% of critical attributes were included in the importance scale. This justifies that the majority in both two scales have the same critical attributes as same as the twelve attributes obtained from the initial method.

As of the analysis carried out following section 4.2, there are some significant aspects to be noted especially in demographic characteristic behavior. Out of eight characteristics that were analyzed, the status of the satisfaction rating was ‘OK’ except “perception on preferred bus service. Bus users are not satisfied according to the survey carried out and some of the possible characteristics were identified. They can be listed as follows:

- Frequency of service
- Payment System
- Hours of service

Similarly, the status of importance is not ‘OK’ for such demographic characteristics like gender, age, income group, employment group, perception on different frequencies and purposes, and perception on different bus service. Following characteristics were found to be the facts of being the importance is not that significant or rather ‘Not OK’.

Gender	- Ease of transfer - Accessibility - Bus Capacity - Information Provision
Age	- Purity in the bus stop - Cleanliness in the bus
Income Group	- Frequency of service - Cleanliness inside the bus - Reliability
Employment Group	- Cleanliness inside the bus - Reliability
Perception on different purposes	- Purity in the bus stop
Perception on preferred bus service	- Accessibility

The scope of work in this research is limited to the Anuradhapura city area only. The findings may only valid within the city limits whereas those findings are endemic for its cities only in Anuradhapura district. By seeing this, the research can be diverted into another direction in terms of the place. In Sri Lanka, many distinctive places or rather locations can be selected with.

Ultimately, it would be possible to cover the island by conducting similar researches and to detect what are the common attributes which have to be enhanced to uplift the level of service in public transportation.

Moreover, this analysis can also be re-analyzed considering the bus transportation provider. Sri Lanka is consisting of two major contributors in public transportation representing both private and government sector. Since this research does not consider the service provider, a convex study could be carried out to detect more issues in terms of its service supplied by the providers. As far as I am concerned, these approaches would give more insight for future researches to detect other non-mentioned issues may occur in public transportation.

A possible shortcoming would be that the amount of responders is not enough to cover all the people’s ideas of the public transportation. The main reason is the time constrains that has to be tackled. However, if this survey had been doing for a time frame of one full month, the probability of meeting people who have various ideas and thinking patterns on transportation could be obtained at a greater extent.

As the main benefits, the research helps to understand the common and critical attributes that the users are insisting or expecting. If these critical issues depending on importance scale, satisfaction scale or even on socio – demographic characteristics, were identified many people would use the public bus transportation. This will help in several ways. Environmentally it will be a very good solution as the amount of private car usage would be limited due to extensive public bus transportation usage. Not only that there are environmental benefits, but also sustainable benefits are also visible. Extra costs for fuel, reduction of Carbon emission from vehicles, and less congestion on the road can be given as points for benefits. At last not but least, this research can be recommended for any socio-demographic analysis that for future researches as well.

## References

- [1] A. Parasuiaman, V. A. (1988). “SERVQUAL: A Multiple-item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Marketing*, 1988, vol. 64, no. 1, pp. 12-40.

- [2] Board, T. R. (2013). *Transit Capacity and Quality of Service Manual, Third Edition*. Transportation Research Board.
- Budiono, O. A. (2009). *Customer Satisfaction in Public Bus Transport*. Master Thesis, Service Science Program, Karlstad University.
- [3] David A. Hensher, P. P. (2002). A Service Quality Index for Area-wide Contract Performance Assessment. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 36, issue 1, 93-113.
- [4] Dell'Olio, L. (2010 November). Modelling User Perception of Bus Transit Quality. *Transport Policy*, Volume 17, 388 - 397.
- document, S. U. (2011). *Measuring Public Transport Performance : Lessons for Developing Cities*.
- document, S. U. (2011). *Measuring Public Transport Performance :Lessons for Developing Cities*.
- [5] Dr. Peter T. Martin, Y. F. (2003). *Detector Technology Evaluation*.
- Friman, M. (1998). *Satisfaction with public transport services*. Service Science Program, Karlstad University.
- [6] Gatersleben, B. U. (2007). Affective Appraisals of the daily commute: comparing perception of the drivers, cyclist, walkers, and users of public transport. *Environment and Behavior*, Volume 3, 416-431.
- [7] Giannopoulos, G. A. (1989). *Bus Planning and Operation in Urban Areas: A Practical Guide*. England: Avebury.
- [8] Illhaamie, A. (2009). Service Quality in Malaysian Public Service. *International Journal of Trade, Economics and Finance*, Vol. 1, No. 1, June, 2010.
- [9] J. M. Del Castillo, F. G. (2012 October). A Methodology for Modeling and Identifying Users Satisfaction Issues in Public Transport Systems Based on Users Surveys. *Procedia - Social and Behavioral Studies*, Volume 54, 1104 - 1114.
- [10] Juan de Oña, R. d. (2012). *A Classification Tree Approach to Identify Key Factors of Transit Service Quality*. Granada, Spain: Department of Civil Engineering, University of Granada.
- [11] Laura Eboli, G. M. (05/2009). Service Quality Attributes Affecting Customer Satisfaction for Bus Transit. *EuroMed Journal of Business*, 4(1):40-57.
- [12] Lauren Redman, M. F. (2013). Quality Attributes of Public Transport that Attract Car Users. *Transport Policy*, Volume 25, 119-127.
- [13] Luigi dell'Olio, A. I. (2010). The Quality of Service Desired by Public transport Users. *Transport Policy*, Volume 18, Issue 1, 217 - 227.
- [14] M. Tjeendra, T. J. (2010). Perceptions and Experiences Regarding Service Quality in Indonesian Transport Based on Gender.
- [15] Meakin. (2004). Sourcebook module: Sustainable Urban Transport a Book for Policy Maker in Developing Cities.

## **Developing a Public Transit Scheduling Tool for Metro Manila Bus Operators**

Paper identification number: **AYRF14-042**

Raymund Paolo B. ABAD<sup>1</sup>, Alexis M. FILLONE<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Civil Engineering Department, Gokongwei College of Engineering  
De La Salle University

Telephone: (+63 2) 524-4611

<sup>1</sup>Email: abadraymund@live.com

<sup>2</sup>Email: alexis.fillone@dlsu.edu.ph

### **Abstract**

Philippine public land transport services are regulated by authorities through granting of franchises (also known as Certificates of Public Conveyance) and setting of routes and fares. This operating structure enables a competitive environment between operators which have a wide range of operating schemes. In recent years, there has been a continual increase of registered buses and an emergence of illegal operations by transport operators. Meanwhile, different government agencies are implementing policies in response to the clamor of the general public for improved public transport (PT) services. These policies, such as the reduction of operating vehicles along certain routes, focus on the busiest corridor in the country – C-4 road or the Epifanio delos Santos Avenue (EDSA). Transit operators would often consider themselves to be on the "losing side" with certain rationalization schemes because of their perception that operating their entire fleet would generate the highest possible income attainable. This paper discusses the development of a basic PT scheduling tool for Metro Manila bus operators which could be run on spreadsheet software such as Microsoft Excel. The tool aims to enable users to input on-board passenger counts, to analyze and graph travel characteristics of a transit line, and to generate an efficient operating schedule. The abilities of the scheduling tool and the theoretical background considered in the construction of the program were discussed in the paper. The tool was tested using actual sample data from buses operating along EDSA. Data analysis shows that the tested routes have: (1) low utilization ranging from 40 – 60% of the service capacity; (2) an average passenger trip length that accounts to about 30% of the trip length; (3) travel delays are about 33% of the total travel time. The results show that the selected routes are more desirable for adjustments on service capacity. Finally, the limitations of this scheduling tool were examined and corresponding recommendations were made to further improve it.

**Keywords:** transit scheduling, computer-aided scheduling, public transport

### **1. General Introduction**

The role of public transportation is crucial to the development of any rapidly growing metropolis. In the case of the Philippine capital region, the economic and demographic growth of Metro Manila challenges and puts pressure to the existing public transport infrastructure and system. In order to

maintain the growth and development of the economy, PT services should adapt to the growing demand for passenger travel within the metropolis. This paper would discuss the development of a public transit scheduling tool that would let transport operators have a better understanding of their current transport operations and provide an operating schedule to improve their level of service to transit users.

Bus transport service is regulated through a franchising system by the Land Transportation Franchising and Regulatory Board (LTFRB). The LTFRB controls entry and exit of bus operators by granting Certificates of Public Conveyance (also known as franchises) and transit fares by setting minimum fares on regular bus services. Under the current system, transit service providers have free-reign with the implementation of their operating schemes. Table 5 show that there are about twelve thousand buses (12,000) that operate in Manila, of which around 42% (5,343) service the Metro Manila area. It also shows that buses operating along the Epifanio de Los Santos Avenue (EDSA) have the greatest number of operating vehicles in the region. In a study conducted by the Transportation Department, the Alabang-SM Fairview via Lagro Commonwealth and the Baclaran-Novaliches via EDSA Mindanao Avenue were considered as the busiest inter-city routes. The franchising system, high number of operators and the highly perceived passenger demand for transport service has led to a competitive environment between transport operators and the practice of various illegal acts such as the operation of illegal or *colorum* buses or the proliferation of *kabit* system. Although the number of operating vehicles is high in the region, it neither translates to a highly utilized transport system nor good quality of service to transit users. It is known that inter-city bus operators do not practice scheduling of operations. The lack of information to commuters might lead to a low satisfaction of the transport service being offered owing to the arbitrary arrival times at terminals or bus stops.

**Table 5** Number of Bus Operators and Buses in Manila

Route	Number of Operators	Number of Buses
EDSA Route	266	3711
Non-EDSA Route	127	1632
Provincial North Bound	371	3684
Provincial South Bound	357	3568
TOTAL	1122	12595

**Source: LTFRB**

The planning process of public transport operation includes four sequential activities: (1) network route design, (2) timetable development, (3) vehicle scheduling, and (4) crew scheduling (Ceder, 2007). It is advisable to conduct the four activities in sequential order to maximize the productivity and efficiency. Considering the complexities of each activity, the processes can be treated separately with each output being fed to its successor. Despite the benefits of public transport planning, local bus operators rarely conduct these processes due to the lack of expertise in the field and to the costs that are attributed to it. Therefore, operators let all of their vehicles ply their respective routes due to demand that is only based on perception and experience.

In order to address the gap between the existing methodologies in public transit scheduling to transport operators, a basic spreadsheet tool was developed. This tool would let local transit providers record and analyze passenger data, schedule departures of vehicles from a terminal or depot. Aside from the fact that almost all computers have spreadsheet programs such as Excel, spreadsheet programs have the ability to hold and analyze vast amounts of data while making it simple and user-friendly. The researchers believe that these tools would let managers have a better understanding of the performance of their transit operations. They would also be adept in making informed decisions with regards to managing their

operating fleet. In the end, commuters would benefit from this tool as it aims to make transport service more reliable in the form of consistent and scheduled departures. This tool is tested in existing routes using actual passenger data and is shown in the succeeding sections below.

## 2. Literature Review

This paper focuses on the development of a spreadsheet tool that enables transit managers record passenger data, analyze travel characteristics of transit service along the route, and schedule operations based on recorded passenger data. The researchers pursue the idea that managers need to have a better understanding of their fleet operations in order to improve the quality of bus services. This section would note the various studies related in transit scheduling and timetabling.

Scheduling of operations normally include the process of frequency setting and headway determination. For purposes of consistency, frequencies are set on specific time periods. Time periods are in accordance to the hour of the day and the day of the week (Guihaire & Hao, 2008) as demand may vary within the day and week. Four approaches were made by Furth and Wilson (1982) in determining headways of transit routes. The determined headways were policy headways, headways from maximum passenger load and vehicle capacity, headways wherein the ratio of revenues and expenses will not exceed a predetermined value, and headways designed to attain a desired passenger- or vehicle-miles. A heuristic method that included setting frequencies to a minimum in order to satisfy passenger demand and then uniformly increasing the frequencies on different lines such that all vehicles would be used were proposed by Han and Wilson (1982). Four methods of frequency setting were suggested by Ceder (1984) depending on how data were gathered. Frequencies were determined by dividing the design load to the desired occupancy of the vehicle. The design loads can be the maximum daily load, the maximum hourly load, the average

passenger load from the load profile diagram, or the passenger load at a certain percentage along the route. Finally, Vuchic (2007) proposed the use of peak hour coefficients in determining the hourly passenger volume used in frequencies setting. This coefficient takes into account the variability of the passenger volume within each time period.

In the local setting, a variety of studies that focus on scheduling of transit services were conducted. The studies of Kang, et al.,(2011) and Dumalus, et al., (2012) adopted the methods of proposed by Ceder (1984) and Vuchic (2007) in the scheduling of jeepney services in Metro Manila and Iloilo City, respectively. Both researches used scheduling of transport service as a means of reducing the number of operating vehicles as it contributes to the congestion of roadways in their respective areas. Scheduling of services were also used to integrate transit operations and reduce passenger waiting times and transit dwell times at an intermodal terminal (Abad & Fillone, 2013).

All of the cited researches made use of a programming language or a spreadsheet software in their validation of results and production of schedules. The results, however, cannot reach local transport providers due to the latter's inability to interpret the actual results of the respective studies. The developed spreadsheet tool would address this gap by letting operators have actual control of producing their own schedule from their own data.

## 3. Methodology and Development of the Spreadsheet Tool

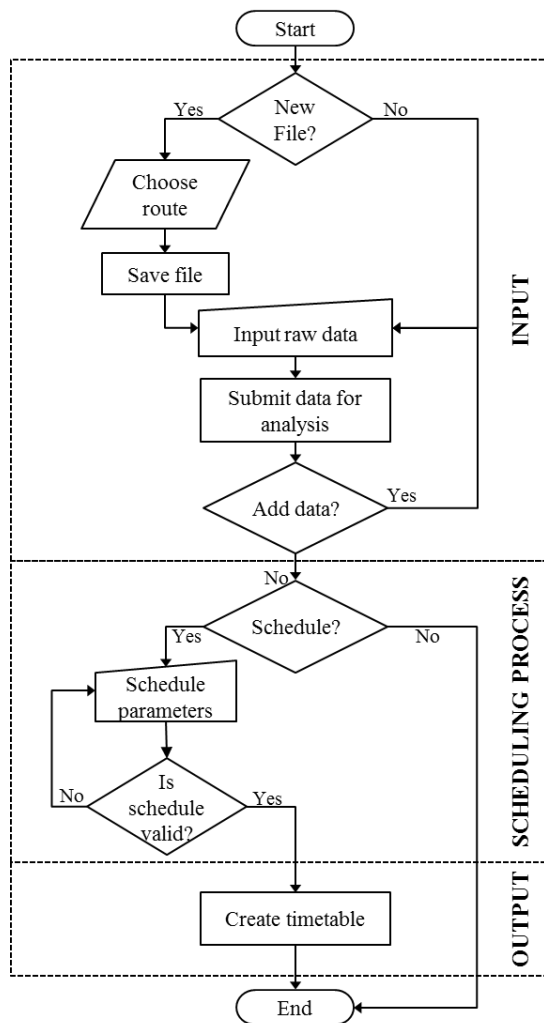
The program was developed from a spreadsheet program – Microsoft Excel. Aside from the fact that it is the most widely used spreadsheet software, Excel allows user to add programmable functions by running macros through an add-in called Visual Basic for Applications. The program was patterned after the three components of the scheduling process determined by Vuchic (2007). These components and its corresponding steps on the scheduling tool are shown in Fig 1.

### 3.1 Data Input and Analysis

The data-gathering process is the most important component in the tool. It begins with a conduct of a ride check or on-board survey wherein the surveyor would board the vehicle, count the number of passengers boarding or alighting, and record the

time the vehicle stopped or moved from certain locations. The data can be encoded to the tool by: (1) selecting or adding the route; (2) encoding the time and passenger movement for each predetermined stops. Step 1 lets user choose from a list of existing routes wherein their data will be recorded. Schedulers may also add specific routes with each checkpoint and its respective distances from their starting point or terminal. Step 2 allows the submission of encoded data wherein several transit line characteristics can be calculated. It is during data input that individual line characteristics are computed such as travel and running times and velocities, delays, and cumulative passenger boardings and alightings.

Fig. 2 shows the user interface in the actual steps involved. The spreadsheet tool provides both numerical and graphical results on the travel characteristics for the given route. Travel characteristics can be evaluated either wholly or individually. The travel



**Fig 1.** Components of the Scheduling Process and Corresponding Steps in the Scheduling Tool

**Select Route:**  
Choose route from the green cell: Coastal-Letre Letre-Coastal Proceed

**Add Route:**  
If the route is not in the given selection, complete the table below.  
Click Add Route and select it from the options above.

Location	Distance from start (in km)	Location	Distance from start (in km)
A	0.000	AA	
B	1.827	AB	
C	2.199	AC	
D	2.680	AD	
E	3.544	AE	
F	4.500	AF	
G	5.240	AG	
H	7.144	AH	
I	8.022	AI	
J	14.698	AJ	
K	15.793	AK	
L	16.294	AL	
M	17.186	AM	
N	17.972	AN	
O	18.461	AO	
P	19.456	AP	
Q	19.710	AQ	
R	20.063	AR	
S		AS	
T		AT	

**Input Form**  
Click Next to go to next stop. Submit to pass form. Results to see analysis and graphs.

Pt	Location	Distance	Stopped Mins Secs	Moved Mins Secs	Board	Alight
A	Pilar	0.000				
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
B	Moonwalk	1.827				

**Fig 2.** Data Input Process for the Spreadsheet Tool (a) Route Selection, (b) Route Addition, and (c) Actual Data Input

characteristics were based from the formulations of Vuchic (2007). Average passenger trip lengths and average passenger volumes are calculated based on a graph showing net passenger volume against travel distance (passenger load profile). The tool can also perform analysis for specific sections along the route as shown in Fig 3.

Average passenger trip lengths are obtained by dividing the total passenger-km (pax-km) to the total number of passengers along the line. Average passenger volume is the ratio of the total pax-km to the total line length. In equation form, these are as follows:

$$l_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot l_i}{p_t} \quad (1)$$

$$p_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot l_i}{L} \quad (2)$$

where:  $l_{av}$ : average trip length (km)  
 $p_{av}$ : average passenger volume (pax)  
 $p_t$ : total passengers aboard the vehicle  
 $p_i$ : number of passengers for section  $i$   
 $l_i$ : segment distance (km)  
 $L$ : transit line length (km)

Various coefficients are also calculated in order to describe the operations of the transport fleet. The coefficient of flow variations describes the changes in passenger volume peaks along the

transit line. The lowest value for this coefficient is 1 and is found on lines with constant passenger load on the duration of its whole transit operation. High values of this coefficient express low average load factors. This indicates a desirable adjustment is needed to the offered service to existing passenger demand. Mathematically, the coefficient of flow variations is expressed as the ratio of the maximum volume to the average passenger volume shown as:

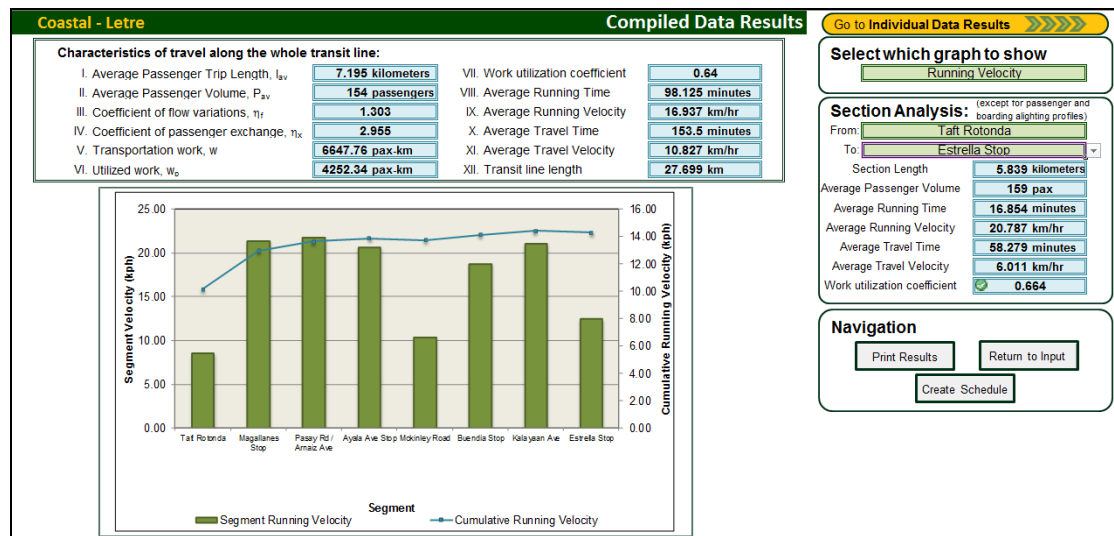
$$\eta_f = \frac{P_{\max}}{P_{av}} = \frac{L \cdot P_{\max}}{\sum_{i=1}^n p_i \cdot l_i} \quad (3)$$

where:  $\eta_f$ : coefficient of flow variations

Coefficient of passenger exchange describes the portion at which passenger volumes are exchanged along the transit line. It is the ratio of the total passengers who embarked the bus along the line but did not replace alighting passengers. Mathematically, it is calculated as:

$$\eta_x = \frac{P_t}{P_t - \sum_{i=1}^n |b_i - a_i|} \quad (4)$$

where:  $\eta_x$ : coefficient of passenger exchange  
 $b_i / a_i$ : number of passengers who boarded / alighted at segment  $i$  (pax)



**Fig 3.** Sample result showing travel characteristics for Coastal-Letre route and section analysis from Taft Rotonda to Estrella Stop

The lowest value of 1 is attained when there is no passenger exchange along the line. The greatest value of this coefficient is realized when all passengers are exchanged at each stop along the route ( $L/l_{av}$ ).

Coefficient of work utilization shows the ratio of the utilized work to the offered transport work. The value simply represents how much of the offered capacity is actually utilized along the line. The load factor for each segment varies along the line and reaches its maximum at the maximum load section (MLS) where  $P_{max}$  is found. The coefficient is expressed as:

$$\bar{\alpha} = \frac{w_p}{w_o} = \frac{\sum_i p_i \cdot s_i}{C \cdot L} \quad (5)$$

where:  $\bar{\alpha}$  : coefficient of work utilization

$w_p$ : utilized work (pax-km)

$w_o$ : offered work (pax-km)

C: vehicle capacity (pax)

### 3.2 Scheduling Process and Output

The scheduling process is divided into three crucial steps: (1) frequency and headway determination, (2) timetable construction, and (3) vehicle scheduling. Headways are calculated using Equation 6. Load factor for equation 6 can be have a value up to 1.2 to account for standing passengers which is estimated as 20% of the total seating capacity. The actual value resulting from eq. 6 is compared to existing policy headways (if available). The minimum value will be adopted and converted to the nearest clock headway. The rounding down to the nearest clock headway is done to make the schedule easier to remember. Frequencies of departures for each time periods will be calculated after determining the design headway. The tool evaluates the new load factor under the proposed condition using Equation 8. The evaluation is done to let transit operators assess if the given schedule would make operations more efficient. Timetables are automatically generated by the program depending on the requested parameters. In order to effectively schedule each operating vehicle (trip-blocking), the tool would calculate the number of operating vehicles for operation within the time period using Equation 9. The formulations for each process are as follows:

$$h = \frac{60 \cdot \alpha \cdot n \cdot C_v}{P_d} \quad (6)$$

$$f = \frac{60}{h} \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{P_d \cdot h}{60 \cdot n \cdot C_v} \quad (8)$$

$$N_{TU} = \left[ \frac{T}{h} \right]^+ = \left[ \frac{f \cdot T}{60} \right]^+ \quad (9)$$

where:

h: headway (minutes)

□: load factor, user-dependent (for Eq. 6)

n: number of transit units, n = 1 for buses

C<sub>v</sub>: vehicle capacity (passengers)

P<sub>d</sub>: passenger design volume (passengers)

f: frequencies of departures (vehicles/hour)

T: two-way operating time including time spent on terminals (minutes)

Timetable of operations are constructed based on the selected time period. The program would automatically set a predetermined departure wherein headways of departures will be set. In Fig 4, the selected time period has 3 scheduled departures at 7:00, 7:20, and 7:40.

Coastal - Letre		Transit Scheduling	
<b>Scheduling components for the transit line</b>			
<b>Passenger Volume</b>		<b>Operating Characteristics</b>	
I. Maximum Passenger Volume	200 pax/hr	IV. Minimum terminal time, t <sub>t</sub>	5 mins
II. Average Passenger Volume	154 pax/hr	V. Policy headway, h <sub>o</sub>	30 mins
III. One-way operating time, T <sub>o</sub>	153.5 minutes	VI. Utilization coefficient, α	1.2 select value
		VII. Capacity of each vehicle	60 pax
<b>Frequency, Headway, Fleet Size</b>		Choose start of hourly time period: 7:00	
I. Hourly Frequencies	3 veh/hr	III. Actual Load Factor	1.11
II. Actual Headway	0:20 min/veh	IV. Vehicle Fleet Size	8
<b>Timetable</b>			
First predetermined departure: 7:00			
Succeeding scheduled departures:			
1	7:20	7	13
2	7:40	8	14
3	8:00	9	15
4		10	16
5		11	17
6		12	18

Fig 4. Sample schedule for the route Coastal-Letre

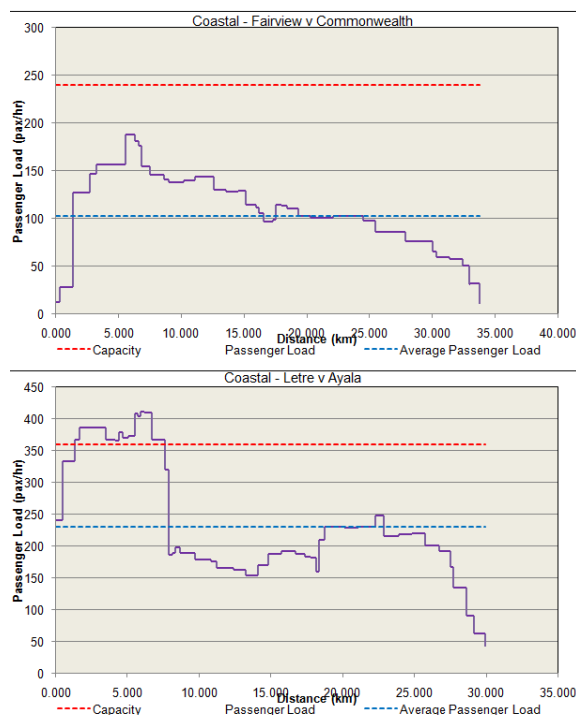
#### 4. Data Results and Analysis

The performance of the program was assessed by running sample data on various routes that operate along EDSA. As part of the analysis of this paper, these routes would be evaluated in terms of transit operations based on the calculated results of the program. Table 6 shows the summary of results for the sample data.

Since the chosen sample routes all pass through EDSA, the respective line lengths are all greater than 25 kilometers. However, passenger trip lengths only average at around 20 – 25% of the total line length. Analysis of passenger load profile diagrams show peak passenger loads occur at certain segments along the line. The location of peak passenger loads may occur at different segments along the line as shown in Fig 5. However, the program does not consider when the

data was taken and may not take into account the variation of passenger demand within the day.

Fig 5 illustrates that some routes have greater passenger loads at the beginning of the routes while others at the further sections of their routes. Graphical representations of passenger loads can be useful for transit operators to adjust their operations based on existing passenger demand. Transit



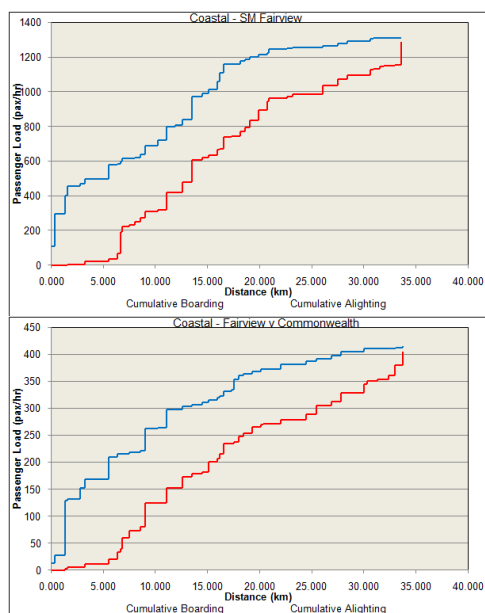
**Fig 5.** Passenger load profiles for selected routes managers could short-line their operations to minimize their costs by running shorter lengths but maximizing their revenue when operating on segments that have greater passenger demand. Various coefficients that characterize current transport operations suggest that adjustment on service supply is desirable. Work utilization coefficients for all the sample routes show that about 40% - 65% of the seating capacity (average 58) is utilized. Graphical representations of passenger loads corroborate with these values as most sections along the route are below the average passenger load. Coefficients of passenger flow ( $\square_x$ ) for all routes are all greater than one (1). The values suggest that passenger loads are not constant along

the line and that service supply is greater than passenger demand. High passenger exchange for all routes was observed as shown by the coefficients of passenger exchange ( $\square_t$ ). Passenger movement can be illustrated by cumulative boarding and alighting profiles as shown in Fig 6. It can be seen in the figure that for all sections passenger movement (whether boarding or alighting) can be observed. High values illustrate that the cumulative alighting profile does not intersect the cumulative boarding profile. The calculations also confirm the assumption that the boarding and alighting profile only close at the last stop of the route. Performance of operations can also be assessed by analyzing the time and speed it took for the vehicle to operate along the line. The average route running and travel times and velocities are shown in Table 6.

**Table 6** Calculated Travel Characteristics for Select Routes

Route (Sample size)	$l_{av}$	$P_{av}$	$\square_f$	$\square_x$	$\square$	Running time, mins	Running velocity, km/hr	Travel time, mins	Travel velocity, km/hr	Line length, km
C-L (4)	7.20	154	1.30	2.96	0.64	98.13	16.94	153.50	10.83	27.7
C-L v A (6)	6.44	230	1.79	2.59	0.64	99.79	19.98	161.95	11.08	29.91
L-C (4)	6.27	150	1.88	2.70	0.62	108.8	17.51	163.04	11.68	31.74
L-C v A (6)	5.80	192	1.77	3.25	0.53	93.53	21.39	143.91	13.90	33.35
C-SMF (10)	8.50	332	1.64	2.41	0.55	83.05	24.23	123.14	16.34	33.54
SMF-C (4)	7.63	97	1.59	2.96	0.41	90.96	23.69	142.50	15.12	35.91
C-N (4)	9.05	111	1.69	2.21	0.46	77.09	26.26	104.7	19.33	33.74
C-FvMAve (6)	7.96	211	1.76	2.22	0.586	76.89	24.25	107.72	17.31	31.08

Legend:  $l_{av}$  – average trip length,  $p_{av}$  – average passenger load,  $\square_f$  – coeff. of passenger flow,  $\square_x$  – coeff. of passenger exchange,  $\square$  – work utilization coeff.



**Fig 6.** Boarding and Alighting Profiles for Select Routes

The values in **Error! Reference source not found.** show that running times for the vehicles

exceed one hour for one way operation. The excessive running time can be attributed to poor traffic conditions and the lengthy operating routes. The delays are accounted in the computed travel time. On the average, travel delays contribute to 30% of the travel time. Delays can be either a result of traffic flow, traffic controls, passenger waiting at stops, or passenger boarding or alighting's. The excessive running and travel times result to low running and travel velocities. Low velocities may lead to passengers being unsatisfied in terms of bus transit performance and may consider shifting to alternate modes of transport such as private vehicles or rail transit (MRT3). The program lets transit providers show the relationships between the times and velocities for the whole route or for select segments along the route. In

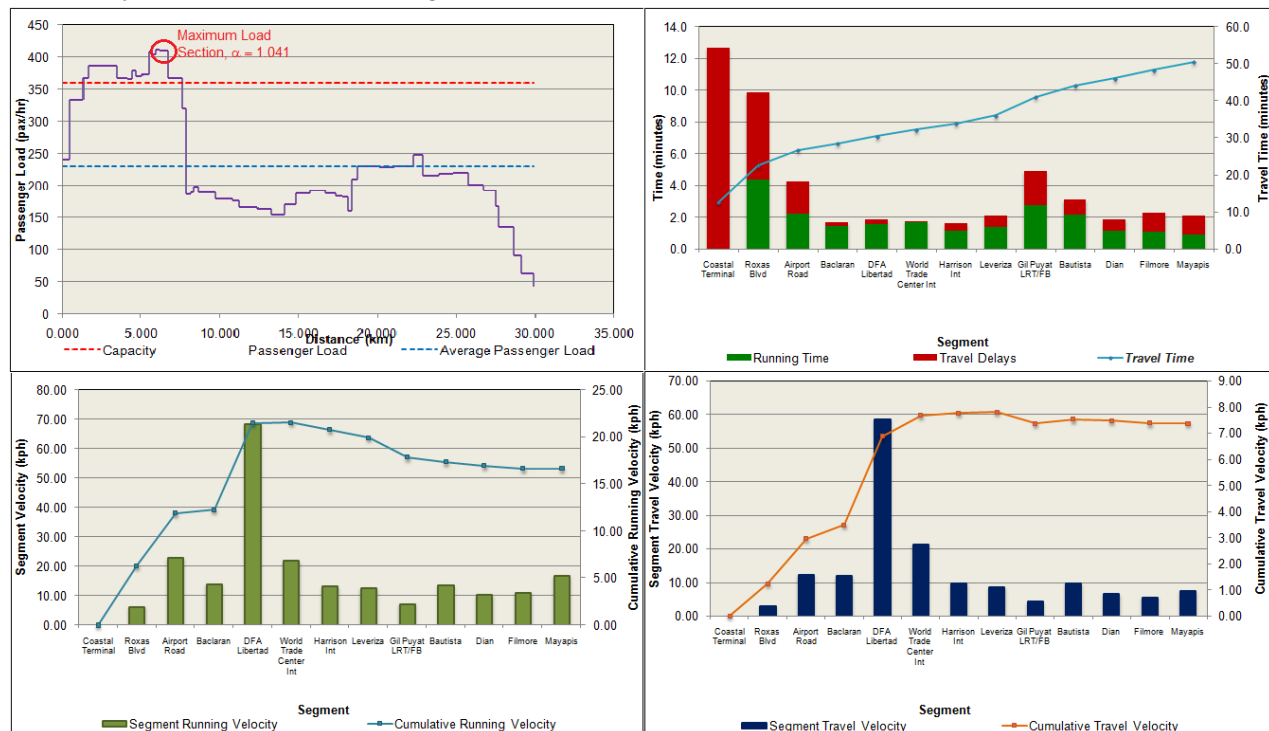
Fig 7. Passenger Load Profile, Running Time and Travel Delays for Coastal - Letre via Ayala (Coastal to Mayapis Section), the time and velocity graphs are shown for the route Coastal –

Letre via Ayala for the section with the maximum passenger load occurring at Mayapis.

The graphs show that the greatest delay occurs from the sections Coastal – Airport Road. This is true since the main terminal for passengers going to EDSA is located along these segments.

The high travel times on these sections result to significantly low travel velocities. Eventually, velocities increase along the Baclaran –

DFA Libertad section wherein there is only minimal delays. The maximum passenger load section occurred at Mayapis section. From the terminal to the maximum load section, the work utilization coefficient is 1.041. The value shows that all seats in this section are utilized and around 4% of the total passengers are standing.



**Fig 7.** Passenger Load Profile, Running Time and Travel Delays for Coastal - Letre via Ayala (Coastal to Mayapis Section)

## 5. Conclusion and Recommendations

Urban transit operations should adapt to the demands of the general public in order to maintain the development of urban cities. In the case of Metro Manila, bus transit operations should be improved in view of the high passenger volume passing through major thoroughfares especially EDSA. The researchers developed a public transit scheduling tool based on Microsoft Excel in order to address the gap between existing literature on transport scheduling and local transport providers. With this, transport providers can handle and

interpret their own data and schedule their operations based on their own operating constraints.

Sample results show that the program is very capable in handling extensive data input and analysis. The use of macros made repetitive tasks simpler and made analysis easier. Graphical and numerical results would let transit managers have an actual assessment of their current transport operations.

The sample results also show the condition of bus operations for select bus routes that pass through EDSA. First, utilization of buses along the

whole line is limited from 40 % - 60% of the total service supply being offered. Second, average trip lengths of passengers only account to around 30% of the total trip length. Third, maximum load sections are concentrated on certain segments of the total route. At such points, passenger loads are above average while the remainder has low passenger volumes, often, below average. Fourth, delays account to around 33% of the total travel time which makes travel slow and unsatisfactory for passengers. Despite travel delays being a result of a variety of factors, transit operators can adjust their operations to minimize travel delays. The data show that bus operations are underutilized as a result of poor operating conditions. The short trip lengths can be viewed negatively since bus fares are higher than its rail (MRT) counterparts. As a result, the researcher suggests to adjust or to improve the operations of current bus service providers.

The scheduling tool is currently on its development stages and is still being improved to add more features for operational analysis such as cost and revenue estimation and sustainability and co-benefit analysis. There is also a need to address certain issues on the data-input stage of the spreadsheet tool such as data input for skipped segments or sections on on-board surveys. The researchers are also addressing certain compatibility issues in order to make sure that the program would run across all Excel platforms. The researchers highly suggest the creation of stand-alone executable programs using other programming languages. Other methods of performing transit scheduling that can be programmed are highly recommended.

## 6. Acknowledgement

The researchers would like to extend their gratitude to the Philippine Council for Industry, Energy, and Emerging Technology Research and Development of the Department of Science and Technology (DOST-PCIEERD) for the monetary support they have provided.

## References

- [1] Abad, R., & Fillone, A. (2013). Improved transport terminal utilization: The case of Jordan Wharf, Guimaras, Philippines. *6th Proceedings of ATRANS Symposium: Young Researcher's Forum*. Bangkok: Asian Transportation Society.
- [2] Ceder, A. (2007). *Public Transit Planning and Operation: Theory, Modeling, and Practice*. Oxford, UK: Elsevier, Butterworth-Heinemann.
- [3] Department of Transportation and Communications. (2012). *Development of a Mega Manila Public Transportation Planning Support System*. Manila: DOTC.
- [4] Dumalus, A., Go, A., & Samonte, R. (2012, April). Proposed scheduling scheme for public transport system in Iloilo City. Manila: De La Salle University - Manila.
- [5] Furth, P. G., & Wilson, N. (1982). Setting frequencies on bus routes: Theory and Practice. *Transportation Research Record*(818), 1-7.
- [6] Guihaire, V., & Hao, J.-K. (2008). Transit Network Design and Scheduling: A Global Review. *Transportation Research - Part A*, 42(10), 1251-1273.
- [7] Han, A., & Wilson, N. (1982). The allocation of buses in heavily utilized networks with overlapping routes. *Transportation Research - Part B*, 221-132.
- [8] Kang, H., Mascarina, K., & Padua, M. (2011). Proposed scheduling of jeepney operations in Malate Area. Manila, Philippines: De La Salle University - Manila.
- [9] Raathanachonkun, P., Indra-Payoong, N., & Sumalee, A. (2008). *A practical approach to determine optimal bus frequencies: An empirical study of a Bangkok bus service*. Chonburi.
- [10] Vuchic, V. (2005). *Urban transit: Systems and Technology*. New Jersey: John Wiley & Sons.

## Current Bus Service Operating Characteristics Along EDSA, Metro Manila, Philippines

Paper Identification number: **AYRF14-043**

Krister Ian Daniel ROQUEL<sup>1</sup>, Alexis FILLONE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Civil Engineering Department

De La Salle University - Manila

Telephone: (02) 524 4611, Fax: (02) 521 9094

E-mail: krister.roquel@yahoo.com

<sup>2</sup>Associate Professor, Civil Engineering Department

De La Salle University - Manila

Telephone: (02) 524 4611, Fax: (02) 521 9094

E-mail: amfillone@gmail.com

### Abstract

The Epifanio Delos Santos Avenue (EDSA) has been the focal point of many transportation studies over the past decade, aiming towards the improvement of traffic conditions across Metro Manila. Countless researches have tested, suggested and reviewed proposed improvements on the traffic condition. This paper focuses on investigating the overall effects of the operational and administrative changes in the study area over the past couple of years, from the introduction of the Mass Rail Transit (MRT) in the year 2000 to the present (2014), to the service operating characteristics of buses plying the EDSA route. It was found that there are no significant changes in the average travel and running speeds for buses running Southbound, while there is a noticeable improvement for those going Northbound. As for passenger-kilometers carried, only minor changes were found. The journey time composition percentages did not show significant changes over the two time frames as well. For the factors contributing to passenger-related time, the presence of air-conditioning and the direction of travel were found to contribute as well, aside from the number of embarking and/or disembarking passengers and number of standing passengers. For the location of stop times and delays, most have shifted to the portions further along each direction along EDSA. It was also found that the biggest delay was incurred in the Ortigas-Shaw segment, in both directions, for both the morning and afternoon peak periods.

**Keywords:** Bus transit, Mass rail transit, Public transport system

### 1. Introduction

One of the busiest road corridors in the Philippines is the 24 km stretch of the Epifanio Delos Santos Avenue (EDSA), located at the heart of Metro Manila. It is the main thoroughfare in the region, passing through six (6) of the seventeen (17) cities comprising the National Capital Region, namely from Caloocan, Quezon City, San Juan, Mandaluyong, Makati and Pasay. It has been catering to both private and public transport across the region, linking the North Luzon Expressway in Balintawak in the north to the South Luzon Expressway at the Magallanes Interchange in the south.

Understandably, the EDSA has been the focal point of many transportation studies over the past decade, aiming towards the improvement of

traffic conditions across Metro Manila. Efforts from both the public and private entities have been endless, all exhausting their capacities trying to find the best solution to the worsening traffic situation along the avenue. Countless research projects have been undertaken, all aimed to decongest EDSA, and ultimately improve transport mobility and accessibility in the region.

EDSA is easily one of the longest and busiest highways in the metropolis, serving an average daily traffic of approximately 330000 vehicles<sup>[17]</sup>, growing from an approximate number of 195000 in 2007<sup>[18]</sup>. Currently, over 3700 public utility bus units run along EDSA<sup>[18]</sup>. This paper focuses on the bus operating characteristics plying the avenue. Analysis involves average travel and

running speed, passenger-kilometer performances and journey time composition of buses. These are compared to the corresponding values computed from data gathered from early 2001, around six (6) months after the opening of the Metro Rail Transit on July 2000. This paper focuses on the overall effects of numerous traffic system and policy changes over the past decade to the bus operating conditions.

## 2. Literature Review

Numerous research projects focused on bus transport operations over the past decade. Along with these, a lot of changes have been proposed and implemented aiming to improve the traffic congestion. Finn and Mulley <sup>[5]</sup> presented a framework to understand regulatory and institutional changes in urban bus services. The framework identifies three types of changes 1) changes in the role of the regulator and market structure, 2) changes in the structure of the operator and of private sector participation, and 3) changes in the transport supply.

### 2.1 Bus Operation Regulation

In a study by Chen, X. <sup>[3]</sup>, the merits and demerits of three alternatives of subregional governance of bus services, namely 1) transferring bus services to local municipal operators, 2) transferring bus services to local transportation zones, and 3) reorganizing transit operations into bus service sectors, were compared and found that no model is applicable for every circumstance, but a mixed alternative balancing both regional and local interests and reconciling the conflicts among different governance models is feasible.

In the study of Md. Nor, N., et.al. <sup>[13]</sup> on the relationship of service quality and ridership, it was found that although it has a positive effect, modal split is generally not very sensitive to the quality of the public transport service, thus requiring demand management measures implemented as policy. Morris, M. <sup>[14]</sup> discussed the role of local authorities in the use of city bus services as part of an integrated solution to reducing traffic-related congestion in urban areas.

Starting December 2012, the Metro Manila Development Authority (MMDA) implemented a bus segregation scheme aimed to decongest traffic along EDSA, classifying buses into groups A, B, and C, where A buses stop at A bus stops, B buses

stop at B bus stops, and C buses at all stops, with 40%, 40%, and 20% unit shares, respectively <sup>[19]</sup>.

Last August 2013, the MMDA implemented the Bus Management Dispatch System (BMDS) in the south-west integrated bus terminal, which is expected to decongest EDSA, as well as address the problem of “colorum” or “out-of-line” vehicles <sup>[9]</sup>. The Integrated Transport Terminal project is a centralized, intermodal and integrated bus terminal system which aims to improve the mobility of people and the traffic situation inside Metro Manila road network by consolidating all existing 85 terminals scattered all over the inner core of Metro Manila to three central terminals located at the fringes of Metro Manila <sup>[20]</sup>.

### 2.2 Bus Operation Structure

McLeod and Hounsell <sup>[12]</sup> evaluated different strategy options in providing bus priority at traffic signals, varying the strength of priority awarded and selection of the buses that are to receive it. Agrval, et.al. <sup>[11]</sup> estimated the impact of bus priority lanes on bus speeds while addressing the access and mobility needs of other transportation system users. Tu, et.al. <sup>[16]</sup> analyzed three popular types of bus lane operation including 1) roadside exclusive bus lane, 2) bus priority lane, and 3) ordinary lane, and figured out suitable areas for bus lane type applications under various conditions of the main road traffic volume and the number of passengers on the bus.

Hillsman, et.al. <sup>[7]</sup> investigated the design and operation of shared bicycle/bus lanes, designated for use by public transit buses, bicycles, and also for right-turning vehicles. The purpose of such lanes is to provide a time advantage to public transit service by taking the buses out of the general traffic flow and into a designated lane, as well as provide a more direct route for bicyclists, provide greater level of service to bicyclists and some degree of separation between general traffic and bicyclists for their greater safety and comfort.

Last March 2014, the MMDA opened two bike lanes on EDSA in hopes of encouraging more people to use alternative modes of transportation amid worsening traffic conditions arising from the simultaneous roadworks, as well as easing the burdens posed by carbon emissions on the environment <sup>[11]</sup>.

### 2.3 Bus Transport Supply

Research focusing on controlling transport supply to improve efficiency can be classified into two categories: 1) control of the number of operating vehicles, and 2) control of the operation along the route. Guariño, et.al.<sup>[6]</sup> examined the viability of consolidating bus companies operating in Metro Manila into an optimum that would promote public interest, as too many operators with few units result to stiff competition between operators for more profit, resulting to inefficiency of bus services.

Antonio and Icasiano<sup>[12]</sup> formulated rational criteria on designating bus stop locations in order to aid in the development of a sustainable stop policy, using GIS and statistical analysis to examine service area parameters and relate them to bus transit use. Shrestha and Zolnik<sup>[15]</sup> estimated the impact on bus demand, operating costs, and service improvement of eliminating some bus stops.

### 3. Methodology

Bus services operations were surveyed using onboard bus passenger survey from the origin of the bus service line to its end point. Relevant data gathered include the number of alighting and boarding passengers, moving and stop times and causes of delays. Times of arrival on predetermined points were also noted for traffic segment analysis. The data were then processed to obtain bus service operational characteristics such as average travel and running speeds, dwell time at stops and intersections, passenger-kilometer performance and journey time composition.

These variables were compared between two time frames: 1) after MRT 3 became operational; and 2) the current conditions. The comparison focused on the critical directions along EDSA. Critical numbers of commuters travelling Southbound occur in the morning, while for those travelling Northbound, the critical numbers are reached in the afternoon. Analysis also focused on the significant segment of EDSA from Gil Puyat (Buendia) Avenue to Aurora Boulevard, illustrated as points A and B, respectively, in Figure 1. This segment is where all buses converge as they travel along EDSA.

Assumptions for hypothesis testing were first verified. The test procedures for comparing population means are as follows: 1) the two samples should be drawn from different populations, hence, independent of each other; 2)

the two samples should be drawn from normal populations; and 3) the two population variances should be equal. The two sets of data are then compared to show changes in bus operating characteristics.

### 4. Public Transport Along EDSA

EDSA is the main thoroughfare traversing Metro Manila. It has 5-lane roads in both directions and caters to both public and private travel. MRT, buses, jeepneys and megataxis have provided public transport service across EDSA since the mid-1990s. Now, majority of the transport demand fall onto the MRT and bus transit, especially for trips traversing long distances along EDSA. Figure 1 shows the several bus service lines operating in Metro Manila, as well as the MRT line, with its 13 stations encircled red. Table 1 gives the list of bus routes and the portion of their route lengths plying the EDSA. Coded links of the bus routes are also provided.

Currently, a great majority of the travel demand falls onto the MRT 3, given its reduced fares and shorter travel time. The MRT 3 fare starts at Php 13.00 for the shortest journey, to Php 28.00 for the longest. For the airconditioned buses, the current fare is Php 12.00 for the first five (5) kilometers, and increases by Php 2.50 for every kilometer thereafter. For non-airconditioned buses, the current fare starts at Php 10.00 for the first five kilometers, and increases by Php 2.00 for every kilometer thereafter.

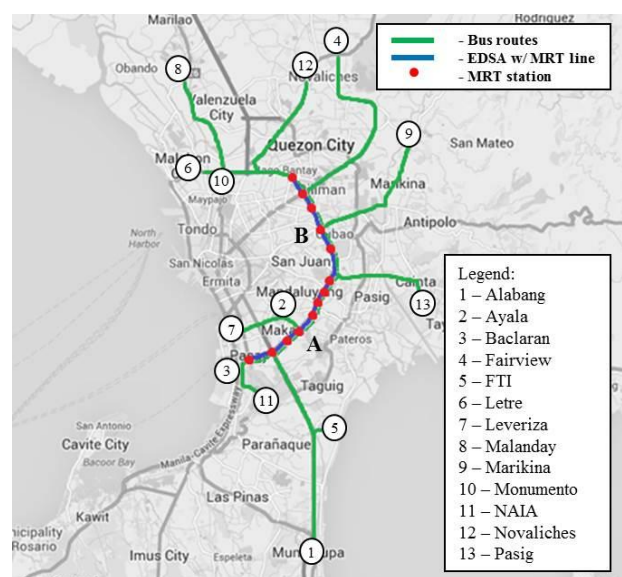


Fig. 1 MRT and Bus Service Routes Passing EDS

**Table 1** Bus Route Service Traversing EDSA with MRT 3 Operation

Bus routes	Coded Links	Estimated Length of Bus Routes with MRT Service [km]	Estimated Total Length of Bus Route [km]
Leveriza – Fairview	7-4	9.915	28.90
Leveriza – Letre	7-6	12.590	24.61
Leveriza – Malanday	7-8	12.590	29.29
Leveriza - Monumento	7-10	12.590	21.62
Leveriza – Marikina	7-9	8.560	26.91
Leveriza – Pasig	7-13	4.065	13.92
NAIA – Letre	11-6	15.825	29.50
NAIA – Malanday	11-8	15.825	33.01
NAIA – Fairview	11-4	13.140	32.67
Alabang - Monumento	1-10	14.310	31.94
Alabang - Novaliches	1-12	14.310	37.15
Alabang - Letre	1-6	14.310	34.78
Alabang - Malanday	1-8	14.310	39.44
Alabang - Fairview	1-4	11.625	38.81
Baclaran - Monumento	3-10	15.825	23.35
Baclaran - Novaliches	3-12	15.825	31.23
Baclaran - Letre	3-6	15.825	26.60
Baclaran - Fairview	3-4	13.140	27.17
Ayala - Novaliches	2-12	12.590	22.90
FTI - Monumento	5-10	14.310	26.44

## 5. Bus Service Operating Characteristics

This section discusses changes in bus operation characteristics from the time of opening of MRT3 to the present. The values tested for changes using hypothesis testing includes 1) the mean of the average travel speed, 2) the mean of the average running speed and 3) the mean of the average passenger-kilometer carried. Journey time composition from both time frames were also compared, as well as the average delay incurred at selected segments along EDSA.

### 5.1 Bus Volume Study

Table 2 shows the bus volumes passing through EDSA using the post-MRT3 and current data. As shown in the data, the average volume of

public utility buses decreased for both directions of travel. It can also be seen that the peak hour shifted to a later time in the morning, and to an earlier time in the afternoon. For the percentages of airconditioned buses to non-airconditioned, negligible difference can be seen for the morning peak period data. As for the afternoon peak period, an increase in the percentage of airconditioned buses is notable. However, in comparison with the percentages of the morning peak data, the values are relatively similar. This shows that the percentage of airconditioned to non-airconditioned only stabilized to normal levels, coming from the time when non-airconditioned bus numbers greatly increased resulting from the opening of the MRT 3, to compete with the lower fares of the MRT 3.

**Table 2** Comparison of Post MRT 3 and Current Bus Volume

Direction of Travel	Period	Peak Hour Period	Post MRT 3 (2001)		
			Aircon No. (%)	Non-Aircon No. (%)	Total No. (%)
Southbound	AM	6:45-7:45	187 (52.82)	167 (47.18)	354 (100.00)
Northbound	PM	17:00-18:00	88 (36.07)	156 (63.93)	244 (100.00)
Current (2014)					
Southbound	AM	9:00-10:00	142 (53.18)	125 (46.82)	267 (100.00)
Northbound	PM	16:00-17:00	88 (56.05)	69 (43.94)	157 (100.00)

## 5.2 Bus Service Performance

Several requirements were first tested before the data were subjected to hypothesis testing. First, both samples should be independent of each other. This was fully satisfied considering data samples being compared are gathered from two different time frames. Second, both samples were tested for normality of data. The method introduced by Looney and Gulledge<sup>[10]</sup> was used in determining normality of data using the results of  $R^2$  of the data and the critical  $R^2$ . Figure 2 shows

the normal probability plot of the average travel speed of buses in the morning peak period going South-bound. As the  $R^2$  would show, little deviation from normality is observed as the plot follows the diagonal line. Table 3 shows the corresponding  $R^2$  values of for average running speed and passenger kilometers, for both time frames. As the data suggests, there are no significant deviations observed, hence, normality assumption is upheld.

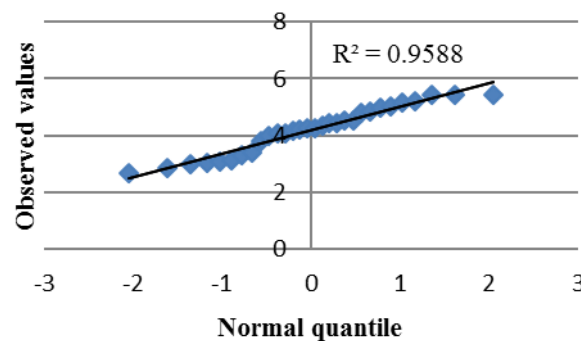


Fig. 2 Normal probability plot of average travel speed

Table 3  $R^2$  test for normality of data using the normal probability plots ( $\alpha=0.05$ )

Variable	Southbound, AM Peak			Northbound, PM Peak		
	N	$R^2$	$R^2_{critical}$	N	$R^2$	$R^2_{critical}$
Post-MRT 3						
1. Average travel speed	38	0.9443	0.972	44	0.9795	0.972
2. Average running speed	38	0.9439	0.972	44	0.9660	0.972
3. Average passenger-km carried	38	0.9282	0.972	44	0.9106	0.972
Current						
1. Average travel speed	31	0.9588	0.964	12	0.9423	0.918
2. Average running speed	31	0.9327	0.964	12	0.9065	0.918
3. Average passenger-km carried	31	0.9757	0.964	12	0.9571	0.918

The third requirement considers equality of variance. Table 4 shows the test statistic F with  $(N_1-1)$  and  $(N_2-1)$  degrees of freedom where  $N_1$  and  $N_2$  are the sample sizes for data gathered after the opening of the MRT3 and those gathered in the current year, respectively. As shown in the data, only the data for average travel and running speed

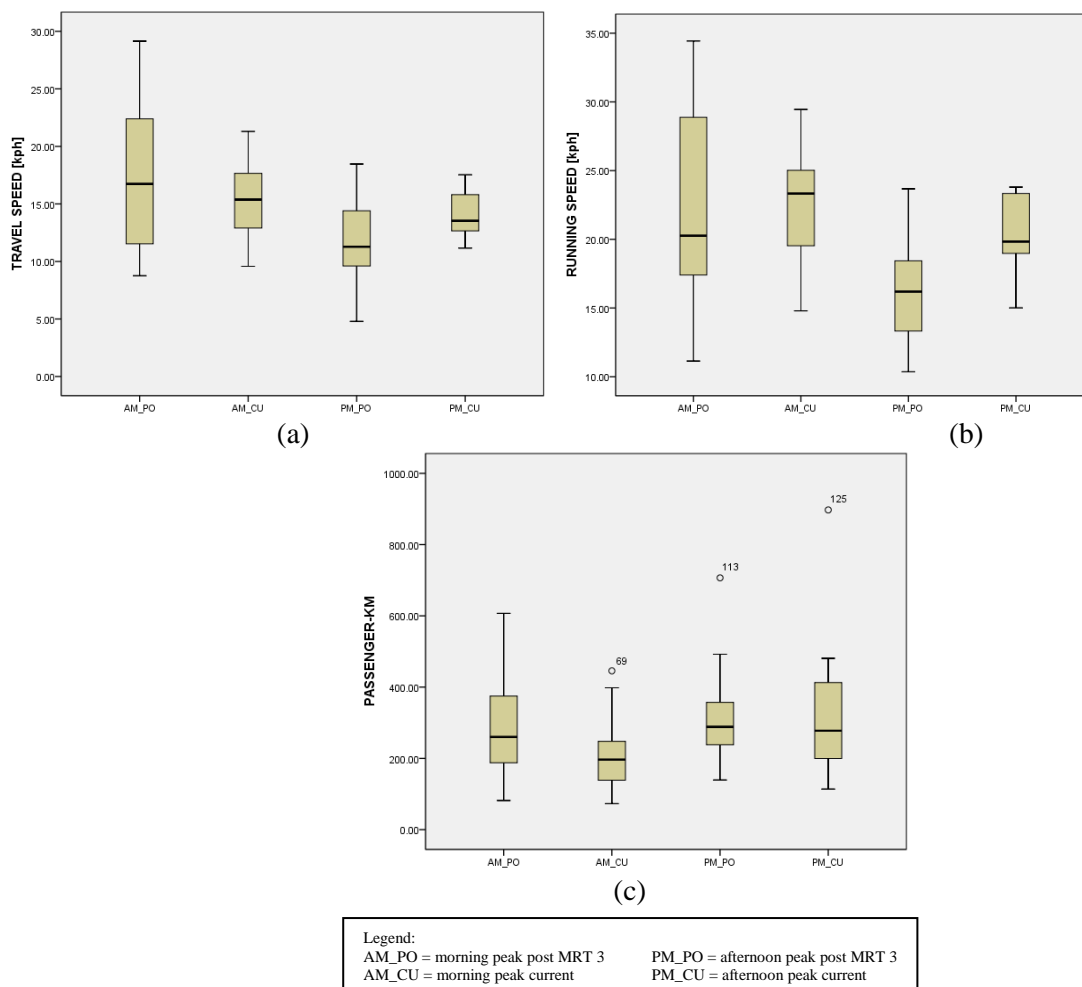
for the afternoon peak period passed the test. The rest of the values for average travel speed, running speed, and passenger-km carried failed to satisfy the equal variance assumption. As a result, t-test for means of independent samples, an alternative for data variances not assumed as equal, was used to compare the sample data.

**Table 4** Test for Equality of Variance

Variable	Southbound, AM Peak ( $N_1=38, N_2=31$ )		
	Levene's Test for Equality of Variance F	P-Value	Remarks
1. Average travel speed	21.169	0.000	Fail
2. Average running speed	14.492	0.000	Fail
3. Average passenger-km carried	4.834	0.031	Fail
	Northbound, PM Peak ( $N_1=44, N_2=12$ )		
1. Average travel speed	2.836	0.098	Pass
2. Average running speed	0.365	0.548	Pass
3. Average passenger-km carried	4.975	0.030	Fail

Figure 3 (a), (b), and (c) show the box plots of the average travel speed, average running speeds, and the average passenger-kilometer performance of buses, respectively. As the box plots reveal, there is a small reduction in the average travel speed for the morning peak period. For the afternoon peak

period data, there is a noticeable improvement. For the average running speed, there is a significant increase for both the morning and afternoon peak periods. As for the passenger-kilometer performance of buses, small changes were observed for the respective sets of data.



**Fig. 3** Box Plots of Average Bus Travel Speeds, Running Speeds, and Passenger-Km Performance

Using hypothesis testing at 95% level of confidence, changes in the mean of the average travel speed, running speed, and passenger-kilometer performance of buses for both data sets were determined. The following are the null and alternative hypotheses used in the test.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad (1)$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \quad (2)$$

where  $\mu_1$  = the sample used to represent interchangeably the mean of the average travel speed, average running speed, and passenger-kilometer performance of buses after the opening of the MRT3, and  
 $\mu_2$  = the sample used to represent interchangeably the mean of the average travel speed, average running speed, and

passenger-kilometer performance of buses operating currently

Table 5 shows the result of the hypothesis test ( $\alpha=0.05$ ). As shown, there is enough evidence to reject Eq. 1 for the average passenger-kilometer carried by buses in the morning peak period, as well as for the average travel and running speeds data in the afternoon peak period. The results confirmed the changes exhibited in the box plots regarding the bus data considered. There is a small reduction, although tested to be negligible, in the average travel speed, while a slight increase in the average running speed can be seen for buses in the morning peak period. The increase in values for the average travel and running speed for buses in the afternoon peak period reflects the behavior shown in the box plots as well. For the the passenger-kilometer performance of the buses, the values agree with behavior seen in Figure 3 as well.

**Table 5** Test for Means of Bus Variables

Variable	Period	Mean	No. of Samples	(t-test, P-value)	Remarks
	Southbound, AM Peak				
1. Average travel speed [m/s]	Post-MRT	17.57	38	1.949, 0.056	Do not reject H <sub>0</sub>
	Current	15.29	31		
2. Average running speed [m/s]	Post-MRT	22.19	38	-0.168, 0.867	Do not reject H <sub>0</sub>
	Current	22.40	31		
3. Average passenger-km performance	Post-MRT	282.91	38	2.851, 0.006	Reject H <sub>0</sub>
	Current	206.88	31		
	Northbound, PM Peak				
1. Average travel speed [m/s]	Post-MRT	11.79	44	-2.336, 0.005	Reject H <sub>0</sub>
	Current	14.12	12		
2. Average running speed [m/s]	Post-MRT	16.04	44	-4.579, 0.000	Reject H <sub>0</sub>
	Current	20.40	12		
3. Average passenger-km performance	Post-MRT	311.09	44	-0.320, 0.754	Do not reject H <sub>0</sub>
	Current	331.67	12		

### 5.3 Journey Time Composition

The travel time of public utility vehicles is divided into three parts: travel time, passenger-related time, and traffic-related consumed time. Travel time is the time consumed by the vehicle for travelling the stretch of segment being served. Passenger-related times are specifically those consumed by embarking and disembarking passengers. Traffic-related consumed time includes those consumed due to traffic lights, obstruction of other vehicles, and the like.

For situations where it is difficult to discern whether the time under consideration is passenger-related or traffic-related (e.g. at intersections where buses are waiting for the traffic light to turn green, passengers can also use this time to embark or disembark), time consumed by passengers was extracted using a polynomial linear regression equation developed to estimate the time commuters embark or disembark from the public utility vehicle. This is to separate the actual passenger-related time from the traffic-related time.

From samples of embarking and disembarking passengers, the passenger-related time was obtained. An equation was developed to estimate the time consumed by boarding and alighting passengers. The equation in a previous study <sup>[4]</sup> was used as the basis for the equation developed. The updated equation is given as

$$y = 3.329 + 1.299 * x_1 + 0.030 * x_1 * x_2 + 0.677 * x_1 * x_3 + 0.115 * x_1 * x_4 \quad (3)$$

where  $y$  = the time consumed in embarking and/or disembarking passengers,

$x_1$  = the number of embarking and/or disembarking passenger,

$x_2$  = the number of standing passengers,

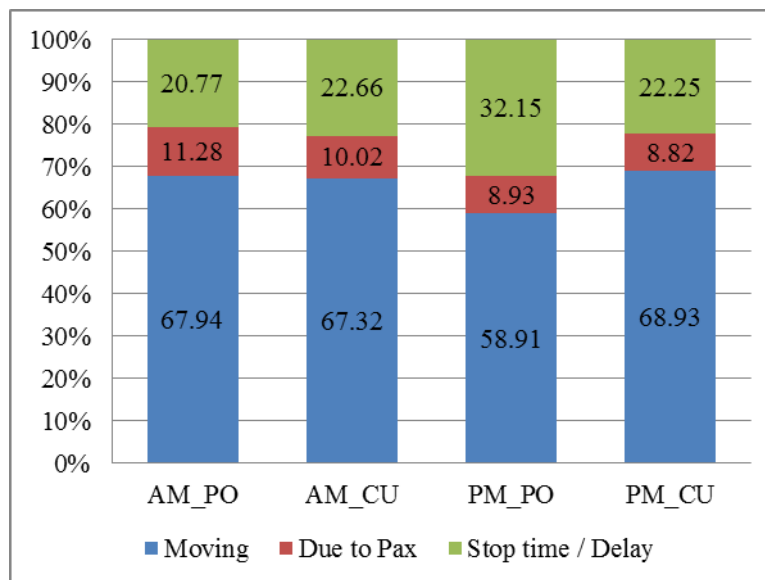
$x_3$  = the presence of airconditioning [1-airconditioned; 0-non-airconditioned], and

$x_4$  = the direction of travel [1-Northbound; 0-Southbound]

As shown in the equation, the passenger-related time relies on the number of embarking and/or disembarking passengers. The presence of standing passengers also contributes as movement

inside the vehicle is hindered. The presence of airconditioning also contributes positively to the passenger-related time. This can be taken as an indication that passengers riding an airconditioned vehicle move less hastily, as the airconditioning provides passenger comfort. The direction of travel was also found to affect the passenger-related time, such that those travelling Northbound take more time to embark and/or disembark. A possible explanation could be that critical periods going Northbound occur in the afternoon, when majority is comprised of home trips, meaning the passengers are probably in less of a hurry.

Figure 4 shows the percentages of journey time composition. As shown, the highest percentages of time were spent on movement for all sets of observations. Comparing percentages between the post-MRT3 and current data, during the morning peak period, very negligible differences can be discerned. However, for the afternoon peak period, it can be noticed that the stop time or delay significantly decreased. This agrees with the earlier findings where travel and running speeds are found to have improved, which consequently means a decrease in delays.



**Fig. 4** Bus Journey Time Composition During Morning and Afternoon Peak Periods

### 5.4 Delay Breakdown Along EDSA

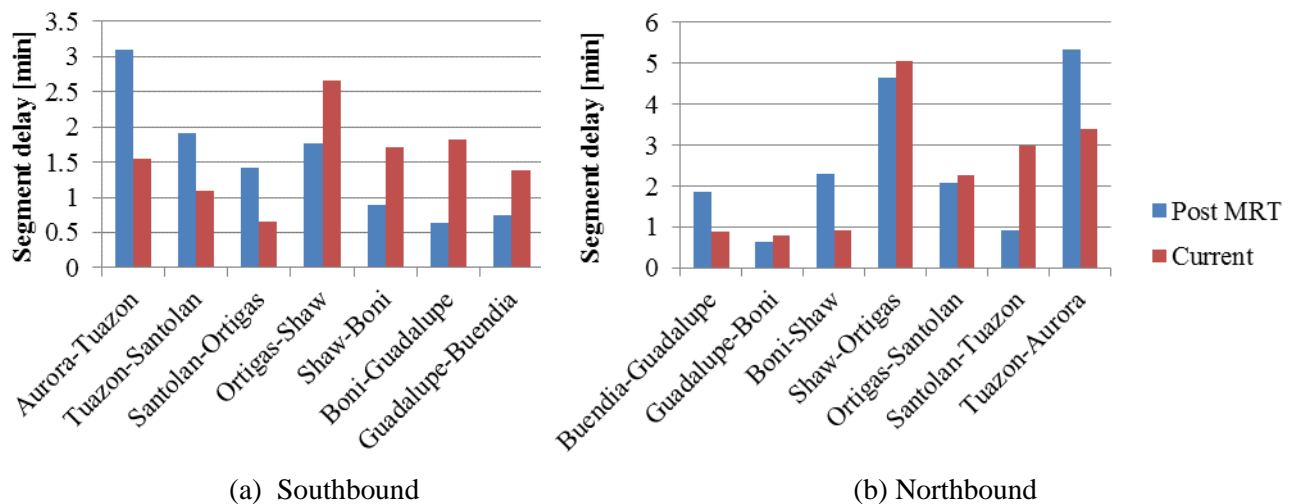
Figure 5 shows the delays for the selected segments along EDSA for buses travelling Southbound and Northbound, respectively. Table 6 shows the cumulative delays for both data sets. As shown in the first figure, for the morning peak

period, there are noticeable changes in the location of delays and dwell times. Generally, the delays

shifted towards the latter part of the route, from Ortigas to Buendia, with the largest delay incurred in the Ortigas-Shaw segment. As for the afternoon peak period, the delays were incurred in the latter part as well, from Shaw to Aurora, with the largest delay occurring in the Shaw-Ortigas segment. It can be seen that the largest delay shifted from the Aurora-Tuazon segment to the Ortigas-Shaw segment, for both sets of data.

**Table 6** Total Delay Along EDSA

		Total Delay [min]	
Direction	Period	Post MRT3	Current
Southbound	AM Peak	10.46	10.88
Northbound	PM Peak	17.77	16.30



**Fig. 5** Segment Delays Along EDSA during the

Southbound Morning Peak Period For both data sets, it can be seen that delays build up towards the farther stretches of EDSA, for both directions of travel. Considering the end points of the segment being studied are the points of convergence and divergence for both directions, it is understandable that there is no significant exit of vehicles along the segment. As for the total delays shown in Table 6, it can be seen that there is no significant difference when comparing the morning peak data. As for the afternoon peak data, a reduction in total delay can be seen. Like that of the previous sub-chapter, this agrees with the earlier findings stating significant improvement in travel and running speeds.

### 6. Conclusions

Over the years, EDSA has been the main thoroughfare across Metro Manila for both public and private vehicles. Countless research studies have analyzed EDSA and all the public transport modes plying it, and proposed solutions to alleviate the traffic congestion. However, as shown in the current operating conditions along EDSA in this paper, it can be seen that there is still room for traffic condition improvement.

Travel and running speeds were found to have changed minimally in the Southbound

direction. In the Northbound direction, improvement in both travel and running speeds was observed. The average passenger-kilometers carried by buses were found to experience minor changes as well.

As for the journey time composition, no significant changes in percentages were noted. For the equation used in estimating passenger-related time, the presence of airconditioning and the direction of travel were found to contribute as well.

It was also found that the biggest delay was incurred in the Ortigas-Shaw segment, for both directions of travel. This can be attributed to the traffic congestion caused by vehicles massing near the malls located along this segment.

Although the data shows a general improvement in the bus operation conditions over the years, this does not necessarily show in the actual situation. It has been a general notion that the traffic condition along EDSA has never been worse. Two possible explanations can be that 1) people's perception of the traffic situation is skewed negatively, or 2) there are quantities not considered in this analysis. Considering the first option is questionable, the latter shall be reconsidered.

A possibility could be that some delays incurred are unaccounted for by the terms of analysis used in this paper. A possible factor can be found in the requirements for classification as traffic-related time. This quantity only considers time consumed while the vehicle is not moving, for reasons other than passenger embarking or disembarking.

In reality, delays occur while the vehicle is moving as well. However, other sources of delays like those resulting from traffic congestion (e.g. traffic congestion results to lower speeds but does not necessarily add to delay time as the vehicle is still mobile) are harder to extract. It is, therefore, recommended to conduct studies on developing methods to account for delays aside from dwell times.

## 7. Acknowledgment

This paper is a part of the ongoing PUBFix study under a research grant from the Philippine Council for Industry, Energy, and Emerging Technology Research and Development (PCIEERD) of the Department of Science and Technology (DOST) for this research.

## References

- [1] Agrawal, A. W., et.al. (2013) Shared-Use Bus Priority Lanes on City Streets; Approaches to Access and Enforcement, *Journal of Public Transportation*, Vol. 16, No. 4, pp. 25-41.
- [2] Antonio, C. and Icasiano, D. (2006) Rationalisation of Bus Stop Location along EDSA, *Undergraduate Research Program in Civil Engineering*, Vol. 198, pp. 1-12.
- [3] Chen, X. (2003) Subregional Governance of Bus Services: An Integrated Study, *Journal of Public Transportation*, Vol. 6, No. 2, pp. 37-60.
- [4] Fillone, A. (2001) Immediate Effect of MRT3 Operation on Bus Service Along Epifanio Delos Santos Avenue (EDSA), Metro Manila. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 3, No. 1, pp. 117-127.
- [5] Finn, B. and Mulley, C. (2011) Urban Bus Services in Developing Countries and Countries in Transition: A Framework for Regulatory and Institutional Developments, *Journal of Public Transportation*, Vol. 14, No. 4, pp. 89-107.
- [6] Guariño, D., et.al. (2001) A Study into the Viability of Consolidating Bus Companies Operating in Metro Manila, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 4, No. 1, pp. 207-222.
- [7] Hillsman, E., et.al. (2012) A Summary of Design, Policies and Operational Characteristics for Shared Bicycle/Bus Lanes, *Center for Urban Transportation Research*, University of South Florida, Tampa, FL.
- [8] Kawabata, Y. and Sakairi, Y. (2008) Metro Manila Interchange Construction Project (IV). Retrieved from: [http://www.jica.go.jp/english/our\\_work/evaluation/oda\\_loan/post/2008/pdf/e\\_project22\\_full.pdf](http://www.jica.go.jp/english/our_work/evaluation/oda_loan/post/2008/pdf/e_project22_full.pdf)
- [9] Liza, A. (2013, July 22) MMDA Readies integrated bus terminal, *Manila Bulletin*.
- [10] Looney, S. and T. Gullledge, Jr. (1985) Use of the Correlation Coefficient with Normal Probability Plots. *The American Statistician* 39, pp. 75-79.
- [11] Masinag, C. (2014, March 25) MMDA adding 2 bike lanes on EDSA, to launch bike-sharing as traffic jams persist, *InterAksyon*.
- [12] McLeod, F. and Hounsell, N. (2003) Bus Priority at Traffic Signals – Evaluating Strategy

- Options, *Journal of Public Transportation*, Vol. 6, No. 3, pp. 1-14.
- [13] Md. Nor, N., et.al. (2006) Predicting the Impact of Demand- and Supply-Side Measures on Bus Ridership in Putrajaya, Malaysia, *Journal of Public Transportation*, Vol. 9, No. 5, pp. 57-70.
- [14] Morris, M., et.al. (2005) The Role of UK Local Authorities in Promoting the Bus, *Journal of Public Transportation*, Vol. 8, No. 5, pp. 25-40.
- [15] Shrestha, R. M. and Zolnik, R. J. (2013) Eliminating Bus Stops: Evaluating Changes in Operations, Emissions and Coverage, *Journal of Public Transportation*, Vol. 16, No. 4, pp. 1-24.
- [16] Tu, T., et.al. (2013) Comparative Analysis of Bus Lane Operations in Urban Roads Using Microscopic Traffic Simulation, *Asian Transport Studies*, Vol. 2, Iss. 3, pp. 269-283.
- [17] Vallarta, B. (2011) With 31 malls near EDSA, Christmas traffic crawls. *GMA News*. Retrieved from:  
<http://www.gmanetwork.com/news/story/241646/news/nation/with-31-malls-near-edsa-christmas-traffic-crawls>
- [18] Land Transportation Franchising and Regulatory Board. Public Utility Bus EDSA Routes. Retrieved from:  
<http://ltfrb.gov.ph/main/farerates#sthash.h4JKEjl7.dpbs>
- [19] MMDA reminder: Bus segregation scheme starts Tuesday (2012, December 18) *GMA News*.
- [20] Southwest Integrated Provincial Transport Terminal (SWIPTT) (2013) Retrieved from:  
<http://mmda.gov.ph/SW-integrated-provincial-terminal.html>

## **THE PANAY-GUIMARAS-NEGROS BRIDGE PROJECT: AN INITIAL ASSESSMENT**

Paper Identification number: **AYRF14-046**

Nicanor ROXAS, Jr.<sup>1</sup>, Alexis FILLONE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Civil Engineering Department

De La Salle University Manila, 2401 Taft Avenue, Manila, Philippines

Telephone 632-524-4611 loc 226

E-mail: gmesh\_ph@yahoo.com

<sup>2</sup>Civil Engineering Department

De La Salle University Manila, 2401 Taft Avenue, Manila, Philippines

Telephone 632-524-4611 loc 226

E-mail: alexis.fillone@dlsu.edu.ph

### **Abstract**

Studies have shown that enormous transportation infrastructure projects recurrently underperform when the actual cost and benefits are compared to the forecasts utilized in the project proposals. The projected costs have been shown to be commonly underestimated while forecasted demand, overestimated. In this research, an ambitious project in the Western Visayas Region in the Philippines is assessed. The Panay-Guimaras-Negros (PGN) Bridge Project intends to connect the islands of Panay, Guimaras, and Negros via inter-island bridges that span a length of approximately 23 km. It has been long been proposed and supported in congress where 19 congressmen from the Visayas issued a joint resolution urging the national government to prioritize the construction of the inter-island bridges. In this study, the PGN project is placed in the distribution of previously completed projects of the same scale and lessons are drawn from their experience. Moreover, the Reference Class Forecasting (RCF), as devised by Flyvbjerg, is tackled in order to improve risk assessment in transportation infrastructure project proposals. If the proposed PGN project were placed in the distribution of previously completed projects based on the databases established, a 23% to 55% cost escalation is to be expected when considering only a 20% risk of cost overrun. This translates to a 25% to approximately 33% increase in the allotment from the national public works budget to the PGN proposal. Since the Philippines does not have the recipe for success, caution should be exercised in handling this proposal.

**Keywords:** Forecast Inaccuracies, Reference Class Forecasting, Cost Underestimation

### **1. Introduction**

The Philippines is a developing country which needs to make an efficient use of its resources. According to the Department of Budget and Management of the Philippine government, a total of 213.5 billion pesos or approximately 10% of the 2.265 trillion 2014 national budget is allocated to the Department of Public Works and Highways. From this share, approximately 38% is allocated to the regional offices where Region 6 or the Western Visayas region is allotted the second largest share next to the CALABARZON region, which is adjacent to the National Capital Region.

The Panay-Guimaras-Negros Bridge Construction Project (PGN Bridge Project) aims to

connect the three main islands of the Western Visayas Region namely, Panay, Guimaras, and Negros as seen in Fig. 1. Steel and suspension bridges are to be constructed that would accommodate four-lane roadways<sup>1</sup>. Support for this project started way back in 2005<sup>2</sup>. Recently in 2012, nineteen congressmen from the Visayas issued a joint resolution urging the president to prioritize the PGN Bridge project<sup>3</sup>. The resolution stated that the trans-link bridges will foster new economic opportunities, reduce transportation costs, improve accessibility, and enhance the tourism industry in the region<sup>3</sup>. They also mentioned that the current administration should not only focus all its resources in the National

Capital Region but also provide assistance for the progress and development of other regions<sup>4</sup>. The lawmakers added that based on the latest census of the National Statistics Office (NSO), the Visayas islands have a larger population than the National Capital Region (NCR). Despite this, the NCR gets the bulk of the national budget. Finally, they expressed that for an archipelagic country like the Philippines, a *unified well-integrated economy* is needed in order for goods and services to be transported efficiently<sup>3</sup>.



**Fig. 1.** Map of Western Visayas Region

There have been several studies concerning the PGN Bridge Project. The first study was performed by the Japan International Cooperation Agency (JICA) in 1999. JICA estimated the total cost of the 23.19 km megaproject to be approximately 53 billion pesos. It connects Panay to Guimaras via a 2.59 km bridge while Guimaras is linked to Negros by a 20.6 km bridge<sup>5</sup>. In another study in 2010, the Department of Public Works and Highways (DPWH) estimated the total cost of the project to be around 28.5 billion pesos. Unlike the JICA proposal, this study recommended a total of 13.16 km of bridges connecting the three main islands; 3.6 km Panay-Guimaras Bridge at 9.44 billion pesos and 9.56 km Guimaras-Negros Bridge at 19.18 billion pesos. In this proposal, the town of Leganes in Iloilo is connected to Buenavista in Guimaras while the town of San Lorenzo in Guimaras is connected to Pulupandan in Negros Occidental<sup>3</sup>. At this time, the proponents

of the project has expressed that the PGN Bridge Project is now more realizable due to the smaller amount of funds needed. However, this same study was updated by the DPWH in 2011 and found that the total cost has increased by more than a hundred percent to 54 billion pesos. They also added that there are no funds currently available for the PGN Bridge project<sup>4</sup>. In early 2012, the local government coordinator for the project had a meeting with KGC Ltd., Japan which conducted the study in 2008<sup>6</sup>. This just shows the amount of interest in the project where project proponents have looked into several sources of funding, from PPP to ODA and JICA<sup>2</sup>. The PGN project is also included in the Western Visayas Regional Development Plan as a Major Inter-District or Regionwide Proposed Infrastructure Programs for 2011 to 2016<sup>7</sup>.

This study looks into the proposed PGN bridge project, a project which will definitely put the region on the limelight when it is fully realized. However, first, the evaluation of the project through cost-benefit analysis should be examined. It has been mentioned in previous studies that most projects of this scale fail and therefore, no matter how prudent the estimates are calculated, human bias is still incorporated. This research intends to place the PGN project in the distribution of previously completed projects of the same scale from which lessons may be drawn from their experiences. Moreover, the RCF, as devised by Flyvbjerg, is tackled in order to improve risk assessment in transportation infrastructure project proposals, such as the proposed PGN project.

## 2. Literature Review

Industrialization and progress are supplemented by costly infrastructure projects with the envisioned purpose of acting as catalysts for growth and development of nations. However, as more of these projects are built, much resource is being wasted instead, due to the poor performance of these expensive projects<sup>8, 9, 10</sup>. Flyvbjerg also mentioned that the best practice in the field of megaproject planning and forecasting may be thought of as an outlier while the norm is a disaster<sup>11</sup>. The problems caused by these projects are very intricate and influential<sup>12</sup>. Therefore, much attention is needed in the planning of such risky endeavors. Proper monitoring, evaluation, and international comparison or interaction are needed

to identify which projects comply with the demand and cost

forecasts, and other projected impacts<sup>13, 14, 15</sup>. Proficient planning complemented by ethical politicians, planners, and project proponents will result in improved decision making; therefore, projects that deserve to be built are built and those that do not, will be abandoned.

A problem, observable in the field of transportation, is that there is much politics in the planning and approval of projects<sup>10, 16, 17</sup>. Increase in politics entails more competition. This sort of competition, especially with regards to public funds, drives project proponents to carefully manipulate their project proposals in order to outdo proposals from others. Blown up figures shown in proposals are definitely attractive to the decision makers. However, these forecasts are biased where the real and unbiased information behind the projects are kept from the public. All these result in less cooperation among government units and the professional expertise of consultants are often ignored due to fact that projects are habitually evaluated through political influence of the proponents<sup>10, 17</sup> or through the personal monetary benefits, gains, or bribes obtained from each of the projects. Inefficient decisions are thus often carried out.

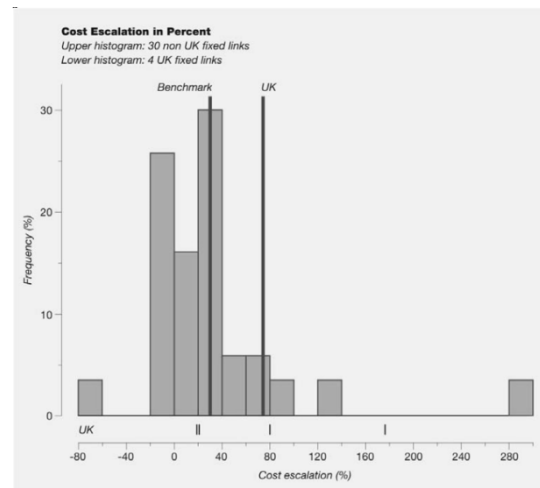
Due to the long planning stage, Flyvbjerg has shown that projects of this magnitude are risky, both in terms of revenue and economics where managers often cited that poor forecasting, poor risk identification, and cost escalation are the main reasons for exceeding the budget. In fact, 86% of the 258 transportation projects in the database suffered cost overruns. Table 1 shows some results of the study by Flyvbjerg<sup>18</sup>. It indicates that a bridge project will experience a cost escalation of 33.8% in constant prices, on the average. Park and Papadopolou have also made a study identifying twenty seven causes of cost overruns in Asia<sup>19</sup>.

The distribution of cost overruns, in constant prices, for the fixed link projects, which includes bridges, in UK and non-UK areas is shown in Fig. 2. It can be verified that most of the fixed link projects suffer cost overruns.

**Table 1** Average cost escalation in 258 transportation infrastructure projects in constant prices

Project type	Number of projects (n)	Quartiles (25/50/75%)	Average cost escalation (%)	Standard deviation
Rail	58	24/43/60	44.7	38.4
Bridges and tunnels	33	-1/22/35	33.8	62.4
Roads	167	5/15/32	20.4	29.9
All projects	258	5/20/35	27.6	38.7

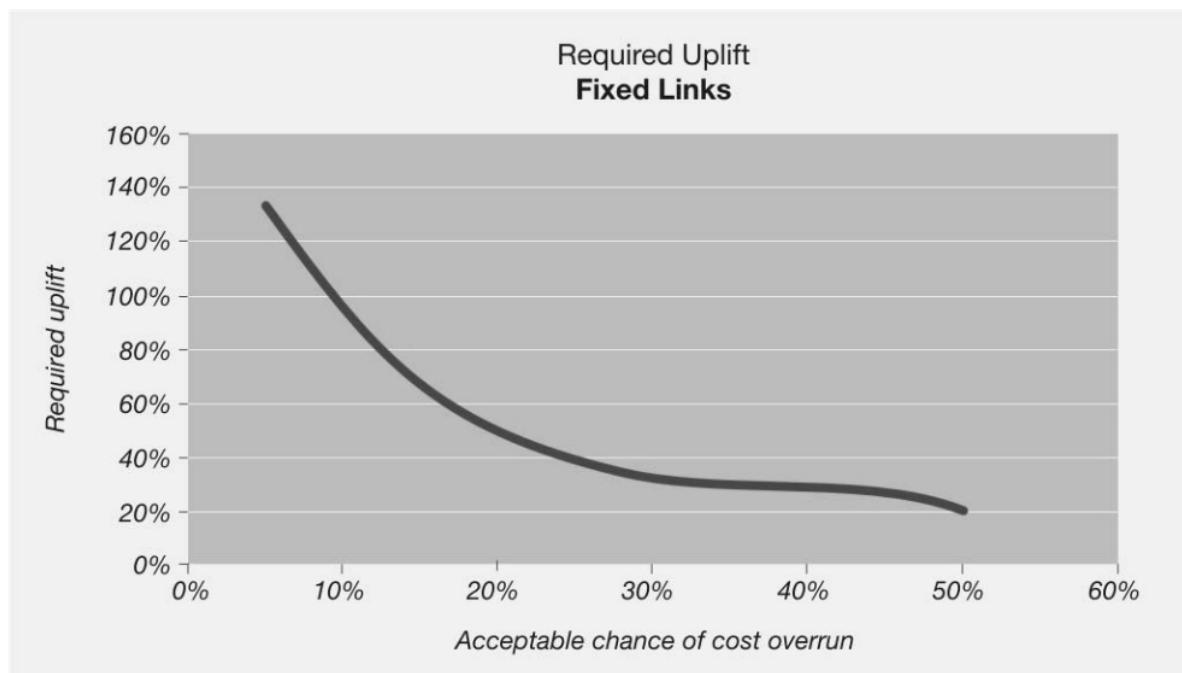
Source: (Flyvbjerg, 2007)



**Fig. 2** Cost overrun in UK (N=4) and non-UK (N=30) fixed-link projects

Source: (Flyvbjerg, 2007)

The histogram shown in Fig. 2 forms the basis for the necessary increase in budget for a given acceptable level of risk of cost overrun. Fig. 3 illustrates that for a 50% likelihood of cost overrun happening, the required increase in budget, in constant prices, is almost 20%, whereas for an acceptable level of 10%, the required uplift is 100% of the original budget.



**Fig. 3** Required uplift as a function of the maximum acceptable level of risk for cost overrun, fixed links

Source: (Flyvbjerg, 2007)

### 3. Methodology

With the results from previous studies concerning the cost overruns and demand shortfalls of transportation megaprojects, a project like the PGN bridge project should receive the necessary precautions with regards to its cost and performance. The cost-benefit analyses are based on forecasts and hence caution should be exercised. However, no matter what advanced modelling tools are used, some degree of optimism bias is incorporated in the forecasts. In order to avoid this, Flyvbjerg advocated the use of RCF technique. It is a method which takes the *outside view* of the specific project being evaluated. It looks into the results of a similar class of previously completed projects, thus avoiding the stages in planning where bias may be incorporated<sup>20</sup>. The method consists of the following three steps<sup>21</sup>:

1. Identify a similar reference class of completed projects which is comparable to the project being evaluated.
2. Establish a probability distribution for the reference class with a sufficient number of samples.

3. Compare the project with the established distribution and predict the most probable outcome for the project being evaluated.

### 4. Results

The proposed PGN Bridge Project may be considered a megaproject due to its enormous size and the colossal capital investment required. It rivals those projects included in Flyvbjerg's database consisting of more than 200 transportation projects all over the world with costs varying from \$1.5 million to \$8.5 billion. The cost of the PGN project costs between estimates of 28.5 billion PHP in 2010 and 54 billion PHP in 2011 and has been supported in congress since 2005 pioneered by a JICA project study made in 1999.

In a study by Roxas and Chalermpong, 129 road and bridge projects from Thailand and the Philippines were compiled to form a database similar to Flyvbjerg<sup>22</sup>. Out of all the projects, 85 are from the Philippines, where 60 are road projects and 25 are bridge projects costing between 98 million PHP and 17 billion PHP, far smaller in project size than Flyvbjerg's database. Table 2 shows that the mean cost overrun of

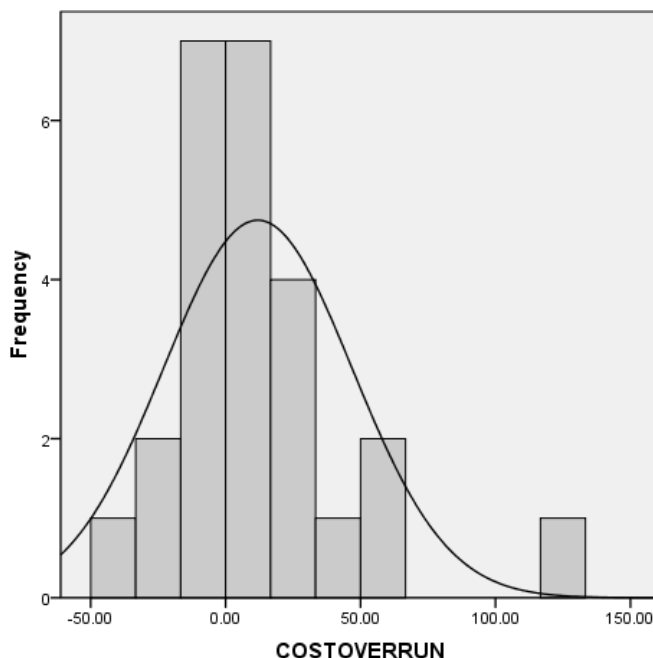
bridges is larger than that of road projects. Despite the small values of cost overruns, the standard deviation values for costs are significantly large. Only the cost data were noted as there were actual demand records kept for transportation projects in the Philippines.

**Table 2.** Average cost escalation in 85 Philippine transportation infrastructure projects in constant prices

Project type	Number of projects (n)	Average cost escalation (%)	Standard deviation
Road	60	2.70	36.21
Bridges	25	11.91	35.02

**Source:** (Roxas & Chalermpong, 2008)

The distribution of cost overruns in bridge projects in the Philippines is shown in Fig. 4. A class specific to bridges is identified separately for the purpose of this study in order for the identified reference class to be more comparable to the proposed PGN project. Most projects, as indicated in Fig. 4, exceed their forecasted costs.

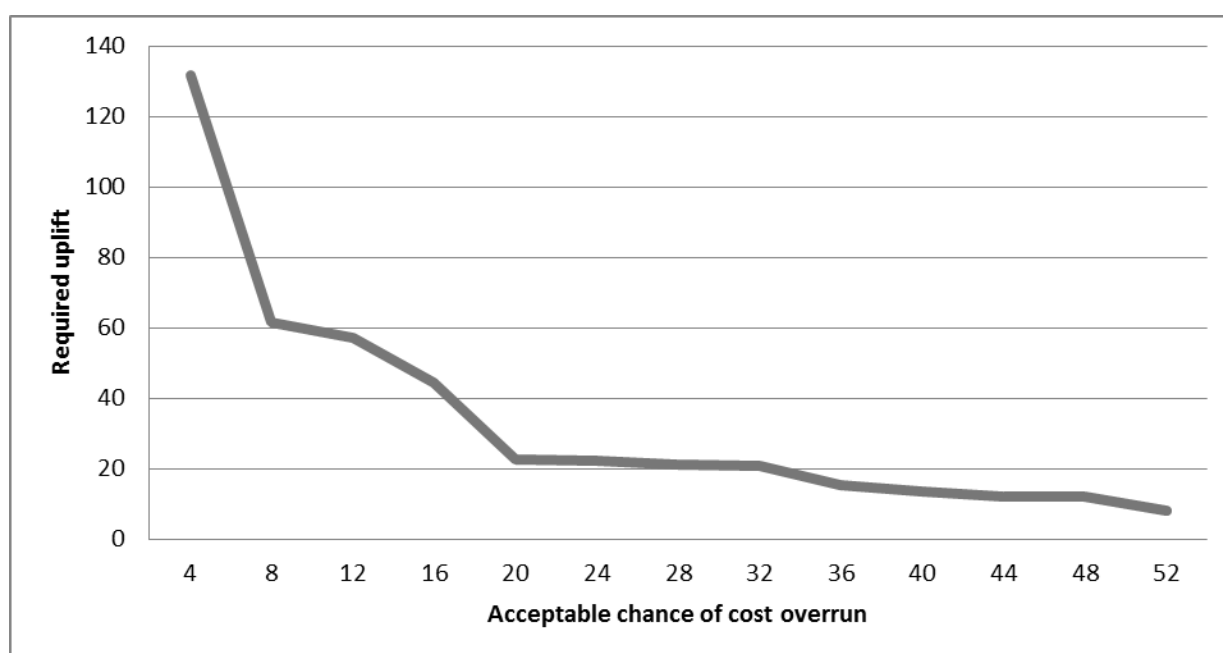


**Fig. 4** Cost overrun in Philippine bridge projects

The required increase in the forecasted cost of a bridge project can be derived from Fig. 5. It can be verified that for a 50% chance of cost overrun, about 12% of the forecasted cost should be added, while at a 10% level of risk, the required uplift is approximately 60%, in constant prices.

Despite differences in the required increase in budget for bridge projects, the studies of Flyvbjerg and Roxas agree that most transportation projects almost always exceed their allocated budget for various reasons. This fact when coupled with the underperformance of the projects in terms of revenue, results in significant losses. Therefore, a project in its planning stage should be subjected to the RCF modelling technique. This way, a more realistic cost projection based on the performance of previously completed projects is derived. These values may then be used in the cost-benefit analyses so that a proposal may be evaluated more accurately and truthfully. Therefore, projects proposals that deserve to be built are built, while those that do not, are rejected.

The required percentage increase in budget for the case of PGN project is shown in Table 3. The PGN bridge project costs 54 billion PHP according to the latest cost forecast. If it is subjected to the RCF technique, then the projected cost may be expected to increase by the amounts indicated in Table 3. In case a 20% level of risk is acceptable for the project proponents, therefore the expected amount should be increased by 55%, in real terms, instead of the original estimate of 54 billion pesos. This adjusted cost is what should be reflected in the cost-benefit analysis of the project. Note that the results of Flyvbjerg seems to be more applicable since the projects in his database are more comparable with the PGN bridge project in terms of cost and size. The maximum cost in the Roxas and Chalermpong database is only 17 billion PHP, which is just one third of the forecasted cost of the PGN project<sup>22</sup>. Nevertheless, the different percentage increases in budget for a specific level of risk acceptable to all the stakeholders from both studies are shown in Table 3.



**Fig. 5** Required uplift as a function of the maximum acceptable level of risk for cost overrun, bridges in the Philippines

**Table 3.** PGN Project Proposal budget uplifts for a certain acceptable level of risk

Database	Acceptable level of risk			
	50%		20%	
<b>Flyvbjerg</b>	+23%	12.4B PHP	+55%	29.7B PHP
<b>Roxas and Chalermpong</b>	+10%	5.4B PHP	+23%	12.4B PHP

Given these results, the cost-benefit analysis of the PGN bridge project, and other projects as well, should reflect the necessary increases in projected costs as suggested by the RCF technique. The more truthful cost may now be contrasted against the benefits and hence a better evaluation of transportation project proposals can be implemented. Doing so will reduce the economic risks associated with such costly investments.

## 5. Conclusion

In this research, the long experience of other countries in constructing megaprojects has

been reviewed. Flyvbjerg, through his large database of transportation megaprojects, has well illustrated the landscape of megaprojects construction. He disclosed that around 90% of the projects experience cost overruns where up to 50% overruns are common and greater than 50% are not uncommon. He also noted that the cost

overruns have been constantly high for the 70-year period all over the world. On the other hand, he revealed that benefits are overestimated making megaprojects risky on two fronts. He suggested the implementation of the RCF technique in the project proposal stage of such projects. In this regard, if in case the PGN project proposal becomes a full blown feasibility study, the RCF technique should be employed in order to get the risk assessment right.

The PGN project, has been studied by 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 shows 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 in large cost overruns. The Philippines does not have experience in constructing a project of such magnitude. Therefore, we have no formula for success, just like most of the other failed projects in Flyvbjerg's database. Therefore, it does not look promising to look into the experience of others in megaproject construction. It is clear that the effects of megaproject provision are extensive. If the megaproject construction fails, which is highly probable, many sectors are greatly affected. Furthermore, Flyvbjerg mentioned that it is easier to enumerate projects that failed than projects which have succeeded.

The project proponents and the national government should justify the necessity for the project. The 54 billion peso current estimated cost of the project is 25% of the DPWH national budget. If a 20% acceptable level of risk is adopted, then the PGN project will expend approximately up to one-third of the national DPWH allocation since a 23%–55% increase on the original project cost will be added; the national budget will for certain be severely affected. Private capital through PPP could help obtain funding. Questions like what should be done about the PGN project may be posed. Does the region, or the Philippines, urgently need it? Have the basic needs of the constituents been provided for, that this project will be prioritized? It has been mentioned that infrastructure provision is a way of delivering service to the people. However, for the case of the PGN project like other megaprojects that have been built, it is more of a risk due to the fact that large standard deviations exist for both cost overruns and benefit shortfalls in megaproject construction. It is with great caution that in planning such projects, this study suggests that forecasting with care and truthfulness be accomplished by moral proponents and planners

## References

- [1] Sun Star Bacolod, 2012. Sun Star Bacolod. [Online] Available at: <http://50.28.66.118/bacolod/local-news/2012/03/28/19-lawmakers-bac..> [Accessed 9 October 2012].
- [2] Dangcalan, D., 2012. Business: DPWH to Conduct New Study on Panay-Negros. [Online] Available at: <http://www.ndb-online.com/050712/business-economy/business-dpwh..> [Accessed 9 October 2012].
- [3] 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].
- [4] Yap, T., 2012. Manila Bulletin. [Online] Available at: <http://www.mb.com.ph/articles/354390/panay-guimaras-negros-translink..> [Accessed 9 October 2012].
- [5] Manila Bulletin, 2012. Manila Bulletin. [Online] Available at: <http://www.mb.com.ph/node/318990/iloilo-guimara#.UP0CfqP1GSo> [Accessed 8 October 2012].
- [6] Guadalquiver, N. L., 2012. The News Today. [Online] Available at: [http://iloilonewstoday.com/index.php?option=com\\_content&view=arti...](http://iloilonewstoday.com/index.php?option=com_content&view=arti...) [Accessed 9 October 2012].
- [7] RDC VI and NEDA VI, 2011. Western Visayas Regional Development Plan 2011-2016, Iloilo City: Regional Development Council VI and National Economic and Development Authority VI.
- [8] Anguera, R., 2006. The Channel Tunnel - An ex-post economic evaluation. Transportation Research Part A, pp. 291-315.
- [9] Gomez-Ibanez, J. A., 2000. Bangkok's Skytrain (A): Opening the system. s.l.:Kennedy School of Government Case Program, Harvard College.

- [10] Flyvbjerg, B., Bruzelius, N. & Rothengatter, W., 2003. Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition. s.l.:Cambridge University Press.
- [11] Flyvbjerg, B., 2014. What you should know about megaprojects and why: an overview. *Project Management Journal*, 45(2), pp. 6-19.
- [12] Oades, R. & Dimitriou, H. T., 2007. The Nature and Treatment of Complexity, Uncertainty and Risk in the Planning of Mega Urban Transport Projects. *Transportation Research Board*.
- [13] Chapulut, J. N., Jeannesson-Mange, E. & Taroux, J. P., 2007. French post evaluation practice and results. *Transportation Research Board Annual Meeting*.
- [14] Van den Bergh, J. C., 2007. Socail Learning by doing in sustainable transport innovations: ex-post analysis of common factors behind successes and failures. *Research Policy* 36, pp. 247-259.
- [15] Nakamura, H., 2000. The economic evaluation of transport infrastructure: needs for international comparisons. *Transport Policy* 7, pp. 3-6.
- [16] Giuliano, G., 2007. The chaninging landscape of transportation decision making. *Transportation Research Board Annual Meeting*.
- [17] O' Toole, R., 2006. A desire named streetcar, how federal subsidies encourage wasteful local transit systems. *Policy Analysis*, Volume 559.
- [18] Flyvbjerg, B., 2007. Cost overruns and demand shortfalls in urban rail and other infrastructure. *Transportation Planning and Technology*, 30(1), pp. 9-30.
- [19] Park, Y.-I. & Papadopoulou, T. C., 2012. Causes of cost overruns in transport infrastructure projects in Asia - their significance and relationship with project size. *Build Environment Project and Asses Management*, 2(2), pp. 195-216.
- [20] Flyvbjerg, B., 2006. From Nobel Prize to project management: getting risks right. *Montreal, Poject Management Institute Research Conference*.
- [21] Flyvbjerg, B. & COWI, 2004. Procedures for Dealing with Optimum Bias in Transport Planning, *Guidance Document*. London: The British Department for Transport.
- [22] Roxas, N. J. R. & Chalermpong, S., 2008. Forecasting inaccuracies in transportation projects in selected South East Asian Countries.

Manila, Transportation Science Society of the Philippines.

## Mode Choice Analysis of Urban Trips in Iloilo City

Paper Identification number: AYRF14-047

Frederick Lloyd A. SOSUAN<sup>1</sup>, Alexis M. FILLONE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Civil Engineering Department  
De La Salle University, 2401 Taft Avenue, Manila, Philippines  
E-mail: frederick\_sosuan@yahoo.com

<sup>2</sup> Associate Professor, Civil Engineering Department  
De La Salle University, 2401 Taft Avenue, Manila, Philippines  
E-mail: alexis.fillone@dlsu.edu.ph

### Abstract

Urban transportation is a vital part of any city as it directly affects its ability to function. As a result, effective transport planning is needed in order for the city to further grow and develop. Moreover, large part of the urban trips are produced by everyday commuters going around the city. To better understand their characteristic and preference, a mode choice analysis, by means of a logit choice model based on revealed preference, can be done. For this study, it covers the entire network of Iloilo City together with its travelling community. The main factors that affect the travel mode choice of an individual were cost, comfort and travel time. The socio-demographic characteristic of the respondents were insignificant.

**Keywords:** Mode Choice, Revealed Preference, Iloilo City

### 1. Introduction

The Philippines has been enjoying an exceptional economic growth for several years now. This is not only seen in the cities of Metro Manila but also in other cities throughout the country. One of the cities is Iloilo City which is located in the Province of Iloilo. It is situated in the western part of Visayas or Region VI of the Philippines as shown in Figure 1. It is recognized as one of the highly urbanized city in the Philippines. With a population of 425,519 and a population growth rate of 1.8% (NSO,2010), the metropolis continues to densely populate itself resulting to an increase in demand for transportation.

One of the indicators of economic growth is seen in the gross regional domestic product (GDP) of Western Visayas, where Iloilo City resides, has increased from 3.7 to 5.5 for period of 2010 to 2011 (NSCB,2012). It is composed of six provinces and Iloilo City as its regional center. This means that Iloilo City is an integral part of the development of the region. The city is basically composed of seven main districts. These are Jaro, Mandurriao, La Paz, Lapuz, Arevalo, Molo and City Proper as shown in Figure 2 above. Within these districts are further subdivided into 180 barangays that shapes the whole city.



**Fig. 1** Location of Iloilo City in the Philippines

In relation to the economic progress of the city and region, transportation system plays an important role in achieving further development of the city. Urban commuters of Iloilo City are provided with jeepneys as its main mode of public transportation. The jeepneys are operated by independent drivers that travel at specifically defined routes set forth by transportation authority in the city. Each jeepney can carry about 20 passengers at a given time. Another mode of transport that is usually used as an access to or egress from a main transport like the jeepney is the

tricycle. While other travelers have their own private motor vehicles to use just like cars and motorcycles.



Fig. 2 Seven Districts of Iloilo City

## 2. Literature Review

Several previous studies have been made that used discrete choice in modeling travel choices.

The study of Fillone, Montalbo, and Tiglaio (2007) used revealed preference in modeling the travel mode choice of morning home-to-work trips of urban travelers of Metro Manila. Using a multinomial logit model, the seven travel choices were used which includes private car, regular taxi, light rail transit, air-conditioned bus, non-air-conditioned bus, jeepney, and fx megataxi. One of the results of the study was that the significant deterministic variables produced by the logit model were in vehicle time, out of vehicle time, wait time, among others.

Another study by Roquel and Fillone (2013) also used discrete choice analysis by means of revealed preference in an inter-island travel between Iloilo and Negros Occidental. There were four available travel choices for the traveler. The results of the study were that the significant factors affecting the decision of an inter-island traveler is the total time spent on land and total cost of the travel. Income and age also affected the travel mode choice of the individual.

The study of Dissanayake and Morikawa (2010) used a nested logit model to investigate the travel behavior Bangkok Metropolitan Region and to forecast its future travel demand of new transport services. It used both revealed preference and stated

preference. The results of the study were that age, income, job status among others has positive effect on sharing trips made by male commuters.

## 3. Theory

In logit model, it is needed to establish the role of an attribute in identifying its level of utility that it contributes to the overall utility of an alternative in a choice set. The overall utility can be subdivided into two, observed and unobserved variables, of which they are independent of one another and are additive as shown in equation 3.1.

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Wherein  $U_i$  is the overall utility of an alternative,  $V_i$  signifies the observed variables,  $\varepsilon_i$  represents the unobserved variables and  $i$  stands for specific alternative.

In the observed variables, it can be composed of several attributes that are weighted to emphasize the contribute of each identified attributes to the overall representative component of utility,  $V_i$ .

$$V_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}f(X_{2i}) + \beta_{1i}f(X_{1i}) + \beta_{2i}f(X_{2i}) + \dots + \beta_{Ki}f(X_{2K}) \quad (2)$$

Where  $\beta_{0i}$  is the parameter not linked with any of the observed attributes; the “alternative specific constant” in which it signifies all unobserved utilities. On the other hand,  $\beta_{1i}$  represents the weight of an attribute,  $X_i$  and alternative  $i$ .

The utilities mentioned above were derived from random utility theory. These are to be used in models such as multinomial logit(MNL) and nested logit(NL) to measure the probability of choosing an alternative or specific mode of transport. In MNL model, the probability of a person,  $n$ , in choosing an alternative is defined by the equation 3.3

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}} \quad (3)$$

Where  $P$  is the probability of choosing an alternative denoted by  $i$ ;  $V_i$  signifies the observed variables;  $j$  is the available alternatives in a choice set  $C_n$ . Taking into consideration that the value of the probability  $P$  must be more than or equal to zero but less than or equal to 1.

## 4. Methodology

The main method of obtaining data for this study was through a Revealed Preference survey. This was done within the borders of Iloilo City. The purpose of the survey is to capture travel characteristics and perception of an individual over the available travel mode choices in the city. This is needed to replicate actual market conditions to determine how an individual chooses a travel mode over several travel parameters. For the sampled survey to be representative of the population, actual demographics of the city were compared to the sampled demographics of the respondents

. The survey was conducted in various places within the city. These include homes, offices, schools, shopping malls, public markets, and parks. The respondents were then interviewed regarding their travel mode choice. It includes their socio-demographics such as age, gender, employment, and their travel characteristics such as their origin and destination, trip purpose, mode of transport to name a few.

## 4. Results

### 4.1 Descriptive Statistics

The total number of surveys collected for this study was 915 samples. The sampled surveys were then compared with the actual demographics available of the city. For the age group, it is mostly make up of 21 to 30 years old with 26.12% of the total respondents. Next was the age group of 31 to 40 years old consisting of 20.55%. The age group of 41 to 50 accounts for 20.33% while age group 51 to 60 years old comprises 13.77%. The age group below 21 makes up 13.66% and last the age group of above 60 accounts for 5.57%. The average age is 36.96 years old while the median age is 36. Comparing it to the actual median which is 25, there is a disparity between them but this is due to the sampled age for this study were only coming from people of 18 years old and above.

As for the sampled gender, it is distributed almost equally with male at 49.73% and female at 50.27%. Comparing it to the actual gender, the sampled values were very close to the actual values with from 49.73% to the 48.47% for male and 50.27% to the 51.53% for female.

For the employment, the resulted sampled of employed people were 72.35% while the unemployed people were 27.65%. This can be associated to the labor force participation rate since

it is pertaining to the percentage of the population who are actually working. This includes people in the age group which are too young or too old to work yet. Comparing the percentage of employed people to the labor force participation rate, the values are not that far apart.

As for the household size, the sampled value was on average around 5.17 persons. Matching it to the actual average household size of 4.8 persons, it is seen that the sampled gathered was representative of the population. The summary of the results are shown in Table 1.

For the monthly income, the sample is mostly in the group of below 3000 pesos making up about 29.84% of it. This is the result of the combined group of people who are still students and are studying in their respective schools while others in the group are already retired. The group of 3000 to 5999 pesos comprises the 17.70% while the 6000 to 9999 pesos make up the 17.60%. Other groups of 10000 to 14999, 15000 to 19999, and 20000 to 29999 have a percentage of 11.15%, 8.63% and 9.40% respectively. Lastly the 30000 to 49999 and the above 50000 groups make up the remaining 3.50% and 2.19% respectively.

The respondents are also asked for their vehicle ownership of either a private car or motorcycle. The sample resulted that 25.14% of the respondents owns a private car with 66.52% of it has 1, 24.78% has 2 and 8.70% has 3 or more. While on the other hand, 20.11% of the respondents owns a motorcycle with 82.61% of it has 1, 13.59% has 2, and 3.80% has 3 or more.

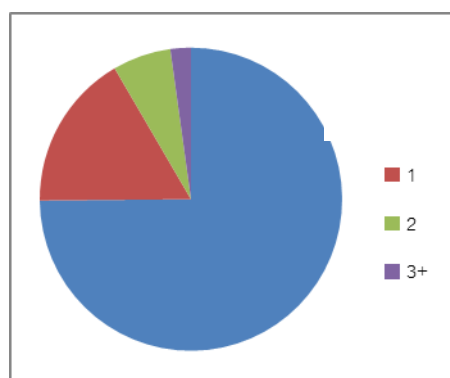
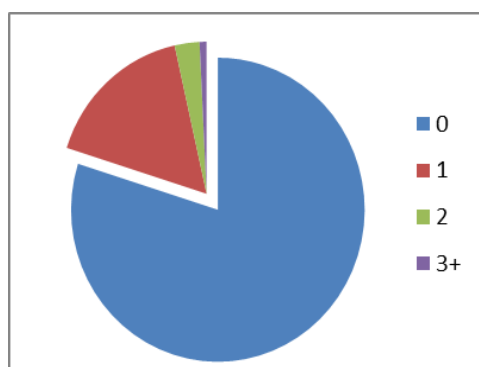
As for the purpose of the trip, most of the trips are for work with 48.96%. Other trip purpose belonging to school, recreation (includes shopping, market, vacation), private (includes business, work out, church) consisted of 16.07%, 16.94% and 18.03% respectively.

Lastly for the trip modes used, jeepney was the most used transport with 70.82% for respondents as it is the main public transport in the city. Next were the private vehicles car and motorcycle with 19.02% and 7.76% respectively. Respondents coming from outside of Iloilo City used provincial bus to enter the city with them comprising only 1.09%. Other modes such as vans and taxi only account to 1.31%.

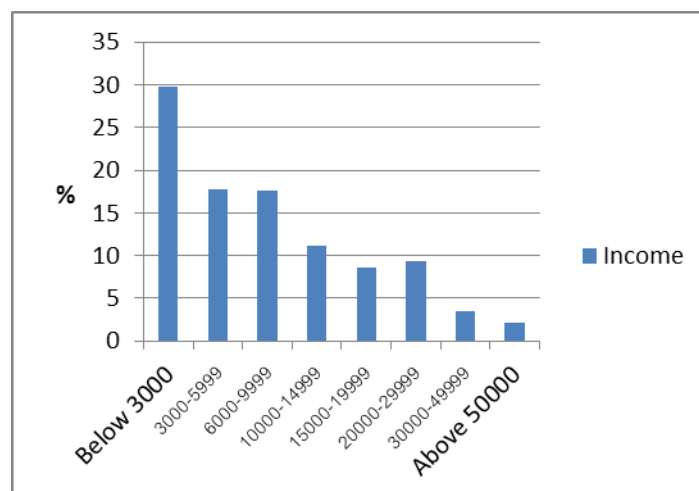
Summary of the key statistical values are found below shown in tables and graphs.

Sampled			Actual	
Age Distribution	Frequency	%	Age Distribution	%
<21	125	13.66	0-14	28.9
21-30	239	26.12	15-64	65.9
31-40	188	20.55	65>	5.3
41-50	186	20.33	Median Age	25
51-60	126	13.77	Proportion of population over 18	64.73
60>	51	5.57		
Average	36.96			
Median	36			
Gender	Frequency	%	Gender(frequency)	%
Male	455	49.73	201019	48.47
Female	460	50.27	213728	51.53
Employment	Frequency	%	Labor Force Participation Rate, %	
Employed	662	72.35	62.2	
Unemployed	253	27.65		
Average Household Size			Average Household Size	
5.17			4.8	

**Table 1** Comparison of Sampled versus Actual Demographics



**Fig. 4** Car Ownership of the Respondents



**Fig. 3** Income Group per Month of the Respondents

## 4.2 Multinomial Logit Model

Using the data gathered from the survey, the multinomial logit model was produced using the three available choices of mode of transport provided in the survey questionnaires. These are jeepney, car and motorcycle.

**Table 2** Multinomial Logit Model

Variable	Coefficient	P-Value
COST	-0.0282305	0
COMF	2.09431308	0
TTIME	0.02785611	0.0003
Car Constant	-3.42188712	0
Motor Constant	-3.0662507	0
Jeep Constant(Base Mode)	0	0

Going through the variables, cost (COST) has a negative value therefore it is viewed as a disutility since the individual spends money during a trip. Comfort (COMF) meanwhile has a positive value therefore it is a utility which means that the individual values comfort during a trip. The variable travel time (TTIME) has a positive value means it is a utility but contrast to what is happening it has a negative impact since the traveler is idling while traveling. One of the reason it came out as a positive is because the City of Iloilo is a relatively small city thus traveling does not take that long to reach to the destination of the traveler. The car constant and the motorcycle constant also were found to be negative in value.

## 4.3 Findings

The results of the model revealed access and egress times during a trip were found to be insignificant for the travelling population. One of the reasons for this is that the jeepney routes of Iloilo City for the most part are well connected thus commuters do not value the access and egress times during a trip. Another reason for this is that motorcycle taxi (tricycle and/or pedicab) are usually available for public transport users to use whenever needed. For private car and motorcycle users, parking is usually readily available in nearby places of their destination. Travel time is a significant in the decision making of the traveler. One reason is that the city itself is relatively small therefore traveling within the city does not take a

long time. Moreover, both cost and comfort were found to be significant with the later having a larger value. This indicates that comfort is more significant the decision making of the individual on which travel mode to choose and cost comes after it. Meanwhile for the car and motorcycle constants, the values were negative and the reason behind it is that the travelers themselves need to own these vehicles in order for them to use it as a mode of transport. It makes sense that the car constant is larger since it requires more money to buy one than a motorcycle. For the socio-demographics of the travelers, it was found to be insignificant during the modeling process.

## 5. Conclusion

The findings of the study were that cost, comfort and travel time are the main factors in affecting the travel decision of an individual. Cost was a disutility since it indicates how the individual values his/her money. On the other hand comfort was a utility to the individual since the jeepneys are always readily available. Other indicators are overcrowding in the jeepneys are not as prevalent as most of responses from the survey indicate that for the respondents, the comfort of the jeepney is medium while for private transport users, their vehicle is always accessible at any given time. As for the travel time, the city is relatively small in size therefore trips usually does not last that long. The socio-demographic characteristic of the respondents were found to be insignificant in the model.

## 5. Acknowledgment

The authors would like to thank the following: the financial support of the Engineering Research and Development for Technology (ERDT) program; Joniemar Calderon, together with his team of students of Central Philippine University (CPU), and Engr. Noel Hechanova, Department Head of CENRO of Iloilo, and his team of surveyors for helping in the data gathering of this study.

## References

- [1] Ben-Akiva, M., & Lerman, S. R. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. USA: MIT Press.
- [2] *Demographic Profile: Western Visayas, Philippines - Region VI*. (2012). Retrieved from Commission on

Population:

<http://www.popcom6.ph/demographic2.html>

- [3] Dissanayake, D., & Morikawa, T. (2010). Investigating household vehicle ownership, mode choice and trip sharing decisions using a combined revealed preference/stated preference Nested Logit model: case study in Bangkok Metropolitan Region. *Journal of Transport Geography*, 402-410.
- [4] Fillone, A., Montalbo, C., & Tiglao, N. (2007). Transport Mode Choice Models for Metro Manila and Urban Transport Policy Applications. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 7.
- [5] Greene, W. H. (2007). *NLOGIT Verison 4.0 Reference Guide*. Plainview, NY, USA: Econometric Software, Inc.
- [6] Keane Gregory Landoy, J. L. (2012). Establishing the Vehicular Speed-Density-Flow Relationships along Selected Primary Roads in Iloilo City. *ATRANS*.
- [7] Office, N. S. (2010). *Philippine Statistics Authority*. Retrieved July 18, 2014, from 2010 Census and Housing  
Population:  
<http://www.census.gov.ph/sites/default/files/attachments/hsd/pressrelease/Population%20and%20Annual%20Growth%20Rates%20for%20The%20Philippines%20and%20Its%20Regions%2C%20Provinces%2C%20and%20Highly%20Urbanized%20Cities%20Based%20on%201990%2C%202000%2C%20a>
- [9] *Philippine Statistics Authority*. (n.d.). Retrieved from 2010 Census of Population and Housing:  
<http://www.census.gov.ph/sites/default/files/attachments/hsd/pressrelease/Western%20Visayas.pdf>
- [10] Roquel, K., & Fillone, A. (2013). Mode Choice Analysis of Inter-Island Passenger Travel from Iloilo to Negros Occidental, Philippines. *Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9.

## Study on Effective lane usage including bus exclusive lane for motorcycles

Paper Identification number: **AYRF14-048**

Wataru MATSUMOTO<sup>1</sup>, Atsushi FUKUDA<sup>2</sup>, Tetsuhiro ISHIZAKA<sup>3</sup>, Yoshihiko HASHINO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Major of Transportation Engineering and Socio-Technology

Nihon University

Telephone & Fax. 045-469-5355

E-mail: cswa14021@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup> Department of Transportation Engineering and Socio-Technology

Nihon University

Telephone & Fax. 045-469-5355

E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

<sup>3</sup> Department of Transportation Engineering and Socio-Technology

Nihon University

Telephone & Fax. 045-469-5355

E-mail: ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp

<sup>4</sup> Department of Civil Engineering faculty of Engineering

Trans Asia Co., LTD

Telephone & Fax. 03-6804-4951

E-mail: yoshihiko.hashino@transportation-asia.com

### Abstract

There are two driving rules of motorcycle in the road section with bus exclusive lane in Japan. The one rule named Tokyo rule prohibit a motorcycle to run on bus exclusive lane and the other one named Kanagawa rule permits a motorcycle to run only bus exclusive lane. According existing studies by Takada, et al., both rules have problems from viewpoints of effective use of road space and traffic safety because of imbalance of lanes usage and existence of motorcycles slipped through vehicles. Thus, the new rule which permit the running all lanes has been proposed by Takada, et al. By applying this new rule, it is expected that lane usage on all lanes might be balanced and motorcycles slipped through vehicles will reduce which might reduce traffic accidents. However, the effect to efficiency and safety under different traffic volume and different mixing rate of various types of vehicles has never been clarified. The purpose of this study is to analyze impact of Tokyo, Kanagawa, and new rules on lane usage and motorcycles slipped through vehicles. In order to analyze, micro simulation program “VISSIM” is employed and simulated under the several conditions, lane usage regulation for a motorcycle, and mixing rate of motorcycles and other vehicles. Traffic volume of each lane and number of motorcycles slipped through vehicles were counted to verify safety. In result of simulating each traffic rules, the number of driving through under new rule was reduced in comparison with other rule. The reason why the motorized bicycle (under 490cc) with slower speed than the other motorcycle was shifted to be on running bus exclusive lane by regulation and then a motorcycle can run without passing motorized bicycle on same lane. And therefor, new traffic rule is considered that the risk of traffic accidents could be reduced.

**Keywords:** Bus exclusive lane , Motorcycle , Driving through , Microscopic traffic simulation

## 1. General Introduction

In recent year, there is a problem of road traffic congestion around the SHIBUYA station. It is difficult that public transportation such as a bus are running on time. To solve this problem, the bus exclusive lane has introduced. After introducing the bus exclusive lane, a bus can run on time and time management has been greatly improved than before the introduction. However a accident of driving thorough by motorcycle has occurred.

For solving this problem, the analysis and evaluation were conducted in terms of the number of driving through by creating micro traffic simulation to evaluate several lane usage regulation for motorcycle.

## 2. Overview of a subject area

### 2.1 Traffic situation in Shibuya

On the national highway 246, there are many motorcycles and bicycles. In addition, the situation that bicycle run on the bus exclusive lane has occurred. (Pic. 2-1) There are driving through a side of vehicle (Pic. 2-2) which has some risk of traffic accidents.



**Pic. 2-1** the situation that bicycle run on the bus exclusive lane

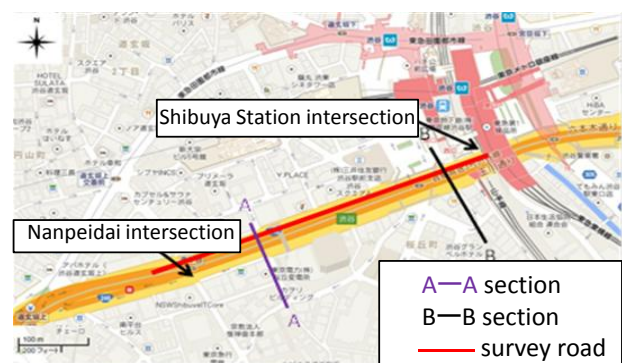


**Pic. 2-2** Motorcycle are driving through the side of car

### 2.4 Proposal new bus exclusive lane in Shibuya

The regulation of bus exclusive lane by the Road Traffic Act have been implemented in 36 prefectures. 15 prefectures have implemented “Tokyo rule”. 21 prefectures including Kanagawa have implemented ”Kanagawa rule”. These two rules were imposed on neighboring prefecture so that it causes complication for driver. Therefor plan to try to unify both traffic rule to “new rule” for nationwide is in progress.

In this study, survey point is national highway 246 including Shibuya Station intersection (Fig. 2-1 and Pic. 2-3). This point is major arterial road and the traffic volume is large. Turn left traffic lane used to have congestion because bus enters the station. (Pic. 2-4)



**Fig. 2-1** research survey road



**Pic. 2-3** Shibuya Station intersection

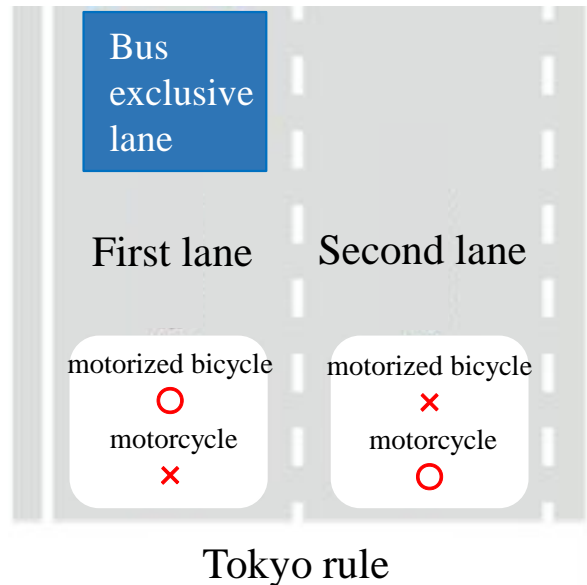


**Pic. 2-4** Shibuya Station intersection

### 3 Contents of each rules

#### 3.1 Tokyo rule

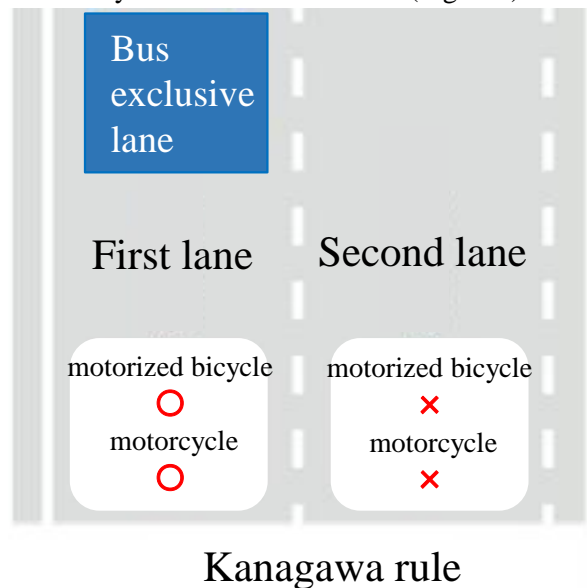
The vehicle which can run on the bus exclusive lane are bus and the motorized bicycle (under 490cc). motorcycle cannot run there. (Fig. 3-2)



**Fig. 3-2** traffic rule (Tokyo)

#### 3.2 Kanagawa rule

Motorcycle and motorized bicycle has to run on only the bus exclusive lane. (Fig. 3-3)



**Fig. 3-3** traffic rule (Kanagawa)

#### 3.3 New rule

Motorized bicycle has to run only bus exclusive lane but motorcycle can run on all lanes. (Fig. 3-4)

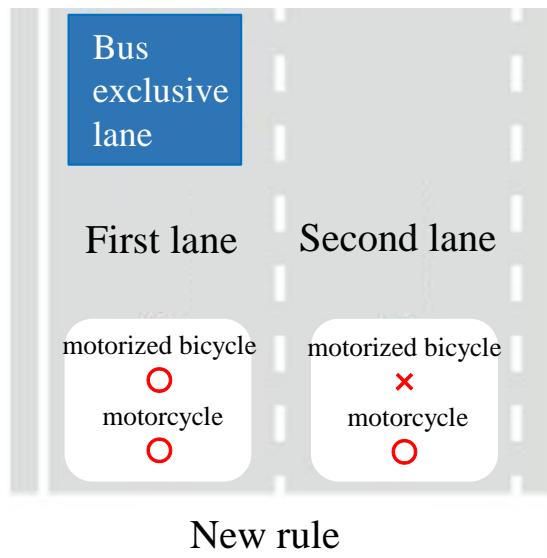


Fig. 3-4 traffic rule (new)

## 4. Traffic Simulation

### 4.1 Target road network

In this study, microscopic traffic simulation “VISSIM” is used for analysis to each traffic rules on following road network. (Fig. 4-1)

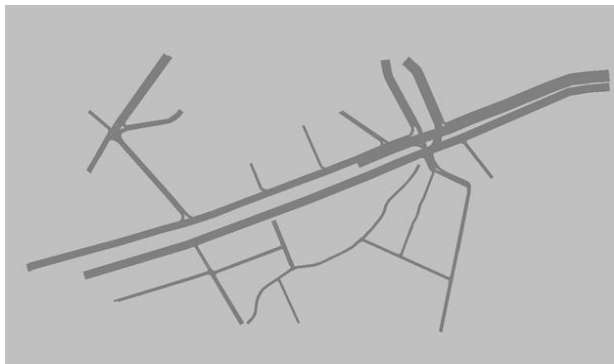


Fig 4-1 Network of simulation

### 4.2 Evaluation method

To evaluate an influence on traffic by the difference of using traffic lane, traffic flow volume by traffic lane and motorcycle's number of driving thorough were measured. Measurement section is 50m from A-A cross section and 30m from B-B cross section (Fig. 4-1 and Fig. 4-2). Fig. 4-3 is shown about Shibuya Station intersection on VISSIM.

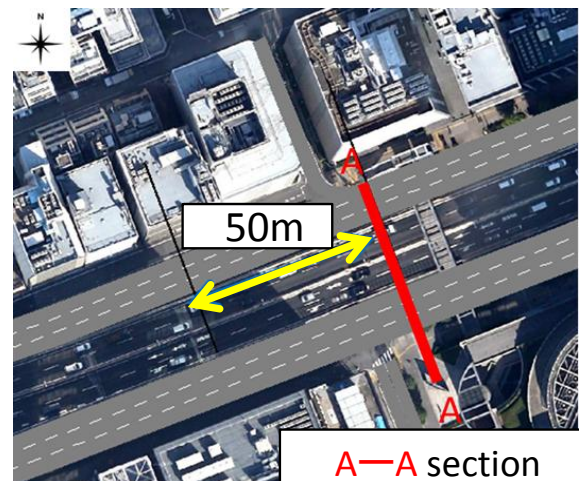


Fig 4-1 Measurement A—A cross section

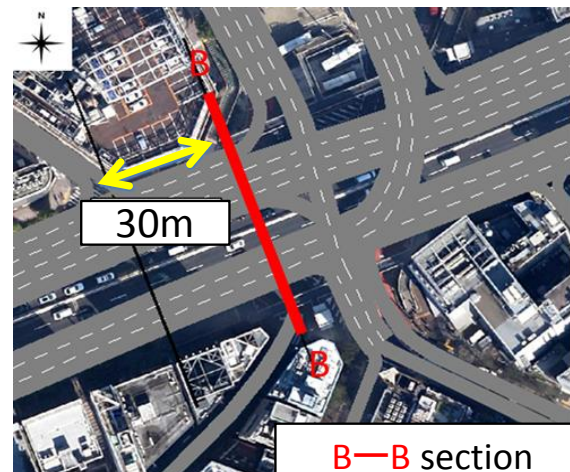


Fig 4-2 Measurement B—B cross section



Fig. 4-3 Shibuya Station intersection on VISSIM

### 4.3 Verification of reproducibility

In order to ensure the reproducibility, GEH (1) was employed. GEH mean reproducibility of simulation. If GEH value is less than 5 in comparison with actual and simulated situation, this simulation is evaluated as good reproducibility.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}} \quad (1)$$

M : traffic volume in simulation model (veh/h)

C : traffic volume in observation (veh/h)

### 5. Result of simulation

The lane traffic volume and number of passing through was counted and analyzed on the simulation in the case of Tokyo, Kanagawa and new rules.

#### (1) A-A cross section

The number of passing through and lane traffic volume through A-A cross section is shown in Fig. 5-4, 5-5 and 5-6. A lot of motorcycle drive through between the first lane and second lane which is available for motorcycle to pass under the Tokyo method. On the other hand, the number of passing thought under Kanagawa method is fewer than the other. It was caused by rule of Kanagawa rule which allow motorcycle to be able to run on only bus priority lane.

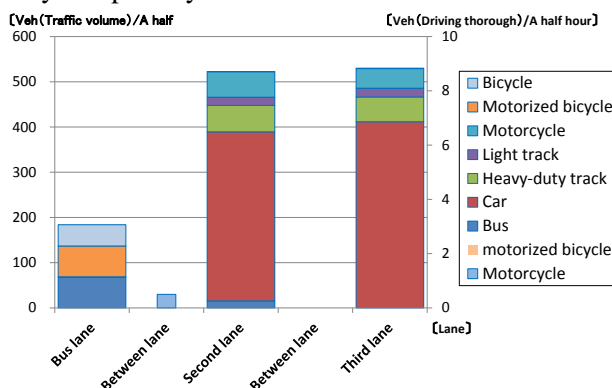


Fig. 5-4 result of A-A cross section (Tokyo rule)

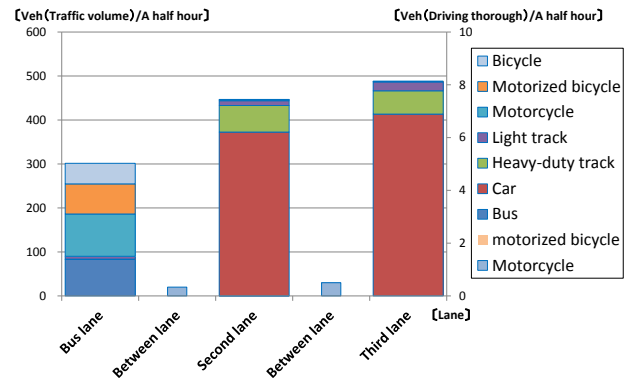


Fig. 5-5 result of A-A cross section (Kanagawa rule)

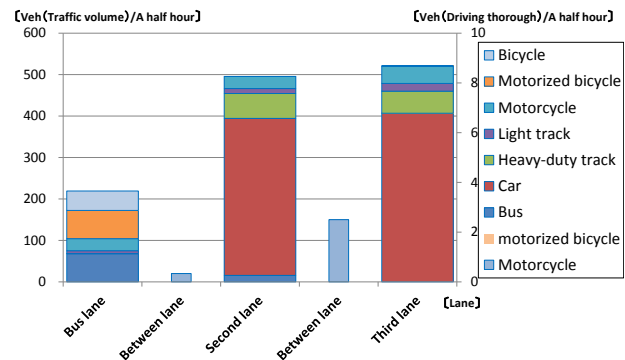


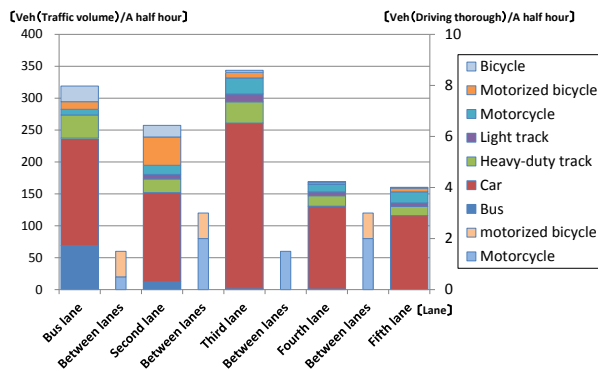
Fig. 5-6 result of A-A cross section (new rule)

#### 2) B-B cross section

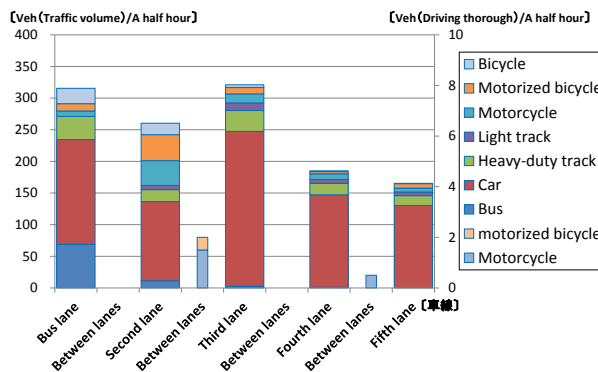
The number of passing through and lane traffic volume through B-B cross section is shown in

Fig. 5-7, 5-8 and 5-9. B-B cross section is located 30 m in front of Shibuya Station Intersection. The simulation result show almost trend on each lane traffic volume among all rules. Especially, the traffic volume on third lane is more than the other lanes.

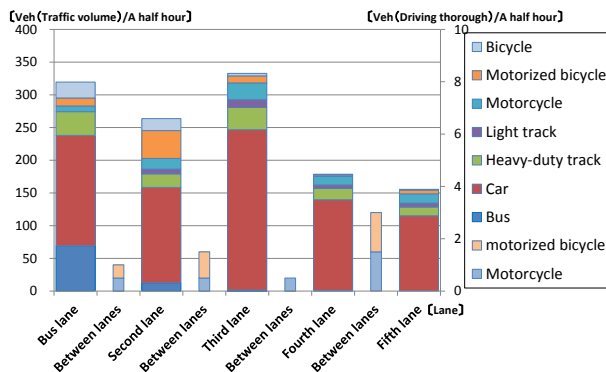
A part of passenger car and truck which is regularly not available to pass the bus priority lane run on it because they have to turn left from it under the B-B cross section. The number of passing through of Tokyo and Kanagawa rule is 19 and 15 vehicles per thirty minutes. On the other hand, the new method is 13 vehicles per thirty minutes and it's fewer than the other rules.



**Fig. 5-7** result of B-B cross section (Tokyo rule)



**Fig. 5-8** result of B-B cross section (Kanagawa rule)



**Fig. 5-9** result of B-B cross section (new rule)

## 6. Conclusion

It was shown that the number of driving thorough was reduced under the new rule. The high traffic volume of motorized bicycle on bus priority lane causes the reduction of passing through on the other lane. Therefore, total number of passing

thought was reduced and it could be concluded that safety toward traffic accidents might be enhanced.

At bus priority lane closed intersection, the high number of passing thorough was confirmed especially, motorcycle and motorized bicycle under Tokyo rule pass through high.

On further studies in order to enhance accuracy of simulation, driving characteristic of motorcycle should be considered on simulation model and its analysis.

## References

- [1] T. Inagaki, T. Sekine, K. Shimizu and K. Takada: A feature Analysis of Motorcycle Behavior on the Road Including Exclusive Bus Lane, Society of Automotive Engineers of Japan, 2013
- [2] K. Takada: A study of Traffic for Motorbikes in Bus Lanes, The Japan Research Center for Transport Policy, 2013
- [3] UK Highways Agency's Design Manual for Roads & Bridges(DMRB).

## Comparative analysis of VKT from Transportation Demand Forecasting and VKT based on Actual Driving Distance in City

Paper Identification number: **AYRF14-049**

Hatsuki MORI<sup>1</sup>, Atsushi FUKUDA<sup>2</sup>, Tetsuhiro ISHIZAKA<sup>3</sup>, Thaned SATIENNAM<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Major of Transportation Engineering, and Socio-Technology,  
Graduate school of Science and Technology, Nihon University  
Tel. +81-(0)47-469-5355, Fax +81-(0)47-469-5355  
E-mail: csha14023@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2,3</sup>Department of Transportation Engineering, and Socio-Technology,  
College of Science and Technology, Nihon University  
Tel. +81-(0)47-469-5355, Fax +81-(0)47-469-5355  
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp  
ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp

<sup>4</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,  
Khon Kaen University  
Tel. +66-(0)-43-202-847  
E-mail: sthaned@kku.ac.th

### Abstract

Vehicle Kilometer of Traveled or VKT is essential information which can represent activities of vehicles in a city. Collecting results of odometer readings is the most applicable method to develop VKT, and several attempts have been made to develop VKT by this method, such as Thirayoot, Paramet, Imura, etc. However, it is very hard to collect a lot of odometer readings from many vehicles. Also, even if data could be obtained, it can't be confirmed whether estimated VKT represents vehicle activity at the entire city or not. Another approach has been applied to estimate VKT based on traffic volume and road segment length. In this study, we estimated the VKT at Khon Kaen city in Thailand as a case study, based on traffic volume with obtained from traffic demand forecasting and road segment length. Finally, we compared estimated VKT obtained from odometer reading in a former study, and verified whether the applied approach is applicable or not.

**Keywords:** Transportation demand forecasting, Vehicle Kilometer of Travelled, Daily VKT and annual VKT, Traffic demand estimation package (JICA STRADA), Odometer reading

### 1. Introduction

Vehicle Kilometer of Traveled (VKT) is essential information which represents vehicle activity in the area. Fuel consumption, roadside emission and greenhouse gas can be estimated based on VKT. The most applicable approach to obtain VKT in the area is odometer reading. If we carefully select targeted vehicles, we can know VKT by different characters such as vehicle type, vehicle age, fuel type, etc.

However, it is very hard to read odometer of many vehicles based on proportion of vehicle characteristics. In addition to this, it is rather difficult to confirm whether VKT estimated from odometer represents an entire city or not.

As another alternative, a method estimating VKT from traffic volume on each road segment and length of road segments was applied in many cities. By applying this method, we can obtain VKT of the area concretely.

### 2. Objective

In the former study, we estimated VKT at Khon Kaen city in Thailand, which was estimated from odometer reading (Imura et al., 2013). In this study, we attempt to estimate VKT by multiplying the traffic volume on each road segment and length of that road segment. Then, we discuss applicability of this approach by odometer reading and this approach for VKT estimation by comparing them.

### 3. Literature review

Thirayoot et. al.<sup>1)</sup> estimated VKT by vehicle type at Bangkok and Nakon Ratchasima based on data from odometer readings. In addition, they analyzed VKT variation by vehicle age, and income of residents, from a survey questionnaire given to drivers and citizens.

As a result, it could be found that VKT is affected by urban structure, economic growth, and quantity of income. However, the odometer reading survey was too difficult for collecting data, and whether estimated VKT was the value of entire city or not couldn't be confirmed.

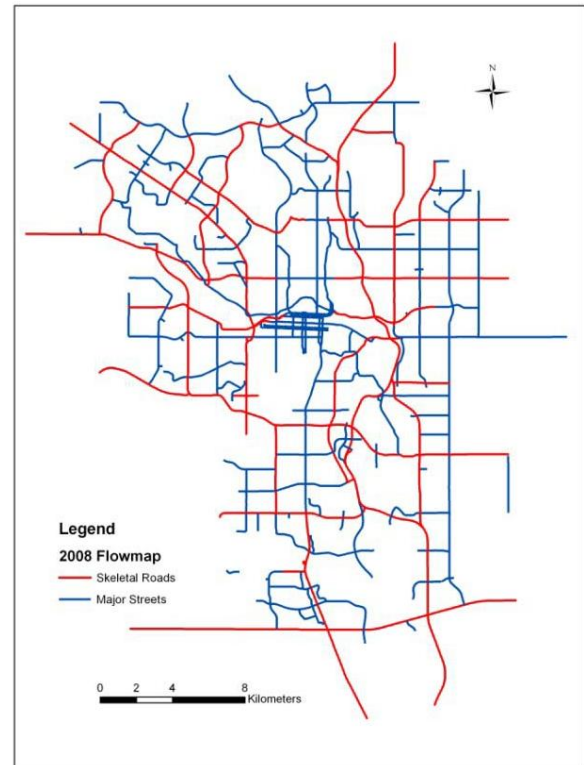
Imura et. al.<sup>2)</sup> conducted a VKT survey in Khon Kean city, Thailand based on Thirayoot's study, and estimated annual and accumulated VKT by vehicles, sedans, pickup trucks, and motorcycles. Then, they analyzed how VKT differs by fuel type, vehicle type, and resident's income. In this study, VKT and fuel consumption survey was conducted by Imura and Khon Kaen university students at a gas station which was located in national highway route 2, near Khon Kaen University.

Lyons et. al.<sup>3)</sup> mentioned that an increase in the factors of VKT were population growth, urban sprawl, increase of the owners of automobiles, and decrease of vehicle occupancy. Therefore, they analyzed VKT of relative changes due to those factors per decade between the years 1960-1990 for targeted cities, such as in Asia and America. Also, they forecasted the rate of VKT per decade by non-dimensional urban mobility. However, examples of predicted VKT for whole cities in Thailand haven't been found yet.

At Calgary in Canada<sup>5)</sup>, daily VKT (km/day) and annual VKT (km/year) were estimated based on road segment length and traffic volume. For VKT estimation, the following data were required.

1. Flow map database
2. Transportation data traffic counts database
3. Road network GIS database

Target roads are skeletal roads and major streets, as shown in Fig. 3.1



**Fig. 3.1** Flow map primary roadway network from GIS data<sup>5)</sup>

GIS database includes data of average daily and weekday traffic volumes. These data were developed from the permanent traffic counting stations and automatic 24-hour counts, and conducted by six-hour manual counts to represent 24-hour volumes. Then, daily VKT and annual VKT were estimated using the 24-hour volumes data. Equation 3-1 and 3-2 are used in this time.

$$VKT_d = \sum_i^n (L_i \times Q_i) \quad (3-1)$$

$$VKT_a = VKT_d \times 365 \quad (3-2)$$

Where,

$VKT_d$ : Daily VKT

$VKT_a$ : Annual VKT

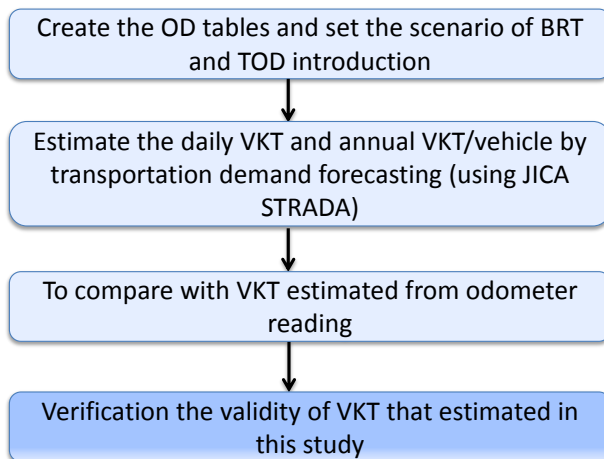
$L_i$ : Length of the road segment i

$Q_i$ : Traffic volume on the road segment i

## 4. Study methodology

### 4.1. Method of estimation and analysis

Fig. 4.1 shows the methods of this study. Firstly, create the OD tables of car and motorcycle, and set the scenario of Bus Rapid Transit (BRT) and Transit Oriented Development (TOD). Secondly, to estimate the daily VKT and annual VKT/vehicle using combined modal split and assignment model (JICA STRADA), and compared with VKT from Imura et al. (2013), which were estimated from odometer reading.



**Fig. 4.1** Method of the VKT estimation and analysis

### 4.2 Estimation method of VKT at entire city

We will estimate VKT of an entire city using combined modal split and Assignment Model of JICA STRADA. In particular, it reached a daily VKT and annual VKT per vehicle by purpose of trip. Also, the current introduction of Bus Rapid Transit (BRT) and Transit Oriented Development (TOD) is being investigated for realizing a low-carbon-society. Therefore, we analyzed impact on VKT for when BRT and TOD are introduced.

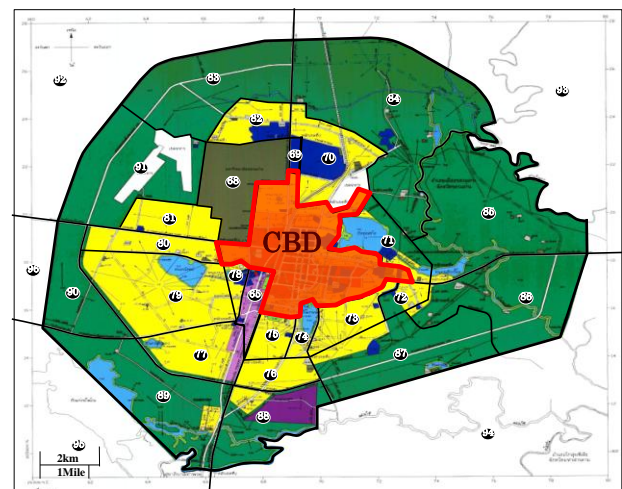
We will explain the method leading up to the estimation of VKT, as shown below.

(1) We integrated a new 50 zone OD table from existing data of the old 96 zone.

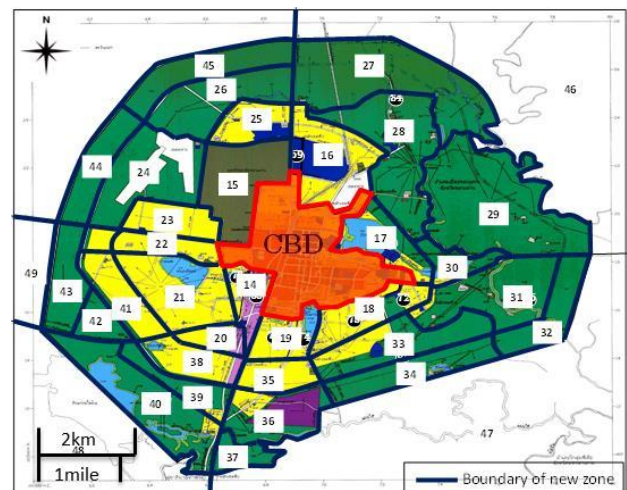
(2) We divided the OD tables into cars and motorcycles. Then we created the OD table according to conditions for when TOD is introduced.

It is assumed that when BRT is introduced, the Songthew routes will be abolished in the year 2030. We based the integration into Khon Kaen city's zone map (Fig. 4.2, 4.3)

- (3) For this study, we set the 6 conditions as below.
1. Current status in the year 2007.
  2. Business as Usual in the year 2030 (without any policy)
  3. Only BRT introduction
  4. BRT and 10% of TOD
  5. BRT and 30% of TOD
  6. BRT and 50% of TOD



**Fig. 4.2** Khon Kaen city's zone (old 96 zone)



**Fig. 4.3** Khon Kaen city's zone (new 50 zone area)

### 4.3 Demand forecasting model

We used the combined modal split and assignment model for traffic demand forecasting. Combined modal split and assignment model is employed to consider public transport introduction in most cases. Generally, each stage of sharing and distribution is represented by a Nested Logit model. It uses two measures of cars and public transport. Equation (4-1) is a mathematical optimization problem for solving traffic flow patterns in order to satisfy the network equilibrium conditions.

$$\begin{aligned} \min. Z(x(f), q, O) = & \sum_m \sum_a \int_0^{x_a^m} t_a^m(\omega) d\omega \\ & + \sum_{rs} \sum_m \sum_p \sum_k \frac{1}{\theta_1^p} f_{m,k}^{rs,p} \ln \left( f_{m,k}^{rs,p} / q_m^{rs,p} \right) \\ & + \sum_{rs} \sum_m \sum_p \frac{1}{\theta_2^p} q_m^{rs,p} \ln \left( q_m^{rs,p} / q^{rs,p} \right) \\ & + \sum_{rs} \sum_m \sum_p q_m^{rs,p} C_m^{rs,p} \end{aligned} \quad (4-1)$$

$C_m^{rs,p}$ : Travel cost purpose p and mode for OD pairs between zones r and s

$q_m^{rs,p}$ : OD vehicle of purpose p and mode for OD pairs between zones r and s

$f_m^{rs,p}$ : Traffic volume of purpose p and mode on route for OD pairs between r and s

For the link cost function as in the following equation, we used BPR Equation because it must be monotonically increasing with respect to traffic volume. Parameter is estimated by Jaensirisak et al. (2009) in a study about integrating congestion charging schemes and Mass Transit System.

$$C_a^{auto}(V_a^{auto}) = t_a^0 \left( 1 + 0.73 \left( \frac{V_a^{auto}}{C_a} \right)^3 \right) \quad (4-2)$$

Where,

$V_a^{auto}$ : Link traffic volume on link a

$t_a^0$ : Free travel time of link a

$C_a$ : Traffic capacity of link a

And we calculated daily VKT and annual VKT/vehicle based on following Equation.

$$VKT_d = \sum_i^n L_i \times Q_i \quad (4-3)$$

$$VKT_a = VKT_d \times 365 \div Q_T \quad (4-4)$$

Where,

$VKT_d$ : Daily VKT

$VKT_a$ : Annual VKT

$L_i$ : Length of the road segment i

$Q_i$ : Daily traffic volume

$Q_T$ : Total traffic volume of OD table

In addition, we based the estimation for transportation demand forecasting on the four steps below.

1. Prediction of the occurrence and concentration trips
2. Zone's assignment
3. Choosing transportation measures
4. Choosing routes

### 4.4 Comparison method with VKT by odometer reading

For comparing the VKT of an entire city with VKT estimated by odometer reading, we used annual VKT by fuel type and VKT/vehicle in the year 2007.

## 5. Results of VKT in entire city

### 5.1 Daily VKT

Fig. 5.1 indicates the daily VKT of cars and motorcycles.

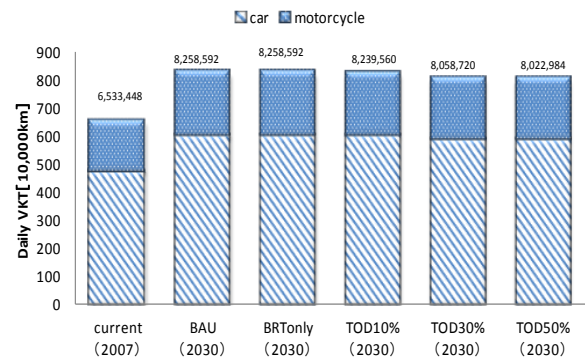


Fig. 5.1 Daily VKT of each scenario

BAU means when population was merely increased without implementing any measures. As

a result it could found that VKT was decreased by introduction of BRT and TOD. On the other hand, if TOD is set at 60% or more, it was found that road congestion became brutal, and VKT was increased.

## 5.2 Annual VKT/vehicle of car and motorcycle

Table 1 is shows the annual VKT/vehicle of cars and motorcycles of each scenario.

**Table 5.1** Annual VKT/vehicle of cars and motorcycles of each scenario

	2007	2030 BAU	BRT only	TOD 10%	TOD 30%	TOD 50%
Passenger Car	9133	9195	9195	9173	8974	8928
Motorcycle	8946	8940	8940	8920	8717	8674

## 5.3 Results of comparing with VKT by odometer reading

In the case of passenger cars, there is a difference of 8% in gasoline and gasohol, 20% in diesel, and 35% in NGV between VKT of an entire city using passenger cars. And for motorcycles, it was 50% difference in both gasoline and gasohol.

For comparative analysis, we calculated VKT in the entire city from the 4 steps of estimation, then divided the annual VKT by number of vehicle registrations (Equation 4-1), using average annual VKT fuel type of which Imura et al. (2013) estimated from fuel consumption.

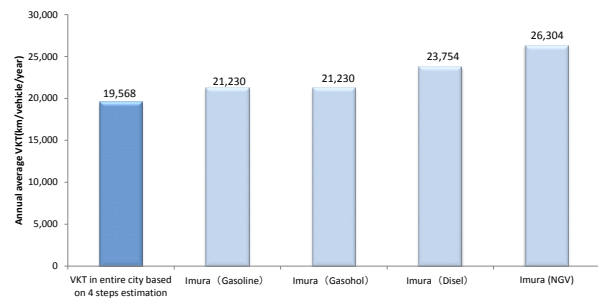
$$VKT_{ac} = VKT_a \div V_n \quad (5-1)$$

Where,

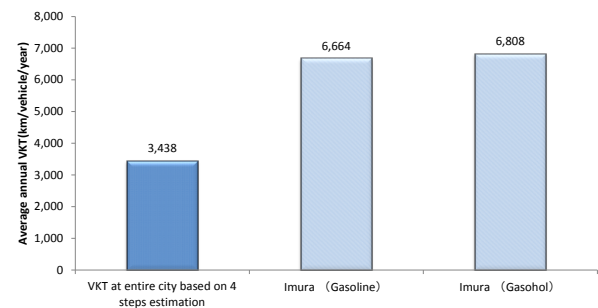
$VKT_{ac}$ : Annual VKT/vehicle

$VKT_a$ : Annual VKT

$V_n$ : Number of registered vehicle in Khon Kaen



**Fig. 5.2** VKT comparisons (Passenger cars)



**Fig. 5.3** VKT comparisons (Motorcycles)

## 6. Conclusion

In this study, we estimated daily VKT and annual VKT/vehicle using JICA STRADA, and compared with VKT that Imura et al. (2013) estimated from odometer values and fuel consumption.

As a result of the analyses, for passenger cars the maximum difference is 35% in NGV between four fuels. Therefore, it can be said that the difference wasn't large on the whole. On the other hand, in the case of motorcycles, there was a 50% difference for both gasoline and gasohol. From these results, it could be found that VKT of an entire city and odometer's VKT aren't necessarily equal.

Furthermore, we need to estimate the VKT at an entire city in other developing countries, and analyze about actual usage of the vehicles.

## References

- 1) Thirayoot et. al.: An analysis of Vehicle Kilometers of Travelled of major cities in Thailand, ATRANS final report, 2009.
- 2) Daisuke. I. et. al.: Study on estimation of VKT and Fuel Consumption in Khon Kean city,

Thailand, Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2013.

- 3) T.J. Lyons et. al.: Trend in vehicle kilometer of traveled in world cities, 1960-1990, Transport Policy, pp. 287-298
- 4) Rungsun et. al.: Fuel Consumption models of Household Vehicle in Chiangmai Urban Area, Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, October, 2003.
- 5) Vehicle Kilometers Traveled in Calgary, Proposed Methodology, The city of Calgary Transportation Planning, June 2010.

## Study on the Evaluation of the Roundabout Utilizing Micro Traffic Simulation Model

Paper Identification number: **AYRF14-050**

Takuya KOJIMA<sup>1</sup>, Atsushi FUKUDA<sup>2</sup>, Tetsuhiro ISHIZAKA<sup>3</sup>, Paramet LUATHEP<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Major of Transportation Engineering and Socio-Technology

Nihon University

Telephone & Fax. 045-469-5355

E-mail: [csta14010@g.nihon-u.ac.jp](mailto:csta14010@g.nihon-u.ac.jp)

<sup>2,3</sup> Department of Transportation Engineering and Socio-Technology

Nihon University

Telephone & Fax. 045-469-5355

E-mail: [fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp](mailto:fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp)

[ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp](mailto:ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp)

<sup>4</sup> Department of Civil Engineering faculty of Engineering

Prince of Songkhla University

Telephone & Fax. 66-74-621521

E-mail: [paramet007@gmail.com](mailto:paramet007@gmail.com)

### Abstract

Since a roundabout is one of effective countermeasures to control traffic safety at an intersection without traffic signals, recently several attempts to introduce roundabout have been conducted in Japan. Especially, an impact of design standard such as diameter of a center circle should be clarified and its optimal design must be selected. For that purpose, evaluation using micro traffic simulation model is expected very powerful. However, all cases of roundabout in Japan are very unique and there are no data to verify a micro traffic simulation model. In this study, the case of roundabout in Hat Yai was selected. And, we compared the result of simulation for roundabout with observed data and verified the parameters setting for our developed simulation model. First, we developed the simulation model of the selected intersection based on the design and traffic volume observed after the roundabout has been introduced. Then, we put the actual traffic volume observed after the roundabout has been introduced to the developed simulation model. And then, we compared the result of simulation with observed traffic volume as well as travel time and travel speed. As a result, we found that there was no significant difference in the average travel time about route using shorter. However, we found that there was a difference between the travel times about routes using longer circulating roadway. This came from the difference between the speed of the simulation and observed speed on the circulating roadway. This could be solved to calibrate the default velocity distribution of the circulating roadway due to actual situation. Therefore we concluded that it was possible to evaluate the design of a roundabout using a microscopic traffic simulation model. As future study, we have to consider how to set up the velocity distribution of the circulating roadway on the simulation model.

**Keywords:** Roundabout, Micro simulation model, Travel speed

## 1. Introduction

Since a roundabout is one of the effective countermeasures to control traffic safety at an intersection without traffic signals, recently several attempts to introduce a roundabout have been conducted in Japan.

Takigawa<sup>1)</sup> evaluated effects of roundabout by the driving experiment with/without the roundabout in Azuma-cho, Nagano Prefecture. However, micro traffic simulation model was not employed with/without a roundabout.

Brilon<sup>2)</sup> classified a roundabout in Germany by diameter size and number of lanes circulating road. And he calculates the maximum capacity of the traffic volume of circulating flow, it had been shown that the accident rate was low compared with a signalized intersection. Especially, an impact of design standard. It should be clarified and its optimal design must be selected.

In US, the guideline to design a roundabout based on number of lanes and traffic volume on circulating and entering lanes is provided by Highway Capacity Manual. Since traffic situation and characteristics of vehicle in Japan and Asian countries are quite different those in US, we can't apply this guideline directory.

Thus, an analysis using a micro traffic simulation model is expected to be effective for evaluation of roundabout's design. However, we have a few cases of a roundabout in Japan so that there are no data to compare before and after installing a roundabout to use for verification of the approach by using a micro traffic simulation model.

Therefore, the aim of this study is to examine whether the approach to evaluate the design of a roundabout by using a micro traffic simulation model or not. For that purpose, we developed a micro traffic simulation model at the intersection in Thailand in which traffic data were recorded before and after installing the roundabout and clarify whether current state reproduction on simulation can be conducted or not.

## 2. Methods

In this study, the case of the roundabout in Hat Yai was selected. And, we compared the result of simulation for the roundabout with observed data and verified the parameters setting for our developed simulation model.

First, we developed the simulation model of the selected intersection based on the standard design.

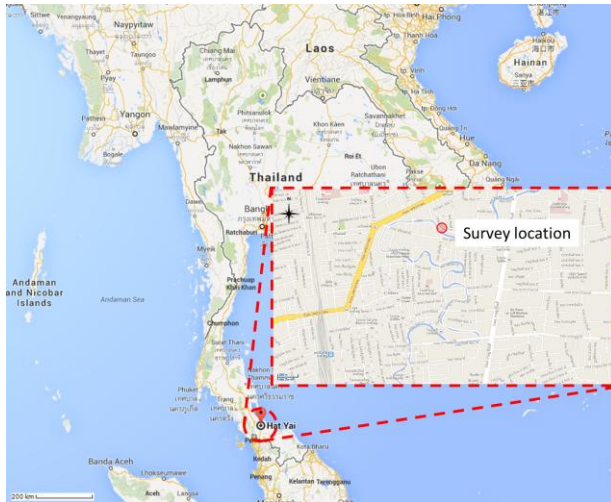
Then, we put the actual traffic volume observed after introduction of the roundabout to the developed simulation model. And then, we compared the result of simulation with observed traffic volume as well as travel time and travel speed.

In this study, we collect the travel time and traffic volume of the roundabout before and after the introduction of Thailand that is similar to the situation in Japan. Then, to create a microscopic traffic simulation based on the result, We intended to examine if we can evaluate for roundabout using micro traffic simulation from the results.

## 3. Survey

### 3.1 Outline of Survey

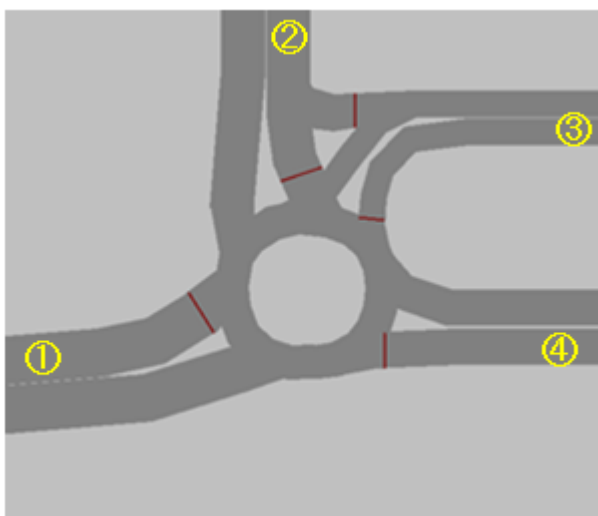
In this study, we surveyed the roundabout in Hat Yai. Data necessary to create the simulation was provided by Prince of Songkhla University. Then, reflecting the simulation calculates the 1 hour traffic from the data provided. It should be noted, vehicle type that is the subject of this summary are two types of motorcycles and cars.



**Fig. 1** Position of the roundabout

### 3.2 Survey Results

The results of the collecting are shown in the table 1 shown below. In this case, the majority of vehicles driving on the roundabout were motorcycle and car, we have developed a simulation as a target this two vehicle types. In addition, we also measured travel time. Collection of travel time, Established a collecting point to the outflow section and inflow section in this clip provided, we measured the time it takes to pass between the two points.



**Fig. 2** Network of the roundabout

**Table 1** Traffic volume by direction

Car (veh/h)				Motorcycle (veh/h)			
①	②	③	④	①	②	③	④
	36	6	108		138	54	156
②	③	④	①	②	③	④	①
	12	270	24		78	444	66
③	④	①	②	③	④	①	②
	18	6	12		24	72	48
④	①	②	③	④	①	②	③
	12	150	0		42	204	0



**Fig. 3** Surveyed roundabout

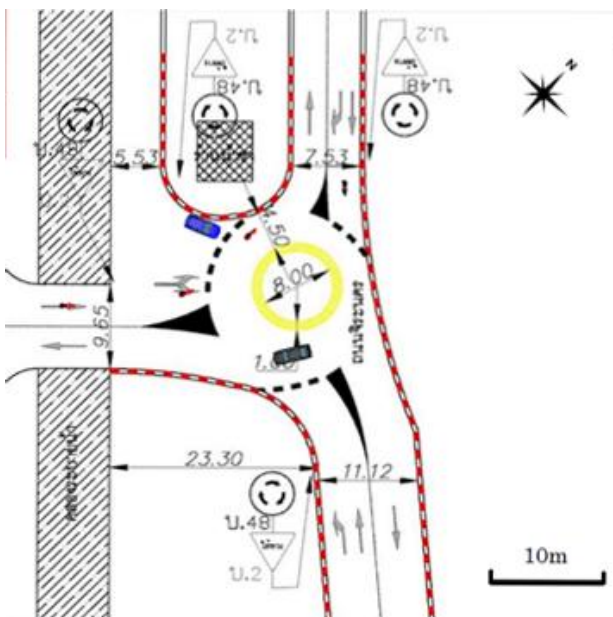
## 4. Development of Simulation Model

### 4.1 Setup of Simulation Model

Accordance with the plan design drawing of roundabout, we have created a simulation model. In modeling, it was difficult to collect the maximum speed designed circulating road was a reference design criteria of the mini-roundabout, Texas shown in Table 2<sup>3)</sup>. Then, it reproduces the current situation by inserting the traffic volume measured from videos to simulation model created.

**Table 2** Roundabout category comparison<sup>3)</sup>

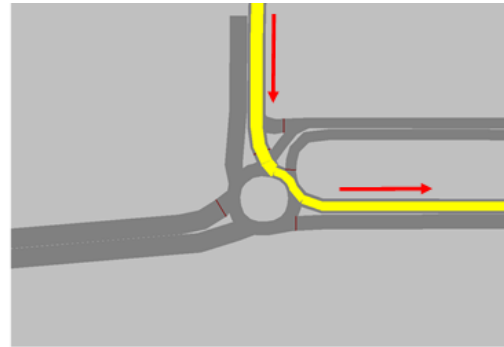
Design Element	Mini-Roundabout
Desirable maximum entry design speed	15 to 20 mph (25 to 30 km/h)
Maximum number of entering lanes per approach	1
Typical inscribed circle diameter	45 to 90 ft (13 to 27 m)
Central island treatment	Fully traversable
Typical daily service volumes on 4-leg roundabout below which may be expected to operate without requiring a detailed capacity analysis (veh/day)*	Up to approximately 15,000



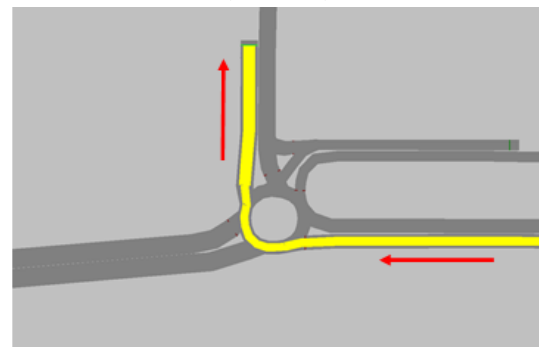
**Fig. 4** Design drawing of roundabout

## 4.2 Determination of Routes

In the analysis, all the driving pattern of the roundabout, we have two target route of the shortest route and the longest route on the circulating road.



**Fig. 5** Minimum driving at the circulating road (Route 1)



**Fig. 6** Maximum driving at the circulating road (Route 2)

## 5. Verification of Reproducibility

In the analysis, first, we have checked the reproducibility of the simulation. The reproducibility, it was confirmed the value is correct by using the index GEH below.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}} \quad (1)$$

M : traffic volume in simulation model (veh/h)

C : traffic volume in observation (veh/h)

**Table 3** Check current state of reproduction  
(Car)

Car	Route	1	2
	Traffic volume within the simulation	270	150
	Actual traffic volume	253	160
	GEH	1.05	0.80

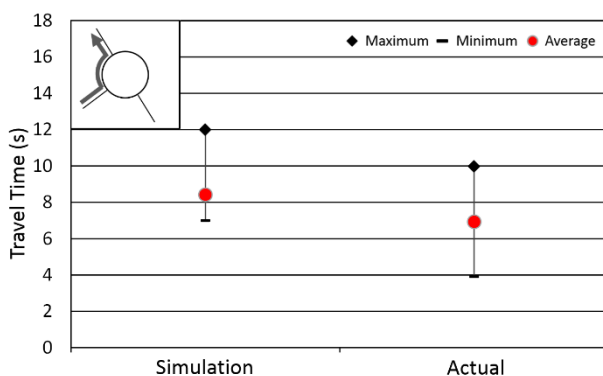
**Table 4** Check current state of reproduction  
(Motorcycle)

Motorcycle	Route	1	2
	Traffic volume within the simulation	444	204
	Actual traffic volume	422	203
	GEH	1.06	0.07

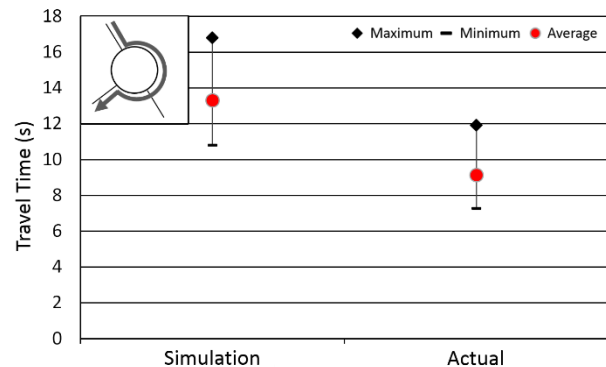
We have confirmed that the value of GEH for each route became as 5 or less (Table 3, Table 4) in the table 3, 4 below, are able to reproduce properly all.

## 6. Comparative Analysis

As a result of the analysis, the difference between the simulated and measured travel time (It average of difference) on route 1 where is longest circulating way, is shown in Fig. 7 was 1.4 seconds on average. On the other hand, the difference between the simulated and measured travel time of (shortest driving route) route 2 where is shortest circular route was 4.2 seconds.



**Fig. 7** Comparison of travel time (Route 1)



**Fig. 8** Comparison of travel time (Route 2)

Therefore, it was shown that there was no significant difference in the average travel time of route 1. However, regarding the route 2, the difference is larger than route 1. This difference was caused by deficient configuration of motorcycle driving behavior.

## 7. Result

As a result, it was shown that there was no significant difference in the average travel time on shortest route. It was found that there was a difference between the travel times about routes using longer circulating roadway. This came from the difference between the speed of the simulation and the observed speed on the circulating roadway. The difference in travel time of the simulated and measured values route 1, the average was 1.4 seconds. On the other hand, the difference in Route 2 was 4.2 seconds on average. This could be solved to calibrate the default velocity distribution of the circulating roadway due to actual situation. Therefore we concluded that it was possible to evaluate the design of a roundabout using a microscopic traffic simulation model.

## 8. Conclusion

In future research, we have to consider how to set up the velocity distribution of the circulating roadway on the simulation model. Also, the future behavior of the motorcycle, it is necessary to reflect actual situation.

## **9. Acknowledgment**

I would like to express great appreciation to Prof. Paramet and student of Prince of Songkhla University for permission to use the survey data.

## **References**

- [1] R. Takigawa, T. Oguchi, H. Oneyama and S. Shikata: Before-after study of experimental runs on a field operational test of modern roundabout. Proc. of Infrastructure Planning (JSCE), No.43, 4p., CD-ROM, 2011.05.
- [2] Brilon, W.: Roundabouts: A State of the Art in Germany. paper presented at the National Roundabout Conference, Vail, Colorado; May 22 - 25, 2005.
- [3] Texas Roundabout Guidelines: Final Report, FHWA/TX-08/0-6414-1, 2011.

## MODE CHANGE BEHAVIOR OF BUS PASSENGERS TO RAIL SYSTEM UNDER IMPROVED RAIL OPERATIONS

Paper Identification Number: **AYRF14-051**

Germaine Ann C. DILAY<sup>1</sup>, Alexis M. FILLONE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Civil Engineering, Transportation Engineering Dept, Graduate Student  
De La Salle University Taft Avenue Manila, Gokongwei College of Engineering  
Telephone 02-821-1211  
E-mail: [germaine\\_ann\\_dilay@dlsu.ph](mailto:germaine_ann_dilay@dlsu.ph)

<sup>2</sup>Civil Engineering, Transportation Engineering Dept, Associate Professor  
De La Salle University Taft Avenue Manila, Gokongwei College of Engineering  
E-mail: [fillonea@dlsu.edu.ph](mailto:fillonea@dlsu.edu.ph)

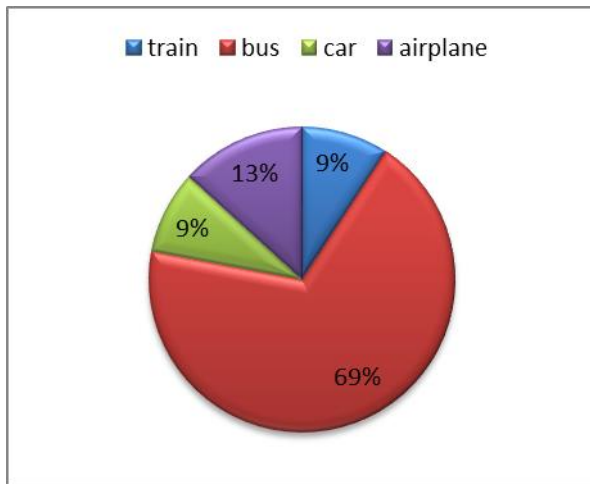
### Abstract:

The PNR Line going to the Bicol Region is currently being repaired for the eventual resumption of its service. Today, buses are the main mode of service going to the Bicol Region. Using a stated preference survey, this research aims to describe how passengers will decide to patronize the PNR service upon its service resumption and estimate the modal shift from bus to rail service. Also, the significant factors affecting mode choice of bus passengers are determined in the survey. In the SP survey, the main factors considered are travel time, travel cost, and access time. Each factor have three levels and values for each level vary in 27 scenarios introduced to the respondents. These values were designed based on the original PNR service as well as the rail service attributes in other countries in Asia. A number of 1200 bus passenger respondents originating from Manila and arriving at Naga City were interviewed for the SP survey. Results show that majority of the bus passengers would shift from current mode choice to rail service having a travel time of 6 to 10 hours, travel cost of 800 to, and an access time of 15 to 45 minutes. However, Non air conditioned bus passengers are more likely to choose their current mode choice considering all mode alternatives. Finally, using the NLOGIT software, it travel time, travel cost and access time were proven to be a disutility. However, access time was found to be the least significant among the three main attributes.

**Keywords:** Bus, Rail Service, Mode Change

**1. Introduction** The main line south of the Philippine National Railway also known as the Bicol Express has been suspended since October 2012 due a derailment incident. It was suspended in order to give time for the rehabilitation of the tracks which seems to be the primary issue of the Bicol Express. As part of the planning and preparation for its revival, a demand forecast is necessary. In this study, a discrete choice model of Metro Manila to Naga City bus passengers was developed. Through this model, the modal shift of bus passengers to rail system upon resumption, may be estimated. Currently, since the PNR Bicol Express is still suspended, Manila to Naga travelers are limited to travelling via bus, airplane, or car. However, prior to suspension, The modal split among all alternatives mentioned is indicated in Figure 1.1.

The modal split shows that the dominant mode of travel from Metro Manila to Naga City is the bus service. Hence, bus passengers were chosen to be the subject of study as to forecasting the demand for PNR service to Bicol.



**Figure 1** Modal Split of Manila to Bicol Travelers

#### PNR vs. Bus service

The route of Bicol Express starts from Tutuban station down to Legazpi City. The bus service stops at stations that is almost parallel that of the PNR's route, showing that the rail service can cater to the passengers located near the bus stops, once resumption pushes through. The passengers along the bus route are potential passengers of the Bicol Express. However, to witness a shift from bus to rail, the perceived utility of the rail service must be greater than that of the bus service. Hence, significant factors affecting the mode choice of bus passengers were determined using a stated preference survey.

To start the construction of the survey forms, the comparison of the two competing modes was done and presented in Table 1. In the said table, the modes are evaluated in different aspects such as travel time, fare, frequency of travel and station facilities. All of which are seen to be critical to the decisions of the travelers when choosing a mode alternative

**Table 1** PNR vs bus Service

Features	Bus	PNR
Ave. Travel Time	10 hours	11 hours
Ave. Frequency	18 trips/day	1 trip/day
Ave. Fare	700 Php	700 Php
Facilities	Restrooms, Security adequacy varies from one terminal to another	Station Office, Ticket Booth, Waiting Area, Parking Area, water, electricity, restroom, amenities for passenger loading ramp varies from one station to another

In terms of travel time, PNR has to adjust its travel time to be at par with the travel time of the bus service. Furthermore, the frequency of travel of bus service is incomparable to PNR service of once a day, making PNR service inferior when it comes to schedule frequency. The average fare of bus and PNR service are near each which suggests competition in terms of cost. In addition to this, there are more beneficial features in PNR stations which can also be improved. To further evaluate the performance of Bicol Express, we can compare its service to other rail operators in countries such as Malaysia, Thailand and Indonesia. As seen in Table 2, the average speed of Bicol Express needs to be improved an existing rail service from Bangkok to Chiang Mai is actually twice as fast as the rail service to Bicol.

**Table 2** summary of rail service Comparison in the Philippines and in Malaysia

Origin to Destination	Travel Time (hrs.)	Distance (km)	Speed (kph)
Kuala Lumpur - Penang	6.17	293.63	47.62
Manila - Legazpi	13.25	377.57	28.50
Bangkok - Chiang Mai	12	751	62
Saigon to Danang	16.67	614.28	36
Jakarta - Surabaya	9.67	522	53.98

## 2. Literature Review

To choose the main attributes of the modes bus and PNR Bicol express that are were to be part of the survey, significant factors identified from other similar studies were considered. Tisher and Dobson (1979) did a study on the shifting of passengers to buses and carpools for the purpose of recommending policies. In their study, it was found that convenience is the most significant factor affecting the mode choice of passengers.

Convenience can be measured through the access time which is the time from the address of origin to the bus terminal. In another similar study, Alvinsyan et al (2005), travel time and cost were considered significant and were used for the generation of the utility expression that will determine the probability of choosing a mode. More importantly, in a passenger survey conducted by CPCS, a Canadian company, it was found that passengers choose bus for travel time, fare, comfort and convenience as the leading factors affecting their mode choice.

The questionnaire survey is divided into four portions – the passenger’s personal information, the basic travel information, as well as the route specific travel information. Passengers’ personal information include gender, age, gross monthly income and civil Status. Basic travel information includes the details regarding the

purpose and the frequency of travel. The

Route specific travel information includes the details of the trip itself, asking the travel time, and estimated cost, of the passengers’ revealed preference (bus service). Lastly, the fourth part of the survey involves the stated preference which includes the non-existing rail service. In this portion of the survey, the respondents are presented different scenarios for train 1 and train 2, train one representing the old rail service and train 2 representing the improved rail service. The respondents are asked to choose between train 1, train 2, and their current mode choice. The attributes of train 1 and train 2 have different ranges as indicated in Table 2.1. The values of these attributes have three levels differing from one scenario to the other. The ranges of values for each attribute were designed considering the comparison of bus and train modes as well as the comparison of PNR with rail service in other parts of Asia.

**Table 3** Levels

Levels		
	Train 1	Train 2
Travel Time(hrs)	7	4
	9	6
	11	8
Travel Cost	800	1200
	600	1000
	400	800
Access Time	15	15
	30	30
	45	45

Given a multinomial Logit model, The probability of choosing an option is given by eq. 1.

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^J e^{V_j}} \quad (1)$$

where:  $P_i$  is the probability of choosing mode i

$V_i$  is the utility of the mode i

$V_j$  is the utility of mode j

The Nested Multinomial Model is used when there are sub choices within an option. The options are called the nest and its sub choices are the branches of the nest/s. In this research, a nested multinomial model of bus and rail service is used. When the traveler chooses between bus and rail services (nests), there are more options to choose from the next. Under the nest of bus service are the branches of the non-air conditioned and the air conditioned bus service. On the other hand, under the nest of rail service, are the branches of reclined seat, family sleeper, and execute sleeper of PNR Bicol Express. The probability of choosing a nest between bus and rail service is given by eq. 2. Note that the probability of choosing among the branches is dependent on choosing the alternative upon which it is nested.

$$P_i = P(B).P(i|B) = \frac{e^{\mu(V_m + I_m)}}{\sum_{n \in N} e^{\mu(V_m + I_m)}} \cdot \frac{e^{\mu(\beta_m V_i)}}{\sum_{j \in J} e^{\mu(\beta_m V_i)}} \quad , \quad (2)$$

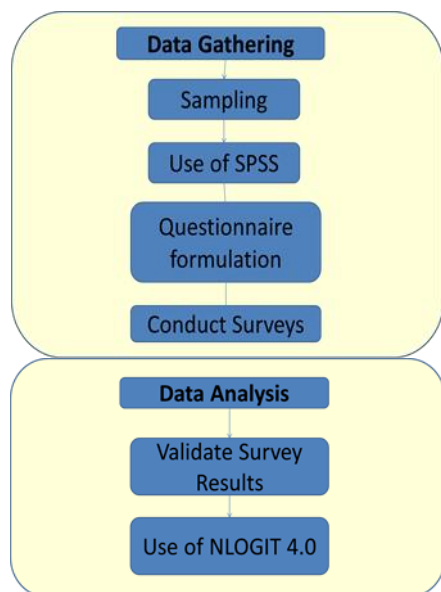
To identify the change in probability of choosing an alternative given a percentage change in a particular attribute can be obtained through the calculation of elasticity. Elasticity is unitless measure that describes the relationship between the percentage change for some variable (i.e. an attribute of an alternative or the SDC of a decision maker) and the percentage change in the quantity demanded. (Hensher et al, 2005) Elasticity can be calculated using two methods -point elasticity method and arc elasticity method. However, using NLOGIT, we neglect the difference of the two methods and use the point elasticity method. The NLOGIT results include 2 types of elasticity - direct and cross elasticity. Direct elasticity is the effect of a percentage change in the attribute of an alternative to the percentage probability of choosing that same alternative. On the other hand, cross elasticity is the effect of the percentage change in an alternative to the percentage probability of another alternative. A negative sign of the effect means a decrease in probability and a positive sign means an increase in probability of choosing that alternative. Furthermore, the value of the effects/elasticity may also be categorized accordingly as present in Table 4.

**Table 4** Relationship between elasticity of demand, change in price, and revenue (Hensher et al, 2005)

	Absolute Value of Elasticity Observed (E)
Perfectly Inelastic	$E = 0$
Relatively Inelastic	$0 < E < 1$
Unit Elastic	$E = 1$
Relatively Elastic	$1 < E < \infty$
Perfectly Elastic	$E = \infty$

### 3. Methodology

The implementation of this research is divided into two components – Data Gathering, and Data Analysis. A sample size of 900 was considered for the surveys. Surveys include personal information, route Specific Travel Information and the stated preference survey that include 27 scenarios, each having a distinct set of values for travel time, access time, and cost. Survey forms were pretested to 60 respondents, 20 for each batch in order to evaluate the performance survey forms in getting the necessary data for the model. The survey form was modified based on the results of the pretested survey data which include the socio demographic characteristics of the respondents as well as their mode choice characteristics which is composed of their revealed preference and stated preference. The Modified survey forms were disseminated to complete the 900 samples. These samples were distributed to four different bus terminals in Metro Manila. These are the Cubao Terminal, Pasay Terminal, Alabang Terminal and Sampaloc Terminal. Other respondents from other bus terminals also participated in the survey but these were categorized as minor terminals. After data gathering, the surveys were evaluated for validity. Inconsistent answers and incomplete information were rejected and replaced with new samples. After verification, the survey data was categorized based on gross monthly income, gender, age, and bust terminal location. Finally, analysis was done by identifying the significant factors affecting mode choice, using the NLOGIT software.



**Figure 4** Research Design

#### 4. Results

Figure 5 shows the location of the bus terminals where the respondents were interviewed. In this figure, it can be seen that majority of the respondents were interviewed in Cubao terminal, covering 48 percent of the whole 900 samples. The rest of the samples are divided to Alabang Terminal (10%), Pasay Terminal (20%) and Sampaloc Terminal (18%), while 4% of the sample size is from minor terminals and bus stops such as Alimall, Gil Puyat, Laguna Stop, Legarda, Taft and Turbina. In figure 7, it can be seen that the majority of the sample travel by bus to go home to Bicol or spend a vacation there. 66% of the respondents were female and 34% were male. 53% were married and 47% of the samples were single. However, gender and civil status were found to have an insignificant effect to the mode choice of the interviewed bus Passengers. Figures 6 suggest that the stated preference survey were answered by samples having the same gross monthly income for each block. The samples can also be characterized based on the modes they have tried using from Manila to their Bicol destination. In figure 8, it can be seen that 42% of the Manila to Bicol Travelers sample were also plane users, 14% are PNR users (before suspension), and 11% are car users.

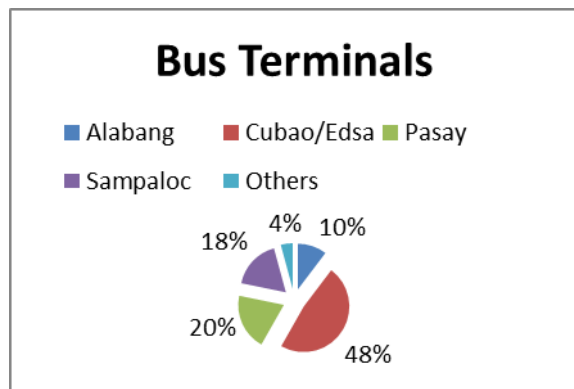
As for the NLOGIT Results, Table 5 shows the NLOGIT results which include the tested variables and their respective coefficients and P-

values. The variables include 'T\_ORTR' - the time from the address of origin to the terminal/station, 'INVEHT' - the main mode (bus or PNR) travel time, 'COST\_INC' - the ratio of fare over the gross monthly income of the respondent, 'A\_AIRCON' - the air conditioned bus mode, 'A\_NONAIR' - the non air conditioned bus mode, 'A\_TRAIN1' - the train mode representing PNR Bicol Express, and finally 'PNR1' 'PNR2' and 'PNR3' - the experience of Bicol Express train. Negative coefficients indicate disutility while p-values less than or equal to 0.05 is considered significant.

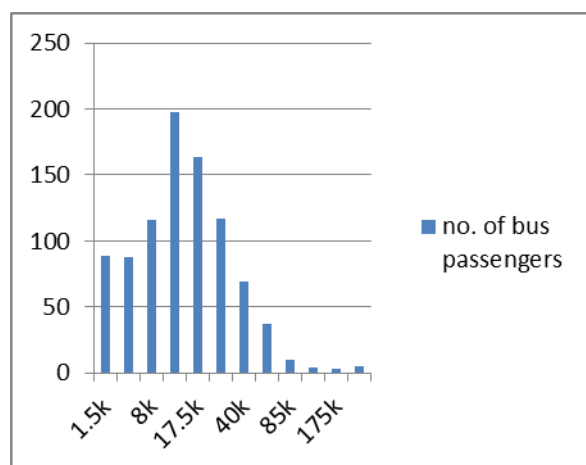
The elasticity of variables were also obtained and are presented in table 6. Table 4 was used to classify the effects under inelastic or elastic. As seen in table 5, a percentage increase in access time of a particular mode in the choice set shows effects that are relatively inelastic for both direct and cross elasticity. As for travel time, a percentage increase in travel time of air conditioned bus results to a relatively elastic effect on the probability of choosing that alternative while all cross elasticity for this particular change show relatively inelastic effects. Moving on, a percentage increase in travel time of non air conditioned bus show relatively inelastic effects for both direct and cross elasticity. For train1 and train2, a percentage increase of travel time results to a relatively elastic effect on the probability of choosing that alternative as well as the probability of choosing the other train mode (train1 or train2).

Finally, it can be observed that the effect of a percentage increase in cost/income shows greater effect than that of the increase in access time and travel time. This verifies the result presented in table 4, which shows the largest coefficient for variable COST\_INC. For a percentage increase in cost/income for a certain mode among the choice set, the direct elasticity are relatively elastic. In addition to this, a percentage increase in cost/income for air conditioned bus, train1 or train2 also shows a relatively elastic for all cross elasticity except the mode non air conditioned bus.

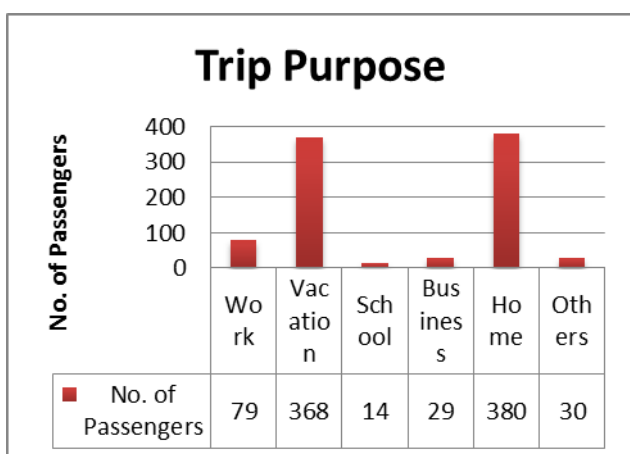
Finally, the answers of Passengers for each scenario was tallied for air conditioned bus, non air conditioned bus, train 1 and train 2. In table 7, it can be seen that in all scenarios, the train is preferred over the current mode choice (bus service). Train 2 is preferred in 20 of the 27 scenarios while train 1 is preferred in 7 of the 27 scenarios.



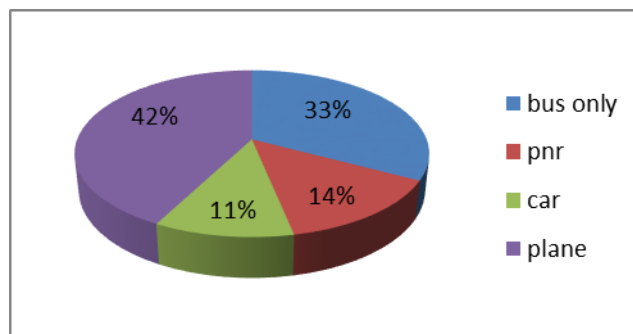
**Figure 5** Distribution of Samples to Different Bus Terminals



**Figure 6** Gross Monthly Income of Bus Passengers



**Figure 7** Trip Purpose of Bus Passengers



**Figure 8** Manila to Bicol Modes Tried by Respondents

**Table 5** NLOGIT 4.0 Results

Variable	Coefficient	P-value
T_ORTR	-0.00753012	0.0000
INVEHT	-0.13295796	0.0000
COST_INC	-1.07815774	0.0000
AIRXPNR1	-0.42136513	0.0000
A_AIRCON	-1.10946157	0.0000
NONXPNR2	-0.69919152	0.0022
A_NONAIR	-3.04327899	0.0000
TRAXPNR3	0.13927439	0.0071
A_TRAIN1	-0.21284050	0.0000

**Table 6a** Elasticity and Marginal Effects of Access Time, Travel Time and Travel Cost/income

Attribute T_ORTR, INVEHT, and COST_INC in Choice Air Conditioned Bus			
Choice	Total Effects		
	T_ORTR	INVEHT	COST_INC
air conditioned bus	-0.68	-1.194	-9.682
Non air conditioned bus	0.001	0.022	0.179
Train 1	0.025	0.444	3.599
Train 2	0.041	0.728	5.904

**Table 6b** Elasticity and Marginal Effects of Access Time, Travel Time and Travel Cost/income

<b>Attribute T_ORTR, INVEHT, and COST_INC in Choice Non Air Conditioned Bus</b>			
Choice	Total Effects		
	T_ORTR	INVEHT	COST_INC
air conditioned bus	0.001	0.022	0.179
Non air conditioned bus	0.011	-0.189	-1.535
Train 1	0.004	0.063	0.514
Train 2	0.006	0.104	0.843
<b>Attribute T_ORTR, INVEHT, and COST_INC in Train1</b>			
Choice	Total Effects		
	T_ORTR	INVEHT	COST_INC
air conditioned bus	0.025	0.444	3.599
Non air conditioned bus	0.004	0.063	0.514
Train 1	-0.163	-2.886	-23.400
Train 2	0.135	2.378	19.287
<b>Attribute T_ORTR, INVEHT, and COST_INC in Train2</b>			
Choice	Total Effects		
	T_ORTR	INVEHT	COST_INC
air conditioned bus	0.041	0.728	5.904
Non air conditioned bus	0.006	0.104	0.843
Train 1	0.135	2.378	19.297
Train 2	-0.182	-3.211	-26.034

**Table 7** Tally of Passenger Choice per Scenario

SCEN.	NO. OF PASSENGER CHOICE			
	AIR	NON AIR	TRAIN 1	TRAIN 2
A	28	5	82	185
B	19	3	82	196
C	44	6	83	167
D	16	1	83	200
E	32	7	90	171
F	35	8	81	176
G	29	5	86	180
H	34	8	85	173
I	23	7	87	183
J	28	2	85	185
K	29	1	61	209
L	35	3	146	116
M	35	8	102	155
N	47	5	163	85
O	32	2	81	185
P	39	4	79	178
Q	19	2	110	169
R	28	4	183	85
S	29	5	57	209
T	29	4	173	94
U	26	4	178	92
V	21	2	113	164
W	33	4	38	225
X	39	4	42	215
Y	33	5	166	96
Z	39	4	52	205
AA	20	4	127	149

## 5. Conclusion and Discussion

Based on the P-value of variables AIRXPNR1, NONXPNR2, and TRAXPNR3, the experience of riding the PNR Bicol Express has a significance in the mode choice of bus passengers travelling from Manila to Bicol. The experience of riding the Bicol Express was found to be a disutility to the Air conditioned Bus and Non air conditioned bus indicated by the negative coefficient of AIRxPNR1 and NONXPNR2. However, the use of Bicol Express showed a utility for PNR represented

by train1 and train2 which have a positive coefficient as indicated by TRAxPNR3 and the base mode. Access time from the address of origin to the station or terminal, the main mode travel time, and the main mode travel cost over income are also significant factors affecting the mode choice of passengers and are disutility to the mode choices. Furthermore, among the significant factors indicated in the NLOGIT results, the main mode cost over income is the factor which results to the highest disutility, having the largest coefficient among all significant factors. Therefore, it can be concluded that bus passengers give most importance to the affordability of their mode choice. The values of direct and cross elasticity for a percentage change in attribute COST\_INC is seen to have the largest values for all modes. Hence, it can be concluded that COST\_INC can cause the greatest impact to the probability of choosing a particular mode choice. This conclusion also coincides with the previous observation on the coefficient of the variable COST\_INC in the obtained model. This also suggests that the decision to choose an alternative is most subject to change when COST\_INC is changed compared to the rest of the attributes considered. Lastly, the descriptive data provided in table 6 suggests that most bus passengers would choose train2 in majority of 27 scenarios, showing a good impression of the rail system that conforms to the studies indicated attribute levels.

drivers to shift to high occupancy vehicles.  
Transportation Research A, 1979, 13

## REFERENCES

- [1] Alvinsyah, Soehodho S, Nainggolan P J. Public transport user attitude based on choice model parameter characteristics (case study: Jakarta bus way system). Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005, 6: 480–491.
- [2] B.Caulfield (n.d.). Discrete Choice Modeling [pdf file], retrieved from <http://www.tcd.ie/civileng/Staff/Brian.Caulfield/T2%20-%20Transport%20Modelling/Discrete%20Choice%20Modelling.pdf>
- [3] Hensher D. et al, Applied Choice Analysis A Primer, 2005, pg.412
- [4] Tischer M L, Dobson R. An empirical analysis of behavioral intentions of single-occupant auto

## **Introduction of Bus and BRT Systems along a Major Road Corridor in Iloilo City, Philippines**

Paper Identification number: **AYRF14-052**

Joniemar CALDERON<sup>1</sup>, Mary Earl Daryl GRIO<sup>2</sup>,  
Rowena DELATINA<sup>3</sup>, Ritz Michael LACSON<sup>4</sup>,  
Shevanee Ruth DELA CRUZ<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Student of Engineering  
Central Philippine University  
Telephone (+639) 369-645-809  
E-mail: joniemar\_calderon@yahoo.com

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering  
Central Philippine University  
Telephone (+639) 192-294-008  
E-mail: medagrio@yahoo.com

<sup>3</sup>Department of Civil Engineering, Student of Engineering  
Central Philippine University  
Telephone (+639) 326-468-313  
E-mail: delatinar@yahoo.com

<sup>4</sup>Department of Civil Engineering, Student of Engineering  
Central Philippine University  
Telephone (+639) 298-157-454  
E-mail: ritzmlacson@yahoo.com

<sup>5</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering  
Central Philippine University  
Telephone (+639) 173-273-680  
E-mail: shevanee.gangedelacruz@yahoo.com

### **Abstract**

Over the years, urban travel demand in Philippines has increased tremendously amounting to the need of high capacity public transport as an urban mobility. Primarily, urban population growth, migration from rural areas, the growing economy and booming of industries have contributed significantly to the increase in travel demand in Philippine cities. One of the emerging highly urbanized cities in the Philippines is the city of Iloilo, which has a rapidly increasing travel demand due to the establishment of mixed-use developments recently. This study aims to introduce bus and BRT systems for two main service routes from Ungka to Iloilo City: via Lopez-Jaena Street and via Diversion Road. The study aims to evaluate the transportation impact of bus and BRT systems on the current public transport system, passenger movement, traffic behavior, and urban travel, and to assess the environmental benefits of the proposed high capacity public transport. Data were obtained through vehicle counting, onboard surveying of jeepneys and from relevant offices. These were calibrated using the software JICA STRADA 3 to create different transit models in predicting the new travel behavior of passengers in three different scenarios: without bus and BRT; with bus but without BRT; and with BRT but without bus traversing from Ungka to Iloilo City service routes.

**Keywords:** urban mobility; urban travel demand; high capacity public transport, JICA STRADA 3

## 1. Introduction

Primarily, the increase in internal growth of urban population and the migration from rural areas significantly contribute to the increase of travel demand in Iloilo City. This extensive increase in demand rate often results to severe traffic congestion in the metropolis which greatly influences the performance of economic, social, cultural activities and daily lifestyle of urban travelers. Also, the economic growth and the rapid urban developments of Iloilo City have induced travel demand, resulting to private vehicle trends hike.

Iloilo City is an emerging highly urbanized city in the central part of the Philippines, and it has a population of 424,619 inhabitants with a growth rate of 1.8% based on the NSO, 2010 census. Its rapid growth of urban population has induced urban mobility, from 26,075 motor vehicles in 1990 to 61,337 motor vehicles in 2010. Jeepneys, tricycles and taxicabs are the three main mode of transport in the city, mixing up along trunk roads and streets. As the volume of urban mobility increases, traffic congestion worsen and the amount of pollutants concentrated in the metropolis also increases. This magnified traffic problem impedes travel comfort, and this unresolved environmental issue is detrimental to the health of city dwellers and vacationists.

This paper focuses in the introduction of bus and BRT systems for the two major routes that service travelers from the different provinces of Iloilo. These two traffic entities are, the Diversion Road en route to CBD with a distance of 10.5 km and the Lopez-Jaena Street to Fort San Pedro spanning to 8.2 km. These two major roads are articulated with different travel attractions, such commercial establishments, recreational areas, schools, transport terminals, and shopping centers are common entities which affect the passenger's modal preferences. Furthermore, these dependent routes are the only access to the Iloilo International Airport located Northwest of Iloilo City.

## 1.2 Statement of Research Problem

The Ungka to Iloilo City networks are mainly served by jeepneys. Jeepney, a predominant public modal vehicle in the Philippines, is the only practical means to access employment, education and public services in Iloilo City. This mode of transport remained uncomfortable with high level

of emissions and lacking of safety measures. Unlike taxicabs and tricycles that can take any desirable routes by the passenger's travel preference, jeepney is a route dependent modal vehicle that tends to jostle for passengers causing traffic congestion. These three major public vehicles have a significant role in addressing the travel demand issue, however, their exceeding volume plus the increasing units of private vehicles plying the city networks causes traffic congestion, delays, and inconvenience to the passengers.

Jeepneys accounts for about 42% of the total vehicles, 30.6% motorcycles and tricycles, and 27.4% for other vehicles including private owned vehicles. As of the first quarter of 2013, Iloilo City has newly registered a total of 16,135 private vehicles, while there are only 2,783 public vehicles adding to the volume of daily traffic. As the number of vehicles plying city routes increases and the road network is not expanding, traffic congestion, delays and inconvenience would be the magnified but remained to be unresolved issues.

## 1.3 Objectives

This study aims to introduce bus and BRT systems for Ungka-Iloilo City service routes. Specifically, the study attempts to:

- i. Establish transit models in the assessment of the significant impact of bus and BRT systems in the current transport system in the urban travel of Iloilo City.
- ii. Assess the environmental benefits of the proposed bus and BRT systems in Iloilo City.
- iii. Recommend the necessary transport and pedestrian facilities to compliment the proposed transit systems.

## 1.4 Significance of the Study

This research will generate baseline information for the Iloilo City government to the implementation of a high capacity public transport for Ungka-Iloilo City service routes. The implementation of bus or BRT system in Iloilo-Guimaras Metropolitan area will enhance the lives of both local and foreign travelers in terms of convenient, effective and efficient urban mobility.

## 2. Literature Review

### 2.1 Bus System

One of the most important modes of transport is the bus transport (Ahern et al, 2008). It has a wide range of passenger capacity, performance characteristics, and typically operated with designed stops and routes (Smerk, 1974). In Indian cities, buses dominate the urban area, but due to the increase in transport demand and the contriving growth of the Indian economy together with the gradual declining of bus service level resulting to the increase of private motored vehicles (Vedagiri et al, 2009).

### 2.2 Bus Rapid Transit (BRT)

According to Fukuda et al (2006), Bus Rapid Transit (BRT) has increasingly become an attractive urban transit alternative in many Asian developing cities due to its cost-effective and flexible implementation. It is believed that ecology friendly transportation should be a high-capacity public mode providing advance technology features, and luxurious yet comfortable facilities while having lower emission, moving faster and safer, and most importantly, being attractive to commuters. Considering its advantages, the BRT system has become increasingly attractive in many developing cities in Asia, including Jakarta, Bangkok, Hanoi and Manila who currently have started, planned and are considering to operate BRT systems.

## 3. Methodology

### 3.1 Data Gathering

The 2010 census of Iloilo City's population, including the growth rate and the number of households generating travel demand were obtained from the NSO. The number of private and public vehicles plying Iloilo City networks were the data gathered from the LTO. Current and future urban development of Iloilo City was notified by the DPWH. Environmental impacts of current modes of transport in the metropolis were procured from the CENRO.

### 3.2 Onboard Surveying

Passenger's behavior survey was conducted through onboard surveying in twenty-three (23) jeepney routes. Time of boarding and alighting of passengers were recorded.

### 3.3 Volume Count

The volume of traffic in each specific trunk and intersection were determined using volume count. Peak hours are in between 6am to 9am and 4pm to 6pm.

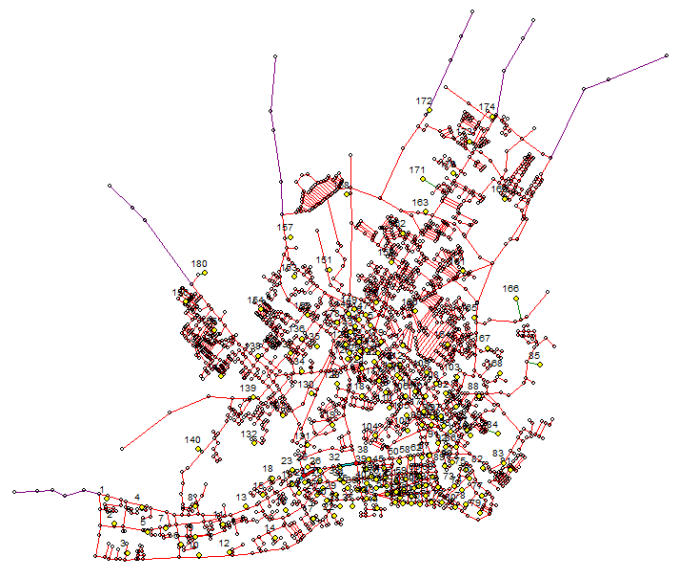
### 3.4 Transit Modelling

With the help of a transportation forecasting tool, three (3) transit models were designed and analyzed. The transit modeling tool used in determining the impacts of each model to the current mode was the JICA STRADA 3.

## 4. Results

In order to compare the present condition of the current transport system with the proposed transit system, data were collected, calibrated to the present condition and analyzed using the JICA STRADA 3.

Iloilo City is divided into 180 barangays. Using JICA STRADA 3, the transport network of Iloilo City were developed and is consist of 3375 links, 2752 nodes, and 181 zones.

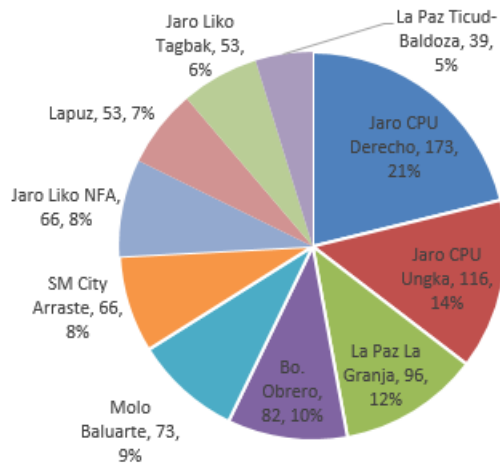


**Figure 1** Road Network with Political Zone Centroid

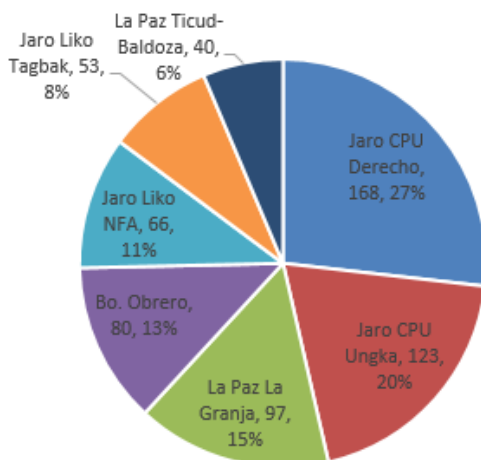
Figure 4.1 shows yellow dots representing the centroid of each political zone. Each political centroid is connected to the nearest road link to be considered as part of the road network for further traffic analysis.

#### 4.1 Volume Count Survey

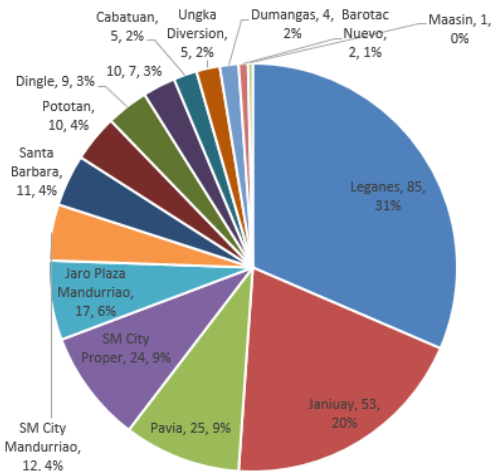
A volume count survey was conducted at Luna Street, Iznart Street, and at Diversion Road in order to obtain the percentage of each public mode of transport plying along the two Ungka-Iloilo service routes. The peak hour along northbound side of Lopez-Jaena to Fort San Pedro occurred from 9:30 – 10:30 AM, and occurred from 9:45 – 10:45 AM along its southbound side. On the other hand, peak hour along the northbound side and southbound side of Diversion to CBD occurred from 4:15 – 5:15 PM. The actual values and percentage of each jeepneys are shown in Figure 2 and 3 for Lopez-Jaena Street to Fort San Pedro route and in Figure 4 and 5 for Diversion Road to CBD route.



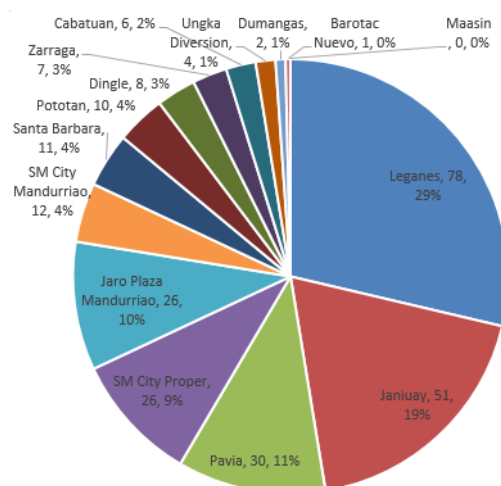
**Figure 2** Percentage of the Peak Hour Volume Northbound of Luna Street



**Figure 3** Percentage of the Peak Hour Volume Southbound of Luna Street



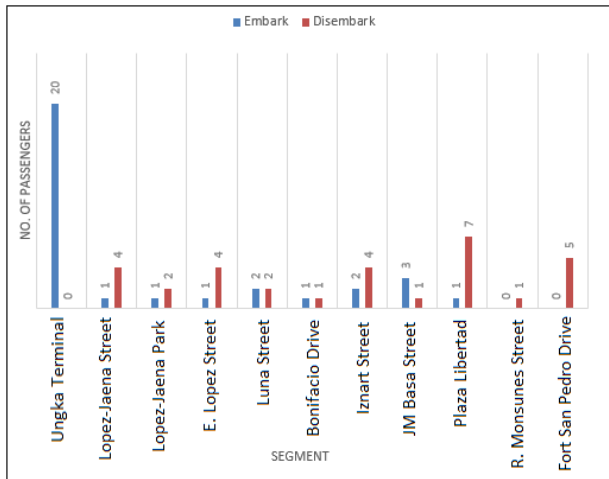
**Figure 4** Percentage of the Peak Hour Volume Northbound of Diversion



**Figure 5** Percentage of the Peak Hour Volume Southbound of Diversion

#### 4.2 Onboard Survey Analysis

Before conducting an onboard survey, the jeepney volume survey was first conducted to estimate the frequency of jeepney plying the Ungka to Iloilo service routes. It was found out that for jeepney traversing northbound of Ungka-Iloilo City service routes the peak hour is during 7:40 – 8:40 AM, and between 5:30 – 6:30 PM for southbound jeepneys.



**Figure 6** Average Total Passengers Embarking and Disembarking Per Segment by City Jeepneys

Figure 6. shows the average total number of embarking and disembarking passengers in each segment. The jeepney ridership shows that the most passengers embark and disembark at the end stations.

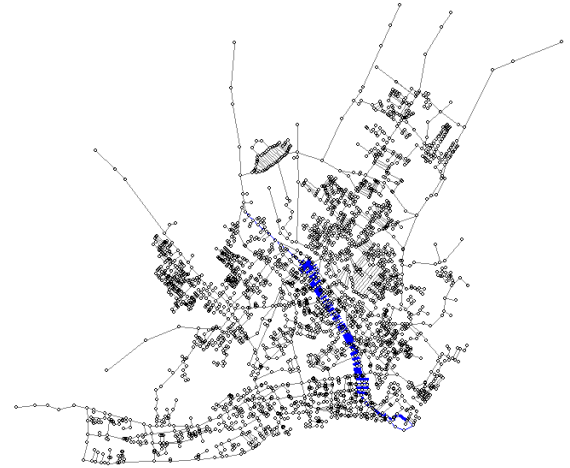
#### 4.3 Transit Modeling for Passenger Flow and Transfer

There are three significant scenarios being considered in the assessment of passenger flow and passenger transfer along the two Ungka-Iloilo service routes. The data used in the calibration of these three transit models were the OD matrix, political boundary, Iloilo City network, and the different jeepney routes obtained from onboard surveying. The different scenarios are shown in the following figures:

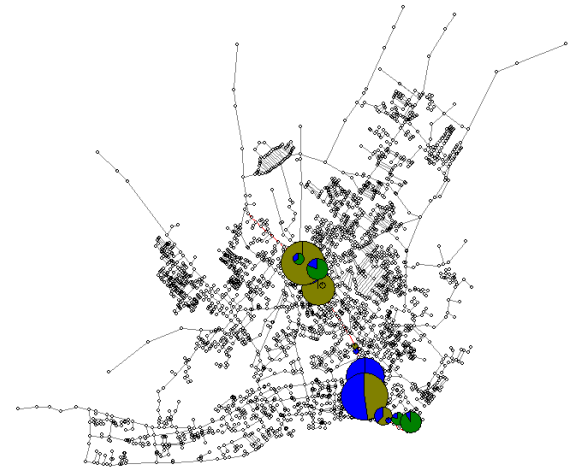
#### Scenario 1: Without bus and BRT.

- i. Current Transport System along Lopez-Jaena Street to Fort San Pedro

Assumptions:  $f=22\text{veh/hr}$ ,  $v=10\text{km/hr}$



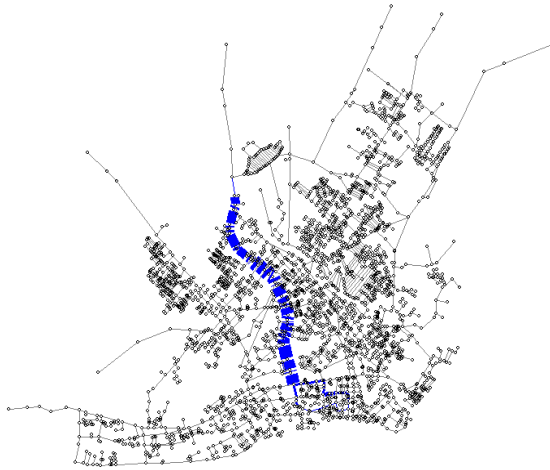
**Figure 7** Passenger Flow, Maximum Volume=90, Volume per Dot=20



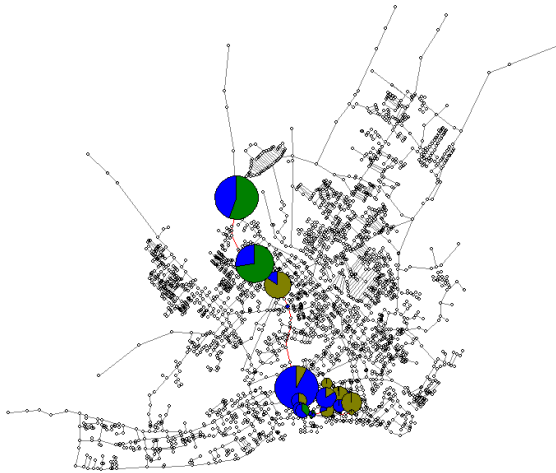
**Figure 8** Passenger Transfer, Maximum Volume=55, Volume per Dot=1

- ii. Current Transport System along  
Diversion Road to CBD

Assumptions:  $f=60\text{veh/hr}$ ,  $v=14.5\text{km/hr}$



**Figure 9** Passenger Flow, Maximum Volume=275,  
Volume per Dot=60

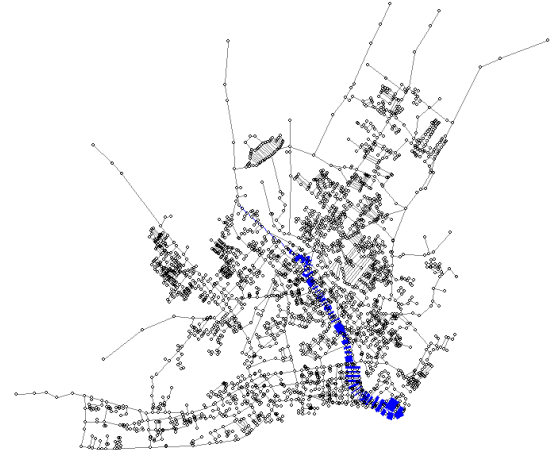


**Figure 10** Passenger Transfer, Maximum  
Volume=155, Volume per Dot=3

**Scenario 2:** With bus but without BRT.

- i. Proposed Bus System along Lopez-Jaena  
Street to Fort San Pedro

Assumptions:  $f=20\text{veh/hr}$ ,  $v=15\text{km/hr}$



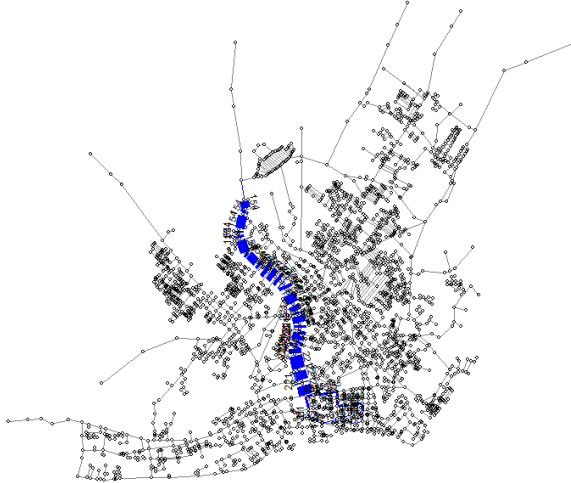
**Figure 11** Passenger Flow, Maximum Volume=247,  
Volume per Dot=50



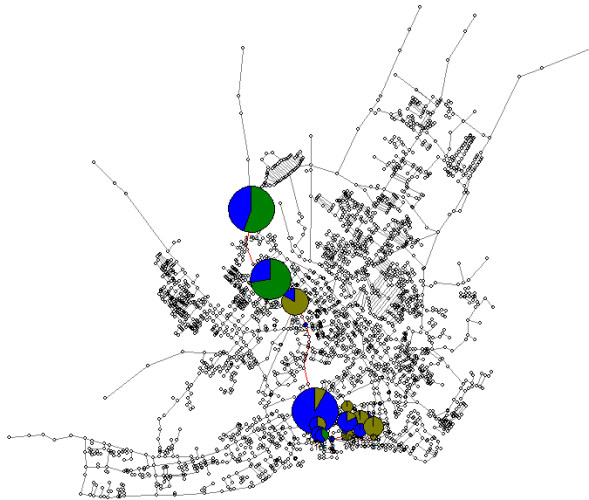
**Figure 12** Passenger Transfer, Maximum  
Volume=220, Volume per Dot=4

- ii. Proposed Bus System along Diversion Road to CBD

Assumptions:  $f=20\text{veh/hr}$ ,  $v=15\text{km/hr}$



**Figure 13** Passenger Flow, Maximum Volume=274,  
Volume per Dot=60



**Figure 14** Passenger Transfer, Maximum  
Volume=154, Volume per Dot=3

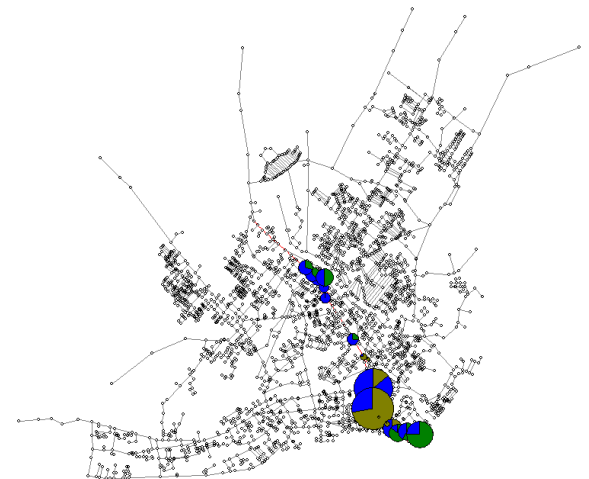
**Scenario 3:** With BRT but without bus.

- i. Proposed BRT System along Lopez-Jaena Street to Fort San Pedro

Assumptions:  $f=20\text{veh/hr}$ ,  $v=30\text{km/hr}$



**Figure 15** Passenger Flow, Maximum Volume=458,  
Volume per Dot=100



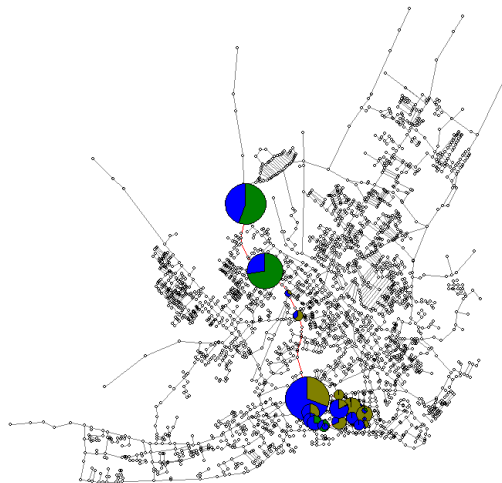
**Figure 16** Passenger Transfer, Maximum  
Volume=429, Volume per Dot=8

ii. Proposed BRT System along Diversion Road to CBD

Assumptions:  $f=20\text{veh/hr}$ ,  $v=30\text{km/hr}$



**Figure 17** Passenger Flow, Maximum Volume=279,  
Volume per Dot=60



**Figure 18** Passenger Transfer, Maximum  
Volume=180, Volume per Dot=3

## 5. Conclusion

As of the first quarter of 2013, Iloilo City has newly registered a total of 16,135 private vehicles, while there are only 2,783 public vehicles adding to the volume of daily traffic. As the number of vehicles plying city routes increases and the road network is not expanding, traffic congestion, delays and inconvenience would be the magnified but remained to be unresolved issues.

The best solution to mitigate congestion and to meet the demand of travel in Iloilo City is

through implementing a more advance, cost effective, high capacity, and attractive public transport. The implementation of BRT will enhance the travel lifestyle and would bring luxury in a cheaper cost for travelers who desire to navigate the city of Iloilo.

Using the three transit models, it was found out that there is a greater percentage of passenger transfer and passenger flow in the network developed. Base on the data gathered and simulated, it was projected a varying results among the three developed scenarios: (1) without bus and BRT, (2) with bus but without BRT, and (3) with BRT but without bus.

The proposed bus and BRT systems have showed satisfactory results. Both high capacity public transports have proved to have a great impact on the traffic behavior, passenger flow and passenger transfer.

## 6. Acknowledgement

This paper will never be realized without the following people: Francis, Kiko, Dale, and Mina for sharing their time and effort in helping us in the surveys; Frederick Sosuan, for providing us relevant data; and Dr. Alexis Fillone, for giving us the opportunity to have a collaborative study with his student in DLSU and for providing us the tools in this research.

## References

- [1] Ancora, V., Nelli, C., and Petrelli, M. (2012) *A Microsimulation Model For BRT Systems Analysis*. 15th meeting of the EURO Working Group on Transportation. ROMA TRE University, Department of Civil Engineering, Via Vito Volterra, 62 - 00146, Rome, Italy.
- [2] Fu, Q., Liu, R., and Hess, S. (2012) *A Review On Transit Assignment Modelling Approaches To Congested Networks: A New Perspective*. 15th meeting of the EURO Working Group on Transportation. Institute for Transport Studies (ITS), University of Leeds, Leeds LS2 9JT, United Kingdom.
- [3] Hua, Y., Xiang, Z., and Chena, H. (2013) *Modeling and Application of Passenger Transport Network Capacity in New Town Based on Control Indicators*. 13th COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP 2013). School of Civil

Engineering and Transportation, South China  
University of Technology, Guangzhou 510640,  
China.

- [4] Leurent, F., Chandakas, E., and Poulhès, A. (2012) *A Passenger Traffic Assignment Model With Capacity Constraints For Transit Networks*. 15th meeting of the EURO Working Group on Transportation. Institute for Transport Studies (ITS), University of Leeds, Leeds LS2 9JT, United Kingdom.
- [5] Satiennam, T. (2006) *A Study On The Introduction Of Bus Rapid Transit System In Asian Developing Cities*. Nihon University Nihon University, Chiba, Japan Chiba, Japan.
- [6] Vedagiri, P., and Arasan V. (2009) *Estimating Modal Shift of Car Travelers to Bus on Introduction of Bus Priority System*. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. Volume 9, Issue 6, December 2009.

## COMPARISON OF TRAVEL BEHAVIOR AND RESPONSES TO CHANGE IN TRANSIT FARE BETWEEN BANGKOK AND MANILA RAIL SYSTEMS

Paper Identification number: **AYRF14-053**

Marcus Kyle BARON<sup>1</sup>, Kasem CHOOCHARUKUL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering  
Chulalongkorn University  
Telephone 088-836-3224  
E-mail: marcuskyebaron@gmail.com

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering  
Chulalongkorn University  
Telephone 662-2186695, Fax. 622-2517304  
E-mail: Kasem.Choo@chula.ac.th

### Abstract

Urban rail transit systems are becoming a popular trend in the South East Asia region. Bangkok City in Thailand and Metro Manila in the Philippines, boasts three urban rail systems each, namely, the BTS, MRT, and the ARL in Bangkok, and the LRT1, LRT2, and MRT3 in Metro Manila. Both study areas have their similarities in terms of the city setting, traffic situations, etc., while the urban rail systems are very much different in terms of the quality of the overall system and the transit fare prices (Wherein the transit fare prices of the urban rail in Bangkok ranges from THB15.00 to THB52.00 or PHP21.00 to PHP72.00, Manila's urban rail on the other hand ranges from THB7.00 to THB11.00 or PHP10.00 to PHP15.00). Difficulties are being experienced by the rail systems in both countries. Due to the subsidized transit fare being offered in the Metro Manila rails, over capacity of about 200,000 passengers is experienced. On the other hand, the Bangkok rail systems aim to target more passengers to help alleviate traffic situations. In order to implement an overall sufficient urban rail system, many factors should be considered. Transit fare pricing, which is one of the major factors, is focused in this study, hence, it aims to determine the travel behavior of passengers and the other factors that will be affected when a price change is done using the concept of price elasticity. The method of gathering data is by doing a face-to-face interview using a survey questionnaire focused on urban rail users in both Bangkok and Metro Manila. Results show that rail users in Bangkok tend to be more sensitive to a price change, while the rail users in Manila can be very flexible in having an increase in transit fare.

**Keywords:** Urban rail transit system, Price Elasticity/Fare Elasticity, Transit Fare

### 1. Introduction

The urban rail transit system is one of the most popular public transportation nowadays especially in the densely populated cities in the Southeast Asian Region. These transportation systems have good accessibility and they have a traffic congestion-free environment. There are many factors to consider that will give good quality and service to urban rail transit systems like comfort and fare pricing to name a few. Thailand and the Philippines have three urban rail transit systems each in their respective capital regions, which are interesting to compare due to the city

setting similarities and the urban rail transit system differences.

The Bangkok Metropolitan Region (BMR) in Thailand and the National Capital Region (NCR/also known as Metro Manila) in the Philippines are similar to each other when it comes to the population density and traffic situations. According to the Bureau of Registration Administration in Thailand, out of the 64.4 million population of Thailand in 2012, a population of 10,455,800 belongs to the BMR, which is 16.2% of Thailand's total population. On the other hand, according to the census of 2010 of the National

Statistics Office in the Philippines, out of the 92.34 million people in the whole country, 11,855,975 people are located in Metro Manila which is 12.8% of the country's total population. While traffic congestion remains to be the biggest problem in the transportation sector for both regions.

Both urban rail transit systems in the BMR and in Metro Manila are considered to be a great alternative for commuters due to the worsening traffic conditions in both cities. Both Bangkok and Metro Manila currently have three operating urban rail transit systems each, namely, the Bangkok Mass Transit System (BTS), Metropolitan Rapid transit (MRT), and the Airport Rail Link (ARL) all found in BMR while the Light Rail Transit 1 (LRT1), Light Rail Transit 2 (LRT2), and the Metro Rail Transit (MRT3) found in Metro Manila. This paper will focus on the two busiest urban rail system of both countries, namely, the MRT3 in Manila and the BTS in Bangkok.

Several difficulties are being experienced by the urban rail authorities in both BMR and Metro Manila. The urban rail transit in Metro Manila subsidized the transit fare at only 10.00 Philippine Pesos (PHP) to 15.00 Philippine Pesos (which is about 7.00 to 11.00 in Thailand Baht), which causes the MRT3 to operate at a loss. According to the Department of Transportation and Communication (DOTC), the average cost per passenger in the MRT3 is PHP53.96, wherein 77% is shouldered by the government at PHP41.46 and only 23% is paid by the commuter which is at PHP12.40. With the subsidized transit fare, the MRT lines in Metro Manila experiences over capacity of about 210,000 passengers which leads to the demand for more coaches (ABSCBNnews, 2014). Currently, a new system is being used where the authorities only allow 500 passengers per station to enter the platform to accommodate passengers on other stations due to the excessive number of passengers using the system (Diola, 2013).

As for the case of the Bangkok Metropolitan Region, the urban rail system aims to serve more passengers in the future years to come to help alleviate the congestion problems in the city. The low income people are unable to use the rail system due to the high urban rail transit fare (Bengtsson, 2006). The transit fare for the urban rail systems in Thailand ranges from 15.00 Thai Baht (THB) to 52.00 Thai Baht (THB) depending

on the distance travelled (about 21.00 to 72.00 Philippine Pesos).

From the rail user's own preference on how much they are willing to pay to use the urban rail way systems in both Bangkok and Manila, the price elasticity (fare elasticity) is to be known and compared as well as the travel behavior of passengers.

This paper can provide benefits to urban rail transit authorities such as having a view of the possible effects from a change in transit fare. Also, the result of the study can be a basis in determining the transit fare for urban rail in other countries in the Southeast Asian Region with the same city setting of Bangkok and Manila, especially with the upcoming ASEAN Economic Community (AEC) integration in the year 2015 since the urban rail is an expanding trend in the region.

## **2. Literature Review**

With the same city setting, Bangkok City and Metro Manila which operates three lines of urban rail transit systems in each city, this study would want to investigate the factors that will be affected when a change in transit fare is made. Both cities have different quality of urban rail systems as well as transit fares, which leads to difficulties. There have been few studies regarding the improvement of the quality of service of urban rail in Bangkok especially in Manila focusing on the effects of transit fares.

There have been various studies that tried to estimate the change in ridership with respect to a change in transit fare using price elasticity. Although the price elasticity and the impact of change in transit fare on ridership has been wide-ranging over the years, studies on urban rail systems of most Southeast Asian countries have been lacking. Since the urban rail system is an emerging trend in the region, these kinds of studies can be helpful for future references. Although many studies have already been done regarding price elasticity in many European and American countries, this study would want to investigate the results in developing countries (In this study's case, Bangkok City and Metro Manila).

Bresson et al. (2003) analyzed the impacts of fare changes and other factors of the public transit. They compared the elasticities of transit for

both England and France. Instead of using the conventional approaches of obtaining the elasticities, a random-coefficient approach and the Bayesian shrinkage estimators are used since data can have heterogeneity. As a result, it was seen that there is variation with the elasticities obtained where a common set of variables were used, a similar time period, and a common methodology. The conclusion for this study is that public transport demand is sensitive to fare changes and that a subsidy of fare in these countries will have a substantial role in encouraging the use of public transport.

Cervero (1990) used the analysis and summary of previous studies to obtain the price elasticity of transit. Several transit fare changes in North America were considered in his study. According to him most studies on ridership responses to fare changes are relied on the US and emphasis is given to understanding the behavioral responses to the change in transit fare. Thus, his study focuses on the demand side mainly in terms of how ridership and revenue levels are affected by the change in transit fare. His conclusion was that people in America respond more to service improvements compared to change in transit fare according to the elasticities he obtained. For people to shift to public transit it was suggested that the fare increase of a transit should be charged for services.

Goodwin (1992) also obtained the price elasticities from previous studies. He considered studies done in America and in Europe that obtained the price elasticity during the 1980's. From the price elasticity he obtained in bus fare elasticities, it was -0.41 compared to the original study which was -0.3, the petrol consumption price elasticity was -0.1 to -0.4 wherein he obtained a price elasticity of -0.48 in his current time. Goodwin obtained the short-run and the long-run price elasticities since it was not being considered in the previous studies. As for the rail fare elasticities, he obtained a value of -0.79 from the reviewed studies. The rail tend to have higher average elasticities which means that people are sensitive to fare changes in the rail.

Holmgren (2007) uses meta-regression analysis to obtain the price elasticity of previous demand studies, specifically bus demand elasticity. The meta-regression analysis was used to explain the wide variation in elasticity estimates. Since most studies obtain price elasticities where

variables are considered to be exogenous (no correlation), Holmgren's study considers these variables endogenous. In his results, he recommends that demand models should include the effects of car ownership, price of fuel, own price, income and some measure of service among the explanatory variables and should be considered as endogenous. Elasticities obtained from his study with respect to level of service, income, price of petrol and car ownership are -0.59, 1.05, -0.62, 0.4 and -1.48 respectively.

Kain (1999) summarizes and updates the findings from previous studies in transit systems in Houston and San Diego. In these areas a large increase of ridership has been experience after the time of studies were done but the increase in ridership still experience losses in the transit systems. The reason for the losses is because the service was increased but transit fare was reduced. Obtaining the fare elasticity will determine the possible fare increase that can be done. With a fare elasticity of -0.32 for the light rail, -0.30 for bus during peak hours and -0.46 during off-peak hours, the authorities abandoned the policies of increasing the service levels and reducing real fares. With this, the introduction of rail services was accompanied by increases in real transit fares.

In Belgium, Mayares (2000) applied the general equilibrium model to study the marginal efficiency effects with three transport instruments. These three transport instruments are peak road pricing, higher fuel taxes and higher subsidies to public transport. Focusing on the transit fare changes for public transport, Mayares obtained price elasticities bus and rail using revealed preference. For the bus, tram and metro he obtained a demand elasticity of -0.19 during peak hours, and -0.29 during off peak hours. While for the rail, -0.37 and -0.43 were obtained for peak and off-peak, respectively. In conclusion, higher subsidies to public transport lead to welfare loss (A situation where marginal social benefit is not equal to marginal social cost and society does not achieve maximum utility), regardless of which they are financed.

Romilly (2001) studied the subsidy and local bus service deregulation in Britain (excluding London). The bus vehicle kilometers increased after the deregulation but the passenger journeys went down and the bus fares increased. The decrease of ridership and the increase in fare was cited as evidence of the failure of the deregulation to

promote the public transport. The study uses an econometric model in which the role of subsidy reduction is introduced in a price-markup equation. The model can be used to generate forecasts in bus fares and ridership after subsidy. After running the model a fare elasticity for bus was obtained to be -0.38. This led to the conclusion that a fare subsidy will increase the gains.

In summary, after various studies in price elasticity of public transit, it was found that short-run elasticity ranges from -0.2 to -0.8 and that the long-run can reach double the short-run estimates. A bus fare elasticity is found to be ranged from -0.4 in the short-run, -0.56 in the medium run, and -1.0 in the long run. While the urban rail price elasticity on the other hand averages about -0.3 in the short run and -0.6 in the long run (Sharaby & Shiftan, 2012). Again, these values are based from a different city setting, hence, a study on Bangkok and Manila can be different from these past studies.

### 3. Methodology

To obtain the data needed in this study, a questionnaire was designed based on the Price Sensitivity Measurement (PSM) method (The PSM method is used for future studies based on transit fare). A total of twenty two (22) questions were asked in the design of questionnaire. First, socio-economic and other personal questions were asked in the first part of the questionnaire, which includes the respondent's gender, age, marital status, occupation, monthly income, household members, household income, numbers of cars owned, and number of motorcycles owned. Next, urban rail transit information was asked which asks the respondent's frequency of use of the urban rail system, the kind of ticket used, their usual origin stations, their usual destination station, usual purpose of the trip, whether they transfer to other urban rail systems, their average waiting time from queuing until riding the train, the usual amount they pay for their trip, their willingness to pay for their usual trip, and their overall satisfaction on the urban rail transit system in their city.

When a change in transit fare is implemented in any public transit, the most common method to determine the effects of the change is to determine the price elasticity. Other factors will be considered in estimating the price elasticity with respect to a change in transit fare such as the urban rail user's gender, age, occupation, income, purpose of travel, marital

status, and car/motorcycle ownership. Using the software SPSS, a linear regression model will be executed. The most common method of estimating elasticities is by defining a log-log relationship between the variables of interest (Litman, 2012). With a log-log function, elasticity values are the same at all fare levels whether it is high or low which is appropriate for this study since transit fare in Manila is low compared to the transit fare in Bangkok. The model is formulated as shown in equation 1.

$$\log(y_i) = \beta_0 + \beta_1 \log(x_i) + \epsilon \quad (1)$$

After running the model in SPSS wherein the dependent variable ( $y_i$ ) is the amount paid by the urban rail user, and the explanatory variable ( $x_i$ ) is the choke price or highest amount the user is willing to pay, the parameters  $\beta_0$  and  $\beta_1$  will be obtained. To find the elasticity the marginal effects are first obtained by solving for  $y$  and then differentiating with respect to  $x$  as shown in equations 2 and 3. The marginal effect is shown in equation 4.

$$(y_i) = e^{\beta_0 + \beta_1 \log(x_i) + \epsilon} \quad (2)$$

$$\frac{d(y_i)}{d(x_i)} = \frac{\beta_1}{x_i} e^{\beta_0 + \beta_1 \log(x_i) + \epsilon} = \beta_1 \frac{y_i}{x_i} \quad (3)$$

$$\frac{d(y_i)}{d(x_i)} = \beta_1 \frac{y_i}{x_i} \quad (4)$$

From equation 4, solving for  $\beta_1$  will get the elasticity. To interpret the model, if  $(x)$  goes up by 1% on an average,  $(y)$  goes up by  $\beta_1\%$ .

### 4. Results

Data gathering using the survey questionnaires for the BTS Sky-train in Bangkok, Thailand was done in the month of March 2014. On the other hand, data gathering for the MRT3 in the Philippines was done in the month of June 2014. The survey took place in the busiest stations of both urban rail during rush hour times (16:00 to 20:00 on weekdays). An initial plan of 500 surveys were to be gathered in both rail system and reliable data gathered were obtained to be 434 and 499 surveys for the BTS and the MRT3 respectively. Table 1 shows the summary of the socio-economic characteristics for both rail systems.

As much as possible, variables were controlled to be equal in percentage so that the data

during analysis are more allocated and to the different labels per variable especially the gender, age group and occupation (e.g. 50% female and 50% male).

**Table 1** Summary of Socio-Economic Characteristics for the BTS and MRT3 Rail Systems

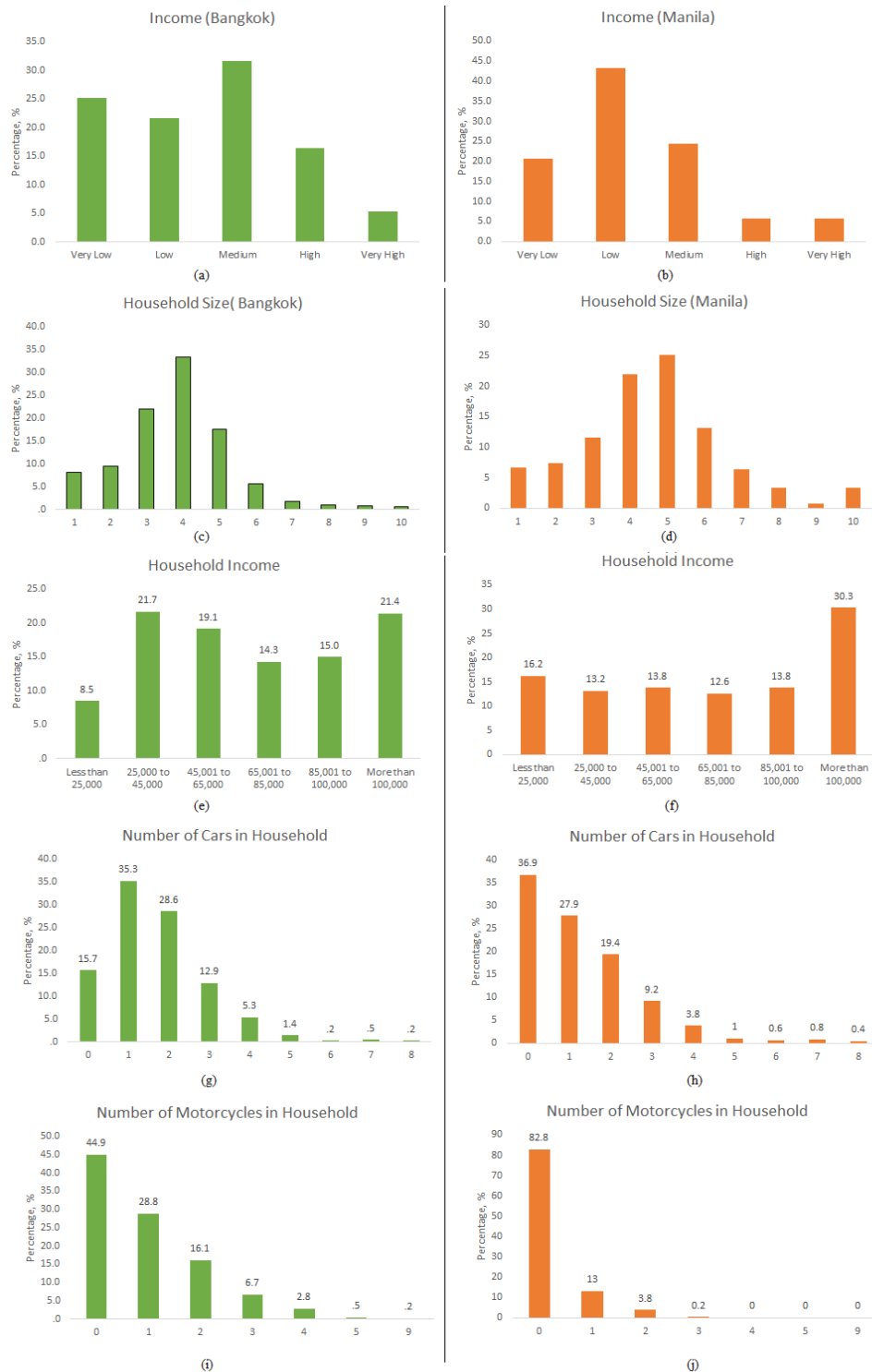
<b>Frequencies of Personal Information Questions</b>			
<b>Variable</b>	<b>Label</b>	<b>BTS (Bangkok) Percentage</b>	<b>MRT3 (Manila) Percentage</b>
Gender	Male	43.3	60.3
	Female	56.7	39.7
Age Group	18 and Below	11.1	15.6
	19-25 years old	41.2	57.2
	26 to 35 years old	30.0	17.2
	36 to 50 years old	13.4	7.8
	Over 50	4.4	2.0
Marital Status	Single	81.8	83.2
	Married	17.3	16.2
	Others	0.9	0.6
Occupation	Student	39.6	45.7
	Employee	44.7	51.5
	Business Owner	5.5	0.8
	Independent Professional	6.2	0.2
	Others	3.9	1.8
Income	Very Low	25.1	20.6
	Low	21.7	43.3
	Medium	31.6	24.4
	High	16.4	5.8
	Very High	5.3	5.8

As seen in Figure 1, more socio-economic characteristics are shown in a graph to show the disparities between the passengers of both rail systems in their respective countries. In Figure 1(a) and in Figure 1(b), it shows the most common income of people who ride the rail systems, where, Bangkok passengers mostly have medium income (15,000 to 30,000 Thai Baht) while Manila passengers mostly have low income (9,000 to 15,000 Philippine Pesos). Figure 1(c) and Figure 1(d) shows the household size where Manila passengers have mostly 4 to 6 members in a household while Bangkok passengers have 3 to 5 members. Figure 1(e) and Figure 1(f) shows the household income wherein data is more distributed. Lastly, Figure 1(g) to Figure 1(i) shows the vehicle ownership of passengers where most of Manila rail

passengers do not own a car nor a motorcycle, on the other hand, that of Bangkok passengers mostly have cars but no motorcycles.

Table 2 shows the results of passenger's urban rail system responses. Frequent rail passengers were mostly surveyed in the study as shown. Since fare prices are very slim in the manila rail ticket kinds are not included in the survey in Manila. Purpose of travel shows most passengers use the rail system for work or school. Another variable obtained which was not done in the Bangkok survey was the average waiting time from queuing up to entering the train. The average waiting time in the MRT3 is close to 21 minutes due to the over capacity of the rail system. Lastly, Satisfaction with the overall service of both BTS and MRT3 were obtained. Bangkok passengers are

mostly moderately and very satisfied with the BTS system in Bangkok, on the other hand, most MRT3 passengers in Manila feel that they are only slightly satisfied.



**Fig. 1** Summary of Socio-Economic Characteristics in Graphical Form in Bangkok (Green) and in Manila (Orange)

**Table 2** Summary of Urban Rail Transit System Information of BTS and MRT3 passengers

<b>Frequencies of Urban Rail Questions</b>			
<b>Variable</b>	<b>Label</b>	<b>BTS (Bangkok) Percentage</b>	<b>MRT3 (Manila) Percentage</b>
Frequency of Use	often	53.5	46.9
	rarely	20.3	10.2
	sometimes	26.3	42.9
Ticket Kind	Single Journey	44.9	N/A
	Stored Value	23.5	
	Period Pass	31.6	
Purpose of Travel	Work/School	76.0	63.1
	Leisure	24.0	36.9
Average waiting time, in minutes		N/A	20.84
Connect to other transit system	Yes	28.1	59.9
	No	71.9	40.1
Satisfaction	Extremely Satisfied	5.3	1
	Very Satisfied	48.8	2.6
	Moderately Satisfied	43.1	31.7
	Slightly Satisfied	2.5	41.5
	Not at all Satisfied	.2	23.2

After analysis using the SPSS software, fare elasticity and other price elasticities given the different socio-economic variables were obtained as shown in Table 3. The fare elasticity obtained for the BTS Sky-train in Bangkok is inelastic with a value of -0.46. While that of the Manila MRT3 system, the fare elasticity is also inelastic but at a very low value of -0.06. The values of elasticities given the different factors are similar to each other

wherein the values for the BTS Sky-train averages at -.40 and the values for the MRT3 is at -0.06. Comparing the two rail systems, it shows that Manila passengers are way less sensitive when a price change is implemented this is because of the current low transit fare. This also means that MRT3 passengers would not mind an increase in transit fare. Same goes for the BTS passengers but are more sensitive compared to MRT3 passengers.

**Table 2** Fare/Price Elasticities for the BTS and the MRT3

		BTS (Thailand) Estimated Elasticity	MRT3 (Philippines) Estimated Elasticity
Fare Elasticity		-0.46	-0.06
Gender	Male	-0.37	-0.06
	Female	-0.51	-0.06
Age	18 and below	-0.55	-0.09
	19-25 years old	-0.48	-0.05
	26-35 years old	-0.44	-0.10
	36-50 years old	-0.43	-0.08
	Above 50 years	-0.72	-0.12
Income	Very Low	-0.47	-0.09
	Low	-0.30	-0.04
	Medium	-0.54	-0.08
	High	-0.56	-0.05
	Very High	-0.40	-0.05
Marital Status	Single	-0.43	-0.05
	Married	-0.57	-0.08
Trip Purpose	Work/School	-0.48	-0.05
	Leisure	-0.35	-0.08
Occupation	Student	-0.45	-0.06
	Worker	-0.47	-0.08
Vehicle Ownership	w/ Car and Motorcycle	-0.47	-0.04
	w/ Motorcycle w/o Car	-0.36	-0.13
	w/ Car w/o Motorcycle	-0.42	-0.07
	No vehicle at all	-0.54	-0.09

## 5. Conclusion/Discussion

One of the objectives of this study is to determine the characteristics of the rail passengers and infrastructure of both rail systems in Bangkok and Manila. First, the significant results show that rail passengers in Bangkok are more allocated in terms of their income. People from very low income to very high income patronize the rail in Bangkok. As for the Manila rail system, mostly are at the lower half of the income range or the low income people. Second, vehicle ownership shows significant differences when it comes to patronizing the rail systems. Most Bangkok passengers still use the rail systems even though they own private cars, this goes to show that the BTS Sky-train can be a better option for the rail passengers instead of using the private car. A different result is obtained for the Manila data, where it shows that a lot of passengers

of the MRT3 are none car users. It also shows that the absence of the motorcycle in a household is a factor in patronizing the rail systems in both countries. Lastly, the rail passengers in Bangkok are very satisfied with the overall service of the BTS Sky-train which shows that the BTS offers great passenger experience in terms of the service and infrastructure. Manila rail passengers on the other hand, feel that the rail system is not that great of an experience in terms of service and infrastructure since satisfaction level is at a below average rank according to the rail passengers.

From the review of related literature, it states that the average fare elasticity for urban rail systems obtained from the many studies already done ranges from -0.3 to -0.6. Results from the Bangkok rail system, specifically the BTS Sky-train, show a fare elasticity of -0.46 which is well

within the range of past studies. Showing a different result from what past studies show is the Manila rail system, specifically the MRT3, with a fare elasticity of only -0.06. Due to the very low transit fare the Manila rail offers, passengers are willing to pay much more compared to what they pay at the moment. Other factors were also considered in obtaining the price elasticity which also show similar results with the fare elasticity from both rail systems.

### References

- [1] ABSCBNnews. (2014, February 13). DOTC reiterates need for more MRT-3 coaches. Manila, Manila, Philippines.
- [2] Bengtsson, M. (2006). The Bangkok Skytrain. UMEA: UMEA University.
- [3] BMA, B. M. (2013, July 18). Statistical Profile of BMA 2012. Retrieved January 29, 2014, from Statistical Profile of BMA: <http://office.bangkok.go.th>
- [4] Bray, D., & Sayeg, P. (2013). Private sector involvement in urban rail: Experience and lessons from South East Asia. *Research in Transport Economics*, 191-201.
- [5] Bresson, G., Daragay, J., Madre, J.-L., & Pirotte, A. (2003). The main determinants of the demand for public transport: a comparative analysis of England and France using. *Transportation Research Part A* 37, 605-627.
- [6] BTSC. (2011). About Us: Bangkok Mass Transit Public Company Limited. Retrieved February 15, 2014, from BTS: Bangkok Mass Transit Public Company Limited: <http://www.bts.co.th/>
- [7] Cervero, R. (1990). Transit pricing research A review and synthesis. *Transportation* 17, 117-139.
- [8] de Grange, L., Gonzalez, F., Munoz, J., & Toncoso, R. (2013). Aggregate Estimation of the Price Elasticity of Demand for Public Transport in Integrated fare Systems: The Case of Transantiago. *Transport Policy*, 178-185.
- [9] Diola, C. (2013, December 18). 500-per-batch MRT scheme angers passengers. *Philippine Star*. Manila, Manila, Philippines.
- [10] Goodwin, P. (1992). A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes. *Journal of Transport Economics and Policy*, 155-169.
- [11] Holmgren, J. (2007). Meta-analysis of public transport demand. *Transportation Research Part A* 41, 1021-1035.
- [12] Kain, J. F., & Liu, Z. (1999). Secrets of success: assessing the large increases in transit ridership achieved by Houston and San Diego transit providers. *Transportation Research Part A* 33, 601-624.
- [13] Litman, T. (2004). Transit Price Elasticities and Cross Elasticities. *Journal of Public Transportation*, Volume 7, No. 2.
- [14] Litman, T. (2012). Transit Elasticities and Price Elasticities. *Journal of Public Transportation*, 37-58.
- [15] LRTA. (2013). Light Rail Transit Authority. Retrieved February 15, 2014, from Light Rail Transit Authority: <http://www.lrta.gov.ph/>
- [16] Mayeres, I. (2000). The Efficiency Effects of Transport Policies in the Presence of Externalities and Distortionary Taxes. *Journal of Transport Economics and Policy*, 233-259.
- [17] MRTA Manila. (2012). Metro Rail. Retrieved February 15, 2014, from Metro Rail Transit Authority: <http://dotcmrt3.gov.ph/about.php?route=3>
- [18] MRTA Thailand. (2013). Mass Rapid Transit Authority of Thailand: About Us. Retrieved February 15, 2014, from Mass Rapid Transit Authority of Thailand: <http://www.mrta.co.th/>
- [19] NSO, N. S. (2012, April 4). 2010 Census of Population Philippines. Retrieved January 29, 2014, from Republic of the Philippines National Statistics Office: <http://www.census.gov.ph>
- [20] Paulley, N., Balcombe, R., Mackett, R., Titheridge, H., Preston, J., Wardman, M., . . . White, P. (2006). The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*, 295-306.
- [21] Pham, L. H., & Linsalata, J. (1991). Effects of Fare Changes on Bus Ridership. New York: American Public Transit Association.
- [22] Romilly, P. (2001). Subsidy and Local Bus Service Deregulation in Britain: A Re-Evaluation. *Journal of Transport Economics and Policy*, 161-193.
- [23] Sharaby, N., & Shiftan, Y. (2012). The Impact of Fare Integration on Travel Behavior and Transit Ridership. *Transport Policy*, 63-70.
- [24] SRT. (2013). About the Project. Retrieved February 15, 2014, from Airport Rail Link: [http://www.srtet.co.th/en/10\\_footer/02\\_about\\_us.html](http://www.srtet.co.th/en/10_footer/02_about_us.html)

## การตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัยของผู้ขับขี่สามกลุ่มอายุในกรุงเทพมหานคร

### Risky driving behaviors of three age groups in Bangkok.

หมายเลขบทความ: :AYRF14-058

ชนิดา อินทเสียร<sup>1</sup>, สรวิต นฤปิติ<sup>2</sup>

Chanida Intasien , Sorawit Narupiti

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์: 0-2916-2402

E-mail: chivava23@hotmail.com

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์: 0-2218-6565

E-mail: kong@chula.ac.th

#### บทคัดย่อ

พฤติกรรมการขับขี่บนท้องถนนของกลุ่มคนในวัยต่างๆ มีความแตกต่างกัน และ อาจส่งผลถึงความปลอดภัยในการขับขี่ที่แตกต่างกัน วัตถุประสงค์ของบทความนี้ ได้แก่ กลุ่มผู้เพิ่งได้รับใบอนุญาตขับขี่ กลุ่มผู้ขับขี่ระหว่างวัยทำงาน และ กลุ่มผู้ขับขี่สูงอายุ โดยระเบียบวิธีวิจัยได้ใช้แบบสอบถามที่มีคำถามมีด้วยกัน 6 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลในส่วนพื้นฐานส่วนบุคคล ข้อมูลพื้นฐานในด้านสุขภาพ การขับขี่บริเวณทางร่วม การเปลี่ยนช่องจราจร และการควบคุมการเลี้ยวรถซ้ายขวา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นกลุ่มที่มีใบอนุญาตขับขี่แบ่งเป็นช่วงอายุ 18-22 ปี 23-65 ปี และ 65 ปีขึ้นไป จำนวนทั้งสิ้น 667 ตัวอย่าง และ วิเคราะห์จำนวนสถานการณ์ที่ผู้ขับขี่มีพฤติกรรมเสี่ยงต่อความปลอดภัย และเปรียบเทียบระหว่างสามกลุ่มอายุ โดยอาศัยหลักสถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์และใช้โปรแกรมทางสถิติในการคำนวณผล ผลการวิจัยพบว่า ผู้ขับขี่สูงอายุตัดสินใจขับขี่ไม่ปลอดภัยในสถานการณ์การขับขี่บริเวณทางร่วม และการเปลี่ยนช่องมากกว่ากลุ่มอื่นๆ และ ผู้ขับขี่ที่เพิ่งได้รับใบอนุญาตขับขี่ตัดสินใจขับขี่ไม่ปลอดภัยในสถานการณ์เลี้ยวขวาที่ทางแยกมากที่สุด การวิจัยในครั้งนี้ทำให้พฤติกรรมในการตัดสินใจที่ผิดพลาดในการขับขี่ นำไปปรับปรุงแก้ไข หรือเป็นแนวในการพัฒนาวางแผนการจัดการผู้ขับขี่หรือการออกแบบและจัดการการจราจร เพื่อลดโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุได้

**คำสำคัญ:** อุบัติเหตุทางท้องถนน, การตัดสินใจในการขับขี่, ความเสี่ยง, พฤติกรรมผู้ขับขี่

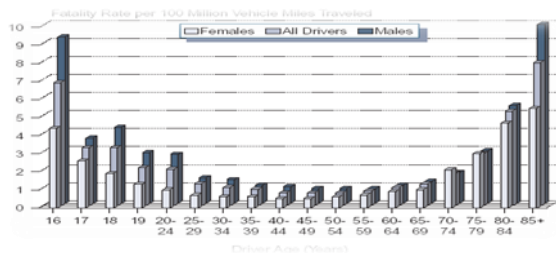
#### Abstract

Behaviors in different drivers' age groups vary and may be attributed to different levels of unsafe driving. The objective of this paper is to investigate the decision to drive unsafely in various driving scenarios among three drivers' age group, namely novice, average, and older drivers. The research methodology is the questionnaire survey which consists of 6 parts: personal, health, Decision for driving at margining, Decision for lane change and decision for driving at intersection. The sample was the licensed drivers with 18-25 years, 23-65 years, and 65 years and older, with total amount of 667 subjects. The analyses determine number of unsafe decision by three age groups, using descriptive statistics. The results of research indicate that older drivers have the highest number of unsafe decision at merging area and lane change, while novice drivers have the highest unsafe decision at intersection. The research discloses unsafe driving decision which can lead to accidents. This is useful for developing pertinent measures for driving skill development and/or design and control of traffic at these locations, which could result in less accidents.

**Keywords:** Road accident, Driving decision, Risk, Driver's behavior

## 1. คำนำ

อุบัติเหตุทางถนนมีสาเหตุหลักมาจากผู้ขับขี่ [1] ดังนั้นทั่วโลกให้ความสนใจกับการหามาตรการต่างๆ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่แก่ผู้ขับขี่ นอกจากนี้ NHTSA (2000) ยังแสดงให้เห็นว่าอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุ นั้น เกิดขึ้นสูงในกลุ่มคนในวัยต่างๆ ไม่เท่ากัน โดยจะมีอัตราที่สูงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มผู้ขับขี่ที่เพิ่งได้รับใบอนุญาต (young or novice driver) และ ผู้ขับขี่สูงอายุ (Older driver) ดังแสดงในรูปที่ 1 จึงเป็นที่สนใจในการศึกษามาตรการและวิธีป้องกันอุบัติเหตุในกลุ่มผู้ขับขี่ดังกล่าว



รูปที่ 1 อัตราการเกิดอุบัติเหตุตามกลุ่มอายุของผู้ขับขี่

ที่มา : NHTSA (2000)

จากการวิจัยด้านอุบัติเหตุ แสดงให้เห็นว่า กรณีอุบัติเหตุจำนวนมากเกิดจากผู้ขับขี่ที่ประสบอุบัติเหตุมีสภาพร่างกาย หรือสมรรถนะในการขับขี่ที่ไม่พร้อมในการขับขี่อย่างปลอดภัย เช่น เมาส์รา ง่วงนอน หลายกรณีเกิดจากการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยหรือไม่สอดคล้องกับ สภาพกายภาพ เช่น การขับเร็ว การตัดสินใจขับขี่ผิดพลาดระหว่าง สถานการณ์ขับขี่ต่างๆ กรณีการเกิดอุบัติเหตุประการหลังนี้ เกิดจากการตัดสินใจขับขี่ที่ไม่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในการขับขี่ขณะใด ซึ่ง ไม่ได้เกิดจากข้อบกพร่องของสมรรถนะ ยานพาหนะ หรือ ทาง ซึ่งเป็นที่ น่าสนใจในการพิจารณา เพราะสามารถจะเข้าใจถึงลักษณะการขับขี่ที่ เหมาะสมของผู้ขับขี่ ที่จะนำไปสู่การขับขี่อย่างปลอดภัย

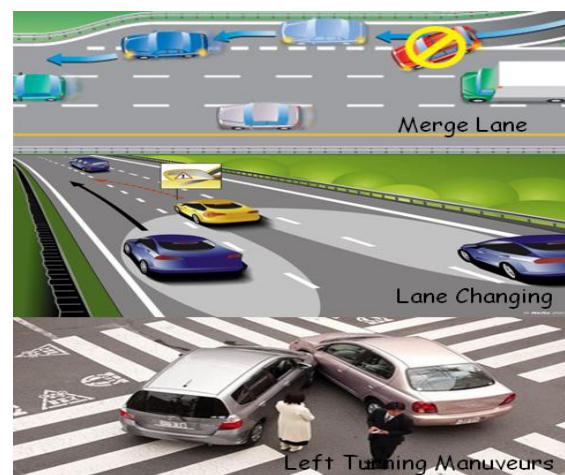
งานวิจัยที่เกี่ยวกับการตัดสินใจที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุมีการทำ ได้หลายวิธี ทั้งการศึกษาโดยการขับขึ้นเครื่องจำลองการขับขี่ (driving simulator) การขับขึ้นถนนจริง (road test) หรือ การศึกษาพฤติกรรมผู้ขับขี่ สำหรับการศึกษานี้ครั้งนี้ ดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามเพื่อเป็น เครื่องมือในการวิจัยพฤติกรรมผู้ขับขี่ โดยมีงานวิจัยในลักษณะเดียวกัน ในต่างประเทศอยู่หลายชิ้น [2-4] โดยจะศึกษาการตัดสินใจของผู้ขับขี่ใน สถานการณ์การขับขี่ที่หลากหลาย เพื่อค้นหาการตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัย และกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์

- เพื่อตรวจสอบหรือค้นหาการตัดสินใจการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัย ใน สถานการณ์การขับขี่ได้แก่ การขับขี่บริเวณทางร่วม การเปลี่ยนช่องจราจร และ การเลี้ยวขวาที่ทางแยก
- เพื่อเปรียบเทียบระดับการตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัยในผู้ขับขี่สามกลุ่ม อายุ ได้แก่ กลุ่มผู้เพิ่งได้รับใบอนุญาตขับขี่ กลุ่มผู้ขับขี่ระหว่างวัยทำงาน และ กลุ่มผู้ขับขี่สูงอายุ
- เพื่อหาความสัมพันธ์ของผู้ขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยกับลักษณะส่วนบุคคลและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขับขี่

## 3. แนวคิดของงานวิจัย

การขับขี่ที่มีปฏิสัมพันธ์ของรถสองคันขึ้นไปในกระแสการจราจร เป็นสถานการณ์การขับขี่ที่ผู้ขับขี่ต้องตัดสินใจในการขับให้ ถูกต้องเพื่อให้เกิดความปลอดภัย สถานการณ์ดังกล่าวพบเห็นมากเมื่อผู้ขับขี่ต้องขับรถแทรกตัวในกระแสการจราจร หรือ พบการแทรกตัวโดยรถคันอื่น และ สถานการณ์ขณะผู้ขับขี่ขับรถผ่านทางแยกซึ่งต้องตัดสินใจการจราจรอื่น สถานการณ์ต่างๆ ที่ต้องการตัดสินใจบังคับรถให้ปลอดภัย ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การตัดสินใจในสถานการณ์การขับขี่ต่างๆทั้งทางร่วม การเปลี่ยนช่องจราจรและบริเวณทางแยก

การตัดสินใจในการขับขี่ ในสถานการณ์การขับขี่ต่างๆนี้ เป็นตัวบ่งชี้ (proxy) ของความไม่ปลอดภัย เพราะ หากผู้ขับขี่ตัดสินใจขับขี่ไม่ “เหมาะสม” แล้ว จะทำให้ผู้ขับขี่ผู้อื่นเกิดความเข้าใจผิดและอาจไม่สามารถขับขี่ได้ เช่น ในสถานการณ์ที่ผู้ขับขี่หนึ่งสมควรจะเร่งความเร็ว

เพื่อเข้าแทรกในกระแสจราจรแต่กลับชะลอตัวหรือเปลี่ยนช่องกะทันหัน รถคันที่ตามหลังหรืออยู่โดยรอบก็จะต้องเบรกหรือชะลอรถเพื่อหลบ หลีก/หลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุ

นอกจากนี้ ความ “ถูกต้อง” หรือ “ผิดพลาด” ในการตัดสินใจ ขับขึ้นนั้น อาจมีความสัมพันธ์กับลักษณะส่วนบุคคล ประสบการณ์ สภาพร่างกาย (โรคประจำตัว) และอื่นๆ ซึ่งอาจส่งผลให้มีแนวโน้มของการตัดสินใจได้

#### 4. ระเบียบวิธีวิจัย

จากการวิจัยเป็นการศึกษาโดยอาศัยแบบสอบถามที่อ้างอิงกับงานวิจัยในสหรัฐอเมริกาและอิตาลี ในคำถามเป็นการวัดการตัดสินใจในการขับขึ้นสถานการณ์ของการจราจรต่างๆกัน และ ประเมินการตอบ “ถูก”หรือ“ผิด”มาเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา นอกจากนี้ยังรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับการขับขึ้น ได้แก่ กลุ่มอายุ ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล ความรู้และการรับรู้พฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในการขับขึ้นบนท้องถนน สมรรถนะด้านสุขภาพ ได้แก่ ประวัติด้านสุขภาพของแต่ละบุคคล และ ลักษณะอื่นๆในการขับขึ้น

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ ผู้ขับขึ้นที่ได้รับใบอนุญาตขับรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 3,264,390 คน จึงกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนทั้งสิ้นไม่ต่ำกว่า 400 คน ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 5$  การสุ่มตัวอย่างแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) เป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากผู้ที่ไม่อาสาเข้ามาตัวอย่างด้วยความเต็มใจ และได้กลุ่มตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างแต่ละช่วงอายุ

กลุ่มตัวอย่าง	ผู้ขับขึ้นวัยรุ่น		ผู้ขับขึ้นวัยกลางคน		ผู้ขับขึ้นวัยสูงอายุ	
	(คน)	(%)	(คน)	(%)	(คน)	(%)
จำนวน	168	24.7	404	62.2	95	13.1
	รวมทั้งสิ้น 667 ตัวอย่าง					

เครื่องมือในการเก็บข้อมูลเป็นแบบสอบถามมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 ส่วน โดยมีคำถาม 2 ประเภทหลัก โดยส่วนแรกวิเคราะห์ที่มาภาพรวม และลักษณะพื้นฐานของผู้ขับขึ้นและในส่วนที่สองเป็นรูปแบบการขับขึ้นต่าง ๆ นั้นอ้างอิงมาจากการจำลองการขับขึ้นของ FHWA โดยพบรูปแบบที่

น่าจะเกิดความผิดพลาดในการขับขึ้น [5] โดยแบ่งเป็นส่วนย่อยด้วยกัน 6 ส่วน ได้แก่

1. ข้อมูลในส่วนพื้นฐานส่วนบุคคล ประกอบไปด้วย อายุ, อายุที่ได้รับใบอนุญาตขับขึ้นครั้งแรก, ประวัติการขับขึ้นและพฤติกรรมความปลอดภัยในการขับขึ้น ฯลฯ เพื่อทราบข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง
2. ข้อมูลพื้นฐานในด้านสุขภาพ จะทำการสอบถามในเรื่องของประวัติการถูกห้ามไม่ให้ขับขึ้นรถยนต์ในอดีตโดยแพทย์, การตรวจสุขภาพประจำปี, โรคประจำตัว, ข้อมูลเกี่ยวกับการมองเห็น ฯลฯ เพื่อสอบถามลักษณะทางกายภาพที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งอาจเป็นอีกส่วนหนึ่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดความผิดพลาดในการขับขึ้น
3. การขับขึ้นบริเวณทางร่วมจะประกอบไปด้วย การวัดสอบการเข้าสู่ทางร่วมจำนวน 11 ข้อ ประวัติการเกิดอุบัติเหตุ พฤติกรรมการขับขึ้นขณะอยู่ในทางร่วม
4. การเปลี่ยนช่องจราจรจะประกอบไปด้วย การวัดสอบการเข้าสู่ทางร่วมจำนวน 8 ข้อ ข้อของร่างกายเมื่อต้องทำการเปลี่ยนช่องจราจร พฤติกรรมการขับขึ้นขณะเปลี่ยนช่องจราจร
5. การควบคุมการเลี้ยวถือเป็นโหมดท้ายสุดที่ใช้ในการพิจารณาโดยเมื่อพิจารณารายสถานการณ์แล้วจะพบว่า มี 4 สถานการณ์สองทางเลือก พร้อมทั้งถามพฤติกรรมในการขับขึ้นขณะควบคุมการเลี้ยวด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถามด้วยตนเอง ใช้เวลาในการทำแบบสอบถาม 30 นาที ข้อมูลถูกวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ สถิติเชิงสหสัมพันธ์และสถิติสัมประสิทธิ์อันดับของพหุคูณ โดยมีการจัดกระทำต่อตัวแปรที่เป็นระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) ให้เป็น dummy variable ก่อนนำมาวิเคราะห์ และมีการแปลงข้อมูลระดับอันดับ (Ordinal Scale) ให้กลายมาเป็นข้อมูลในระดับช่วง (Interval Scale) กำหนดค่าแทนตัวแปรเพื่อนำมาวิเคราะห์สถิติเชิงสหสัมพันธ์และสถิติสัมประสิทธิ์อันดับของพหุคูณ

#### 5. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยผู้ขับขึ้น 667 คนในกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งเป็นสองส่วนหลัก โดยส่วนแรกเป็นข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล และ ส่วนที่สอง เป็นข้อมูลในเรื่องการตัดสินใจในการขับขึ้น ผลที่ได้จากการวิจัยเป็นดังนี้

##### 5.1 ข้อมูลทั่วไป

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 667 ตัวอย่างเป็นกลุ่มผู้ขับขึ้นวัยรุ่นจำนวน 168 คนวัยกลางคน 404 คน และวัยสูงอายุ 95 คน โดยกลุ่มผู้ขับขึ้นวัยรุ่นส่วนใหญ่ครอบครองใบขับขึ้นภายในระยะเวลา 0-5 ปี สูงถึง 98.8% กลุ่มผู้

ขับขี่ยกกลางคนจะครอบครองใบขับขี่อยู่ที่ 31-40 ปี 24.7% และกลุ่มผู้สูงอายุจะครอบครองใบขับขี่อยู่ที่ 41-50 ปี จำนวน 54.8% ผู้ขับขี่ยาวกว่าร้อยละ 95 ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกินเจ็ดที่นั่ง/รถกระบะ ผู้ขับขี่ยกกลางคนและสูงอายุส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 55 ขับขี่รถยนต์เป็นประจำทุกวัน เมื่อเป็นผู้ขับขี่ยี่สิบสามกลุ่มอายุจะคาดเข็มขัดเป็นประจำสูงถึงร้อยละ 78.5 ซึ่งต่างจากเมื่อเป็นผู้โดยสารอัตราการคาดเข็มขัดนิรภัยของทั้งสามกลุ่มจะลดลงเหลือร้อยละ 52.5 ซึ่งลดลงกว่า 52.5%

อาจกล่าวได้ว่า ข้อมูลพื้นฐานของแต่ละช่วงวัยแนวโน้มคำตอบทั้งสามกลุ่มมีทิศทางคำตอบไปในแนวที่ถูกต้องเหมาะสม แต่จะแตกต่างกันในเรื่องของอัตราส่วน พบว่าข้อมูลพื้นฐานการขับขี่ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับช่วงอายุของผู้ขับขี่ยี่สิบสามกลุ่มอายุมีความถี่ในการขับขี่ที่แทบทุกวันมากที่สุด จะคาดเข็มขัดเป็นประจำโดยการได้รับใบสั่งครั้งสุดท้ายผู้ขับขี่ยี่สิบสามกลุ่มอายุไม่เคยได้รับร้อยละ 64 ส่วนวัยกลางคนและสูงวัยเกิน 1 ปีร้อยละ 46 และ 62 ตามลำดับ

## 5.2 ข้อมูลพื้นฐานด้านสุขภาพ

ผู้ขับขี่ยี่สิบสามกลุ่มอายุกว่าร้อยละ 65.3 จะไม่ฝึฝืนคำแนะนำของแพทย์และเภสัชกรในการขับขี่รถยนต์ ในกลุ่มผู้ขับขี่ยกกลางคนจะไม่เคยใส่แว่น/คอนแทกเลนส์ ขณะขับขี่สูงถึงร้อยละ 46 ซึ่งต่างจากวัยรุ่นและวัยสูงอายุที่ต้องใส่แว่น/คอนแทกเลนส์ ขณะขับขี่ตลอดเวลาที่สูงที่สุด

ผลการวิจัยพบว่า แนวโน้มข้อมูลด้านสุขภาพของทั้งสามช่วงอายุมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งสามกลุ่ม มีเพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่คำตอบเด่นชัดไปจากกลุ่มอื่น ดังเช่น การเข้ารับการตรวจสายตา กลุ่มผู้ขับขี่ยี่สิบสามมีอัตราการเข้าตรวจต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนวัยสูงอายุจะมีการฝึฝืนคำสั่งแพทย์ต่ำที่สุดและปวดเมื่อยเป็นประจำเมื่อตอนขับขี่รถยนต์ ยังพบว่า ช่วงอายุของผู้ขับขี่ยี่สิบสามมีผลสัมพันธ์กับข้อมูลด้านสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่มีบางประการที่ระดับต่างออกไป เช่น การ

ตรวจสายตาและการปวดเมื่อยมีระดับนัยสำคัญที่ .35 และ .15 ตามลำดับ

ผลการวิจัยผู้ขับขี่ยี่สิบสามคนในกรุงเทพมหานคร จะแบ่งเป็นสองส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลซึ่งอาจมีความเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ในส่วนที่สองซึ่งเป็นข้อมูลในเรื่องการตัดสินใจในการขับขี่ผลการวิจัยที่ได้เป็นดังนี้

ตารางที่ 2 ตารางค่าเฉลี่ยการตอบผิด (ข้อ)ของสามกลุ่มอายุ

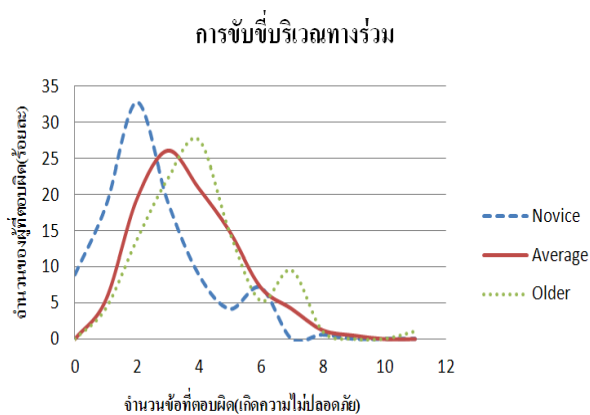
สถานการณ์	Rate	No-vice	Average	Older	F	Sig
การขับขี่บริเวณทางร่วม	$\bar{x}$	2.37	2.58	2.83		
	(%)	21.6	23.5	25.7	2.49	.084
	S.D	(1.57)	(1.56)	(1.63)		
การเปลี่ยนช่องทางจราจร	$\bar{x}$	2.37	2.50	2.72		
	(%)	29.6	31.3	34.0	1.96	.141
	S.D	(1.38)	(1.38)	(1.51)		
การควบคุมการเลี้ยว	$\bar{x}$	1.52	1.27	1.46		
	(%)	38.0	31.8	36.4	3.35	.036
	S.D	(1.26)	(1.01)	(1.20)		

ตารางที่ 3 การตัดสินใจที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

การตัดสินใจในการขับขี่	Novice		Average		Older	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
การขับขี่บริเวณทางร่วม						
น้อย ( ผิดระหว่าง 0-3 คะแนน )	133	79.2	289	71.7	64	68.1
ปานกลาง( ผิดระหว่าง 4-7 คะแนน )	34	20.2	111	27.5	29	30.9
มาก ( ผิดระหว่าง 8-11 คะแนน )	1	0.6	2	0.5	1	1.1
การขับขี่ขณะเปลี่ยนช่องจราจร						
น้อย ( ผิดระหว่าง 0-2 คะแนน )	93	55.4	207	51.4	43	45.7
ปานกลาง( ผิดระหว่าง 3-5 คะแนน )	71	42.3	183	45.4	46	49.0
มาก ( ผิดระหว่าง 6-8 คะแนน )	4	2.4	12	3.0	5	5.3
การเลี้ยวขวา						
น้อย ( ผิดระหว่าง 0-1 คะแนน )	93	55.4	258	64.0	58	61.7
ปานกลาง ( ผิดระหว่าง 2-3 คะแนน )	60	35.7	128	31.8	29	30.9
มาก ( ผิดระหว่าง 3-4 คะแนน )	15	8.9	16	4.0	7	7.5
พิจารณาทุกสถานการณ์ร่วมกัน						
น้อย ( ผิดระหว่าง 0-3 คะแนน )	113	67.3	264	65.5	51	54.3
ปานกลาง( ผิดระหว่าง 4-7 คะแนน )	54	32.1	137	34.0	41	43.6
มาก ( ผิดระหว่าง 8-11 คะแนน )	1	0.6	1	0.3	2	2.1

### 5.3 การขับขี่ปริเวณทางร่วม

การรับรู้พฤติกรรมการขับขี่ปริเวณทางร่วมของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อยเช่นเดียวกับปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบร่วมอื่นๆ โดยในส่วนการขับขี่ปริเวณทางร่วมจะพบว่าพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความไม่ปลอดภัยทางท้องถนนมีผลอยู่ในตารางที่ 2 จากแบบวัดสอบทั้งสิ้น 11 ข้อ กลุ่มสูงอายุส่วนใหญ่มีอัตราการตอบผิดเฉลี่ยสูงกว่าวัยอื่นๆซึ่งมีค่าการตอบผิดอยู่ที่ 2.58 ข้อโดยมีค่า S.D. =1.625 เมื่อนำพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงมาสร้างเป็นกราฟความถี่ โดยเมื่อวัดจากข้อมูลฐานนิยมจะพบว่า วัยสูงอายุจะมีอัตราการตอบซึ่งก่อให้เกิดอัตราการเสี่ยงสูงกว่าวัยอื่นๆได้ชัดเจนจะเห็นได้จากกราฟ



**รูปที่ 3** กราฟความถี่ของกลุ่มตัวอย่าง (ร้อยละ)  
เปรียบเทียบกับการการตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัย (จำนวนข้อ)

เมื่อพิจารณาการอ่านค่าพฤติกรรมการตอบผิดทางร่วม ส่วนใหญ่ข้อที่กลุ่มตัวอย่างตอบผิดมักเป็นสถานการณ์ที่มีปัจจัยร่วมไม่มากนัก หรือข้อที่ไม่ต้องระมัดระวังมากนัก โดยอัตราการตอบเสี่ยงในบางสถานการณ์มีสูงสุดถึงร้อยละ 63

ปัจจัยทำนายผลที่ขับขี่ปริเวณทางร่วมที่ตอบผิดกับพฤติกรรมการขับขี่ปริเวณทางร่วม เมื่อวิเคราะห์โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคูณได้ใช้ตัวแปร ความถี่เมื่อเข้าสู่ทางร่วมเมื่อสิ้นสุดทางร่วม ความถี่ในการมองกระจกหลัง ความถี่ในการมองกระจกข้างเมื่อเข้าสู่ทางร่วมจะสามารถทำนายพฤติกรรมความปลอดภัยทางถนนได้ร้อยละ 3.3 โดยมีสมการดังนี้  $Y=2.745+0.238(\text{ความถี่เมื่อเข้าสู่ทางร่วมตอนสิ้นสุดทางร่วม}) -0.391(\text{ความถี่ในการมองกระจกข้าง})+0.272(\text{ความถี่ในการมองกระจกหลัง})$

**ตารางที่ 4** การวิเคราะห์พหุคูณถดถอยของปัจจัยที่สามารถทำนายพฤติกรรมการขับขี่ปริเวณทางร่วม

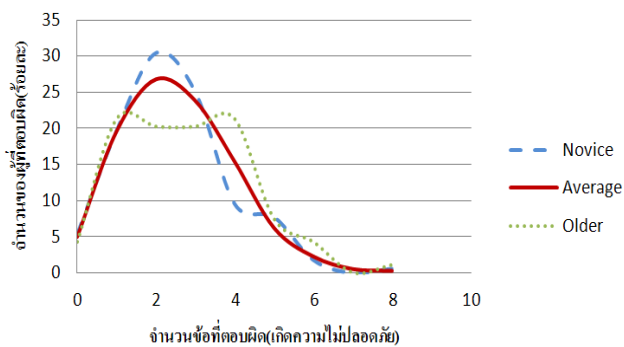
Model	B	S.E.	Beta	t	Sig.
(Constant)	2.745	.269		10.195	.000
ความบ่อยเมื่อเข้าสู่ทางตอนสิ้นสุดทางร่วม	.238	.093	.103	2.560	.011
ความบ่อยในการมองกระจกข้าง	-.391	.106	-.171	-3.701	.000
ความบ่อยในการมองกระจกหลัง	.272	.093	.135	2.923	.004

ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสรุปความหมายได้ว่า พฤติกรรมความเสี่ยงบริเวณทางร่วม จะเสี่ยงที่จะตอบผิดมากขึ้น ถ้าผู้เข้าสู่ทางร่วมผู้นั้นเข้าสู่ทางร่วมได้เมื่อสิ้นสุดทางร่วมบ่อยครั้ง แต่จะตอบผิดน้อยลงเมื่อมองกระจกข้างมากขึ้น และจะตอบผิดมากขึ้นเมื่อมองกระจกหลังน้อยลง

### 5.4 การเปลี่ยนช่องทางจราจร

พฤติกรรมการขับขี่ปริเวณทางร่วมที่ปลอดภัยบริเวณการเปลี่ยนช่องทางจราจรของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อยดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า พฤติกรรม จากแบบวัดสอบทั้งสิ้น 8 ข้อ กลุ่มผู้ขับขี่ปริเวณทางร่วมส่วนใหญ่มีอัตราการตอบผิดเฉลี่ยสูงกว่าวัยอื่นๆซึ่งมีค่าการตอบผิดอยู่ที่ 2.72 ข้อโดยมีค่า S.D. =1.513 เมื่อนำพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงมาสร้างเป็นกราฟความถี่ โดยเมื่อวัดจากข้อมูลฐานนิยมจะพบว่า วัยสูงอายุจะมีอัตราการตอบซึ่งก่อให้เกิดอัตราการเสี่ยงสูงกว่าวัยอื่นๆได้ชัดเจนจะเห็นได้จาก

### การเปลี่ยนช่องทางจราจร



รูปที่ 4 กราฟความถี่ของกลุ่มตัวอย่าง (ร้อยละ)

เปรียบเทียบกับผลการตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัย (จำนวนข้อ)

ปัจจัยทำนายผลที่ขับขี่ที่ตอบผิดกับพฤติกรรมการขับขี่ในปัจจุบัน เมื่อวิเคราะห์โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคูณถ้าวัดแปร ความถี่ในการมองกระจกข้างและความถี่ในการปรับกระจกก่อนขับขี่ จะสามารถทำนายพฤติกรรมความปลอดภัยทางถนนได้ร้อยละ 2.1 โดยมีสมการดังนี้  $Y = 3.025 - 0.326(\text{ความถี่ในการมองกระจกข้าง}) + 0.172(\text{ความถี่ในการปรับกระจกก่อนขับขี่})$

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์พหุคูณถดถอยของปัจจัยที่สามารถทำนายพฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยในการเปลี่ยนช่องทางจราจร

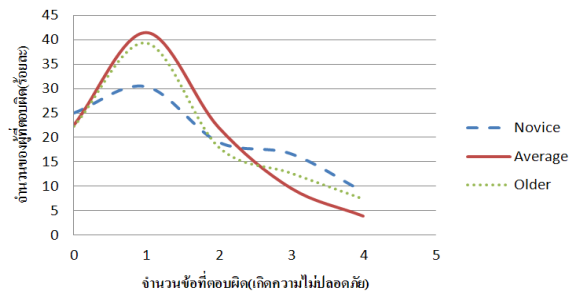
Model	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
(Constant)	3.025	.224		13.513	.000
ความบ่อยในการมองกระจกข้าง	-.326	.088	-.154	-3.709	.000
ความบ่อยปรับกระจกก่อนขับขี่	.172	.066	.107	2.594	.010

ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งสรุปความหมายได้ว่า พฤติกรรมความเสี่ยงในการเปลี่ยนช่องทางจราจรจะเสี่ยงที่จะตอบผิดน้อยลงขึ้นถ้าผู้ขับขี่นั้นเพิ่มความถี่ในการมองกระจกข้างมากขึ้น แต่จะตอบผิดมากขึ้นเมื่อมีการปรับกระจกก่อนขับขี่เป็นประจำ

### 5.5 การควบคุมการเลี้ยวขวา

ความรู้และการรับรู้พฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัย บริเวณการควบคุมการเลี้ยวขวา ของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ อยู่ในระดับน้อย เช่นเดียวกับปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบรวมอื่นๆ พฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยทางท้องถนนมีผลอยู่ในตารางที่ 4 จากการทำแบบทดสอบทั้งสี่ 4 ข้อ กลุ่มผู้ขับขี่วัยรุ่นส่วนใหญ่มีอัตราการตอบผิดเฉลี่ยสูงกว่าวัยอื่นๆ ซึ่งมีค่าการตอบผิดอยู่ที่ 1.52 ข้อ โดยมีค่า S.D. = 1.256 เมื่อนำพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงมาสร้างเป็นกราฟความถี่ โดยเมื่อวัดจากข้อมูลฐานนิยมจะพบว่า วัยรุ่นจะมีอัตราการตอบซึ่งก่อให้เกิดอัตราการเสี่ยงสูงกว่าวัยอื่นๆ ได้ชัดเจนจะเห็นได้จากกราฟ

### การควบคุมการเลี้ยวขวา



รูปที่ 5 กราฟความถี่ของกลุ่มตัวอย่าง (ร้อยละ)

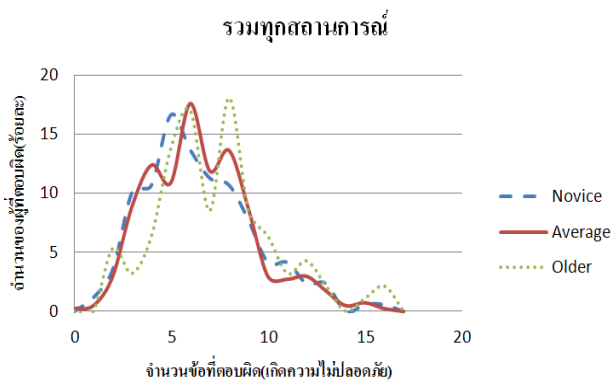
เปรียบเทียบกับผลการตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัย (จำนวนข้อ)

ปัจจัยทำนายผลที่ขับขี่ที่ตอบผิดกับพฤติกรรมการขับขี่ในปัจจุบัน เมื่อวิเคราะห์โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคูณถ้าวัดแปร ความถี่ในการประเมินรถทิศทางตรงข้ามได้ยากและความถี่ในการปรับเปลี่ยนเส้นทางเพื่อหลีกเลี่ยงการเลี้ยวขวาในแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร จะสามารถทำนายพฤติกรรมความปลอดภัยทางถนนได้ร้อยละ 1.5 โดยมีสมการดังนี้  $Y = 1.424 - 0.184(\text{ความถี่ในการเลี้ยวแยกที่มีสัญญาณไฟเลี้ยวขวา}) - 0.144(\text{ความถี่ในการประเมินความเร็วรถทิศทางตรงข้ามยาก})$

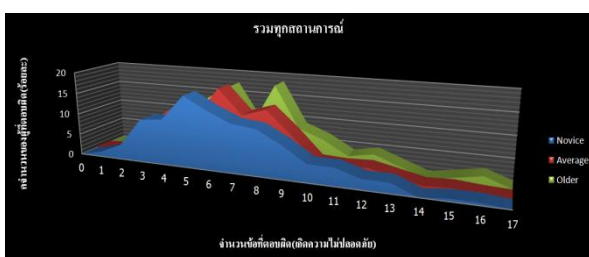
ตารางที่ 7 การวิเคราะห์พหุคูณถดถอยของปัจจัยที่สามารถทำนาย  
พฤติกรรมการขับขี่ไม่ปลอดภัยในการควบคุมการเลี้ยวขวา

Model	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
(Constant)	1.424	.093		15.240	.000
ความบ่งชี้ในการ เสี่ยงแยกที่มี สัญญาณไฟเขียว	.184	.060	.124	3.072	.002
ความบ่งชี้ในการ ประเมินความเร็ว รถที่ตรงข้าม	-.144	.065	-.089	-2.215	.027

ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งสรุปความหมายได้ว่า พฤติกรรม  
ความเสี่ยงในการควบคุมการเลี้ยวขวาจะเสี่ยงที่จะตอบผิดมากขึ้นถ้าผู้ขับ  
ขึ้นนั้นประเมินความเร็วรถในทิศทางตรงข้ามได้ไม่ถูกต้อง แต่จะตอบผิด  
มากขึ้นเมื่อมีการเสี่ยงแยกที่มีสัญญาณไฟเขียวขวาเป็นประจำ



รูปที่ 6 กราฟความถี่ของกลุ่มตัวอย่าง (ร้อยละ)  
เปรียบเทียบกับผลการตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัย (จำนวนข้อ)  
ภาพรวมแบบสองมิติ



รูปที่ 7 จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ตอบผิด (ร้อยละ)  
เปรียบเทียบกับผลการตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัย (จำนวนข้อ)  
ภาพรวมแบบสามมิติ

## 6. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงของ  
คนสามกลุ่มอายุโดยอาศัยแบบสอบถามเพื่อตรวจสอบหรือค้นหาการ  
ตัดสินใจการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยในสามสถานการณ์ เพื่อเปรียบเทียบ  
ระดับการตัดสินใจที่ไม่ปลอดภัยในผู้ขับขี่สามกลุ่มอายุและเพื่อหา  
ความสัมพันธ์ของผู้ขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยกับลักษณะส่วนบุคคลและ  
พฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขับขี่ พบว่าจากกลุ่มทดสอบ 667 คน  
ทดสอบโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาหาจำนวนข้อที่มีผู้ขับขี่ตอบผิดมากซึ่ง  
แปลว่า ตัดสินใจผิด นำไปสู่ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุและ  
ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกิดอุบัติเหตุพบว่า

การขับขี่บริเวณทางร่วมของคนสามกลุ่มอายุมีการตัดสินใจที่  
แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่ผิดในสถานการณ์ที่ต้องเป็นผู้ขับขี่เข้าสู่ทาง  
ร่วมโดยมีรถที่มาจากทางหลักและรถตามมาทางด้านหลังในระยะกระชั้น  
ชิด การเข้าสู่ทางร่วมของผู้ที่ตัดสินใจผิดมากที่สุดคือ กลุ่มผู้สูงอายุ ปัจจัยที่  
ส่งเสริมต่อการตัดสินใจผิดได้แก่ ระยะเวลาการเข้าสู่เข้าสู่ทางร่วมได้ และ  
การมองกระจกข้างและการมองกระจกหลัง

การเปลี่ยนช่องจราจรส่วนใหญ่จะผิดในสถานการณ์ที่ต้อง  
แทรกเข้าสู่ทางหลักโดยมีรถล้อมรอบคันรถ ผู้ที่ตัดสินใจผิดมากที่สุด  
ได้แก่ กลุ่มผู้สูงอายุ โดยปัจจัยที่ส่งเสริมต่อการตอบผิดได้แก่ ความบ่ง  
ชี้ในการมองกระจกข้างและความบ่งชี้ในการปรับกระจกก่อนขับ

การควบคุมการเลี้ยวขวาส่วนใหญ่จะผิดในสถานการณ์ที่เป็น  
ผู้เลี้ยวแล้วมีรถอยู่ฝั่งตรงข้าม โดยมีรถตามมาด้านหลังเช่นกัน ผู้ที่  
ตัดสินใจผิดมากที่สุดได้แก่ กลุ่มผู้ขับขี่วัยรุ่น โดยรวมพบว่าการตัดสินใจ  
ผิดพลาดมากหลายสถานการณ์มากที่สุดจะมาอยู่ที่ผู้ขับขี่สูงอายุ โดยดู  
จากกราฟด้านบน

สิ่งที่ได้มีการกล่าวถึงไป เป็นการหาทางเข้าใจพฤติกรรมการ  
ขับขี่ซึ่งเรียกว่า หากแก่การเข้าใจและการทำการศึกษา โดยได้ทำการ  
แบ่งแยกออกเป็นสามกลุ่มอายุซึ่งการศึกษาดังกล่าวเมื่อนำแต่ละกลุ่มอายุ  
มาลำดับจำนวนข้อในการตอบผิด และเรียงลำดับตามจำนวนข้อที่ตอบผิด  
ของทั้งสามกลุ่มอายุ โดยเมื่อนำมาเขียนกราฟอัตราแนวโน้มการตอบผิด  
สูงที่สุดจะเป็นวัยสูงอายุอาจเพราะมีปัจจัยต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง ตามมา  
ด้วยวัยกลางคนและวัยรุ่น เมื่อนำมาหาผู้ตอบผิดกับข้อมูลพื้นฐานของผู้  
ขับขี่ พบว่าหลายๆครั้ง ผู้ขับขี่ที่ตอบผิดพลาดจะเป็นผู้ที่มีพฤติกรรมการ  
ขับขี่ที่มีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องด้วยอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเราเลือกพิจารณาที่แต่ละวัย วัยสูงอายุจะผิดมากบริเวณ  
การเข้าสู่ทางร่วมและการเปลี่ยนช่องจราจรและวัยรุ่นจะผิดมากที่สุด  
ในสถานการณ์ที่มีการเลี้ยวขวา จึงควรหาทางแก้ไขต่อไป เมื่อเราทราบถึง

ปัญหาดังกล่าวแล้ว อนาคตความทำการศึกษเพื่อปรับปรุงพฤติกรรม การ ขับขี่ต่อไป อาจทำได้โดยการนำไปเน้นย้ำในโรงเรียนสอนหัดขับรถยนต์ เช่น ผู้ขับขี่สูงอายุเมื่อเข้าสู่ทางร่วมควรมีการระมัดระวังเป็นพิเศษ ด้าน กายภาพอาจมีการวางกฎหรือเปลี่ยนรูปแบบถนน เช่น มีการจัดการจราจร ไม่ให้เกิดการแทรกกันในที่ๆมีความเสี่ยงดังกล่าวหรือสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ข้อมูลมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นหรือเพื่อหาทางแก้ไขได้อย่างถูกต้อง ต่อไปในอนาคต

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บริษัท มิตรสุข สุมิโตโม อินชัวร์รันซ์ จำกัด (MSIG) ซึ่งมีส่วนช่วยในการดำเนินการด้านทุนวิจัย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ ทำให้งานวิจัยเดินหน้าและมีการพัฒนาต่อไปได้ในอนาคต

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการ ศูนย์อำนวยความสะดวกทางถนน , แผนที่นำทางเชิงกลยุทธ์ ทศวรรษแห่งความปลอดภัย 2554- 2563 : p28-36 )
- [2] S. Chandrarantna, L. Michell, N. Stamatiadis. Evaluation of the transportation safety needs of older drivers. Dept. of Civil Engineering University of Kentucky. 2002.
- [3] L. Mitchell, N. Stamatiadis. Traffic maneuvers of elderly: their viewpoint and prospective. Society of Automotive Engineers. 2002.
- [4] E. Pani , N. Stamatiadis. Older Driver Behaviour in Two Countries.Università di Cagliari – Dipartimento di Ingegneria del Territorio. Sezione Trasporti (Italy) 2004 .
- [5] Byington, S., Harkey, D., Lococo, K. and Staplin, L. Guidelines and Recommendations To Accommodate Older Drivers and Pedestrians. Report No. FHWA-RD-01-051. Federal Highway Administration, 2001.

## **Highway-Railway Grade Crossing (HRGC) Safety Audit: A case study of HRGC in Phitsanulok province.**

Paper Identification number: **AYRF14-059**

Donyarit SETTASUWACHA<sup>1</sup>, Suchinthon SONGSITTIDET<sup>2</sup>, Surachet WANNA<sup>1</sup>, Kritsana KLINDEE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology  
Pibulsongkram Rajabhat University  
Telephone 055-282790, Fax. 055-282790  
E-mail: donyarit@gmail.com

<sup>2</sup>Department of Engineering and Computer, Faculty of Industrial Technology  
Pibulsongkram Rajabhat University  
Telephone 055-282790, Fax. 055-282790  
E-mail: suchinthon@gmail.com

### **Abstract**

Accident at highway-railway grade crossing (HRGC) is an important collision issue in Thailand for a long time. Every year there are average 140 cases and about 60 people are killed of HRGC accident. These serious events are mostly preventable. The main objective of the research paper was to use the HRGC safety audit checklists for identifying hazardous location and safety potential specific at HRGC in Phitsanulok province. The data were collected by using new checklists that describes and compares the safety audit paper, manuals, guidebook in various countries and auditing on a day-night time of all-weather condition. The conclusion found that the risk of accident, factors effecting and safety potential on locations such as the problem of sight distance, traffic sign and marking, crossings surface and lighting that can be improve the HRGC functional and evaluate appropriate safety countermeasures of HRGC in Thailand.

**Keywords:** Highway-railway grade crossing, Accident, Safety, Audit, Checklist

### **1. Introduction**

#### **1.1 Background**

The World Health Organization (WHO, 2009) reported global status on road safety have been projected to be the fifth highest leading cause of global death by 2030, after heart disease, cerebrovascular disease, pulmonary disease and respiratory infections, and road accidents were a major public health problem in world with some 1.3 million people die each year on the world's roads.

On the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) scale, road and traffic accidents create serious national casualty for a long time. According to a report status paper on road safety by the United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), there have been reported road accidents situation in ASEAN 10 countries which more than accidents 670,976 accidents, 63,101 fatalities and 154,053 injuries (ESCAP, 2010).

In Thailand 2010, according to the police database report, there were 83,793 accidents, 7,697 fatalities and 18,452 injuries due to road accident (MOT, 2010). One of the severities of the accident during the years 2007 to 2009 was the Highway - Railway Grade Crossings (HRGC). The accidents at HRGC may not frequently occur compared to other types of road accidents. However, the HRGC accidents often result in fatalities. From the database of Emergency Medical Institute of Thailand (EMIT), the severity index in terms of deaths (including serious injuries) per 100 HRGC collisions are found at 9.00, 15.38 and 14.29 of the cases of motorcycle, car, and pickup, respectively (EMIT, 2008).

From the HRGC accidents occurred in 2007 to 2009 (SRT, 2009), it can be classified that 88% of the accidents occurred at passive control, and 12% are at active control. Table 1 shows that there are 2,463 HRGC, of which 62% are passive controls, 27.4% are active controls and 10.6% are

overpass or underpass (OTP, 2009). Based on the in-depth investigation of HRGC crashes occurred in southern Thailand, it was reported that the sight distance and geometric features of HRGC are the significant factors leading to serious crashes (Taneerananon, 2012).

The serious situation of HRGC crashes mentioned above can be mostly preventable.

This paper present the HRGC safety audit checklists for identifying hazardous location and safety potential specific at HRGC. Sight distance, pavement surface, traffic sign and signals, all safety related issues mentioned above must be taken into account. The results of the paper would support a development of HRGC safety in Thailand

**Table 1** Railway route and crossing types in Thailand

Route	Active control			Overpass/ Underpass	Passive control		Total
	Type I	Type II	Private		Signs	Unregistered	
North	92	62	2	44	133	31	264
Northeast	101	51	0	33	344	30	559
East	80	60	0	110	119	35	404
South	137	86	3	74	392	444	1,136
Total (Places)	410	259	5	261	988	540	2,463
Category	674 Locations (27.37%)			261 Locations (10.60%)	1,528 Locations (62.03%)		2,463 Locations (100%)

Note: Type I is Electrical full and half lifting barriers.

Type II is Automatic half lifting barriers and Open crossing with automatic flashing lights only.

## 1.2 Purpose and Objectives

The objective of the safety audits is to improve HRGC safety. Three specific purpose of this paper are as follows:

- To development of Thailand HRGC safety audit checklist;
- To identify hazardous location and safety potential at HRGC; and
- To propose the recommendation to the concerned authorities for HRGC safety enhancement.

This paper is divided into five further sections. Section 2 overview the definitions of road safety audit in various countries. Section 3 describes the method of the road safety audit to a development of HRGC safety audit checklists. Section 4 resulted of a study the HRGC safety audit. Finally, Section 5 gives conclusions and recommendations.

## 2. Literature review

### 2.1 Road Safety Audit

The road safety audit originated in the UK in the late 1980s. The first road safety audit guideline was published in 1994. The guideline was developed from the reasons of extensive accident investigation and prevention experience, requirements of

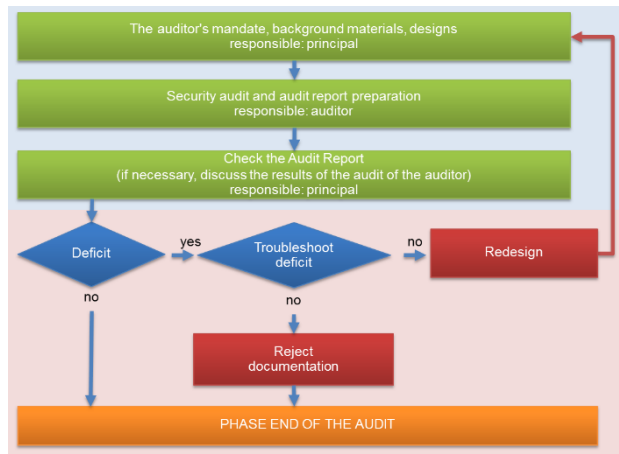
successive legislation for highway authorities to take steps to reduce the possibility of accidents on the roads

(Morgan, 2005). The British Institute of Highway and Transportation: The safety audit of highways had provided a definition for safety audit is “The main objective is to ensure that all new highway schemes operate as safety as is practicable and safety should be considered throughout the whole preparation and construction of any project” (IHT, 1996)

An audit is intended to identify potential road safety problem by looking at the scheme as if through the eyes of potential users of all kinds, and to make suggestions for solving these problems by applying the principles of road safety engineering (AUSTROAD, 1994). The World Bank supports this definition of road safety audit is the systematic checking of the safety aspects of new highway and traffic management schemes, including modifications to existing layouts. The aim is to design out safety problems from the beginning and to reduce future problems. Safety audits should be included during the design, construction and maintenance phases of road projects. In many developing countries safety devices are included in the designs, but are simply not

constructed on the ground (The World Bank Group, 2002).

The process of safety audit consists of five stages, including feasibility stage, draft design stage, detailed design stage, pre-opening stage, and monitoring of the road in use (Wrisberg and Nilsson, 1996).



**Fig. 1** The auditing process

In Thailand, Ministry of Transport has developed a road safety audit program for the country which the results from study of road safety audit system: a research study to promote and develop the knowledge in technical audit for road safety in Thailand (Taneerananon et al, 2005). The safety audit performed by a person or group of persons who have knowledge in road safety – through road safety audit training program and have experience in auditing. The auditors are not related to a project or road check and conduct an independent investigation.

The objective of RSA is to eliminate or mitigate the potential hazardous location. The RSA should consider the safety issues for all road users. The preparation road safety audit can be implemented in the stages as follows.

- Feasibility Stage,
- Preliminary Design Stage,
- Detailed Design Stage,
- During Construction Stage,
- Pre – Opening to Traffic and
- Existing Road.

## 2.2 Development of HRGC Audit Checklist

The road safety audit checklists are tool to help road safety auditors identify potential safety issue in design, Alan Ross (1992) had common definition to road construction in developing countries are faced with the high risk problem of accidents, the road was built for support high speed and volume. The road safety checklists are a tool used to monitor the safety to prevent accidents.

Robert Morgan (2005) had support this definition is the checklists are in order to help ensure the safety of the road safety problems, there will help in identifying the road safety problem issues in each area by auditing field study. The checklists are available at every stage in the investigation. Other checklists can also developed or applied in the auditing railway crossing, roundabouts, shared pedestrian paths, streets around schools and audits for motorcycle safety.

Which to support of HRGC checklists, according to fact sheet of the Government of South Australia (2006) a study of safety at level crossing, checklists for the railroad crossing to divided the issues of safety problem and make easier for road safety auditor to checking the item at crossings.

## 3. Method of study

In May 1997, Main Road Western Australia proposed a safety audit checklist for HRGC. Some items recommended during the audit should focus on:

- Type of train, vehicle and non – motorized activity at the crossing. Seasonal variations may need to be taken into audits.
- Special operating – working with train operators at railway infrastructure conditions, may include special train speed reductions, sounding of train whistles, use of flag persons, etc.
- Special timings to apply the operation of flashlight signals, boom barriers and, where appropriate, links to adjacent traffic control signals.
- Entry requirements or permits that may need to be obtained from the rail authority prior to entering the railway reserve for auditing.
- Entry requirements or permits that may need to be obtained from the rail authority prior to entering the railway reserve for auditing.

According to railway crossings protections in Western Australia, RSA can be readily applied to the HRGC. The process can be applied in the form of a road safety review of the existing crossings physical, operational and environmental features of the crossing (MAIN ROAD, 2005).

Previous safety audit process and checklist were developed to assess the potential for future crashes at a HRGC. The process and checklist must consider all safety aspects at HRGC, e.g. visibility,

sight distance, traffic signal device, road marking, signals, warning signs and lighting.

To develop the safety audit checklists for HRGC in Thailand, all safety related issues mentioned above must be taken into account. A comparison of RSA checklists developed in different organizations can be presented in Table 2.

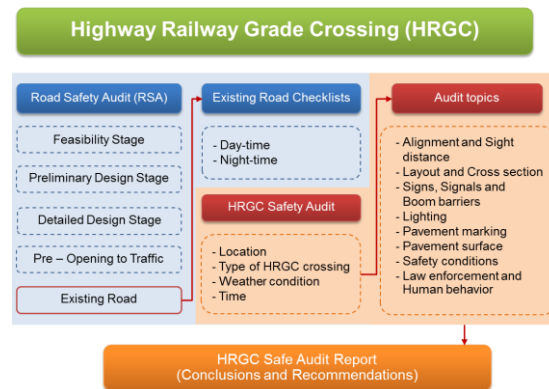
**Table 2** Comparison of Safety Audit Checklists

Safety Issues	DOH	OTP	FHWA	MRA	NSW
1. Alignment & Sign distance	✗	✓	✓	✓	✓
2. Layout & Cross section	✗	✓	✓	✓	✓
3. Traffic sign & Signals	✓	✓	✓	✓	✓
4. Pavement marking	✗	✓	✓	✓	✓
5. Lighting	✓	✗	✓	✓	✓
6. Boom barriers	✓	✓	✓	✓	✓
7. Pavement surface	✓	✓	✓	✓	✓

Note: DOH = Department of Highways (Thailand)  
 OTP = Office of Transport and Traffic Policy and Planning (Thailand)  
 FHWA = Federal Highway Administration (U.S.)  
 MRA = MAIN ROADS (Australia)  
 NSW = New South Wales Road and Traffic Authority (Australia)

From Table 2, in Thailand only OTP developed the HRGC safety audit checklist to improve and ensure the safety for the drivers approaching HRGC. However, from the literature there are some gaps remaining to strengthen the checklist. Fig. 2 presents eight audit topics including

- alignment and sight distance,
- layout and cross section,
- signs, signals and boom barriers,
- lighting,
- pavement marking,
- pavement surface,
- safety conditions, and
- law enforcement.

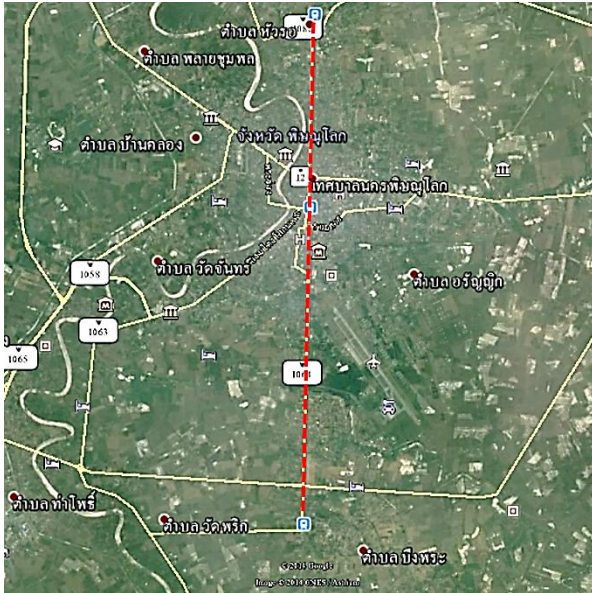


**Fig. 2** HRGC Safety audit process

#### 4. Location of study and results

The study area has been selected from HRGC on the rail route, Northern line (Bung Phra Station – Ban Teng Nam Station) in Maung municipality, Phitsanulok province, as shown in fig. 3. From the total route length about 12 km., there have 11 HRGC which four types of HRGC: stop signs, flashing lights, barriers and illegal crossing. in different geometric feature and grade crossing categories which registered and unregistered crossings with SRT. The auditing of HRGC in this

paper selected all locations for check and comparison factors effecting following the checklist under the weather conditions.



**Fig. 3** Location of study

The problems can explain from checklist findings, five safety issues which recommendations are;

### 4.1 Alignment & Sign distance

### Audit Findings:

- The slight distances are inadequate for all vehicle speed and human eyes which approaching the railway crossings.
- Trees and vegetation, including a future growth are blocking the train which coming or obstruct the HRGC sight distances.
- In some location of HRGC, the horizontal and vertical geometry are not suitable for traffic speed.

Recommendation:

- Install rumble strip for reduce traffic vehicle speed before approaching the crossing area.
- Remove trees and vegetation to improve the sight distance.
- Re-design, the road geometry feature for suitable all user speed.



**Fig. 4** Alignment and Sign distance issues

## 4.2 Layout & Cross section

**Audit Findings:**

- The lane width and shoulder are inadequate with traffic volume.
- Shoulder width is not appropriate at HRGC.
- Turning radius, tapers and driveways are not appropriate for road users.
- HRGC layout is not obvious to all users.

Recommendation:

- Review need for shoulder required install to standard.



**Fig. 5** Layout and Cross section issues

### 4.3 Traffic sign & Signals

#### Audit Findings:

- Poor reflective condition of “STOP” sign.
- Lack of “STOP” sign.
- Not have traffic markig on the road.

#### Recommendation:

- Replace the “STOP” sign.
- Install “STOP” sign.
- Paint traffic marking on the road.



**Fig. 6** Traffic sign & Signals issues

### 4.4 Pavement marking

#### Audit Findings:

- Lack of stop line.
- Pavement markings are not installed.
- Pavement markings are poor, not clearly visible and effective for all condition.

#### Recommendation:

- Install the stop line.
- Install pavement marking
- Replace stop line with thermo plastic colour for increased visibility.



**Fig. 7** Pavement marking issues

### 4.5 Pavement surface

#### Audit Findings:

- Poor condition of pavement surface.
- Pavement surface between rail tracks and road way is not smooth.
- There have a gap on the roadside between road shoulder and existing rail track.

#### Recommendation:

- Repair pavement surface.
- Ensure the pavement surface is smooth.
- Construction pavement surface covering the gap.
- Construction or improve pavement surface on grade crossing track.



**Fig. 8** Pavement surface issues

## 5. Conclusions

The development of Highway Railway Grade Crossing (HRGC) safety audit checklist in Thailand, there can modify road safety audit (RSA) on existing road stage to create the new uniform, later an overview safety audit research, handbook and manuals as well as the HRGC issues of audit in experience countries.

The checklist issues which safety specific at HRGC. The form outlines the general principles of safe HRGC. Which eight safety issues are occur efficiently, the auditor can be checks following safety issues to ensuring the safety potential at HRGC and identify hazardous location. The checklists are detected factors effecting, the high risk of accident on both, cause accident location and no cause accident.

The safety issues on audit are finding factors of accidents in HRGC. There can be divided into five major issues are: 1) Sign distance 2) Crossing layout 3) Traffic control device, Traffic sign and Signals 4) Pavement marking and 5) Pavement surface.

While the recommendations are addressed to concerned authorities; State Railway of Thailand (SRT), highways and rural roads authority such as Department of Highways (DOH), Department of Rural Roads (DRR).

For the SRT, there should to improve the safety function and develop safety countermeasure for upgrade/improve safety at HRGC. For road agency, it is recognized that there has only safety, functional responsibility for the road safety program. In addition, the RSA should be developing the safety issues on checklists for useful and suitable on HRGC location. The checklists share responsibility with the railroad and highways authorities.

## References

- [1] Austroads. (2002). Road safety audit guide 2nd edition, Austroads, Melbourne, Australia.
- [2] Australian Transport Council. (2010). The National Railway Level Crossing safety Strategy 2010 – 2020, Main Roads Western Australia, Australia.
- [3] Bureau of highway safety. (2010). Highway Railway Grade Crossings Report, Department of Highways, Ministry of Transport, Thailand.
- [4] Csaba Koren. (2004). A road safety audit, Road Construction and Depth Review, Founded the Association of Transport Sciences, The road construction and civil engineering field engineering science monthly basis, Hungary.
- [5] Institution of Highways and Transportation. (1996) Guidelines for road safety audit, IHT, London, United Kingdom.
- [6] J.K. Caird, J.I. Creaser, C.J. Edwards, and R.E. Dewar. (2002). A human factors analysis of highway-railway grade crossing accidents in Canada, Cognitive Ergonomics Research Laboratory Department of Psychology, University of Calgary, Canada.
- [7] Main Roads Western Australia. (1997). Safety Audit Checklist for Railway Level Crossings, Main Roads, Government of Western Australia, Australia.
- [8] Main Roads Western Australia. (2005). Railway Crossing Protection in Western Australia, Main Roads, Government of Western Australia, Australia.
- [9] New South Wales Government. (2011). Identify: The railway crossing safety hazard checklist, Road & Traffic Authority of New South Wales, New South Wales, Australia.
- [10] Office of transportation planning and policy (2006). A study and development of the units investigation of transport and traffic accidents, Office of transportation planning and policy, Ministry of Transport, Thailand. At [www.otp.go.th/th/index.php/project/16-2549/1860-itsi.html](http://www.otp.go.th/th/index.php/project/16-2549/1860-itsi.html)
- [11] Office of transportation planning and policy (2009). A study plan for the safety measures at highway – railway grade crossings, Office of transportation planning and policy, Ministry of Transport, Thailand.
- [12] Pichai Taneerananon. (May 2005). Thailand Road Safety Audit Manual, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Had Yai, Songkhla, Thailand.
- [13] Queensland government. (2002). Rail Safety Management Within Queensland, Queensland Transport, Australia.
- [14] Robert Morgan. (1999). Road safety audit the traffic safety toolbox: a primer on traffic safety, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., USA.
- [15] Robert Morgan. (2005). Road safety audits – practice in Australia and New Zealand, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., USA.

- [16] State Railway of Thailand (2011) Railway crossing accident data, Bangkok
- [17] The World Bank Group. (2002). Road Safety Audit, Website of The World Bank, Washington, D.C., USA. At <http://www.worldbank.org/transport/roads/safety.htm>
- [18] Transport Canada. (2001). Railway Safety Act, Transport Canada, Transport Canada, Montréal, Quebec, Canada.
- [19] United States Department of Transportation, Federal Highway Administration. (2006). FHWA road safety audit guidelines, Federal Highway Administration, Washington, D.C., USA.
- [20] United States Department of Transportation, Federal Highway Administration (2007) Railroad – highway grade crossing handbook – revised second edition 2007, Office of Safety Design, Federal Highway Administration, Washington, D.C., USA.
- [21] Wrisberg, J., Nilsson, P.K. (1996). Safety audit in Denmark - a cost-effective activity, Danish Road Directorate, Copenhagen, Denmark.
- [22] United Nation. (2010) United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP) Road safety in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.

## **GPS Enabled Taxi Probe's Big Data Processing for Traffic Evaluation of Bangkok Using Apache Hadoop Distributed System**

Paper Identification number: **AYRF14-060**

Saurav RANJIT<sup>1</sup>, Masahiko NAGAI<sup>1, 2</sup>, Itti RITTAPORN<sup>3</sup>, Fredrik HILDING<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems,  
Asian Institute of Technology, Pathum Thani, Thailand  
Email: saurav.ranjit@ait.ac.th, nagaim@ait.ac.th

<sup>2</sup>Center for Spatial Information Science,  
The University of Tokyo, Japan  
E-mail: NAGAI@iis.u-tokyo.ac.jp

<sup>3</sup>Toyota Tsusho Electronics (Thailand) Co., Ltd  
Email: itti@ttet.co.th

### **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, best routes etc. GPS devices have been installed in the probe taxis to collect spatial and temporal information every 3 to 5 seconds along with other information. It provides the real time traffic information by calculating the spatial and temporal information of these probe taxis. The spatial information includes the latitude and longitude location of the taxis; 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 etc are 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 millions 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. Apache Hadoop Distributed System is used to process the big data and 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.

**Keyword:** Big Data, Hadoop Distributed System, Map Reduce, Latitude, Longitude

### **1. Introduction**

Toyota Tsusho Electronics (Thailand) Co., Ltd (TTET) is a one of the member of Toyota Tsusho Corporation belonging to the Toyota Group: one of the largest trading companies in Japan. Located in Bangkok, the company, 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 taxi probe devices in the Taxis and about 200 GPS devices in the Trucks that are operated in the Bangkok in the July of

2012. These GPS devices installed in the Taxis 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 these 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 format.

### Big data and Data mining

The amount of data is increasing every day whether the data is structured data from any sensor etc or unstructured data from any mail being sent. Every day new data sets are 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. The Global positioning system is governed and maintained by the United State government and is publicly accessible to use it. This system is basically used for military purpose, civilian and commercial purpose. The total of 24 navigation satellite is used for the GPS which are place 6 orbits at the height of about 17700

kilometers from the earth. GPS structure includes three segments i) Space segment ii) Control segment iii) User segment (receiver).

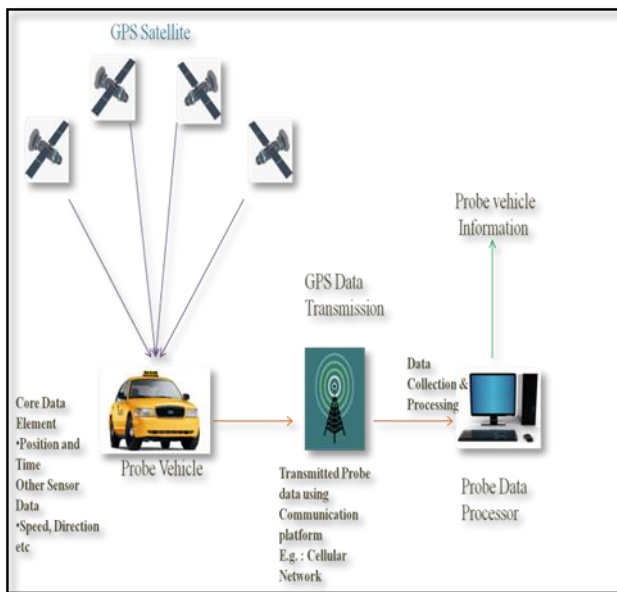
As mentioned earlier GPS can provided the positioning and timing information. Hence the GPS data is the position in term of latitude and longitude and the timing of that. Along with these, GPS can also provide information like speed and direction in case the GPS receiver is placed on the moving platform. The moving platform can be anything from vehicle like cars, buses to 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 from the device that is been driven. 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.



**Figure 24 : TSquare Project (Toyota Tsusho Electronic (Thailand) Co., Ltd)**



**Figure 25 : Prove Vehicle Working**

Figure 1 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. Figure 2 show the working of these probe devices.

## 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 stand 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 (Taylor, 2000; Wohlson & Haptipkarasulu, 2000). 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 GPS probe data is being obtained from 10,000 taxi's from Bangkok region that has been installed by Toyota Tsusho Electronics Thailand since the July of 2012. The 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.

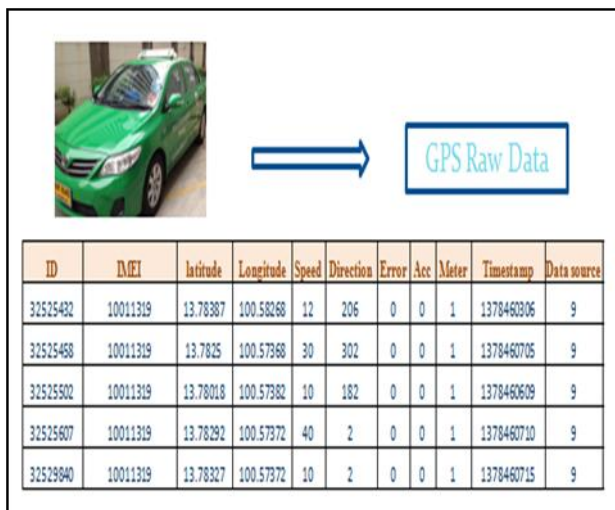
The data parameter are obtained from the taxi probe are as follows.

- **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. Figure 3 shows the sample GPS data that has been collected.



**Figure 26 : GPS Probe Vehicle Sample Data Type**

## Apache Hadoop

The Apache Hadoop is the open source software for distributed computing. Hadoop is a software library that allows the processing of huge data set across clusters of computers using simple programming.

### Hadoop Configuration in Distributed Mode

The Hadoop configuration 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 file 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 frame work of Hadoop is the Map Reduce.

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 taxi meter 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 relevant data from the big data set in the primary task before analysis on the data can be done. Filtering out of data is done both in mapping process and also in reducing process.

Following the filtering of the error data we can extract the relevant information from the big probe data set. Figure 4 shows the flow chart of the overall processing the GPS big data.

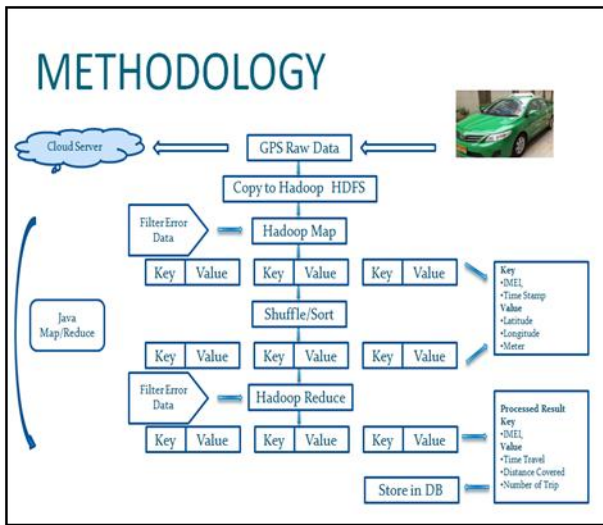


Figure 27 : Data Processing Flow Chart

#### 4. Result

The result obtained from the processing of the big data is shown below. As mentioned earlier the major task before any analysis can be done is the filtering out of noisy data from the big data set. Figure shows the type of error data removed from the big data set. Figure 5 shows the process monitoring of the Hadoop during the map reduce operation. During process both master and slaves cluster can be monitored and check the performance from each cluster. The Table 1, 2 and 3 shows the type of systematic and random error in the data. The error is caused by the device or during transmission of data etc. These errors are device giving same latitude and longitude for all the timestamp, meter status showing 0 all the time or meter status fluctuating. Other error is positioning error in which latitude and longitude are at different location other than Thailand. Figure 6 shows the error in positioning. Figure 7 on the other hand shows the visualization for the GPS probe data around the Bangkok region after removing the noise from the data raw data source.

Removing the error from the big data set allows us to analysis the good data set and extracts relevant information out of it. Table 4 and Table 5 shows the information that can be extracted out from the probe vehicle such as travel time, distance travelled, maximum speed, minimum speed and many more.

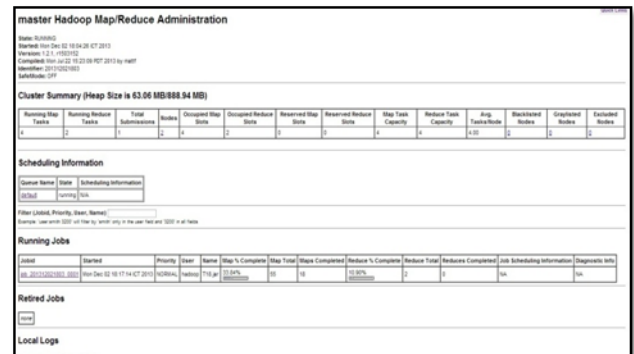


Figure 28 : Apache Hadoop Process Monitor

Table 7 : Error Latitude and Longitude

ID	IMEI	latitude	Longitude
187032	358688000000159	13.72309	100.56099
187034	358688000000159	13.72309	100.56099
187035	358688000000159	13.72309	100.56099
187036	358688000000159	13.72309	100.56099
187037	358688000000159	13.72309	100.56099

Table 8 : Error Meter Status

Error	Acc	Meter	Timestamp
0	0	0	1378448562
0	0	0	1378448663
0	0	0	1378448668
0	0	0	1378448673
0	0	0	1378448678

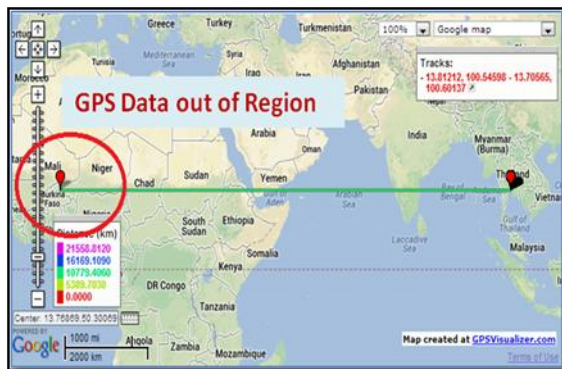
**Table 9 : Error Meter Status**

ID	IMEI	Meter
7186907	10016328	0
7194065	10016328	1
7194720	10016328	0
7197021	10016328	1
7200126	10016328	1

Information Extracted from the Probe data processing.

**Table 10 : Information Extracted from GPS Probe Vehicle data**

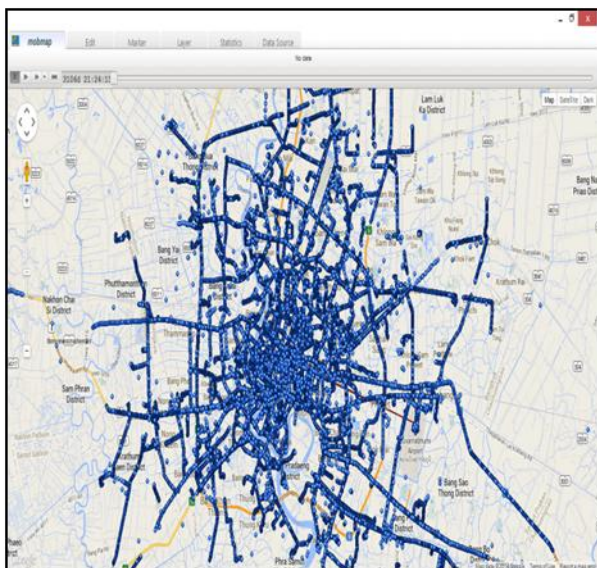
IMEI	Number of Records	Distance Travel	Time Travel
10000023	555	297486.4771	572.4166667
10008908	867	450682.1861	1430.683333
10011265	2527	156671.9971	771.75
10011317	2387	241907.382	1405.216667
10011328	6834	557990.9337	1418.9



**Figure 29 : Error Latitude and Longitude**

**Table 11 : Information Extracted from GPS Probe Vehicle data**

Maximum Speed	Minimum Speed	Center of Gravity	
144	2	13.6564	100.2093
128	2	13.5934	99.22405
108	2	13.3801	97.50961
122	2	13.26782	98.18546
148	2	13.45985	98.44365



**Figure 30 : Visualization of the GPS probe data**

## Conclusion/Discussion


With the use of Apache Hadoop Distribution System, the processing time of the big data has been reduced sharply. For the data set of 50 millions GPS records, the processing time is reduced to about 10 minutes with 2 clusters which would have taken long time if processing is done conventionally. This is processing and extracting the information from the data of 3.5 giga byte is only about 10 minutes. Filtering of error data was carried out using the programming logic during the Map Reduce operation and helps reduce the error for further processing.


## Reference

- [1] Padhy, R. P. (2013). Big Data Processing with Hadoop-MapReduce in Cloud Systems (pp. 16~27), Bangalore, Karnataka, India. International Journal of Cloud Computing and Services Science (IJ-CLOSER).
- [2] Owusu, J., Afukaar, F., Prah, B.E.K (2006). Towards Improving Road Traffic Data Collection: The Use of GPS/GIS, Accra, Ghana, March 8-11, , Promoting Land Administration and Good Governance 5th FIG Regional Conference
- [3] Storey, Barry., & and Holtom, Robert (2003). The use of historic GPS data in transport and traffic monitoring, TEC.11.03/p376-379 IT IS
- [4] Tong , D., Merry, C.J., Coifman, Benjamin (2005). Traffic Information Deriving Using GPS Probe Vehicle Data Integrated with GIS , Center for Urban and Regional Analysis and Department of Geography The Ohio State University 1036 Derby Hall 154 North Oval Mall Columbus, Ohio 43210, USA
- [5] B.L.Malleswari.,I.V.MuraliKrishna., K.Lalkishore.,M.Seetha.,Nagaratna, P. Hegde (2009). THE ROLE OF KALMAN FILTER IN THE MODELLING OF GPS ERRORS
- [6] Samet, Hanan (2009) . Sorting Spatial Data By Spatial Occupancy, Institute for Advanced Computer Studies Computer Science Department, University of Maryland eoSpatial Visual Analytics: Geographical ormation Processing and Visual Analytics for Environmental Security, pp. 31?43. Springer Business Science Media, Berlin, 2009.
- [7] Brakatsoulas, Sotiris., Pfoser, Dieter., Salas, Randall., Wenk, Carola (2005), On Map-Matching Vehicle Tracking Data , Proceedings of the 31st VLDB Conference, Trondheim, Norway, 2005
- [8] Aslam, Javed., Lim Sejoon., Pan Xinghao (2012). City-Scale Traffic Estimation from a Roving Sensor Network, SenSys'12, November 6–9, 2012, Toronto, ON, Canada
- [9] Francis, Deja Hepziba., Madria, Sanjay., Sabharwal, Chaman (2007) . A scalable constraint-based Q-hash indexing for moving objects, Information Sciences 178 (2008) 1442–1460, Rolla, MO 65401, United States.



LIST OF ATRANS YOUNG RESEARCHER'S FORUM  
COMMITTEE AND CONTACT ADDRESS

**7<sup>th</sup> ATRANS Symposium: Young Researcher's Forum**  
**List of Young Researcher's Forum (YRF) Committee Member 2014**



<b>YRF Organizing Committee</b>	<b>ATRANS Affiliation</b>	<b>University/Institute/Advisor</b>
	Mr. Wutichai Chaiya President & Publisher Dealer	Chiang Mai University Cell: 089-047-3136 E-mail: wutichaichaiya@gmail.com Advisor: Dr. Preda Pichayapan
	Mr. Naruedol Sritaraso Vice-President Scientific Committee & Page Maker	Chiang Mai University Cell: 087-568-2812 E-mail: tor.crimson34@gmail.com Advisor: Dr. Preda Pichayapan
	Mr. Jakarin Na-bangchang Vice-President Organizing Committee & Registration Database	Chulalongkorn University Cell: 080-333-4680 E-mail: p_jakarin@hotmail.com Advisor: Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti
	Mr. Jirawat Pleongsrithong Secretary and Paper Submission	Kasetsart University Cell: 081-432-9023 E-mail: Jirawat.Pl@hotmail.com Advisor: Asst. Prof. Dr. Varameth Vichiensan

<b>YRF Organizing Committee</b>	<b>ATRANS Affiliation</b>	<b>University/Institute/Advisor</b>
	Mr. Kritsada Sansomboon Secretary Vice-President Organizing Committee	Chulalongkorn University Cell: 088-903-4170 E-mail: sansomboon.k@gmail.com Advisor: Dr. Boonchai Saengphetngam
	Mr. Suranon Yuayong Member of Scientific Committee (Editor and Paper Database)	Kasetsart University Cell: 087-893-0800 E-mail: Suranon.3non@hotmail.co.th Advisor: Dr. Saroch Boonsiripant
	Mr. Seubsakul Duangdeun Member of Scientific Committee (Paper Submission)	Kasetsart University Cell: 081-431-3964 E-mail: actzafn@gmail.com Advisor: Asst. Prof. Dr. Varameth Vichiensan
	Mr. Udomsak Duangchang Member of Scientific Committee (Paper Database)	Kasetsart University Cell: 082-328-7363 E-mail: u.duangchang@gmail.com Advisor: Dr. Saroch Boonsiripant

YRF Organizing Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	Mr. Sudeep Thapa Member of Scientific Committee (Paper Reviewing)	Asian Institute of Technology Cell: 090-928-1643 E-mail: sudip182@gmail.com Advisor: Dr. Djoen San Santoso
	Ms. Imalka Matarage Member of Scientific Committee (Paper Reviewing)	Asian Institute of Technology Cell: 085-364-8620 E-mail: imzy.girl@gmail.com Advisor: Dr. Djoen San Santoso
	Mr. Naruphol Niyom Member of Scientific Committee (Essay & Drawing)	Prince of Songkhla University Cell: 083-183-4629 E-mail: naruphol@outlook.com Advisor: Dr. Paramet Luatthep
	Mr. Athimet Charadsuksawat	King Mongkut's University Cell: 089-7693366 Email: tart.769@gmail.com Advisor: Asst. Prof. Dr. Yossapong Laoonual

<b>YRF Organizing Committee</b>	<b>ATRANS Affiliation</b>	<b>University/Institute/Advisor</b>
	Mr. Medha Devkota Member of Organizing Committee (Registration Submission)	Asian Institute of Technology Cell: 094-545-2101 E-mail: medhadevkota01@gmail.com Advisor: Dr. Djoen San Santoso
	Mr. Tanawat Dachparot Member of Organizing Committee (Registration Submission)	Chulalongkorn University Cell: 082-333-3080 E-mail: arc_tanawat@hotmail.com Advisor: Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti
	Mr. Anup Shrestha Member of Organizing Committee (Registration Database)	Asian Institute of Technology Cell: 085-805-3085 E-mail: anup_070shrestha@hotmail.com Advisor: Dr. Djoen San Santoso
	Ms. Ornicha Mutchachum Member of Organizing Committee (Registration Database)	Chulalongkorn University Cell: 091-559-4066 E-mail: momu_may@hotmail.com Advisor: Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti

YRF Organizing Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	Mr. Ratchamongkol Kummuntree Member of Organizing Committee (Arts and Design)	Khonkaen University Cell: 083-361-5246 E-mail: khamhoo100kg@gmail.co.th Advisor: Assist. Prof. Dr. Pongrid Klungboonkrong
	Mr. Waranyu Auttha Member of Organizing Committee (Arts and Design)	Khonkaen University Cell: 084-954-9341 E-mail: waranyu.civil@gmail.com Advisor: Assist. Prof. Dr. Chulaporn Sota
	Mr. Thana Potanon (Mentor)	Chulalongkorn University Cell. 083-037-1797 E-mail: p.thana1990@gmail.com Advisor: Asst. Prof. Dr. Sorawit Narupiti
	Mr. Chaiwat Yaibok (Mentor)	Prince of Songkhla University Cell. 082-4323812 E-mail: Chaiwat.y3@gmail.com Advisor: Dr. Paramet Luatthep

YRF Organizing Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	Ms. Chanida Intasien (Mentor)	Chulalongkorn University Cell. 089-006-6652 E-mail: chivava23@hotmail.com Advisor: Assist. Prof. Dr. Sorawit Narupiti
	Ms. Nichaboon Maneenoi (Mentor)	Chulalongkorn University Cell. 080-5406336 E-mail: nichaboon.m@gmail.com Advisor: Asst. Prof. Dr. Kasem Choocharukul