ATRANS
ASIAN TRANSPORTATION RESEARCH SOCIETY
สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย

Proceeding of 4th ATRANS Symposium: Student Chapter Session

" TOWARD LOW CARBON TRANSPORTATION FOR SUSTAINABLE SOCIETY: BANGKOK VISION 2032 (250TH ANNIVERSARY) "

4th ATRANS SYMPOSIUM
26th August 2011

Organized by Asian Transportation Research Society

Contact: Asian Transportation Research Society (ATRANS) 902/1, 9th Floor, 1 Glas Haus Building, Soi Sukhumvit 25, North Klongteay, Wattana, Bangkok 10110 THAILAND Telephone: +66 (0)2661 6248
Fax : +66 (0) 2661 6249 E-mail: scs@atransociety.com www.atransociety.com

4th ATRANS Symposium: STUDENT CHAPTER SESSION
August 26-27, 2011 BANGKOK, THAILAND

26 August 11	Program	
08.30-09.00	Registration	
09:00-09:10	Welcome Remarks by Mr. Yoshitaka Kajikawa, Managing Director of IATSS	
09.10-09.20	Introductory and Welcome Remarks by Mr. Rapin Charutula, ATRANS Chairperson	
09:20-09:30	Opening Remarks	
09:30-09:40	Essay and Drawing Competition Awarding Ceremony	
09:40-10:00	Coffee-Break and see poster session	
10:00-12:00	**Morning Session <Panel Discussion on "Low Carbon Transportation for Sustainable Society: Bangkok Vision 2032 (250th Anniversary)"> at 5th Floor, Rainbow Room**	
12.00-13.00	**Luncheon at Parkview Restaurant (Ground Floor)**	
13:00-14:40	**Parallel Session: Student Paper Presentations (Time allots: 7 min-presentation and 3 min-Q&A)**	
	Session 2B-1 : Bangkok Panorama I Room (3rd Floor)	**Session 2B-2: Saithip Room (3rd Floor)**
13:00-13:10	SCS11-001 : Effects of Pedicabs and Kuligligs on the Capacity of Roads in the Vicinity of De La Salle University-Manila (Jamiel Louiee L. JAYME, Paul Angelo C. SIA, Alexis M. FILLONE)	SCS11-005 : Land-Use Transformation Around Bangkok Transit System's Stations (Aryuwat JITPRASERT)
13:10-13:20	SCS11-002 : Proposed Scheduling Scheme of Jeepney Service Operations in the City of Manila, Philippines (Henry Ace M. KANG, Kevin Bryan M. MASCARINA, Maria Jullen E. PADUA, Alexis M. FILLONE)	SCS11-006 : A Study of Mode Choice from Suranaree University of Technology to The Mall Nakhon Ratchasima (Wichaya RINGKANANONT, Chatdanai LUADSAKUL, Rattaphol PUEBOOBPAPHAN)
13:20-13:30	SCS11-004 : Introduction of Land Readjustment Project as an Ideal Urban Development Method for Areas Along MRT Purple Line (Matt SRINARAWAT, Atsushi FUKUDA, Varameth VICHIENSAN, Genta SUZUKI)	SCS11-007 : The Standard Design of Signage System for Mass Transportation System in Bangkok (Yodkwan SAWATDEE)
13:30-13:40	SCS11-008 : Road Transport Scenario in Dhaka city and Air Pollution Aspects - A Comparative Analysis (MD. Moniruzzaman)	SCS11-010 : A Development of Motorcycle Onboard System Measuring Driving Pattern and Exhaust Emissions (Atthapol SEEDAM, Thaned SATIENNAM, Thana RADPUKDEE)
13:40-13:50	SCS11-009 : The Success of Policy Implementation Against Drunk Driving in Bangkok: A Structural Equation Modeling (Waiphot KULACHAI, Satoshi MIYATA)	SCS11-011 : School Zone Safety Management: A Case Study in Nakhon Ratchasima (Phattarasuda WITCHAYAPHONG, Krisri TIPPAYAWONG, Pakorn TANGJATURASOPON, Somprasong SUTTAYAMULLY)
13:50-14:00	SCS11-012 : Study on Estimation of Impact of CO2 Emission Reduction with Transit Oriented Development in Khon Kean City (Yuta ITO, Atsushi FUKUDA, Teppei OSADA)	SCS11-015 : Crash Scene Investigation of Heavy Vehicle Crashes: A Case Study of Songkhla Province (Ekalak KANCHANAPEN, Noppawan THAENLEK, Paramet LUATHEP)
14:00-14:10	SCS11-013 : A Study of the Effects of Introducing Advanced Driver Alert System (Masatoshi NAKAZAWA, Atsushi FUKUDA, Makoto OKAMURA)	SCS11-016 : A Review of City Development Concepts: A Case Study of Cracow, Poland (Peraphan JITTRAPIROM, Aleksandra NATONEK, Sebastian ZEDDEL, Jonas VUKIC, Jean-Baptiste DOUILLET, Iwona ROZNOWSKA, Marcin LYSZCZARZ)
14:10-14:20	SCS11-014 : Comparison of Bus Rapid Transit System Introduction Effects in Asian Developing Cities - Bangkok, Thailand and Hanoi, Vietnam- (Hidenori IKESHITA, Atsushi FUKUDA, Teppei OSADA, Tomaya NAKAMURA, Tuenjai FUKUDA, Tetsuhiro ISHIZAKA)	SCS11-017 : Factor Affecting Mode Shift by Commuters in Bangkok (Weerapong CHOMPOONUT, Sorawit NARUPITI)
14:20-14:30	SCS11-018 : Capacity Analysis Of Signalized Intersection: A Case Study of Kalimati Intersection (Kathmandu, Nepal) (Sharad BAJRACHARYA)	SCS11-020 : Accident Prediction Model on Expressways: A Case Study of the First and Second Stage Expressway Systems (Suttichai NGAMCHAN, Thirayoot LIMANOND)
14;30-14:40	SCS11-019: Predicting Young Drivers' Intention to Drive Exceeding the Speed Limit: An Application of Extended Theory of Planned Behavior (Montira KETPHAT, Kunnawee KANITPONG, Piyapong JIWATTANAKULPAISARN)	SCS11-021: An Application of Road Marking for Maintaining Safe Driving Spacing (Anintita PATISUNG, Thirayoot LIMANOND)
14:25-14:40	Coffee Break (will be served in the session)	
14:40-17:25	**Afternoon Session**	
17:25-17:30	**Closing Remarks by Prof. Dr. Wiroj Rujopakarn, Kasetsart University**	
27 August 2011 07:40-13:00	Technical visit at Air Traffic Control Tower, Suvarnabhumi Airport: Gather at Hotel Lobby (Imperial Queen's Park Hotel) (Bus transportations are provided to 50 seats only)	

STUDENT CHAPTER ORGANIZING AND SCIENTIFIC COMMITTEE MEMBERS

Sharad Bajracharya (President)	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Weerapong Chompoonut (Vice-President Scientific Committee)	Chulalongkorn University Department of Civil Engineering
Nuttachart Nantamart (Vice-President Organizing Committee)	Chulalongkorn University Department of Civil Engineering
Ms. Pantima Samart	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Mr. Thanatip Wipulanusat	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Mr. Chang Chi Tao	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Ms. Jaturaporn Jaruwatjanakul	Kasetsart University Department of Civil Engineering
Ms. Archiraya Phatthanawat	Chiang Mai University Department of Civil Engineering
Ms. Patcharapan Nanthavisit	Chiang Mai University Department of Civil Engineering
Mr. Keopaseurth Sonmany	Chiang Mai University Department of Civil Engineering
Mr. Wachira Wijitpongsa	Chiang Mai University Department of Civil Engineering
Mr. Anan Iftikhal	Khon Kaen University Department of Health Education and Promotion

Advisory Committee

Dr. Tuenjai Fukuda	Nihon University, Japan

Local Advisory Committee

Asst. Prof. Dr. Thirayoot Limanond	Asian Institute of Technology (AIT)
Asst. Prof. Dr. Varameth Vichiensan	Kasetsart University
Dr. Sumet Ongkittikul	Thailand Development Research Institute

Welcome Message from the Chair of ATRANS Symposium & Activity Committee

Dear ATRANS symposium 2011 participants,

It is a pleasure to welcome you to ATRANS Symposium 2011. In this fourth 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 26th August.

Again, I am delightful to present you our "3rd ATRANS Student Chapter Session" an attached program to the ATRANS Symposium. The Student Chapter was launched two years ago aiming at providing an opportunity to students to explore academic world of learning by doing and experiencing activities. Participated students will be able to exchange ideas and opinions, build network among students and other participants from various universities and organizations participated in the ATRANS activity.

In the world of Transportation research, there is no limited boundary of study so far as accessibility of transportation 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. If a convenient mean of public transports is inefficient, another mean of private transports will take place. This in turn will generate disequilibrium and adverse effect towards the transportation and environment. Traffic accidents, over consumption of energy and environmental degradation are exemplifications of this unbalanced development. It is vital important to our dynamic society to apprehend the equal right to access to transportation with efficiently use of its services. This is one of the reasons why our symposium's theme is upon "Toward Low Carbon Transportation for Sustainable Society: Bangkok Vision 2032 (250th Anniversary)."

On behalf of ATRANS Secretary-General and the Chair of Symposium & Activity Committee, I wish to express my sincere gratitude to the Student Chapter Committee of the Year 2011 who worked relentlessly to make the 3rd ATRANS Student Chapter Session possible. I earnest hope that you all, particularly, participating students will enjoy listening to the presentations and have a good time spending in our ATRANS Symposium and the student chapter session as well as the technical visit on 27th August at the Air Traffic Control Center, Suvarnabhumi Airport, Bangkok, Thailand.

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

August, 2011

Welcome Message from ATRANS
Student Chapter's Advisory Committee

Dear ATRANS symposium 2011 participants,

On behalf of ATRANS Student Chapter's Advisory Committee, I would like to extend my warmest welcome to all participants to the 4th ATRANS Symposium. For this year, ATRANS has continued the attached program of the symposium, called "ATRANS Student Chapter Session" for the third year. This is a special opportunity that offers students an opportunity to meet one another to exchange ideas, opinions and information among themselves and learn to practice an academic activity through organizing "Student Chapter Session."

For this year, there are 12 students from several leading universities voluntarily applied to be the student chapter committee. From organizing the activity, the student committee members gain valuable experiences in the planning and management of the event, as well as develop networking with other students from other universities in multidisciplinary fields.

Finally, I wish all participants of the Student Chapter Session gain valuable experiences during this symposium and take with you many warming and unforgettable memories.

Dr. Thirayoot Limanond
ATRANS Student Chapter's Advisory Committee
School of Transportation Engineering,
Institute of Engineering,
Suranaree University of Technology

August, 2011

Welcome Message from ATRANS
Student Chapter's Advisory Committee

Dear ATRANS symposium 2011 participants,

It is my great honor to deliver a welcome message in the proceeding of the student session, the 2011 ATRANS Symposium. I am glad to see the continuous progress of the student chapter since it has been established in 2009. This third year activity would confirm the fact. It is very great job of the student committee.

Presentation of students' research progress and discussion among them will be very useful and important to allow them exchanging their idea. I would encourage students to take this opportunity to improve your research.

Lastly, I wish to express my sincere thanks to ATRANS for providing invaluable opportunity for students.

Wish you all the best & success,

Varamate Vichiensan, Ph.D.
ATRANS Student Chapter's Advisory Committee
Assistant Professor
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Kasetsart University

August, 2011

Welcome Message from ATRANS
Student Chapter's Advisory Committee

Dear ATRANS symposium 2011 participants,

It is my great pleasure to welcome all distinguish guests to the ATRANS Symposium, and this year theme is "Toward Low Carbon Transportation for Sustainable Society: Bangkok Vision 2032 (250th Anniversary)".

Furthermore, the ATRANS Symposium also provides a great opportunity for student to participate in the Student Chapter Session to present their papers to the public. As an advisor to the Student Chapter, I am delighted to tell you that the student's 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 student chapter, I would like to congratulate our student committee who works very hard to bring us a great event this year.

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

Dr. Sumet Ongkittikul
Research Specialist
Thailand Development Research Institute
Bangkok, Thailand

August, 2011

Welcome Message from
President of Student Chapter Organizing
and Scientific Committee Members

Dear ATRANS Student Chapter Session 2011 participants,

On behalf of ATRANS Symposium: Student Committee 2011, it is my great honor and pleasure to welcome you to the 4th ATRANS Symposium: Student chapter 2011, Bangkok. This is an exciting gathering of transportation engineering graduate students, prospective students, faculty members, entrepreneurs, and our sponsors.

This year's theme "Towards low carbon transportation for sustainable society: Bangkok vision 2032", which also celebrates the 250th anniversary of Bangkok, shall provide a good platform for the young professionals as they are the future of any institution, to display their research and findings. This symposium also brings together people with similar interest to celebrate their collective accomplishments and help the region towards solutions to shared challenges.

Finally, on behalf of the ATRANS Symposium: Student Chapter 2011, I would like to express my heartfelt gratitude to all participants for your interest and valuable input in this year's Symposium. I wish all the participants to have a good time, make new friends and have a delightful experience.

Sharad Bajracharya
President of Student Chapter Organizing and Scientific Committee Members
4th ATRANS SYMPOSIUM: Student Chapter Session 2011

August, 2011

CONTENTS

Student Chapter Organizing and Scientific Committee Members I

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

Welcome Message from ATRANS Student Chapter's Advisory Committee III

Welcome message from Student Organizing Committee VI

1. **Effects of Pedicabs and Kuigligs on the Capacity of Roads in the Vicinity of De La Salle University-Manila** 1
   Jamiel Louiee L. JAYME, Paul Angelo C. SIA, Alexis M. FILLONE

2. **Proposed Scheduling Scheme of Jeepney Service Operations in the City of Manila, Philippines** 12
   Henry Ace M. KANG, Kevin Bryan M. MASCARINA, Maria Jullen E. PADUA, Alexis M. FILLONE

3. **Analysis on Demand and Supply for Phuentsholing Parking Spaces** 23
   Sangey PASANG, Jigme DORJI, Kuenzang CHODEN, Nima, Kinzang CHOPHEL, Tshering SAMDRUP

4. **Introduction of Land Readjustment Project as an ideal Urban Development Method for Areas Along MRT Purple Line** 28
   Matt SRINARAWAT, Atsushi FUKUDA, Varameth VICHIENSAN, Genta SUZUKI

5. **Land-Use Transformation Around Bangkok Transit System's Stations** 34
   การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้าของบริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพจำกัด (มหาชน)
   Aryuwat JITPRASERT

CONTENTS (Cont.)

6. **A Study of Mode Choice from Suranaree University of Technology to The Mall Nakhon Ratchasima** 42

การศึกษาการเลือกรูปแบบการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ไปห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา

Wichaya RINGKANANONT, Chatdanai LUADSAKUL, Rattaphol PUEBOOBPAPHAN

7. **The Standard Design of Signage System for Mass Transportation System in Bangkok** 49

การออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์สำหรับระบบคมนาคมในกรุงเทพมหานคร

Yodkwan SAWATDEE

8. **Road Transport Scenario in Dhaka City and Air Pollution Aspects – A Comparative Analysis** 57

MD. Moniruzzaman

9. **The Success of Policy Implementation Against Drunk Driving in Bangkok: A Structural Equation Modeling** 64

Waiphot KULACHAI, Satoshi MIYATA

10. **A Development of Motorcycle Onboard System Measuring Driving Pattern and Exhaust Emissions** 74

Atthapol SEEDAM, Thaned SATIENNAM, Thana RADPUKDEE

11. **School Zone Safety Management: A Case Study in Nakhon Ratchasima** 82

Phattarasuda WITCHAYAPHONG, Krisri TIPPAYAWONG,
Pakorn TANGJATURASOPON, Somprasong SUTTAYAMULLY

CONTENTS (Cont.)

12. Study on Estimation of Impact of CO_2 Emission Reduction with Transit Oriented Development in Khon Kean City 93

Yuta ITO, Atsushi FUKUDA, Teppei OSADA

13. A Study of the Effects of Introducing Advanced Driver Alert System 98

Masatoshi NAKAZAWA, Atsushi FUKUDA, Makoto OKAMURA

14. Comparison of Bus Rapid Transit System Introduction Effects in Asian Developing Cities 103

–Bangkok, Thailand and Hanoi, Vietnam-

Hidenori IKESHITA, Atsushi FUKUDA, Teppei OSADA, Tomoya NAKAMURA, Tuenjai FUKUDA, Tetsuhiro ISHIZAKA

15. Crash Scene Investigation of Heavy Vehicle Crashes: A Case Study of Songkhla Province 109

การสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรและขนส่งจากรถขนาดใหญ่ : กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา

Ekalak KANCHANAPEN, Noppawan THAENLEK, Paramet LUATHEP

16. A Review of City Development Concepts: A Case Study of Cracow, Poland 117

Peraphan JITTRAPIROM, Aleksandra NATONEK, Sebastian ZEDDEL, Jonas VUKIC, Jean-Baptiste DOUILLET, Iwona ROŻNOWSKA, Marcin ŁYSZCZARZ

17. Factor Affecting Mode Shift by Commuters in Bangkok 127

Weerapong CHOMPOONUT, Sorawit NARUPITI

18. Capacity Analysis of Signalized Intersection: A Case Study of Kalimati Intersection (Kathmandu, Nepal) 133

Sharad BAJRACHARYA

CONTENTS (Cont.)

19. Predicting Young Drivers' Intention to Drive Exceeding the Speed Limit: An Application of Extended Theory of Planned Behavior 142

Montira KETPHAT, Kunnawee KANITPONG, Piyapong JIWATTANAKULPAISARN

20. Accident Prediction Model on Expressways: A Case Study of The First and Second Stage Expressway Systems 151

แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และ ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

Suttichai NGAMCHAN, Thirayoot LIMANOND

21. An Application of Road Marking for Maintaining Safe Driving Spacing 160

การประยุกต์ใช้เครื่องหมายบนพื้นทางเพื่อรักษาระยะห่างการขับขี่ปลอดภัย

Anintita Patisung, Thirayoot Limanond

22. Road Traffic Accident Analysis in Hanoi 2008-2010: Basic Characteristics 165

TAKAGI Michimasa, SAITO Takeshi, Nguyen Van TRUONG, Le Hong HAI

23. Black Spot Identification and Countermeasures in Hanoi 174

Pham Hong SON, Dang Duc MINH, TAKAGI Michimasa, SAITO Takeshi, Nguyen Van TRUONG

Profile of Student Chapter Organizing and Scientific Committee Members 185

Effects of Pedicabs and Kuigligs on the Capacity of Roads in the Vicinity of De La Salle University-Manila

Paper Identification number: SCS11-001
Jamiel Louiee L. JAYME[1], Paul Angelo C. SIA[2], Alexis M. FILLONE[3]

[1]Department of Civil Engineering, Student
De La Salle University-Manila
Telephone +639173731350
E-mail: jemjayme@yahoo.com

[2]Department of Civil Engineering, Student
De La Salle University-Manila
Telephone +639178873847
E-mail: siapaulangelo@yahoo.com

[3]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
De La Salle University-Manila
Telephone: +632-5244611 loc. 226
E-mail: alexis.fillone@dlsu.edu.ph

Abstract

This study aims to determine the effect of pedicabs and kuligligs on the capacity of roads in the vicinity of De La Salle University. Considering the mixed traffic flow in Metro Manila, the speed interaction of pedicabs and kuligligs with cars was determined to be able to obtain their effects to the capacity of the roads in the study area. Interactions between private vehicles involving pedicabs and kuligligs were obtained in which a car trailing a pedicab was found out to have the lowest speed compared to a car trailing a kuligligs or a car trailing another car. In relation to the speed and flow relationships, there was a decrease in vehicular flow due to the decrease speed of private vehicles trailing pedicabs and kuligligs in the study area.

Keywords: Mixed Traffic Flow, Non-Motorized Transport

1. Problem Setting

1.1 Background of the Study

One of the most pressing problems in the urban areas of the country is traffic congestion, especially in Metro Manila area. Traffic congestion is exacerbated by the travel behavior of public transport vehicles which are abundant in Metro Manila. In the vicinity of De La Salle University along Taft Avenue and along Pablo Ocampo Street, pedicabs and kuligligs abound and are mostly used for short trips. These modes cause more traffic during school days because they counter flow to the natural flow of vehicles. They also are parked on the sides of the streets due to the lack of parking lanes for these public vehicles. According to a 1991 study, pedicabs represent 5.52% of the total public transportation vehicles in Metro Manila. This shows the presence of pedicabs and kuligligs along the traffic stream within the vicinity of De La Salle University have a great influence to the traffic flow in the area.

1.2 Statement of the Problem

Traffic build up is at its maximum during peak hours along the section of Pablo Ocampo St. corner M. Adriatico St. as well as the section of Pablo Ocampo St. corner Taft Avenue. Pedicabs and kuligligs mainly contribute to the traffic congestion because of its behavior in the road. There is an increase in traffic flow of the road due to the (1) pedicabs and kuligligs that counter flow with the natural flow of vehicles (2) slow speed of pedicabs and kuligligs and (3) parked pedicabs and kuligligs along the sides of the road. Considering the mixed traffic flow in Metro Manila, the interaction between pedicabs, kuligligs and cars in the study area must be studied to be able to determine the effects of pedicabs and kuligligs to the capacity of the roads in the area.

1.3 Objectives of the Study

The general objective of the study is to know the impact of pedicabs and kuligligs on vehicular flow along road sections in the vicinity of De La Salle University.

The specific objectives of the study are:

1. To determine the speed characteristics of pedicabs, kuligligs and passenger cars along road sections observed.
2. To determine and compare the effect of pedicabs and kuligligs on vehicular speeds and flows along road sections observed.
3. To determine the operating characteristics of pedicabs and kuligligs and the socio economic profile of pedicab and kuliglig drivers that provides service in the vicinity of DLSU.
4. To determine the opinion of commuters about pedicab and kuliglig service.

1.4 Hypothesis

The following are the hypotheses of the study:

1. The hypothesis of the study is that the average speed of cars and other motor vehicles are reduced with the pedicabs and kuligligs which are allowed to use the road together with the former.
2. There would be a decrease in the capacity of a section of the road when there are pedicabs and kuligligs that use the road together with other motor vehicles.

1.5 Scope, Limitations and Delimitations

The study is limited to the traffic flow along the section of Pablo Ocampo to Taft Avenue heading towards the other side of Pablo Ocampo. The study considers the speed of private vehicles, pedicabs and kuligligs only. The study considers video footage of the traffic flow during the morning of weekdays only. The participants answering the survey are limited to pedicab and kuliglig users. The study did not consider the speed of large vehicles such as buses and container vans as those vehicles do not pass through the section of road observed through the video footage. The effect of kuligligs and pedicabs on motorcycles was also not considered.

1.6 Significance of the Study

The purpose of this study is to provide and enhance the road capacity of the study area which always experience traffic congestion caused by the pedicabs and kuligligs. Once the effect of pedicabs and kuligligs to the traffic build up in the sections of the area is determined, solutions could then be recommended that would benefit the pedestrian and road users within De La Salle University area and its vicinity as well as those passing the sections in the vicinity, in terms of improved travel time.

1.7 Asumptions

By observing the following vehicle tandems (car-car, kuliglig-car, pedicab-car) an estimate of the impact of informal transport (i.e. pedicab and kuliglig) on the capacity of the road could be obtained. Although there are a lot of other movements and behavior of informal transport that could affect the vehicular flow, these were neglected in the study.

2. Review of Related Literature

According to Wheeler (1974), a city can be thought of as a living organism and its urban circulation system is akin to blood flow. It carries much of the waste and garbage generated by daily living, and maintains the pace at which the city functions. If an artery, or street, gets clogged up due to traffic congestion, it not only causes that area to lose contact with the "blood flow", it also negatively affects the efficiency of the whole system. Any organism with an out of balance circulatory system can be considered ill. The research takes into account this theory in dealing with pedicabs and kuligligs.

Replogle (1991) studied non-motorized vehicles in Asia. He investigated the current use of non-motorized vehicles (NMV) use in Asian cities and their characteristics. He estimates that NMVs account for 25 to 80 percent of all vehicle trips in many Asian cities. He cites several cities in Japan, Netherlands and Germany which have incorporated the NMVs successfully into their urban transport system by having "appropriate integration of walking, NMV modes and motorized transport." He also cites cities in India wherein the percentage of NMVs in within the traffic stream is seen as a problem. The future of NMVs however is plagued by loss of street space for safe NMV use and neglected investments towards improvement in favor of motorized transport.

More information about non-motorized vehicles was provided by Kuranami et al (1994). He conducted a study showing "non-motorized vehicles (NMVs) offer low-cost personal mobility, are nonpolluting, use renewable energy, are labor-intensive, and are well-suited for short trips in most cities in Asia regardless of culture, income, location, or size." The extent to which they are

owned and used in a region, however, varies considerably among cities.

A local study by Paragas (2000) provided us with information about pedicabs here in the Philippines. According to the study, the city of Manila has about 10,000 units of pedicabs. He observed in his study that pedicabs station themselves at locations where a "lot of people movement occur in order to increase the chance of being hired and thus create bottlenecks or congestion to the adjacent roads." This observation is an example of mixed traffic flow.

Mixed traffic condition poses a challenge for traffic engineers since it involves different types of vehicles all sharing the same road space, thus making it difficult to analyze traffic flow. The Highway Capacity Manual 2000 (HCM) of USA mentions six trafficentity types: (a) passenger car including vans, (b) heavy vehicle including buses and trucks, (c) recreational vehicle, (d) motorcycle, (e) pedestrian, and (f) bicycle (HCM 2000). A number of researches have been conducted about mixed traffic condition. Mallikarjuna, Phanindra, and Rao (2009) developed a novel offline image processing-based data collection system, suitable for mixed traffic conditions. According to Chandra (2000) the common practice to analyze mixed traffic flow is to convert all vehicles into equivalent numbers of passenger car units (PCUs).

3. Framework of the Study

3.1 Theoretical Framework

Under uninterrupted flow, the speed, flow and density relationships could provide a good description of the behavior of the traffic stream. These terms are defined as follows:

Speed – rate of motion expressed as distance per unit time. Speed is the ratio between distance and time. It is usually expressed in feet per minute or meter per second. A trap must first be measured to obtain the speed. The formula is:

$$S = \frac{d}{t} \qquad (3a)$$

Where:
S = speed, in ft/min or m/sec
d = distance in ft. or m.
t = time, min or sec.

Volume and/or rate of flow – total number of vehicles that pass over a given point during a specified time interval.

Density – number of vehicles occupying a given length of a lane or roadway averaged over time

Traffic flow theory basically deals with three variables, namely volume or flow, speed and density.

Flow and Volume Variable:

Volume is the total number of vehicles that pass over a given point or section of a lane or roadway during a given time interval. Flow is the equivalent hourly rate at which vehicles pass over a given point or section of a lane or roadway during a given time interval of less than 1 h, usually 15 min.

$$PHF = \frac{V}{(4)V15} \qquad (3b)$$

PHF is the peak hour factor. The PHF is the ratio of the total volume within the hour and the largest volume within the hour. V15 is the volume during the peak of the 15-minute period, within the peak hour, vehicle/15min.

To compute the rate of flow during the peak period within the 15-minute interval, given the PHF, the formula is:

$$v = \frac{V}{PHF} \qquad (3c)$$

Where:
v = flow, vehicles per hour (vehicle/hr).
V = total volume of the peak hour, pedestrian/hr
PHF = peak hour factor

3.2 Conceptual Framework

Figure 3.4 shows the causes of the traffic congestion problem of the DLSU Malate, Manila area. To understand clearly what the causes of the traffic build up in the area, it was divided into three categories. The (1) immediate causes cover mainly the problem setting of the study within the area. These causes are the basically the main problems of the study. The (2) underlying causes give other reasons of how the immediate causes happen. These give out further knowledge to the main problem. The (3) basic causes provide the general reasons that the main causes have in common.

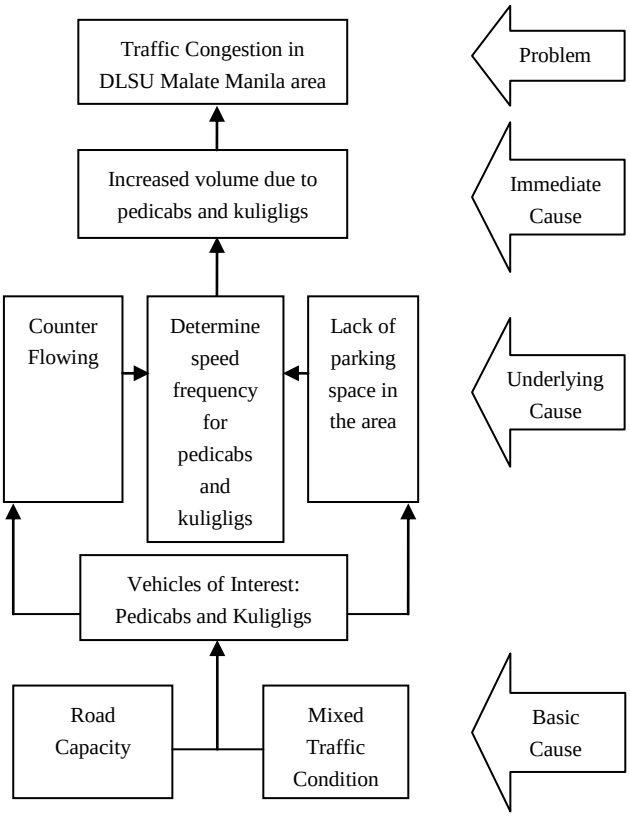


Fig. 3.4: Causes of Traffic Congestion in DLSU

4. Methodology

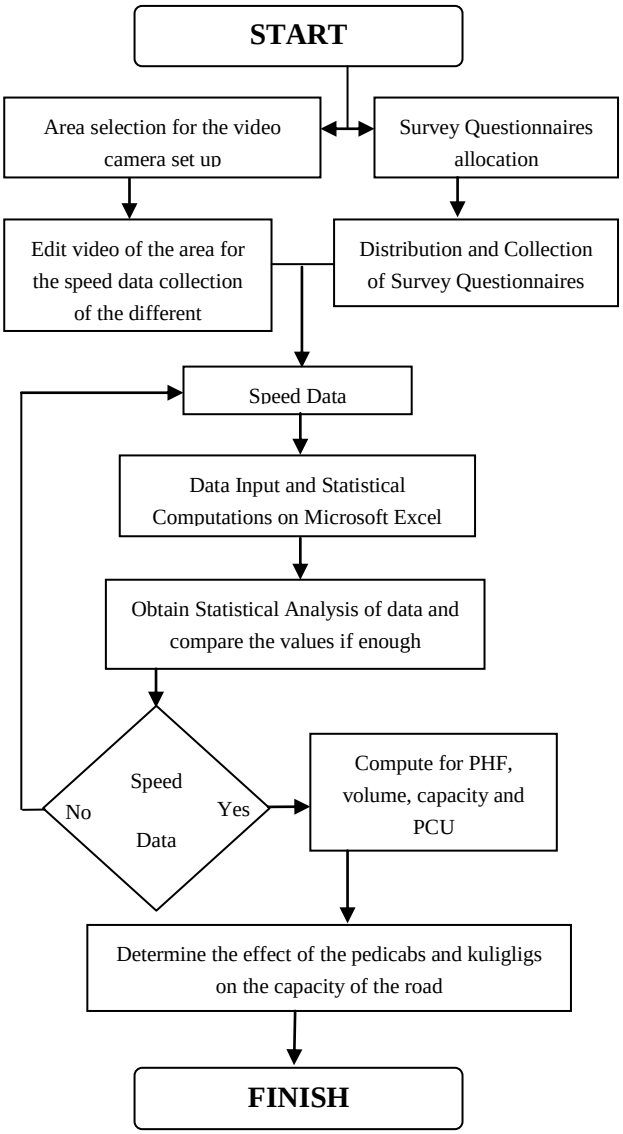
4.1 Research Methods

The study was based on the existing traffic flow of the area with the relationship of the pedicabs and kuligligs to the different vehicles and also to the volume and capacity of which the roads are affected as well as the pedestrians.

For the data gathering procedures of the study, three speed data collection methods were used. The first method was the use of a video camera where two locations were chosen which is a one-way road and a two-way road system. A video camera was set up and covers the different time dependent variables which involve traffic flow and travel time. A series of video shoot were done for the queue formation, queue discharge, overtaking and lateral movement operation. The second method was the placement of a trap in which the distance seen on the video camera was measured by a wheel measuring distance device for the computation of the speed of the vehicles. Different observations were made and tallied from the video. The third and last method was the use of survey questionnaires. These were provided with a list of questions which affect the travel time of each commuter and driver. From the survey questionnaires, observations were made and comparisons between the user and the driver of the public vehicle were also done.

4.2 Design Flow

Figure 4.1 is a representation of the overall procedures that were executed all throughout the given study period.



Fig, 4.1: Procedure Flow Diagram

5. Presentation and Analysis of Data

5.1 Video Analysis for Two-way Traffic Flow with Kuligligs

The section of road along Vito Cruz corner M. Adriatico was recorded on video which provided the mixed traffic flow. The recorded video in progress from 9:00 AM and was analyzed for three (3) hours. The different relationships from the lane with vehicles abound Roxas Boulevard, the

other lane with vehicles abound Taft Avenue and the counter flowing of pedicabs and kuligligs for both sides were interpreted separately.

The maximum volume of the two-way traffic flow with the effect of kuligligs for three (3) hours were determined with the computation of the peak hour volume of the lanes bound to Roxas Blvd. and to Taft Ave. Figures 5.1 and 5.2 show the total vehicular volume of each lane and the peak hour factor of both lanes respectively.

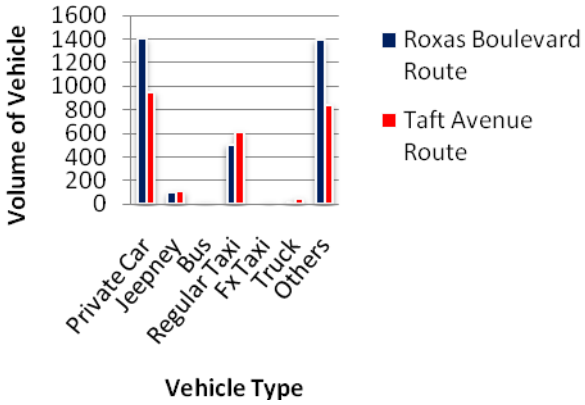


Fig. 5.1: Total Vehicular Volume Bound to Roxas Boulevard and Taft Avenue

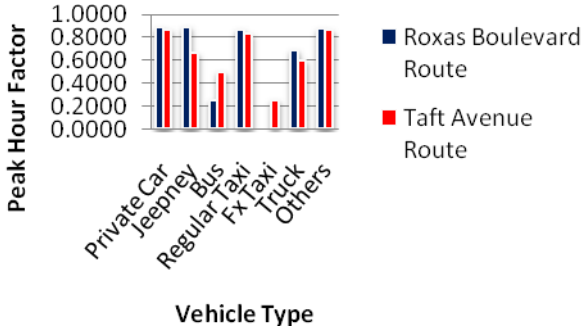


Fig. 5.2: Peak Hour Factor of All Vehicles Bound to Roxas Boulevard and Taft Avenue

Analyzing the effect of pedicabs and kuligligs to cars through speed data, the study acquired the speed of the target vehicles detached from any relationships on the road. A number of samples were made for each pedicab, kuliglig and car to determine an equal number of intervals to be used for each speed frequency. Figures 5.3 to 5.6 show the speed distribution of the target vehicles (pedicab, kuliglig and a private car) as well as their relationship with a private vehicle along the different study areas.

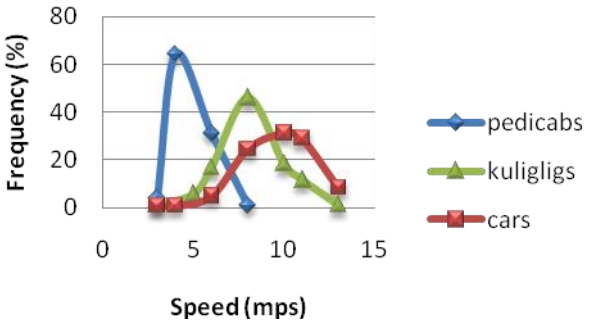


Fig. 5.3: Speed Distribution of Target Vehicles to Roxas Boulevard

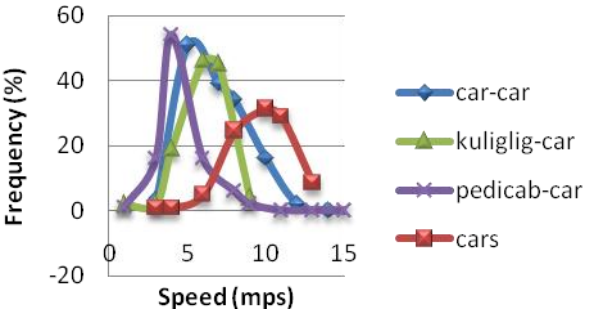


Fig. 5.4: Speed Distribution in Pablo Ocampo Bound to Roxas Boulevard

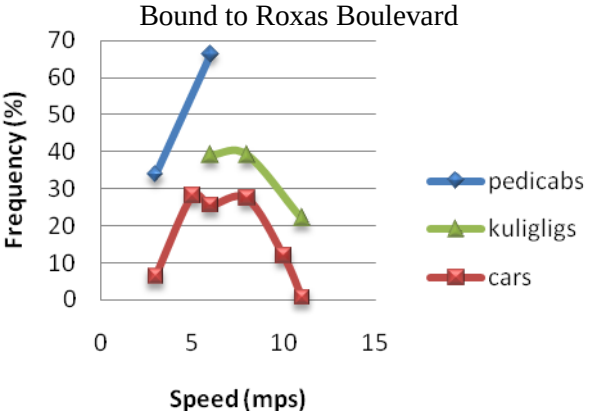


Fig. 5.5: Speed Distribution of Target Vehicles to Taft Avenue

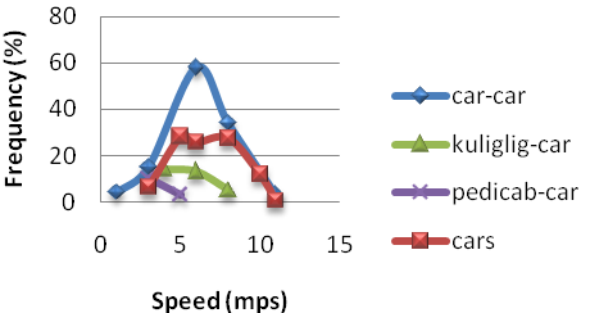


Fig. 5.6: Speed Distribution in Pablo Ocampo Bound to Taft Avenue

The observations of the pedicab-car and kuliglig-car relationships were tested to the car-car relationship using the f-test: two-sample for variances in Microsoft Excel. The results of these tests, which are shown from Figure 5.7 to 5.10, were subsequently used as the foundation for the t-test.

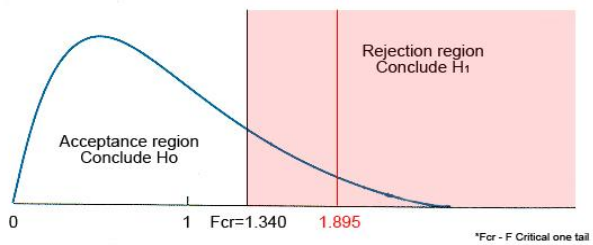


Fig. 5.7: F-test Curve for Car-Car and Kuliglig-Car for Lane to Roxas Boulevard

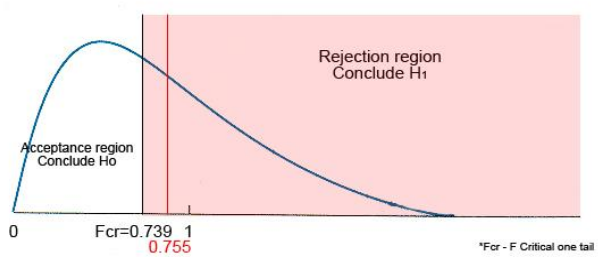


Fig. 5.8: F-test Curve for Car-Car and Pedicab-Car for Lane to Roxas Boulevard

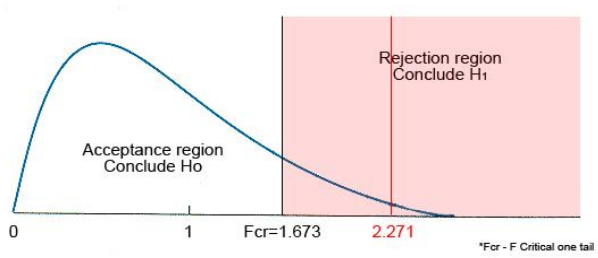


Fig. 5.9: F-test Curve for Car-Car and Kuliglig-Car for Lane to Taft Avenue

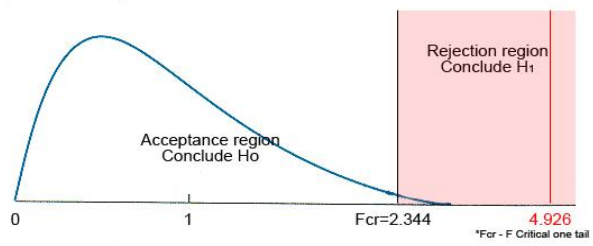


Fig. 5.10: F-test Curve for Car-Car and Pedicab-Car for Lane to Taft Avenue

The accepted values for the f-tests were then processed through the t-test which would be the basis for the effects of the relationships involved. Figures 5.11 to 5.14 show the results of the t-test for the kuliglig-car and car-car relationship, and the pedicab-car and car-car relationship.

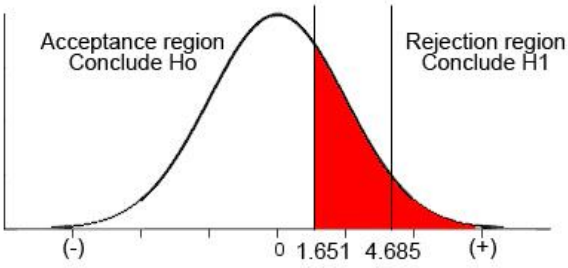


Fig. 5.11: T-test Curve for Car-Car and Kuliglig-Car for Lane to Roxas Boulevard

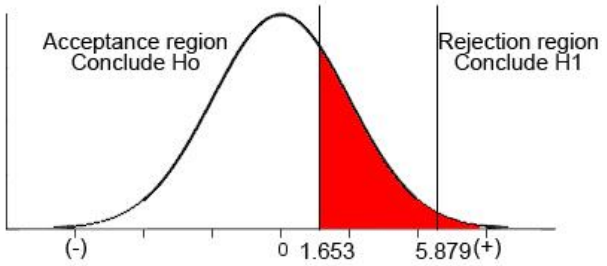


Fig. 5.12: T-test Curve for Car-Car and Pedicab-Car for Lane to Roxas Boulevard

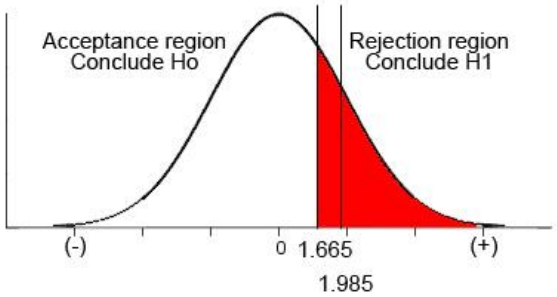


Fig. 5.13: T-test Curve for Car-Car and Kuliglig-Car for Lane to Taft Avenue

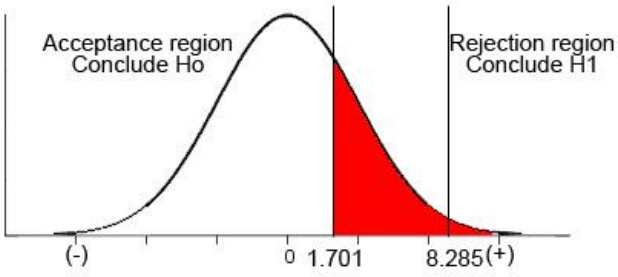


Fig. 5.14: T-test Curve for Car-Car and Pedicab-Car for Lane to Taft Avenue

Based from the results of a car-car relationship, the effect of pedicabs and kuliglig to

the speed of cars were obtained through the pedicab-car and kuliglig-car relationships. It was seen from the f-tests and t-tests that the speed of a car trailing a kuliglig and a pedicab was reduced from the obtained average speed of car. The amount of speed of pedicabs increased for the lane bound to Taft Avenue due to the uninterrupted flow of traffic than the lane to Roxas Boulevard. Due to a higher speed of the pedicabs, there was a small amount of effect to cars.

5.2 Video Analysis for Two-way Traffic Flow without Kuligligs

With the order of Mayor Alfredo Lim to ban the kuligligs from the streets of Metro Manila due to their gas emission which were not registered in the Land Transportation Office and violate the Clean Air Act, the analysis of the study not involving the kuligligs was obtained. Same procedures were made from the analysis involving kuligligs. Figures 5.15 and 5.16 show the total vehicular volume of each lane and the peak hour factor of both lanes respectively.

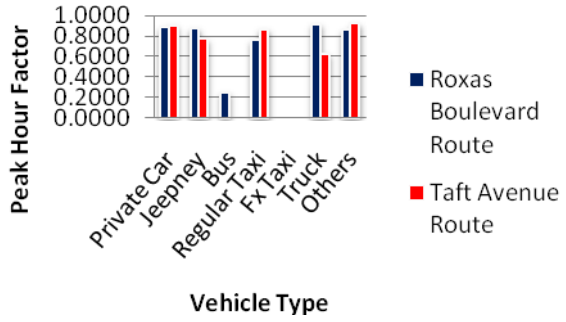


Fig. 5.15: Total Vehicular Volume without Kuligligs Bound to Roxas Boulevard and Taft Avenue

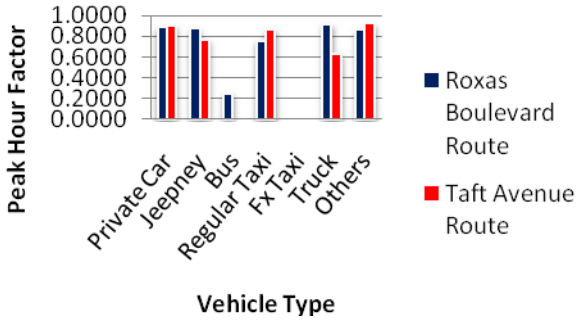


Fig. 5.16: Peak Hour Factor of All Vehicles without Kuligligs Bound to Roxas Boulevard and Taft Avenue

Table 1 F and T-Test Results without Kuligligs Bound to Roxas Boulevard

Relationship	F-Test		T-Test	
	F	Fcr	T stat	Tcr
Car-Car and Pedicab-Car	2.692	1.394	4.078	1.656

Table 2 F and T-Test Results without Kuligligs Bound to Taft Avenue

Relationship	F-Test		T-Test	
	F	Fcr	T stat	Tcr
Car-Car and Pedicab-Car	1.094	1.722	1.558	1.654

Based on Tables 1 and 2 the absence of kuligligs produced more car-car relationships for the lane bound to Taft Avenue due to less interruption of following cars. It was observed that car-car relationships without the presence of kuligligs obtained a minimum effect to the speed of the trailing car.

5.3 Video Analysis for One-way Traffic Flow

The different relationships from a one-way lane with vehicles abound Arellano Avenue, and the counter flowing of pedicabs and kuligligs were interpreted separately.

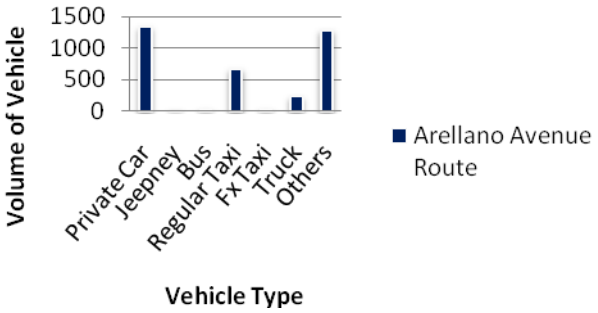


Fig. 5.17: Total Vehicular Volume Bound to Arellano Avenue

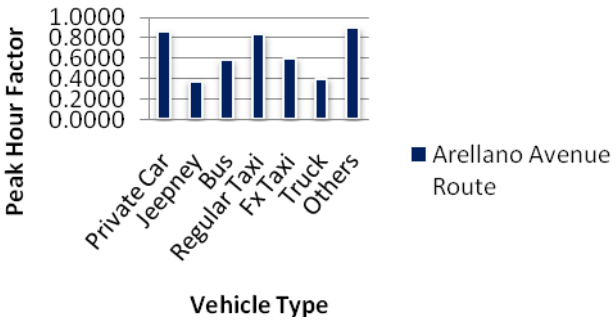


Fig. 5.18: Peak Hour Factor of All Vehicles Bound to Arellano Avenue

Figures 5.17 and 5.18 showed the total vehicular volume of each lane and the peak hour factor of both lanes respectively. The target vehicles were separately filtered for the actual count of each relationship for vehicles going to Arellano Ave with the effect of a one-way lane. Table 3 shows the speed distribution of target vehicles and Table 4 shows the F and T-test results all bound to Arellano Avenue.

Table 3 Speed Distribution of Target Vehicles

Relationship	Frequency	Speed (mps)
Car	47	2
Kuliglig	59	3
Pedicab	89	1
Car-Car	62	0
Kuliglig-Car	2	1
Pedicab-Car	78	1

Table 4 F and T-Test Results Bound to Arellano Avenue

Relationship	F-Test		T-Test	
	F	Fcr	T stat	Tcr
Car-Car and Kuliglig-Car	1.168	8.555	0.075	1.660
Car-Car and Pedicab-Car	1.894	1.412	0.379	1.654

Speed frequencies of pedicabs, kuligligs and cars were shown to provide a comparison between the running speed of cars without any involved relationship and with the effect of pedicabs and kuligligs to the speed of cars. From the speed frequency figures obtained, it was observed that the speed of cars were relatively lower for a one-way lane especially involving pedicabs and kuligligs on a large amount of traffic flow. It was seen from the f-tests and t-tests that the speed of a car trailing a kuliglig and the speed of a car trailing a pedicab was reduced from the obtained average speed of a car, compared to the obtained speed frequencies of pedicabs and kuligligs.

5.4 Counter Flow Analysis

Pedicabs and kuligligs relatively use a lane for their route which is most beneficial for their travel time. Following the natural flow of traffic makes their boundaries less which is difficult for such small type of public vehicles, therefore counter flowing with the natural flow of traffic will be more beneficial to them and makes their boundaries large enough to produce more travel. Tables 5 to 9 show the tabulation of counter flowing pedicabs and kuligligs along the different sections of the study area.

Table 5 Counter Flow for Two-way Flow with Kuligligs Bound to Roxas Boulevard

Vehicle	Count	Speed	
		mps	kph
pedicab	109	7.97	28.68
kuliglig	25	11.80	42.47
Total	134		

Table 6 Counter Flow for Two-way Flow with Kuligligs Bound to Taft Avenue

Vehicle	Count	Speed	
		mps	kph
pedicab	35	8.35	30.06
kuliglig	4	3.78	13.62
Total	39		

Table 7 Counter Flow for Two-way Flow without Kuligligs Bound to Roxas Boulevard

Vehicle	Count	Speed	
		mps	kph
pedicab	187	3.62	13.04
Total	187		

Table 8 Counter Flow for Two-way Flow without Kuligligs Bound to Taft Avenue

Vehicle	Count	Speed	
		mps	kph
pedicab	31	3.76	13.53
Total	31		

Table 9 Counter Flow for One-way Flow Bound to Arellano Avenue

Vehicle	Count	Speed	
		mps	kph
pedicab	93	2.31	8.33
kuliglig	11	2.33	8.40
Total	104		

5.5 Descriptive Analysis of Survey of Pedicab and Kuliglig Users

The group conducted a survey questionnaire concerning the Pedicab and Kuliglig users which resulted to the following:

Opinions of commuters about pedicab and kuliglig service

The best advantage was found out to be the ability to be dropped off anywhere shown in Figure 5.19. The worst disadvantage was found out to be the open air pollution, risky travel and unreasonable fare shown in Figure 5.20. While the average opinion about the disadvantages of all users is shown in Figure 5.21.

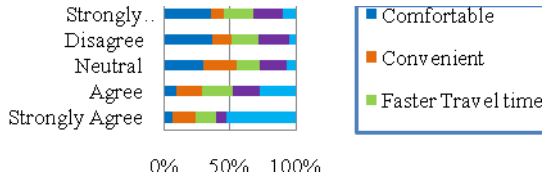


Fig. 5.19: Average Opinion About the Advantages of All Users

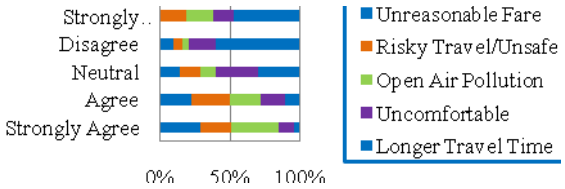


Fig. 5.20: Average Opinion About the Disadvantages of All Users

1. Do you think Pedicabs and Kuligligs follow traffic laws?
2. Pedicabs and Kuligligs should be allowed to provide service anywhere they want.
3. Pedicabs and Kuligligs should have a fix service route.
4. Pedicabs and Kuligligs should have their own parking area.
5. Do you think that Pedicabs and Kuligligs provide the best public service?

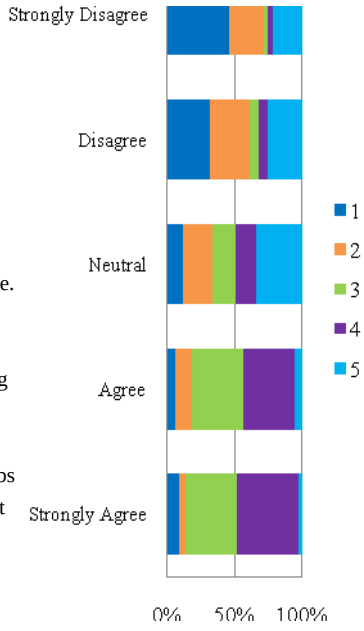


Fig. 5.21: Opinion of Users About the Status of Pedicabs and Kuligligs

5.6 Descriptive Analysis of Survey of Pedicab and Kuliglig Drivers

The group conducted a survey questionnaire concerning the Pedicab and Kuliglig drivers which resulted to the following:

Operating characteristics of pedicabs and Kuligligs

Socio economic profile of pedicab and kuliglig drivers that provides service in the vicinity of DLSU

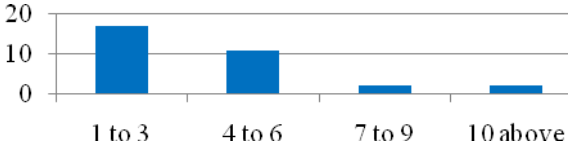


Fig. 5.22: Average Number of Children of Pedicab and Kuliglig Drivers

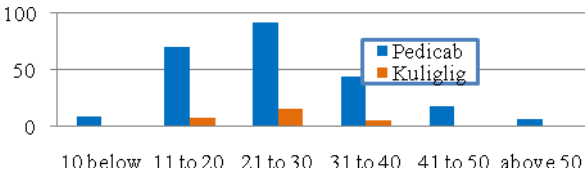


Fig. 5.23: Average Fare per Trip

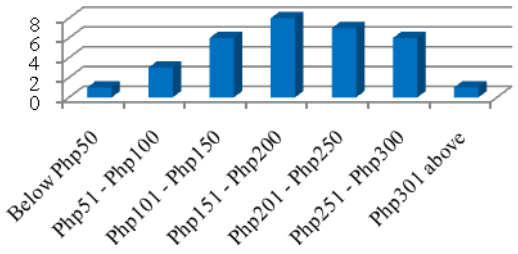


Fig. 5.24: Average Lowest Earnings of Pedicabs and Kuligligs Drivers

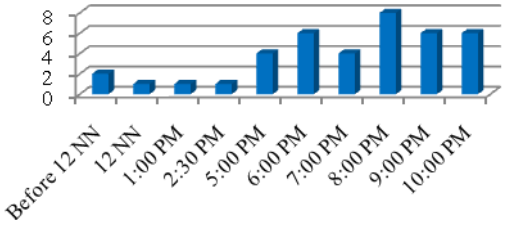


Fig. 5.25: End of Work Hours of Pedicab and Kuliglig Drivers

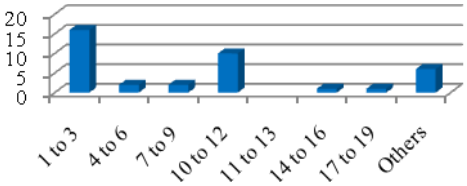


Fig. 5.26: Average Number of Trips Made by Pedicabs and Kuligligs Drivers

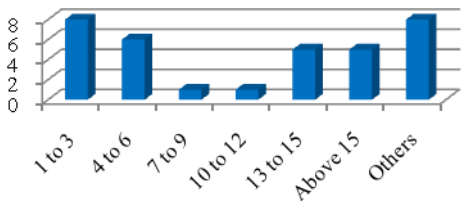


Fig. 5.27: Average Number of Passengers per Day

Figures 5.22 to 5.27 showed the results of the conducted survey from the pedicab and kuliglig drivers.

5.7 Speed and Volume Relationships

The average speeds of cars for every fifteen (15) minute interval were obtained and plotted with each fifteen (15) minute volume. Speed increased when volume decreased for each area of observation which was shown below.

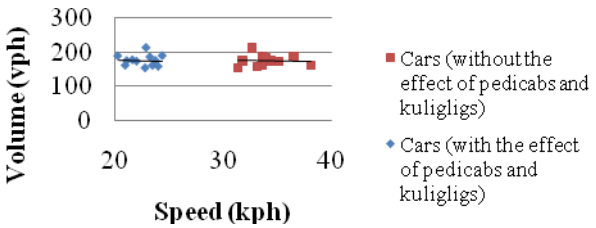


Fig. 5.28: Volume and Speed Relationship of Cars in Two-Way Flow with Kuligligs Bound to Roxas Boulevard

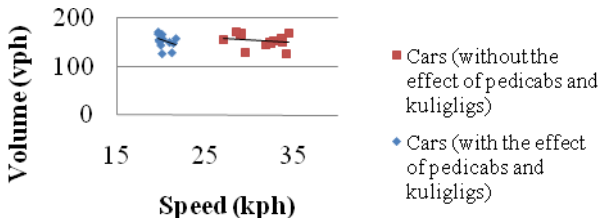


Fig. 5.29: Volume and Speed Relationship of Cars in Two-Way Flow with Kuligligs Bound to Taft Avenue

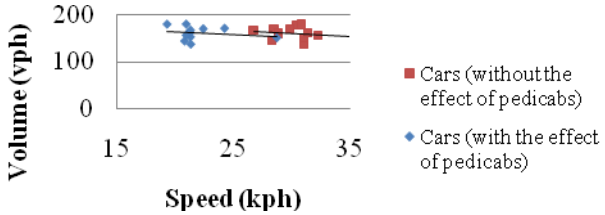


Fig. 5.30: Volume and Speed Relationship of Cars in Two-Way Flow without Kuligligs Bound to Roxas Boulevard

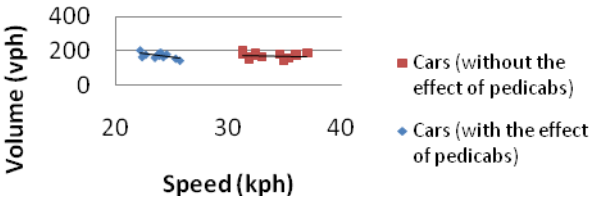


Fig. 5.31: Volume and Speed Relationship of Cars in Two-Way Flow without Kuligligs Bound to Taft Avenue

There was a decrease in speed of cars when affected by pedicabs and kuligligs as seen from Figures 5.28 to 5.31. Due to the trailing of cars to pedicabs and kuligligs, their average speed decreased gradually. This affected the flow of the road section observed because as the speed of vehicles decrease, the flow of vehicles also decreases.

6. Conclusion

Obtaining the capacity of a mixed traffic flow is complex but with the speed, flow and density relationships the effect of pedicabs and kuligligs to the capacity can be seen. There was a decreased in the speed of cars trailing both pedicabs and kuligligs which made the volume of the road sections observed increased. The flow of the road sections observed was decreased in terms of speed and volume.

User opinions confirm the fact that pedicabs and kuligligs are one of the reasons for traffic condition in Metro Manila. It is concluded that commuters do not consider the service given to them by pedicabs and kuligligs as satisfactory; however, commuter opinions also show a desire and willingness for improvement with regards to the service provided by pedicabs and kuligligs.

7. Acknowledgement

We would like to give our genuine appreciation to the people who helped for the fulfillment of this study. Furthermore, our deepest appreciation for our thesis adviser, Dr. Alexis M. Fillone, which supplied his knowledge about the study, brought much significance in the course of our research. Finally, thank you to our Almighty God for giving us the strength and guidance all throughout the study. To God is the Glory.

References

[1] Replogle, Michael (1991), *"Non-Motorized Vehicles in Asia: Lessons for Sustainable Transport Planning and Policy"*

[2] *AASHTO* 4th Edition. (2001), *"A POLICY on GEOMETRIC DESIGN of HIGHWAYS and STREETS"*
[3] Sigua, R. G. (2008). *Fundamentals of Traffic Engineering*. Quezon City: University of the Philippines Press.
[4] Paragas, B. (2000). *"Pedicabs in the City of Manila"*
[5] *Highway Capacity Manual* (2000)
[6] Mcshane, W., Prassas, E., and Roess, R. (2004) *Traffic Engineering*, 3rd Edition, New Jersey: Pearson Prentice Hall

PROPOSED SCHEDULING SCHEME OF JEEPNEY SERVICE OPERATIONS IN THE CITY OF MANILA, PHILIPPINES

Paper Identification number: SCS11-002

105 Henry Ace M. KANG[1], Kevin Bryan M. MASCARIÑA[1],
106 Maria Jullen E. PADUA[1], Dr. Alexis M. FILLONE[2]

[1]Department of Civil Engineering
De La Salle University, Manila, Philippines
Telephone 0632-5244611 loc. 226, Fax. 0632-5240563
E-mail: heyace11@yahoo.com
kevin14_m@yahoo.com.ph
ma.jpadua@gmail.com

[2]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
De La Salle University, Manila, Philippines
Telephone 0632-5244611 loc. 226, Fax.0632-5240563
E-mail: fillonea@dlsu.edu.ph

Abstract

Jeepneys in the Malate area with trips to Makati, Paco, and Pasay were found to dispatch vehicles based from driver's experience and perceived demand as basis. The researchers hypothesize that due to the improper assessment of passenger demand, there is an oversupply of vehicles in all three routes. Furthermore, this inefficiency translates to high fuel consumption and cost as well as manpower. The main objective of the study is to propose a scheduling scheme that would improve the efficiency of jeepney operation and service in the area of Malate, city of Manila. To accomplish this, the researchers evaluated the level of service (LOS), in terms of speed, headway and cycle time; and its work efficiency in terms of service output or quantity offered and utilized service. Based on the traffic conditions, the researchers proposed scheduling parameters that satisfies the demand at the maximum load section of each route while keeping in context the possibility of applying an occupancy load (level) that lessens the onboard passengers in most of the route length.

Key words: Jeepneys, Scheduling of operation, Efficiency of public transport

1. PROBLEM SETTING

1.1. Background Of The Study

Public transportation is the predominant mode of travel in Metro Manila. Buses operate on primary arterial roads, jeepneys on secondary arterial roads, and motorized tricycles and pedicabs for feeder and collector roads. Jeepney service is often the most practical and sometimes solitary mode available to traverse short distances. Jeepneys are however seldom operated by an agency as a business venture rather it is operated by individual operators for livelihood.

The lack of an effective scheduling scheme results in inefficient operations and in turn undesirably affects more than just the operators. While passengers enjoy not having to wait too long to catch a ride because of short waiting time, the high supply of jeepney passenger-seats reduces the productivity of a route because of low load factors, and contributes to the already congested roadways of Manila.

Jeepneys do not have designated stop locations which cause disruption in traffic flow whenever pick-up or drop-off of passengers occur, and uses certain portions of the roadway as terminals thereby decreasing the number of usable lanes.

The study propose a scheduling scheme that is reasonable to jeepney drivers and operators and at the same time convenient to passengers. This would promote coordination among jeepney operators, lessen bunching, and promote in the orderliness of the general traffic. It is to be accomplished by finding an optimum solution that would minimize jeepney frequency and yet satisfy the demand while applying a level of service constraint. The study would also aid in minimizing the air pollution as a result of minimizing frequency of jeepneys that operate continuously throughout the study area.

1.2. Objective

The main objective of the study is to propose a scheduling scheme to improve the efficiency of jeepney operation and service in the area of Malate, city of Manila. The following are the specific objectives:

a) To determine the important variables that affect the proposed scheduling scheme of jeepneys.
b) To formulate a model of the jeepney operation with the objective of optimizing the service supply.
c) To simulate and estimate the proposed scheduling scheme and jeepney operations, and
d) To compare the present condition of the transit service operation with the formulated model and assess the impact, and

1.3. Scope, Limitations, and Delimitations

The following are the scope, limitation and delimitation of the study:

a) The study is limited to jeepneys in the Malate area with trips to Paco, Makati, and Pasay.
b) The proposed scheduling scheme is for weekday period only, between 8 A.M. and 6 P.M.
c) Passenger demand patterns vary seasonally. The scheduling scheme proposed is applicable only during the period of the study.

2. RESEARCH METHODOLOGY AND DESIGN

In order to meet the objective of this study, that is to improve the efficiency of jeepney operation and services in the area of malate, the study examines the current jeepney operation in the three routes in the malate area. Ocular inspection and daily volume count through video recording was conducted for roadway and vehicle characteristics. Ride check method was done for the determination of passenger demand in the three route, manual ride check method was used. It refers to counts and measurement performed by a checker riding the jeepney vehicle along the entire route. In this method, the on and off passenger counts from which one can derive the on-board passenger load for each route segment, arrival and departure times for each stop, item-specific surveys or measurements (vehicle running speed, boarding and alighting).

2.1 Research Design

The process begins with the construction of the actual transit system. It consists of passenger volume characteristics, vehicle characteristics, route characteristics, and operator characteristics. Passenger volume, as discussed in chapter two is the primary element in transit as the purpose of any transit service is the movement of people. Vehicle characteristics refer to the dimensions of vehicles, seating capacities, etc. In the study the average seating capacity of all transit units will be used since jeepneys in the study area does not have consistent dimensions hence seating capacities as well. Route characteristics refers to both physical (or the facilities and traffic control) and the operating time or speed or other characteristics that can be achieved given the conditions of the environment. Lastly, operator characteristics refer to the behavior and preferences of jeepney drivers and may be considered in the establishing the service policies or standards.

With reference to the assumptions made and limitations of the study, mathematical modeling of the system can now be performed. Possible objectives are listed. These objectives can be pursued in a single objective approach or a multi-objective approach. If the single objective is chosen, the other objectives become constraints.

Once the scheduling of vehicles is done, graphical representations would best illustrate the system modeled.

Alternative or complementary solutions refer to solutions that add or alter physical characteristics of the route. For instance, if the modeled system the use of exclusive lanes is found to be viable then it will be part of the proposed system along with the scheduling scheme.

Finally, to evaluate the effectiveness of the proposed scheduling and/or complementary solutions, it is compared with the previous system and its impacts are assessed in terms of the impacts to the transit agency, the community, and the general traffic.

2.2 Research Methodology

The research method used in this study was divided into three phases: data preparation and processing, computation and analysis of factors for scheduling and the evaluation of the proposed scheduling scheme. The process starts by obtaining the average number of jeepney vehicles operating in the three routes throughout the whole day from (8:00 a.m. – 6:00 p.m.) during weekdays. The data gathered from this survey was then averaged per hour of each day. Another survey was conducted for the determination of passenger demand in the three

routes, manual ride check method was used. Passengers in every jeepney vehicle were observed; their loading and unloading points. The road lengths of the route trips were obtained using geographic information system (*GIS*), other maps were from Google maps.

A. Data preparation:
   1. Inventory of roadway characteristics. These include segment lengths, intersections, traffic control devices, regulated speeds, roadway dimensions, land-use, pedestrian facilities, etc.
   2. Inventory of vehicle characteristics. These include seating capacity, and total number of vehicles.
   3. Survey of passenger volume and transit operating time.

B. Data processing:
   1. Graphical construction of service routes.
   2. Time-Space diagram to demonstrate the phenomenon of bunching.
   3. Passenger load profile diagram to determine maximum load section.
   4. Temporal variations diagram (weekday) to determine peak and off-peak periods.
   5. A combination of 3 and 4 in a three-dimensional representation.

C. Computation and analysis of factors for scheduling:
   1. Establish a scheduling period (one hour). The succeeding activities shall be done per scheduling period per route.
   2. Calculation of design volume.
   3. Determine optimum frequency (take note that this usually a trade-off between passenger convenience and cost of operation however in this case it is more a balancing factor towards fair driver income).
   4. Calculation of headways, number of vehicles, operating time, and cycle speed. Graphical presentation of results.

D. Further analysis
   1. Comparison of the performance before and after scheduling using measures such as work utilization, productive capacity, travel time, and speed.
   2. Assessment of impact on traffic flow.
   3. Proposal of additions of transit and/or traffic elements (e.g. designated stop locations).

3. DATA PRESENTATION ANDANALYSIS

This chapter presents the summary of the data gathered from the survey done. Data from video surveys, for the volume and headway count, during weekdays, one week in the month of October, from 8:00 a.m. to 6:00 p.m. was averaged per time. Furthermore, the data from the passenger count survey was also averaged per hour and per segment of each of the route trips: Makati, Paco and Pasay. Total sample sizes of 16 jeepneys were analyzed for the Makati trips, and 48 and 23 jeepneys for the Paco and Pasay trips respectively. The data were averaged per segment per hour to obtain the demand for each route trip at the particular time of the day and also for the determination of common loading and unloading point in every route.

In addition, according to the information gathered from the land transportation franchise and regulatory board (*LTFRB*), the current registered number of jeepney vehicles for the Pasay route both westbound and eastbound are only 45 units. For the Makati and Paco bound jeepneys, the LTFRB recorded them as one route only and the total number of registered units is only 110.

3.1 Current Operation

Figure 1 shows the location of the three studied jeepney routes in Malate area. The Makati route (Table 1) occupies two areas: Malate and Makati area. Most of the roads in this route are one-way: Pablo Ocampo Sr., Zobel Roxas Ave., Arellano Ave., Leon Guinto and Estrada. The origins of the trips in this route are usually along Leon Guinto and Zobel Roxas Ave. corner Caton Street. Only two traffic lights are located within this route, one is located along Osmeña Highway intersection and the other one is located along Zobel Roxas Ave. corner Kamagong Street. As seen in the map, there are roadways connecting Zobel Roxas Ave. and Pablo Ocampo Sr., and whenever the jeepney doesn't have passengers on board, they take this path so they can go back to Leon Guinto in less time, making the study route inconsistent. In addition, most of the time jeepneys along this route go beyond Caton Street traveling Archimedes and Flordeliz Streets up to the Pablo Ocampo Sr. Extension and goes back through Balagtas Street. Jeepney drivers usually do this to pick up passengers along the said streets. Jeepneys were also observed to be waiting at the end Zobel Roxas Ave. for passengers, making it their "*terminal*".

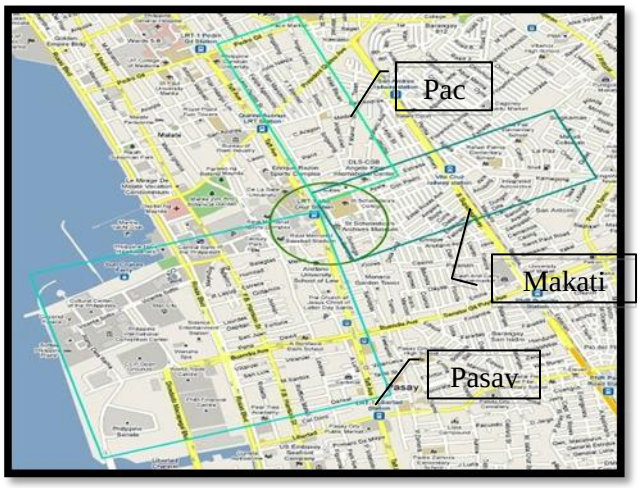


Fig. 1 The Study Area

Table 1 Makati Route Characteristics

Segment	Distance, km	Characteristics
Estrada (Arellano-Leon Guinto)	0.2178	One Way, No Traffic Lights
Leon Guinto (Estrada-P.Ocampo)	0.2723	One Way, No Traffic Lights
P.Ocampo (Leon Guinto-Arellano Ave.)	0.258	One Way, No Traffic Lights
Arellano Ave. (P.Ocampo-Z. Roxas)	1.12762	One Way, No Traffic Lights
Z. Roxas (Arellano Ave.-Caton)	1.01093	One Way and Two Way,Two Traffic Lights
ZRoxas - P.Ocampo (Balagtas-Arellano)	0.21624	One Way and Two Way, Two Traffic Lights
Arellano Ave. (P.Ocampo-Estrada)	0.2723	One Way, No Traffic Lights
Estrada (Arellano-Leon Guinto)	0.2178	One Way, No Traffic Lights

The Paco route (Table 2), just like in Makati route, most of the roadways are one-way streets: Estrada, Kapitan Tikong, Angel Linao, and Singaling from Pedro Gil until Esguerra Street. As seen in the map, Paco trip crosses two main roads: Pres. Quirino Ave. and Pedro Gil, thus jeepneys crosses two intersection wherein there are traffic lights. As observed in this route, jeepney drivers usually tend to wait passengers along every corner. However, even though they tend to wait for passengers and jeepney vehicles occupy most of the roadway space, the path included in this route doesn't usually experience traffic congestion since it is not a main road way and it is rarely used by private vehicles.

Table 2 Paco Route Characteristics

Segment	Distance, km	Characteristics
Leon Guinto (Estrada-Kapitan Tikong)	0.081	One Way, No Traffic Lights
Kapitan.Tikong (Leon Guinto-Singalong)	0.22431	One & Two Way No Traffic Lights
Singalong (Kapitan Tikong-Angel Linao)	0.22957	One & Two Way One Traffic Lights
Angel Linao (Singalong-Pedro Gil)	1.24934	Two Way One Traffic Lights
Pedro Gil (Angel Linao-Singalong)	0.14365	Two Way, No Traffic Lights
Singalong (Pedro Gil-Estrada)	1.47975	Two Way, One Traffic Lights
Estrada (Singalong-Leon Guinto)	0.21323	One & Two Way No Traffic Lights

The characteristics of Pasay trips (Table 3) are different from that of Makati and Paco trips in several aspects; one that stands out though is that Pasay trips are coordinated. Orange Jeepneys operating in this route originate from the informal terminal in front of Rizal Memorial Coliseum located along Pablo Ocampo Sr. Ave. (Vito Cruz), heads west, crossing Roxas Boulevard, and reaching its endpoint at the gate to the Senate located along Jose Diokno Boulevard. Jeepneys arriving at the endpoint will head to their so-called 'depots' to fall in queue. Return trips are serviced by Jeepneys out from the queue, deadheading from their depot to the gate to the Senate, and heads east following the exact same route to end in front of Rizal Coliseum. Unlike in Makati and Paco trips where a Jeepney completes a cycle in one run without having to fall in queue, Pasay trips are classified into two trips: west bound and east bound which can be thought of as trip and return trip.

The hourly volume counts of jeepneys throughout the day in the three routes are shown in

Figure 2. As observed, the number of jeepneys in Makati and Paco routes was noticeably high compared to the ones in Pasay (recall that Pasay trips are coordinated).

Table 3 Pasay Route Characteristics

Segment	Distance, km	Characteristics
Pablo Ocampo Sr. (Taft-Adriatico)	0.37658	Two-way, Traffic light
Pablo Ocampo Sr. (Adriatico-F.B. Harrison entry)	0.2257	Two-way
Pablo Ocampo Sr. (F.B. Harrison entry-F.B. Harrison)	0.09514	Two-way, Traffic light
Pablo Ocampo Sr. (F.B. Harrison-Maytubig)	0.06818	Two-way
Pablo Ocampo Sr. (Maytubig-Roxas Blvd)	0.23154	Two-way, traffic light
Pedro Bukaneg (Roxas Blvd-Magdalena Jalandoni)	0.46164	Two-way w/ divider
Pedro Bukaneg (Magdalena Jalandoni-Before F.A.)	0.19202	Two-way
Pedro Bukaneg (Before F.A.-Eduardo Makabenta)	0.15924	Two-way
Eduardo Makabenta (Pedro Bukaneg- Vicente Sotto)	0.12238	Two-way
Vicente Sotto (Eduardo Makabenta-Atang de la Rama)	0.12944	Two-way
Atang de la Rama (Vicente Sotto-Florentino)	0.25993	Two-way
Atang de la Rama (Florentino-Jose Diokno Blvd)	0.26228	Two-way
Jose Diokno Blvd (Atang de la Rama-GSIS road)	0.23532	Two-way
Jose Diokno Blvd (GSIS road-Senate)	0.30782	Two-way

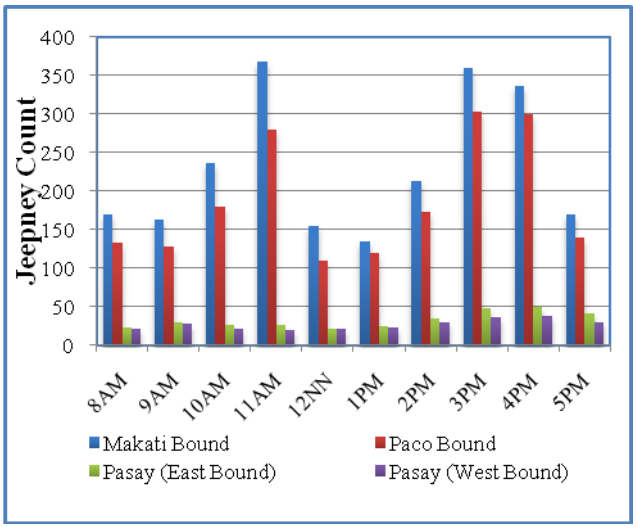


Fig. 2 Average Volume of Jeepneys

Headway and frequency are inversely proportional; the shorter the headway, the greater the frequency. Observing the headways of the three routes, as seen in Figure 3, jeepneys going to Pasay has noticeably longer time headway compared to Makati and Paco. In which we can say that at an average, we can see jeepneys going to Makati and Paco every minute, hence they are more frequently seen and occupies more space in streets compared to Pasay jeepneys, and this is also due to the unscheduled jeepney operation in the said route.

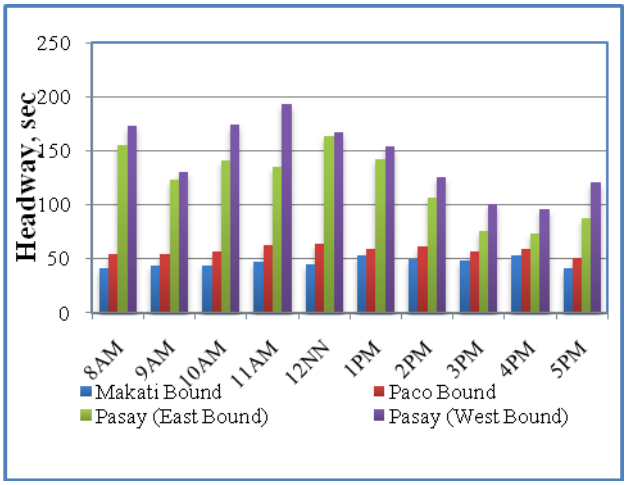


Fig. 3 Average Headway

The characteristic of the time headway of Pasay-bound jeepneys during anytime of the day is the same between westbound and eastbound trips but almost all of westbound trips have greater headway except in the hour interval 7:00 – 8:00 A.M. It is likely that this is due to jeepneys in front of Rizal Coliseum filing to near seating capacity

before leaving contrary to jeepneys at the gate to the Senate. Although sometimes jeepneys also waited for a while for passengers, but most of the time leave as soon as all passengers in sight has boarded.

On the other hand, the characteristic of the time headway of jeepneys in Makati and Paco route are somewhat consistent, and does not change that much every hour throughout the day. The frequency of jeepney passing a certain point did not change even if it was off-peak or peak hour of the day. In this condition, jeepney trips during off-peak hours of the day would not be profitable, considering the time interval of two consecutive jeepneys arriving a certain point; less or no more passengers will be left for the latter to pick-up given a the short gap between their headways.

3.2 Proposed Scheduling Scheme

The formulas used in determining the scheduling parameters are shown below for each of the steps states in the procedure.

Step I: $$f = \frac{P_{max}}{C_j} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Step II: $$f = \frac{\sum P \cdot d}{C_j \cdot L} \quad \text{(Eq. 2)}$$

Step III: $$f = \frac{P}{OL} \geq \frac{P_{max}}{C_j} \quad \text{(Eq. 3)}$$

where P_{max} = maximum load observed, pax
C_j = capacity of jeepney, seats
P = load, pax
d = segment length, km
L = total route length, km
OL = occupancy level, seats

Step I sets the minimum frequency to accommodate the load at the MLS, which was computed by simply dividing the maximum load observed (P_{max}) by the capacity of the Jeepney (C_J). This step sets the minimum frequency allowable. Step II uses the average pax from pax-km to compute for frequency. It is computed by dividing the summation of pax-km ($\sum P \cdot d$) by the capacity of the jeepney multiplied by the total route length ($C_J \cdot L$). Whichever is higher between the previous steps will be used as the reference frequency in the next step. The final step refines the solution by finding the optimum load (OL) that is lower than the capacity to allow a certain level of service to be applied (by reducing the load on board).

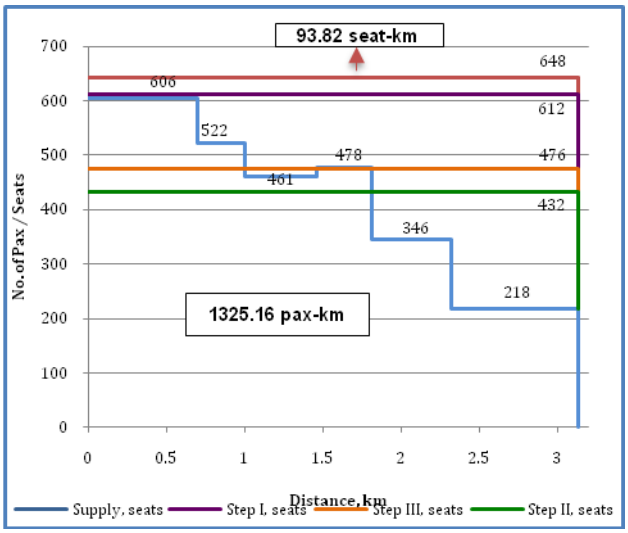


Fig. 4 Sample Hour for Optimization

Table 4 Tabulation of parameters Pasay Westbound Trip 3-4 PM

Step	I	II	III
OL, pax	18	18	*14*
Design demand, pax	606	420	478
f, veh/hr	34	24	*34*
h, min/veh	1.76	2.50	*1.76*
w @ C_v	0.69	1.00	0.69
w	-	-	0.88
Supply, seats	612	432	612
N_v, veh	7.58	5.25	7.58

The current frequency of Pasay trips from 3:00 to 4:00 P.M. is 36 vehicles per hour, amounting to a total supply of 642 seats. The observed maximum load is 606 passengers in front of the Rizal Memorial Coliseum along Pablo Ocampo Sr. Ave. segment between Taft Ave. and Adriatico street (segment 1). Step I suggests that 34 vehicles per hour operate, offering a total supply of 612 seats. The supply satisfies the demand at the MLS. Step II recommends 24 vehicles per hour to operate, offering a total supply of 432 seats. On the average this satisfies the demand however does not satisfy the load at the MLS. This is due to the unique characteristic of the load profile at this route. From the starting point to the end point the

load consistently decreases (more passengers alight than board) and thus results into a far from balanced profile. The solution that step II proposes is better applied on load profiles with a somewhat balanced profile. By trying out values of occupancy load that will yield a frequency that is equal to the minimum frequency (step I), the occupancy load at which level of service can be applied is determined. The solution finds that an occupancy load of 14 passengers can be assigned during this time interval so as to give some level of comfort to the passengers and still satisfy the demand at the MLS. This is shown in Figure 4.

To be able to find a good compromise (so called optimum), different combinations of demand levels and OL must be tried to determine the frequency and OL that will not deviate so much from the results of the previous steps. The effectiveness of the result can be measured by transportation work and cost of operation per vehicle.

The length of route at which an excess occurs (crowding) should be compared with the average passenger trip length to determine whether having that excess is better than having no excess but at the cost of greater frequency. If the trip length stretches for more than 50% and the length having an excess is only 20% then the momentary crowding (or low level of comfort) may be acceptable. Summarizing the parameters that the solution proposes, a frequency of 34 vehicles per hour is the minimum (headway is 1.76 minutes per vehicle), an occupancy load of 14 passengers can be implemented, and as few as 8 vehicles can operate this route. The savings can be interpreted in terms of seats-km, from the previous setting to this 93.82 seats-km can be conserved. Increase in the work efficiency is 4%.

Table 5 Summary of Proposed Headway for Makati Route

	FREQUENCY, veh/hr		HEADWAY, min	
Hour Interval	Current	Proposed	Current	Proposed
8:00 - 9:00 AM	87	87	0.690	0.690
9:00 - 10:00 AM	84	33	0.714	1.818
10:00-11:00 AM	84	26	0.714	2.308
11:00-12:00 AM	77	26	0.779	2.308
12:00 - 1:00 PM	81	33	0.741	1.818
1:00 - 2:00 PM	69	38	0.870	1.579
2:00 - 3:00 PM	73	43	0.822	1.395
3:00 - 4:00 PM	76	59	0.789	1.017
4:00 - 5:00 PM	69	63	0.870	0.952
5:00 - 6:00 PM	88	79	0.682	0.759

As seen in Tables 5 and 6, the proposed headways decreased almost half of that of the current headways of the jeepneys bound to Makati and Paco. Through this, it can be seen that if the operation of the jeepneys would be optimized, the number of vehicles in the road can be lessen but still can accommodate the demand of the passengers in the route. However, observing the proposed headways for the Pasay Westbound route (Table 7), it also decreased but not significantly compared to that of the Makati and Paco route. Since trips here are being maximized at the start of the route. However, the ones in the Eastbound (Table 8) were observed to have significantly decreased like the ones in Makati and Paco.

Table 6 Summary of Proposed Headway for Paco Route

	FREQUENCY, veh/hr		HEADWAY, min	
Hour Interval	Current	Proposed	Current	Proposed
9:00-10:00 AM	67	31	0.896	1.94
10:00-11:00 AM	67	31	0.896	1.94
11:00-12:00 AM	64	27	0.938	2.22
12:00 - 1:00 PM	58	30	1.034	2.00
1:00 - 2:00 PM	57	25	1.053	2.40
2:00 - 3:00 PM	62	24	0.968	2.50
3:00 - 4:00 PM	59	32	1.017	1.88
4:00 - 5:00 PM	64	43	0.938	1.40

3.3 Evaluation of Proposed Scheme

As seen in the succeeding figures (Figs. 5, 6, 7, and 8), the work efficiency of the proposed scheme as applied to the three routes increased, especially for the Makati and Paco trips.

Table 7 Summary of Proposed Headway for Pasay Westbound

	FREQUENCY, veh/hr		HEADWAY, min	
Hour Interval	Current	Proposed	Current	Proposed
3:00 - 4:00 PM	36	34	1.67	2
4:00 - 5:00 PM	38	38	1.58	2
5:00 - 6:00 PM	30	29	2.00	3
6:00 - 7:00 PM	25	22	2.40	3
7:00 - 8:00 PM	23	20	2.61	3

Table 8 Summary of Proposed Headway for Pasay Eastbound

	FREQUENCY, veh/hr		HEADWAY,min	
Hour Interval	Current	Proposed	Current	Proposed
3:00 - 4:00 PM	48	43	1.25	2
4:00 - 5:00 PM	50	42	1.20	2
5:00 - 6:00 PM	42	29	1.43	3
6:00 - 7:00 PM	33	29	1.82	3
7:00 - 8:00 PM	35	20	1.71	3

The number of employees or person-hours of work force are usually referred to as “labor productivity” measures; in a broader sense, these measures can be viewed as indicators of labor efficiency. The following figures show the persons-hours of the current jeepney operation and in the proposed scheme. This was taken by multiplying the frequency to the cycle time of a single trip.

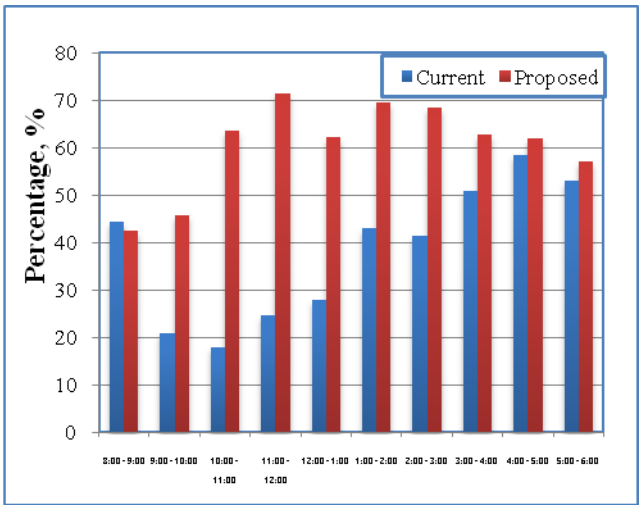


Fig. 5 Work Utilization Efficiency for Makati Trips

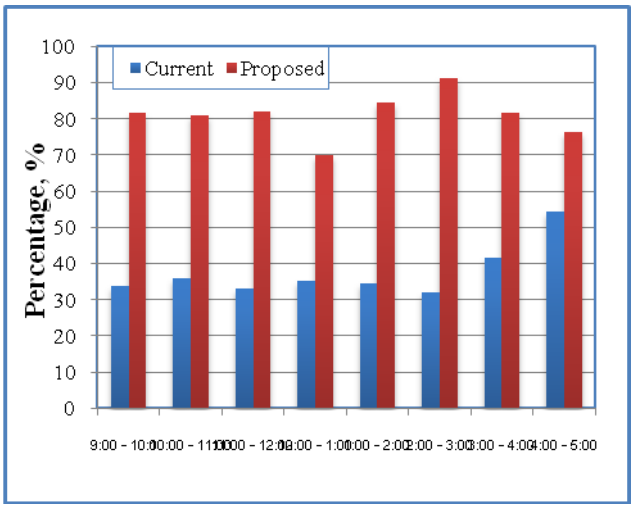
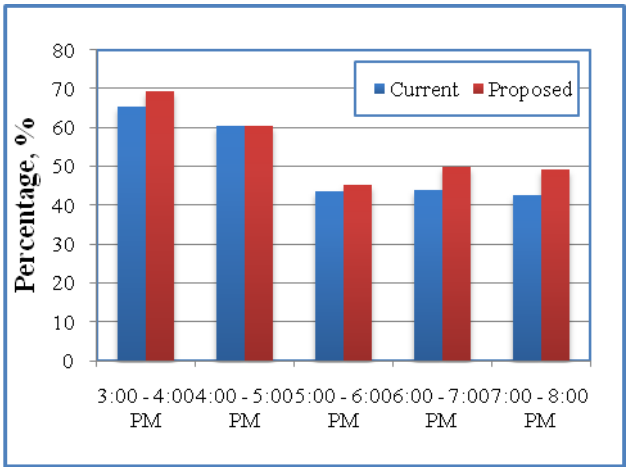


Fig. 6 Work Utilization Efficiency for Paco Trips



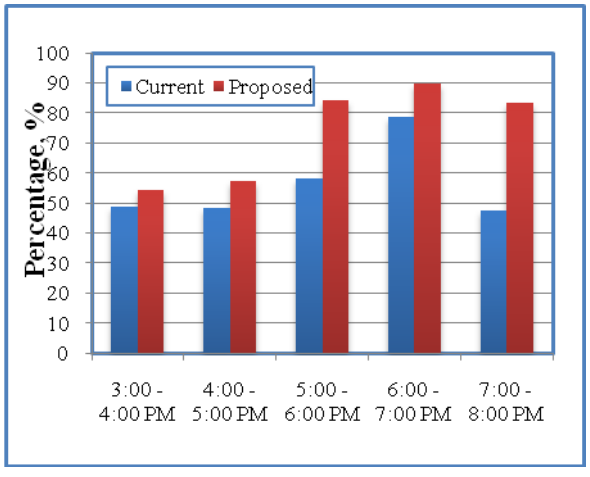


Fig. 7 Work Utilization Efficiency for Westbound a nd Eastbound Pasay Trips

The annual productivity of the three routes is shown in Tables 9. These were obtained considering only the weekdays of the year, having 260 days, and only in the given times of the day as the one analyzed in the previous sections.

Table 9 Annual Labor Productivity

Route	Manpower, man-hrs	
	Current	Proposed
Makati	118820	80600
Paco	66300	33800
Pasay Westbound	9620	8840
Pasay Eastbound	15600	11960

The fuel cost consumed during the current operation and the proposed scheduling scheme was compared. The fuel consumption of the jeepney was assumed to be 8 km/liter and at a price of php 43.75 per liter of diesel. The trip lengths were 3.44 km, 3.62 km and 3.12 km for Makati, Paco and Pasay, respectively. Fuel cost was obtained by multiplying the cost of fuel consumption per kilometer, the number of vehicles per hour, and the trip distance for the route considered.

It can be observed that there is a decrease in the fuel cost in the proposed schemes as shown in Tables 10 to 13 in the jeepney routes surveyed. The Makati route could save as much as 63.12 liters, followed by the Paco route at 56.58 liters, and Pasay eastbound at 21.09 liters. The least savings on fuel is for Pasay westbound at only 3.52 liters since there passenger-driven schedule made their operation already efficient. By implementing the proposed scheduling scheme fuel consumption on a per route basis could be reduced and thus save on fuel consumption. Table 14 shows the annual fuel cost and saving that can occur when the proposed scheme is implemented in the three routes.

Table 10 Fuel Savings for Makati Trips

	FUEL COST, Php/hr		
Hour Interval	Current	Proposed	Savings
8:00 - 9:00 AM	1352.57	1352.57	450.86
9:00 - 10:00 AM	751.43	300.57	375.71
10:00-11:00 AM	563.57	187.86	338.14
11:00-12:00 AM	526.00	187.86	732.64
12:00 - 1:00 PM	1258.64	526.00	187.86
1:00 - 2:00 PM	432.07	244.21	281.79
2:00 - 3:00 PM	695.07	413.28	169.07
3:00 - 4:00 PM	732.64	563.57	75.14
4:00 - 5:00 PM	939.28	864.14	150.28
5:00 - 6:00 PM	1333.78	1183.50	450.86

Table 11 Fuel Savings for Paco Trips

	FUEL COST, Php/hr		
Hour Interval	Current	Proposed	Savings
9:00 - 10:00 AM	574.24	277.22	297.02
10:00-11:00 AM	633.65	297.02	336.63
11:00-12:00 AM	653.45	277.22	376.23
12:00 - 1:00 PM	475.24	257.42	217.82
1:00 - 2:00 PM	574.24	257.42	316.82
2:00 - 3:00 PM	534.64	217.82	316.82
3:00 - 4:00 PM	693.05	376.23	316.82
4:00 - 5:00 PM	910.87	613.85	297.02

Table 12 Fuel Savings for Westbound Pasay Trips

	FUEL COST, Php/hr		
Hour Interval	Current	Proposed	Savings
3:00 - 4:00 PM	615.67	581.47	34.2
4:00 - 5:00 PM	649.87	649.87	0
5:00 - 6:00 PM	513.06	495.96	17.1
6:00 - 7:00 PM	427.55	376.24	51.31
7:00 - 8:00 PM	393.34	342.04	51.3

Table 13 Fuel Savings for Eastbound Pasay Trips

	FUEL COST, Php/hr		
Hour Interval	Current	Proposed	Savings
3:00 - 4:00 PM	984.27	881.74	102.53
4:00 - 5:00 PM	1025.28	861.24	164.04
5:00 - 6:00 PM	861.24	594.66	266.58
6:00 - 7:00 PM	676.69	594.66	82.03
7:00 - 8:00 PM	717.70	410.11	307.59

Table 14 Annual Fuel Cost and Savings

Route	Fuel Cost, Php		Savings, Php
	Current	Proposed	
Makati	2232111	1514123	717987
Paco	1312841	669291	643550
Pasay Westbound	675868	635850	40019
Pasay Eastbound	1108947	869031	239916

4 . CONCLUSION

Finding the balance between supply and demand is a trade-off between the operator's lowered operating and maintenance costs, and the waiting time of passengers. If excessive productivity is desired although costs will be lowered considerably, there may be a risk of loss in ridership, which translates to loss in profit.

In this study, it was found that the current configuration of the jeepney operating in the three study routes provides excessive supply in terms of passenger seats. In determining the proposed

scheduling parameters, applying a lower occupancy load for passenger convenience was considered however due to the highly irregular load profile the optimum frequency at the maximum load section (MLS) governs. Efforts to apply occupancy load considerations at the MLS only yield increased vehicular frequency and lower productivity. The increase on headway conversely, the waiting time of passengers, as a result of lowering the jeepney hourly frequency is not much and is still within acceptable level. In fact, considering the total route length of each of the three routes in conjunction with their proposed headways, it was realized to be quite short hence still a plus when it comes to reliability from the passengers' perspective.

The savings calculated when the proposed scheduling parameters is applied, is considerable in fuel consumption and cost, and manpower. It is suggested that jeepney operators coordinate instead of repeatedly completing cycles in their route with few passenger loads. The illusion of increased profit with mere increased cycles is readily shattered by the reliable information of the passenger demand obtained through scientific methods. The increasing price of fuel and the disproportionate increase in fares become another reason to require efficiency in transit operation.

REFERENCES

[1] Ceder, A. (1984). Bus Frequency Determination Using Passenger Count Data. *Transportation Research - Part A 18 (5-6)* , 439-453.

[2] Ceder, A. (2007). *Public Transit Planning and Operation: Theory, modeling and practice.* Butterworth-Heinemann.

[3] Desaulniers, G., & Hickman, M. D. (2007). Public Transit. In C. Barnhart, & G. Laporte (Eds.), *Handbook in Operations Research and Management Science, Vol. 14* (pp. 69-127). Elsevier B.V.

[4] Goulias, K. G. (2004). Transportation Planning and Modeling. In M. Kutz, *Handbook of Transportation Engineering* (pp. 29.13-29.18). McGraw-Hill.

[5] Goulias, K. G. (Ed.) (2003). *Transportation Systems Planning - Methods and Applications.* CRC Press.

[6] LTRFB, Land Transportation, Regulatory and Franchising Board

[7] Scheele, S. (1980). A Supply Model for Public Transit Service. *Transportation Research - Part B 14* , 133-146.

[8] Vuchic, V. R. (2005). *Urban Transit: Operations, Planning and Economics.* Wiley.

Analysis on Demand and Supply for Phuentsholing Parking Spaces

Paper Identification number: SCS11-003

Sangey PASANG[1], Jigme DORJI[2], Kuenzang CHODEN[2], Nima[2], Kinzang CHOPHEL[2], Tshering SAMDRUP[2]

[1] Department of Civil Engineering, College of Science and Technology, Royal University of Bhutan, Rinchending, Phuentsholing, Bhutan.
Telephone +975-17664990
E-mail: sangey111@hotmail.com

[2]Department of Civil Engineering, College of Science and Technology, Royal University of Bhutan, Rinchending, Phuentsholing, Bhutan

Abstract

Phuentsholing is the most economically vibrant and the largest commercial hub in the country. With this aspect, there is a drastic increase in number of vehicles over the past few years. Traffic problems such as congestion, accidents, lack of parking space, etc. have also increased proportionately with escalating number of vehicles. The main objective of the study is to assess the current parking facility scenario in Phuentsholing City through conducting analysis studies on parking demand and supply within the study boundary. The study was carried out on the basis of Field Survey which involves three methodologies: Parking Space Inventory Survey, Fixed Period Sampling Survey and Usage-related Demand Model.

The parking spaces available for light vehicles are 270, for two wheelers are 169 and for Heavy/Medium Vehicles are 50 in the study area. Demand model study is to depict and compare the difference in demand for parking in different areas (Area A, B, C, etc.). Of all the areas, Area B has the highest utilization rate for two kinds of vehicles (i.e. two wheelers and light vehicles) resulting to highest parking demand. Area A and Area E have the lowest parking demand for both two wheelers and light vehicles.

Keywords: Parking supply, parking demand, percentage utilization or occupancy

1. General Introduction

Bhutan has entered to swift developing country from its earlier least developed with accelerating developments. Phuentsholing is one of the most densely populated Cities in the country where various developmental activities take place rapidly. Thus, in queue to metropolitan developments, traffic engineering has however, become inevitable in urban transportation system and parking is the key source in traffic problems associated to traffic congestions and accidents in metropolises anywhere in the world. Therefore, parking analysis is an important essence to cope up with intensifying demand to limited supply in modern era of evolving commercialization.

People drive to work, to shop, to conduct business or to be entertained. To address their community needs, they attempt to modify vehicle traffic, parking choices and pedestrian flow. It has various impacts on individuals, communities, and transportation system as a whole. Parking space availability affects the mode of travel they choose. Individuals having an automobile will always choose to access to their destination with their own automobile if parking space is available. In this way, the mode of travel can be largely varied by the availability of parking spaces which ultimately brings to the greater impacts on transportation system. Some of the activities associated with parking problem in Phuentsholing town include varieties of commercial activities, banking activities, entertainment like live venues, films and nightclubs, schools, offices, private firms, residents, etc.

The main aims of this study are to assess the current parking facility scenario of Phuentsholing City and then to study the percentage utilization and turnover rate. Parking study is carried out sorting the correlation between spaces available (supply) and the number of vehicles requiring the spaces to park (demand). The objectives of this paper are as follows:

- To assess the current parking facility scenario via conducting analysis studies on parking demand and supply within the study boundary.
- To determine the surplus and deficit of available parking lots.
- To portray occupancy/utilization rate of parking lots.

2. Methodology

To achieve the outlined research objectives and to obtain data related to parking ability, various parking survey methods have been conducted which are shown in the figure below.

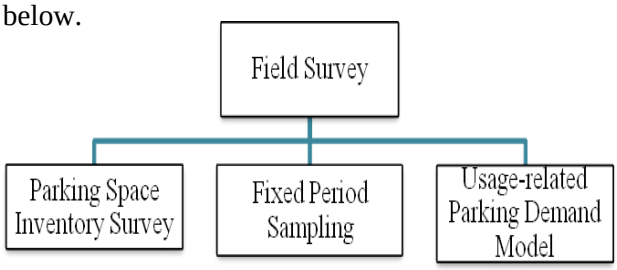


Fig.1 Study Methodology

2. Parking Space Inventory Survey

This survey is to obtain relevant existing parking characteristics such as types of parking, number of parking facilities, location of spaces, space ownership (private or public), parking fees, times of operation and restrictions on usage of parking spaces (Nicholas J. Garber & Lester A. Hoel, 2010). This information will be helpful for planning department of the municipality. The field survey was conducted on Wednesday 9th March, 2011 from 1pm to 8pm.

3.1 Fixed Period Sampling

Fixed Period Sampling Survey is also known as Parking Usage Survey by Patrol. In this method of survey, all the parked vehicles are counted at the start of the survey by patrolling over the study area. Then counting of parked vehicles is made after regular interval of fixed time period for entire length of study duration. It can achieve the extent of parking facilities being used over study duration or the percentage utilization of the spaces (Dr. K.L. Kadiyali, 2007). Fixed period sampling survey derives not only the percentage occupancy but also provides the peak period of occupancy rate.

3.2 Delineation of study area

Entire study area has been delineated into seven major areas for generalization of data collection which are represented as Area A, Area B, Area C, Area D, Area E, Area F and Area G.

Table 2.1 Delineation of Study Area

Sl. no.	Area	Area identification	Lam
1	Area A	From Rignam Hotel to Central Hotel	Gaoten Lam
		Side of Round Building	
		Infront of Hotel Kuenga & Tshela Cable	
2	Area B	Delhi Store to Kashi General Cloths	Tharpai Lam
		Kashi Foot wear to Kanchan Hall	
		From Hotel Namgay to TCC Complex	Gaoten Lam
		Infront of Zangdopelri	
3	Area C	Gonphel Hotel Line	Gaedoe Lam
		Bhutan Hotel Line	
4	Area D	Around Dratshang Building	Gaedoe Lam
5	Area E	From PCC Office to DoR Office	Pelkhil Lam
		Infront of CMI Building	Gaedoe Lam
6	Area F	Deki Hotel to Jorden Lam	Deki Lam
		Infront of Dolma Enterprise	Phuensum Lam
7	Area G	Rignam Hotel to Hotel Holiday Inn	Jorden Lam
		Infront of Centenal Hotel 2008	

3.3 Usage-related Parking Demand Model

The number of vehicles wishing to park over a given interval of time is termed as the parking demand. Since this research is concentrated merely to assess the day time

situations of parking loading/unloading activities, the model developed is called as Usage-related Parking Demand Model. In this parking model, parking demand varies over time and this includes the assessment of the parking surplus or parking deficit/shortfall. This model of study corresponds to the peak period of space utilization and the peak demand over the study duration. Parking demand is directly obtained from the ground interview or drivers survey for the need of specific space in a specific area. The demand is the summation of the drivers getting the parking space and the drivers seeking for a parking space. This survey of counting the numbers of cars is developed by the researchers for this particular demand model to acquire parking demand.

3. Results and Discussions

Results and discussions for various methodologies are explained separately in the following sections for each delineated area.

3.1 Parking Space Inventory Survey

The available spaces are 270 spaces for light vehicles, 169 parking spaces for two wheelers and 50 spaces for heavy/medium vehicles within the study boundary. Medium and heavy vehicles are restricted from being parked in the city premises since their parking lots are provided separately i.e. away from the core city. The accessible spaces and their types of parking are summarized in the table below.

Table 2 Phuentsholing Parking Space Inventory

Type of Vehicle	Type of Parking	Area							Total
		A	B	C	D	E	F	G	
Light Vehicle	On-Street Parking	72	51	29	28	31	38	21	**270**
Two Wheelers		118	10	6	12	7	16	0	**169**
M/HV	Off-Street Parking	0	0	0	0	0	0	0	**50**

3.2 Fixed Period Sampling

The periodical count for fixed period sampling is focused to a fixed period of three hours i.e. 5:00PM to 8:00PM after regular interval of 30 minutes. The scheduling of this study is set in such a way that the peak period of the day is considered after conducting a day long preliminary survey besides Traffic Polices' verbal suggestions.

The percentage occupancy for all the areas for light vehicles is plotted against the project study duration. From the representation in the occupancy-time graph, it is patently indicated that the stalls in Area B (Zangdo Pelri Area) are fully utilized for almost all the times for both two wheelers and light vehicles. The maximum percentage occupancy for all areas are along the stretch of study time are: Area A (76% at 7:30PM), Area B (100% at 5:30PM to 7:30PM), Area C (83% at 7:00PM to 7:30PM), Area D (96% at 8:00PM), Area E (58% at 6:00PM), Area F (47% at 6:00PM) and Area G (91% at 7:30PM).

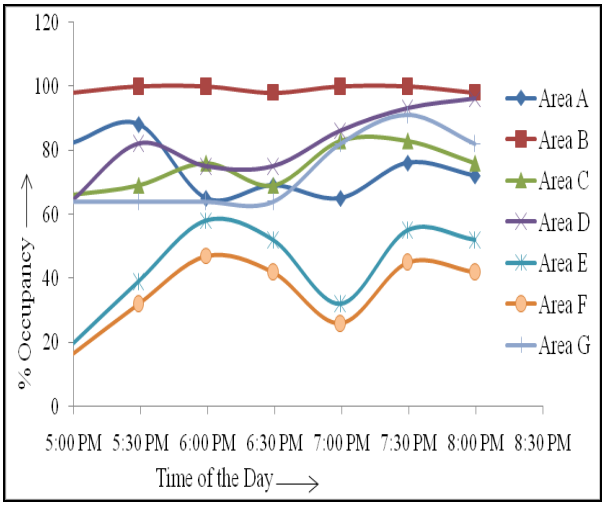


Fig.2 Occupancy for Light Vehicles

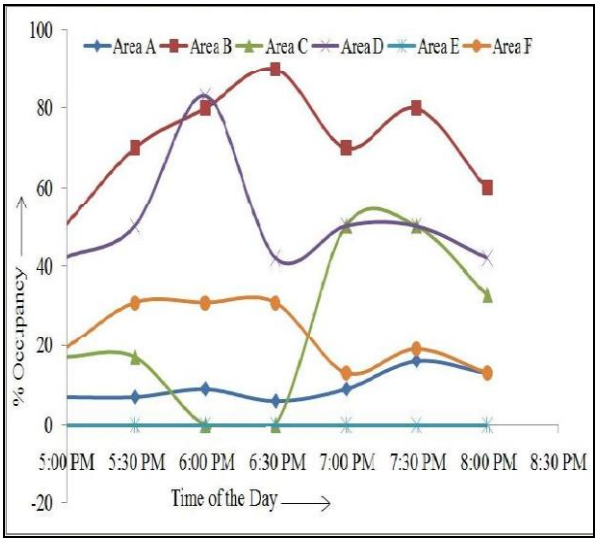
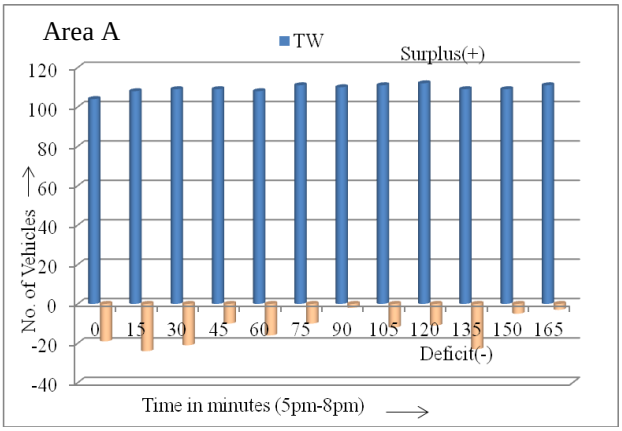


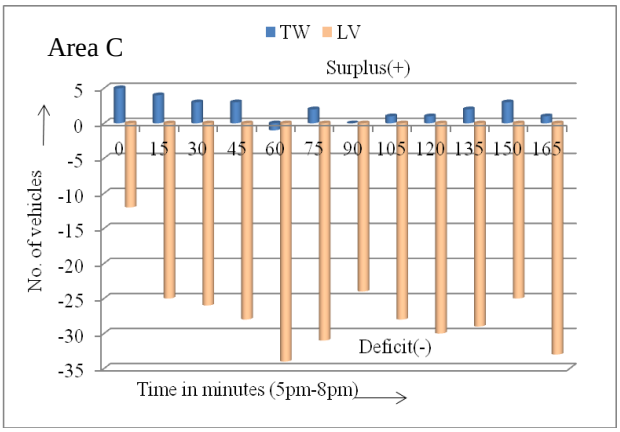
Fig. 3 Occupancy for Two Wheelers

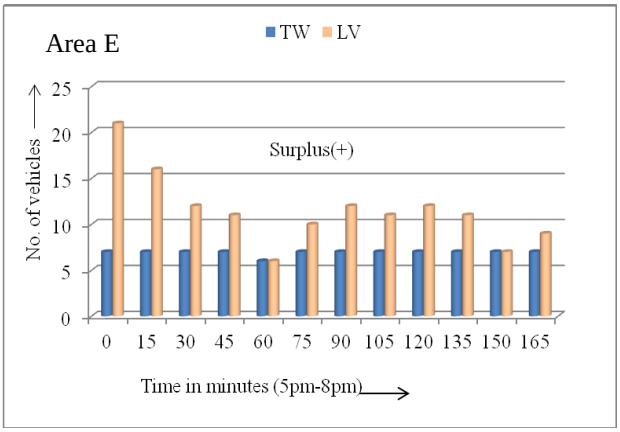
Similarly, for two wheelers, the graph is plotted between percent utilization/occupancy versus time of the day. This graph manifests the percentage utilization of each space. As a result of the analysis, Area E has 7 lots for two wheelers with zero occupants. In the same way, most of the spaces for two wheelers within the city are underutilized.

3.2 Usage-related Parking Demand Model

Analysis for this model is mainly to find the surplus and deficit spaces for parking. Each area are analyzed and discussed separately;







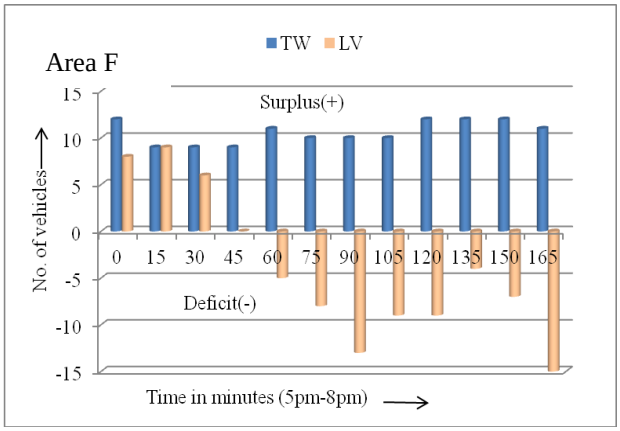


Fig. 4 Surplus and Deficit spaces for Area A, B, C, D, E and F

From this analysis, it is found that there are constant deficit stalls for light vehicles (LV) and surplus stalls for two wheelers (TW) in all the areas except in Area E in which there is surplus for both light wheelers and two wheelers. The trend of surplus and deficit in parking spaces for all the areas are shown with the stretch of study duration in the above figure. There is no

parking space for two wheelers in area G, so the variation in demand for light vehicle is represented in the following figure.

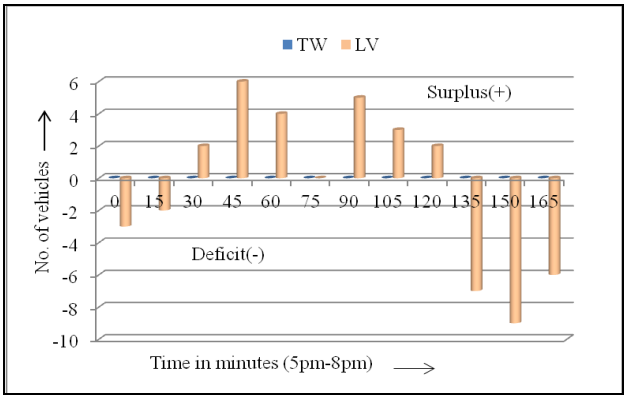


Fig. 5 Surplus and Deficit spaces in Area G

4. Conclusion

The rapid increase in vehicle population has challenged the parking facilities in Phuentsholing town. The conclusions drawn from the research study of demand and supply analysis for parking facilities based on its objectives are:

(a) The current parking facility scenario is depicted as the maximum usage for light vehicles and underutilized for the two wheelers.

(b) The existing condition of the facility reveals as the surplus lots for two wheelers and deficit lots for both Light and heavy vehicles. The maximum surplus space comes as high as 114 in Area A for TW and maximum deficit lot of 34 in Area B for LV and maximum deficit lot of 12 for MV and HV.

(c) Occupancy study reveals the optimum percentage utilization trend in light vehicles and minimal percentage trend in two wheelers. The study analysis portrays that the utmost percentage utilization for light vehicle as 99% in Area B and minimum usage in Area E with 44% of utilization.

5. Acknowledgment

The researchers sincerely acknowledge and express an immense gratitude to Royal University of Bhutan (RUB) and College of Science and Technology (CST) for providing the platform and financial aids.

Deepest sense of appreciation and acknowledgement to Civil Engineering faculty for being supportive without which the project would not have taken to this shape. Words of appreciation go to Traffic Police, Phuentsholing for their tremendous assistance and services rendered during the process of project surveys and Phuentsholing City Corporation for providing necessary information

Thanks also go to ATRANS for providing this platform to present our work.

References

[1] City of Livermore (2006); "*Downtown Parking Study Updated*".

[2] City of Los Angeles (2003); "*Downtown Los Angeles Parking Study for Portions of the Historic Core and Adjacent Areas*"; The Community Redevelopment Agency.

[3] Jamtsho, S. and Tobgay (2010); "*Traffic Scenario Analysis for Phuentsholing City*"; College of Science and Technology.

[4] Kadiyali, L.R. (7ed) (2007); "*Traffic Engineering and Transport Planning*"; Khanna Publishers, New Delhi.

[5] Khanna, S.K. and Justo, C.E.G. (8ed) (2001); "*Highway Engineering*"; Nem Chand & Bros, Rookee, U.A.

[6] Norhisham, S and Ismail, N (2008); "*Case Study on Supply and Demand for University Parking*"; Facilities in College of Engineering UNITEN, Malaysia.

[7] Roess, R.P. et al., (3ed) (2004); "*Traffic Engineering*"; Pearson Education International, pp.263-286.

Introduction of Land Readjustment Project as an ideal Urban Development method for areas along MRT Purple line

Paper Identification number: SCS11-004

Matt SRINARAWAT[1], Atsushi FUKUDA[2], Varameth VICHIENSAN[3] and Genta SUZUKI[4]

[1]Graduate School of Science & Technology
Nihon University 739C 7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba 247-8501 Japan
E-mail: mattcadalic@hotmail.com

[2]Department of Transport Engineering & Socio-technology, College of Science & Technology,
Nihon University 739C 7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba 247-8501 Japan,
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

[3]Department of Civil Engineering, Engineering Faculty,
Kasetsart University, 50 Paholyothin Rd. Jatujak, Bangkok, 10900, Thailand
E-mail: fengvmv@ku.ac.th

[4]Tokyu Construction Co,. ltd, 16-14 Shibuya 1-chome,
Shibuya-ku, Tokyo 150-8340 Japan
E-mail: sawady-gep@hotmail.co.jp

Abstract

It is expected that railway development will help reduce traffic congestion in Bangkok Metropolitan Area. The MRT purple line will be the first suburban railway connecting the city center and the west bank area of Chaopraya River. This is a part of the urban mass transit plan intended to shift traffic demands from motor transport to railway and is currently under construction. However, many residential areas with no access route to railway stations have been developed along the MRT purple line. The Mass Transit plan is settled on the regulation of land-use by the urban planning and zoning act but there is no consistency in these policies. Especially in the urban development along the railway of Bangkok's suburbs, there is no urban planning according to the railway development because the looseness of land use control such as land subdivision law, therefore the urban planning is only up to the private real-estates developers. It is anticipated that even many people will settle around the area along Purple line, they may not stop driving a car and traffic congestion can became more serious. In this study, the possibility to introduce land readjustment project to provide urban facilities such as access road to the station, station square, etc. was examined based on the method of urban development along the railway in Japan. To achieve our purpose, current situation of urban development along the Purple line was firstly observed, and then we conducted the residents' survey for land readjustment project. The result shows that it is necessary to improve access to the stations and make use of station's surrounding areas for infrastructure improvements, also the free space to be use as pick-up and drop-off point is necessary. Finally, the possibilities to carry out land readjustment project were summarized.

Keywords: Land readjustment, Land use, Railway development, Urban planning

1. Introduction

As a solution for a serious traffic congestion problem according to rapid urbanization in Bangkok, Thailand in recent years、The Bangkok Mass Transit executed a plan to connect the city outskirts to city center with railway system. The Mass Transit plan is settled on the regulation of land-use by the Urban Planning and Zoning Act. However, there is no consistency in these policies, and it is feared that

the conversion of demand from using cars to the railway doesn't advance. Especially in the urban development along the railway of Bangkok's suburbs, there is no urban planning according to the railway development. The urban planning is only up to the private real-estates developers. The roads access to the station was not prepared because it is only up to the real-estate developer to plan their own projects, and this pattern is sprawling around Bangkok's suburbs. Fig.1 shows the satellite image of area along MRT purple line, there are large gaps between the real-estate entrances and MRT Purple line. It is important to consider the areas to be developed according to the railway development as priority.

Fig.1 Residential areas with poor access

So in this study, the systems (urban planning, land use, and land ownership) related to development of areas along railway in Japan and urban development in Thailand will be analyze before put in adjustment. Furthermore, the goal is to study the behavior of land use around the urban development along the railway and the travel behavior of area's residents to be a guideline of urban development possibilities. This study aims to examine the ideal urban development method that focus on the railway development in the Bangkok's outskirt areas.

2. The development of area along railway in Japan

Up until now, the railway has contributed to the development of the city by advancing the railway development with consideration of city planning by building roads according to railways in urban development along the railway.

In 1910, Ikeda-Muromachi City of Mino-Arima Electric Railway was the first city to be developed based on the idea to develop railway together with residential area in Japan. From 1910 – 1960, 309 residential areas were developed by 14 private railway companies in Tokyo, Nagoya and Oosaka. In this period, an area was developed by applying land readjustment project by full acquisition system based on Land Consolidation Law. Land consolidation is a planned readjustment and rearrangement of land parcels and their ownership. It is usually applied to form larger and more rational land holdings. Land consolidation can be used to improve the rural infrastructure and to implement the developmental and environmental policies.

According to rapid population growth and urbanization, demand for residential development increased dramatically in the metropolitan areas. Housing Land Development Law was enacted in 1964. Rise of land price by area development created revenue for a railway operator through a real estate company which used to be one of group companies of the railway operator. Applying land readjustment project to provide good quality of infrastructure such as road, park, other open space, etc. are essential for the development.

2.1 Arrangement of urban development along the railway

The development in suburbs uses the land readjustment project to execute large-scale urban infrastructure improvement in the areas along railway development. In this case, the railway development and housing development are done at the same time. This is done mainly by a lead of private railway company, the railway company funds the land readjustment project in order to go under the condition that they will acquire the reserved land from the projects. The railway company then earns profits by developing the land or sells the land to private company to invest in businesses such as housing. The land readjustment project is also financed by the revenue obtained by train fare revenue generated from stabilized population and real estate. Private railway companies such as TOKYU Railway use this unique Japanese financial generation approach called "income internalization".

2.2 Mechanism of areas along railway development in Japan

In Japan, Many of private railway companies such as JR not only doing the business related to railway operation. But also doing various businesses related to areas around the station, such as a residential development, station complex development, and a feeder transport business.

The "income internalization" described in the foregoing paragraph, the management technique for making revenue, has been established by enforcing the land readjustment project in urban development for areas along railways. Residential development, station complex development and a feeder transport business became a part of the urban planning of area along railway.

3. Institutions involvement in urban development and planning in Thailand

3.1 Various systems related to urban development of Thailand

a) Railway development plan of Bangkok

The maintenance plan of the city suburban railway was planned for Bangkok in 1994 by land motor commission office (OMCL) which is the predecessor organization of office of transport and traffic policy and planning (OTP). Fig. 2 shows all seven routes of the suburban railway planned by OMCL, the BTS Green Line (BTS), MRT Blue line (MRT), and Suvarnabhumi Airport Rail Link (SARL) are now completed and operating. Many of completed routes are operating in the Bangkok central area. Most suburban railways that connect to city outskirts have become the focus of this project and are expected to be opened in 2014 and following years.

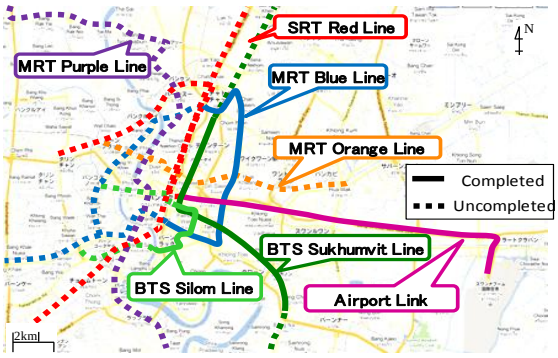


Fig.2 Route Map of Bangkok suburban rail network plan

b) The urban planning and zoning regulation of Thailand

An actual city planning of Bangkok is enacted by BMA in 1992, and the policy is announced that the sprawl of the city extension will be controlled by using building restrictions simultaneously with the regulation of land-use. However, in reality Thailand's urban planning law have no binding force like in Japan. The ministerial ordinance does not work because these zoning regulations and building regulations are very loosely regulated, regulations have become advantageous for developers and landowners.

c) The land use system of Thailand

As an integral policy improvement of traffic conditions and land use, the readjustment of town lots law was enacted in year 2004. Because regulations concerning the improvement of urban infrastructure of the land reallocation etc. do not exist in the urban planning and zoning Act of Thailand, the readjustment of town lots is the only method concerning improving urban infrastructure in Thailand.

3.2 Problem concerning urban development plan in Thailand

From the country development planning process, there are lacks of consideration on how to integrate and combine each individual plan. Unlike in Japan, urban planning of BMA didn't considered building density, zoning or floor and area ratio. The aspect of land use was developed unparallel to the aspect of transport and traffic planning, especially the railway development plan which was never been considered as a part of urban planning process. Therefore, it is difficult to implement railway development plan into a part of Bangkok's transport network. By the support from Japan, there is a collaboration plan focus on Traffic planning considering the land use. But to be able to put this plan in to use, this conformed plan has to be proven necessary for the urban development of Bangkok.

4. Field Survey & Interview Survey

In this study, to understand the decision making factors toward the urban development along railway and the current condition and problem in urban development along railway in the Bangkok city outskirts, the field survey was

conducted.

4.1 Field Survey

For this field survey, the survey will be conducted along the MRT Purple line (scheduled to be complete and operate in 2014) which connect Bangkok's inner city with outer skirt Nonthaburi district. The survey locations are shown in Fig. 3**.** In addition, GIS and satellite photos were used for the verification of the road situation and land use, for areas along MRT Purple line.

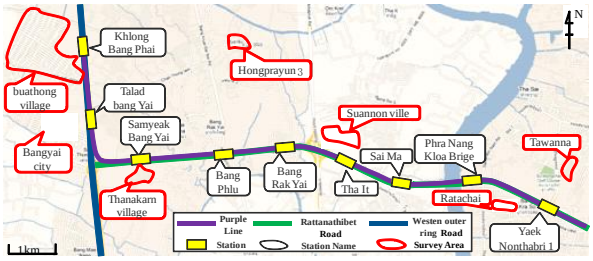


Fig.3 Locations of survey

4.2 Interview survey

Conducted during 4th-6th November 2010, the interview survey was conducted on 300 residents in 7 residential areas located along MRT Purple line. These residential areas are isolated from the main road. Topics of the interview survey are shown in Table 1.

The interview survey investigates MRT Purple line using behavior, this included transport mode and travel time needed to get to the nearest station and to work place, the reasons for the decision on using or not using MRT Purple line once completed. The interview survey also investigates residents attitude toward Land Readjustment project and reasons and decision factors on whether or not residents will participate in Land Readjustment project.

Table 1 Content of interview

Main Topics	Sub Topics
Using the MRT Purple Line	• Nearest station (transport mode, travel time) • Work place (office location, transport mode, travel time) • Use or not use the Purple line (reasons)
Knowledge about Land readjustment	–
Attitude toward Land readjustment project	• Reasons, supporting reasons
Participate or not participate in Land readjustment project	• Reasons, decision factors

4.3 Results of survey

a) Current state of urban infrastructure

As shown in **Fig.5**. From using land subdivision by permission from the authority, multiple land owners or housing project owner make road to give access to their land without the considering nearby areas. This resulted in unorganized road network of Sois (Soi is what Thais call a blind alley) where residents have to travel from their house to the main road in order to use public transport.

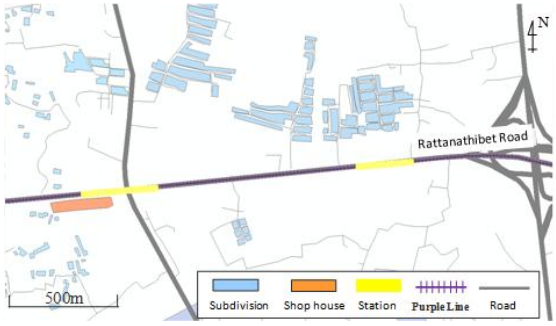


Fig.5 The current situation of areas along purple line

From Table 2, it can be seen that almost 70% of the area around the development of the MRT Purple line is undeveloped. So it can be assumed that the development of the MRT Purple line will not reach its full potential as expected if the residents around the area have difficulty accessing the station.

Table 2 Access roads of areas along MRT Purple line

Land Area Rate of Subdivision & Road (%)			Road Construction Rate (%)			Access Road (lines)		
Station sphere of influence (500m)	Station sphere of influence (1km)	Averages	Sub-division of dev. Area	Sub-division out of dev. Area	Averages	Direct connection to station	Station's sphere of influence	Average
70.6	71.4	71	28.7	7.11	11.4	2.2	5.7	10.4

Shown in Fig.5 is the travel behavior of residents of the area along MRT Purple line related to nearest stations and transport modes used. Bike taxi and Bus are the most popular mode to go to MRT Purple line stations. The distant from residential areas to nearest station can vary from very near (300m) to very far (2.4 kilometers).

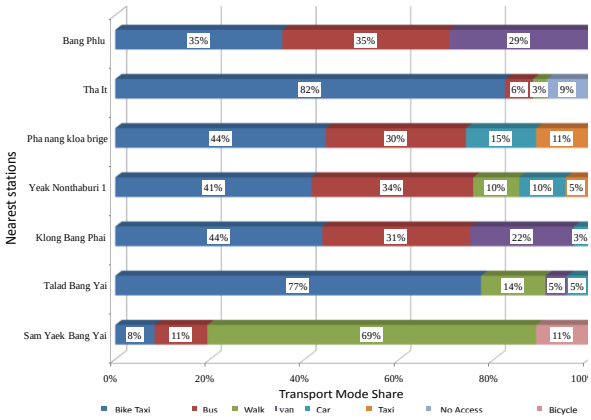


Fig.5 Travel behavior of residents residing along MRT Purple line

b) Resident's attitude toward land readjustment project

Figure 6 shows the residents' opinion toward the development of MRT purple line and Land readjustment project.

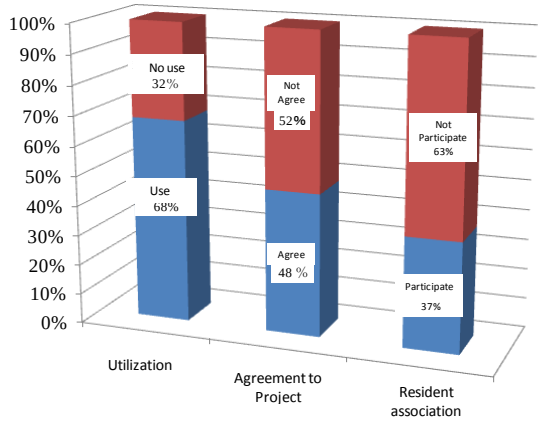


Fig.6 Result from interview survey

62% will use the MRT Purple line once it is completed. Around 40%-50% of the residents support and agree toward the development because they see it as a social improvement and a contribution to the community. A detailed explanation about the benefits of the Land readjustment is necessary to convince disagreed residents to join the project.

5. Ideal urban development for areas along railway in Bangkok

From the study in previous chapters, the urban development of Bangkok needs to focus on the development of railway as main consideration factor. From the interview survey, Para-transit and bus become the preferred transportation mode to go the nearest station. The development of the station square becomes essential to provide space for these feeder transports. There is some distance between stations and residential areas and the roads that connected them cannot be use efficiently.

Therefore, in terms of urban planning, it is necessary to improve the access to the stations and make use of station's surrounding areas for infrastructure improvements.

For the introduction of Land readjustment project, only half of the interviewed residents agree to participate in Land readjustment project. It is impossible in this current situation to implement the Land readjustment project since at least two out of three land owners must participate to be able to enforce the project.

The Land readjustment rule must be adjust to be more suitable for Thailand case where people are more attract to monetary factors such as profits and increase in land value. So instead of buying out all existing property owners or using eminent domain, the land readjustment agency could invites land owners to become stakeholders and to contribute their real assets to the project as investment capital. And in return, the Land readjustment agency promises to give each owner a land site of at least equal value in the project vicinity of the original site upon the completion of the redevelopment. The land owners take parts in the design of the master plan by approving the re-subdivision of the combined land once all properties in the project are readjusted. This method does not require the agency to have large amount of funds to buy out existing owners or government assistance to acquire land compulsorily. By making land owners become a part of the investment and improving properties' infrastructures in the same process, the total benefits received by participating in Land readjustment project can encourage land owners to voluntary join the project.

6. Conclusion

Based on the contents stated above, in the same area as shown in Figure 5, the readjustment was conducted with GIS. The result is shown in Fig.8.

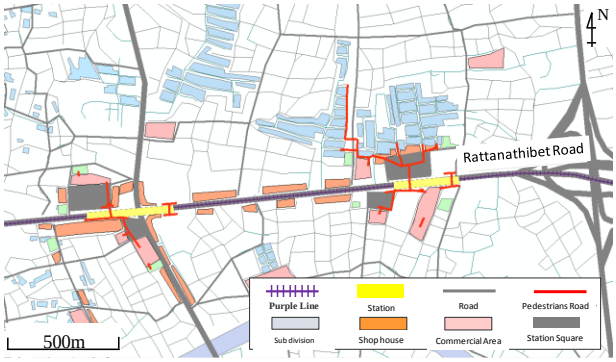


Fig.8 Land readjustment by GIS

In this research, from studying the current urban development policy of BMA based on railway development plan as a guild line for urban development of areas long railway, it can be assumed that, most of residential areas are far from the stations and the access roads that residents are using to get to the stations are not being use efficiently. From the conducted survey, residents tend to use para-transits and bus to go to the stations. So the free space in front of the stations is essential to support these feeder transportations.

So in conclusion:

1) By investigating the residents' access to the stations, the free space to be use as pick-up and drop-off point is necessary.

2) Realized by this study, urban planning of BMA from now on should focus on finding an ideal regulation to deal with an unorganized and loosen land use method of private companies and private land developers while continue to focusing on railway development as the main consideration.

Note: This paper is a modified version of a paper "Possibility of Urban Development along Newly Constructed Suburnban Railway in Bangkok" presented at 43th annual Civil planning research symposium held in the University of Tsukuba and held by JSCE.

References

[1] Hino Yuuji: An Empirical research on transfer-ring land readjustment technology to Thailand.

[2] Land Readjustment a Win-Win Strategy for Sustainable Urban Development, Rainer MÜLLER-JÖKEL, Germany

[3] Analyzing Land Readjustment-Economics, Law, and Collective Action, Edited by Y u H unghong and Barrie Neddham, Lincoln institute of Land Policy, Cambridge Massachusetts, 2007

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้าของบริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพจำกัด (มหาชน)

Land-Use Transformation around Bangkok Transit System's Stations

Paper Identification number: SCS11-005

อายุวัฒน์ จิตประเสริฐ

Aryuwat Jitprasert

ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 0-2218-4441 โทรสาร 0-2218-4440

E-mail: aryuwatj@gmail.com

บทคัดย่อ

ภายหลังที่รถไฟฟ้าสายเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา (BTS) ของบริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ได้เปิดให้บริการตั้งแต่ พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา ทำให้รูปแบบการเข้าถึงพื้นที่ของกรุงเทพมหานครเปลี่ยนแปลงไป พื้นที่รอบสถานีรถไฟฟ้า BTS มีการเข้าถึงดีกว่าพื้นที่อื่นโดยเปรียบเทียบ จึงเกิดความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมบางประเภท นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้า BTS อย่างต่อเนื่อง ภายหลังที่มีโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งทางรางผ่านเข้ามาในเนื้อเมืองทำให้เร่งการเปลี่ยนแปลง (Positive Attractor) เกิดแผนงาน โครงการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูเมืองและระบบขนส่ง การให้บริการของรถไฟฟ้าทำให้เกิดความหลากหลายของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงบนพื้นที่บริการโดยรอบสถานีรถไฟฟ้า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตลอดจนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างบริบทต่างๆ กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้า ผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า 25 สถานีมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละบริบทของตนเอง อิทธิพลหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงบนพื้นที่บริการรอบสถานีรถไฟฟ้าประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน การคมนาคมขนส่งและโครงข่าย ตลอดจนเศรษฐกิจและสังคม โดยมีลักษณะเด่นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบทุกสถานีเป็นประเภทผสม พาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยตามลำดับ โครงข่ายการให้บริการขนส่งจะมีระบบป้อนผู้โดยสาร เช่น รถโดยสารประจำทาง รถตู้ แท็กซี่ จักรยานยนต์รับจ้าง การเชื่อมโยงของโครงข่ายถนนมีทุกลำดับศักย์ (หลัก รอง และซอย) และมีหาบเร่แผงลอยกระจายตัวอยู่โดยรอบ

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์ที่ดิน, บริบทการเปลี่ยนแปลง, พื้นที่บริการรอบสถานีรถไฟฟ้า, ปัจจัยอิทธิพล

Abstract

After the BTS Skytrain became commercially operative in 1999, the type of access in Bangkok has been changed since then. Surrounding area of BTS is easier to access compared to other areas, thereby inducing demand for land use and some activities and relatively leading to the continuous transformation of land use around the BTS stations. The rail system infrastructure emerging in the urban areas has triggered a positive attractor, planning, and project development related to the rehabilitation of city and transport system. The Skytrain service has generated a diversity of factors influencing the land use transformation. The purpose of this research is to study the nature of land use transformation in the Skytrain's catchment areas and the influence factors in the land use transformation, as well as to expound the relationship between the context and land use transformation in the Skytrain's catchment areas. An initial study result suggests that, among all, 25 stations have a different change pattern in their very own context. There are three key factors influencing the land use transformation in the Skytrain's catchment areas, consisting of land use, transportation and network, and social and economic factors. The most evident changes in such land utilization are mixed-use, commercial and residential developments, respectively. Transport service network encompasses the passenger feeders such as buses, vans, taxis, and motorcycle taxis. The road network is integrated at every rank (primary road, secondary road and soi), with street vendors scattered around.

Keywords: Land-Use, Transformation, Catchment Area, Influence Factors

1. คำนำ

การเปิดให้บริการรถไฟฟ้าสายเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา (BTS) ของบริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่ พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา ทำให้รูปแบบการเข้าถึงพื้นที่ของกรุงเทพมหานครเปลี่ยนแปลงไป พื้นที่รอบสถานีรถไฟฟ้า BTS มีการเข้าถึงดีกว่าพื้นที่อื่นโดยเปรียบเทียบ จึงเกิดความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมบางประเภท นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้า BTS อย่างต่อเนื่อง ซึ่งแต่ละสถานีมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละบริบทของตนเอง

โครงข่ายคมนาคมโดยรอบสถานีรถไฟฟ้า (Nodes of Public Transport) และการเติบโตของเมืองอย่างรวดเร็วแบบ Linear City Model ในประเทศกำลังพัฒนาเป็นผลมาจากการบูรณาการการวางแผนในสององค์ประกอบหลัก ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน (LAND-USE) และการขนส่ง (TRANSPORTATION) (Rabinovitch, 1992; Rabinovitch,1996; Girardet, 1992; Haughton and Hunter, 1994; Newman, 1996 อ้างใน Smith และ Raemaekers, 1998) การขนส่งทางรางในเขตเมืองเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงแบบ Linear Model (Wiley and Sons, 2006) ซึ่งเดิมพื้นที่เขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูงอยู่แล้ว ภายหลังที่มีโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งทางรางผ่านเข้ามาในเนื้อเมืองทำให้เร่งการเปลี่ยนแปลง (Positive Attractor) เกิดแผนงาน โครงการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูเมืองและระบบขนส่ง สอดคล้องกับ Haywood (2005) Verhetsel และ Vanelslander (2010) (อ้างใน Zemp และ Scholz, 2010) ที่กล่าวว่า การให้บริการของรถไฟฟ้าทำให้เกิดความหลากหลายของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบกับความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเปลี่ยนแปลงและปัจจัยอิทธิพลสำคัญบนพื้นที่บริการรอบสถานีรถไฟฟ้าเกิดจากการให้บริการของรถไฟฟ้าหรืออิทธิพลอื่น และความแตกต่างของแต่ละพื้นที่รอบสถานีรถไฟฟ้า (Catchment Area) ตลอดจนมิติด้านเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันยังขาดการอธิบายเงื่อนไขที่คลี่คลายปรากฏการณ์ดังกล่าว

การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพมหานครในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงจากอิทธิพลและปัจจัยในหลายด้านทั้งจากนโยบายการวางแผนของภาครัฐ ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์การควบคุมตามแผนผังกำหนดการใช้ที่ดินที่ออกโดยรัฐบาลท้องถิ่น การถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดิน โครงข่ายการเชื่อมต่อของระบบคมนาคม ตลอดจนปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมได้ปรับเปลี่ยนผ่านช่วงเวลาที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ ระบบขนส่งสาธารณะทางรางเป็นองค์ประกอบสำคัญหนึ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในสหรัฐอเมริการะบบขนส่งทางรางได้รองรับการเดินทางให้กับประชากรทุกพื้นที่ของมหานคร จะเห็นได้ว่าปลายศตวรรษที่ 19 และต้นศตวรรษที่ 20 หลายเมืองสำคัญ ในสหรัฐอเมริกา อาทิ นิวยอร์ก บอสตัน และชิคาโก ได้สร้างสิ่งก่อสร้างในทางตั้ง (Built Up) รอบระบบขนส่งเชื่อมต่อหลายรูปแบบ (Multi-Modal Transit Systems) ซึ่งรวมถึงรถไฟฟ้าใต้ดิน รถไฟฟ้าระดับถนน และรถยนต์ โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม (Mixed Use) ในบริเวณระบบขนส่งดังกล่าวเพื่อรองรับการเดินทางแบบเดินเท้าและลดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลเข้าไปในบริเวณสถานีเชื่อมต่อการเดินทางดังกล่าว (Capitol Region Council of Governments, 2006 : 1) ประกอบกับยังมีนักวางแผนได้กล่าวอีกว่า การขนส่งทางรางที่สามารถขนคนต่อเที่ยวการเดินทางได้สูงสุดนั้นทำให้มีข้อได้เปรียบในการพัฒนาการใช้ที่ดิน (Land-use Development) ตามแนวรางจึงส่งผลให้ผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์ได้ลงทุนสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกแบบถาวร (Permanent Facility) จำนวนมากบริเวณสถานีรถไฟ (Black 1995 : 125)

การสร้างสิ่งก่อสร้างถาวรจำนวนมากตลอดสายทางของระบบรางโดยเฉพาะอย่างยิ่งรอบสถานีรถไฟด้วยแล้ว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงในทางเศรษฐกิจสังคมไปจากเดิมเมื่อเทียบกับการไม่มีระบบขนส่งทางรางให้บริการ สอดคล้องกับ Reusser และคณะ (2008 : 191) ได้กล่าวว่า สถานีรถไฟเป็นส่วนสำคัญในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและชี้นำการพัฒนาอย่างยั่งยืน ยิ่งไปกว่านั้น ปรากฏการณ์ในหลายมิติทางกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม อันเนื่องมาจากระบบรางที่ชี้ชัดประเด็นสำคัญด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้อย่างชัดเจนและเป็นในแนวทางเดียวกันในหลายงานวิจัยและหลายช่วงเวลา (Meyer และ Miller, 2001 : 132-133) สรุปประเด็นการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

- เกิดการลงทุน พัฒนาที่ดินและเพิ่มมูลค่าอสังหาริมทรัพย์อย่างรวดเร็วกว่าบริเวณอื่น
- เกิดการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม มีการเข้าถึงบริการได้ง่ายและพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณผู้สัญจรร้อยละ 3 -3.5
- เกิดข้อกำหนดให้มีการลงทุนบริเวณสถานีในย่านใจกลางธุรกิจสำคัญ (CBD) ได้
- เพิ่มความหนาแน่นของประชากรบริเวณสถานีเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่นที่ไม่มีสถานีรถไฟ
- เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่ส่งผลต่อชุมชน และรูปทรงของการเจริญเติบโตภายในรัศมี 0.25 ไมล์
- เกิดความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างความหนาแน่นของการใช้ที่ดินประชากร การจ้างงานและเกิดเที่ยว การสัญจรจำนวนมาก
- เกิดการดึงดูดการเดินทางบริเวณสถานี
- เกิดการเปิดพื้นที่เพื่อเข้าถึงบริเวณสถานีอย่างรวดเร็วมากกว่าพื้นที่การเข้าถึงแบบอื่นๆ
- มูลค่าทรัพย์สินที่ดินใกล้สถานีรถไฟสูงกว่าบริเวณที่ไม่อยู่ใกล้สถานี
- มูลค่าที่ดินใกล้สถานีเพิ่มขึ้น และเพิ่มอย่างก้าวกระโดด
- ชุมชนละแวกสถานีรถไฟได้รับผลประโยชน์จากการเข้าถึงและมูลค่าที่ดินสูงถึงร้อยละ 50

- เกิดผู้ซื้อที่อยู่อาศัยใหม่บริเวณการให้บริการของสถานีสูงถึงร้อยละ 43
- เกิดการพัฒนาให้มีศูนย์กลางการจ้างงานในเขตเมืองขึ้นซึ่งส่งผลต่อระดับนโยบายด้วย
- เกิดที่อยู่อาศัยแบบความหนาแน่นน้อย และเกิดการเชื่อมต่อกับศูนย์กลางการจ้างงาน
- ผลจากการพัฒนาตามแนวระบบราง ทำให้มีการวัดค่าความเข้มแข็งในการจะเป็นศูนย์กลางเมือง (Central city) และพบว่ามีความแตกต่างกับบริเวณที่ไม่มีสถานีรถไฟซึ่งอาจทำให้บริเวณที่ไม่มีสถานีรถไฟถูกลดระดับการเป็นศูนย์กลางได้ในที่สุด

ข้อโต้แย้งที่สำคัญซึ่ง Meyer และ Miller (2001 : 132-133) กล่าวว่า "ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ที่นำสู่การเติบโตสุทธิของเมืองและเศรษฐกิจบริเวณพื้นที่รอบสถานีรถไฟ และไม่ปรากฏการยืนยันอย่างชัดเจนว่า มีเงื่อนไขใดที่แสดงว่าการมีสถานีรถไฟจะส่งผลต่อการเติบโตของย่านพาณิชยกรรมสำคัญ (CBD)" สำหรับการพัฒนาเมืองเชิงเปรียบเทียบแล้วระบบขนส่งทางรางจะดึงดูดโครงการก่อสร้าง กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ เมื่อมีการเข้าถึง (Accessibility) ได้ดีขึ้นจะดึงดูดการพัฒนาจากรอบนอกรัศมีการให้บริการของรถไฟฟ้าเข้ามา กล่าวคือ ระดับการพัฒนาสุทธิของเมืองเท่าเดิม แต่เกิดการกระจุกตัว (Compress) บริเวณแนวรถไฟฟ้ามากขึ้น และจากปรากฏการณ์ของระบบรถไฟฟ้าในกรุงเทพมหานครที่แตกต่างจากต่างประเทศ ซึ่งรถไฟฟ้าไม่ได้เป็นระบบขนส่งสาธารณะหลักอย่างแท้จริง (Trunk Line System) แต่ก็สามารถดึงดูดโครงการลงทุนแบบถาวรแนวตั้งจำนวนมากตลอดแนวราง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรัศมีโดยรอบจากศูนย์กลางสถานีรถไฟฟ้า (Catchment Area) ได้ เมื่อพิจารณาประเด็นที่ชี้ชัดขึ้นในพื้นที่ให้บริการรอบสถานีรถไฟฟ้าพบว่า การพัฒนาพื้นที่เพื่อส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชน (Transit Oriented Development : TOD) ซึ่ง Capitol Region Council of Governments (2002 : 5-4) ได้กล่าวว่ามีเอกสารและงานวิจัยจำนวนมากที่สรุปว่า TOD เป็นเกณฑ์สำคัญของการวางแผนระบบขนส่งทางรางในเมือง

การพัฒนาพื้นที่เพื่อส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชน ได้เกิดขึ้นในสหรัฐอเมริการะหว่างคริสต์ศตวรรษ 1970 ถึง 2000 เนื่องจากมีการลงทุนก่อสร้างระบบขนส่งทางรางในระดับภูมิภาคขึ้นใน San Francisco, Washington D.C. และ Atlanta และยังลงทุนระบบขนส่งทางรางขนาดเบา (Light Rail Transit) ใน San Jose, Los Angeles, Dallas, Seattle, Boston, St. Paul, Portland (Oregon) และเมืองอื่นหลายแห่ง เมื่อระบบรางต่อเชื่อมกันอย่างกว้างขวางแล้วก็มีความเชื่อว่ามูลค่าทรัพย์สินโดยรอบทางแยกถนนทางหลวงจะเพิ่มขึ้นและ ราคาที่ดินบริเวณสถานีขนส่งจะเพิ่มขึ้นด้วย รวมทั้งดึงดูดที่อยู่อาศัยแบบความหนาแน่นสูง สำนักงาน และโรงแรมแต่กลับไม่เป็นเช่นนั้น สิ่งที่เกิดขึ้นกลับกลายเป็นมูลค่าทรัพย์สินของที่อยู่อาศัยรอบสถานีขนส่งเพิ่มขึ้นในพื้นที่เมืองหลวง โดยเป็นที่อยู่อาศัยแนวตั้งและมีความหนาแน่นของการจ้างงาน ยิ่งไปกว่านั้น เป็นการพัฒนา ระบบขนส่งในรูปแบบที่กะทัดรัดขึ้น (Compact) และส่งเสริมการเดินเท้า สำหรับมูลค่าทรัพย์สินที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัยจะสูงขึ้นโดยรอบสถานีขนส่งในย่านใจกลางเมือง และยังพบว่าย่านพาณิชยกรรมขนาดรองที่ติดกับสถานีขนส่งบางแห่งมีการเพิ่มขึ้นของมูลค่าที่ดินถ้าอยู่ในที่ตั้งที่เชื่อมต่อระบบราง และระบบขนส่งอื่นเป็นอย่างดี ในทางกลับกันบางย่านสถานีขนส่งก็ไม่ได้มีมูลค่าที่ดินโดยรอบที่สูงขึ้น รวมทั้งไม่มีผลต่อมูลค่าที่ดินและดึงดูดการเติบโตในพื้นที่นั้นมากเท่าไร (Capitol Region Council of Governments, 2002 : 5-2)

กรณีศึกษาการเปลี่ยนแปลงรอบสถานีรถไฟในต่างประเทศ เช่น ในสหรัฐอเมริกามีเพิ่มเติมว่า การวางแผนรอบสถานีรถไฟฟ้าบนแนวคิดของ TOD ที่ประสบความสำเร็จส่วนใหญ่จะอยู่ภายใต้แผนระยะยาวบริเวณพื้นที่สถานีรถไฟ เช่น Downtown Bethesda, Maryland ในเมือง Washington DC (Capitol Region Council of Governments, 2002 : 5-12) และยังพบว่าพื้นที่ในรัศมีครึ่งไมล์ (ระยะ 800 เมตร) โดยรอบสถานีจะมีโครงข่ายถนนที่เป็นไปตามลำดับศักย์ที่ดีมากจึงมีโอกาสในการพัฒนาตลอดแนวสายทาง (http://www.bart.gov/docs/planning/BayFairCSP) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ให้บริการในแต่ละที่ตั้งของสถานีรถไฟฟ้าจะมีบริบทและรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงอย่างไรทำให้จะได้กล่าวต่อไป

2. ทฤษฎีและแนวคิด

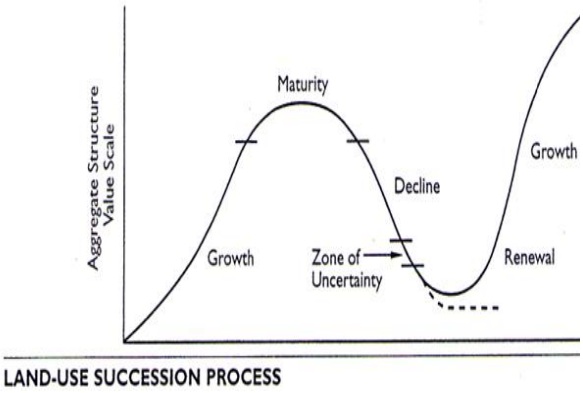
การอธิบายและคลี่คลายปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสถานีรถไฟฟ้า ในกรุงเทพมหานคร บทความนี้จะอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีและแนวคิด ดังนี้

2.1 ทฤษฎีพื้นที่บริการ (Catchment Area) ที่เข้าถึงสินค้าและบริการโดยมีเส้นทางโยงเข้าสู่จุดศูนย์กลางเดียวกัน แสดงถึงขนาดและขอบเขตพื้นที่บริการที่สัมพันธ์กับขนาดของประชากรหรือตัวชี้วัดอื่นของแต่ละพื้นที่ โดยที่ตั้งที่มีระยะทางใกล้กับศูนย์กลางการให้บริการจะมีอิทธิพลสูงและลดลงตามระยะทางที่ห่างออกจากจุดศูนย์กลางไปตามลำดับ ในที่นี้ สถานีรถไฟฟ้า เป็นศูนย์กลางการเข้าถึงบริการจึงนำมาประยุกต์ได้ (Taaffe, Gauthier และ O'Kelly : 1996) โดยมีรัศมีการให้บริการภายใน 400 เมตร

2.2 ทฤษฎี Land Use Pattern ประกอบด้วย Linear Pattern, Cluster Pattern และ Hierarchical Pattern ซึ่งมีประเด็นเกี่ยวข้องกับทำเลที่ตั้ง ขนาดแปลงที่ดิน และระยะห่างระหว่างที่ตั้งที่มีผลต่อปัจจัยทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และทรัพยากร (Hartshorn, 1992, Harris และ Ullman, 1945 อ้างใน American Planning Association, 2006 : 399)

2.3 ทฤษฎีสัณฐานวิทยาเมือง (Urban Morphology) กล่าวถึง 3 องค์ประกอบหลัก (Fundamental Components) ในการวิเคราะห์ สัณฐานเมืองและรูปทรงของชุมชนเมือง (Urban Form) ได้แก่ Form (ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ : ที่ว่าง (Spaces) แปลงที่ดิน (Lots) และถนน) Resolution (ประกอบด้วย 4 ส่วน : แปลงที่ดินอาคาร (Building/Lot) กลุ่มอาคาร (Street/Block) เมือง (City) และระดับภาค (Region)) และองค์ประกอบสำคัญสุดท้ายก็คือ เวลาซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนรูป (Transformation) และการแทนที่ (Replacement) ของรูปทรงชุมชนเมือง (Urban Form) อย่างต่อเนื่องด้วย Form และ Resolution ได้ (American Planning Association, 2006 : 401)

2.4 แบบจำลองวงจรการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Life-Cycle Model of Land-use Change) แสดงถึงความต่อเนื่องของพื้นที่ซึ่งเปลี่ยนแปลงอันเนื่องจากการพัฒนาและการเสื่อมถอย แบบจำลองนี้พัฒนาโดย Richard B.Andrews นักเศรษฐศาสตร์ที่ดิน แบบจำลองจะอธิบายปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของชุมชนระดับพื้นที่ได้ (American Planning Association, 2006 : 403)



รูปที่ 1 แบบจำลองวงจรการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Life-Cycle Model of Land-use Change)
ที่มา: Wiley and Sons, 2006

2.5 แนวคิดการพัฒนาพื้นที่เพื่อเกิดการส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชน (Transit-Oriented Development : TOD) เป็นแนวคิดที่ใช้ในการวางแผนบนหลักการให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม (Mixed Use) ระหว่างย่านพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัย ที่กระจายตัวรอบสถานีขนส่งและตลอดแนวสายทางการให้บริการ โดยมุ่งเน้นการประสานร่วมกันระหว่างการใช้ที่ดินและการขนส่งเพื่อให้ที่ดินและสาธารณูปโภคถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ (Capitol Region Council of Governments, 2006 : 1) โดยความหลากหลายของการใช้ประโยชน์ที่ดินและการพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้ง การถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดิน (ภาครัฐและเอกชน) ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต ปัจจุบันและอนาคต ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ประเภทการใช้ที่ดินที่ออกโดยรัฐบาลท้องถิ่น โครงข่ายการเชื่อมต่อของระบบคมนาคม ที่ตั้งและประเภทการให้บริการสาธารณะ (Public Services) สิ่งอำนวยความสะดวก ความหนาแน่น ราคาที่ดิน ขนาดแปลงที่ดิน และการใช้ประโยชน์อาคาร เป็นต้น

3. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสถานีรถไฟฟ้า BTS ของกรุงเทพมหานคร โดยอาศัยปัจจัยและอิทธิพลที่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ในเบื้องต้นโดยคัดเลือกสถานีและพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟฟ้าสายเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา (สายสีเขียว) หรือ BTS ภายในรัศมีการให้บริการวัดจากศูนย์กลางสถานีออกไป 400 เมตร ในรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการรอบสถานีรถไฟฟ้าบนบริบทที่แตกต่างหรือคล้ายกัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของการค้นหาและอธิบายเงื่อนไขที่จะคลี่คลายปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้า BTS ในกรุงเทพมหานครภายหลังการให้บริการรถไฟฟ้าว่าเป็นอย่างไร และเกิดจากปัจจัยใด จากกรอบแนวความคิดนำมาสู่การกำหนดระเบียบวิธีวิจัยให้เหมาะสมของการศึกษา โดยศึกษาเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยมีลักษณะวิจัยผสมผสานวิธี (Two-Phase Design) คือ ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) ใช้แบบสำรวจ แบบสัมภาษณ์ และแบบสอบถาม รวมทั้งใช้แบบบันทึกภาคสนามในกรณีมีการบันทึกข้อสังเกตต่างๆ มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

4.1 การทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 การศึกษาภาพรวมของพื้นที่ศึกษา

4.3 การกำหนดพื้นที่ศึกษา

4.4 การจำแนกพื้นที่รอบสถานีรถไฟฟ้า และที่ตั้งของสถานีรถไฟฟ้า

4.5 การกำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย โดยคัดเลือกสถานีรถไฟฟ้าของบริษัทขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) หรือ BTS ซึ่งประชากร คือ การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสถานีรถไฟฟ้า BTS ทั้งหมด 25 สถานี และจะทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน และแปลงที่ดินโดยรอบสถานีรถไฟฟ้าภายในรัศมี 400 เมตร

4.6 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกตการณ์

4.6.1 การสร้างแบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบสำรวจและสังเกตการณ์ โดยสร้างจากแนวคิดของทฤษฎีและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้สัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

4.6.2 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์

4.6.2.1 โปรแกรมประยุกต์ระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS)

4.6.2.2 โปรแกรมประยุกต์เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ

4.6.2.3 ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน โครงข่ายคมนาคมทางภูมิศาสตร์สารสนเทศ

4.6.2.4 ภาพถ่ายทางอากาศ

4.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.8 การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น

4.8.1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ จะมีการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

4.8.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพในพื้นที่ศึกษา จะนำข้อมูลจากเอกสาร ชั้นข้อมูลแผนที่สารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ภาพถ่ายทางอากาศ การสำรวจ สัมภาษณ์บันทึกสิ่งที่เปลี่ยนแปลงทางกายภาพ การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) การซ้อนทับปัจจัยทางกายภาพลงในแผนที่โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS) การเก็บข้อมูลประเภทระเบียบกฎเกณฑ์ ข้อกำหนดและความหมายเพื่อนำสู่กระบวนการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่เชื่อมโยงไปถึงทฤษฎีเพื่อ “ให้ความหมาย” แก่ข้อมูลที่ได้มาโดยใช้วิธีสร้างข้อสรุป หรือชุดเงื่อนไข โดยจะต้องเลือกเหตุการณ์ที่เป็นกุญแจสำคัญขึ้นมาในที่นี้หมายถึงปรากฏการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้าที่ขัดแย้งกับทฤษฎีแล้วเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์นั้นกับเหตุการณ์ทั้งหมด ตลอดจนประมวลผลแต่ละรูปแบบที่พบเป็นหมวดหมู่ ตามวัตถุประสงค์การศึกษา แล้วสรุปวิเคราะห์เป็นภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสถานีรถไฟฟ้า ปัญหาและความต้องการของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ สรุปโครงสร้างของเหตุการณ์นั้นไปประยุกต์อธิบายโครงสร้างของปรากฏการณ์ภาพรวม (สุภางค์ : 2539)

4.9 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.10 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษา

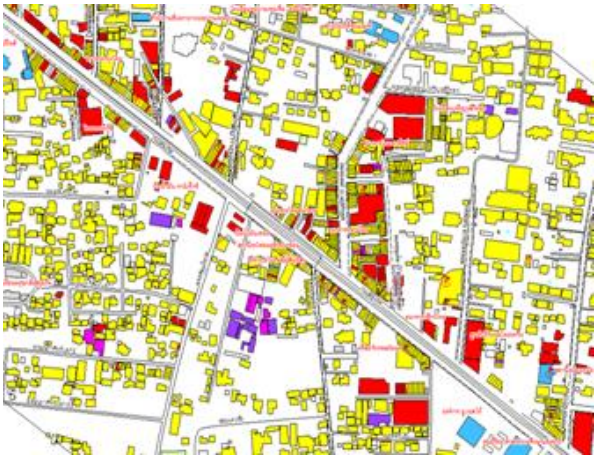
5. ผลการวิจัย

การวิจัยนี้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของสถานีรถไฟฟ้า **BTS** ที่มีบริบทแตกต่างและคล้ายกันเพื่อเปรียบเทียบปรากฏการณ์ในแต่ละที่ตั้งของสถานี หลังจากนั้นนำผังการใช้ประโยชน์ที่ดินและผลจากการสำรวจ 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ กายภาพสิ่งแวดล้อม (Physical and Environment) โครงข่ายคมนาคมขนส่ง และเศรษฐกิจ-สังคม (Socio-Economic) และคัดกรองปัจจัยอิทธิพล อาทิ ทำเลที่ตั้งสถานีรถไฟระยะทางการเข้าถึง ความหนาแน่นของอาคาร ความหนาแน่นของประชากร ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะกิจกรรมในพื้นที่ราคาที่ดิน การส่งเสริมทางการตลาด ลำดับศักย์ของโครงข่ายถนน ระบบขนส่งขนาดรอง รายได้ การถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดิน ประเภทครัวเรือนและขนาดแปลงที่ดินโดยรอบสถานีมาวิเคราะห์และพรรณนาข้อค้นพบเบื้องต้นจำนวน 4 สถานีกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าอารีย์ สถานีรถไฟฟ้าทองหล่อ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง และสถานีรถไฟฟ้าเพลินจิต

5.1 สถานีรถไฟฟ้าอารีย์

พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัยเป็นลักษณะเด่น ประเภทพาณิชยกรรมและประเภทผสมมีลักษณะรอง และตั้งอยู่ใกล้กับแนวการให้บริการรถไฟฟ้า รวมทั้งมีประเภทสถาบันให้บริการของรัฐต่างๆ สถาบันการศึกษา และบริการโครงสร้างพื้นฐานกระจายตัวอยู่ในพื้นที่บริการ สำหรับองค์ประกอบทางสังคมและเศรษฐกิจพบว่ามีหาบเร่แผงลอย และจักรยานยนต์รับจ้างอยู่ในรัศมี 50 เมตร จากทางขึ้นลงรถไฟฟ้า และที่ตั้งของสถานีเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก สายรอง และซอย รวมทั้งมีระบบป้อนผู้โดยสาร เช่น รถโดยสารประจำทาง รถตู้ แท็กซี่อีกด้วย (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 เปรียบเทียบภาพถ่ายทางอากาศ และผังการใช้ที่ดินบริเวณสถานีรถไฟฟ้าอารีย์ เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร ปี 2009
ที่มา: ผู้วิจัย, http://www.google.com/earth/index.html และกองสำรวจและแผนที่ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 3 เปรียบเทียบภาพถ่ายทางอากาศ และผังการใช้ที่ดินบริเวณสถานีรถไฟฟ้าทองหล่อ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร ปี 2009
ที่มา: ผู้วิจัย, http://www.google.com/earth/index.html และกองสำรวจและแผนที่ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร

5.2 สถานีรถไฟฟ้าทองหล่อ

ข้อค้นพบใน 3 องค์ประกอบหลักในพื้นที่ให้บริการของสถานีรถไฟฟ้าทองหล่อมีลักษณะคล้ายคลึงกันกับสถานีรถไฟฟ้าอารีย์แต่มีประเภทการใช้ที่ดินด้านนันทนาการคือสวนสาธารณะ และอุตสาหกรรมขนาดเล็กเพิ่มขึ้นมา (รูปที่ 3)

5.3 สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง

พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมมีลักษณะเด่นและตั้งอยู่ชิดกับแนวรางและสถานี ประเภทการใช้ที่ดินลักษณะรองได้แก่ สถาบัน การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมและนันทนาการเนื่องจากมีพื้นที่ขนาดใหญ่ของสวนลุมพินี และยังพบว่าที่อยู่อาศัย สถาบันการศึกษาตั้งกระจายตัวอยู่รอบนอกถัดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรม สำหรับองค์ประกอบทางสังคมและเศรษฐกิจ พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกันกับสถานีรถไฟฟ้าอารีย์ และทองหล่อ ก็คือมีหาบเร่แผงลอย จักรยานยนต์รับจ้างอยู่ภายในรัศมี 50 เมตร จากทางขึ้นลงรถไฟฟ้า เชื่อมโยงโครงข่ายถนนสายหลัก สายรอง และซอย และมีระบบขนส่งผู้โดยสาร เช่น รถโดยสารประจำทาง รถตู้ แท็กซี่เช่นเดียวกัน (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 เปรียบเทียบภาพถ่ายทางอากาศ และผังการใช้ที่ดินบริเวณสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร ปี 2009
ที่มา: ผู้วิจัย, http://www.google.com/earth/index.html และกองสำรวจและแผนที่ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร

5.4 สถานีรถไฟฟ้าเพลินจิต

ข้อค้นพบในพื้นที่ให้บริการของสถานีรถไฟฟ้าเพลินจิตบนพื้นฐาน 3 องค์ประกอบหลัก พบว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกันกับสถานีรถไฟฟ้าศาลาแดง ก็คือมีประเภทพาณิชยกรรมเป็นลักษณะเด่นและตั้งอยู่ชิดกับแนวรางและสถานี แต่ประเภทการใช้ที่ดินแบบผสมและที่อยู่อาศัยมีลักษณะรองถัดออกมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรม และมีสถาบันการศึกษา สถาบันให้บริการของรัฐ และนันทนาการกระจายตัวอยู่ในรอบนอก สำหรับองค์ประกอบทางสังคมและเศรษฐกิจพบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกันกับสถานีรถไฟฟ้าอารีย์ ทองหล่อ และศาลาแดง (รูปที่ 5)

รูปที่ 5 เปรียบเทียบภาพถ่ายทางอากาศ และผังการใช้ที่ดินบริเวณสถานีรถไฟฟ้าเพลินจิต เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร ปี 2009
ที่มา: ผู้วิจัย, http://www.google.com/earth/index.html และกองสำรวจและแผนที่ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร

สามารถจัดกลุ่มสถานีรถไฟฟ้าทั้ง 4 แห่ง ได้ 2 ประเภท โดยกลุ่มที่ 1 ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าอารีย์และสถานีรถไฟฟ้าทองหล่อมีประเภทการใช้ที่ดินแบบอยู่อาศัยเด่นกว่าพาณิชยกรรมและอยู่ชิดกับตัวสถานีและถัดออกไปก็จะมีการใช้ที่ดินประเภทอื่น และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ สถานีรถไฟฟ้าศาลาแดงและสถานีรถไฟฟ้าเพลินจิตมีประเภทการใช้ที่ดินพาณิชยกรรมเป็นลักษณะเด่นและอยู่ติดกับสถานีรถไฟฟ้า สำหรับประเภทการใช้ที่ดินอื่นก็จะอยู่ถัดออกไป แต่พบว่ามีกิจกรรมโดยรอบพื้นที่บริการที่เหมือนกันทุกสถานีก็คือมีหาบเร่แผงลอย การให้บริการจักรยานยนต์รับจ้างอยู่ภายในรัศมี 50 เมตร จากทางขึ้นลงรถไฟฟ้า และที่ตั้งของสถานีเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก สายรอง และซอย รวมทั้งมีระบบป้อนผู้โดยสาร เช่น รถโดยสารประจำทาง รถตู้ แท็กซี่

5. อภิปราย และสรุป

อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละที่ตั้งของสถานีรถไฟฟ้ามีทั้งลักษณะที่แตกต่างกัน และคล้ายคลึงกันในแต่ละบริบทพื้นที่ กิจกรรม การเปลี่ยนรูปทางกายภาพ สังคม-เศรษฐกิจ สามารถอธิบายด้วยทฤษฎีพื้นที่บริการ (Catchment Area) ที่ผู้ใช้บริการเข้าถึงสินค้าและบริการโดยมีโครงข่ายถนนแต่ละประเภทเชื่อมโยงเข้าสู่จุดศูนย์กลางเดียวกันคือสถานีรถไฟฟ้า แสดงให้เห็นถึงขนาดและขอบเขตพื้นที่บริการที่สัมพันธ์กับขนาดของประชากรหรือปัจจัยอื่นของแต่ละพื้นที่ โดยที่ตั้งที่มีระยะทางใกล้กับศูนย์กลางการให้บริการจะมีอิทธิพลสูงและลดลงตามระยะทางที่ห่างออกจากจุดศูนย์กลางไปตามลำดับ ประกอบกับแต่ละที่ตั้งสถานีทำให้เห็นรูปแบบการใช้

ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Pattern) เกี่ยวข้องกับทำเลที่ตั้ง ขนาดแปลงที่ดิน และระยะห่างระหว่างที่ตั้งที่มีผลต่อปัจจัยทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และทรัพยากร ยิ่งไปกว่านั้น เวลาซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนรูป (Transformation) และการแทนที่ (Replacement) ของรูปทรงชุมชนเมือง (Urban Form) อย่างต่อเนื่องก็ยังเป็นตัวแปรร่วมที่สำคัญที่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน และยังพบว่ารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินของกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นไปตามแนวคิดการพัฒนาพื้นที่เพื่อเกิดการส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชน (Transit-Oriented Development) ที่ส่วนใหญ่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรมจะอยู่ชิดเป็นพื้นที่ล้อมรอบสถานีรถไฟฟ้าและถัดออกไปก็จะเป็นที่อยู่อาศัยและการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม แต่ในกลุ่มตัวอย่างบางสถานีมีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพักอาศัยอยู่ติดกับสถานีรถไฟฟ้า และมีพาณิชยกรรมและการใช้ที่ดินแบบผสมอยู่ถัดออกไป แม้จะพบว่าเกิดปรากฏการณ์ความต่างของรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่ก็มีความคล้าย กล่าวคือ ทุกสถานีกลุ่มตัวอย่างจะมีกิจกรรมด้านสังคม-เศรษฐกิจ (หาบเร่แผงลอย จักรยานยนต์รับจ้างอยู่ภายในรัศมี 50 เมตร จากทางขึ้นลงรถไฟฟ้า ที่ตั้งของสถานีเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก สายรอง และซอย รวมทั้งมีระบบป้อนผู้โดยสาร เช่น รถโดยสารประจำทาง รถตู้ แท็กซี่ เป็นต้น)

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก สาขาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิต ภู่จินดา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชศรี ภักดิ์สุขเจริญ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและกรุณาให้คำแนะนำอย่างดียิ่งตลอดมา และขอขอบคุณสำหรับข้อมูลผังการใช้ที่ดินของกองสำรวจและแผนที่ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานครอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] สุภางค์ จันทวานิช, 2539. วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : กรุงเทพฯ

[2] Alan Black. (1995). Urban Mass Transportation Planning. MaGraw-Hill Inc, Singapore.

[3] American Planning Association (2006). Planning and Urban Design Standard. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, USA.

[4] Capitol Region Council of Governments (2002). Transit Oriented Development, Tools for Towns, Connecticut USA. (Online) Available from : http://www.crcog.org/community_dev/tod.html)

[5] Capitol Region Council of Governments (2006). Transit Oriented Development, CRCOG Best PracticesMannual, Connecticut USA. (Online) Available from : http://www.crcog.org)

[6] Dominik E. Reusser, Peter Loukopoulos, Michael Stauffacher and Roland W. Scholz (2008). Classifying railway stations for sustainable transitions-balancing node and place functions, Journal of transport geography, 16 : 191-202.

[7] Harry Smith and Jeremy Raemaekers (1998). Land use pattern and transport in Curitiba, Land Use Policy, Vol. 15, No. 3, pp.233-251.

[8] Micheal D. Meyer and Eric J. Miller (2001). URBAN TRANSPORTATION PLANNING. McGraw-Hill Higher Education.

[9] Stefan Zemp, Michael Stauffacher, Daniel J. Lang and Roland W. Scholz (2010). Classifying railway stations for strategic transport and land use planning : Context matters!, Journal of transport geography, xxx : xxx - xxx.

[10] Taaffe Edward J., Gauthier H.L. and O'Kelly M.E. (1996). Geography of Transportation. Second Edition Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, USA.

[11] The Center for Transit-Oriented Development (2011). Online Available from : http://www.transitorienteddevelopment.org

[12] http://www.bart.gov/docs/planning/BayFairCSP

การศึกษาการเลือกรูปแบบการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ไปห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์นครราชสีมา

A STUDY OF MODE CHOICE FROM SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY TO THE MALL NAKHON RATCHASIMA

Paper Identification number: SCS11-006

วิชยา ริงคะนานนท์[1] , ฉัตรดนัย เลือดสกุล[2] , รัฐพล ภู่บุบผาพันธ์[3]

Whichaya Ringkananont, Chatdanai Luadsakul, Rattaphol Pueboobpaphan

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์. 0-4422-4238 โทรสาร 0-4422-4608
E-mail: whichaya_rain@hotmail.com[1], chat_da_nai@windowslive.com[2], rattaphol@sut.ac.th[3]

บทคัดย่อ

เนื่องจากนักศึกษาที่มีความต้องการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเข้าไปในเมืองนครราชสีมา จำเป็นจะต้องใช้ถนนเส้น 304 ในการเดินทาง ซึ่งการจราจรบนถนนดังกล่าวรถยนต์ส่วนใหญ่ใช้ความเร็วสูงในการสัญจร ทำให้การเดินทางโดยรถจักรยานยนต์มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีไปห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์นครราชสีมา โดยมีรูปแบบในการเดินทางที่เลือกนำมาวิเคราะห์ 2 แบบคือรถจักรยานยนต์และรถประจำทาง โดยใช้วิธี Logistic Regression Analysis ในการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลหลักที่ใช้ในการศึกษาได้จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามโดยเลือกเก็บข้อมูลจากนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่มีรถจักรยานยนต์เป็นของตนเอง จำนวน 200 ตัวอย่าง โดยสอบถามเหตุผลในการเลือกรูปแบบการเดินทางแล้วนำมาวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดที่ผู้เดินทางให้ความสำคัญกับการเลือกรูปแบบมากที่สุด จากการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางมากที่สุดคือ รายได้ เพศ และจำนวนครั้งในการเดินทางตามลำดับ โดยสมการนี้สามารถทำนายได้ในระดับความถูกต้องร้อยละ 66 ที่ $R^2 = 0.274$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

คำสำคัญ: การเลือกรูปแบบ, สมการการถดถอยโลจิสติก, ปัจจัย

Abstract

Students of Suranaree University of Technology (SUT) need to use highway number 304 to travel between the campus and Nakhon Ratchasima urban area. As the speed on this highway is high, traveling by motorcycle is at high risk of accident. This research aims to study factors in the decision to make a trip from SUT campus to The Mall Nakhon Ratchasima. The alternative modes selected for the analysis are motorcycles and buses. The analysis is based on Logistic Regression. Main data used in the study was collected by questionnaire survey with 200 samples of undergraduate students who own a motorcycle. The preferred alternative mode together with the reasons to make a mode choice decision were also determined. The analysis showed that factors affecting the mode choice decision. Are income, gender, and the number of trips, respectively. The accuracy of the model is 66 percent and the $R^2 = 0.274$ at 95% confidence level.

Keywords: Mode choice, Logistic regression, Factor

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากนักศึกษาที่มีความต้องการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเข้าไปในเมืองนครราชสีมา จำเป็นจะต้องใช้ถนนสาย 304 ในการเดินทาง ซึ่งการจราจรบนถนนดังกล่าวยวดยานส่วนใหญ่ใช้ความเร็วสูงในการสัญจร รวมถึงยวดยานที่สัญจรบนถนนสายนี้มีเป็นจำนวนมากและมียานพาหนะหลายประเภททั้งรถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสารขนาดใหญ่ รถบรรทุกตั้งแต่ขนาด 6 ล้อจนถึงขนาดรถพ่วง เป็นต้น ทำให้การเดินทางโดยรถจักรยานยนต์มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุและบ่อยครั้งที่การเกิดอุบัติเหตุกับรถจักรยานยนต์บนถนนสายนี้มีความรุนแรงมาก ผู้ศึกษาจึงต้องการศึกษาแนวโน้มการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางของนักศึกษาที่มีรถจักรยานยนต์ว่ามีปัจจัยใดบ้างในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีไปห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์นครราชสีมา โดยเปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์และรถประจำทาง

1.2 เอกสารงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา

กรมการขนส่งทางบก [5] ปี 2551 ประเภทรถที่เกิดอุบัติเหตุทางถนนมากที่สุดในปี 2551 ยังคงเป็นรถจักรยานยนต์ จำนวน 59,162 คัน คิดเป็นร้อยละ 40.82 ของจำนวนรถที่เกิดอุบัติเหตุทั้งหมด รองลงมาได้แก่ รถยนต์นั่ง จำนวน 40,334 คัน คิดเป็นร้อยละ 27.83 ของจำนวนรถที่เกิดอุบัติเหตุทั้งหมด และรถยนต์กระบะ (ปิคอัพ) / รถตู้ จำนวน 26,908 คัน คิดเป็นร้อยละ 18.57 (รูปที่ 16) หากจำแนกตามพื้นที่จะพบว่า ในแต่ละเขตพื้นที่ประเภทรถที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุดมี ดังนี้ กรุงเทพมหานคร รถที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดได้แก่ รถยนต์นั่ง คิดเป็นร้อยละ 40.78 รองลงมาคือรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 30.69 และรถยนต์กระบะ (ปิคอัพ)/รถตู้ คิดเป็นร้อยละ 12.51 (ภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.3) ส่วนภูมิภาค รถที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดได้แก่ รถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 50.14 รองลงมาคือรถยนต์กระบะ (ปิคอัพ)/รถตู้ คิดเป็นร้อยละ 23.86 และรถยนต์นั่ง คิดเป็นร้อยละ 16.19

วรวิทย์ จันทร์ชุม [7] ศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ออกแบบวิจัยเป็นแบบกลุ่มสอบถาม – กลุ่มเปรียบเทียบ (Case – Control Study) โดยทำการศึกษาในนักเรียน มัธยมศึกษา อ.เมือง จ.ปัตตานี ที่ขับขี่รถจักรยานยนต์ไปโรงเรียน

วีรศักดิ์ ธาตรีนรานนท์ [8] ศึกษาพฤติกรรม และแผนการขับขี่รถจักรยานยนต์ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขับขี่รถจักรยานยนต์ในอำเภอเมืองนราธิวาส เพื่อเป็นแนวทางในการวางมาตรการที่จะช่วยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและแผนการขับขี่ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ และเพื่อเป็นแนวทางในการวางมาตรการที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่รถจักรยานยนต์

1.3 การวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปร (Multivariate Analysis)

เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้มีตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปจึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติขั้นสูง ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression)

1.4 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression)

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีจุดประสงค์และแนวคิดคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์การถดถอยปกติ (Regression analysis) และการวิเคราะห์จำแนกประเภท (Discriminant analysis) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent variable) กับตัวแปรตาม (Dependent variable) และสร้างสมการการถดถอยไปประมาณหรือทำนายค่าตัวแปรตาม (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551ก : 70) [1] แต่ก็มีความแตกต่างกันในบางประเด็น เช่น การวิเคราะห์ การถดถอยปกติมีตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเป็นตัวแปรชนิดต่อเนื่อง (Continuous variable) แต่ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกและการวิเคราะห์จำแนกประเภทมีลักษณะแตกต่างออกไป คือ ตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรชนิดต่อเนื่อง ส่วนตัวแปรตามเป็นตัวแปรแบ่งกลุ่ม แต่อย่างก็ตามการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการแจกแจงปกติหลายตัวแปร ของตัวแปรอิสระ (Multivariate normal distribution of independent variables) และเมทริกซ์ความแปรปรวนความแปรปรวนร่วมของแต่ละกลุ่มต้องเท่ากัน (Equal variance and covariance matrices หรือ Equal dispersion matrices) (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551ข : 424) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่สำคัญในการวิเคราะห์จำแนกประเภท (Hair and et. al. 2006 : 285, 2010 : 245)

2. วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บข้อมูล

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยส่วนต่างๆ 5 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปผลและข้อเสนอแนะ แต่ในบทนี้จะกล่าวถึงเพียงเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลเท่านั้น สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลและข้อเสนอแนะจะกล่าวถึงในบทถัดไป

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม spss ในการวิเคราะห์ผลข้อมูลด้วยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บจากกลุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยใช้ Binary logistic regression ซึ่งมีตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

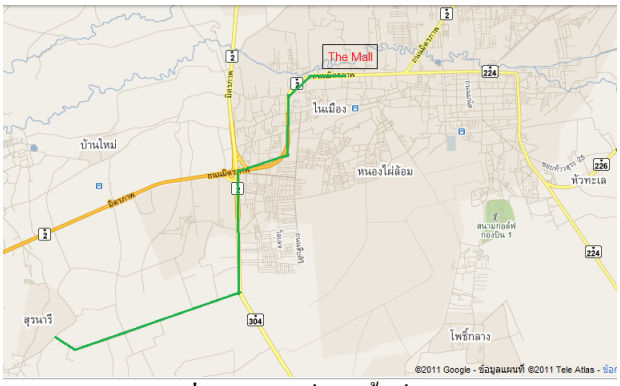
2.2.1 วิธีการสำรวจ

ในการสำรวจครั้งนี้จะทำการเก็บข้อมูล ที่มีความเกี่ยวข้องในการตัดสินใจเลือกวิธีการเดินทาง เช่น ชั้นปี เพศ รายได้ การครอบครองพาหนะ เป็นต้น

2.2.2 กลุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยกลุ่มตัวอย่างมีรถจักรยานยนต์ใช้เป็นของตนเอง ใช้กลุ่มตัวอย่าง 200 ตัวอย่าง

2.3 พื้นที่ศึกษา



รูปที่ 1 เส้นทางที่เป็นพื้นที่ศึกษา

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

ในการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจะใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลที่ต้องการ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษา

การวิเคราะห์ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีไปห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์นครราชสีมา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้มาจากการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะทำให้ทราบว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถประจำทาง

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ดำเนินการสำรวจประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของบุคคล ข้อมูลการเดินทางของบุคคล และข้อมูลความตระหนักในความปลอดภัยในการเลือกรูปแบบการเดินทาง ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงสัดส่วนของตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการเก็บข้อมูล

ตัวแปร		จำนวน	ร้อยละ
ชั้นปี	ชั้นปีที่ 1	36	18
	ชั้นปีที่ 2	70	35
	ชั้นปีที่ 3	52	26
	ชั้นปีที่ 4 ขึ้นไป	42	21
	รวม	200	100
เพศ	ชาย	98	49
	หญิง	102	51
	รวม	200	100
รายได้ต่อเดือน	น้อยกว่า 5000 บาท	108	54
	มากกว่า 5000 บาท	92	46
	รวม	200	100
ความถี่ในการเดินทางต่อ 1 ภาคการศึกษา	น้อยกว่า 5 ครั้ง	83	41.5
	5 – 10 ครั้ง	79	39.5
	มากกว่า 10 ครั้ง	38	19
	รวม	200	100
รูปแบบที่เลือกใช้ในการเดินทางเป็นประจำ	รถจักรยานยนต์	100	50
	รถโดยสารประจำทาง	84	42
	ทั้ง 2 อย่างเท่ากัน	16	8
	รวม	200	100
เวลาที่ใช้ในการเดินทางสำหรับรถจักรยานยนต์	10 – 20 นาที	70	35
	20 - 30 นาที	118	59
	30 – 40 นาที	8	4
	มากกว่า 40 นาที	4	2
	รวม	200	100
เวลาที่ใช้ในการเดินทางสำหรับรถประจำทาง	10 – 20 นาที	0	0
	20 - 30 นาที	18	9
	30 – 40 นาที	96	48
	มากกว่า 40 นาที	86	43
	รวม	200	100
รถจักรยานยนต์มีความปลอดภัย	น้อยกว่า 70 %	128	64
	มากกว่า 70 %	72	36
	รวม	200	100
รถประจำทางมีความปลอดภัย	น้อยกว่า 70 %	36	18
	มากกว่า 70 %	164	82
	รวม	200	100

3.1.1 ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของบุคคล

ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละบุคคลจะประกอบด้วย ชั้นปีที่กำลังศึกษา เพศ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนจากการสำรวจได้ข้อมูลดังนี้

• ชั้นปีที่กำลังศึกษา แบ่งเป็นชั้นปีที่กำลังศึกษาของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ ชั้นปีที่ 1 ชั้นปีที่ 2 ชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 ขึ้นไป ซึ่งแบ่งสัดส่วนแยกตามชั้นปีที่ทำการสำรวจ

จะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างแยกตามชั้นปีดังนี้คือ ชั้นปีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 18, ชั้นปีที่ 2 ร้อยละ 35, ชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 26 และชั้นปีที่ 4 ขึ้นไป ร้อยละ 21 ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลจะใช้ข้อมูลของนักศึกษาที่มีรถจักรยานยนต์เป็นของตนเองทั้งหมด ดังแสงดังตารางที่ 3.1

• เพศ จากการสำรวจสามารถแจกแจงข้อมูลที่ทำการสำรวจแยกได้เป็น เพศชายกับเพศหญิง ซึ่งแบ่งสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสำรวจได้เป็น เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 49 และเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 51 สามารถแสดงดังตารางที่ 3.1

• รายได้เฉลี่ยต่อเดือนจากการสำรวจสามารถแจกแจงรายได้ของนักศึกษา ซึ่งพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีรายได้น้อยกว่า 5,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 54 และนักศึกษาที่มีรายได้มากกว่า 5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 46 สามารถแสดงดังตารางที่ 3.1

• ประเภทยานพาหนะที่ถือครอง เนื่องจากการทำการสำรวจต้องการกลุ่มตัวอย่างที่มียานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์เป็นของตนเอง ดังนั้นเมื่อทำการสำรวจจริงก็จะได้ข้อมูลประเภทที่มีรถยนต์และไม่มีรถเข้ามาปะปนบ้างผู้ทำการสำรวจจึงทำการสำรวจจนกว่าจะได้กลุ่มที่มีเฉพาะรถจักรยานยนต์ครบ 200 คน

3.1.2 ข้อมูลการเดินทางของบุคคล

ข้อมูลการเดินทางของบุคคล จะประกอบด้วย ความถี่ในการเดินทาง ยานพาหนะที่เลือกเดินทางเป็นประจำ เวลาในการเดินทาง จากการสำรวจได้ข้อมูลดังนี้

• ความถี่ในการเดินทาง จากการสำรวจพบว่านักศึกษาเดินทางไปเดอะมอลล์น้อยกว่า 5 ครั้งต่อภาคการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 41 รองลงมาคือเดินทาง 6-10 ครั้งต่อภาคการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 40 และมากว่า 10 ครั้งต่อภาคการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 19 รายละเอียด แสดงดังตารางที่ 3.1

• ยานพาหนะที่เลือกเดินทางเป็นประจำ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้จะพิจารณายานพาหนะ 2 รูปแบบคือ รถจักรยานยนต์ และรถโดยสารประจำทาง ซึ่งจากการสำรวจพบว่า นักศึกษาส่วนส่วนใหญ่เดินทางด้วย รถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 50 รถโดยสารประจำทาง คิดเป็นร้อยละ 42 และทั้งสองรูปแบบเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 8 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

• เวลาที่ใช้ในการเดินทาง แยกเป็นเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างรถจักรยานยนต์และรถโดยสารประจำทาง จากการสำรวจพบว่านักศึกษาที่ใช้รถจักรยานยนต์ส่วนตัวใช้เวลาในการเดินทาง 10 – 20 นาที คิดเป็นร้อยละ 35 ,ใช้เวลา 20 – 30 นาที คิดเป็นร้อยละ 59, ใช้เวลา 30-40 นาทีคิดเป็นร้อยละ 4 ,และใช้เวลามากกว่า 40 นาที คิดเป็นร้อยละ 2 แสดงดังตารางที่ 3.1

ส่วนนักศึกษาที่ใช้รถประจำทางใช้เวลาในการเดินทางซึ่งนับตั้งแต่เวลาที่รอรถประจำทางใช้เวลาในการเดินทาง 10 – 20 นาที คิดเป็นร้อยละ 0 , ใช้เวลา 20-30 นาที คิดเป็นร้อยละ 9 , ใช้เวลา 30 – 40 นาที คิดเป็นร้อยละ 47 , ใช้เวลามากกว่า 40 นาที คิดเป็นร้อยละ 43 แสดงดังตารางที่ 3.1

3.1.3 ข้อมูลด้านความตระหนักถึงความปลอดภัยในการเดินทาง

ข้อมูลความตระหนักถึงความปลอดภัยในการเดินทางจะประกอบด้วย ความตระหนักในความปลอดภัยจากการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ และความปลอดภัยจากการเดินทางด้วยรถประจำทาง จากการสำรวจได้ข้อมูลดังนี้

• ความตระหนักในความปลอดภัยจากการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์จากการสำรวจพบว่านักศึกษาคิดว่าการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์มีความปลอดภัยน้อยกว่า 70% คิดเป็นร้อยละ 64 และการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์มีความปลอดภัยมากกว่า 70 % คิดเป็นร้อยละ 36 แสดงดังตารางที่ 3.1

• ความตระหนักในความปลอดภัยจากการเดินทางด้วยรถประจำทางจากการสำรวจพบว่านักศึกษาคิดว่าการเดินทางด้วยรถประจำทางมีความปลอดภัยน้อยกว่า 70% คิดเป็นร้อยละ 18 และการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์มีความปลอดภัยมากกว่า 70% คิดเป็นร้อยละ 82 แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

ตัวแปร	คำอธิบาย	ลักษณะตัวแปร
ทางเลือก		
Mode	ประเภทยานพาหนะ	1. รถจักรยานยนต์ 2. รถประจำทาง
ตัวแปรต้นที่มีลักษณะเฉพาะทางเลือก		
Time_mc	เวลาที่ใช้ในการเดินทางของรถจักรยานยนต์	1. 10 – 20 นาที 2. 20 – 30 นาที 3. 30 – 40 นาที 4. มากกว่า 40 นาที
Time_bus	เวลาที่ใช้ในการเดินทางของรถประจำทาง	1. 10 – 20 นาที 2. 20 – 30 นาที 3. 30 – 40 นาที 4. มากกว่า 40 นาที
ตัวแปร	**คำอธิบาย**	**ลักษณะตัวแปร**
Safe_m	ความปลอดภัยของรถจักรยานยนต์	1.น้อยกว่า 70 % 2.มากกว่า 70 %
Safe_bus	ความปลอดภัยของรถประจำทาง	1.น้อยกว่า 70 % 2.มากกว่า 70 %
ตัวแปรต้นที่เป็นลักษณะเฉพาะของตัวบุคคล		
Edu	ชั้นปีที่กำลังศึกษา	1. ชั้นปีที่ 1 2. ชั้นปีที่ 2 3. ชั้นปีที่ 3 4. ชั้นปีที่ 4 ขึ้นไป
Gender	เพศ	1. ชาย 2. หญิง
income	รายได้ต่อเดือน	1. น้อยกว่า 5,000 บาท 2. มากกว่า 5,000 บาท
No_trip	ความถี่ในการเดินทางใน 1 ภาคการศึกษา	1. น้อยกว่า 5 ครั้ง 2. 5 – 10 ครั้ง 3. มากกว่า 10 ครั้ง

ตารางที่ 3.3 ผลการเปรียบเทียบความปลอดภัยของรถจักรยานยนต์กับความปลอดภัยของรถประจำทาง

	B	SE	Wald	Sig.	Exp(B)
Step 1[a]					
safe_mc	-.167	.303	.305	.581	.846
safe_bus	.045	.358	.016	.899	1.046
Constant	-.256	.317	.653	.419	.774

ตารางที่ 3.4 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเดินทางของรถจักรยานยนต์กับเวลาเวลาในการเดินทางของรถประจำทาง

	B	SE	Wald	Sig.	Exp(B)
Step 1[a]					
time_mc	.417	.243	2.956	.086	1.518
time_bus	.018	.052	.115	.735	1.018
Constant	-1.080	.480	5.064	.024	.340

ตารางที่ 3.5 ค่านัยสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากโปรแกรม spss (logistic regression)

Variables	B	S.E.	Sig.
Step 1[a] Edu (year1 = 1, year2 = 2, year3 = 3,	.152	.186	.412
year4 and above = 4)	.871	.355	.014
Gender (male =0,female = 1)	.111	.026	.000
no_trip (less than5 = 1, 5-10 = 2, more			
than10 = 3)	.514	.289	.075
time_mc (10 – 20minute = 1, 20 – 30			
minute= 2, 30 – 40 minute = 3, morethan 40			
minute = 4)	.020	.061	.744
time_bus (10 – 20minute = 1, 20 – 30			
minute= 2, 30 – 40 minute = 3, morethan 40			
minute = 4)	.537	.381	.159
safe_m (lessthan 70% = 0, morethan 70% =			
1)	.636	.413	.123
safe_bus (lessthan 70% = 0, morethan 70% =	-1.800	.388	.000
1) Income	-3.042	.958	.001
(lower 5000 bath/m = 0, upper 5000 bath/m			
= 1)			
Constant			

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้วิธี Binary Logistic Regression สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆกับการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง เพื่อใช้คาดการณ์ได้ดังนี้

$$Y = -3.042 + 0.871\ Gender + 0.111\ No_trip - 1.800\ income$$

จากสมการพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางมีทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ เพศ จำนวนครั้งในการเดินทางไปห้างสรรพสินค้า และรายได้ โดยสมการนี้สามารถทำนายได้ในระดับความถูกต้องร้อยละ 66 ที่ $R^2 = 0.274$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบมากที่สุดคือ จำนวนครั้งในการเดินทาง เพศ ความปลอดภัยของรถประจำทางและรายได้ตามลำดับ

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการทำการศึกษาทำให้สามารถสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

4.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาปัจจัยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ไปห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์นครราชสีมา จากการตั้งสมมติฐานไว้ว่ามี 8 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางคือ อายุ เพศ รายได้ การครอบครองยานพาหนะ จำนวนครั้งในการเดินทาง ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ความปลอดภัยของรถจักรยานยนต์ และความปลอดภัยของรถประจำทาง พบว่า มี 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง ได้แก่ จำนวนครั้งในการเดินทาง เพศ และรายได้ ตามลำดับ

จำนวนครั้งในการเดินทางเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถจักรยานยนต์และรถประจำทาง ซึ่งพบว่าจากกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มเก็บข้อมูลภาคสนามจำนวน 200 คน 41 เปอร์เซ็นต์ ของกลุ่มตัวอย่างที่เดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีไปห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์นครราชสีมา น้อยกว่า 5 ครั้งในหนึ่งภาคเรียน 40 เปอร์เซ็นต์ ของกลุ่มตัวอย่างไป 5 -10 ครั้งในหนึ่งภาคเรียน และ 19 เปอร์เซ็นต์ ของกลุ่มตัวอย่างไปมากกว่า 10 ครั้งในหนึ่งภาคเรียน จากสมการการเลือกรูปแบบการเดินทาง สามารถสรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีไปห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์นครราชสีมา มากกว่า 10 ครั้งในหนึ่งภาคเรียน เลือกรูปแบบการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์มากกว่าจะเลือกใช้รถประจำทาง

เพศเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถจักรยานยนต์และรถประจำทาง รองจากจำนวนครั้งในการเดินทาง พบว่าจากกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มเก็บข้อมูลภาคสนามจำนวน 200 คน 49 เปอร์เซ็นต์ ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย และ 51 เปอร์เซ็นต์ ของกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง จากสมาการการเลือกรูปแบบการเดินทาง สามารถสรุปได้ว่า เพศชายเลือกเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์มากกว่าเพศหญิง

และปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถจักรยานยนต์และรถประจำทางมากที่สุดคือ รายได้ พบว่าจากกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มเก็บข้อมูลภาคสนามจำนวน 200 คน 54 เปอร์เซ็นต์ ของกลุ่มตัวอย่างมีรายได้น้อยกว่า 5,000 บาท 46 เปอร์เซ็นต์ ของกลุ่มตัวอย่างมีรายได้มากกว่า 5,000 จากสมาการการเลือกรูปแบบการเดินทาง สามารถสรุปได้ว่า ยิ่งมีรายได้น้อยยิ่งสนับสนุนระบบขนส่งสาธารณะมาก

นอกจากนั้น จะพบว่าสมการการเลือกรูปแบบการเดินทางมีค่าคงที่เท่ากับ -3.042 ซึ่งถือว่าสูงมากเมื่อเทียบกับค่าที่เป็นไปได้จากปัจจัยตัวอื่น ๆ ผลจากค่าคงที่ที่มีค่าสูงนั้นสะท้อนให้เห็นว่านักศึกษามีความพึงพอใจในการเลือกใช้รถจักรยานยนต์มากกว่ารถโดยสารประจำทาง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางแต่ไม่ได้อยู่ในแบบจำลอง

4.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่า ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางนั้นนักศึกษาให้ความสำคัญกับปัจจัยอื่นๆ มากกว่าที่จะคำนึงถึงด้านเวลาและความปลอดภัยในการเดินทาง ดังนั้นจึงควรมีการรณรงค์ให้นักศึกษาตระหนักถึงความปลอดภัยในการเดินทางให้มากขึ้น โดยอาจจัดกิจกรรมรณรงค์ในรูปแบบต่างๆ เช่น จัดนิทรรศการให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยและการป้องกันอุบัติเหตุ พร้อมทั้งส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจะมีการกำหนดนโยบายเพื่อปรับปรุงบริการของระบบขนส่งสาธารณะให้ดี เพื่อเป็นการดึงดูดผู้เดินทางให้ตัดสินเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางมาใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น

เนื่องจากแบบจำลองยังสามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ โดยอาจนำปัจจัยทางด้านความสะดวกสบายที่อาจมีผลต่อการตัดสินใจมาร่วมวิเคราะห์ด้วยและอาจปรับเปลี่ยนวิธีการวิเคราะห์เป็นรูปแบบ Binary Logit Model ซึ่งอาจจะทำให้แบบจำลองสามารถทำนายการตัดสินใจได้คลาดเคลื่อนน้อยลง

บรรณานุกรม

[1] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows. กรุงเทพ ฯ : ศูนย์ หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] ภิญโญ วรรณสุข. 2540. การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกและการวิเคราะห์อิทธิพลในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคาดหวังในการศึกษาต่อของนักเรียนชั้นประถมศึกษาในเขตการศึกษา 11. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยการศึกษาจุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย.

[3] สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. 2541. รวมบทความทางวิธีวิทยาการวิจัย. กรุงเทพ ฯ : ศูนย์ หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] สวัสดิ์ชัย ศรีพนมธนากร. 2548.การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก. (ออนไลน์). สืบค้นจาก http:// www.thairenu.com/logistic.htm [15 สิงหาคม 2549]

[5] กรมการขนส่งทางบก http://www.dlt.go.th/th/attachments /dltnews/2552/oct52/119_svp.369-6.pdf

[6] สมประสงค์ เสนารัตน์ .2554.การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก. (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://cdn.learners.in.th/assets/media /files/000/335/515/original_Logistic_regression.pdf?1299396767

[7] วรวิทย์ จันทร์ชุม.2544. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[8] วีรศักดิ์ ธาตรีรานนท์. การศึกษาลักษณะอุบัติเหตุจราจรรถจักรยานยนต์ กรณีศึกษาอำเภอเมืองนราธิวาส.วิทยานิพนธ์ (วท.ม. วิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2545

การออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์สำหรับระบบคมนาคมในกรุงเทพมหานคร

The Standard Design of Signage System for Mass Transportation System in Bangkok

Paper Identification number: SCS11-007

ยอดขวัญ สวัสดี

Yodkwan Sawatdee

คณะศิลปกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์. 08-6552-2296, 0-2218-4577 โทรสาร 0-2218-4577

E-mail: kru_ton@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษางานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางในการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์ สำหรับระบบคมนาคมในกรุงเทพมหานคร และเพื่อสร้างต้นแบบมาตรฐานการใช้ระบบป้ายสัญลักษณ์ ในการเชื่อมต่อระบบขนส่งมวลชนสาธารณะเข้าด้วยกัน ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูล ตัวอย่างการออกแบบ รวมถึงการใช้ของระบบป้ายสัญลักษณ์ หลักและวิธีการแสดงแบบแผนที่ ข้อมูลในการออกแบบสำหรับสถานที่สาธารณะ (Information Design For Public Places) ทฤษฎีสัญญะวิทยา (Semiology), ทฤษฎีแนวคิดการพัฒนาจุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจร (Transit Oriented Development), การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะและการเชื่อมต่อ, คู่มือและมาตรฐานป้ายจราจร (Traffic Signs Standard and Manual) รวมทั้ง การสำรวจภาคสนามเพื่อรวบรวม ข้อมูลเส้นทางของระบบขนส่งมวลชนทางรางในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เส้นทางให้บริการทางเรือ (เรือด่วนเจ้าพระยา, เรือข้ามฟากแม่น้ำเจ้าพระยา, เรือโดยสารคลองแสนแสบ) จุดจอดรถประจำทาง จุดจอดรถตู้โดยสารประจำทาง เพื่อให้ได้มาซึ่งภาพรวมของการทับซ้อนของเส้นทางแผนที่ และสามารถหาตำแหน่งของจุดเชื่อมต่อของทั้งระบบการคมนาคมในกรุงเทพมหานคร สร้างเครื่องมือวิจัยโดยใช้แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจากผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือวิจัยทั้ง 2 ชนิด นำไปใช้กับประชากร 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านนักออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์ นักออกแบบสภาพแวดล้อม 2) กลุ่มประชากรที่ใช้งานระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ จากนั้นนำผลวิจัยทั้งหมดมาวิเคราะห์ เพื่อนำไปออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์สำหรับระบบคมนาคมในกรุงเทพมหานคร โดยนำเสนอเป็นหนังสือคู่มือ แนวทางการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์สำหรับระบบคมนาคมในกรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ: ระบบป้ายสัญลักษณ์, ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ, ระบบคมนาคม, การเชื่อมต่อ

Abstract

This research aims at finding design solutions for Bangkok transportation's signage system and establishing standard procedures in using the signage system to link mass transportation together. In this study, I have collected data, design examples, the use of wayfinding systems, principles of map design, information design for public places, semiology, transit oriented development, mass transportation development and linkage as well as traffic signs standard and manual. In addition, I have performed field surveys for data collection of rail transportation in Bangkok Metropolitan Region, boat services (Chao Phraya Express Boat, ferry boat service on Chao Phraya River, Saen Saeb canal boat), bus stops, van express stops in order to obtain the information about intersections which leads to the connection between transportation network in Bangkok. The research methodology in this study includes questionnaires and detailed interviews with 2 groups of people; 1) signage system and environmental design experts and 2) public transit passengers. The research results will be analyzed and used for designing signage systems for Bangkok transportation presented as a design manual of wayfinding graphic system for transportation in Bangkok.

Keywords: Signage system, Public transportation, Transportation system, Connection

1. บทนำ

กรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น เนื่องจากเป็นพื้นที่ศูนย์กลางการคมนาคม การเศรษฐกิจของประเทศ และยังเป็นศูนย์รวมความเจริญในหลายๆ ด้าน ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง การปกครอง ประกอบกับการขยายตัวของชุมชนเมืองเป็นไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การจราจรในเมืองและชานเมืองเกิดปัญหาทางด้านการจราจรเป็นอย่างมาก ดังนั้น รัฐบาลจึงมีการวางนโยบายทางด้านการคมนาคม เพื่อรองรับปัญหาการจราจรดังกล่าว โดยมุ่งเน้นที่การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะและการเชื่อมต่อของการเดินทางที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะลดปัญหาการจราจรให้มากที่สุด

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและการจราจรเป็นหน่วยงานภาครัฐที่ทำหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนพัฒนาระบบขนส่งและจราจรให้มีประสิทธิภาพ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงได้ร่วมกับระบบขนส่งสาธารณะ อันได้แก่ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย การรถไฟแห่งประเทศไทย ฯลฯ จัดทำแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครและพื้นที่ต่อเนื่อง (Bangkok Mass Transit Master Plan: BMT)

ปัจจุบัน โครงข่ายตามแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครและพื้นที่ต่อเนื่อง (Bangkok Mass Transit Master Plan: BMT) 7 เส้นทาง ภายในปี 2547-2552 ยังไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนที่กำหนดไว้ จากปัญหาและอุปสรรคหลายประการ อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาวะทางเศรษฐกิจ สังคม รูปแบบความเป็นอยู่ ฯลฯ อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเดินทางที่เคยศึกษาไว้ ขณะที่แผนแม่บทฯ ดังกล่าว ใกล้จะสิ้นสุดในปี 2552 นี้

โครงการศึกษาปรับแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2551 และภายในปี 2552 เป็นการศึกษาวางแผนในรูปแบบการศึกษาแบบบูรณาการ ครอบคลุมในทุกมิติของระบบขนส่งมวลชนทางราง รวมถึงศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นและสร้างความรู้ความเข้าใจและความร่วมมือจากประชาชน เพื่อให้ได้แผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region: M-MAP) สำหรับการพัฒนาโครงข่ายรถไฟฟ้าในช่วง 20 ปีข้างหน้า (ปี 2553-2572)

จากแนวคิดในการศึกษาความสามารถในการเข้าถึงรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร ทางสำนักงานคณะกรรมการจัด ระบบการจราจรทางบก (2542) ได้ให้แนวคิดในการเชื่อมประสาน ระบบขนส่งและผนวกรวมองค์ประกอบต่างๆ ของการเดินทางขนส่งให้ มีการประสานเข้ากันได้ทั้งด้านการวางแผนและการให้บริการเพื่อที่กลุ่มผู้ประกอบการสามารถใช้ทรัพยากรด้านการขนส่งที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและผู้ใช้บริการสามารถได้รับบริการที่ดีขึ้นจากการเลือก ใช้รูปแบบการเดินทางที่มีอยู่หลากหลาย

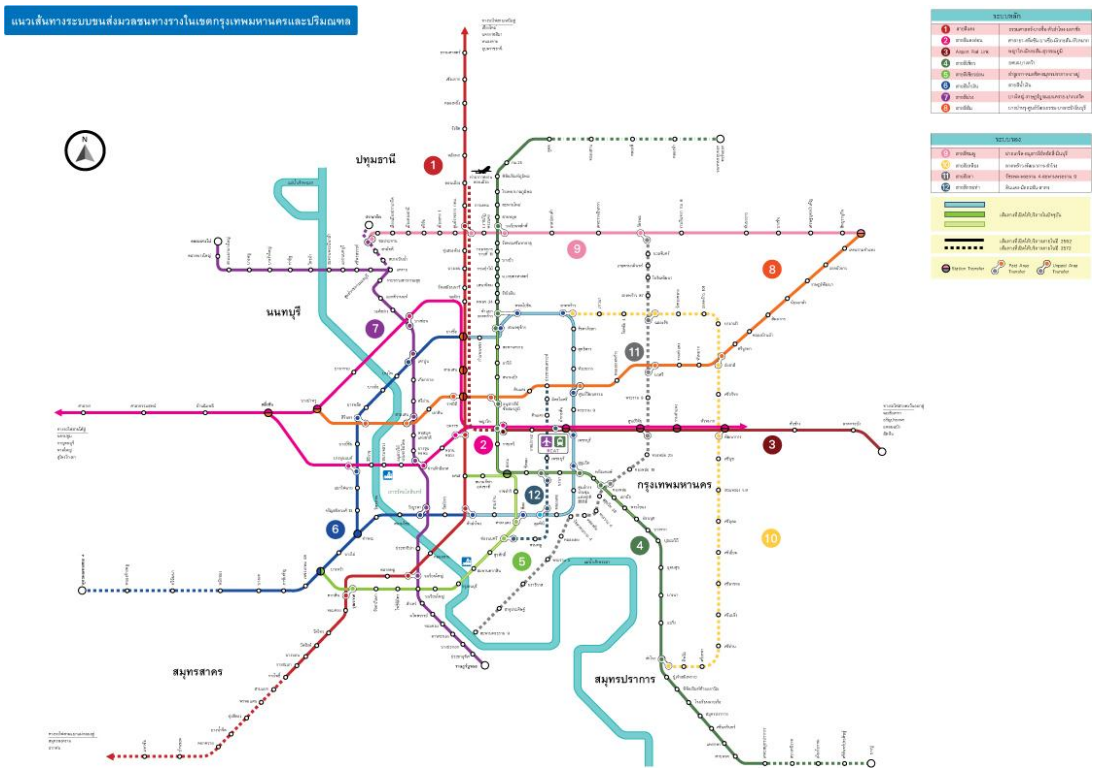
หลักในการเชื่อมประสานบริการขนส่งสาธารณะควรดำเนินการใน 3 ด้านด้วยกัน ดังนี้

1. การเชื่อมประสานองค์กร (Institution Integration) เป็น การจัดโครงสร้างองค์กรของผู้ประกอบการให้สามารถประสานงาน กันได้

2. การเชื่อมประสานการดำเนินการ (Operational Integration) เป็นการจัดการเพื่อให้สามารถประสานการให้บริการได้อย่างสอดคล้องโดยการเชื่อมประสานมีทั้งหมด 6 แนวทาง ประกอบด้วย การจัดการ กับบริการส่วนเกิน การจัดรูปแบบการให้บริการให้ตรงกับความต้องการ การเก็บค่าโดยสารร่วม การลดค่าโดยสาร ระบบไว้เนื้อเชื่อใจ และการประสานระบบข้อมูลเดินทาง

3. การเชื่อมประสานทางกายภาพ (Physical Integration) เป็นการจัดการการใช้ประโยชน์จากสิ่งอำนวยความสะดวก และอุปกรณ์ร่วมกัน เช่นสถานีร่วมและป้ายสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นต้น การเชื่อมประสานทางกายภาพของระบบขนส่งสาธารณะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังนี้ สถานีร่วม (Intermodal Terminals) ที่พักผู้โดยสาร (Transit Shelters) การแสดงเส้นทาง ตารางเวลาเดินรถและยานพาหนะ (Route, Schedule and Vehicle Identification) ที่จอดรถสำหรับจอด แล้วจร (Park-and-Ride Facility) ที่จอดรถและส่ง (Kiss-and-Ride) และสิ่งอำนวย ความสะดวกสำหรับคนเดินเท้า (Pedestrian Facility)

ดังนั้นระบบป้ายสัญลักษณ์ เป็นส่วนหนึ่งของการเชื่อมประสานทางกายภาพ (Physical Integration) ที่เปรียบเสมือนผู้ชี้นำเส้นทางต่างๆให้ไปถึงยังจุดมุ่งหมาย อีกทั้งยังแสดงข้อมูลเส้นทางการเชื่อมต่อ จึงมีความสำคัญมาก ทั้งนี้ระบบป้ายสัญลักษณ์ดังกล่าวจะต้องแสดงถึงจุดเชื่อมต่อของระบบขนส่งสาธารณะแต่ละประเภทอีกด้วย งานวิจัยนี้เป็นโครงการที่เชื่อมโยงระบบอนาคตของระบบขนส่ง และเส้นทางส่วนต่อขยายการคมนาคมระบบรางในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งเป็นไปตามแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region: M-MAP)



รูปที่ 1 แนวเส้นทางระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
ที่มา: แผ่นพับประชาสัมพันธ์แผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
โดยสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข)

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาแนวทางในการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์สำหรับระบบคมนาคมในกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อสร้างต้นแบบมาตรฐานการใช้ระบบป้ายสัญลักษณ์ในการเชื่อมต่อระบบขนส่งมวลชนสาธารณะเข้าด้วยกัน

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ทฤษฎีสัญญะวิทยา

เนื่องจากการตีความหมายโดยนัยแฝงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในระดับจอัตตวิสัย การตีความหมายโดยนัยแฝงมักจะถูกตีความเพียงแค่ความจริงที่ปรากฏในระดับการตีความหมายตรง นักออกแบบจำเป็นต้องวิเคราะห์สัญลักษณ์เพื่อหาวิธีการเลือกใช้สัญลักษณ์ที่มีประสิทธิภาพ และสร้างกรอบในการออกแบบที่จะไม่ทำให้เกิดการตีความที่ผิดพลาดได้

จากแนวคิด ทฤษฎีสัญญะวิทยา ว่าด้วยเรื่องสัญญะและสัญลักษณ์ (Theory of Sign and Symbol) มีระดับของการสื่อสารความหมายที่แตกต่างกัน เป็น 3 ระดับดังนี้

1. The Semantic Dimension เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสัญญะและสัญลักษณ์ภาพ (Signs and Symbols) กับความหมาย (Meaning) จึงอ่านความหมายจากภาพโดยตรง มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- ประสิทธิภาพของการสื่อความหมายของสัญลักษณ์ภาพ
- ความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อความหมายของสัญลักษณ์ภาพ
- ความแตกต่างในเรื่องของวัฒนธรรมที่จะมีผลต่อความเข้าใจสัญลักษณ์ภาพ
- ความแตกต่างในเรื่องของวัยที่จะมีผลต่อความเข้าใจสัญลักษณ์ภาพ
- สัญลักษณ์ภาพนั้นได้เป็นที่ยอมรับใช้งานอย่างแพร่หลายไปก่อนแล้ว
- การใช้ส่วนที่ไม่สัมพันธ์กับการสื่อความหมายของสัญลักษณ์ภาพ

2. The Syntactic Dimension เกิดจากสัญลักษณ์ภาพหนึ่งสัมพันธ์กับอีกสัญลักษณ์ภาพหนึ่ง จึงเป็นการสื่อความสัมพันธ์ระหว่าง สัญลักษณ์ทางด้านการออกแบบการใช้งาน จากภาพหนึ่งไปสู่อีกภาพหนึ่งอย่างต่อเนื่อง และจัดให้เป็นไปอย่างมีระเบียบ เพื่อทำให้เกิดเอกภาพ มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- ลักษณะของสัญลักษณ์ตามภาพที่เห็น
- ความสัมพันธ์กันระหว่างส่วนต่างๆของสัญลักษณ์ภาพ
- ความสัมพันธ์กันระหว่างสัญลักษณ์ภาพหนึ่งกับสัญลักษณ์ภาพอื่นๆ เช่น โครงสร้างของสัญลักษณ์ภาพต้องมีความต่อเนื่องสม่ำเสมอ ในเรื่องของการใช้ภาพและพื้นภาพ น้ำหนัก ภาพลายเส้น การซ้อนภาพ ความโปร่งใสของภาพ การหมุนหรือกลับภาพ รูปและขนาดของภาพ สัดส่วน สี และลักษณะของพื้นผิว
- ลำดับขั้นในการเป็นที่จดจำของสัญลักษณ์ภาพ
- การถ่ายทอดส่วนที่สำคัญที่สุดของสัญลักษณ์ภาพให้เป็นที่จดจำเป็นอย่างแรก
- ความขัดแย้งในตัวสัญลักษณ์ภาพกับมาตรฐาน หรือระเบียบแบบแผนที่ถูกใช้งานอยู่ก่อน
- สัญลักษณ์และส่วนประกอบของสัญลักษณ์สามารถนำมาปรับให้เข้ากับระบบการใช้งาน และสามารถใช้กับแนวความคิดแบบต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงและเกี่ยวข้องได้

3. The Pragmatic Dimension เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสัญญะและสัญลักษณ์ภาพกับผู้ใช้ จึงเป็นการสื่อความหมายจากภาพไปยังผู้ใช้ มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- การมองเห็นสัญลักษณ์ภาพของกลุ่มเป้าหมาย
- ข้อจำกัดจากตำแหน่ง มุมมอง และสิ่งต่างๆที่สร้างมลทัศน์
- ระยะในการมองเห็นของสัญลักษณ์ภาพ
- ความคงทนต่อการถูกทำลาย และการเสื่อมของสัญลักษณ์ภาพ
- การถอดแบบเพื่อจำลองสัญลักษณ์ภาพ
- การย่อ-ขยายสัญลักษณ์ภาพ

3.2 ทฤษฎีแนวคิดการพัฒนาจุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจร

แนวคิดการพัฒนาจุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจรนี้เป็นของ Peter Calthorpe สถาปนิกและนักผังเมืองชาวอเมริกัน มีชื่อเรียกว่า Transit Oriented Development (TOD) โดยพยายามให้ความสำคัญของการเดินเท้า การใช้รถจักรยาน และการใช้ระบบขนส่งสาธารณะเป็นหลักในการเดินทาง เป็นแนวทางการพัฒนาชุมชนเมืองที่สนับสนุนการพัฒนาพื้นที่บริเวณจุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจรของระบบขนส่งสาธารณะให้มีการใช้ประโยชน์อย่างผสมผสาน และสามารถเชื่อมโยงส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน แนวความคิดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการรวบรวมการเดินทางภายในชุมชนเมืองจนถึงระดับเมือง โดยทั่วไป (TOD) จะมีศูนย์การพัฒนาอยู่ที่บริเวณสถานีขนส่งมวลชน แนวความคิดนี้ส่งผลที่สำคัญต่อรูปทรงเมืองที่ดี ได้แก่ ความหนาแน่น ประโยชน์ใช้สอยอย่างผสมผสาน รวมไปถึงการมีขนาดของชุมชนเมืองที่เหมาะสม การมีระบบโครงสร้างพื้นฐานทางด้านการสัญจร และการเชื่อมโยงของบริเวณต่างๆ ในชุมชนเมือง

3.3 ทฤษฎีการรับรู้ทางทัศนาการ

การรับรู้เป็นกระบวนการที่บุคคลมีประสบการณ์กับวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ โดยอาศัยอวัยวะรับสัมผัส ตา หู จมูก ลิ้น ผิวหนัง เป็นเครื่องมือในการรับรู้ เป็นหลักทางจิตวิทยาที่มีความสำคัญ และมีบทบาทมากที่สุดต่อการเกิดพฤติกรรมในสภาพแวดล้อม ใช้อ้างอิงเป็นมูลฐานช่วยในการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการจัดระเบียบขององค์ประกอบทางกายภาพให้เกิดสุนทรียภาพของรูปทรง ได้แก่

1. การจัดระเบียบในการรับรู้ (Organization in Perception) ทำให้เกิดการรับรู้สิ่งต่างๆ ในสภาพแวดล้อม และสามารถแยกสิ่งหนึ่งออกจากสิ่งหนึ่งได้ เช่น ภาพและพื้น (Figure and Ground) แนวโน้มของการเห็นความแตกต่างระหว่างภาพกับพื้น การเห็นภาพเป็นวัตถุแยกกับพื้น เพราะภาพนั้นตัดกับพื้น และพื้นทำให้ภาพลอยเด่นชัดขึ้นมา ในกรณีที่ภาพเป็นสิ่งที่เข้าใจความหมาย หรือคุ้นเคย มักจะเห็นภาพเป็นสิ่งที่แยกเด่นชัดจากพื้น เช่น ในกรณีที่มองเห็นป้ายสัญลักษณ์ที่ติดบนหลังคาตึกแยกออกจากท้องฟ้า หรือจากสภาพธรรมชาติที่ปรากฏเป็นพื้น และมีความสัมพันธ์ควบคู่กับหลักมูลฐานของการออกแบบ ทำให้เกิดหลักความแปรียบต่าง (Contrast) เช่นการออกแบบป้ายชื่ออาคารให้ตัว อักษรเห็นได้ชัดเจน แยกจากผนังที่ตัวอักษรตัวนั้นติดอยู่ก็อาศัย หลักการรับรู้ภาพกับพื้น แต่กรณีที่ภาพไม่รู้ว่าเป็นอะไรแน่ มีแนวโน้ม ที่จะเห็น ในลักษณะ ที่สลับกัน คือเห็นพื้นเป็นภาพ และภาพเป็นพื้น เช่น ในกรณีที่มองเห็นสัญลักษณ์ภาพส่วนที่เห็นเป็นภาพจะลอยเด่น อยู่หน้าพื้น แต่บางครั้งจะเห็นส่วนที่เคยเห็นเป็นภาพกลับเป็นพื้นได้

2. ความคงที่ของการรับรู้สามารถพิจารณาได้จากความคงที่ ทางวัตถุ, ความคงที่ของขนาด, ความคงที่ของรูปร่าง, ความคงที่ของ แสงสว่าง, ความคงที่ของสี และความคงที่ทางตำแหน่ง

3. หลักตัวแปรมนุษย์ (Human Factors Basic) การรับรู้ความ หมาย ของป้ายสัญลักษณ์

ได้รับอิทธิพลจากสิ่งที่มนุษย์สัมพันธ์ ด้วยกับสภาพแวดล้อม คือตัวแปรทางด้านสรีระวิทยาและทางด้าน จิตวิทยา ได้แก่การเห็นด้วยสายตา ความสามารถในการอ่าน ความจำ การรับรู้เรื่องสี และทัศนคติซึ่งเป็นเรื่องส่วนบุคคล เพราะเป็นเรื่องที่ ซับซ้อน จึงทำให้ควบคุมโดยการออกแบบได้ยาก ดังนั้นจึงควรเข้าใจ หลักการพื้นฐานที่เป็นตัวแปรของมนุษย์ ซึ่งมีอิทธิพลในการกำหนดพฤติกรรม มีผลต่อการรับรู้และการตอบสนองต่อป้ายสัญลักษณ์ ตัวแปรที่สำคัญซึ่งมีอิทธิพลทำให้เกิดการรับรู้ และการตอบสนองต่อป้ายสัญลักษณ์ในแต่ละบุคคล แบ่งออกได้เป็น

3.1 ตัวแปรทางด้านสรีระวิทยา (Physical Factors)

3.2 ตัวแปรทางด้านจิตวิทยา (Psychological Factors)

4. หลักสรีระมนุษย์ (Human Dimension) ในการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์ ควรคำนึงถึงสรีระมนุษย์ ทั้งนี้เพื่อการออกแบบที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการใช้งาน ซึ่งศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดสรีระมนุษย์นั้นคือ การศึกษามนุษย์ในเชิงมิติสัมพันธ์ (Anthropmetrics) หมายถึง การศึกษาโครงสร้างและสัดส่วนของมนุษย์ที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ทั้งนี้ความแตกต่างในการออกแบบอาจขึ้นอยู่กับอายุ เพศ และวัฒนธรรมด้วย อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อมทางกายภาพนั้นส่งผลต่อการออกแบบเป็นอย่างยิ่ง จะต้องคำนึงถึงความสะดวกสบาย ความปลอดภัย รวมทั้งคำนุงถึงการใช้งานร่วมกันกับสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การออกแบบป้ายสัญลักษณ์จึงต้องนำเอาหลักการสรีระมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับมุมมองและการเคลื่อนไหว (Motion) ของร่างกายมนุษย์มาประยุกต์ใช้

4. ขั้นตอนและการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษารวบรวมข้อมูล ผลการวิจัย และข้อมูลวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์ รวมถึงผลวิเคราะห์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการศึกษาระบบขนส่งในกรุงเทพมหานคร, การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะและการเชื่อมต่อ, แนวคิดเกี่ยวกับพื้นที่สาธารณะ, ทฤษฎีพฤติกรรมมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม, ข้อมูลโครงการการศึกษาปรับแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

2. เก็บรวบรวมตัวอย่างผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์จากหนังสือ Wayfinding Design and Implementting Graphic Navigation Systems, Graphic Design Los Angeles, Space Graphic, Sign Graphic, Environmental Graphic, Urban Entertainment Graphics, Environmental Graphic Design Designing และรวบรวมผลงานที่ได้รับรางวัลจาก SEGD (The Society of Environmental Graphic Design) www.segd.org/awards

3. การสำรวจภาคสนาม เป็นการสำรวจสภาพทางกายภาพของพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ระบบขนส่งสาธารณะและการเชื่อมต่อ เพื่อเทียบกับข้อมูลทางแผนที่ หรือภาพถ่าย และเพื่อที่จะทำการหาจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบขนส่งรูปแบบต่างๆโดยรอบ ทั้งระดับพื้นและระดับยกลอยทางด้านกายภาพ

4. สร้างเครื่องมือวิจัย โดยใช้แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจากผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือทั้ง 2 ชนิด นำไปใช้กับประชากร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านนักออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์ นักออกแบบสภาพแวดล้อม และกลุ่มประชากรที่ใช้งานระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ

5. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม, แบบสอบถาม, การสัมภาษณ์ รวมทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการสรุปพื้นที่ระบบขนส่งสาธารณะและจุดเชื่อมต่อ

6. สังเคราะห์แนวคิดที่ได้

7. สรุปผลการวิจัย

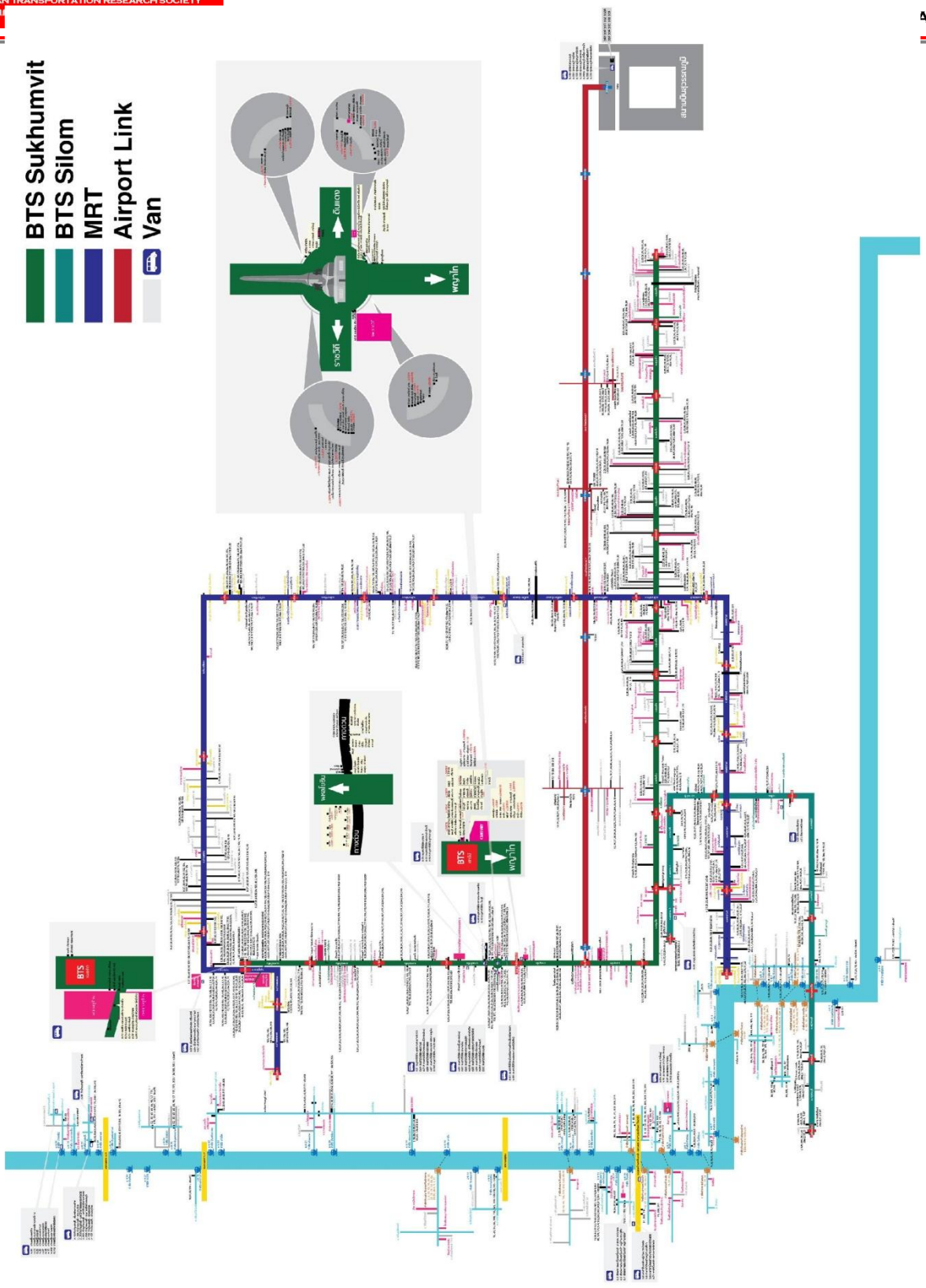
8. เขียนโจทย์ทางการออกแบบ

9. ออกแบบและสร้างผลงาน

5. ผลการศึกษา

จากการศึกษารวบรวมข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแล้วนั้น การออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์สำหรับระบบคมนาคมกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ผลของภาพรวมของการทับซ้อนของเส้นทางระบบขนส่งมวลชนสาธารณะของกรุงเทพมหานคร ประกอบไปด้วยระบบขนส่งมวลชนทางราง (ในปัจจุบันเปิดใช้ 4 สาย คือสายหมอชิต-อ่อนนุช, สายสนามกีฬาฯ-สะพานตากสิน-ถ.ตากสิน, หัวลำโพง-บางซื่อ และ Airport Rail Link) รถประจำทางปรับอากาศ และไม่ปรับอากาศ รถตู้ประจำทาง เรือด่วนเจ้าพระยา เรือคลองแสนแสบ

จากการลงสำรวจภาคสนามทำให้ได้มาซึ่งภาพรวมของเส้นทางดังกล่าวข้างต้น และทำการสำรวจจุดจอดรับ-ส่งของรถประจำทาง รถตู้ประจำทาง รวมถึงท่าเรือจอดรับ-ส่งของเรือด่วนเจ้าพระยาและเรือคลองแสนแสบ ซึ่งในภาพจะปรากฏจุดตัด ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อของการเดินทางแต่ละประเภทได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 2 แนวเส้นทางร่วมของการให้บริการระบบขนส่งมวลชนสาธารณะที่แสดงจุดจอดรับ-ส่ง, หมายเลขรถประจำทาง, หมายเลขรถตู้, และทางเรือ โดยแสดงการเชื่อมประสานทางกายภาพของพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ๆ เป็นระบบขนส่งสาธารณะและการเชื่อมต่อ

ที่มา: สำรวจข้อมูลโดยผู้วิจัย

ข้อมูลแผนที่ที่ได้จากการสำรวจ จะถูกนำมาสังเคราะห์เพื่อการออกแบบข้อมูล (Infomation Graphic) ที่ง่ายต่อการรับรู้ ตามทฤษฎีการรับรู้ทางทัศนาการ ทฤษฎีสัญญะวิทยา รวมถึงทฤษฎีการออกแบบที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์นั้น ได้นำตัวอย่างผลงานการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์ที่ได้รับรางวัลระดับนานาชาติ เช่นจาก SEGD (The Society of Environmental Graphic Design) รวมถึงการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างจากระบบป้ายสัญลักษณ์ของระบบคมนาคมในประเทศสิงค์โปร์ และประเทศอังกฤษ พบว่าประโยชน์ใช้สอยในป้ายหนึ่งป้ายประกอบไปด้วย การให้ข้อมูลของเส้นทาง จุดเริ่มต้นจนถึงปลายทาง ข้อมูลหมายเลข รหัสของรถประจำทาง และข้อมูลที่แสดงการเปลี่ยนถ่ายเส้นทาง และการเชื่อมต่อของการเดินทางด้วยวิธีต่างๆ การแสดงข้อมูลเส้นทางที่ซ้อนทับกัน จะถูกออกแบบข้อมูลด้วยการใช้เส้นและสี โดยเน้นการออกแบบข้อมูลแบบ 2 มิติ

รูปที่ 3 ป้ายรถประจำทางในประเทศสิงคโปร์

ที่มา: สำรวจข้อมูลโดยผู้วิจัย

รูปที่ 4 ป้ายรถประจำทางและระบบป้ายสัญลักษณ์รถใต้ดินกรุงลอนดอน

ที่มา: สำรวจข้อมูลโดยผู้วิจัย

โดยแสดงข้อมูลผ่านระบบภาพและเสียง ซึ่งเป็นการออกแบบที่คำนึงถึงการออกแบบเพื่อมวลชน (Universal Design) ด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

หน้าที่พื้นฐานของระบบป้ายสัญลักษณ์คือการชี้บ่งประโยชน์ใช้สอย และนำทาง ยิ่งในสถานที่เป็นสถานที่สาธารณะ มีผู้ใช้งานต่างเพศ ต่างวัย ต่างการศึกษา ต่างอาชีพ รวมถึงต่างภูมิลำเนา ยิ่งต้องมีการออกแบบที่ส่งเสริมการใช้งานให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด หากเป็นไปได้ระบบป้ายสัญลักษณ์ควรถูกวางระบบ และการออกแบบควบคู่ไปกับสถานที่ หรือโครงการที่กำลังจะเกิดขึ้นให้เกิดการเชื่อมประสานทางกายภาพที่ชัดเจน นอกจากการออกแบบที่ดีถูกต้องตามหลักการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์แล้ว ขั้นตอนของการผลิตป้ายให้ได้ตามมาตรฐานอาจต้องตั้งงบประมาณการผลิตให้สอดคล้องกับวัสดุ และสภาวะการใช้งาน การบำรุงรักษาป้ายตามอายุการใช้งานที่เหมาะสมรวมไปถึงการให้ความสำคัญกับการออกแบบสภาพแวดล้อมที่จะมีการติดตั้งป้าย เพราะเนื่องจากสภาพแวดล้อมเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่มีความสำคัญในลำดับแรกๆ ที่ส่งผลต่อการรับรู้ให้เกิดประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ของป้ายนั้นๆ

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของดุษฎีนิพนธ์ หลักสูตรศิลปกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศุภกรณ์ ดิษฐพันธุ์ (Associate Professor Dr.Suppakorn Disatapandhu) เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้รับทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษาตามหลักสูตรฯ จากภาควิชาออกแบบนิเทศศิลป์ คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

เอกสารอ้างอิง

[1] กองผังเมือง สำนักปลัดกรุงเทพมหานคร, 2545. การศึกษาเบื้องต้นโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินในเขตกรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 2

[2] การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2545. รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร. การศึกษาและออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทางและการพัฒนาพื้นที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคลและส่วนต่อขยาย

[3] จรินทร์ กังใจ, 2549. การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางภายหลักการเปิดให้บริการของระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่: การศึกษาก่อนและหลังของระบบรถไฟฟ้ามหานครสายสีน้ำเงินในเขตกรุงเทพ มหานคร. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[4] นิธิ สถาปิตานนท์, 2554. เมืองบ้าป้าย ไฮเวย์สกปรก บ้านเมืองรกรุงรัง. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทลายเส้น พับลิชชิ่ง จำกัด

[5] ภัทรพร เนติปัญญา, 2548. ความสามารถในการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน: กรณีศึกษาผู้เดินทางไปทำงานในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[6] สุปิติ จันทร์ประสิทธิ์, 2543. การศึกษาการออกแบบระบบป้ายสัญลักษณ์มาตรฐานสำหรับกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ศิลปกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเรขศิลป์ ภาควิชานฤมิตศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[7] เอื้อเอ็นดู ดิศกุล ณ อยุธยา, 2543. ระบบป้ายสัญลักษณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท พลัสเพลส จำกัด

[8] Aust, Steve. 20 October 2004. In search of wayfinding www.signweb.com/ada/cont/wayfinding.html

[9] David Gibson, 2009. The Wayfinding Handbook Information Design for Public Places.

[10] Craig M. Berger, 2009. Wayfinding Designing and Implementing Graphic Navigational Systems.

[11] Mark Ovenden, 2005. Metro Maps of the World

ROAD TRANSPORT SCENARIO IN DHAKA CITY AND AIR POLLUTION ASPECTS – A COMPARATIVE ANALYSIS

Paper Identification number: SCS11-008
Md. Moniruzzaman

Master student, Field of Transportation Engineering,
School of Engineering & Technology, Asian Institute of Technology (AIT),
Pathumthani 12120, Bangkok, Thailand.
Cell: 0853395055; E-mail: Md.Moniruzzaman@ait.ac.th

Abstract

This study is particularly focused on the current statistical scenario of road transport vehicles in the Greater Dhaka city area and its consequential impact on the city environment – especially on the air quality level. Dhaka, a city with 400 years of traditions and culture, is recently undergoing worse situations with its overcrowded population. Undoubtedly, the road transport sector is serving as the main backbone to the city commuters. With the overwhelming increase in population day by day, the city is experiencing with numerous transport options as some transport planning initiatives are to proceed in a few years. Although it has been revealed that air pollution level at traffic congestions has noticeably improved due to large scale introduction of CNG vehicles in Dhaka city, the overall air quality level of the city is deteriorating as more and more vehicles are adding to the current status without replacing the old and worn-out ones. Different studies show that transportation in Dhaka city is exposed as the leading contributor to the high concentration of Suspended Particulate Matters (SPM) and Lead (Pb) along with emissions of other Green House Gases (CHGs) such as Carbon dioxide (CO_2), Methane (CH_4), Nitrous oxide (NO_X) etc. In addition, some recommendations for controlling the air pollution in Dhaka city are also incorporated in the paper.

Keywords: Road transport, Air quality, CNG vehicles, Greenhouse gas

1. Introduction

Air pollution due to road transport vehicles can be treated as one of the major critical concerns to the city commuters with its high concentration above the normal ambient level. Carbon monoxide (CO), Sulfur dioxide (SO_2), Nitrogen oxides (NO_x), Ozone (O_3), Hydrocarbons (HC) and Suspended Particulate Matter (SPM) are considered as the most significant pollutants. Lead (Pb) as another critical pollutant was added to this list in the late 1970s by the Environmental Protection Agency (EPA) of USA[1]. In 1987, PM_{10} (Particulate matter with an aerodynamic diameter of less than or equal to 10 microns) was also added to the list.

Drowsiness, eye irritation, cough, asthma, throat irritation, nose blockage, persistent, respiratory infections, bronchial infections, colds and headaches are observed as some of the common syndromes among the city people in recent times. Lead (Pb) affects the central nervous system, causing renal damage and hypertension. CO in air reduces the ability to carry oxygen and aggravates heart disorders.

Dhaka, the capital of Bangladesh accounts for nearly 40 percent of total urban population. With a population of over 14 million and with the rapid urbanization rate, Dhaka bears the distinction of being the fastest growing cities in the world. And if this trend continues, by the year 2025 Dhaka will be home to more than 20 million populations being larger than Shanghai, Beijing or Mexico City as some predictions exhibit (Shafi, 2010).

In serving that large number of rapidly growing population, road transport sector is playing the pivotal role with no other options as most of the rivers and their tributaries around the city are filled in due to escalating growth of real estate developers and other tertiary forms of entrepreneurs. While even a few decades ago, water transport was defined as the safest and cost effective mode of transport for Dhaka city and its vicinities. As a fact with an increasing number of vehicles adding to the existing infrastructure (about 2000 km) day by day, the situation is getting truly unmanageable generating overwhelming difficulties to the city commuters.

Air pollution in Dhaka city is testimonied to be serious and damaging to public health. In the winter of 1996-97, the lead (Pb) concentration in the atmosphere of Dhaka city was reported higher than any other place of the world[2]. Concern over air pollution rate of Dhaka city eventually led to the promulgation of National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) in Bangladesh in 1997.

2. Literature Review

A remarkable number of studies were previously executed on Dhaka city's growing number of private vehicles and resulting air pollution. Jaigirdar (1998) conducted a study on assessing the ambient air quality of Dhaka city investigating the impact of improved bus service in reducing environmental pollution.

N. Ahmed and A. Begum (2010) performed a study on air pollution aspects of Dhaka city exemplifying both indoor and outdoor air pollution scenario. A. Begum (2010) accomplished another work on the impact of auto-exhaust on air quality in Dhaka city that identified traffic congestion and fuel quality as significant contributors in deteriorating the air quality.

W. Uddin and M. Hasan (2002) carried out a study on the concentration of particulate matters in air around Dhaka city. Faiz, Weaver & Walsh (2002) conducted a study on air pollution from motor vehicles suggesting standards and technologies for controlling pollutions.

M. Karim (2009) accomplished a work on traffic pollution in Bangladesh and metropolitan Dhaka investigating the current emission statistics.

Previously Greater Dhaka Metropolitan Area Integrated Transport Study (1996) showed some important statistics on this issue illustrating baseline vehicles emission inventory in Dhaka city.

Another statistics on vehicle population, utilization and fuel economy in Dhaka was demonstrated in the working paper of Dhaka Urban Transport Project (DUTP, 1996).

D. Bongardt, F. Rudolph & W. Sterk (2009) worked on transport options in developing countries and climate policy suggesting the Copenhagen Agreement and beyond.

Clean air is judged to be a basic requirement of human health and well-being. In this regard, World Health Organization (WHO) published the updated worldwide air quality guidelines[3]. Table 1 below shows the acceptable limit for four common air pollutants:

Table 1: Allowed concentration level set by WHO

Type of Pollutant		Acceptable limit ($\mu g/m^3$)
Particulate Matter	$PM_{2.5}$	10 (annual mean) 25 (24-hour mean)
	PM_{10}	20 (annual mean) 50 (24-hour mean)
Ozone (O_3)		100 (8-hour mean)
Nitrogen dioxide (NO_2)		40 (annual mean) 200 (1-hour mean)
Sulfur dioxide (SO_2)		20 (24-hour mean) 500 (10-minute mean)

Source: WHO Air quality guidelines, 2005.

Previously an ambient AQ standard for Bangladesh was introduced in the Environment Conservation Rules (ECR) of 1997. Later on the World Bank funded Air Quality Management (AQM) project replaced that 1997 standard by a new set in July 2005. Table 2 below represents the updated ambient air quality standards comparing with WHO guideline values and US EPA standards:

Table 2: Updated (2005) ambient AQ standards

Pollutant	Mean period	Bangladesh[a] standard ($\mu g/m^3$)	WHO[b] guideline value ($\mu g/m^3$)	US EPA[d] standard ($\mu g/m^3$)
CO	8-hour	10,000 (9 ppm)	10,000[c]	10,000
	1-hour	40,000 (35 ppm)	30,000[c]	40,000
Pb	annual	0.5	0.5	-
NO_x	annual	100 (0.053 ppm)	-	-
TSP	8-hour	200	-	-
PM_{10}	annual	50	20	revoked
	24-hour	150	50	150
$PM_{2.5}$	annual	15	10	15
	24-hour	65	25	35
O_3	1-hour	235 (0.12 ppm)	-	235
	8-hour	157 (0.08 ppm)	100	157
SO_2	annual	80 (0.03 ppm)	-	78
	24-hour	365 (0.14 ppm)	20	365

Source: [a]S.R.O. No: 220-Law 2005; [b]WHO, 2005; [c]WHO, 2000 and [d]US EPA, 2006.

The new standards for PM (PM_{10}, $PM_{2.5}$), NO_2, SO_2, CO, and ozone (O_3) remained the same as set by the ambient AQ standards of US EPA and the standard for Lead (Pb) was equivalent to the guideline value set by WHO. Bangladesh has become the only country in South Asia who set $PM_{2.5}$ in its National Ambient Air Quality Standards[4].

3. Methodology

The entire study is carried out based on data collected from secondary sources i.e. research reports previously accomplished by individual researchers and various concerned local as well as international institutions/authorities. And the analysis and forecasted figures based on most recent statistics are presented afterward.

4. Data Analysis and Results

Table 3 below represents the number of vehicles added to the existing limited infrastructure on the roads of Dhaka city in recent years.

Table 3: Statistics of registered vehicles

Type of Vehicles	Up to 2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Grand Total
Private car	87866	4734	5633	7403	10244	13749	17654	19557	166840
Jeep/ Microbus	32391	2114	3303	4548	4372	5077	6803	6687	65295
Taxi	9369	523	514	266	0	0	10	0	10682
Bus	2614	779	728	949	1082	1144	914	1101	9311
Minibus	7460	368	118	75	77	107	112	142	8459
Truck	20342	1437	1104	1480	830	1642	3180	4543	34558
Auto-rickshaw/ tempo	10687	2344	139	230	121	155	1144	1362	16182
Motor cycle	119299	7872	12879	16284	17303	23713	22093	30264	249707
Others	13187	1300	2361	2728	2913	2550	4868	12225	42132
Total	303215	21471	26779	33963	36942	48137	56778	75881	603166

Source: BRTA, 2010.

The above statistics shows only the registered vehicles as per the estimation by Bangladesh Road Transport Authority (BRTA). Besides these a considerable number of vehicles are left unregistered due to low enforcement of registration regulations. Based on a study, varied by type only about 25-50% of the actual number of vehicle is registered (Intercontinental Consultants and Technocrats Pvt. [ICTP] 2001).

From 2003 to 2010 almost all type of vehicles increased by near about 20 percent than the previous year's figure except the metered taxi and minibus. **A s**teady growth is apparent in case of private car and motor cycle during the year 2004 to year 2010. At the end of 2010, the number of motor cycle reached more than double comparing with 2003's figure; private car increased by 90 percent than the gross number in 2003.

Despite not having such a large vehicle fleet on the roads high traffic volumes, congestion and poor vehicle maintenance resulted in the transport sector act as major contributors to air pollution. Inefficient land use and overall poor traffic management further adds to the problem. Motor vehicles are often observed as old, overloaded and poorly maintained. Old trucks and dilapidated minibuses are often traced on the city streets. Fig.1 below visualizes the growth of all type of vehicles at the end of year 2010 comparing with the base year 2003.

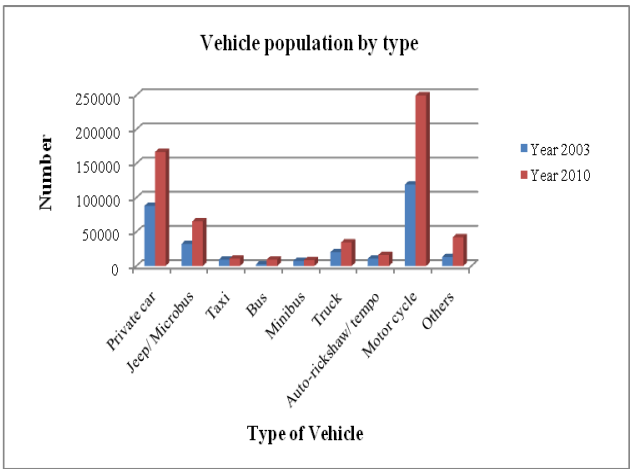


Fig. 1: Vehicle pop[n] comparison (2003 vs 2010)

From the above figure it is evident that within a short time almost doulbled vehicles entered on the same roads with valid permission of the vehicle registration autority (i.e. BRTA) leaving the city's infrastructure in a truly unmanageable situation.

Fig. 2 below depicts the occupied percentage contribution of all type of vehicles among which motor cycle (41%) alone ensured the fastest ever growth followed by private car (28%); which are considered as most significant contributors in deteriorating the air quality level along with truck and minibus (grossly 7%). In broad sense, more than 75 percent of city's vehicles are directly contributing to air pollution as these vehicles are normally operated by diesel or gasoline.

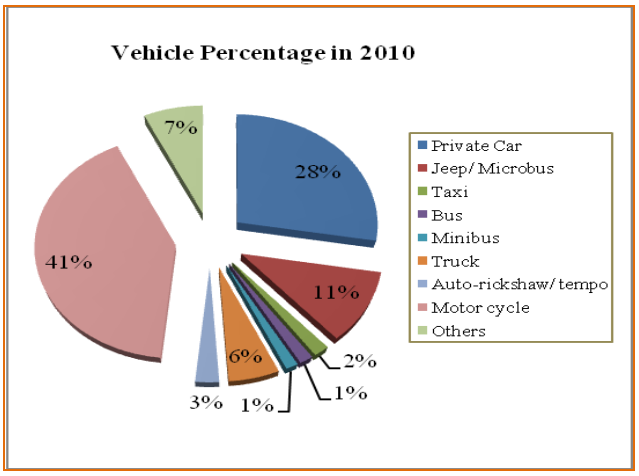


Fig 2: Vehicle percentage in Year 2010

Based on Table 3, if the same growth rate continues by the end of year 2015 the total number of vehicles will reach at more than 850,000. With this same trend alone in year 2015, newly registered number of motor cycle and private car will be near about 52,000 and 34,000 respectively which are the most dominant air pollutant sources (Fig. 3).

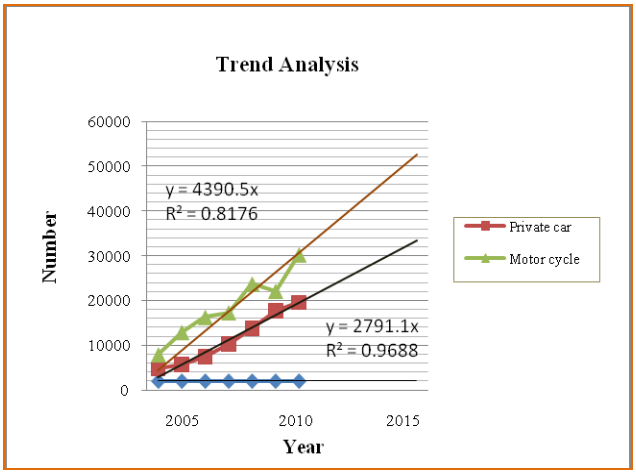
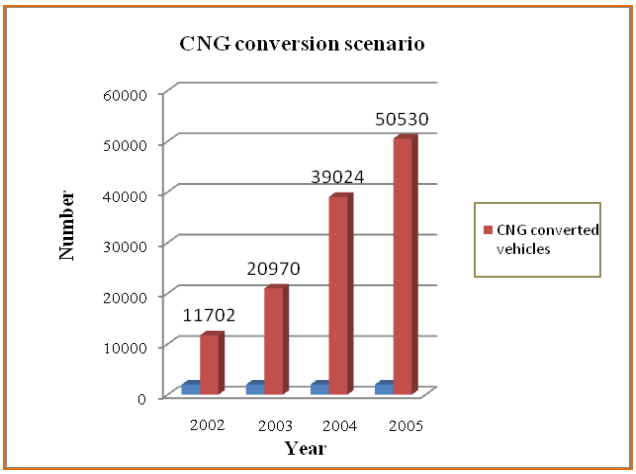


Fig. 3: Forecasted vehicles (2 types) by 2015

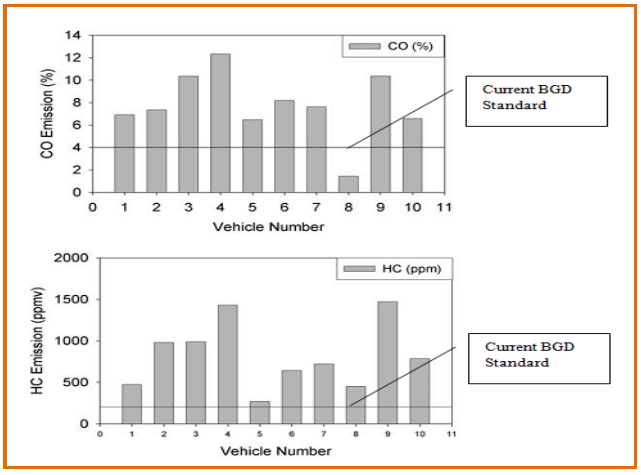
In this context, Govt. has promoted and given CNG (Compressed Natural Gas) conversion license for setting-up new industries in private sector whch was earlier started in 1983 under a World Bank pilot project. Thereafter currently 87 number of componies are converting diesel or gasoline operated vehicles into CNG[5]. The scenario of CNG coversion till year 2005 is illustrated below (Fig. 4).



Source: SUEP, 2006.

Fig. 4: Number of CNG converted vehicles

Having the same conversion rates by the end of year 2015, only about 180,000 vehicles (one-fifth of the total projected vehicles) would be operated using CNG. However, earlier a pilot survey was conducted by Society for Urban Environmental Protection (SUEP), Dhaka in 2003 to examine the emission level of CO and HC from 10 CNG converted vehicles.



Source: SUEP, 2003.

Fig. 5: CO and HC emission from CNG vehicles

The result (Fig. 5) showed that the observed emissions contained 7-12 percent of CO against tolerable level of 4 percent, as well as 450-1472 ppm of HC against approved level of 180 ppm. Lack of proper conversion skills of the workers and poor maintenance were identified as the prime reasons behind such poor performance. In addition, periodical maintenance of each vehicle is also lacking.

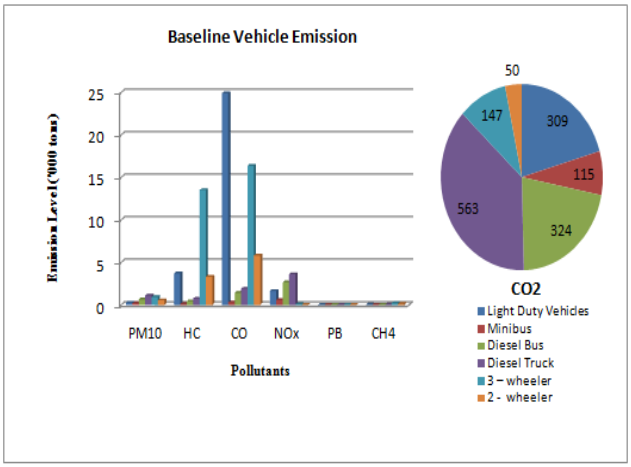
Initially vehicle population, annual utilization and fuel economy are another important criteria to judge the overall emission level a city clutches. Table 4 below represents a typical scenarion on the roads of dhaka city in terms of those factors:

Table 4: Veh pop^{n}, annual utilization and fuel economy in Dhaka

Type of Vehicle	Vehicle Pop^{n}	Annual Utilization (Km/Yr)	Fuel Economy (Km/l)
Car & Taxi	42,000	19,200	8.0
Jeep & Microbus	12,000	19,200	8.0
Disel Bus	4,000	57,600	4.8
Disel Truck	5,000	64,000	2.4
3-Wheeler	14,500	38,400	2.4
2-Wheeler	73,500	10,000	35.0

Source: DUTP, 1996.

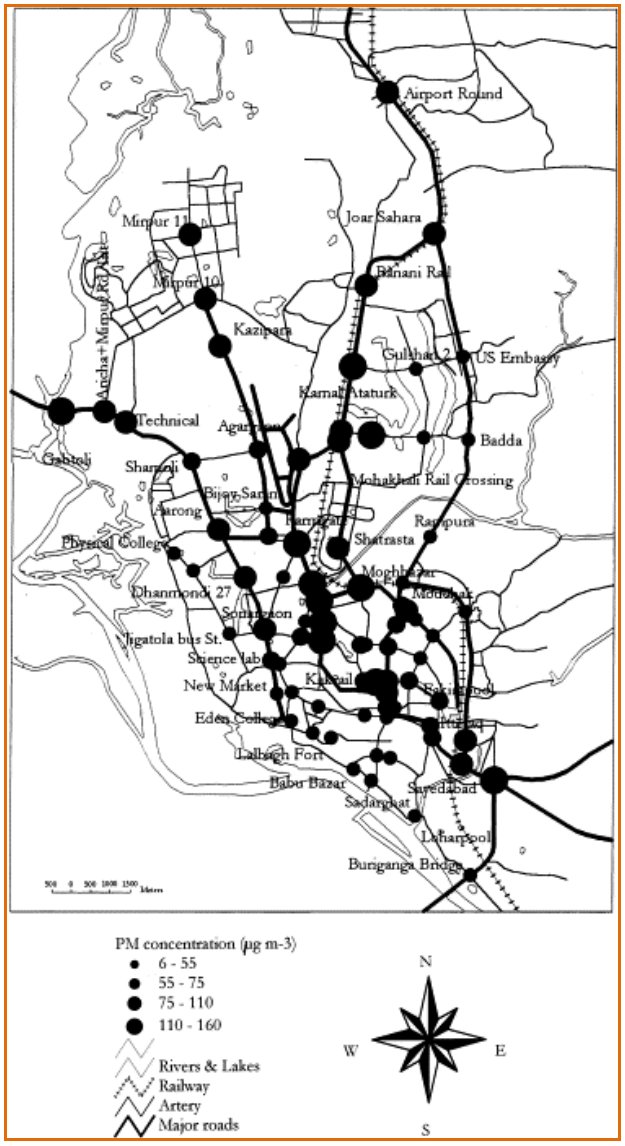
Almost all type of vehicles significantly produce various concerned air pollutants. In 1995, Bangladesh emitted 20 millions of tons CO (International Energy Agency, 1995). Initial estimates show that motor vehicles annually emit 3,700 tons of particulate matters (PM_{10}), 8,550 tons of nitrogen oxides, 50,700 tons of carbon dioxide, etc. CO_2 and CO recorded as much higher than other pollutants in terms of 1000 tons units (Fig. 6).



Source: Working Paper No.23, GDMAITS (1996)

Fig. 6: Baseline emission inventory in Dhaka

Undoubtedly air pollution in the city has taken an alarming turn, exposing serious health hazards for city dwellers. Things get worse especially during the dry season. The health related economic cost is approximately $360 per vehicle per year. Air pollution kills 15,000 Bangladeshis each year, according to a World Bank report released recently[6].



Source: Karim, 1998.

Fig. 7: PM concentration in the streets of Dhaka

Although it is claimed that the city's pollution level reduced by 25 percent after the withdrawal of 2-stroke vehicles in 2003, the annual mean concentration of particulate matters (PM) has risen significantly despite a massive drop in pollution levels in 2004. Recently the density of airborne particulate matter (PM) has reached 247 micrograms per cubic metre (mcm) which is nearly five times the acceptable level of 50 mcm set by NAAQS[7]. Table 5 below gives an obvious picture about the current statistics of Particulate Matters in the air of Dhaka city:

Table 5: PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentration in Dhaka city (mcm)

Pollutant	Year 2003	Year 2004	Year 2008
PM_{10}	330	238	291
$PM_{2.5}$	266	147	191.83

Source: AQMP, 2008.

Based on the current progression by the year 2016, the annual mean concentration level of PM_{10} and $PM_{2.5}$ will be 350 mcm and 240 mcm respectively; correspondingly which will be almost 18 times and 24 times the acceptable level set by WHO (Table 1). The predicted PM concentration level is shown below based on the present trend (Fig. 8):

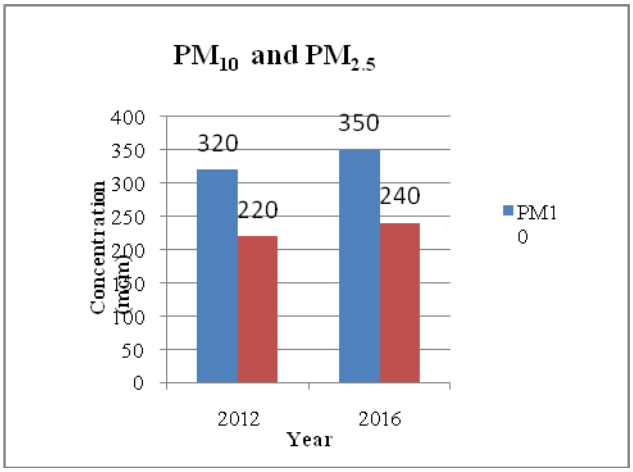


Fig. 8: Forecasted PM Concentration level

A large number of unfit, old and diesel-run vehicles continue to ply Dhaka's streets worsening the pollution levels. At least 25 percent of vehicles in Dhaka are over 20 years old. In addition, on an average each year nearly 80,000 more vehicles are adding to the current statistics and in the same infrastructure as well.

5. Conclusion

Commuting in Dhaka city is indisputably a public hassle having the ever-growing population and disordered traffic on the roads. Getting locked in jam-packed traffic for even hours is a usual experience. The resultant loss is definitely unattainable to measure in terms of money. Poor traffic management, congestion and delays, conflict of jurisdictions and lack of coordination among agencies, and fast growing air pollution dilemmas characterize the transport scenario in Dhaka. Several studies also affirm that vehicles are

believed to comprise the leading source of particulate emission in Dhaka since there are no such power stations, significant industrial sources of emissions, or deserts to cause dust pollution in the city.

6. Recommendations

On the basis of the above existing and projected figures, it is clearly observed that in a next couple of years the situation will appear likely more perilous due to irresistible growth of population and required number of vehicles. Therefore, some innovative and effective strategies have to be introduced. Old and worn-out vehicles have to be replaced to reduce vehicular emissions. Appropriate transportation planning is to be adopted to control the growth of private vehicles by introducing efficient mass transit options. Rickshaws have to be gradually phased out from the main roads since they slow down the traffic which eventually causes higher pollution. Steps should be taken to reduce traffic congestion as past studies show that congestion is one of the main reasons behind high level of pollutant concentration. Department of Environment (DoE) and BRTA should enforce their regulations strictly. Government should launch effective programs ensuring coordination among various concerned authorities like DESA, DWASA, DoE, and BRTA etc. In this regard, a Dhaka Pollution Control Authority should be established comprising of both local and international experts who would be authentic to monitor the situation on a regular basis and provide continual update in public. In addition, FM Radio, TV channels and print media can play a significant role in creating awareness among the public.

References

[1] Ahmed K.M. and Begum D.A. (2010) Air Pollution Aspects of Dhaka City: *Proceeding of International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh (ICEAB 10)*, University of Kitakyushu, Fukuoka.

[2] Ahmed N. (1997) Air Pollution in Dhaka City, *Key note speech at ChE Division of IEB*, Dhaka.

[3] World Health Organization (2006) Global Update 2005: WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, *WHO press*, Geneva.

[4] Asian Development Bank (2006) Country Synthesis Report on Urban Air Quality Management, *ADB press*, the Philippines.

[5] Babu A.H (2006) Use of Cleaner Fuels and Substantial Improvements in Air Quality in Dhaka, Bangladesh, *Clean Air Portal, SUEP*, Dhaka.

[6] Ahmed S. and Mahmood I. (2011) Air Pollution kills 15000 Bangladeshis each year: the role of public administration and governments' integrity, *Journal of Public Administration and Policy Research*, Vol. 3(4), pp. 129-40, Dhaka.

[7] Khan S. (2011) Air pollution in city reaches alarming level, *www.thefinancialepress-bd.com*, Vol. 18, Dhaka.

The Success of Policy Implementation against Drunk Driving in Bangkok: A Structural Equation Modeling

Paper Identification Number: SCS11-009
Waiphot KULACHAI, Ph.D. [1], Satoshi MIYATA, Ph.D.[2]

[1]Young Leaders Program, School of Government, National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS), Tokyo, Japan
Telephone: +8180 4168 9870 Fax: +813 6439 6010
Email: xzerothai@gmail.com, mey10009@grips.ac.jp

[2]Visiting Lecturer, National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS), Tokyo, Japan
Telephone: +813 6439 6000 Fax: +813 6439 6010
Email: czp11145@yahoo.co.jp

Abstract

This study examined factors affecting the success of policy implementation against drunk driving in Bangkok. Questionnaire was employed as a research instrument. Two hundred fifty traffic policemen completed a questionnaire. Structural Equation Modeling (SEM) technique was employed to analyze the data using LISREL version 8.53. The study found that the success of policy implementation against drunk driving in Bangkok model is fit with the empirical data (Chi-square = 296.54, P-value = 0.26433, df = 282, RMSEA = 0.014, GFI = 0.93, AGFI = 0.88, and RMR = 0.055). It also found that commitment, infrastructure, personnel, and organization structure are the most important factors affecting the success of implementing the policy respectively. Recommendations and implications are also discussed.

Keywords: Transport policy, Policy implementation, Drunk driving, SEM

1. Introduction

Road traffic accidents become major problems causing a number of deaths and injuries in Bangkok. The average numbers of road traffic accidents in Bangkok during 2001- 2010 were approximately 46,059 cases. In addition, the average number of deaths and injuries per year were about 678 and 20,419 respectively[1]. Even the number of deaths has been decreasing since the year 2002, such numbers still very high compared to those of Tokyo. In 2010 with regard to the severity ratio measured by the number of fatal per 100,000 populations, Bangkok accounted for 7.98 or approximately 5 times higher than Tokyo which had the severity ratio as only 1.63. This indicates that road traffic accidents in Bangkok should be taken into account by the government.

Since a number of road traffic accidents caused a great amount of deaths and injuries throughout Bangkok and many cases were alcohol related, policy implementation against drunk driving has been employed to minimize the number of deaths and injuries. Hence, alcohol breath testing was firstly administered in Thailand on the 16th of December 1997 under the operation of the Traffic Police Division. The enforcement during that time was not so restricted until the year 1999 and again in 2003 when the government paid high attention on road traffic accidents. Interestingly, the number of drivers and riders called for alcohol inspection increased dramatically in 2004. The reason was that the Royal Thai Police was given new 1,793 breathalyzers (for the whole country) in that year. Even there was restricted alcohol testing, the numbers of alcohol-related accidents still very high, especially in 2004.

Road traffic accidents recently are viewed as a vital cause of injury in Thailand. WHO estimated that, in the year 2020, road traffic accident will be the third leading cause of injury in Thailand[2]. Even there are certain numbers of road traffic accident-related research, the research were conducted in various perspectives. Some interested in traffic investigation and road safety audits. There were several studies focusing on factors influencing road traffic accidents. Some focused on economic evaluation of road traffic accidents. However, there was a research conducted by Sripinproh who focused on policy implementation against drunk driving. However, his study examined the

relationship between independent variables and the success of policy implementation but did not examine which factors are the most influential factors affecting the success of policy implementation against drunk driving[3]. This study, therefore, would like to study more in-depth on how extent to which each independent variable affects the success of the policy implementation based on the policy implementer's perspectives as well as to provide appropriate guidelines for successful implementation of such policy.

2. Literature Reviews

2.1 Law against Drunk Driving

Although the alcohol breath testing was firstly administrated in 1997, road traffic accident is still a major problem causing a great number of deaths and injuries in Thailand. The Royal Thai Government has placed a high importance on road safety and the law against drunk driving. As a result, the Land Traffic Act B.E. 2522, has been restrictively enforced since the government of Thaksin Shinnawatra in 2003. According to the Land Traffic Act B.E. 2522, a person considered as intoxicated will be prohibited to drive with Blood Alcohol Concentration over 0.05 g/100ml, though the legal BAC levels vary from country to country.

An imprisonment for a period not exceeding 1 year or to a fine of 5,000 to 20,000 Baht or to both, and at least 6-month driving ban or suspension of driving license will be applied for an intoxicated person according to the Land Traffic Act B.E. 2522 (Revised in 2010). In addition, if the driver causes a slight injury, he is liable to an imprisonment for a period of 1-5 years and to a fine of 20,000-100,000 Baht, and to at least 1-year driving ban or suspension of driving license. Furthermore, if he causes serious injury, he is liable to 2-6 years imprisonment and to a fine of 40,000 – 120,000 Baht, and to at least 2-year driving ban or suspension of driving license. The highest punishment is applied in case of causing death. Intoxicated driver causing fatality is liable to an imprisonment for a period 3-10 years and to a fine of 60,000-200,000 Baht and his driving license will be suspended. Other punishments are score reduction system, and probation. Intoxicated person's score will be deducted by 40 points. For probation measure, violators have to do 12-48 hours of public and social service work and to report to the Department of Probation intermittently.

2.2 Defining Policy Implementation

Nakamura and Smallwood suggested that the policy process can be conceived of as a system of functional environments-policy formation, policy implementation, and policy evaluation[4]. Birkland defined implementation as "the process by which policies enacted by government are put into effect by the relevant agencies." [5] Mazmanian and Sabatier defined implementation as "the carrying out of a basic policy decision, usually incorporated in a statute but which can also take the form of important executive orders or court decisions." [6] Edwards defined that policy implementation is the stage of policy making between the establishment of a policy and the consequences of the policy for the people whom it affects[7]. In this study, policy implementation refers to the process that the government's policy against drunk driving is put into effect by the Traffic Police Division.

2.3 Policy Implementation Models

Policy implementation is affected by various factors. Tsukada stated that policy implementation is not only influenced by technical, bureaucratic staff, institutional/political elements, but also non-government actors[8]. According to Sinbanchongjit-Suwannathep, there are eight most important factors affecting policy implementation effectiveness; supporting fund, degree of compliance, technical support, external fund, compliance ability, compliance limitations, policy knowledge and experience, and external impacts respectively[9]. Homchuenchom found that policy condition is an important factor that affects the effectiveness of policy implementation[10]. Brynard suggested that there are five major factors, known as 5Cs, which affect the success of policy implementation; content, context, commitment, capacity, clients and coalitions. He also regarded communication as a variable for policy implementation[11].

Some scholars attempt to propose model to explain the success of policy implementation. For instances, Nakamura and Smallwood proposed a model illustrating the policy process as linkages between three key elements; policy formation, policy implementation, and policy evaluation. They emphasized that there are three major factors influencing policy implementation; actors and arenas, organizational structures and bureaucratic norms, and communication network and compliance mechanism[12]. Mazmanian and Sabatier's model is also well recognized. They summarized the conditions affecting policy implementation which are the clarity

and consistency of policy objectives, the adequacy of underlying causal theory, the extent to which the policy decision structures the implementation process, the political and management skill of the principal implementing officials, the extent of support for the program from constituency groups and critical sovereigns, and the absence of substantial shifts in socioeconomic conditions undermining the statutes causal theory or political support[13]. Elmore proposed four models of policy implementation; system management model, bureaucratic process model, organization development model, and conflicting and bargaining model[14]. However, the most suitable model for this study is the system management model which is based on the assumption that the success of policy implementation depends upon organization capability; organization structure, personnel (e.g. human competence and technical and administrative skill), budget, infrastructure, and machinery and equipment[15]. Hudson and Lowe described that this model is similar to the rational model which has the strong top-down structure. It also has flexibility. However, it has a limitation due to the achievement of goals is set by the highest level. The lower level or implementers has to perform in accordance with the aims of the decision makers. The success or failure of the implementation depends on failure to identify weakness and ignorance of policy implementers[16].

2.4 Assessing Policy Implementation Success

Assessing policy success has not reached a consensus among scholars. There are three main schools of thought defining "policy success" in different perspectives. The foundationalism defines policy success as a fact which can be assessed against identifiable standards. The anti-foundationalism argues that policy success is a matter of interpretation. Hence, there are no existing identifiable standards. The realism suggests that policy success is both fact and interpretation. Hence, it can be success but not necessary that everyone will perceive it as success. McConnell also suggested that there are three important dimensions of policy success; process success, program success, and political success[17]. The success of each dimension can be identified as illustrated in Table 1. In this study, the program dimension is employed to measure the success of policy implementation.

Table 1 The three dimensions of policy success

Dimension	Criteria
Process success	1. Preserving policy goals and instruments 2. Conferring legitimacy 3. Building a sustainable coalition 4. Symbolizing innovation and influence
Program success	1. Meeting objectives 2. Producing desired outcome 3. Creating benefit to target group 4. Meeting policy domain criteria
Political success	1. Enhancing electoral prospects 2. Controlling the policy agenda and easing the business of governing 3. Sustain the broad values and direction of government

Source: McConnell (2010).

2.5 Proposed Model

According to the review of literatures, the proposed model of the study was established based on the Elmore's system management model.

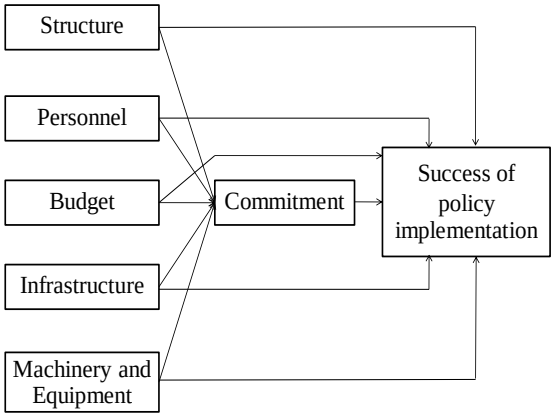


Fig. 1 A proposed model

Figure 1 illustrates that the success of policy implementation is directly influenced by structure, personnel, budget, infrastructure, machinery and equipment, and commitment. However, organization structure, personnel, budget, infrastructure, and machinery and equipment are important factors influencing the commitment of policy implementers and then leading to the success of policy

implementation. According to this study, all technical terms are defined as following:

Success of policy implementation (SUCC) is based on goal-attainment perspectives. It is measured in accordance with the program success dimension perceived by the policy implementers. According to the proposed model, it is affected by the variables as detailed below.

Commitment (COMM) means willingness of policy implementers to give time and energy to implement a policy they believe in. Porter, Steers, Mowdy, and Boulian claimed that commitment is a willingness of employees to exert considerable effort for their organization[18]. It could be implied that if a person has a commitment to a policy, he/she will exert a consideration effort to achieve the goals and aims of such policy. The study by Winter, Dinesen, and May found that "the commitment of street-level bureaucrats to carrying out a given policy is an important factor in shaping their policy actions." [19] Foote claimed that the more commitment, the greater the conscientiousness and civic virtue which is very important for the successful implementation of policies[20].

Structure of organization (STRU) means the flexibility of implementing agency which is categorized by decentralization and autonomy. According to Bhuian and Menguc, perception of higher job autonomy can lead to job satisfaction and organizational commitment[21]. Ketchand and Strawser also cited that the organizational commitment is influenced by the degree of centralization[22]. Logically, when individuals commit to their organization, they will exert considerable effort to their organizations. Consequently, they will also commit to a policy employed by the organizations. These could be implied that decentralization and autonomy will have an effect on policy commitment and success of policy implementation.

Personnel (PERS) means policy implementers' competences, which are their understanding of the policy, technical skills, and administrative skills. This also includes enough manpower to perform the task. Mingchai suggested that human resources are one of the factors influencing the effectiveness of implementing policy[23].

Budget (BUDG) means whether implementing agency has enough budgets or not to implement the policy. Sinbanchongjit-Suwannathep found that supporting fund has a positive relationship with the effectiveness of policy implementation[24]. Mingchai also found that budget is the influenced factor for the effectiveness of policy implementation[25]. Hence, providing enough budgets could result in higher commitment and success.

Infrastructure (INFR) refers to the existence of governance committee, steering committee, performance measurement, incentive system, and partnership in implementing the policy. Chuayrukk suggested that the role of private sectors is very crucial for the success of implementing a policy[26]. In order to maximize the objectives and performance improvement, incentives should be provided[27]. In addition, support from social, community, and organization are also vital for the success[28]. Kinitchiva found that availability of monitoring mechanism is very crucial for policy implementation success[29].

Machinery and equipment (MACH) means enough and proper equipment, such as, vehicles, breathalyzers, torches, generators, mobile video, petrol, and so on. According to Chuayrukk, policy resources are very important factors resulting in the effectiveness of implementing a policy[30]. Mingchai stated that the effectiveness of policy implementation is influenced by tools and equipment provided[31].

3. Methodology

3.1 Research Design

This research is a quantitative research using survey-research method to gather data. In addition, quantitative techniques employed in this study is a structural equation modeling (SEM) using a statistical software package LISREL to analyze the gathered data[32]. The units of analysis in the study are individuals, which are traffic police officers involved in policy implementation against drunk driving in Bangkok Metropolis. For this research, 250 participants are randomly selected from 1,674 police officers of the Traffic Police Division. The 250 sample size is sufficient large for SEM[33].

3.2 Quality of Measurement

Validity and reliability were employed to examine the quality of measurements. The content validity is based on the extent to which a measurement reflects the specific intended domain of content. To test validity of the questionnaire, firstly, questionnaire structure was sent to 4 experts who specialize in public administration and public policy to examine. Each item was assessed by giving the item rating of 1 for clearly measuring, -1 for clearly not measuring, and 0 for unclear

measuring. Then the index of congruence (IOC) values was calculated using the formula developed by Rovinelli and Hambleton for each item of the questionnaire[34].

IOC value I_{ik} for *i*-th item on *k*-th objective is an average of rating for each combination of each item and objective, and IOC is defined as follows:

$$I_{ik} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} S_{ijk}, i = 1,\ldots,M, k = 1,\ldots,K,$$

where S_{ijk}: the rating of (-1, 0, 1) of *i*-th item as measure of *k*-th objective by *j*-th specialist, *M*: total number of items (= 39), *N*: the number of specialists (= 4), and *K*: the number of objectives (= 5). According to Prasitrattasin, the IOC index higher than .50 is determined as valid. In this study, the IOC values are ranging from 0.75 – 1.00 which indicate that all items are judged to be valid[35].

Once all items of the questionnaire were valid, questionnaires were sent to 30 samples as a pilot survey. Then, the reliability of the measurement, measure of internal consistency, was examined by Cronbach's alpha coefficient[36]. The internal consistency reliability of survey instrument is a measure of reliability of different survey items intended to measure the same characteristic. For this research, the Cronbach's Alpha coefficient for *k*-th object is defined as follows:

$$\alpha_k = \frac{M_k}{1-M_k}\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{M_k}\sigma^2(Y_i)}{\sigma_k^2}\right),$$

where M_k: the number of items in *k*-th objective, $\sigma^2(Y_i)$: variance of rating of *i*-th item on *k*-th object, σ^2 :kvariance of total composite)ratings (in *k*-th object.

According to George and Marry, the Cronbach's alpha coefficient >.90 – Exccellent, >.80 – Good, >.70 – Acceptable, >.60 – Questionable, >.50 - Poor, and <.50 – Unacceptable[37]. The analysis shows the Cronbach's alpha coefficients of seven measurements; structure = .848, personnel = .810, budget = .802, infrastructure = .864, machinery and equipment = .883, commitment = .840, and success of policy implementation = .754 which suggest that all measurements are well reliable.

3.3 Data Collection

The primary data was gathered using questionnaires as a research tool. The questionnaires with 5 point rating scale anchored from (1) strongly disagree to (5) strongly agree were sent to the Commander of Traffic Police Division who then commanded related divisions to distribute the questionnaires randomly to the traffic police responsible for the law enforcement against drunk driving. The secondary data was gathered from books, official documents, articles, university's electronics database, and internet.

3.4 Data Analysis

Structural Equation Modeling (SEM) analysis was employed using LISREL version 8.53.

Structural Equation Modeling (SEM)

Kaplan defined SEM as "a class of methodologies that seeks to represent hypotheses about the means, variances, and covariances of observed data in terms of smaller number of 'structural' parameters defined by a hypothesized underlying conceptual or theoretical model." [38] SEM allows a set of relations between one or more independent variables and one or more dependent variables to be examined. Both independent and dependent variables can be either measured variables or latent variables[39]. Path analysis, confirmatory factor analysis (CFA), and structural regression model are common types of SEM[40].

SEM consists of two models; structural model and measurement model. Structural model is used to examine the causal influences of the exogenous variables on the endogenous and the causal influences of the endogenous variables on one another. Measurement model is employed to specify latent variables as linear functions of other variables. When the other variables are observed, they will play important role as indicators of the latent constructs[41].

LISREL

LISREL is a statistical package. It is widely used in social science[42]. Jöreskog and Sörbom claimed that the general LISREL models include multiple regression, confirmatory factor analysis, classical simultaneous equation models, and various common statistical techniques[43]. The advantages of LISREL are that it allows researcher to deal with complex relationships among variables[44]. In addition, it also a powerful tool for researcher for a detailed and critical examination of construct validity in various aspects[45]. The variables in the LISREL model can be either observed or latent variables. It is assumed that there is a causal structure among a set of latent variable. The LISREL model consists of two parts; measurement model and structural model. The measurement model illustrates how latent variables are indicated by the observed variables. The structural model is a model that specifies the causal relationship among latent

variables[46]. Consequently, LISREL and SEM sometimes are used as the same term.

4. Results

4.1 Descriptive Analysis

Among 250 respondents who participated in this research, most of them are male accounting for 83.20 percent. About 76.80 percent of the respondents are married and 52.40 percent hold bachelor's degree. Approximately 89.20 percent of the total respondents are non-commissioned police officers and the rest are commissioned police officers. Most of them or about 59.60 percent have net income between 20,001-30,000 Baht per month. Their average age and tenure are 43 and 20 years respectively.

According to the participants' perspectives, the structure of their organization in term of decentralization and autonomy is moderate ($\bar{x}$ = 2.8520, S.D. = .78235). According to personnel, they showed that the policy implementers' understanding of policy, technical skills, and administrative skills are moderate ($\bar{x}$ = 3.1860, S.D. = .79778). In term of budget, they thought that the provision of budget is moderate ($\bar{x}$ = 2.8480, S.D. = .95551). The infrastructure referring to the existence of governance committee, steering committee, performance measurement, incentive system, and partnership in implementing the policy is viewed as in moderate level ($\bar{x}$ = 2.9460, S.D. = .78136). Their opinion on the provision of machinery and equipment is also moderate ($\bar{x}$ = 2.7120, S.D. = .96122). However, their perspectives on policy commitment ($\bar{x}$ = 3.4248, S.D. = .82542) and the success of policy implementation against drunk driving ($\bar{x}$ = 3.5840, S.D. = .82988) are quite high.

4.2 Structural Equation Modeling Analysis

The analysis found that the success of policy implementation against drunk driving in Bangkok model is consistent with the empirical data (Chi-square = 296.54, P-value = 0.26433, df = 282, RMSEA = 0.014, GFI = 0.93, AGFI = 0.88, and RMR = 0.055) as illustrated in Figure 2. The Chi-Square is not significant indicating that the model fit to the data. In addition, the Normed Chi-Square (NC), which is calculated by χ^2/df, of the model is 1.05. It is less than 5 indicating a good fit to the data. The Goodness-of-Fit Index (GFI) and the Adjusted Goodness-of-Fit Index (AGFI) of the model are 0.93 and 0.88 respectively. Since these values are approaching to unity, the model consequently has a good fit to the data. The Root-Mean-Square Residual (RMR) of the model is 0.055 does not indicate a good fit to the data since the value is greater than 0.05. However, the Root-Mean-Square Error of Approximation of the model is 0.014 indicating the good fit to the data.

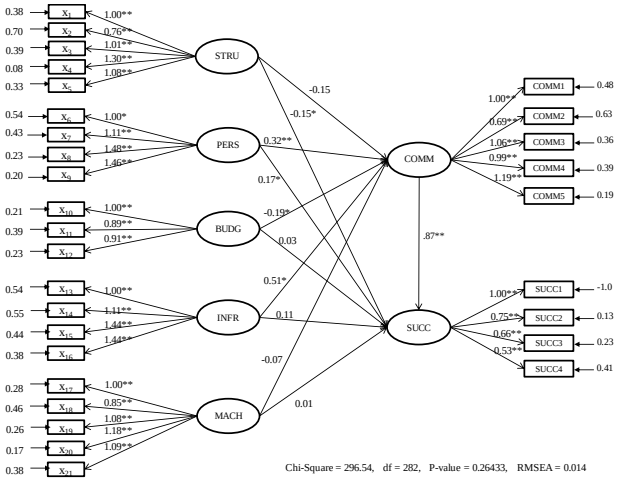


Fig. 2 Structural Equation Modeling (SEM) of the Success of Policy Implementation against Drunk Driving in Bangkok

According to Figure 2, the structural equation model consists of five latent independent variables and two latent dependent variables. The latent independent variables are structure (STRU), personnel (PERS), budget (BUDG), infrastructure (INFR), and machinery and equipment (MACH) while the latent dependent variables are commitment (COMM), and success of policy implementation (SUCC). The factor loadings on the latent variables are also as illustrated in the Figure 2. All the five observed variables are significantly and positively loaded on STRU and STRU4 is accounted for the greatest variance (λ = 1.30, R^2 = 0.91) of STRU. According to PERS, all four observed variables are also significantly and positively loaded on it and PER3 is accounted for the greatest variance (λ = 1.46, R^2 = 0.77). All three observed variables are significantly and positively loaded on BUDG and BUDG1 is accounted for the greatest variance (λ = 1.00, R^2 = 0.82). All four observed variables are significantly and positively loaded on INFR and INFR4 is accounted for the greatest variance (λ = 1.44, R^2 = 0.60). All five observed variables are significantly and positively loaded on MACH and MACH4 is accounted for the greatest variance (λ = 1.18, R^2 = 0.86). All five observed variables are significantly and positively loaded on COMM and COMM5 is accounted for the greatest variance (λ = 1.19, R^2 = 0.80). All four

observed variables are significantly and positively loaded on SUCC and SUCC1 is accounted for the greatest variance (λ = 1.50, R^2 = 2.25). The relationships between the latent independents and latent dependent variables are as detailed in Table 2.

Table 2 Regression analysis of structural model

DVs	R^2	Eff.	IVs					
			STRU	PERS	BUDG	INFR	MACH	COMM
COMM	0.15	DE	-0.15	0.32**	-0.19*	0.51*	-0.07	-
		IE	-	-	-	-	-	-
		TE	-0.15	0.32**	-0.19*	0.51*	-0.07	-
SUCC	0.25	DE	-0.15*	0.17*	0.03	0.11	0.01	0.87**
		IE	-0.13	0.28**	-0.17*	0.44*	-0.06	-
		TE	-0.28**	0.45**	-0.14	0.55*	-0.05	0.87**

Note. DVs = Dependent variables, IVs = Independent variables, Eff. = Effects, DE = Direct effect, IE = Indirect effect, TE = Total effect
*p < .05, ** p< .01

Table 2 illustrates the direct and indirect effects of the latent independent variables on the latent dependent variables. The results show that INFR has positive direct effect on COMM (Γ = 0.51, p < .05). PERS has positive effect on COMM (Γ = 0.32, p < .01) while BUDG has negative effect on COMM (Γ = -0.19, p < .05). Among the latent independent variables INFR is the most important factor affecting COMM.

Some latent independent variables also have direct affect on SUCC, especially STRU and PERS. STRU has a negative effect on SUCC (Γ = -0.15, p < .05) while PERS has a positive effect on SUCC (Γ = 0.17, p < .05). In addition, the latent dependent COMM has a positive effect on the latent dependent SUCC (β = 0.87, p < .01).

There are three latent independent variables that have indirect effect on SUCC. INFR has positive indirect effect on SUCC (Γ = 0.44, p < .05). PERS has positive indirect effect on SUCC (Γ = 0.28, p < .01) while BUDG has negative indirect effect on SUCC (Γ = -0.17, p < .05).

When considering the total effect of all latent variables on SUCC, COMM has the total effect of .87 on SUCC indicating a significant (p<.01) and positive effect. It is the most important factor affecting SUCC. The second and third important factors affecting SUCC are INFR and PERS with the total effect of 0.55 (p<.05) and 0.45 (p<.01) respectively indicating that they have significant and positive effects on SUCC. STRU is ranked the fourth factor affecting SUCC with the total effect of -0.28 (p<.01) indicating that it has a significant and negative effect on SUCC.

5. Conclusion and Implications

5.1 Conclusion

The study found that there are four most important factors affecting the success of policy implementation against drunk driving in Bangkok; commitment, infrastructure, personnel, and structure of organization respectively.

Policy commitment is the most influence factor positively affecting the success of policy implementation against drunk driving in Bangkok. This means that the more policy commitment, the more success of the policy implementation. This result is consistent with the study of Winter, Dinessen, and May who found that the commitment of the street-level bureaucrats is an important factor in implementing the policy[47].

Infrastructure is the second important positive factor on the success of policy implementation which is also consistent with the assumption of the system management model as proposed by Elmore[48]. Hence, if there is an existence of governance committee to monitor the implementation of the policy as well as an effective performance appraisal and incentive system, there will be more policy commitment and more success in implementing the policy. In addition, the more partnership they have, also the more policy commitment and more successful of policy implementation will be. However, this result is not applicable for the case of Japan because there are no existing incentive system and governance committees within the MPD.

Personnel and structure of organization are the third and fourth important factors affecting the success of policy implementation respectively. According to personnel, the more policy implementer's competence, the most likely the policy commitment and policy implementation success will be. However, structure of the organization is only one factor negatively affecting the success of policy implementation against drunk driving. This finding is not consistent with the assumption of the system management model. However, it might be the nature of police work that requires more centralization and less autonomy. Interestingly, structure of organization has no influence on policy commitment but it has direct effect on the success of policy implementation. The study also found that the more increasing of the budget, the less of policy commitment which relies mostly on personnel and infrastructure.

5.2 Implications

Implications for policy makers and related agencies

Since policy commitment is the most important factor affecting the success of policy implementation against drunk driving in Bangkok, the government and enforcement agency must pay high attention to increase policy commitment among traffic police officers. As the police officers realize that the decision of the government to implement the policy is right and it leads to their commitment on the policy, the government therefore should provide clear policy in term of its means and ends. However, to increase commitment on policy, infrastructure, personnel, and budget should be considered respectively.

Since infrastructure is the most important factor influencing the commitment to the policy. Hence, the government should focus on providing governance committee to examine and monitor the implementation of the policy. Performance appraisal of the enforcement agency should be improved and must be a merit-based system. In addition, the incentive system should be improved to encourage traffic police officers to be committed to the policy and consequently the success of the policy implementation. Seeking cooperation from both public and private sectors as partnership is very important issue for the success. Consequently, the government should provide an incentive for private companies and related public agencies in order to encourage them to pay more concern on social responsibility.

According to personnel, appropriate competence to perform the enforcement against drunk driving is the most important for the commitment and the success of policy implementation. Consequently, special training on enforcement against drunk driving, such as, policy information, technical skills (e.g. breathalyzer operation, random check-point operation) as well as administrative skills should be provided regularly. In addition, providing enough manpower is also important to gain higher policy commitment and finally the success of policy implementation.

However, to achieve the success of policy implementation, the enforcement agency should be centralized and less autonomy. Hence, restructuring the organization could enhance the implementation success. However, when the government would like to consider about the budget, it should consider carefully due to increasing budget without careful monitoring of the distribution of the budget will lead to low commitment on the policy.

Applications for future research

This research is conducted by adapting the system management model initiated by Elmore. However, there are various models that can be applied to examine the success of implementing a policy. Hence, the variables examined in this study might not cover all aspects of the success of policy implementation. In addition, some results can be questionable issues depending upon the context of the study. For example, centralization and less autonomy positively influence the success of implementing policy in Bangkok. On the other hand, decentralization and autonomy are vital factors affecting the success in Tokyo. Hence, researchers interested in similar topic should pay more attention on the context of their study. This study found that budget has no influence on the success of policy implementation against drunk driving in Bangkok which is not in the line with the previous studies. Hence, researchers should study more in-depth detail about the relationship between budgeting and the success of a policy implementation. Furthermore, this research examines only the perspective of the policy implementers, traffic policemen. However, there are various stakeholders who might enhance the success of policy implementation, for instances, public and private agencies, policy makers, and citizens who are affected by the implementation of a policy. Hence, future research should be conducted not only on the perspectives of policy implementers but also on the perspectives of other stakeholders because the results of the study will enhance and strengthen the body of knowledge in the area of public policy implementation. Finally, this research measures the success of policy implementation using only program success dimension. Future research, therefore, should focus on other dimensions such as process and political dimensions. Time series analysis is also recommended to measure the success of implementing the policy in term of reduction in the number of accidents, fatalities, and injuries.

6. Acknowledgement

We are very grateful to Asst. Prof. Wongphak POOPANSRI, Dr. Patama PONGSIRI, Dr. Pakorn PRECHAPORN, and Dr. Thaywut BORRIRAKSUNTIKUL for giving us their insightful comments during the design phase of our survey instrument.

References

[1] Traffic Police Division (2010) *Road Traffic Accidents in Bangkok During 1994-2010*, Traffic Police Division, Bangkok.

[2] Tanaboriboon, Y., & Satiennam, T. (2005) Traffic accidents in Thailand. *IATSS Research*, Vol. 29, No.1, pp. 88-100.

[3] Sripinproh, A. (2005). *The Policy Implementation on Law Enforcement of Alcohol-impaired Driving by Traffic Police Division*, (Unpublished master thesis), Mahidol University, Bangkok.

[4] Nakamura, R.T., & Smallwood, F. (1980) *The Politics of Policy Implementation*, St. Martin's Press, New York.

[5] Birkland, T.A. (2005) *An Introduction to Policy Process: Theories, Concepts, and Models of Public Policy Making* (2nd ed.), M.E.Sharpe, Armonk, NY.

[6] Mazmanian, D.A., & Sabatier, P.A. (1981) *Effective Policy Implementation*. Lexington Books, Lexington, MA.

[7] Edwards, G.C. (1984) *Public Policy Implementation*, JAI Press, Greenwich, Conn.

[8] Tsukada, N. (1997) *Factors that Affect Implementation of the Health and Welfare Plan for the Elderly in Japan: A Variance Model of Policy Implementation*, (Unpublished doctoral dissertation), University of California, Los Angeles.

[9] Sinbanchongjit-Suwannathep, S. (2003) *Energy Conservation Policy in Thailand: Perceived Effectiveness of Policy Implementation*, (Unpublished doctoral dissertation). National Institute of Development Administration, Bangkok.

[10] Homchuenchom, S. (2003) Election Policy in Thailand: Major Factors Affecting the Effectiveness of Policy Implementation, Unpublished doctoral dissertation, National Institute of Development Administration, Bangkok.

[11] Brynard, P.A. (2005) Policy implementation: Lessons for service delivery. *Journal of Public Administration, Vol. 40, No.* 4.1, pp. 649-664.

[12] Nakamura, R.T., & Smallwood, F. (1980), Ibid.

[13] Mazmanian, D.A., & Sabatier, P.A. (1981), Ibid.

[14] Hudson, J., & Lowe, S. (2009) *Understanding the Policy Process: Analysing Welfare Policy and Practice* (2nd ed.), The Policy Press and the Social Policy Association Bristol.

[15] Phaopeng, P. (2010) *The Success of ICT Policy Implementation in Education: Evidence from Upper-level Secondary Schools in Thailand*, Unpublished doctoral dissertation, National Institute of Development Administration, Bangkok.

[16] Hudson, J., & Lowe, S. (2009), Ibid.

[17] McConnell, A. (2010) *Understanding Policy Success: Rethinking Public Policy*, Palgrave Macmillan, New York.

[18] Porter, L.W., Steers, R.M., Mowdy, R.T., & Boulian, P.V. (1974) Organizational commitment, job satisfaction and turnover among psychiatric technicians, *Journal of Applied Psychology,* Vol. 59, No. 5, pp. 603-609.

[19] Winter, S.C., Dinesen, P.T., & May, P.J. (2008) *Implementation Regimes and Street - Level Bureaucrats: Service Delivery in Denmark*. The Danish National Centre for Social Research, Copenhagen.

[20] Foote, D.A. (2004) *Employee commitment and Organizational Policies*, Retrieved June 5, 2011, from http://www.adolphus.me.uk/emx/Policy_Commitment.doc

[21] Bhuian, S.N., & Menguc, B. (2002) An extension and evaluation of job characteristics, organizational commitment and job satisfaction in an expatriate, guest worker, sale setting, *Journal of Personal Selling & Sales Management*, Vol. 22, No. 1, pp. 1-11.

[22] Ketchand, A.A., & Strawser, J.R. (2001) Multiple dimensions of organizational commitment: Implications for future accounting research, *Behavioral Research in Accounting, Vol. 13, No.* 1, pp. 221-251.

[23] Mingchai, C. (2008) *Organic Farming: Effectiveness of Policy Implementation in the North of Thailand*, Unpublishec doctoral dissertation, Maejo University, Chiang Mai.

[24] Sinbanchongjit-Suwannathep, S. (2003), Ibid.

[25] Mingchai, C. (2008), Ibid.

[26] Phaopeng, P. (2010), Ibid.

[27] Xu, L.C., & Shirley, M.M. (1997) *Information, Incentive, and Commitment: An Empirical Analysis of Contracts between Government and State Enterprises*, World Bank, Washington D.C.

[28] Mingchai, C. (2008), Ibid.

[29] Kinitchiva, A. (2009) *Major Factors Affecting the implementation and Effectiveness of the R&D Tax Incentive Policy*, unpublished doctoral dissertation, National Institute of

Development Administration, Bangkok.
[30] Phaopeng, P. (2010), Ibid.
[31] Mingchai, C. (2008), Ibid.
[32] Joreskog, K.G., & Van Thillo, M. (1972) *LISREL: A General Computer Program for Estimating a Linear Structural Equation System Involving Multiple Indicators of Unmeasured Variables*, Educational Testing Service, Princeton, New Jersey.
[33] Lei, P.W., & Wu, Q. (2007) Introduction to structural equation modeling: Issues and practical considerations, *Instructional Topics in Educational Measurement*, Vol. Fall, pp. 33-43.
[34] Kotchapong, T. (2008) *The Effect of Social Entrepreneur Characteristics, Principles of Good Governance and Fair Trade Principles on Social Enterprise Performance of the Thai Craft Fair Trade Producer Groups*, Unpublished master thesis, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok.
[35] Prasitrattasin, S. (2007) *Social Science Research Methodology* (14th ed.), Samlada, Bangkok. [In Thai]
[36] Cronbach, L.J. (1951) Coefficient alpha and the internal structure of tests, *Psychometrika*, Vol. 16, No. 3, pp. 297-334.
[37] Gliem, J.A., & Gliem, R.R. (2003, October 8-10), *Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach's alpha Reliability Coefficient for Likert-type Scales*, Paper presented at the Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education, The Ohio State University, Columbus, Ohio. Retrieved March 1, 2011, from https://scholarworks.iupui.edu/bitstream/handle/1805/344/Gliem+&+Gliem.pdf?sequence=1
[38] Kaplan, D. (2003) Structural Equation Modeling. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences* (pp.15215-15222), Elsevier Science, Oxford.
[39] Ullman, J.B. (2006) Structural equation modeling: Reviewing the basics and moving forward, *Journal of Personality Assessment*, Vol. 87, No. 1, pp. 35-50.
[40] Jackson, J.L., Dezee, K., Douglas, K., & Shimcall, W. (2005) *Introduction to Structural Equation Modeling (Path Analysis)*, Retrieved July 6, 2011, from http://www.sgim.org/userfiles/file/AMHandouts/AM05/handouts/pa08.pdf
[41] Golob, T. (2003) Structural equation modeling for travel behavior research. *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 37, pp. 1-25.
[42] Bollen, K.A. (1995) Structural equation models that are nonlinear in latent variables: A least-squares estimator, In P. Marsden (ed.), *Sociological Methodology* (pp. 223-252). Blackwell Publishers, Oxford.
[43] Bollen, K.A. (1995), Ibid.
[44] Foss, N.J., Laursen, K., & Pedersen, T. (2010) *Linking Customer Interaction and Innovation: the Mediating Role of New Organizational Practices.* Retrieved March 1, 2011, from www.cbs.dk/content/download/94984/.../file/Foss_ Laursen_Pedersen.pdf
[45] Steenkamp, Jan-Benedict E.M., van Trijp, Hans C.M. (1991) The use of LISREL in validating marketing constructs. *International Journal of Research in Marketing*,Vol. 8, pp. 283-299.
[46]Fox, J. (2002) *Structural Equation Models: Appendix to and R and S-PLUS Companion to Applied Regression*, Retrieved March 1, 2011, from http://cran.r-project.org/doc/contrib/Fox-Companion/appendix-sems.pdf
[47] Winter, S.C., Dinesen, P.T., & May, P.J. (2008), Ibid.
[48] Hudson, J., & Lowe, S. (2009), Ibid.

A Development of Motorcycle Onboard System Measuring Driving Pattern and Exhaust Emissions

Paper Identification number: SCS11-010

Atthapol SEEDAM[1], Thaned SATIENNAM[2] and Thana RADPUKDEE[3]

[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
Khon Kaen University

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
Khon Kaen University

[3] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering
Khon Kaen University
Telephone: 043 343 117, Fax: 043 343 117
E-mail: atthapol.see@gmail.com[1], sthaned@kku.ac.th[2], rthana@kku.ac.th[3]

Abstract

This research developed an onboard system measuring driving cycle and exhaust emission for a motorcycle. This system has been designed with a compact size for motorcycle installation. The system can measure and record the various driving parameters by second, including, a speed, a position, an amount of exhaust emissions, an engine speed as well as a mass flow rate of intake air via a manifold. In data logger, the designed microcontroller processes the signal data from several measuring sensors and records it into memory storage. The results of on-road testing show that the developed system could measure properly as the driving pattern highly relative with an amount of exhaust emissions at that moment. The data recorded from this developed system could further be analyzed to create the driving cycle and emission factors for a four stroke motorcycle, and for Khon Kaen city.

Keywords: Onboard Measurement System, Driving Pattern, Exhaust Emission, and Motorcycle

1. Introduction

Currently, the air pollution has been considered as a critical problem. Especially, the city that has a rapid growth of economic growing, it causes an increasing number of private vehicles. The motorcycle is a popular mode through cities in developing countries. These vehicles emit a lot of air pollution, especially driving in the congested traffic condition. Therefore, the one solution of air pollution reduction is to reduce an amount of emissions from the motorcycles. The proposed innovative engine technology as well as alternative cleaner energy would be evaluated their lower emissions by testing a driving cycle in exhaust gas measuring laboratory. The driving cycles for testing were developed from the data collected by a driving tested vehicle in the traffic congested urban area in many cities [1-7]. The developed driving cycle was applied to measure the emissions and fuel consumption by testing in the laboratory by using a chassis dynamometer. However, the measuring emissions in laboratory could not measure exactly the amount of exhaust emissions because the variation of stimulating the engine following a driving cycle as well as real loads in laboratory. Moreover, it is costly for testing a laboratory.

Therefore, this research developed the onboard system to measure and collects the on-road data of the driving motorcycle, including a driving pattern and exhausting emissions. The developed system would be installed on the targeted motorcycle. The recorded data will further transferred into the computer to analyze and develop the driving cycle and the emission factors. The content of this paper is separated into following parts. The second part will describe about the developed onboard measurement system. The third part will display the results of testing the developed system. The forth part will illustrate the

application of recorded data. And, the final part will give the conclusion and the further studies of this research.

2. Onboard Measurement System Development

This onboard measurement system was further developed from the previous research on a development of speed-time data logger for measuring and recording the driving pattern of motorcycle by second, including speed and position of driving motorcycle [8]. This research further developed the previous equipment by integrating more measurement units to measure and record more driving parameters of motorcycle. The developed onboard measurement system consists of many units, including the data logger for processing and recording the collected data, a rear wheel speed sensor for measuring the speed, a GPS for measuring the position, an exhaust gas analyzer for measuring an amount of exhaust emissions, an engine revolution sensor for measuring an engine speed, air flow sensor for measuring a mass flow rate of intake air via a manifold of testing motorcycle. The position of installing the system units on motorcycle is displayed in Figure 1. The component and duty of system units are described in detail as below.

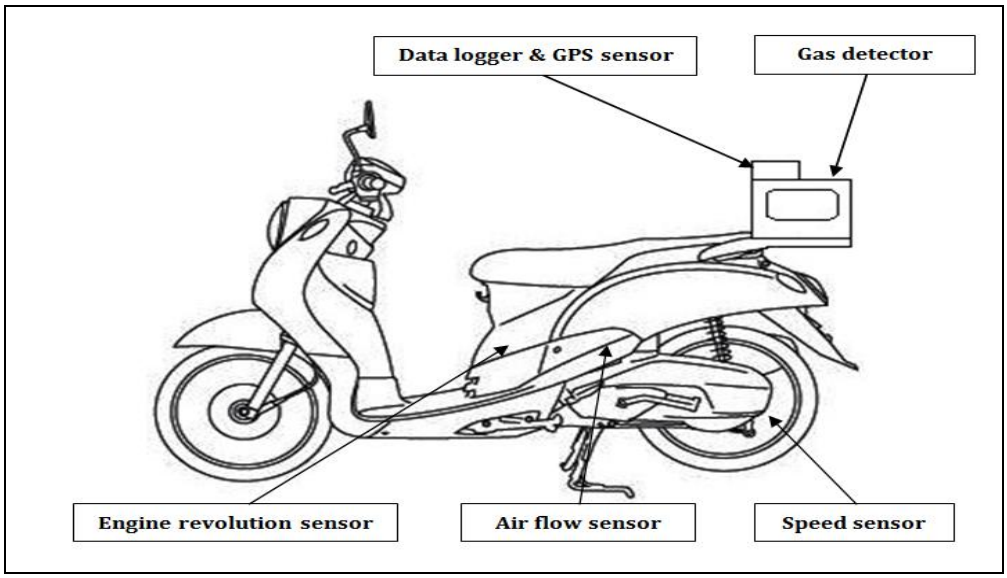


Fig.1 Component Units of Developed Onboard Measurement System

2.1 Data Logger

The data logger is designed and developed to process the data from several measurement units and to record the data into the data storage. It consists of 1) Microcontroller and 3) Memory storage as shown in Figure 2.

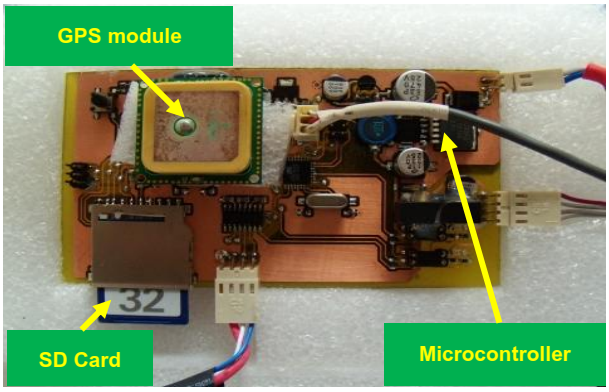


Fig.2 Data Logger

Since the microcontroller has to process and record the data within a short period because the data

signal from many installing measurement units have to be converted to the recorded format and be recorded into the memory storage in every second. Therefore, the microcontroller for this system was designed for a real-time visibility to the recording data and an easy accessibility by dividing a microcontroller into two parts. The first part processes the data from a rear wheel speed sensor, engine speed sensor, and an air flow sensor. The second part processes the data from an exhaust gas detector, a GPS module as well as records all data into memory card. The transferring data among a microcontroller and installing measurement units presents by the detail diagram of onboard measurement system in Figure 3.

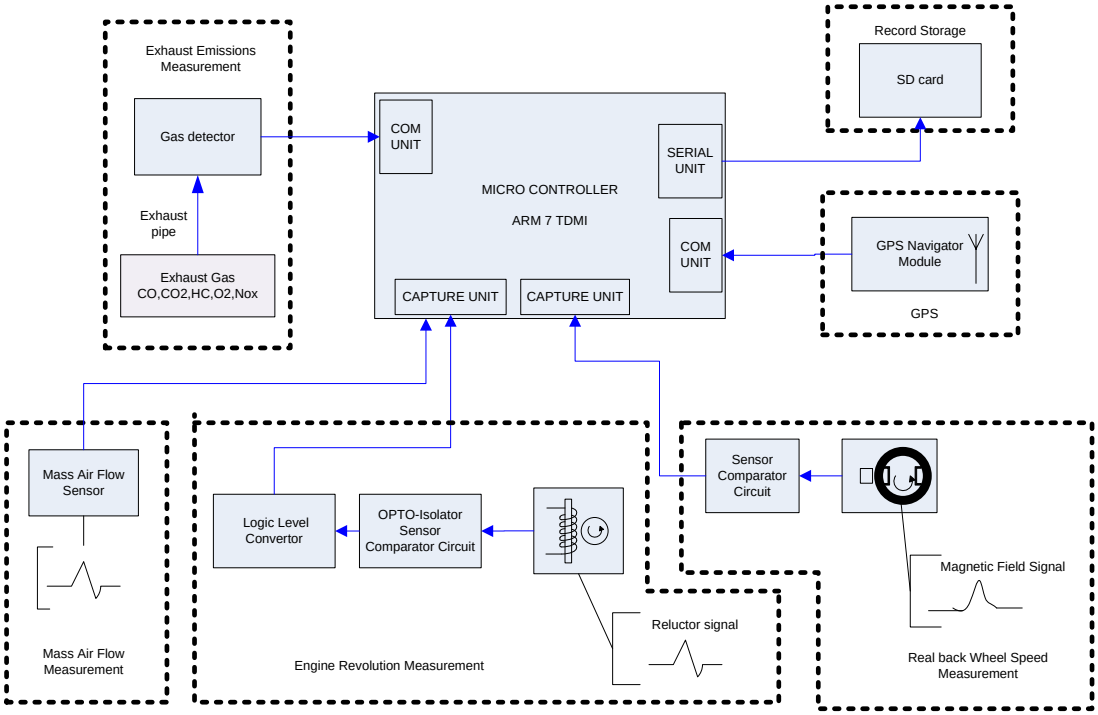


Fig.3 Detail Diagram of Onboard Measurement System

2.2 Rear Wheel Speed Sensor

To measure the speed of the motorcycle, a magnetic sensor was installed on the rear wheel of the motorcycle to detect the wheel rotation by a second. The magnetic poles were installed on the rear wheel as displayed in Figure 4. While the wheel is rotating, The magnetic pole will product the pulse. The pulse is then converted to the voltage signal by using a voltage converter circuit. Finally, the microcontroller will convert this voltage signal to speed-time data.

Fig. 4 Magnetic Sensor on Rear Wheel of Motorcycle

2.3 Global Positioning System

To measure the current position and speed of the driving motorcycle, the GPS module is installed on the high position of a motorcycle. The installed GPS has accuracy of ± 1.0 meter and ± 0.1 m/sec for position and speed, respectively. The microcontroller will transfer the data of position

and speed of driving motorcycle to the memory storage in every second.

2.4 Exhaust Gas Analyzer

To measure an amount of emissions and air, including CO, CO_2, O_2, HC, and NO_x, the mobile exhaust gas analyzer, INFRALYT SMART model as displayed in Figure 5, was installed on the rear side of motorcycle because the suction tube of the equipment can be connected to the exhaust pipe of motorcycle as shown in Figure 6.

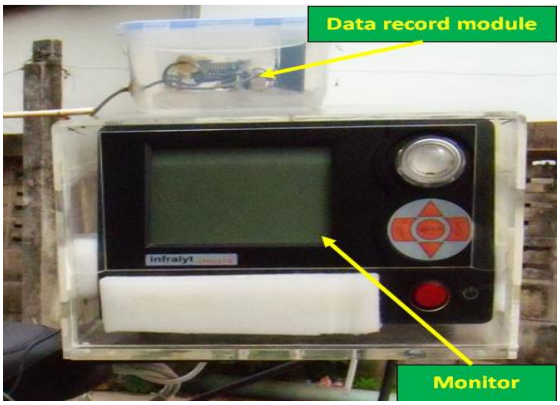


Fig. 5 Emissions Measuring Equipment

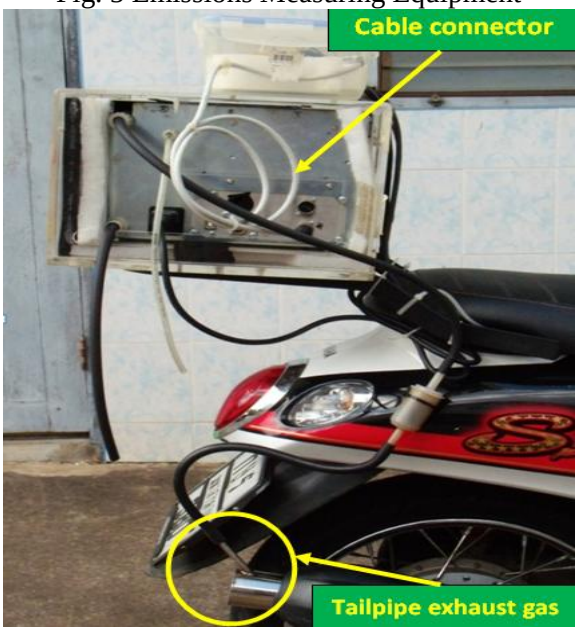


Fig. 6 Emission Measuring Unit Installed on Rear Side of Motorcycle

The suction tube will suck the exhaust gas into the equipment to analyze the amount of emissions. The analyzed data will be displayed on the monitor of equipment and recorded in to the memory storage by second. The equipment would be warmed up and set a zero calibration every time before conducting a driving test.

2.5 Engine Revolution Sensor

The engine revolution signal will be measured from the extracted signal data of the Capacitor Discharge Ignition (CDI) in the control unit of the motorcycle as shown in Figure 7. The microcontroller will receive the signal data from the sensor, convert the voltage signal to the engine speed data and record in the memory storage. This engine speed data will be further used for the research purpose on engine analysis.

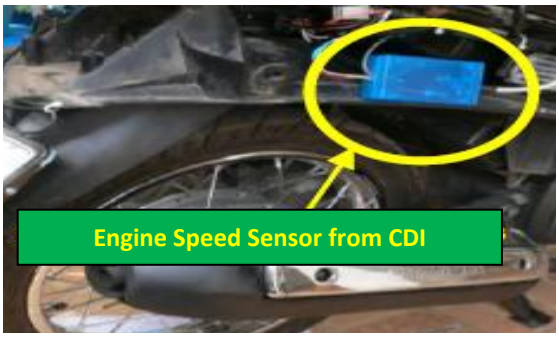


Fig. 7 Engine Revolution Sensor from Capacitor Discharge Ignition

2.6 Air flow Sensor

The air flow rate into intake manifold can be measured by the air flow sensor installing at entrance of the carburetor as displayed in Fig. 8. The sensor can measure the amount of flow as high as 0-200 standard liters per minute (SLPM). The microcontroller will convert this voltage signal to the data of air flow rate into intake manifold and record the data to the memory storage.

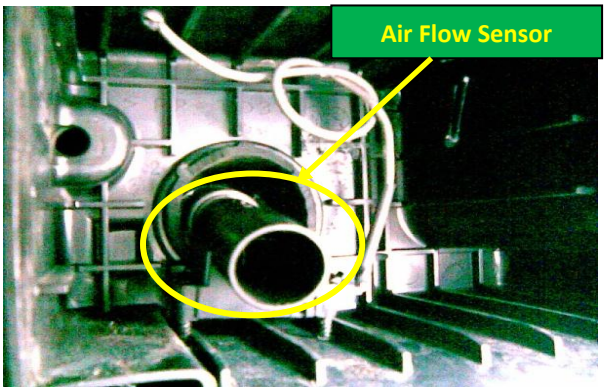


Fig. 8 Air Flow Sensor Measuring Air Flow Entering Carburetor

3. On-road Testing Results and Discussions

To test the developed onboard measurement system, the testing motorcycle was drove on the selected route. The recorded speed compared with emissions is plotted as a graph displayed in Figure 9. The trend of the graph is described that once the speed of driving motorcycle increased with a constant acceleration, an amount of emitted CO_2 increased as displayed by Fig9-a) and Fig-c). It explains that during a speed increasing, the engine combusts more gasoline and air, it produced more amount of CO_2. However, once the driving motorcycle increased a speed with increasing acceleration, an amount of emitted CO and NO_x increased as shown by Fig-a), Fig-b), and Fig-f). Since an increasing acceleration caused the imperfect combustion emitted more an amount of CO and NO_x. Vice versa, while a driving motorcycle decelerated, an amount of emitted HC and O_2 increased as shown by Fig-a), Fig-b), and Fig-e). Since the deceleration reduced the engine combustion, the remaining combusted gasoline and air therefore increased. As all tested results, it implies that driving behavior highly influences to amount of emitted exhaust gas.

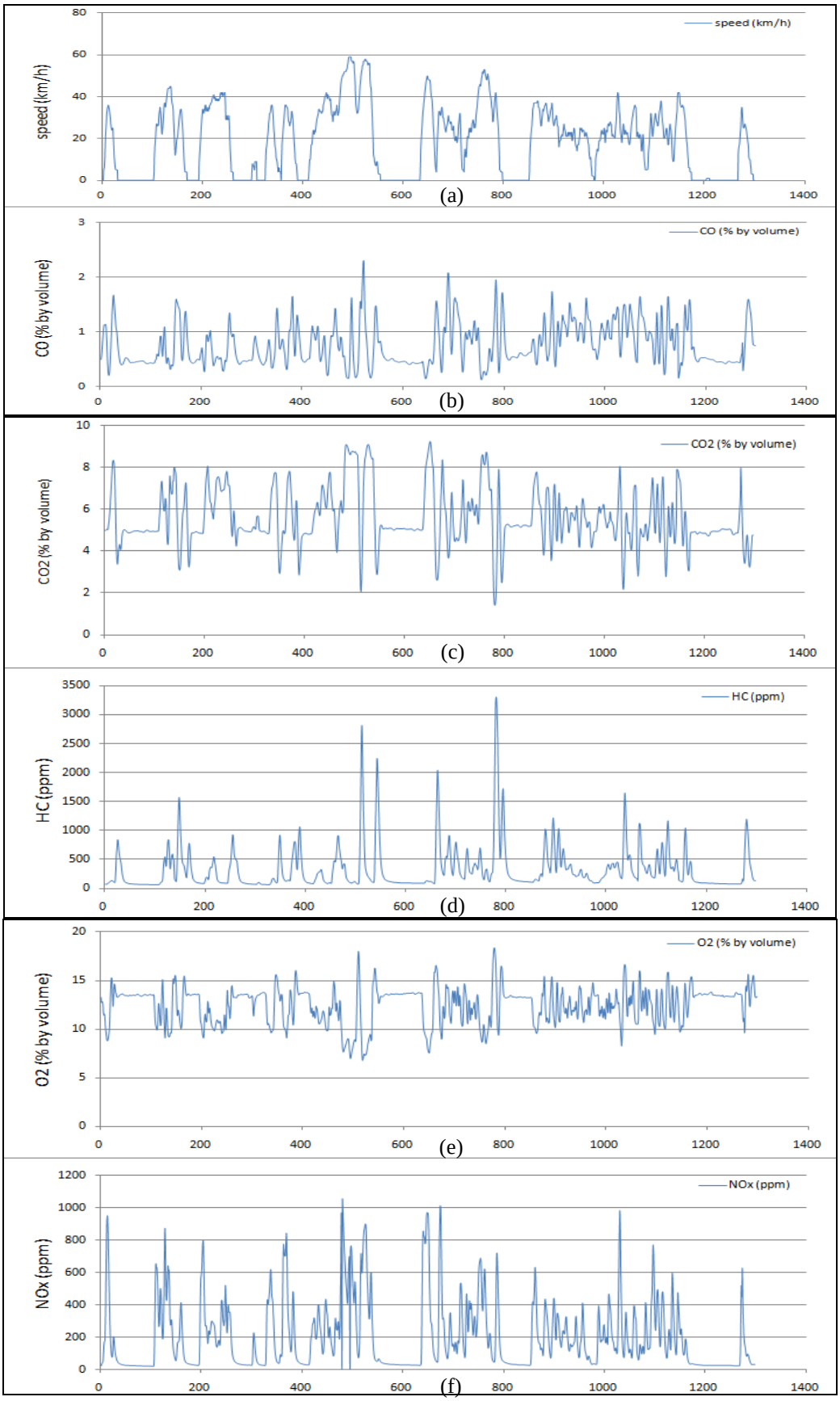


Fig. 9 Motorcycle Speed with Volume of Emissions (a) Speed, (b) CO, (c) CO_2, (d) HC, (e) O_2, (f) NO_x

4. Development Application

This part presents the application of data measured and collected by the developed onboard measuring system. The developed onboard measurement system was used to measure the driving behavior and exhaust emissions of the motorcycle in Khon Kaen city. The testing motorcycle, YAMAHA Fino, was drove on the selected routes of Khon Kaen city road network for a month. The collected data was applied to create the driving cycle and emission factor of motorcycle in Khon Kaen city.

4.1 Driving Cycle Development

This research applies the previous proposed method [7] to develop the driving cycle of motorcycle for Khon Kaen city. The developed driving cycle is displayed in Figure 10. This motorcycle driving cycle of Khon Kaen city has the highest speed (60 km/h), the highest acceleration (3.056 m/s^2), the highest deceleration (-3.056 m/s^2) with its duration of cycle time, 1,128 seconds, and distance of 7.375 km.

4.2 Emission Factors Development

The emission factors of each exhaust gas, including CO, CO_2, NO_x, and HC, were developed as displayed in Figure 11 to 14, respectively.

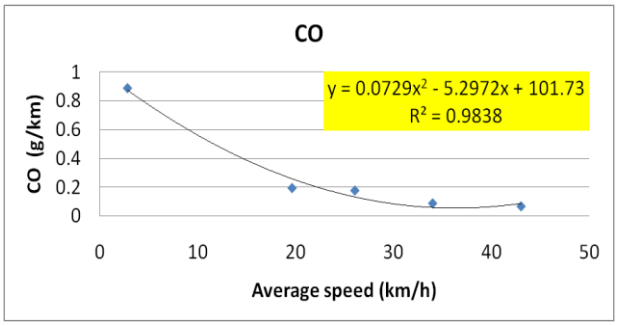


Fig. 11 CO Emission Factor

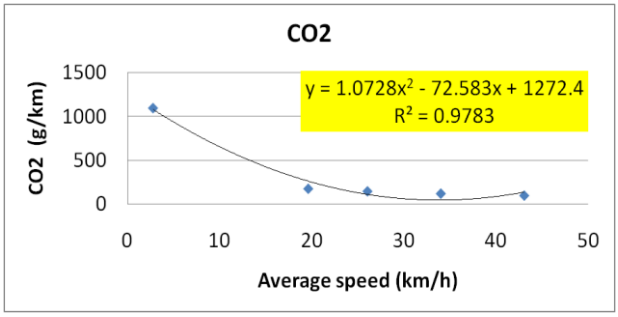


Fig. 12 CO_2 Emission Factor

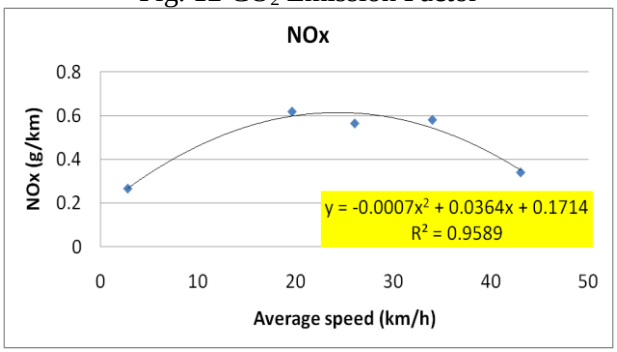


Fig. 13 NO_x Emission Factor

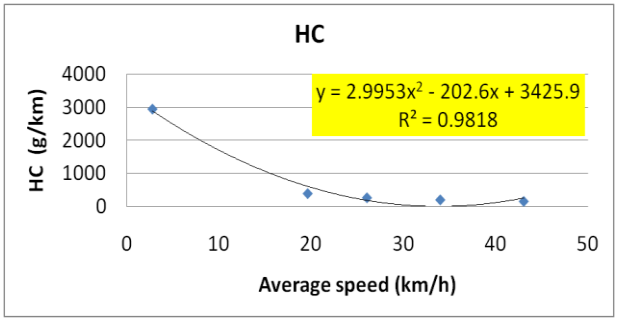
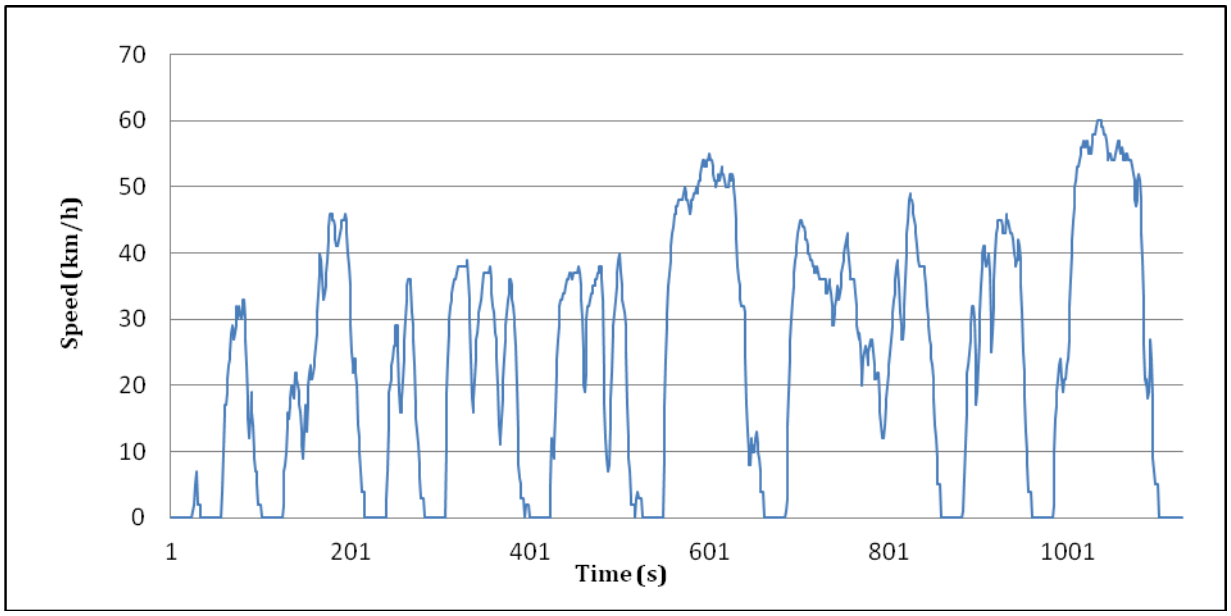


Fig. 14 HC Emission Factor

5. Conclusions and Further Studies

This research was developed the onboard measurement system for installing on motorcycle to measure and record by second the various parameters of a motorcycle driving on the road, including a speed, a position, the exhaust emissions and etc. The microcontroller in data logger unit will process the signal data from several measurement units and record it into the memory storage for transferring to a computer for further analysis. The results of running test shows that the developed equipment collected the data properly as an amount of emissions have a high relative with the speed at that moment. The developed equipment was applied to collect the driving patter and exhaust gas of the testing motorcycle driving on the selected routes of road network of Khon Kaen city. The collected data was further used to develop the driving cycle and emission factors of Khon Kaen city. Therefore, this developed equipment would be useful to install to any type of motorcycle to collect the on-road data in any city for a development of driving cycle and emission factor for each motorcycle type and each city. It would be considered as an economic alternative method that measuring the emissions with real loads rather than a typical method, using the Chassis Dynamometer with simulating loads.

For the further studies, the on-road measured emissions from developed onboard measurement system will be compared with the emissions measured in the laboratory by a chassis dynamometer. As the next step of onboard measurement system development, the fuel measurement sensor will be integrated with the system to measure the fuel consumption.



V_{max} = 60 km/h, Acc_{max} = 3.056 m/s^2, Dec_{max} = -3.056 m/s^2, Length = 1,128 s, Distance = 7.375 km

Fig. 10 Motorcycle Driving Cycle of Khon Kaen City

6. Acknowledgement

This research was supported by Asian Transportation Research Society (ATRANS) and Faculty of Engineering, Khon Kaen University.

References

[1] Ergeneman, M., Sorusbay, C., Goktan, A. (1997). Development of a driving cycle for the prediction of pollutant emissions and fuel consumption. International Journal of Vehicle Design, Vol.18, pp. 391 - 399.

[2] Tong, H., Y., Hung, W., T., and Cheung, C., S. (1999). Development of a driving cycle for Hong Kong. Atmospheric Environment, Vol.33. pp. 2323 - 2335.

[3] Chen, K., S., et. al. (2003). Motorcycle emissions and fuel consumption in urban and rural driving conditions. Science of the Total Environment, (312). pp.113–122.

[4] Tsai, J., H., Chiang, H., L., Hsu, Y., C., Peng, B., J., Hung, R., F. (2005). Development of a local real world driving cycle for motorcycles for emission factor measurements. Atmospheric Environment, (39). pp. 6631–6641.

[5] Wang, Q., Huo, H., He, K., Yao, Z., Zhang, Q. (2008). Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities. Transportation Research, (13). pp. 289–297.

[6] Tamsanya, N., and Chungpaibulpatana, S., (2009). Influence of driving cycles on exhaust emissions and fuel consumption of gasoline passenger car in Bangkok, Journal of Environmental Sciences, Vol. 21, 604–611.

[7] Khumla, P., Radpukdee, T. and Satiennam, T. (2010). Driving Cycle Generation for Emissions and Fuel Consumption Assessment of the Motorcycles in Khon Kaen City. The First TSME International Conference on Mechanical Engineering. 20-22 October, 2010, Ubon Ratchathani.

[8] Seedam, A., Saengsuwan, W., Satiennam, and T Radpukdee, T. (2010). Speed-Time Data Logger Development of a Motorcycle for Driving Behavior Analysis. The First TSME International Conference on Mechanical Engineering. 20-22 October, 2010, Ubon Ratchathani

การจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา

School Zone Safety Management: A Case study in Nakhon Ratchasima

Paper Identification number: SCS11-011

ภัทรสุดา วิชยพงศ์[1], ไกรสีห์ ทิพยวงศ์[2], ปกรณ์ ตั้งจาตุรโสภณ[3], สมประสงค์ สัตยมัลลี[4]

Phattarasuda Witchayaphong, Krisri Tippayawong, Pakorn Tangjaturasopon, Somprasong Suttayamully

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์: 0-4422-4238 โทรสาร: 0-4422-4239
E-mail: p.witchayaphong@gmail.com

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์: 0-4422-4238 โทรสาร: 0-4422-4239
E-mail: dokunggg@gmail.com

[3] สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์: 0-4422-4238 โทรสาร: 0-4422-4239
E-mail: yoky_yoky163@hotmail.com

[4] การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย
โทรศัพท์: 0-2716-4000 โทรสาร: 0-2716-4019
E-mail: sompra@ccs.sut.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดการด้านความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน เป็นกระบวนการหนึ่งในการสร้างสภาพแวดล้อมบริเวณโรงเรียนให้เกิดความปลอดภัย โดยสามารถทำให้ผู้ขับขี่สามารถประเมินสถานการณ์ล่วงหน้าได้ว่าอาจมีเด็กเดินเข้ามาในบริเวณถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งผู้ขับขี่จะต้อง ขับขี่ด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษและในขณะเดียวกันยังเป็นการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับนักเรียนและผู้ปกครองด้วย โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อลดปริมาณอุบิเหตุบริเวณหน้าโรงเรียนและสร้างแผนงานในการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุ รวมถึงเพื่อให้โรงเรียนเป็นต้นแบบแห่งความปลอดภัยบริเวณสำหรับชุมชนอื่นๆ ทั่วประเทศ ซึ่งจะช่วยยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนให้ดียิ่งขึ้น โดยในโครงการนี้จะมีการประยุกต์ใช้วิธีการยับยั้งจราจรซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมความเร็วของกระแสจราจรและลดอุบัติเหตุได้เป็นอย่างดี รวมทั้งมีการจัดอบรมความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎีและปฏิบัติเกี่ยวกับการจราจรในชีวิตประจำวัน

คำสำคัญ: เขตโรงเรียน, ความปลอดภัย, การยับยั้งจราจร, อุบัติเหตุ

Abstract

School Safety Management is a procedure to make the suitable and safety environment in school. Drivers can assess the situation that there are some pedestrians. Moreover, it is supported for students and parents to know about the traffic signs. This project conducted to decrease the accidents in school zone and construct the plan to prevent and improve the traffic accident problems. In addition, this task will raise the standard level

of safety in the other communities in Thailand. So that the traffic calming was be used to decrease the accidents because it is a good method to control the traffic volume. Finally, there was training about traffic for students, parents and teachers.

Keywords: School zone, Safety, Traffic Calming, Accident

1. ที่มาของโครงการ

จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นของประเทศไทยในแต่ละปี ส่งผลต่อความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจเป็นจำนวนมาก รวมทั้งสูญเสียบุคลากรที่เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ ซึ่งแต่ละหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาการเกิดอุบัติเหตุได้พยายามหาวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวหลากหลายวิธี ทั้งในด้านการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ จัดอบรม ประสานความร่วมมือต่างๆ ระหว่างหน่วยงานของรัฐด้วยกันเองและระหว่างภาคประชาชน เพื่อแก้ไขปัญหาปัญหาอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อลดปัญหาอุบัติเหตุทางจราจร รวมทั้งรัฐบาลมีนโยบายในการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยเพื่อเป็นส่วนช่วยผลักดันในการรณรงค์ลดอุบัติเหตุอย่างจริงจัง

จากการรณรงค์เรื่องการลดอุบัติเหตุจะเห็นได้ว่าบริเวณหน้าโรงเรียนในเขตชุมชน เป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้รถใช้ถนนสูง เนื่องจากผู้ที่เข้ามาใช้ถนน ทางข้าม และทำกิจกรรมต่างๆ บริเวณหน้าโรงเรียนหรือสถานศึกษาส่วนใหญ่เป็นนักเรียน โดยเฉพาะพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นโรงเรียนที่ให้การศึกษากับเด็กเล็กเป็นจำนวนมาก “Children are not Adults” เด็กมีการรับรู้ และตัดสินใจได้ช้ากว่าผู้ใหญ่ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ขาดความระมัดระวังในการใช้ถนนไม่ทราบถึงอันตรายที่จะเข้ามาถึงตัว ในบางครั้งเด็กจะออกมาเล่นบริเวณริมถนนหรือเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นโดยไม่รู้ตัว รวมถึงการเดินข้ามถนนของเด็กที่ไม่ค่อยระมัดระวัง อันเนื่องจากการที่เด็กไม่สามารถคาดคะเนความเร็วของรถที่สัญจรไปมาและช่องว่างที่เหมาะสมที่สามารถข้ามได้อย่างปลอดภัยได้ด้วยตัวเอง รวมถึงไม่ทราบความหมายของเครื่องหมายจราจร และที่สำคัญไม่สามารถคาดคะเนการเคลื่อนที่ของเด็กได้ จึงอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุที่ไม่คาดฝันได้ ดังนั้นจึงควรหาวิธีป้องกันเพื่อลดอุบัติเหตุภายในบริเวณโรงเรียน และสถานศึกษา เพื่อสนองนโยบายของรัฐและเพื่อเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาบุคลากรของชาติในอนาคต

การจัดการทางด้านความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน เป็นกระบวนการหนึ่งในการสร้างสภาพแวดล้อมบริเวณโรงเรียน ให้เกิดความปลอดภัย โดยสามารถทำให้ผู้ขับขี่สามารถประเมินสถานการณ์ล่วงหน้าได้ว่าอาจมีเด็กเดินเข้ามาในบริเวณถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งผู้ขับขี่จะต้องขับขี่ด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ และในขณะเดียวกันยังเป็นการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของเครื่องหมายจราจร ให้กับนักเรียนและผู้ปกครอง นอกจากจะช่วยลดอุบัติเหตุบริเวณโรงเรียน ยังช่วยให้การจราจรบริเวณหน้าโรงเรียนมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย การจราจรคล่องตัวไม่ติดขัดอีกด้วย ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยศูนย์วิชาการจัดระบบการขนส่งและจราจรเมืองภูมิภาค ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงขอเสนอโครงการจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน ในครั้งนี้เพื่อแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา

2. วัตถุประสงค์

การจัดทำโครงการจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน มีวัตถุประสงค์หลักที่มุ่งเน้นถึงการพัฒนาที่ยั่งยืน 5 ประการคือ

2.1 เพื่อศึกษาลดปริมาณอุบัติเหตุที่เกิดในบริเวณโรงเรียนตลอดจนเสนอแผนการแก้ไขและป้องกัน

2.2 เพื่อให้การสัญจรของคนเดินเท้าและยานพาหนะในบริเวณโรงเรียนให้มีการเดินทางที่สะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยแก่ชีวิตและทรัพย์สิน

2.3 เพื่อให้บริเวณโรงเรียน มีแผนงานด้านการจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา นำไปสู่การพัฒนาให้เป็นเมืองน่าอยู่ และเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชน

2.4 เพื่อให้บริเวณโรงเรียนเป็นต้นแบบแห่งความปลอดภัยสำหรับชุมชนอื่นทั่วประเทศ

2.5 สร้างความมั่นใจในภาครัฐที่ยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน

3. ขอบเขตการศึกษา

การจัดทำโครงการจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน (School Zone Safety Management) มีขอบเขตการศึกษาทั้งหมด 5 ข้อ

3.1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียนโดยเน้นโรงเรียนในเขตชุมชนเทศบาลที่จัดการเรียนการสอนตั้งแต่อนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษา

3.2 จัดทำข้อเสนอแนะแผนการจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนระยะสั้นโดยมุ่งที่ความปลอดภัยของเด็กนักเรียน ผู้ปกครอง และประชาชนในชุมชนที่เดินทางเข้ามาในเขตบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา มีเป้าหมายให้สามารถลดอุบัติเหตุและสภาพการจราจรดีขึ้นได้ ดังนี้

- ความเร็วในเขตบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษาลดลง แต่มีการไหลของการจราจรดีขึ้น
- ลดจำนวนอุบัติเหตุ จนเกิดสภาพที่เรียกว่าเขตปลอดภัย

3.3 ประยุกต์ใช้วิธีการยับยั้งจราจร (Traffic Calming) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมความเร็วของกระแสจราจร และลดอุบัติเหตุได้เป็นอย่างดีโดยทำการออกแบบระบบยับยั้งการจราจร

(Traffic Calming) โดยใช้ระบบที่ได้มาตรฐานตามหลักวิศวกรรมจราจรเพื่อเป็นต้นแบบในการดำเนินการวางแผนแก้ไข ปรับปรุง และป้องกันปัญหาการจราจร

3.4 ออกแบบระบบป้องกันอุบัติเหตุด้านการจราจรและการขนส่งเพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่การสัญจรของคนเดินเท้าบริเวณโรงเรียน

3.5 จัดอบรมความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎีและปฏิบัติเกี่ยวกับการจราจรในชีวิตประจำวัน เช่น การข้ามถนนอย่างปลอดภัย การขึ้นลงรถโดยสารประจำทาง ความหมายของเครื่องหมายจราจรประเภทต่างๆ เป็นต้น

3.6 นำเสนอแนวทางการออกแบบในรูปแบบการการประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากหน่วยงานต่างๆ และตัวแทนประชาชนในชุมชนเพื่อประโยชน์ในการที่จะนำไปสู่การปฏิบัติให้เกิดผล

4. แนวทางการศึกษา

การจัดทำโครงการจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน มีแนวทางการศึกษาดังนี้

4.1 ขอความร่วมมือกับทางเทศบาล ไปศึกษาและคัดเลือกโรงเรียนเป้าหมาย

4.2 แนวทางในการพัฒนาระบบการจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนที่ยั่งยืน จะต้องดำเนินการ โดยอาศัยกรอบและแนวทางดำเนินการ ดังนี้

- ความปลอดภัยในการเดินทางโดยเน้นคนเดินถนน ซึ่งเป็นเด็กนักเรียนและกลุ่มคนที่ถูกละเลย และมีความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุมากที่สุด รวมทั้งการสร้างความเข้าใจ ปลูกจิตสำนึกเรื่องความปลอดภัยโดยเฉพาะกลุ่มเด็กและเยาวชนซึ่งจะเป็นอนาคตของประเทศ
- สร้างความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎีและปฏิบัติเกี่ยวกับการจราจรในชีวิตประจำวันให้กับเด็กนักเรียน ผู้ปกครอง เจ้าหน้าที่ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมทั้งตัวแทนชุมชน
- สร้างสภาพแวดล้อมโดยรอบบริเวณโรงเรียนให้เกิดความปลอดภัยโดยที่เด็กนักเรียน นักศึกษา ผู้ปกครอง สามารถเดินทางและเดินข้ามถนนในบริเวณนี้ได้อย่างสะดวกสบายและปลอดภัย
- สำหรับผู้ขับขี่ต้องตระหนักถึงความปลอดภัยเมื่อเข้ามาในบริเวณโรงเรียน ควรที่จะเพิ่มความระมัดระวังในการขับขี่เป็นพิเศษ คำนึงถึงสิทธิของคนเดินเท้าเป็นสำคัญ

4.3 ประยุกต์ใช้วิธีการยับยั้งจราจร (Traffic Calming) และออกแบบระบบการยับยั้งการจราจรให้สอดคล้องกับหลักวิศวกรรมจราจรและความปลอดภัยของชุมชน รวมทั้งความต้องการของประชาชนในชุมชน

4.4 การจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานด้านการจราจรที่จำเป็นอย่างน้อยควรจะครอบคลุมข้อมูล ดังนี้

4.4.1 ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนในพื้นที่ศึกษา (Primary data)

- สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา
- ปริมาณจำนวนนักเรียนในโรงเรียน
- สภาพกายภาพของถนนบริเวณโรงเรียน สภาพปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณหน้าโรงเรียนและสถานศึกษา
- ความเร็วจราจรเฉลี่ยบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษาในเขตชุมชนเทศบาลโดยใช้วิธีสำรวจความเร็วเฉพาะจุด)Spot Speed)
- บริเวณอันตรายในโครงข่ายถนนบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษาในเขตชุมชนเทศบาล(ถ้ามี)
- จำนวนคนและกลุ่มคนข้ามถนนโดยแบ่งออกเป็น กลุ่มที่ข้ามตรงทางข้าม และกลุ่มที่ข้ามไม่ตรงทางข้าม โดยในกลุ่มที่ข้ามไม่ตรงทางข้ามนั้นจะทำการแบ่งระยะเป็นช่วงออกจากเขตทางข้าม
- ช่วงห่างระหว่างรถที่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย)Safety Gap)

4.4.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)

- สถิติประเภทของอุบัติเหตุและสถานที่เกิดของยานพาหนะและคนเดินเท้า บริเวณโรงเรียน
- เสนอแนะการออกแบบเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติและตัวชี้วัด (Indicator)

4.5 จัดอบรมความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎีและปฏิบัติเกี่ยวกับการจราจรในชีวิตประจำวัน และเรื่องของจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียน และสถานศึกษา ให้กับเด็กนักเรียน ผู้ปกครอง เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งตัวแทนชุมชน

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

มีแนวทางการศึกษาดังต่อไปนี้

รวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในบริเวณโรงเรียน และสถานศึกษา

- สำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านการจราจร เช่น ปริมาณจราจร จำนวนคนข้าม กลุ่มคนข้าม ความเร็วเฉลี่ย และรูปแบบกายภาพถนน เป็นต้น
- ออกแบบระบบจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา ระบบยับยั้งการจราจรในชุมชนตามความเหมาะสมและสภาพวัตถุประสงค์การใช้งานในแต่ละชุมชน

- จัดอบรมเด็กนักเรียน ผู้ปกครอง เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมทั้งตัวแทนชุมชนในเรื่องของการใช้ระบบจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา และระบบการยับยั้งการจราจร
- จัดทำแบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา ความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎีและปฏิบัติเกี่ยวกับการจราจรในชีวิตประจำวันก่อนและหลังการอบรม
- สรุปผลการออกแบบ และนำเสนอในรูปแบบรายงาน

6. ดัชนีชี้วัดความสำเร็จของโครงการ

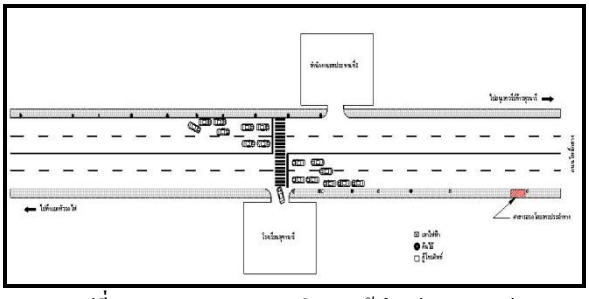
- ความเร็วเฉลี่ยในเขตบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษาลดลง แต่มีการไหลของการจราจรที่ดีขึ้น
- ลดจำนวนอุบัติเหตุ จนเกิดสภาพที่เรียกว่าเขตปลอดภัย
- เด็กนักเรียน ผู้ปกครอง เจ้าหน้าที่ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมทั้งตัวแทนชุมชนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของการใช้ระบบจัดการความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา และระบบการยับยั้งการจราจร

7. ผลการศึกษา

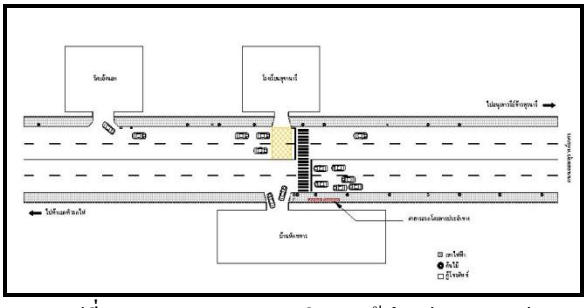
7.1 ลักษณะทั่วไปและปัญหาที่พบ

โรงเรียนสุขานารีตั้งอยู่บริเวณ ถนนโพธิ์กลาง(ด้านหน้า)และถนนจอมสุรางค์ยาตร(ด้านหลัง) ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา มีการเรียนการสอนตั้งแต่ระดับอนุบาล 1 ถึง ประถมศึกษาปีที่ 6 มีจำนวนนักเรียน 3,545 คน โดยแบ่งเป็นชาย 1,782 คน และหญิง 1,763 คน ปัจจุบันบริเวณหน้าโรงเรียนฝั่งถนนโพธิ์กลางเป็นถนน 4 ช่องจราจรแต่ละช่องทางจราจรมีความกว้าง 3.2 เมตรโดยมีทางเท้ากว้าง 2.0 เมตรทั้งสองฝั่ง ดังแสดงในรูปที่ (1) และบริเวณด้านหลังโรงเรียนฝั่งถนนจอมสุรางค์ยาตรเป็นถนน 4 ช่องจราจรแต่ละช่องทางจราจรมีความกว้าง 3.2 เมตรโดยมีทางเท้ากว้าง 2.0 เมตรทั้งสองฝั่งดังแสดงในรูปที่ (2)

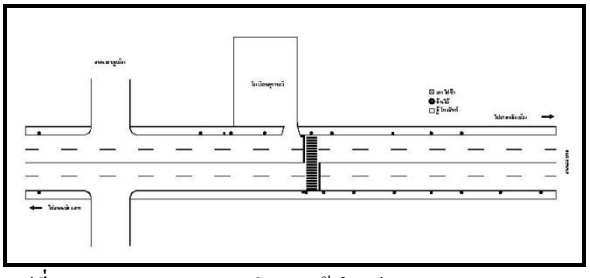
โรงเรียนเทศบาล 1 ตั้งอยู่บริเวณ ถนนโพธิ์กลาง(ด้านหน้า)และถนนจอมสุรางค์ยาตร (ด้านหลัง) ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา มีการเรียนการสอนตั้งแต่ระดับอนุบาล1ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจำนวนนักเรียน 3,545 คน โดยแบ่งเป็นชาย 1,782 คน และหญิง 1,763 คน ปัจจุบันบริเวณหน้าโรงเรียนฝั่งถนนโพธิ์กลางเป็นถนน 4 ช่องจราจรแต่ละช่องทางจราจรมีความกว้าง 3.2 เมตรโดยมีทางเท้ากว้าง 3.5 เมตรทั้งสองฝั่ง ดังแสดงในรูปที่ (3) โดยทั้งสองโรงเรียนมีลักษณะทางกายภาพเหมือนกัน เช่นการทาสีตีเส้นทางข้ามถนน (ทางม้าลาย) อย่างชัดเจน มีการจอดรถรับส่งนักเรียนเป็นแถวยาวร่วมกับมีพ่อค้าแม่ค้ามาตั้งขายของบริเวณหน้าโรงเรียนทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็น ผู้ปกครองที่ขับขี่ยานพาหนะมาส่งบุตรหลานส่วนใหญ่ยังขาดวินัย ในการขับขี่ เช่นขับรถย้อนศรเพื่อที่จะมาจอดส่งบุตรหลานที่หน้าโรงเรียน หรือจอดรถซ้อนคันเพื่อรับส่งนักเรียนบริเวณหน้าโรงเรียนส่งผลให้ประสิทธิภาพในการให้บริการของช่องทางลดลงส่งผลให้เกิดปัญหารถติดบริเวณหน้าโรงเรียน มีตำรวจจราจรมาช่วยอำนวยความสะดวกให้ทุกเช้า-เย็น อีกปัญหาที่พบคือมีรถออกมาจากทางแยกฝั่งตรงข้ามโรงเรียนตัดกระแสจราจรเพื่อข้ามมาฝั่งโรงเรียน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายกับนักเรียนที่ข้ามถนนบนทาง ม้าลายได้



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพบริเวณหน้าโรงเรียนสุขานารี ฝั่งถนนโพธิ์กลาง



รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพบริเวณหน้าโรงเรียนสุขานารี ฝั่งถนนจอมสุรางค์ยาตร



รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพบริเวณหน้าโรงเรียนเทศบาล ถ 1.จอมพล

รูปที่ 4 สภาพปัญหาทั่วไปบริเวณโรงเรียนทั้งสองแห่ง

7.2 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อจะจัดเก็บข้อมูลสำรวจข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์ เช่น ลักษณะทางกายภาพ ข้อมูลความเร็วรถยนต์ ช่วงห่างระหว่างรถยนต์ จำนวนคนข้ามถนน (เด็กนักเรียน) ที่ข้ามตรงทางข้ามและที่ข้ามไม่ตรงทางข้าม บริเวณหน้าโรงเรียนสุขานารีทั้งสองฝั่ง และบริเวณโรงเรียนเทศบาล) 1 บูรพาวิทยากร(ซึ่งจะทำการจัดเก็บข้อมูลเป็น ช่วงดังนี้ 2

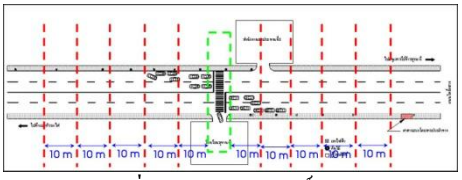
- ช่วงที่ 1: ยังไม่มีการจัดการด้านความปลอดภัย (โรงเรียนสุขานารี)
- ช่วงที่ 2: หลังจากมีการจัดการด้านความปลอดภัย

(1 รียนเทศบาลโรงเรียนสุขานารี และ โรงเ)

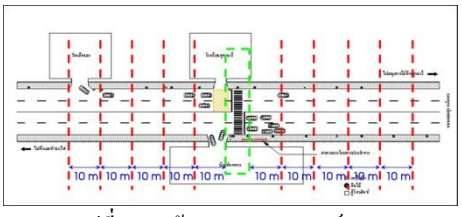
ในงานวิจัยนี้ จะทำการเปรียบเทียบโรงเรียนทั้งสองโรงเรียน โดยทำการอบรมให้ความรู้ทางด้านกฎระเบียบจราจรและทำการจัดการความปลอดภัยบริเวณหน้าโรงเรียน เช่น ติดตั้งป้ายเตือนเขตทางข้าม ทาสีตีเส้นจราจร กำหนดจุดห้ามจอดและจุดจอดรับส่ง ส่วนอีกหนึ่งโรงเรียนทำการจัดการความปลอดภัยบริเวณหน้าโรงเรียน แต่ไม่ได้จัดการอบรม โดยการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ จะดำเนินการดังต่อไปนี้

7.3 การเก็บข้อมูลปริมาณคนข้ามที่ทางข้ามและที่ไม่ข้ามตรงทางข้าม

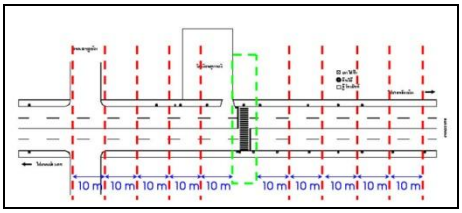
โดยสำรวจเด็กนักเรียนที่ข้ามตรงทางข้าม ส่วนเด็กนักเรียนข้ามไม่ข้ามตรงทางข้ามจะกำหนดบริเวณห่างจากทางข้ามเป็นช่วงๆ โดยแต่ละช่วงห่างกัน เมตรดังรูป 100 เมตรเป็นระยะห่าง 10แสดงจุดสำรวจและจัดเก็บข้อมูลจำนวนเด็กนักเรียนที่ข้ามตรงทางข้ามถนนต่างๆ รูปที่ (5), (6) และ (7) ตามลำดับ



รูปที่ 5 ทางข้ามถนนโพธิ์กลาง

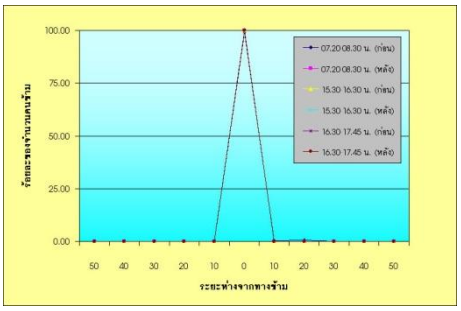


รูปที่ 6 ทางข้ามถนนจอมสุรางค์ยาตร



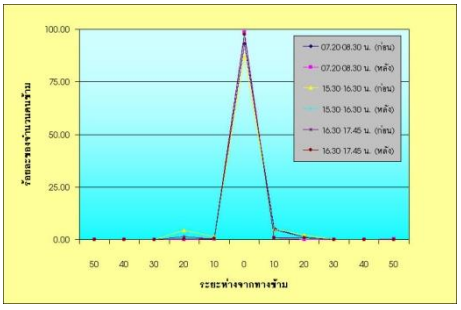
รูปที่ 7 ทางข้ามถนนจอมพล

จากการสำรวจจำนวนคนข้ามถนนที่ข้ามตรงทางข้าม และที่ข้ามไม่ตรงทางข้าม ก่อนและหลังการจัดการด้านความปลอดภัย จะเห็นได้จากรูปที่ (8) โดยในช่วงเช้าก่อนที่จะมีการจัดการด้านความปลอดภัยมีเจ้าหน้าที่ตำรวจอำนวยความสะดวก นักเรียนจะข้ามตรงทางข้ามแต่ก็ยังมีส่วนน้อยที่ข้ามไม่ตรงทางข้าม



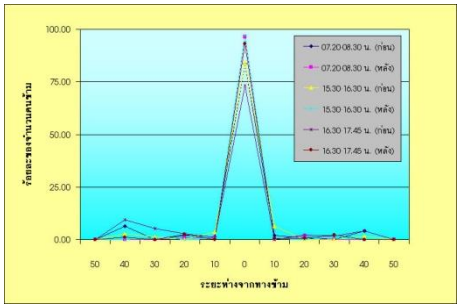
รูปที่ 8 กราฟเปอร์เซ็นต์คนข้ามกับระยะห่างจากทางข้ามก่อนและหลังการจัดการความปลอดภัยโรงเรียนสุขานารีถนนโพธิ์กลาง

เช่นเดียวกันกับประตูด้านถนนจอมสุรางค์ยาตร ดังรูปที่ (9) เพียงแต่ด้านนี้จะมีนักเรียนที่ข้ามไม่ตรงทางข้ามมากกว่าด้านประตูโพธิ์กลาง เนื่องจากประตูด้านจอมสุรางค์ยาตรนั้นอยู่ติดกับแหล่งชุมชนที่อยู่อาศัยหนาแน่นกว่า โดยแต่ละชุมชนอยู่ห่างจากเขตทางข้าม ในช่วงเช้ามักจะมีการขายของหน้าโรงเรียนซึ่งเด็กนักเรียนมักจะข้ามตรงที่มีการขายของซึ่งอยู่ห่างจากเขตทางข้ามประมาณ 30-20 m



รูปที่ 9 กราฟเปอร์เซ็นต์คนข้ามกับระยะห่างจากทางข้ามก่อนและหลังการจัดการความปลอดภัยโรงเรียนสุขานารีถนนจอมสุรางค์ยาตร

ในรูปที่ (10) พบว่าบริเวณดังกล่าวเป็นเขตที่มีกิจกรรมหนาแน่นทั้งในช่วงเช้าและเย็น โดยบริเวณนี้ประกอบด้วยหน่วยงานราชการ วัดสถานศึกษา บริษัทห้างร้าน ธนาคาร และในช่วงเย็นตั้งแต่เวลา 17.00 เป็นต้นไป.น ทางเทศบาลนครราชสีมาจัดให้เป็นตลาดไนท์บราซ่า ดังนั้นจึงมีการข้ามถนนที่ไม่ตรงเขตทางข้ามเป็นจำนวนมากกว่าทางโรงเรียนสุขานารี แต่เมื่อมีการจัดการความปลอดภัยโดยการติดตั้งป้ายเตือนเขตทางข้าม ทาสีตีเส้นจราจร พบว่าการข้ามถนนที่ไม่ตรงเขตทางข้ามมีจำนวนลดลง



รูปที่ 10 กราฟเปอร์เซ็นต์คนข้ามกับระยะห่างจากทางข้ามหลังการจัดการความปลอดภัยโรงเรียนเทศบาล ถนนจอมพล 1

จากการสังเกตยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกที่คนข้ามที่ข้ามถนนไม่ตรงทางข้าม โดยส่วนมากจะเป็นเด็กเป็นนักเรียนซึ่งเมื่อออกจากโรงเรียนแล้วจะแวะซื้อขนมและของเล่นบริเวณหน้าโรงเรียนซึ่งจะมีการตั้งขายบนทางเท้า และอยู่ห่างจากทางข้าม เมื่อเด็กนักเรียนซื้อของเสร็จแล้วก็จะเดินข้ามโดยไม่ย้อนมาข้ามที่ทางข้าม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขายของบนทางเท้าเป็นการละเมิดสิทธิของคนเดินเท้า ซึ่งในบางครั้งคนเดินเท้าจะต้องลงมาเดินในบริเวณถนนซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดอันตรายกับคนเดินเท้าโดยเฉพาะเด็กนักเรียนซึ่งเป็นกลุ่มคนเดินเท้าที่ยังขาดความระมัดระวัง และผู้ปกครองเองก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เด็กนักเรียนข้ามไม่ตรงทางข้ามเนื่องจากจอดรถรอที่ฝั่งตรงข้ามแล้วเดินพาบุตรหลานข้ามโดยที่ไม่ข้ามตรงทางข้าม จากการสังเกตสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทำให้คนข้ามไม่ข้ามที่ทางข้ามมีสาเหตุมาจาก

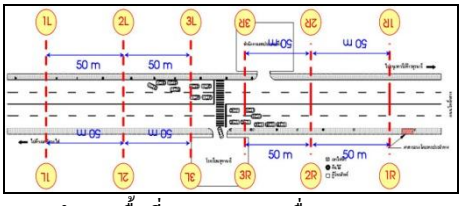
- ร้านค้าบริเวณหน้าโรงเรียน
- การจอดรถรับส่งบุตรหลานนอกเขตทางข้ามเพื่อความสะดวกสบายของผู้ปกครอง
- การขาดความระมัดระวังของเด็กนักเรียน
- ไม่มีเจ้าหน้าที่หรืออาสาสมัครคอยอำนวยความสะดวก

7.4 การเก็บข้อมูลความเร็วโดยใช้วิธีความเร็วเฉพาะจุด

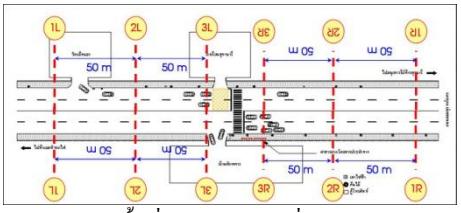
การเก็บข้อมูลความเร็วจะเก็บข้อมูลโดยใช้วิธีความเร็วเฉพาะจุด)Spot Speed) ซึ่งเป็นความเร็วขณะใดขณะหนึ่งของรถที่วิ่งผ่าน ณ จุดใดจุดหนึ่งบนถนน เป็นความเร็วขณะที่ผู้ขับขี่ขับรถ โดยจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาจุดที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งรวมถึงกฎจราจรและเครื่องหมายจราจรที่เหมาะสม เช่น

- ความเร็วสูงสุดและความเร็วต่ำสุด
- ความเร็วสูงสุดที่ยอมรับได้
- ความเร็วที่แนะนำ
- พื้นที่สถานศึกษารวมถึงทางข้าม
- ตำแหน่งของการติดตั้งป้ายจราจร
- ฯลฯ

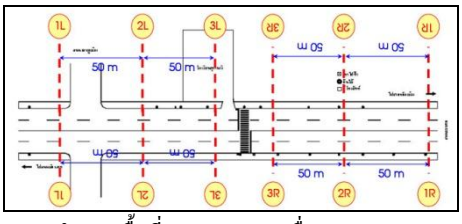
จากการเก็บข้อมูลจะทำการกำหนดพื้นที่ และระยะทางที่จะทำการเก็บข้อมูลความเร็วโดยแบ่งดังรูปที่ (11), (12) และ (13) ตามลำดับ เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วจะนำมาคำนวณหาความเร็วที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 โดยจะได้ค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 โดยการเก็บข้อมูลได้แบ่งช่วงการเก็บข้อมูลความเร็วเป็น เป็นการเก็บ 1 ช่วงโดยช่วงที่ 2 ความเร็วเมื่อเข้าถึงเขตโรงเรียน และช่วงที่ เป็นความเร็วที่เข้าเขต 2 ทางข้าม เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่าความเร็วที่เป็นอยู่ในปัจจุบันเป็นไปตามนแต่ละช่วงความเร็วที่กำหนดหรือไม่ใ



รูปที่ 11 จุดกำหนดพื้นที่ และระยะทางเพื่อทำการสำรวจความเร็วเฉพาะจุดถนนโพธิ์กลาง



รูปที่ 12 จุดกำหนดพื้นที่ และระยะทางเพื่อทำการสำรวจความเร็วเฉพาะจุดถนนจอมสุรางค์ยาตร



รูปที่ 13 จุดกำหนดพื้นที่ และระยะทางเพื่อทำการสำรวจความเร็วเฉพาะจุดถนนจอมพล

จากการเก็บข้อมูลจะได้ค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ดังที่แสดงไว้ที่ตารางที่ (1) และรูป (15) จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพบว่าความเร็วรถยนต์บริเวณโรงเรียนสุขานารีฝั่งถนนโพธิ์กลาง ในช่วง 07.00 – 08.00 น.และช่วง 15.30 -16.30 นซึ่งมีเจ้าหน้าที่.ตำรวจมาอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยบริเวณทางข้ามหน้าโรงเรียนจะมีความเร็วที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันโดยมีความเร็วไม่มากนักแต่เกินความเร็วที่จำกัดในบริเวณสถานศึกษา โดยที่ความเร็วที่กำหนดก่อนเข้าถึงทางข้ามต้องไม่เกินความเร็วที่กำหนดไว้ที่ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 16.30 – 17.45 น.เมื่อไม่มีเจ้าหน้าที่ตำรวจอำนวยความสะดวก จะเห็นได้ว่าความเร็วเพิ่มกับลดน้อยลงกว่าช่วงอื่น เป็นผลอันเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านการจราจรโดนการจราจร

บริเวณหน้าโรงเรียนในช่วงเวลาดังกล่าวค่อนข้างที่จะติดขัดเนื่องจากการจอดรถรับส่งบุตรหลานบริเวณหน้าโรงเรียนซึ่งจะจอดปิดช่องทางจราจร 1 ช่องทางและยังมีการจอดรถซ้อนคันจึงก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดขึ้นและบริเวณดังกล่าวยังอยู่ติดกับทางแยกทำให้ผู้ขับขี่ไม่สามารถใช้ความเร็วได้มากนักดังรูปที่ (14)

รูปที่ 14 ลักษณะทางกายภาพโดยรอบโรงเรียนสุขานารี

7.4.1 โรงเรียนสุขานารีก่อนที่จะมีการจัดการด้านความปลอดภัย

ก่อนที่จะมีการจัดการด้านความปลอดภัยพบว่าความเร็วเมื่อเข้าสู่เขตทางข้ามสูงขึ้น แสดงว่าผู้ขับขี่ขาดความระมัดระวัง และไม่ได้ให้ความสำคัญกับเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง เช่น เขตทางข้ามซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อเด็กนักเรียน และคนข้ามที่เข้า (ลายทางม้า) มาในเขตทางข้าม

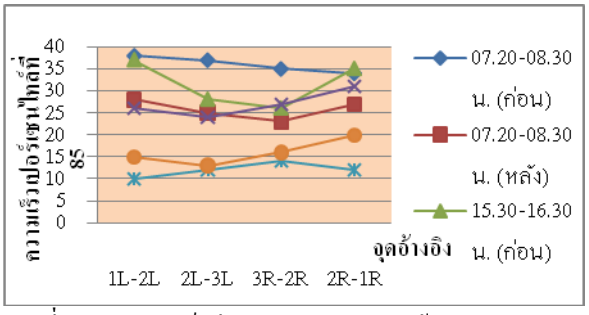
7.4.2 โรงเรียนสุขานารีหลังที่จะมีการจัดการด้านความปลอดภัย

พบว่าความเร็วขณะเข้าสู่เขตทางข้ามลดลง และส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่ไม่เกินความเร็วที่จำกัดในเขตสถานศึกษาที่ กิโลเมตร 30 มงต่อชั่งโ ดังที่แสดงในตารางและรูปกราฟ เนื่องจากมีการติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่ชัดเจนเหมาะสม มีการทาสีตีเส้นจราจรให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจน

โดยทางด้านประตูฝั่งถนนจอมสุรางค์ยาตรจะมีลักษณะปัญหาเหมือนกันกับทางประตูฝั่งถนนโพธิ์กลางเนื่องจากถนนโพธิ์กลางและถนนจอมสุรางค์ยาตรเป็นเส้นทางที่ผู้ขับขี่นิยมใช้เป็นทางเข้าสู่ย่านธุรกิจการค้า และเป็นเส้นทางที่สามารถใช้ออกสู่ถนนมิตรภาพ ดังนั้นในช่วงเย็นจะมีสภาพการจราจรที่คับคั่ง จากการเก็บข้อมูลจะได้ค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ดังที่แสดงไว้ที่ตารางที่ (2) และรูป (16)

เวลา	ความเร็ว (กม./ชม.) จุดอ้างอิง			
	1L-2L	2L-3L	3R-2R	2R-1R
07.20-08.30 น(ก่อน) .	38	37	35	34
07.20-08.30 น(หลัง) .	28	25	23	27
15.30-16.30 น(ก่อน) .	37	28	26	35
15.30-16.30 น(หลัง) .	26	24	27	31
16.30-17.45 น(ก่อน) .	10	12	14	12
16.30-17.45 น(หลัง) .	15	13	16	20

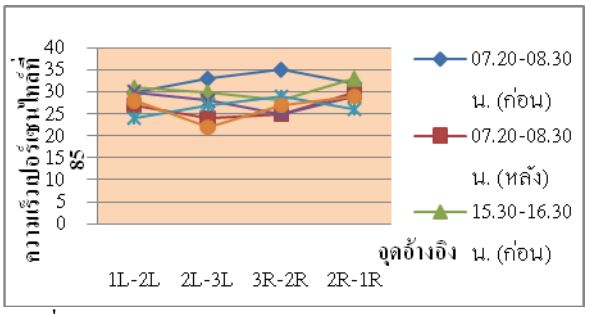
ตารางที่ 1 ความเร็วก่อนและหลังการจัดการด้านความปลอดภัย ถนนโพธิ์กลาง



รูปที่ 15 กราฟความเร็วก่อนและหลังการจัดการด้านความปลอดภัย ถนนโพธิ์กลาง

เวลา	ความเร็ว (กม./ชม.) จุดอ้างอิง			
	1L-2L	2L-3L	3R-2R	2R-1R
07.20-08.30 น(ก่อน) .	30	33	35	32
07.20-08.30 น(หลัง) .	27	24	25	30
15.30-16.30 น(ก่อน) .	31	30	28	33
15.30-16.30 น(หลัง) .	30	28	25	29
16.30-17.45 น(ก่อน) .	24	27	29	26
16.30-17.45 น(หลัง) .	28	22	27	29

ตารางที่ 2 ความเร็วก่อนและหลังการจัดการด้านความปลอดภัย ถนนจอมสุรางค์ยาตร



รูปที่ 16 กราฟความเร็วก่อนและหลังการจัดการด้านความปลอดภัย ถนนจอมสุรางค์ยาตร

7.4.3 โรงเรียนเทศบาล 1 ก่อนที่จะมีการจัดการด้านความปลอดภัย

ในตารางที่ (3) และ รูปที่ (17) แสดงความเร็วบริเวณโรงเรียนเทศบาล ช่วง 1 07.00 – 08.00 น. และช่วง 15.30 -16.30 น . หน้าที่ตำรวจมาอำนวยความสะดวกจะเห็นได้ว่าก่อนที่จะมีซึ่งมีเจ้าการจัดการด้านความปลอดภัยบริเวณเขตโรงเรียนนั้น ความเร็วขณะเข้าสู่ทางข้ามจะสูงขึ้น แต่ก็ไม่เกินความเร็วที่จำกัดบริเวณเขตโรงเรียนกิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 30 ที่16.30 – 17.45 น. เมื่อ ไม่มีเจ้าหน้าที่ตำรวจอำนวยความสะดวก และสภาพจราจรคล่องตัว จะเห็นได้ว่าความเร็วเพิ่มขึ้นเกินความเร็วที่กำหนด พบว่ารถที่มุ่งหน้าไปทางหลักเมืองไม่สามารถทำความเร็วได้เนื่องจากก่อนผ่านหน้าโรงเรียนจะมีทางแยกจึงทำให้รถที่พ้นจากแยกไม่สามารถทำความเร็วได้ แต่ทิศทางตรงข้ามเป็นทางตรงยาวและห่างจากแยกมาก ดังนั้นผู้ขับขี่มักใช้ความเร็วสูง ดังรูปที่ (17)

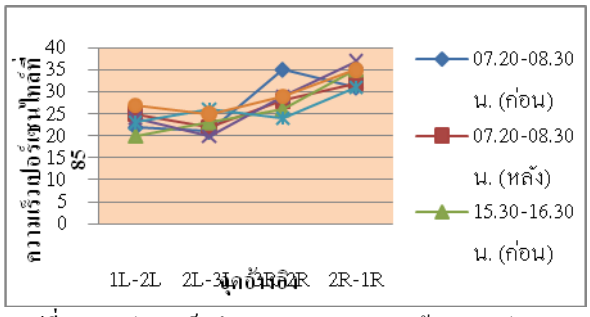
7.4.4 โรงเรียนเทศบาล 1 หลังที่จะมีการจัดการด้านความปลอดภัย

หลังจากที่มีการจัดการด้านความปลอดภัยบริเวณเขตโรงเรียน ในช่วง 07.00 – 08.00 น. และช่วง 15.30 -16.30 นซึ่ง .มีเจ้าหน้าที่ตำรวจมาอำนวยความสะดวกจะเห็นได้ ความเร็วขณะเข้าสู่ทางข้ามจะลดลง และไม่เกินความเร็วที่จำกัดบริเวณเขตโรงเรียน ที่ กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 3016.30 – 17.45 น. เมื่อไม่มีเจ้าหน้าที่ตำรวจอำนวยความสะดวก และสภาพจราจรคล่องตัว แต่ความเร็วขณะเข้าสู่ทางข้ามจะลดลง และความเร็วจะอยู่ในช่วงที่จำกัดบริเวณเขตโรงเรียน ที่ กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจาก 30 ช่วงเวลาดังกล่าวมีการจัดบริเวณให้เป็นตลาดไนท์บราซ่า และห้ามรถโดยประมาณเป็นต้นไป จึงมีการตั้งแผง.น 17.30 เข้าออกหลังจากการเดินรถไม่สะดวกเท่าที่ควร จึงเป็นการทำให้ก .น 16.30 ค้าขายตั้งแต่ชะลอความเร็วรถไปด้วย

รูปที่ 17 ลักษณะทางกายภาพโดยรอบโรงเรียนสุขานารี

เวลา	ความเร็ว (กม./ชม.)			
	จุดอ้างอิง			
	1L-2L	2L-3L	3R-2R	2R-1R
07.20-08.30 น(ก่อน) .	22	21	35	31
07.20-08.30 น(หลัง) .	25	22	28	32
15.30-16.30 น(ก่อน) .	20	23	26	35
15.30-16.30 น(หลัง) .	24	20	29	37
16.30-17.45 น(ก่อน) .	23	26	24	31
16.30-17.45 น(หลัง) .	27	25	29	35

ตารางที่ 3 ความเร็วก่อนและหลังการจัดการด้านความปลอดภัย โรงเรียนเทศบาล 1 ถนนจอมพล



รูปที่ 17 กราฟความเร็วก่อนและหลังการจัดการด้านความปลอดภัย โรงเรียนเทศบาล 1 ถนนจอมพล

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งปริมาณคนข้ามถนน และความเร็วจะเห็นได้ว่าบริเวณหน้าโรงเรียน และสถานศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้รถใช้ถนนสูง เนื่องจากผู้ที่เข้ามาใช้ถนนทางข้าม และทำกิจกรรมต่าง ๆ บริเวณหน้าโรงเรียนหรือสถานศึกษาส่วนใหญ่เป็นนักเรียน โดยเฉพาะพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นโรงเรียนที่ให้การศึกษากับเด็กเล็กเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นกลุ่มที่ขาดความระมัดระวังในการใช้ถนน ไม่ทราบถึงอันตรายที่จะเข้ามาถึงตัว รวมถึงไม่ทราบความหมายของเครื่องหมายจราจร และที่สำคัญไม่สามารถคาดคะเนการเคลื่อนที่ของเด็กได้ จึงอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุจึงต้องมีการจัดการเพื่อความปลอดภัยบริเวณหน้าโรงเรียน

7.5 การเก็บข้อมูลช่วงห่างระหว่างรถที่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย (Safety Gap)

การเก็บข้อมูลช่วงห่างระหว่างรถเป็นการศึกษาช่วงห่างระหว่างรถน้อยที่สุดที่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย (Minimum Safe Crossing Gap) โดยทำการเก็บข้อมูลช่วงเวลาของช่วงห่างระหว่างรถในแต่ละช่วง และเก็บข้อมูลกลุ่มคนข้ามที่ทางข้าม เพื่อนำมาวิเคราะห์ช่วงห่างของเวลาของช่องว่างรถที่เหมาะสมที่สุดที่เพียงพอให้คนข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย แม้ว่าจะไม่มีทางข้าม หรือมีทางข้ามแต่ไม่มีเจ้าหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกในการข้าม ซึ่งคนข้ามจะต้องอาศัยความระมัดระวัง และสามารถคาดคะเนความเร็วของรถที่สัญจรไปมาและช่องว่างที่เหมาะสมที่สามารถข้ามได้อย่างปลอดภัยได้ด้วยตัวเอง โดยมีสมการในการวิเคราะห์หาช่วงห่างระหว่างรถน้อยที่สุดที่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย (Minimum Safe Crossing Gap) ดังนี้

$$Min.Safe\ Gap = \frac{Street\ width\ (ft)}{Walking\ Rate\ (ft/s)} + 2(N-1) + Perception/Reaction\ Time \quad (1)$$

Street Width (ft) = 13.4 m = 44 ft

N = Number of Rows in 85th-percentile (5 students per Row)

Perception/Reaction Time = 3 s

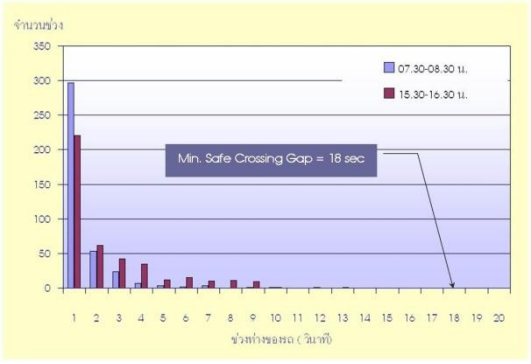
Walking Rate (Children) = 3.5 ft/s

จากข้อมูลที่ได้สามารถนำไปหาค่าจำนวนแถวคนข้าม)N) เพื่อไปคำนวณหาค่าช่วงห่างระหว่างรถน้อยที่สุดที่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย

ขนาดกลุ่ม (คน)	จำนวนกลุ่ม			
	07.30-08.30		15.30-16.30	
	จำนวน	จำนวนสะสม	จำนวน	จำนวนสะสม
3 หรือ < 3	31	31	74	74
4-6	13	44	36	110
7-9	7	51	23	133
10-12	3	54	9	142
13-15	0	54	1	143
16-20	0	54	0	143
21-25	3	57	0	143
26-30	2	59	0	143
31-35	0	59	0	143
> 35	1	60	0	143
85th percentile	51 (7-9 คน)		122 (7-9 คน)	

ตารางที่ 4 ข้อมูลกลุ่มคนข้ามถนนเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85

จากตารางที่ (4) นำมาวิเคราะห์ได้ค่าช่วงห่างระหว่างรถน้อยที่สุดที่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัยในช่วงเวลา 07.3 0–08. 3.น 0 15.30 และช่วงเวลา– 16.3วินาที 18 อดี .น 0 ซึ่งค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลนั้นจะเห็นได้ว่าช่วงห่างระหว่างรถน้อยไม่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัยในกรณีที่ไม่มีทางข้าม หรือมีทางข้ามแต่ไม่มีเจ้าหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกในการข้าม ทั้งในช่วงเวลา 07.3 0–08. 3.น 0 15.30 และช่วงเวลา–1 6.3 แสดงไว้ในรูปที่ดัง.น 0(18) โดยจากการเก็บรวมรวมข้อมูลพบว่าทั้งสองโรงเรียนมีช่วงห่างระหว่างรถน้อยไม่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย แต่เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาทั้งสองโรงเรียนมีการจัดเจ้าหน้าที่ตำรวจคอยอำนวยความสะดวก จึงทำให้คนข้ามสามารถข้ามถนนได้อย่างปลอดภัยยิ่งขึ้น ซึ่งในทางตรงกันข้ามในกรณีที่ไม่มีตำรวจเข้ามาอำนวยความสะดวกก็อาจจะก่อให้เกิดอันตรายกับเด็กนักเรียนได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจัดเจ้าหน้าที่หรืออาสาสมัครมาคอยอำนวยความสะดวกจะเป็นการเสริมสร้างความปลอดภัยให้กับเด็กนักเรียนและกลุ่มคนเดินเท้า แต่ในขณะเดียวกันจะต้องส่งเสริมจิตสำนึกให้กับผู้ใช้รถใช้ถนนในการคำนึงถึงสิทธิของคนเดินเท้าเป็นสำคัญ



รูปที่ 18 ค่าช่วงห่างระหว่างรถน้อยที่สุดที่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย

8. การจัดการเพื่อความปลอดภัยบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา

ในการวางแผนจัดการจราจรบริเวณโรงเรียนควรมีการคำนึงถึงความปลอดภัยของคนเดินเท้าทั้งในขณะที่กำลังเดินบนทางเท้าและกำลังข้ามถนน ซึ่งสามารถจัดวางแนวทางในการจัดการเพื่อความปลอดภัยได้ดังนี้

- บริเวณทางเท้าหน้าโรงเรียนไม่ควรมีอุปสรรคกีดขวางทางเดิน เช่น มีร้านค้าตั้งอยู่บนทางเท้า เสาไฟฟ้า และตู้โทรศัพท์ เป็นต้น ในกรณีที่โรงเรียนตั้งอยู่บนเขตถนนที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น อาจเพิ่มการติดตั้งแนวรั้วที่ริมขอบทางเท้า เพื่อความปลอดภัยในการเดินทางของนักเรียนมากยิ่งขึ้น
- ควรปรับปรุงเครื่องหมายจราจรบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษา ให้สามารถใช้งานได้ดีอยู่เสมอ เช่น ป้ายจราจร ทางม้าลาย และสัญญาณไฟกระพริบ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน และขับขี่ได้อย่างเหมาะสม
- ควรจัดให้มีเจ้าหน้าที่ดูแลความปลอดภัยในการข้ามถนนและการเดินเท้าของนักเรียนในช่วงเวลาก่อนโรงเรียนเข้าและหลังเลิกเรียน ซึ่งเจ้าหน้าที่ดูแลความปลอดภัยนี้ อาจจะเป็นบุคลากรภายในโรงเรียนที่ผ่านการอบรมหลักการจราจรหรือเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร
- ควรหลีกเลี่ยงการจัดให้มีพื้นที่จอดรับ-ส่งนักเรียนใกล้กับเขตทางข้าม เนื่องจากยานพาหนะที่จอดอยู่จะทำให้ผู้ขับขี่ไม่สามารถมองเห็นนักเรียนที่ยืนรอข้ามถนนข้างทาง ในขณะเดียวกันนักเรียนก็ไม่สามารถมองเห็นยานพาหนะที่วิ่งเข้ามาได้ นอกจากนี้การจอดรถใกล้กับเขตทางข้ามยังเป็นสาเหตุที่ทำให้การจราจรติดขัดอีกด้วย การจัดพื้นที่เฉพาะไว้สำหรับเป็นเขตจอดรถรับส่งนักเรียนจึงควรอยู่นอกเขตพื้นที่หน้าโรงเรียนและบริเวณเขตทางข้ามเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวข้างต้น และควรมีการติดตั้งป้ายจราจรเพื่อกำหนดเขตพื้นที่จอดรถชั่วคราว รวมถึงเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางและสันขอบทาง

8.1 การจัดการความปลอดภัยบริเวณเขตโรงเรียนสุขานารีและโรงเรียนเทศบาล1

เพื่อที่จะทำการเพิ่มความปลอดภัยในบริเวณเขตโรงเรียนทาง คณะผู้วิจัยได้ทำการวางแผนติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยในบริเวณหน้าโรงเรียนทั้งสองแห่งดังนี้

- ในฝั่งหน้าโรงเรียนเพื่อแสดงเขตโรงเรียนโดย ติดตั้งป้ายแผ่นสะท้อนแสงชนิดไดมอนด์เกรดฟูลออเรสเซนต์ สีเหลืองเขียว มาตรฐานใหม่ หมึกพิมพ์ชนิดทึบแสง แผ่นพื้นป้ายอลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตร มีขนาดและลักษณะดังรูปที่ (19) อุปกรณ์เสาสำหรับติดตั้งป้ายจราจรจะต้องเป็นเสาเหล็กกัลวาไนท์ ขนาด 2 นิ้ว สูง 3

เมตร มีน็อตสำหรับยึดป้าย **(เพื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานเดิม)**

- ในฝั่งตรงข้ามหน้าโรงเรียนเพื่อแสดงเขตโรงเรียนโดย ติดตั้งป้ายแผ่นสะท้อนแสงชนิดเอ็นจิเนียลิ่งเกรด สีเหลืองอำพัน มาตรฐานเดิมหมึกพิมพ์ชนิดทึบแสง แผ่นพื้นป้ายอลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตร มีขนาดและลักษณะดังรูปที่ (20) อุปกรณ์เสาสำหรับติดตั้งป้ายจราจรจะต้องเป็นเสาเหล็กกัลวาไนท์ ขนาด 2 นิ้ว สูง 3เมตร มีน็อตสำหรับยึดป้าย **(เพื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานใหม่)**
- จัดกิจกรรมเพื่อรณรงค์ให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้อง จัดหาเจ้าหน้าที่หรืออาสาสมัครเพื่ออำนวยการจราจร ณ จุดทางข้ามทั้งก่อนและหลังเลิกเรียน และจัดให้มีการเดินรณรงค์ในเรื่องความปลอดภัยในเขตบริเวณหน้าโรงเรียน เพื่อก่อให้เกิดจิตสำนึกแก่ผู้ขับขี่ เมื่อขับขี่ยานพาหนะผ่านเขตโรงเรียน

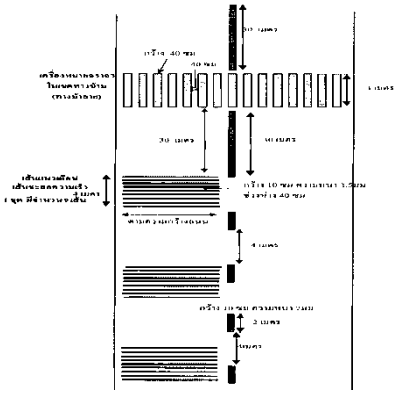
รูปที่ 19 ป้ายแผ่นสะท้อนแสงชนิดไดมอนด์เกรดฟูลออเรสเซนต์ สีเหลืองเขียว

รูปที่ 20 ป้ายแผ่นสะท้อนแสงชนิดเอ็นจิเนียลิ่งเกรด สีเหลืองอำพัน

9. การควบคุมความเร็วของยานพาหนะ

การลดความเร็วของกระแสจราจรที่ผ่านมาในบริเวณโรงเรียนโดยทั่วไปมีหลายวิธี เช่น การใช้ป้ายเตือนจำกัดความเร็วของยานพาหนะก่อนเข้าสู่บริเวณพื้นที่โรงเรียน หรือการใช้ป้ายแนะนำเพื่อบอกให้ผู้ขับขี่ทราบล่วงหน้าว่าทางข้างหน้าเป็นเขตโรงเรียน ผู้ขับขี่ควรลดความเร็วลงเนื่องจากเป็นบริเวณที่มีปริมาณนักเรียนเดินข้ามถนนหนาแน่นมาก ป้ายจราจรที่นิยมใช้เพื่อให้ผู้ขับขี่ชะลอความเร็วหรือขับรถด้วยความระมัดระวังได้แก่

- ป้ายเตือนโรงเรียนระวังเด็กหรือป้ายพร้อมข้อความ “*โรงเรียนระวังเด็ก*” ผู้ขับขี่ควรขับรถอย่างระมัดระวังด้วยความเร็วต่ำและเตรียมพร้อมที่จะหยุดในกรณีที่จำเป็น
- ป้ายจำกัดความเร็ว
- ป้ายแนะนำคนข้ามถนน ป้ายนี้จะถูกติดตั้งในตำแหน่งทางข้ามเพื่อเป็นสัญลักษณ์แสดงให้ผู้ขับขี่ทราบถึงตำแหน่งทางข้าม ผู้ขับขี่ต้องลดความเร็วและพร้อมหยุดรถได้ตลอดเวลาทันทีเมื่อเห็นคนรอข้ามถนน
- นอกเหนือจากการใช้ป้ายจราจรในการควบคุมความเร็วของกระแสจราจรที่ผ่านบริเวณโรงเรียนและสถานศึกษาแล้ว อาจประยุกต์ใช้วิธีการยับยั้งจราจร (Traffic Calming) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมความเร็วของกระแสจราจรได้เป็นอย่างดี เช่น การใช้เนินชะลอความเร็ว (Speed Hump) เป็นต้น
- เพื่อแสดงเขตโรงเรียนโดย ควรติดตั้งป้ายแผ่นสะท้อนแสงชนิดไดมอนด์เกรดฟูลออเรสเซนต์ สีเหลืองเขียว
- จัดทำเครื่องหมายจราจรในเขตทางข้าม (ทางม้าลาย) และทาสีเส้นเตือนชะลอความเร็ว (Rumble strip) สีที่ใช้ทำเครื่องหมายจราจรในเขตทางข้าม ควรใช้สีเทอร์โมพลาสติกเพราะมีความทนทานกว่าสีทั่วไป เครื่องหมายจราจรในเขตทางข้ามดังกล่าวมีลักษณะดังต่อไปนี้ สีมีความหนา 2 มิลลิเมตร และสีมีความหนา 3.5 มิลลิเมตร โดยมีระยะต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ (21)
- จัดกิจกรรมเพื่อรณรงค์ให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้อง จัดหาเจ้าหน้าที่หรืออาสาสมัครเพื่ออำนวยการจราจร ณ จุดทางข้ามทั้งก่อนและหลังเลิกเรียน และจัดให้มีการเดินรณรงค์ในเรื่องความปลอดภัยในเขตบริเวณหน้าโรงเรียน เพื่อก่อให้เกิดจิตสำนึกแก่ผู้ขับขี่ เมื่อขับขี่ยานพาหนะผ่านเขตโรงเรียน



รูปที่ 21 ลักษณะการทาสีตีเส้นบนผิวทาง

10. การควบคุมความเร็วโดยการประยุกต์วิธีการยับยั้งจราจร (Traffic Calming)

การประยุกต์ใช้วิธีการยับยั้งจราจร (Traffic Calming) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมความเร็วของกระแสจราจรทำการสำรวจและออกแบบโดยใช้วิธีทางการยับยั้งการจราจร)Traffic Calming) ทำการออกแบบโดยยึดหลักความเหมาะสมทางวิศวกรรมจราจร และความเหมาะสมของชุมชนนั้น ๆ

11. สรุปและประเมินผล

การดำเนินกิจกรรมต่างๆ ตามโครงการ **"เขตโรงเรียนปลอดภัย"** เป็นการส่งเสริมความปลอดภัย และสามารถลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณหน้าโรงเรียน อีกทั้งยังได้ส่งเสริมถึงความมีวินัย ความรู้และความเข้าใจในเครื่องหมายจราจรและการปฏิบัติตามกฎจราจรได้อย่างถูกต้อง เกิดความตระหนักในเรื่องของความปลอดภัย และเป็นการฝึกให้เข้าใจความหมายรวมถึงเน้นย้ำถึงความสำคัญของป้ายและเครื่องหมายจราจรต่างๆ แต่ต้องมีการร่วมมือกันเพื่อให้ตระหนักถึงความสำคัญของความปลอดภัยบริเวณหน้าโรงเรียน รวมถึงเป็นการลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือเด็กที่จะเป็นอนาคตของชาติที่ไม่สามารถประเมินเป็นมูลค่าได้

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการข้ามถนนของนักเรียนมีการเดินข้ามบริเวณทางข้ามที่กำหนดโดยมีเพียงบางส่วนจำนวนไม่มากที่ข้ามถนนนอกพื้นที่ทางข้ามเนื่องจากตำแหน่งการจอดรับส่งซึ่งได้มีการประสานงานทางโรงเรียนในการเข้มงวดและประชาสัมพันธ์ให้ความรู้แก่เด็กและผู้ปกครอง

ข้อมูลช่วงห่างระหว่างรถเป็นการศึกษาช่วงห่างระหว่างรถน้อยที่สุดที่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย (Minimum Safe Crossing Gap) พบว่าช่วงห่างระหว่างรถน้อยไม่เพียงพอให้คนข้ามได้อย่างปลอดภัย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจัดเจ้าหน้าที่หรืออาสาสมัครมาคอยอำนวยความสะดวกจะเป็นการเสริมสร้างความปลอดภัยให้กับเด็กนักเรียนและกลุ่มคนเดินเท้า แต่ในขณะเดียวกันจะต้องส่งเสริมจิตสำนึกให้กับผู้ใช้รถใช้ถนนในการคำนึงถึงสิทธิของคนเดินเท้าเป็นสำคัญ

ในเรื่องความเร็วพบว่าบริเวณหน้าเขตโรงเรียนมีการใช้ความเร็วที่ไม่มากเกินความเร็วที่กำหนดแต่พบว่าเมื่อเข้าสู่บริเวณทางข้ามผู้ขับขี่ไม่มีการชะลอความเร็วเมื่อเข้าสู่บริเวณทางข้าม ซึ่งเนื่องจากไม่มีการเตือนผู้ขับขี่ให้ทราบว่าบริเวณดังกล่าวเป็นทางข้าม ทั้งนี้หลังจากทำการอบรมให้ความรู้ความเข้าใจเรื่องกฎระเบียบวินัยจราจร ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการประเมินโดยจัดทดสอบความรู้นักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ ศถึงประถม 1ึกษาปีที่ และทำการ 6 สอบถามความคิดเห็นผู้ขับขี่ และผู้ปกครองนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องการเปรียบเทียบป้ายจราจรสองมาตรฐานดังนี้

ฝั่งหน้าเพื่อแสดงเขตโรงเรียนโดย ติดตั้งป้ายแผ่นสะท้อนแสงชนิด ไดมอนด์เกรดฟูลออเรสเซนต์ สีเหลืองเขียว มาตรฐานใหม่ หมึกพิมพ์ชนิดทึบแสง แผ่นพื้นป้ายอลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตร
(เพื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานเดิม)

ฝั่งตรงข้ามหน้าเพื่อแสดงเขตโรงเรียนโดย ติดตั้งป้ายแผ่นสะท้อนแสงชนิด เอ็นจิเนียลิ่งเกรด สีเหลืองอำพัน มาตรฐานเดิม หมึกพิมพ์ชนิดทึบแสง แผ่นพื้นป้ายอลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตร
(เพื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานใหม่)

เพื่อที่ต้องการทราบ ถึงความชัดเจนในการมองเห็นและมีส่วนช่วยในการลดความเร็วเมื่อผู้ขับขี่สังเกตเห็น การสื่อความหมายของตัวสัญลักษณ์ของป้าย โดยจากการทำแบบประเมินและทดสอบได้

จากการรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของผู้ขับขี่และผู้ปกครองพบว่าส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจเรื่องในความหมายของป้ายจราจรและจากแบบสอบถามนี้สรุปได้ว่าป้ายมาตรฐานแผ่นสะท้อนแสงชนิดไดมอนด์เกรดฟูลออเรสเซนต์ สีเหลืองเขียว มาตรฐานใหม่ หมึกพิมพ์ชนิดทึบแสง แผ่นพื้นป้ายอลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตร สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยจากแบบสอบถามร้อยละ 93 ที่โรงเรียน สุขานารีตอบว่าเห็นได้ชัดเจนกว่ามาตรฐานเดิมที่ร้อยละ 7 เท่านั้น และมีส่วนช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนในขณะขับขี่ เนื่องจากมีความสามารถในการสะท้อนแสงได้ดีกว่าป้ายมาตรฐานเดิม ซึ่งเป็นการเตือนให้ผู้ขับขี่ระมัดระวัง โดยลดความเร็วขณะเข้าสู่เขตโรงเรียนและเขตทางข้าม เป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้กับนักเรียนและผู้ที่เข้ามาใช้ทางข้ามในบริเวณเขตโรงเรียน

ป้ายจราจรเป็นเพียงอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยที่เป็นตัวเสริมตัวหนึ่ง แต่สิ่งที่จะขาดไม่ได้คือการอบรมให้ความรู้ความเข้าใจเรื่องกฎระเบียบวินัยจราจร ความปลอดภัย ความไม่ประมาท ซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องได้รับการปลูกฝังตั้งแต่วัยเด็ก เพื่อเป็นการวางรากฐานให้แก่อนาคตของประเทศ ซึ่งจะเติบโตขึ้นมาเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ และนำความรู้เหล่านี้ ถ่ายทอดสู่บุตรหลานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Currin, T.R., (2001). Introduction to Traffic Engineering: A Manual for Data Collection and Analysis. Wadaorth Group. Canada.

[2] Ewing, R. Traffic Calming: State of the practice. United State of America.

Study on Estimation of Impact of CO_2 Emission Reduction with Transit Oriented Development in Khon Kean city

Paper Identification number: SCS11-012

Yuta ITO[1], Atsushi FUKUDA[2], Teppei OSADA[3]

[1]Transportation Engineering and Socio Technology
Grasuate School of Science and Technology, Nihon University
Tel & Fax +81-47-469-5355
E-mail: ice3m-br406@hotmail.co.jp

[2] Department of Transportation Engineering and Socio Technology
College of Science and Technology, Nihon University
Tel & Fax +81-47-469-5355
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

[3] Department of Transportation Engineering and Socio Technology
College of Science and Technology, Nihon University
Tel & Fax +81-47-469-5355
E-mail: osada.teppei@nihon-u.ac.jp

Abstract

In order to prevent global warming, many discussions and approaches for sustainable transportation system have been done from the view point of CO_2 emission reduction all over the world. Many efforts such as introduction of environmentally-friendly vehicles and transport modes, promotion of public transportation usage, etc., have been considered to achieve sustainable transportation system. However, it is hard to reduce the greenhouse gases emissions from 20% to 50% which might be the amount strongly required to prevent global warming from only the improvements in transportation systems. Especially in developing countries, CO_2 emission reduction from transportation sector is extremely difficult, because of rapid growth of population and number of vehicles. This study focuses CO_2 emission reduction in transportation sector in developing city. In order to reduce CO_2 emission significantly, the idea of the Transit Oriented Development (from now TOD) which is land-use strategy to accumulate residential area along mass transit corridor was proposed and examined this idea in Khon Kaen which is center city in northeastern of Thailand. Firstly, present urban form was set up using geographic information system (from now GIS). Secondly, urban form as case of TOD along the five BRT lines which are planned now and without TOD case were set up using the GIS. Thirdly, based on the each urban form (present urban form, future urban form with TOD and without TOD), CO_2 emissions were calculated based on estimated traffic volume from transportation demand forecasting for each case. Finally, CO_2 emission reduction for each case was calculated. As the result, it is found that CO_2 emission from transportation sector with TOD case is smaller than without TOD case. However, it is not enough to meet with the target.

Keywords: TOD, BRT, GIS, low-carbon society

1. Introduction

In order to prevent global warming, many discussions and approaches for sustainable transportation system have been done from the view point of CO_2 emission reduction all over the world. Many efforts such as introduction of environmentally-friendly vehicles and transport modes, promotion of public transportation usage, etc., have been considered to achieve sustainable transportation system. However, it is hard to reduce the greenhouse gases emissions from 20% to 50% which might be the amount strongly required to prevent global warming from only the improvements in transportation systems. Especially in developing countries, CO_2 emission reduction from transportation sector is extremely difficult, because of rapid growth of population and number of vehicles. In order to reduce more effectively, the low-carbon society vision based on the concept of

back-casting is necessary. This study aims to evaluate an impact of CO_2 emission reduction from transportation sector by the concrete low-carbon society vision in the Khon Kean city in Thai land.

2. Literature reviews and Study position

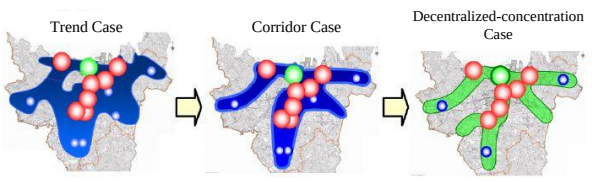
2.1 Fundamental Research on Transport and Urban Structure

TANIGUCHI[1)2)] observed basic relationship between transportation and energy consumption from urban forms. He analyzed the relationship between population density and vehicle usage using a result of person trip data. As the result, increase in population density was verified to suppress the use of a vehicle.

MORIMOTO[3)4)] also analyzed the relationship between energy consumption and transportation within the land use pattern in the Japanese cities. As a result, he concluded that change from existing cities to compact city is likely to contribute to reducing environmental impact. Also in the future, it is necessary to consider measures for each city.

2.2 Studies on specific low-carbon society

Several researches tried to find out the concrete image of low-carbon society. TOYOSHIMA[5)] analyzed this measure in Takamatsu urban areas in Japan. They sorted out on the images of a compact city under population decline, and analyzed changes in CO_2 emissions from transportation sector in the city using the logit-model that focuses on different urban land use patterns (Trend case, Corridor case and Decentralized-concentration Case) and service level of public transportation systems. As a result, corridor case and decentralized-concentration case are revealed to contribute to reduce CO_2 emission. They presented each land use patterns as shown in figure 1.



Source: Shigemichi TOYOSHIMA, Kenji DOI, Yuka ITOU (2008), Land use for achievement of low carbon society and traffic coordination – Evaluation of decentralized-concentration urban structures by visioning model-

Fig. 1 Each case from TOYOSHIMA

MATSUHASHI[6)] analyzed several measures related to technical improvements for the transportation system about future low carbon society by using back-casting. He suggested to have more discussion on concrete low-carbon society vision based on the direction of the future urban form.

3. Low-Carbon Society Vision

S-6[7)] by ministry of environment in japan present the flow as shown in figure 2, which is the research project on establishing of methodology to evaluate middle to long term environmental policy options toward Asian low carbon society. Greenhouse gas emission is expected to increase significantly if we do not take any action. It is showed in BAU Case in figure 2. Also, it is hard to reduce greenhouse gases emissions from 20% to 50% which might be strongly required to prevent global warming from only the improvements on transportation systems such as improving vehicle fuel efficiency. It is showed in Reference Case in figure 2. Therefore, it is necessary to create an image of the target in back-casting approach, which called low-carbon society vision such as include future urban form, transportation systems and technical improvement. Especially, conjunction of urban form and public transportation systems are important for building a low-carbon city.

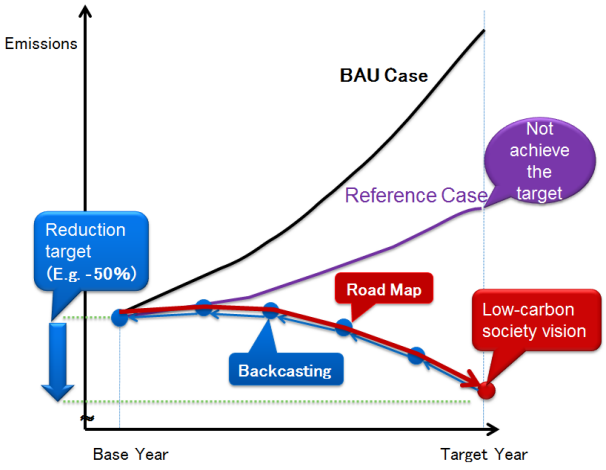


Fig. 2 Low-Carbon Society Vision

This study also follows this flow, we estimate an impact of CO_2 emission reduction from transportation sector in the concrete low-carbon society vision in the Khon Kaen city, it is currently considering the introduction of Bus Rapid Transit (from now BRT).

4. Methodology

Firstly, present urban form set up using geographic information system (from now GIS). Secondly, set urban forms of future trend case (from now Trend case) and low-carbon society vision case using GIS. In this study low-carbon society vision is Transit Oriented Development (from now TOD) type which is in axis of the BRT lines. Then, transportation demand between the zones is estimated in the each urban form. Velocity and amount of traffic is estimated in each network based on transportation demand. CO_2 emission from transportation sector is estimated from this flow. At the same time, we consider about technical improvement such as improve efficiency of vehicle and using bio fuel. From this flow, overall CO_2 emission reduction from the transportation sector in low-carbon society vision is clarified. However in this time, technical improvement is not considering now. This time we estimate CO_2 emission reduction by only change in urban form and trip change. Methodology is presented figure 3.

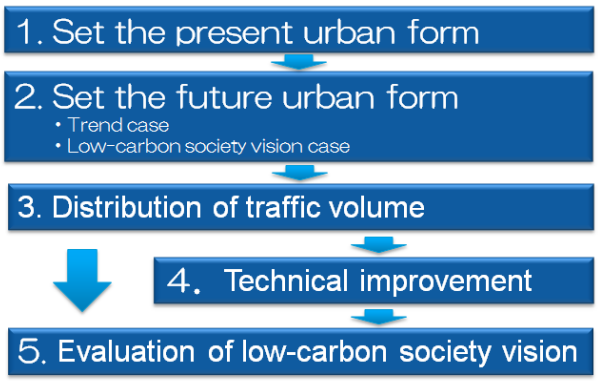


Fig. 3 Methodology

5. Setting the urban form

5.1 Introduction of BRT planning

Khon Kaen city has planned the construction of five BRT routes ,which is scheduled to begin operation in 2022. BRT routes planned by Khon Kaen city is presented figure 4. The BRT route is divided into five colors which are Pink line, Red line, Blue line, Yellow line, and Green line. Pink line, Red line, and Blue line will be constructed in the first five years. And, yellow line and Green line will be constructed in the next 10 years.

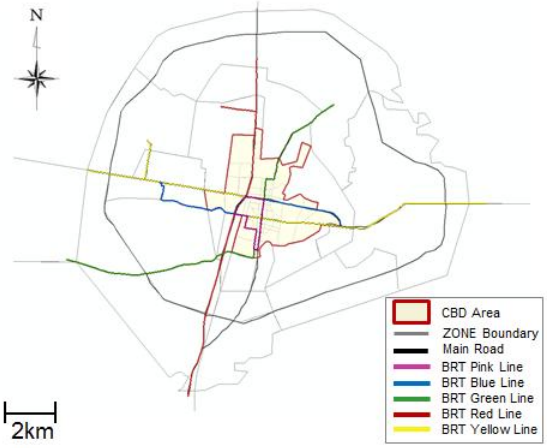


Fig. 4 BRT Lines Plan

5.2 Setting the present urban form

The present urban form is set on the daytime population and nighttime population of 250m grid using GIS to reproduce distribution of urban population. At the beginning, present urban form is set as shown in figure 5 based on the zone population and placement of buildings.

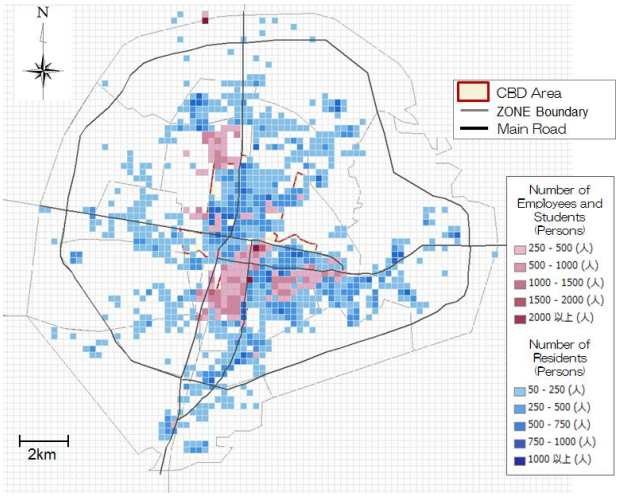


Fig. 5 Urban form in present situation

In the figure 5, red indicates the density of the employees and students, blue indicates the density of residents.

5.3 Setting the future trend urban form

Urban form of future trend case is set as shown in Figure 6, which expand the present population distribution to match the estimated future zone population and introduced BRT five

lines. However, new road network will not be installed.

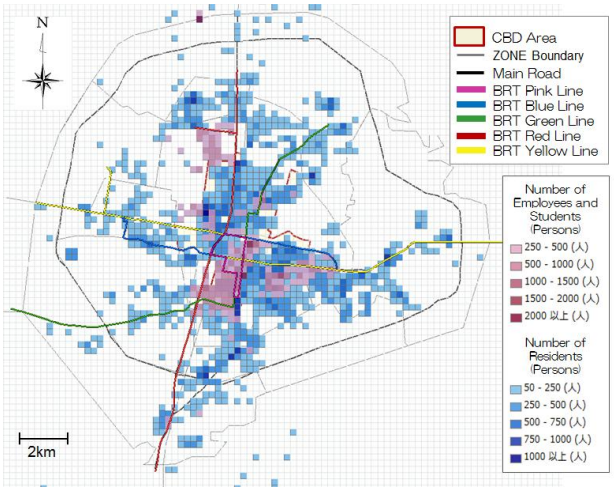


Fig. 6 Urban form in trend case

In the Figure 6, population has increased from present urban form. And BRT lines are installed. However, residential population in some areas do not reside near the BRT lines.

5.4 Setting the low-carbon society vision

Next, low-carbon society vision is set as shown in Figure 7, which is based on the existing road network and the BRT plans. In this study, low-carbon society vision is TOD type, which develops in the range of 500m from the BRT lines. Central business district (from now CBD) is in 2 km radius around the center of inner ring line of the BRT line, which is set to be destination point of trips. Outside of CBD area was set residential area, and there is set to be origin point of trips. Furthermore, residential density is set to 3 levels by varying depending on the distance from the CBD area.

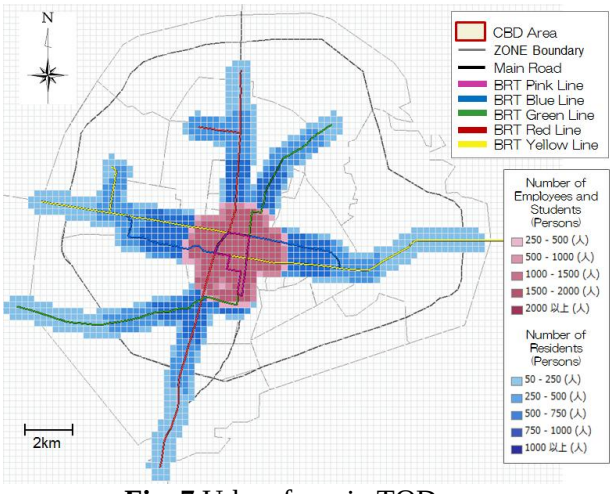


Fig. 7 Urban form in TOD case

In the figure 7, population distribution is concentrated near BRT lines.

6. Transportation demand forecasting

6.1 Target area

In this study, we analyze the 96 zones of the Khon Kaen city as shown in Figure 4. Road networks used in this study are main roads such as north-south national road route 2, east-west national road and ring road around the Khon Kaen city etc. BRT lines are applied as five routes in the transportation demand forecasting model. In this study, future traffic demand is based on the OD table from the survey result by Khon kean university in 2003. The network data is from year 2007, and new network will not be constructed.

6.2 Estimation of traffic volume

Transportation demand of each urban form as showed figure 5, figure 6 and figure 7 is estimated by traffic demand forecasting software JICA-STRADA.(from now STRADA) For present urban form (Figure 5),amount of trip generation and trip attraction is estimated by growth rate method in each zone. Subsequently distribution trip is estimated by present pattern method. In addition, the growth rate is calculated by the population growth rate of 2007 to 2022. For trend case (Figure 6), distribution trip is estimated by future population distribution. For TOD case (Figure 7), amount of trip generation and trip attraction is estimated by the future population distribution. And distribution trip is estimated by using the gravity model. Traffic assignment in each urban form is done by using user equilibrium assignment.

7. Result of CO_2 emission estimation

CO_2 estimation result from transport sector in each urban form is shown in figure 8. From the results of calculating the emissions in the urban structure of each type, low-carbon society vision achieves a 20 % reduction in CO_2 emissions compare to the trend type. However, result of CO_2 emission in TOD case is increased about 20% from present emission. The factor of the increase the CO_2 emission is concentration of business district in one place and only small reduction of trip length. Focusing on CO_2 emission in each type, CO_2 emission from the bus is significantly increased with the introduction of the BRT. Therefore application of alternative fuels or improving the efficiency of BRT vehicle is a significant contribution to reducing emissions.

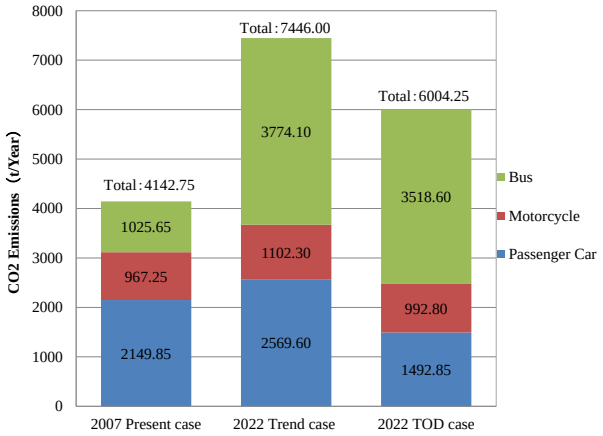


Fig. 8 Result of CO_2 emission estimation

8. Further study

Currently, the result of Person Trip Survey from 2007 in Khon Kean city is acquired. So, we will analyze all urban forms again in new Parson Trip Data. In addition, we will analyze the new urban form which is separated business district case with TOD shown in Figure 9. Also in this study, we did not make enough consideration about technical improvement in transportation, so we will consider about technical improvement. In this way, overall CO_2 emission reduction from the transportation sector in low-carbon society vision will be clarified.

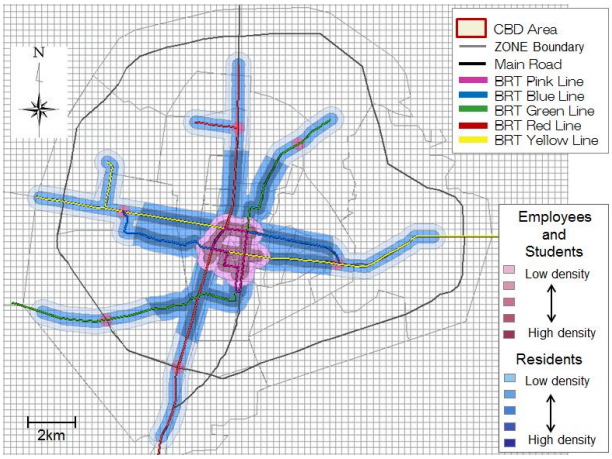


Fig. 9 Urban form of separated TOD case

References

[1] Mamoru Taniguchi, Takeomi Nakamura, Tetsuo Morita (1999) Analysis on Relationship between Urban Characters and Car Usage Based on Personal Trip Data, *Journal of the city Planning Institute of Japan*, NO.34, pp967-972

[2] Mamoru Taniguchi, Ryouji Matsunaka, Masahiro Hirano (1999) Time-Series Analysis of the Relationship between Urban Layout and CO_2 Emission by Automobile, *Journal of the city Planning Institute of Japan*, NO.43-3, pp121-126

[3] Akinori Morimoto, Hirotaka Koike (1995) A Comparison of the Urban Structure Impact upon Transportation Energy, *Journal of the city Planning Institute of Japan*, NO.30, pp685-690

[4] Akinori Morimoto (2002) A Reseach Review on Compact City in terms of Transportation Environmental load, *Infrastructure Planning*, NO.25

[5] Shigemichi TOYOSHIMA, Kenji DOI, Yuka ITOU (2008), Land use for achievement of low carbon society and traffic coordination – Evaluation of decentralized-concentration urban structures by visioning model-, *Conference of Infrastructure Planning*, NO.39

[6] Keisuke Matsuhashi (2007) A Study on Developing Visions of Future Transport Systems toward Low Carbon Society in Japan, *Journal of the city Planning Institute of Japan*, NO.42-3, pp889-894

[7] Ministry of environment in japan (2010), S-6 Research Project on Establishing of Methodology to Evaluate Middle to Long Term Environmental Policy Options toward Asian Low-CarbonSociety, http://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/english/index.html

A Study of the Effects of Introducing Advanced Driver Alert System

Paper Identification number: SCS11-013

Masatoshi NAKAZAWA[1], Atsushi FUKUDA[2], Makoto OKAMURA[3]

[1]Transportation Engineering and Socio-Technology,
Graduate School of Science and Technology Nihon University
Telephone and Fax. +81-47-469-5355
E-mail: csma10018@g.nihon-u.ac.jp

[2]Department of Transportation Engineering and Socio-Technology,
Collage of Science and Technology Nihon University
Telephone and Fax. +81-47-469-5355
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

[3]ALMEC Corporation
Telephone. +81-3-5489-3211, Fax. +81-3-5489-3210
E-mail: makoto.okamura@almec.co.jp

Abstract

A traffic signal helps to control the traffic smoothly and safely at an intersection in a city. However, it is rather difficult for a driver to determine change of signal phase when a driver faced yellow signal. A driver used to confuse whether he should stop or go under a dilemma zone and this becomes cause of collision at an intersection. Recently, advanced driver alert system which will provide information of phases traffic signal states information to a driver and help to avoid hard braking at intersection has been put in to a market and is expected to reduce collision at an intersection.

Therefore, the purpose of this paper is to estimate an impact of an advanced driver alert system installed at an isolated signalized intersection on collision by using a micro traffic simulation.

In this study, firstly we employ the time integral of difference of space distance and stopping distance as the indicator for safety measurement, which was defined from time integral of relative distance of leading vehicle and following vehicle when leading vehicle breaks suddenly. Then, we developed a micro traffic simulation model by applying above mentioned indicator.

As the result of this study, it was found that an advanced driver alert system might help to reduce collision by receiving information from the signalized intersection.

Keywords: Micro traffic simulation, Signalized intersection, Traffic safety indicator

1. Introduction

A traffic signal helps to control the traffic smoothly and safely at an intersection in the city. However, it is rather difficult for driver to determine change of signal phase when a driver faced yellow signal. Driver usually confuse whether he should stop or go under a dilemma zone and this becomes the cause of collision at an intersection.

In order to solve such a problem, the use of intelligent transportation system (ITS) has been considered. ITS technology generally aims at improving traffic safety and/or reducing travel time.

Recently, a system of road-vehicle communication type of ITS has been developed to provide information to vehicles approaching a red light. This is expected to improve the reduction of traffic accidents and fuel consumption.

Therefore, the purpose of this paper is to estimate the impact of an advanced driver alert system installed at an isolated signalized intersection on collision by using a micro traffic simulation.

2. Literature Review

Table1 shows examples of ITS technologies. There are environmental and safety indicators to evaluate ITS technologies.

The ITS have Eco-driving system and Non-stop drive support system etc. from focusing on the environment indicator.

Eco-driving system is the best navigate the operation; it is possible to reduce fuel consumption and CO2 emissions. It is effective for the longer practice. This system is already prevalent, it is clear that it contribute to the reduction of fuel consumption and CO2 emissions.

Non-stop drive support system is road-vehicle communication system that presents a recommend speed for each driver. This system allows vehicles to passing non-stopping through the intersection while in-vehicle equipment and infrastructure. The driver is able to pass through at the intersection that is recommended for driving with a constant rate was presented. This system can reduce CO2 emissions by about 10.6% of overall traffic flow.

The ITS have dilemma zone control system and green-phase extension system etc. from focusing on the safety indicator.

Green-phase extension system is intended to maintain the green interval when vehicles are in the dilemma zone and traveling at speed.

There is also a system to avoid the dilemma zone by the signal control. By using an optical beacon traffic sensor, this system will change the traffic right to yellow in the moment that there is a gap in traffic flow to avoid vehicles hard braking when arrived at intersection. For example, fender bender has been reduced by more than 25%, moreover, head-to-head accident has been reduced by more than 58%.

The ITS have advanced driver alert system and dangerous zone avoidance control system etc. from focusing on the environment and safety indicator.

The States of California has been considering the introduction of advanced driver alert system (ADAS) to provide information for vehicles approaching red light. This is placed at the inter section by road-vehicle communication system. With the introduction of ADAS, the driver will be able to know before arriving at an intersection red light the information about traffic signal. Accordingly, the driver can decelerate at the appropriate time, which is expected to reduce idle fuel consumption and CO2 emissions.

ADAS which will provide information of phase traffic signal phase information to driver and help driver avoid hard braking at intersection has been put in to a market and is expected to reduce collision at an intersection.

There is a similar system in Japan. It is called a dangerous zone avoidance control system. With this system, when the intersection signal will change to yellow, the beacon sensor will transmit information to vehicle detected before reaching the intersection. This system is designed to present accident at the intersection by reducing hard braking.

The systems have been in developed stage. And ADAS has been studied in the environment, but safety is not yet rated. In this study, we are introduced to estimate the effect of focusing safety indicator on the ADAS.

Table. 1 Road-vehicle communication type of ITS

		Indicator	
		Environment	Safety
ITS	Road-vehicle	Eco-driving system (UA・JAP) Non-stop drive support system (JAP)	Green-phase Extension system (UA) Sensitive dilemma zone control system (JAP)
		Advanced driver alert system (UA) To avoid the danger zone control system (JAP)	

3. Methodology

3.1. Advanced Driving Alert System

This system provides vehicle traffic signal status information from the traffic light when the vehicle approached the signalized intersection. Fig. 1 show the concept ADAS. The predicted red onset warning can be processed in conjunction with the vehicle's estimated travel time to intersections. If drivers cannot pass through signalized intersection, the driver's is warned with an advisory alert. An advisory alert can be given to drivers to inform them that they are unlikely to be able to pass safety

through the signalized intersection under normal conditions. This information allows drivers to release the throttle earlier and decelerate to the stop line or back of a queue with a gentler deceleration.

For example, if no ADAS is introduced, which deceleration is hard as the orange line in Fig.1? However, if the ADAS is introduced, which deceleration is gentler as the blue line in Fig.1.

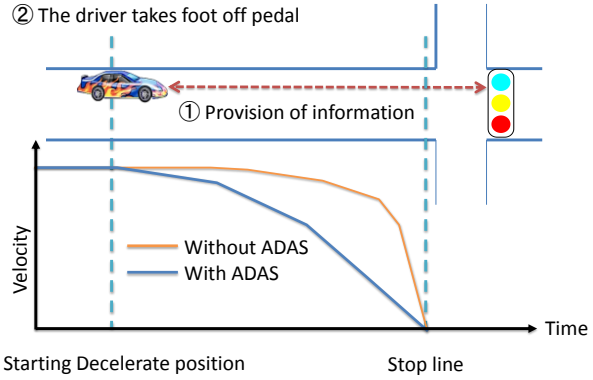


Fig. 1 Conceptually ADAS

3.2 Micro traffic simulation model building

In this study, to construct a microscopic traffic simulation model to estimate the effect of the introduction of ADAS. Using the model developed by Okamura that evaluate the impact of traffic safety. It is that the driver considers the behavior of the two previous the vehicle. And the driver repeats the process of recognition, decision and action. However, the model does not recognize the signal at the intersection because the model assumes that the application of the highway. Therefore we modified the model to recognize the signal and incorporating a model of ADAS.

A flow chart of ADAS model shows in Fig.2. First, the vehicle can make a decision whether to retrieve information from the signal. Second, if the vehicle can get information on vehicle approaching the intersection to calculate the travel time from the current speed of the intersection. If the vehicle cannot pass through the intersection has become a mechanism to begin to decelerate. In addition, it is to make a decision whether the deceleration information of the leading vehicle provide in the following vehicle.

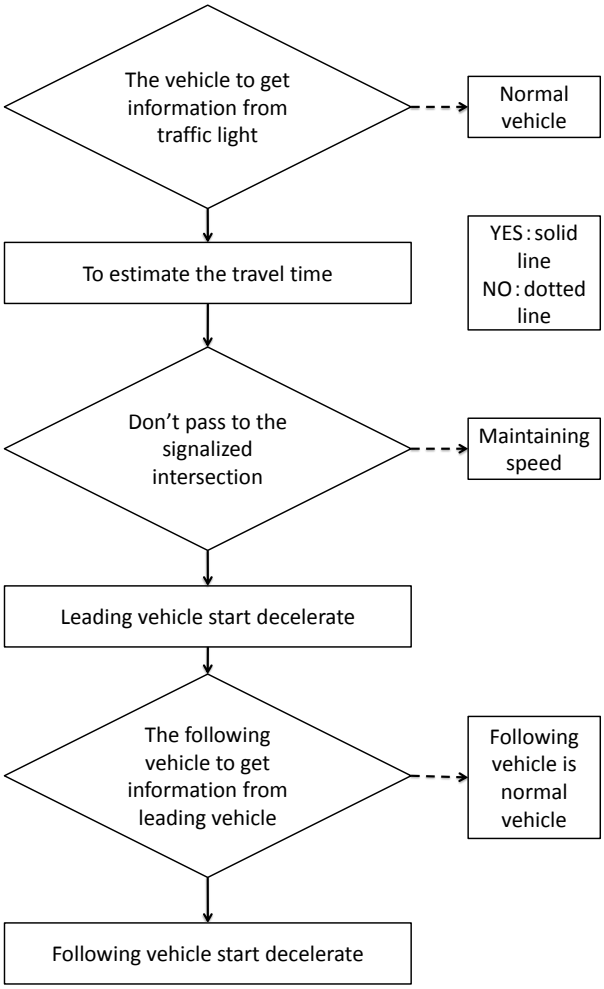


Fig. 2 Flow chart of the simulation model of the ADAS

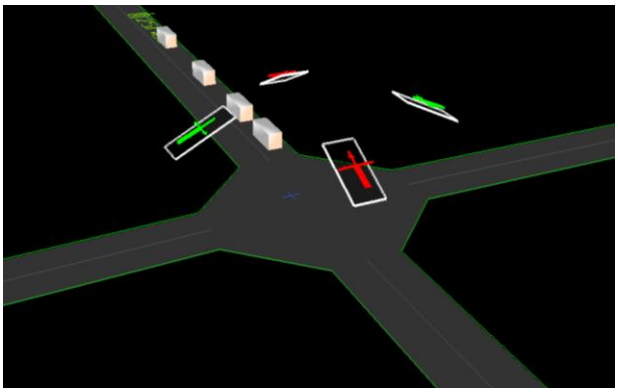


Fig. 3 State of the simulation

The running situation that applies only to passenger cars in one lane isolated intersection. Of the evaluation period is 50 meters in front of intersection. And simulation was performed a total of 10 times 30 times 30 minutes each case. Fig.3 shows the state of simulation.

4. Traffic safety indicator

4.1 Review of the proposed traffic safety indicators

The traffic safety in general TTC (Time To Collision) use of the evaluation method for calculating the time between collisions and so on.

TTC is metrics which was proposed by Hayward (1972). This indicator will estimate the time to collision of the following vehicle hit the leading vehicle if the current relative speed is maintained.

Allen (1978) is an indicator of risk assessment proposed by the collision, which is easy and widely used measure of PET (Post Encroachment Time). This is represented by the transit time of two vehicles at the position of possible collision, meaning that the higher risk of collision is smaller this value.

4.2 DSS

In this study used the concept of different of space distance and stopping distance (DSS). DSS is defined of the space and stopping distance as shown in Eq. (1) and Fig. 4. The space distance can be calculated by the sum of differences between the leading and following vehicle, and the braking distance of the leading vehicle. The stop distance can be calculated by the sum of the brake reaction distance and the braking distance of the following vehicle. DSS shows the freeze position of the following and leading vehicle when the leading vehicle brakes suddenly, and then the following vehicle also brakes to avoid collision. Negative DSS values mean collision because the following vehicle cannot avoid colliding with the leading vehicle when it stops suddenly. The calculation formula and dangerous threshold value are simple and clear.

$$DSS = \left(\frac{v_1^{\,2}}{2\mu g} + d_2 \right) - \left(v_2 \Delta t + \frac{v_2^{\,2}}{2\mu g} \right) \qquad (1)$$

where:
S: space distance (m);
Stop: stop distance (m);
v_1: velocity of following vehicle (m/s);
v_1: velocity of leading vehicle (m/s);
μ: friction coefficient;
g: gravity acceleration (m/s^2)
d2: distance between leading vehicle and following vehicle (m)
⊿t: reaction time (sec)

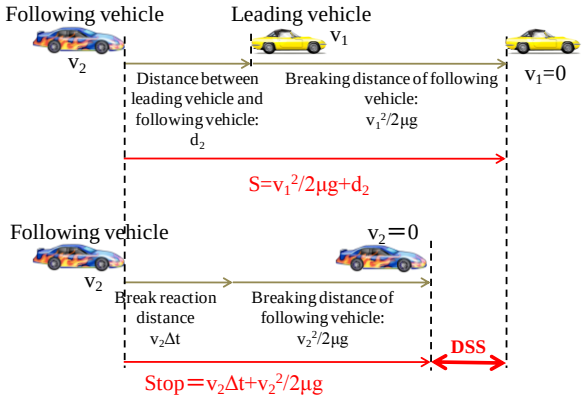


Fig. 4 Definition of DSS

4.3 Time integral of difference of space distance and stopping distance

In this study, we used as the traffic safety indicator. TIDSS (Time Integrated DSS) is proposed by Okamura. This indicator is the integral value represents the amount of deviation from the value DSS. It is that includes the evaluation of the duration time of magnitude of risk and unsafe conditions. As shown in Eq. (2) and Fig. 5.

$$TIDSS = \int_0^t \left[TH - \left(DSS \right) \right] dt \qquad (2)$$

where:
t: time (sec);
TH: threshold value (m)

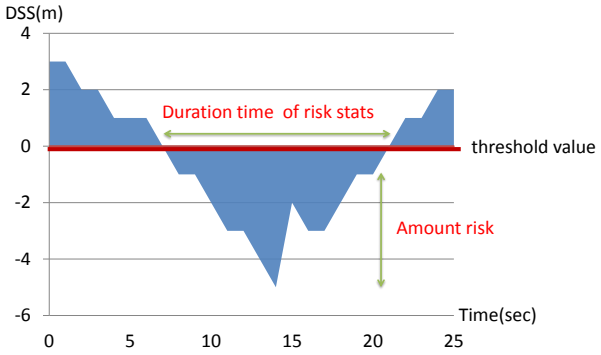


Fig. 5 Example of safety evaluation by using TIDSS

5. Setting Cases

We were set up three cases to estimate the effect of the introduction of ADAS, Case1, Case2, and Case3. Case1 is if you do not introduce the ADAS, the vehicle will not obtain information from

the signalized intersection. Case2 is if the introduction of ADAS, only the leading vehicle to get information from signalized intersection. Case3 is similar Case2. Further decelerate information of the leading vehicle transmitted to the following vehicle. As shown in Fig. 6.

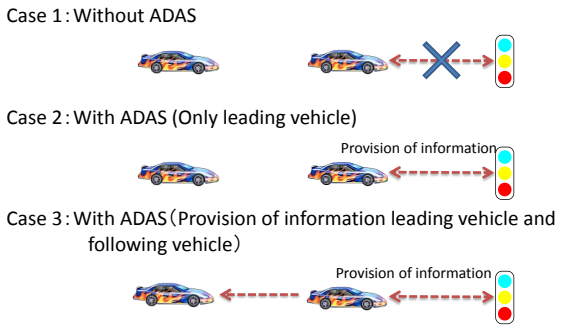


Fig. 6 Set up three cases

6. Simulation evaluation

TIDSS per vehicle show in each case in Fig.7. Case1 is the highest value of TIDSS and Case3 is the lowest value of TIDSS from Fig.7. TIDSS slightly decreased that show a comparison of Case1 and Case2. In addition TIDSS greatly reduces that show a comparison of Case1 and Case2. Unlike Case2 and Case3 the following vehicle is taking the brakes because the leading vehicle is slowing faster than expected of deceleration by following vehicle does not get to information of decelerate the leading vehicle. Therefore, TIDSS is less the width of the decline. By providing information to slow the vehicle will follow the leading vehicle in Case3, a gradual deceleration to do with the vehicle ahead as well. So, seems to have declined considerably from Case2 the value of TIDSS. Also introduce the ADAS in the entire vehicle as the Case3 shows higher benefit rather than the introduction of ADAS into the vehicle alone as the Case2.

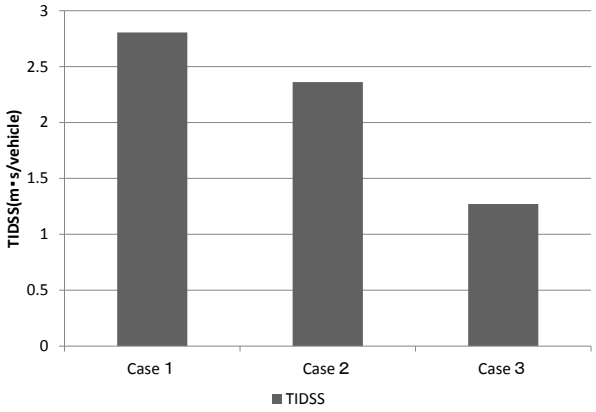


Fig. 7 TIDSS per vehicle

7. Conclusions and future research

As the result of this study, it was found that an advanced driver alert system might help to reduce collision by receiving information from the signalized intersection. In addition, it was confirmed that increasing safety by the leading vehicle provides more information to the following vehicle.

In future, it is necessary to consider the effects including estimates on the environment. In addition, this study estimates only passenger car. So it needs to estimate including the light duty vehicle. And the effect is limited because only the estimates for an isolated intersection, is expected to estimate as the target of multiple intersection.

References

[1] Li M. (2009) Traffic Energy and Emission Reduction at Signalized Intersection: A Study of the Benefit of Advanced Driver Information, *International Journal of ITS Research*, Vol.7, No.1, pp.49-58

[2] Makoto Okamura. (2011) Study on the impact of driving assistant system on traffic flow, *Doctoral thesis Graduate School of Science and Technology Nihon University*

[3] Hayward, J.C. (1972) Near-Miss determination through use of a scale of danger, *HRR284*

[4] Allen, B.L. (1978) Analysis of traffic conflict and collision, *TRR284*, pp.67-74

[5] Makoto Okamura, Atsushi Fukuda, Hirohisa Morita and Hironori Suzuki, (2010) Development of Micro Simulation Model for Evaluating of Impact of Adaptive Cruise Control System, *12th JSCE International Summer Symposium*

Comparison of Bus Rapid Transit System Introduction Effects in Asian Developing Cities -Bangkok, Thailand and Hanoi, Vietnam-

Paper Identification number: SCS11-014

Hidenori IKESHITA[1], Atsushi FUKUDA[2], Teppei OSADA[3], Tomoya NAKAMURA[4], Tuenjai FUKUDA[5], Tetsuhiro ISHIZAKA[6]

[1]Transportation Engineering and Socio Technology,
Graduate School of Science and Technology, Nihon University
Tel. & Fax. +81-47-469-5355
E-mail: cshi11002@g.nihon-u.ac.jp

[2] Department of Transportation Engineering and Socio Technology,
College of Science and Technology, Nihon University
Tel. & Fax. +81-47-469-5355
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

[3] Department of Transportation Engineering and Socio Technology,
College of Science and Technology, Nihon University
Tel. & Fax. +81-47-469-5355
E-mail: osada.teppei@nihon-u.ac.jp

[4]Transportation Engineering and Socio Technology,
Graduate School of Science and Technology, Nihon University
Tel. & Fax. +81-47-469-5355
E-mail: csto11014@g.nihon-u.ac.jp

[5] Research Institute of Science and Technology, Nihon University
Tel. & Fax. +81-47-469-5355
E-mail: noynoifukuda99@gmail.com

[6] Department of Transportation Engineering and Socio Technology,
College of Science and Technology, Nihon University
Tel. & Fax. +81-47-469-5355
E-mail: ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp

Abstract

Currently, car ownership has been increasing which caused the traffic problem and the global warming. Therefore, rail-based mass transit system has been developed rapidly to cope with these problems. However, the reality is that it is difficult in terms of funds for developing cities. To address these problems, some cities plan to introduce bus rapid transit (BRT) system instead of rail-based transports and to promote demand shift from car to public transport. But it is not clear in the effect of BRT system introduction and it measuring approach. And it should consider the scale of city size and BRT system operation scale. So, this study focus on evaluation of BRT system introduction especially in Asian developing cities which include Bangkok, Thailand and Hanoi, Vietnam, and compare these cities to the impacts and benefits of BRT system introduction by using existing transportation demand forecast method.

At first, the whole city network was built by using transportation demand forecasting model. Then, transportation demand and traffic condition will be estimates with and without BRT system. Second, CO2, NOx and CO emissions estimation will be done based on traffic conditions. And then, benefits estimation derived from those results which are users benefit such as fuel reduction, maintenance cost reduction and traffic accidents reduction and global warming factor, environmental load reduction benefits such as CO2, NOx, and CO. Finally, we compared and analyzed estimation results of those cities and it is found that

prove to be effective BRT system introduction to whole city and BRT system operation scale in developing cities.

Keywords: Bus Rapid Transit, Global warming, User's Benefits, Bangkok, Hanoi

1. Introduction

Currently, car ownership has been increasing which caused the traffic problem and the global warming. Therefore, rail-based mass transit system has been developed rapidly to cope with these problems. However, the reality is that it is difficult in terms of funds for developing cities. To address these problems, some cities plan to introduce bus rapid transit (BRT) system instead of rail-based transports and to promote demand shift from car to public transport.

Usually, transport project carefully assesses the interest or benefits of users such as time cost saving, vehicle operating cost saving and loss by traffic accidents reduction from cost-effectiveness perspective. It is hard to measure the effectiveness of emission reductions because developing countries has data on emission reductions for greenhouse gases and air pollutants. As a result, it has become a major problem unable to concretely discuss about greenhouse gas reduction and environmental improvement.

This study focuses on measuring GHG emission reductions, roadside emission reductions and the benefits of BRT introduction in Asian developing cities.

2. Literature Review

BRT is defined by GAO as "Bus-based urban transport system that combines features and flexibility compare favorably with rail based transport system by Bus lanes". BRT has been attracting attention among specialists in urban transport in developing countries from the viewpoint of mass transport that it is possible to improve traffic at cost lower than rail-based public transport system. The analysis of success factors have been referring to cities such as Bogotá and Curitiba which were successfully implemented BRT by International Association of Traffic and Safety Sciences (IATSS). The reason for being to promote the BRT pointed out by Yabe et al. BRT is possible to develop in stages from bus systems to railways and is cheaper than railways, consistent with land use and environment and has become attractive and practical with ITS and several other technologies. However, there are little studies conducted to quantitatively estimate effect of introduction BRT.

3. Impacts Estimation Methodology

3.1 Study Flow

This study estimates BRT introduction and without BRT introduction cases as follows in Fig. 1. At first, we build the whole city network by using Transportation Demand Forecast Model and it is use for estimate transportation demand with BRT operation. As a result, we estimate the items as shown in Table.1. When introduction BRT, air pollutant emissions that is one of the environmental issues were estimated by average speed, traffic volume by vehicle type and length of each link. And then, in order to obtain the benefits of environmental impact, environmental impacts benefits were estimated by air pollutant emissions multiplied by its monetary unit. On the other hand, user's benefit estimation such as benefit of travel time saving, benefit of vehicle operating cost saving, benefit of traffic accidents reduction estimate for user's benefit are based on Guidelines for the Evaluation of Road Investment Projects. When estimating benefit, the unit for benefit estimation is used for developing cities data, otherwise, the unit for Japan cases is used.

3.2 Estimation Methodology of Air Pollutant Emissions

Air pollutant emissions from vehicle traveling on the road are estimated by air pollutant emission factor multiplied by average speed and running distance are commonly used. In this study, length of link, traffic volume and emission factor by vehicle type are substituted average speed derived from average speed by vehicle type into equation (1) to estimate emissions from vehicles. This methodology is a relatively simple way, but emission factors depend on factors such as regional climate, regional driving characteristics and vehicle age distribution. Therefore, it is important to set the emission factors. Applying emission factors, it is necessary to use the actual values. However, in most developing countries, local emission factors have not been developed yet.

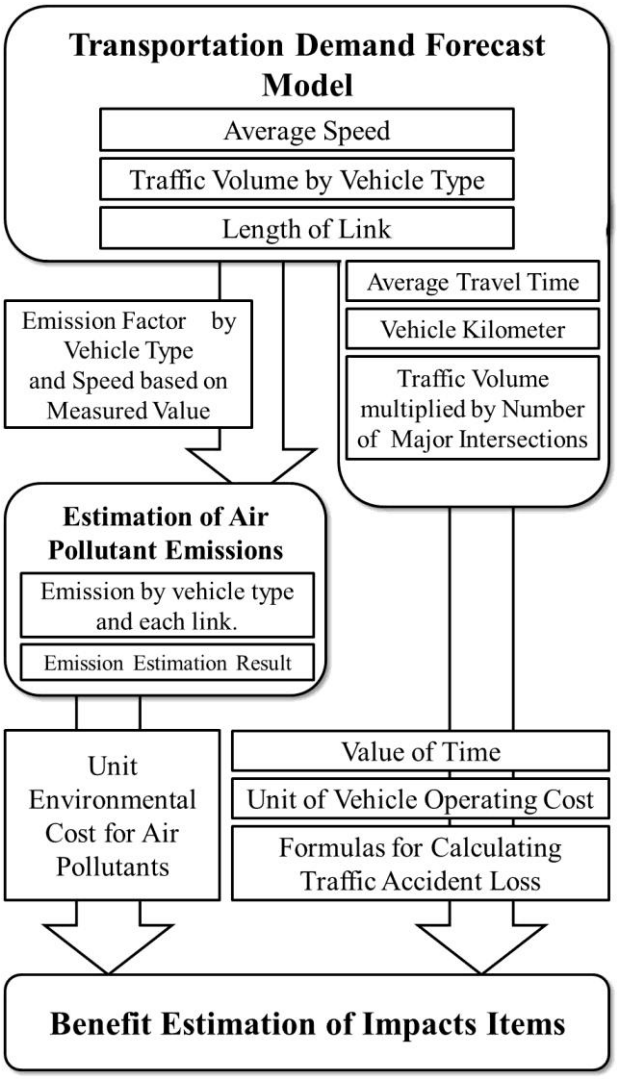


Fig. 1 Impacts Estimation Flow

Table 1 Estimation Impacts and Items

Estimation Impacts	Estimation Items	
Environmental Impacts	CO2 Emissions	Benefit of GHG Reduction
	NOx Emissions	Benefit of Air Pollution Reduction
	CO Emissions	
Influence on User's	Benefit of Travel Time Saving	
	Benefit of Vehicle Operating Cost Saving	
	Benefit of Traffic Accidents Reduction	

Therefore, to obtain a high accuracy of emission inventory, it is necessary to developing such emission factors. Fortunately, Bangkok has an inventory of such emission factors developed by "Study to Promote CDM Projects in Transport Sector in order to Resolve Global Environmental Problem (Bangkok Metropolitan Area Case), MLIT Japan, 2003". Therefore, these data were used in this study to estimate CO2 and air pollutant emissions. However, for motorcycles, there is no appropriate data for Bangkok. Thus, data regarding motorcycle emissions provided by the Ministry of Environment of Japan were used. The following Table 2, Table 3 and Table 4 show the emission factors for each type of vehicle. Emission factors parameter by air pollution type, vehicle type and average speed are substituted into equation (2) to estimates emissions by each type of vehicle.

$$E_{k,i,m} = D_k \times Q_{k,i} \times Ef_{k,i,m}\left(v_{k,i}\right) \quad (1)$$

$$Ef_{k,i,m}\left(v_{k,i}\right) = a_{i,m}v^2 + b_{i,m}v + c_{i,m} \quad (2)$$

where, E: Emissions (g), D: Distance (km), Q:TrafficVolume (vehicle/h), Ef: Emission Factor when Speed v (g/km), a, b, c:Emission Factor Parameter for Estimation, k:Link Name, i: Type of Vehicle, v: Equilibrium Speed (km/h), m: Type of Air Pollutant Matter

Table 2 CO2 Emission Factor Parameter

	a	b	c
Car	0.0584	-7.4383	335.90
Motor Cycle	0.0308	-3.6385	165.98
Bus	0.0378	-4.2744	178.78
Track	0.0688	-9.0791	457.52

Table 3 NOx Emission Factor Parameter

	a	B	c
Car	0.0002	-0.0186	1.3134
Motor Cycle	1.0E-05	-0.0013	0.2308
Bus	0.0378	-0.0792	3.0230
Track	0.0688	-0.0571	2.3894

Table 4 CO Emission Factor Parameter

	a	b	c
Car	-0.0001	-0.6920	10.8667
Motor Cycle	0.0112	-1.2963	49.2010
Bus	0.0005	-0.0586	2.1179
Track	0.0001	-0.0200	1.0200

3.3 Benefit's Estimation

Traffic and network indices for measuring benefit as shown in Table 5. Environmental benefits are considered separately for global warming and air pollution. As an effect of global warming improvement such as CO2 emission reduction effectiveness is done by comparing with with/without introducing BRT. CO2 reduction benefit is amount of CO2 emission reduction multiplied by carbon credit prices (20 $/t-CO2) which assume the emission trading. Air pollution reduction benefit estimation is based on "Estimating marginal external costs of transport in Delhi" result in developing city of Delhi, India. User's benefit estimation of travel time saving and vehicle operating cost saving are apply with value of time and vehicle operating cost in Thailand. Also traffic accidents reduction will be estimate.

4. Target Area of Case Study

This study aims to understand how to quantitatively estimate the effect of BRT introduce in practice. Thus, BRT route intended for estimation the introduction in two cities of the effect of the entire metropolitan area and BRT line as shown in Fig.2 as follows; in Hanoi, the capital city of Vietnam and in Bangkok, Asia's the capital city of Thailand. In Bangkok, the effect of BRT introduction for BRT south line will be estimate. This line has 15.9km and it is extending from the BTS station which is elevated railway station to the outskirts of downtown. For Hanoi the BRT plan which proposed by World Bank that called No.1 BRT line and it has total length 13.25km from the city center towards the outskirts. In the future, developing city is expected to have population growth and economic growth. So, that is emphasis on the development of public transportation. BRT introduction effect is considered that to improve the traffic congestion, reduction of vehicle fuel consumption and environmental impact to be mitigated. But in developing Asian cities it is not enough to estimate effects of the introduction of public transport, it is necessary to clarify the effect by comparison and know the effect of introducing BRT as well.

Table 5 Traffic and Network Indices for Measuring Benefit

Outputs for Benefit Measurements		Traffic Indices	Network Indices (by link)
Environmental Benefit	Global Warming Reduction	Traffic Volume by Vehicle Type, Link (Vehicles)	Link Length (m)
	Air Pollution Reduction	Average Speed by Link (km/h)	
User's Benefit	Travel Time Saving	Traffic Volume by Vehicle Type (Vehicles)	Link Length (m)
		Average Travel Time (minutes)	
	Vehicle Operating Cost Saving	Traffic Volume by Vehicle Type (Vehicles)	
		Average Speed (km/h)	
	Traffic Accidents Reduction	Traffic Volume by Link (Vehicles)	The Number of Major Intersections
			Roadside Type
			The Number of Lanes
			With or Without Median Strip

Source: Fixed and retouched Guidelines for the Evaluation of Road Investment Projects

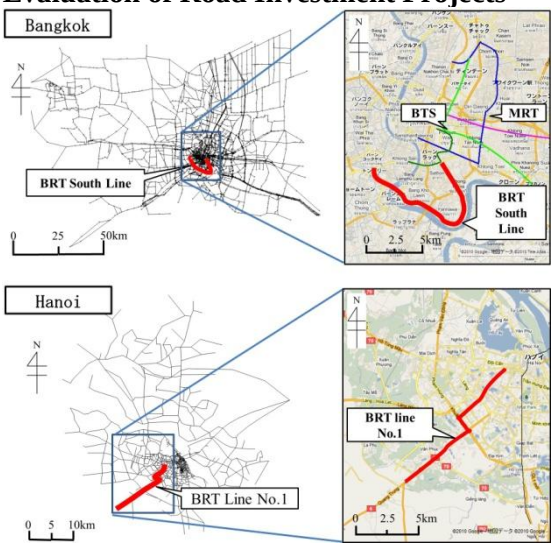


Fig. 2 BRT Lines

5. Estimation Results

Estimation results of with/without BRT introduction cases for whole metropolitan area of Bangkok case and Hanoi case as shown in Table 6 and Table 7, respectively. Those tables show transportation demand indices and air pollutant emissions and benefits.

5.1 Bangkok Case

1) Results of Transportation Demand Forecast

Average speed was slightly increased and total vehicle kilometer and total in-vehicle hours were decrease. Therefore BRT introduction impacts have appeared.

2) Estimation Results of Emissions

CO2, NOx and CO emissions reduction rate are 1% or less. It is very small percentage of emissions reduction in entire metropolitan area and effect of introducing the BRT was only few impacts.

3) Estimation Results of Benefits

User's benefits are large proportion of total benefit and Environmental benefits were only few.

5.2 Hanoi Case

1) Results of Transportation Demand Forecast

Average speed was slightly increased and total vehicle kilometer and total in vehicle hours were decrease.

2) Estimation Results of Emissions

CO2, NOx and CO emissions reduction percentages are 6.68%, -4.43% and 23.05%, respectively. Especially, CO2 emissions have potential to reduce approximately 40 million tons.

3) Estimation Results of Benefits

User's benefits are large proportion of total benefit and Environmental benefits were only few. Air pollutants emissions benefits increased CO, CO2, NOx. As the reason for the high-benefit ratio of NOx which is monetary term unit of air pollution is higher than other air pollutant substances.

Emissions from large vehicle like bus and truck are

Table 6 Results of Traffic Indices and Measured Benefit in Bangkok

		Without Case	With Case	Differences (Without-With)
Total vehicle kilometer		249,492,130	247,695,658	1,796,472
Total in-vehicle hours		14,672,682	14,576,454	96,228
Average travel speed (km/h)		19.215	19.264	-0.049
Air pollutants emission reduction (t/year)	CO_2	24,574,356	24,419,749	154,607
	NOx	119,497	118,964	533
	CO	428,365	423,739	4,626
User's benefit (Bahts/year)	Travel time saving	435,795,664,775	432,550,999,710	3,244,665,065
	Vehicle operating cost saving	884,120,051,468	878,775,743,890	5,344,307,578
	Traffic accidents reduction	1,189,043,842	1,179,500,874	9,542,968
Environmetal benefit (t/year)	CO_2	14,744,613,438	14,651,849,418	92,764,020
	NOx	7,461,069,102	7,427,819,054	33,250,048
	CO	11,480,194	11,356,207	123,987

Table 7 Results of Traffic Indices and Measured Benefit in Hanoi

		Without Case	With Case	Differences (Without-With)
Total vehicle kilometer		78,262,087	66,945,466	11,316,620
Total in-vehicle hours		7,664,081	6,507,198	1,156,882
Average Travel Speed (km/h)		19.229	19.258	-0.029
Air pollutants emission reduction (t/year)	CO_2	5,511,949	5,143,675	368,274
	NOx	25,641	26,755	-1,113
	CO	595,023	457,896	137,127
User's benefit (Bahts/year)	Travel Time Saving	175,169,514,352	166,229,150,401	8,940,363,951
	Vehicle Operating Cost Saving	144,234,347,898	138,711,467,151	5,522,880,747
	Traffic Accidents Reduction	5,476,979	4,598,558	878,421
Environmetal benefit (t/year)	CO_2	3,307,169,370	3,086,204,940	220,964,430
	NOx	1,600,970,419	1,670,478,743	-69,508,324
	CO	15,946,616	12,271,617	3,675,000

significantly reduced with the increasing of speed.

6. Comparison of Bangkok and Hanoi

6.1 Population

Bangkok and Hanoi populations are 12 million and 3.2 million, respectively. Air pollutants emission divided by population is shown in Table 8. It is find that emissions in Bangkok is larger than Hanoi except with CO. Hanoi has many motorcycle, so it is expect CO value is higher than Bangkok.

6.2 Differences of Benefit and Reduction Rate

CO2 and CO emissions are significantly reduced by the introduction of BRT as shown in Table 9, especially in Hanoi CO emissions by switching from motorcycles, the results were considered to be reduced by 23%. And BRT introducing benefit of in urban area and BRT line as shown in Table 10. Hanoi case differences in benefit are higher than Bangkok case. The travel time saving is bigger than Bangkok but vehicle operating cost saving and traffic accidents reduction become negative values. It means that those cost increase than before. We need to consider this problem in a whole network.

7. Conclusion

It could be assumed in quantity for each effect that user's benefit and environmental benefit with air pollutants emission changes. This study clarifies that air pollutants emissions change and effect of BRT introduction by urban scale. On the other hand, emission factor unit and monetary term unit has not yet been fully developed. Because they are still in the research stage, it is necessary to consider the future.

Table 8 Air pollutants emissions per thousand-capita of Bangkok and Hanoi

		Bangkok		Hanoi	
		Without case	With case	Without case	With case
Air pollutants emission (t/year/thousand-capita)	CO2	2048	2035	1722	1607
	NOx	10	10	8	8
	CO	36	35	186	143

Table 9 Reduction Rate of Air Pollutants

	CO2	NO_x	CO
Bangkok	0.63%	0.45%	1.08%
Hanoi	6.68%	-4.34%	23.05%

Table 10 Differences of Benefit of With/Without case of Bangkok and Hanoi

Urban area	Travel Time Saving	Vehicle Operating Cost Saving	Traffic Accidents Reduction
Bangkok	0.74%	0.60%	0.80%
Hanoi	5.10%	3.83%	16.04%
BRT line	Travel Time Saving	Vehicle Operating Cost Saving	Traffic Accidents Reduction
Bangkok	2.40%	0.43%	1.71%
Hanoi	10.80%	-218.04%	-31.91%

Note: This study modify Master thesis of myself that "Study on Estimation of Impacts from Bus Rapid Transit Introduction in Asian Developing Cities" (2011).

References

[1] GAO (2001): *MASS RAPID TRANSIT Bus Rapid Transit Shows Promise*, US General Accounting Office

[2] International Association of Traffic and Safety Sciences (IATSS) (2007); *Report of Empirical Research of Ecological Urban Arterial Traffic Systems Spread Strategies for Developing Countries*, IATSS, Tokyo (Japanese Only)

[3] Tsutomu Yabe et al. (2004): *Bus Rapid Transit System-BRT Introduction New Developments*, Transportation and Economic, Vol.64, No.12, pp.48-58. (Japanese Only)

[4] Edited by Study Group on Road Investment Evaluation (2000): *Guidelines for the Evaluation of Road Investment Projects*, Japan Research Institute

[5] Japan Transport Cooperation Association (2003) *Study to Promote CDM Projects in Transport Sector in order to Resolve Global Environmental Problem (Bangkok Metropolitan Area Case)*, MLIT Japan

[6] Akshaya Kumar Sen et al. (2010): *Estimating marginal external costs of transport in Delhi*, Transport Policy 17, pp.27-37.

การสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรและขนส่งจากรถขนาดใหญ่ : กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา

Crash Scene Investigation of Heavy Vehicle Crashes: A Case Study of Songkhla Province

Paper Identification number: SCS11-015

(4) ความปลอดภัยจราจร

เอกลักษณ์ กาญจนเพ็ญ[1], นพวรรณ แท่นเล็ก[2], ปรเมศวร์ เหลือเทพ[3]

Ekalak Kanchanapen[1], Noppawan Thaenlek[2], Paramet Luathep[3]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์. 081-969-0763

E-mail: pom_ekalak@homail.com

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 083-194-8437

E-mail: p-saintdevil@hotmail.com

[3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 074-287-125

E-mail: paramet007@hotmail.com

บทคัดย่อ

อุบัติเหตุจราจรและขนส่งจากรถขนาดใหญ่ เช่น รถโดยสารสาธารณะ รถบรรทุกและรถพ่วง เป็นปัญหาที่สาคัญปัญหาหนึ่งที่ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นมูลค่ามหาศาลในแต่ละปี แม้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายได้ร่วมมือกันเพื่อแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุจราจรและขนส่งจากรถขนาดใหญ่ตลอดหลายปีที่ผ่านมา คาถามที่มักเกิดขึ้น คือ สาเหตุที่แท้จริง และแนวทางการแก้ไขและการป้องกันที่ถูกต้องและสอดคล้องกับสาเหตุที่ทาให้เกิดอุบัติเหตุคืออะไร บทความนี้นาเสนอการใช้หลักการการสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรและขนส่งจากรถขนาดใหญ่ โดยยกตัวอย่าง 2 กรณีศึกษาที่เกิดขึ้นในจังหวัดสงขลา สาหรับในแต่ละกรณี สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของความรุนแรง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้ถูกสืบค้นและอธิบาย คณะผู้วิจัยหวังว่าการใช้หลักการการสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขและป้องกันปัญหาอุบัติเหตุจราจรของประเทศได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิผลอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจร, อุบัติเหตุจากรถขนาดใหญ่, อุบัติเหตุจราจรและขนส่ง

Abstract

Crash from heavy vehicles (e.g. buses, trucks, and trailers) is one of the major problems, which causes large amount of human and property losses annually. Although, concerned authorities have attempted their efforts on the improvement of road safety and the prevention of road crashes, the question, also arising, is that what is the true contributing factor(s) of a crash. This paper applies a concept of crash scene investigation to investigate the contributing factors of heavy vehicle crashes. Two case studies are illustrated in this paper. For each case, the contributing factors and the factors affecting the crash severity are investigated. The countermeasures are also proposed. The researchers wish that the crash scene investigation approach is an effective and sustainable technique in order to deal with the heavy vehicle crash problem in Thailand.

Keywords: Crash scene Investigation , Heavy vehicle crash , Traffic and Transport Accident

1. บทนำ

อุบัติเหตุจราจรบนท้องถนนเป็นปัญหาสังคมอันดับต้นๆของทุกสังคมที่ใช้รถในการคมนาคม สาหรับประเทศไทยในแต่ละปีมีจานวนผู้สูญเสียจากอุบัติเหตุบนท้องถนนกว่าแสนคน แม้หน่วยงานหลายฝ่ายได้ร่วมกันแก้ไขและป้องกันในตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา แต่จานวนอุบัติเหตุก็ไม่ได้ลดลงอย่างมีนัยสาคัญเมื่อเทียบกับความสูญเสีย สาเหตุหนึ่งเนื่องจากการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุยังไม่ตรงจุดหรือไม่ถูกต้อง โดยทั่วไปสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรเกิดจากความผิดพลาดของ 3 ปัจจัย คือ คน ยานพาหนะ และโครงสร้างพื้นฐานด้านถนนรวมทั้งสิ่งแวดล้อม ซึ่งจาเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดอุบัติเหตุโดยศึกษาในเชิงลึกเพื่อนามาหาแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุจราจรและขนส่งให้ตรงจุดซึ่งจะช่วยจานวนและลดความรุนแรงของอุบัติเหตุจราจรและขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุการจราจรในเชิงลึก

การสืบค้นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุการจราจรในเชิงลึกเป็นแนวทาง ในนาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ประสบเหตุและการตรวจสอบ ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสถานที่เกิดเหตุและสิ่งแวดล้อม มา อธิบายลา ดับการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 3 ช่วง ตั้งแต่ ก่อนเกิด ระหว่างเกิด และ หลังเกิดอุบัติเหตุ พร้อมหาสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุและสาเหตุ ของความรุนแรง ซึ่งผลที่ตามมาคือการนาข้อมูลดังกล่าวไปเป็ น ฐานข้อมูลสา หรับการออกแบบและวางแผนการป้ องกันและแก้ ไขปัญหา อุบัติเหตุจากการจราจรและขนส่ง ตลอดจนการรณรงค์เพื่อเพิ่มความ ปลอดภัยบนท้องถนน

3. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) เพื่อทำการสืบสวนเชิงลึก (In-Depth Investigation) หาสาเหตุ การเกิดและสาเหตุความรุนแรงของอุบัติเหตุจากรถขนาดใหญ่ในพื้นที่ จังหวัดสงขลา

2) เพื่อหาแนวทาง/มาตรการในการป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุทั้ง ระดับนโยบายและระดับพื้นที่

ขอบเขตการศึกษา ได้มุ่งเน้นศึกษาอุบัติเหตุจากรถขนาดใหญ่ในพื้นที่จังหวัดสงขลา โดยเลือกมา 2 กรณี คือ

1) เหตุการณ์รถบัสพัทลุง- หาดใหญ่ชนท้ายกระบะหักลงเกาะกลางถนน อ.บางกล่า จ.สงขลา และ

2) รถพ่วงชนท้ายรถ 10 ล้อ ถนนกาญจนวนิช สายอาเภอสะเดา – อาเภอ หาดใหญ่ บริเวณบ้านทุ่งฉลุ ม. 4 ต.พังลา อ.สะเดา จ. สงขลา

รูปที่ 1 สถานที่เกิดเหตุ

ที่มา ...

4. รายละเอียดอุบัติเหตุ

รายละเอียดของอุบัติเหตุที่ได้จากการสัมภาษณ์และข้อมูลหลักฐานในที่เกิดเหตุมีดังนี้

4.1 Case 1: รถบัสพัทลุง-หาดใหญ่ชนท้ายกระบะหักลงเกาะกลางถนน อ.บางกล่า จ.สงขลา

ลำ ดับเหตุการณ์ของอุบัติเหตุ

วันและเวลาที่เกิดเหตุ วันเสาร์ที่19 มีนาคม 2554 เวลา 13.00 น.

จุดที่เกิดเหตุ ถนนสายเอเชีย อ.บางกล่า จ.สงขลา บริเวณหลัก กม.ที่ 4 ซึ่งจุดเกิดเหตุจากสี่แยกบางกล่าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ500 เมตร

พาหานะที่เกี่ยวข้อง 1) รถบัสพัทลุง - หาดใหญ่ ป้ายทะเบียนสงขลา

2) รถกระบะ ป้ายทะเบียนสงขลา

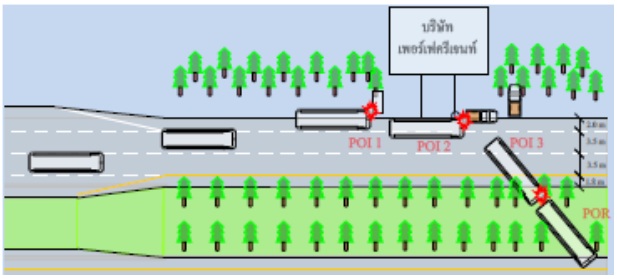
รูปที่ 2 ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ

ที่มา ...

ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ

จากการสอบถามข้อมูลจากพนักงานสืบสวนคดี พบว่า คนขับเป็นชาย อายุ 27 ปี ขับรถบัสสายพัทลุง-หาดใหญ่ บนทางหลวงหมายเลข 43 ขับ จากพัทลุง เข้าหาดใหญ่ เมื่อถึงจุดเกิดเหตุ บริเวณหลักกม.ที่ 4 ซึ่งห่างจาก สี่แยกบางกล่า ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 500 เมตร

คนขับ หลับใน ได้ขับรถตกข้างทางไปชนกับป้ายข้างทาง แล้วพุ่งไปชนกับรถ กระบะที่จอดข้างหน้า ทาให้รถเสียหลักไปด้านขวาไปชนกับต้นไม้ บริเวณร่องน้า กลางถนน เป็นเหตุให้มีผู้ได้รับบาดเจ็บ 22 ราย



รูปที่ 3 ผังการชน

รูปที่ 4 จุดชนและจุดสุดท้ายของอุบัติเหตุ

รูปที่ 5 สภาพความเสียหายของรถบัส

รูปที่ 6 สภาพความเสียหายของรถกระบะ

ผลจากอุบัติเหตุ

ข้อมูลผู้ประสบเหตุ มีผู้ได้รับบาดเจ็บ 22 บาดเจ็บสาหัส 2 ราย

ข้อมูลยานพาหนะที่เสียหาย

รถหมายเลข 1) ด้านหน้ายุบพัง กระจกหน้าแตก ทางด้านที่นั่งข้างคนขับมี รอยยุบจากการชนต้นไม้ดังแสดงในรูปที่ 8 ด้านท้ายรถ ใกล้ไฟท้ายมีรอยบุบ บริเวณประตูหลังทางซ้ายมีรอยบุบ ดังแสดงในรูปที่ 5

รถหมายเลข 2) บริเวณท้ายด้านขวาหลังล้อหลังบุบ ไฟท้ายแตกดังแสดง ในรูปที่ 6

ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เกิดเหตุ

เป็นถนนสายเอเชีย 4 ช่องจราจรทางตรง (ไป-กลับ) มีร่องน้าและต้นไม้แบ่งกลาง บริเวณที่เกิดเหตุเป็นถนนเส้นตรง สภาพอากาศและวิสัยทัศน์การมองเห็นดีดังแสดงในรูปที่ 7

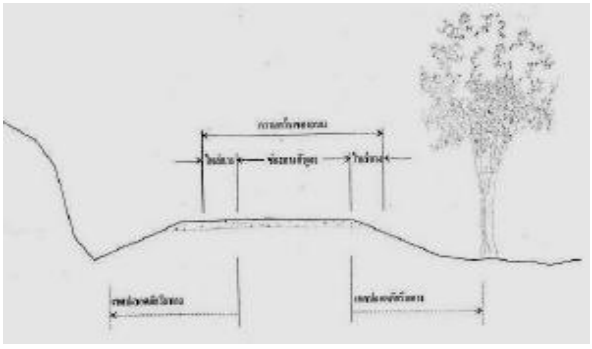
สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ

สาเหตุหลัก

- คนขับรถบัสหลับในเนื่องจากมีการพักผ่อนไม่เพียงพอ

สาเหตุความรุนแรง

- การไม่คุ้นเคยกับรถ เนื่องจากรถ คันดังกล่าวไม่ได้เป็นรถที่คนขับ ขับประจำ
- รถกระบะที่จอดอยู่บนไหล่ทางเพิ่มความเสียหายให้แก่รถโดยสารแต่ในขณะเดียวกันก็ช่วยดูดซับพลังงานจลน์เช่นกัน
- ต้นไม้ เนื่องจากเมื่อรถซึ่งมีมวลมากวิ่งมาด้วยความเร็ว ชนกับวัตถุหยุดนิ่งที่มีความแข็งแรง จึงส่งผลให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่เท่ากันในทิศทางสวนกลับ ในบริเวณข้างทางต้องไม่มีต้นไม้ใหญ่ที่มีขนาดเกิน 10 เซนติเมตร อยู่ในเขตปลอดภัยริมทาง (Clear Zone) ดังแสดงในรูปที่ 8 ที่ระยะไม่น้อยกว่า 8-10 เมตร ตามที่เสนอแนะโดย AASHTO



รูปที่ 8 เขตปลอดภัยริมทาง

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์เชิงลึกกรณีศึกษาที่ 1

ช่วงเวลา / ปัจจัย	ก่อนชน	ขณะชน	หลังชน
คน	คนขับรถบัสมีอาการหลับใน	คนขับรถบัสไม่สามารถควบคุมรถได้	มีผู้บาดเจ็บ 22 ราย นอนพักรักษาตัวที่ รพ.2 ราย
ยานพาหนะ	ไม่พบข้อบกพร่อง	ไม่พบข้อบกพร่อง	รถหมายเลข 1 กระจกหน้าแตก บริเวณตัวรถมีรอยบุบ รถหมายเลข 2 ไฟท้ายแตก ด้านท้ายบุบ
ถนนและสิ่งแวดล้อม	มีรถกระบะจอดอยู่บนไหล่ทางและมีต้นไม้ขนาดใหญ่ทั้ง 2 ข้างทาง	1) รถกระบะเพิ่มความเสียหายแก่รถบัสแต่ในขณะเดียวกันก็ช่วยดูดซับพลังงานจลน์ออกไปบางส่วน 2) ต้นไม้บนเกาะกลางถนนเพิ่มความเสียหายและความรุนแรงของการชน	1) รถกระบะท้ายกระบะบุบ ไฟท้ายแตก 2) ต้นไม้หัก

Case 2: รถพ่วงชนท้ายรถ 10 ล้อ ถนนกาญจนวนิช สายอาเภอสะเดา – อำเภอหาดใหญ่ บริเวณบ้านทุ่งฉลุ ม. 4 ต.พังลา อ.สะเดา จ. สงขลา

ลาดับเหตุการณ์ของอุบัติเหตุ

วันและเวลาที่เกิดเหตุ วันพุธ ที่ 8 มิถุนายน 2554 เวลา 10.09 น.

จุดที่เกิดเหตุ ถนนทางหลวงหมายเลข 4 สายอา เภอสะเดา–อำ เภอหาดใหญ่ บ้านทุ่งฉลุ ม. 4 ต.พังลา อ.สะเดา จ. สงขลา บริเวณหลัก กม.ที่ 55+600 ซึ่งจุดเกิด เหตุห่างจากสถานีตำรวจภูธรคลองแงะไปทางทิศใต้ประมาณ 2.2 กิโลเมตร

พาหานะที่เกี่ยวข้อง 1) รถบรรทุกพ่วง ป้ายทะเบียน สงขลา

2) รถบรรทุก ป้ายทะเบียน ยะลา

3) รถบรรทุก ป้ายทะเบียน ปัตตานี

4) รถบรรทุกพ่วง ป้ายทะเบียน ปัตตานี

รูปที่ 9 ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ

ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ

จากการสอบถามข้อมูลจากพนักงานสืบสวนคดี พบว่า คนขับเป็นชาย อายุ 40 ปี ขับรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ ทะเบียนสงขลา วิ่งแข่งตีคู่กันมากับรถบรรทุกพ่วงไม่ทราบหมายเลขทะเบียน บนทางหลวงหมายเลข 4 ถนนกาญจนวนิช ขับจากอา เภอสะเดา – อา เภอหาดใหญ่ ด้วยความเร็วสูง เมื่อ ถึงจุดเกิดเหตุบริเวณหลักกม.ที่ 55+600 มีรถบรรทุก 10และ ล้อ 18 ล้อ จอดขวางอยู่เพื่อรอคิวนา เศษยางและแผ่นยางพารา ส่งโรงงาน ซึ่งอยู่ห่าง จากที่เกิดเหตุประมาณ 70 เมตร ทา ให้คนขับไม่สามารถแซงหลบได้ จึง หักรถหลบเข้าด้านซ้าย ทา ให้ชนท้ายรถ 10 ล้อหมายเลขทะเบียน ยะลา ที่ จอดอยู่ข้างทางตกลงไปในคูข้างถนน ความแรงของรถได้พุ่งชนท้าย รถบรรทุกสิบล้อยี่ห้อ Nissan ทะเบียนปัตตานี และรถบรรทุกคันที่ 3 ไหลไปกระแทกกับท้ายรถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ ยี่ห้อ Nissan ทะเบียนปัตตานี ที่จอดอยู่ด้านหน้า รวมชนรวดเดียว 4 คัน ทาให้ส่วนหัวรถบรรทุกหมายเลขทะเบียนสงขลา กระแทกอัดก๊อปปี้ติดกับท้ายรถบรรทุก Nissan ทะเบียน ปัตตานี คนขับถูกอัดก๊อปปี้ติดอยู่กับพวงมาลัย และคนขับรถสิบล้อหมายเลขทะเบียน ยะลา ถูกอัดก๊อปปี้อยู่ในรถเช่นกัน เป็นเหตุให้มีผู้เสียชีวิตขณะนา ส่งโรงพยาบาล 1 ราย และมีผู้บาดเจ็บ 1 ราย

ผลจากอุบัติเหตุ

ข้อมูลผู้ประสบเหตุ อุบัติเหตุครั้งนี้มีข้อมูลผู้ประสบเหตุ 2 ราย คือ คนขับรถยนต์บรรทุกพ่วง และ คนขับรถยนต์บรรทุก 10 ล้อ

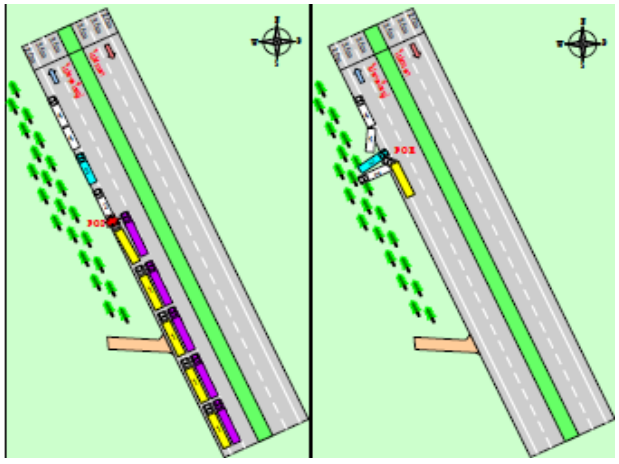
ข้อมูลยานพาหนะที่ เสียหาย

รถหมายเลข 1) ส่วนหัวของรถยุบเสียหายเนื่องจากชนรถบรรทุกเกือบ ทั้งคัน กระจกรถทุกบานเสียหาย ประตูด้านขวาและซ้ายไม่สามารถใช้การได้ ดังแสดงในรูปที่ 12 ตู้คอนเทนเนอร์ได้รับความเสียหายจากแรงกระแทกจาก การชน ดังแสดงในรูปที่ 12

รถหมายเลข 2) ส่วนหัวทางด้านหน้าทั้งแถบยุบทา ให้คนขับติดอยู่ในรถ และท้ายกระบะรถยุบได้รับความเสียหายจากการชนประตูซ้ายและขวาไม่สามารถใช้การได้ กระจกหน้ารถ กระจกประตูซ้ายและขวา แตกหมด ดังแสดงในรูปที่ 13

รถหมายเลข 3) ส่วนหัวรถเยื้องทางซ้ายยุบ ตัวรถทางขวาและท้าย กระบะรถยุบได้รับความเสียหายจากการชนประตูซ้าย และขวาไม่สามารถใช้การได้ กระจกหน้ารถ กระจก ประตูซ้ายและขวา แตกหมด ดังแสดงในรูปที่ 14

รถหมายเลข 4) ท้ายกระบะรถยุบได้รับความเสียหายจากการชน ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 10 ผังการชน

รูปที่ 11 ลักษณะการชน

รูปที่ 12 สภาพความเสียหายของรถบรรทุกพ่วงหมายเลข 1

รูปที่ 13 สภาพความเสียหายของรถบรรทุกหมายเลข 2

รูปที่14 สภาพความเสียหายของรถบรรทุกหมายเลข 3

รูปที่ 15 สภาพความเสียหายของรถบรรทุกพ่วงหมายเลข 4

สภาพแวดล้อมที่เกิดเหตุ จุดที่เกิดเหตุเป็นช่วงถนน ที่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 สายสะเดา – หาดใหญ่ บ้านทุ่งฉลุ ม. 4 ต.พังลา อ.สะเดา จ.สงขลา เป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร ไป-กลับ ความกว้างช่องจราจร 3.5 เมตร ขอบทางฝั่งซ้ายกว้าง 2.0 เมตร พิกัด Lat: 6.769329 เหนือ Long: 100.457209 ตะวันออกขณะเกิดเหตุเป็นเวลากลางวัน ท้องฟ้าแจ่มใสดังแสดงในรูปที่ 16

รูปที่ 16 สภาพถนนบริเวณที่เกิดเหตุ

สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ

สาเหตุหลัก

- พฤติกรรมการขับขี่ของคนขับรถหมายเลข 1 (รถบรรทุกพ่วง) โดยขับขี่รถด้วยด้วยความเร็วจนไม่สามารถหยุดรถได้อย่างปลอดภัย

สาเหตุความรุนแรง

- ผลต่างความเร็วระหว่างรถบรรทุกพ่วง หมายเลข 1 เมื่อเทียบรถที่จอดอยู่ข้างทาง เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดความรุนแรงของอุบัติเหตุในครั้งนี้

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์เชิงลึกกรณีศึกษาที่ 2

ช่วงเวลา / ปัจจัย	ก่อนชน	ขณะชน	หลังชน
คน	คนขับรถหมายเลข 1 มีพฤติกรรมการขับที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ	ไม่พบข้อบกพร่อง	มีผู้เสียชีวิต 1 ราย (คนขับรถหมายเลข 2) ผู้บาดเจ็บสาหัส1 ราย (คนขับรถหมายเลข 1)
ยานพาหนะ	ไม่พบข้อบกพร่อง	ไม่พบข้อบกพร่อง	รถหมายเลข 1 หัวรถบุบเกือบหมด ตู้คอนเทนเลอร์เสียหาย รถหมายเลข 2 และ 3 บริเวณหัวและตัวรถบุบประตูซ้ายขวาใช้การไม่ได้ รถหมายเลข 4 ท้ายกระบะบุบ
ถนนและสิ่งแวดล้อม	1)มีรถบรรทุกขนาดใหญ่จอดอยู่บริเวณข้างทางหลายคัน 2)คันทางชันมาก	ยวดยานที่จอดอยู่ข้างทางเพิ่มรุนแรงให้กับอุบัติเหตุ	รถหมายเลข 2,3 ได้รับความเสียหายและตกลงข้างทาง รถหมายเลย 4 ท้ายกระบะบุบ

5. สรุปสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุและข้อเสนอแนะ

จากกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณีซึ่งเป็นรถขนาดใหญ่พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากผู้ขับขี่ดังนี้

1) ผู้ขับขี่ขับรถโดยประมาท ขับเกินกว่าความเร็วที่กำหนด

2) ผู้ขับขี่ขับรถโดยที่สภาพร่างกายไม่พร้อม คือพักผ่อนไม่เพียงพอ

3) พฤติกรรมการจอดรถในที่ที่ไม่สมควรจอด

จากสาเหตุข้างต้นเมื่อรวมกับสาเหตุอื่นๆ จึงส่งผลให้เกิดความรุนแรงของอุบัติเหตุ ดังนี้ จากกรณีศึกษาทั้ง 2 พบว่า เมื่อด้านหน้าเป็นวัตถุขนาดใหญ่ (ต้นไม้/รถยนต์บรรทุก) ที่หยุดนิ่ง เมื่อมีวัตถุขนาดใหญ่ (รถบัส/รถบรรทุกพ่วง) ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วซึ่งขนาดมวลและความแข็งแรงของยวดยานและสิ่งกีดขวางมีลักษณะต่างกันจึงนามาสู่ความรุนแรงของอุบัติเหตุ

ข้อเสนอแนะ

- ตำรวจทางหลวงควรเพิ่มมาตรการการตรวจจับความเร็วบนท้องถนนที่เป็นจุดเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ
- ควรมีการรณรงค์/ประชาสัมพันธ์เพื่อให้ผู้ขับขี่ตระหนักในการขับขี่บนถนนและจอดพักรถบนไหล่ทางอย่างปลอดภัย
- กรมทางหลวงควรตระหนักถึงมาตรฐานในการออกแบบและก่อสร้างถนน เช่น เขตปลอดภัยริมทางควรมีระยะไม่น้อยกว่า 8-10 เมตร(ไม่ควรมีสิ่งปลูกสร้างหรือต้นไม้ในเขตดังกล่าว)
- ควรมีกฎหมายควบคุมระยะเวลาการทางาน และสภาพความพร้อมของผู้ขับขี่
- กรมการขนส่งควรมีการอบรมการบังคับยานพาหนะแก่ผู้ขับขี่กรณียานพาหนะเกิดเหตุฉุกเฉิน

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะมีประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการนาไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อหาแนวทาง/มาตรการในการป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุทั้งระดับนโยบายและระดับพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนเพื่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน (กปถ). ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัย รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สถานีตารวจภูธรบางกล่า สถานีตารวจภูธรคลองแงะ โรงพยาบาลหาดใหญ่ โรงพยาบาลสะเดา และมูลนิธิท่งเซียเซี่ยงตึ๊ง ที่ให้การอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ นอกจากนี้ขอขอบคุณ ศ.ดร.พิชัย ธานีรณานนท์ และ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ ที่ช่วยในการขัดเกลาข้อมูลตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน

อ้างอิง

[1] ศ.ดร.พิชัย ธานีรณานนท์. 2549. Engineering Safety Roads. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์

[2] อรรถกร สาละ และ พนฤษณ คลังบุญครอง. มปป. การสืบสวนอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึก : กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย. ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3] ศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน, ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย, สานักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรคและกรมการขนส่งทางบก. มปป. การสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษาอุบัติเหตุรถโดยสารพลิกคว่า ทางหลวงหมายเลข 323 กิโลเมตรที่ 66+400

[4] ปรเมศวร์ เหลือเทพ, พิพัฒน์ ทองฉิม, พิชัย ธานีรณานนท์. 2550. การใช้การสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุในเชิงลึกเพื่อปรับปรุงวิธีการลดอุบัติเหตุจราจร. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เกี่ยวกับผู้เขียน

นายเอกลักษณ์ กาญจนเพ็ญ
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา (ขนส่ง)
(หน่วยสืบสวนอุบัติเหตุทางถนน)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

นางสาวนพวรรณ แท่นเล็ก
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา (ขนส่ง)
(หน่วยสืบสวนอุบัติเหตุทางถนน)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

นายปรเมศวร์ เหลือเทพ
อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

A Review of City Development Concepts: A Case Study of Cracow, Poland

Paper Identification number: SCS11-016

Peraphan JITTRAPIROM[1], Aleksandra NATONEK[2], Sebastian ZEDDEL[3], Jonas VUKIC[3], Jean-Baptiste DOUILLET[3], Iwona ROŻNOWSKA[2], Marcin ŁYSZCZARZ[2]

[1]Research Centre of Transport Planning and Traffic Engineering
Institute of Transportation
Vienna University of Technology
E-mail: peeratop@gmail.com

[2]Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology
Warszawska 24 St., 31-155 Kraków

[3]Fachbereich Regionalplanung und Regionalentwicklung
Department für Raumentwicklung, Infrastruktur und Umweltplanung
Technische Universität Wien
1040 Wien, Operngasse 11/ 5. Stock

Abstract

This paper contains reviews and SWOT analysis of six city development concepts namely: Compact City, Eco and Sustainable City, Energy independent City, Green City, Healthy, Active City and, Smart City. A case study for each concept is included along with an illustration of the study area as the development concept is applied to it. The study shows that while these city development concepts shared the same goal: to create a quality urban life, their definitions of this goal, the indicators, and their approaches are varied. However, some shared values or principals can also be observed. The review and the empirical analysis undertaken here provided an understanding of the city planning concepts and the different elements that combined to make each concept. This enables a development of a city plan unique to the area of interest to be created. This paper is an extracts of a city development report which is part of the master degree in regional and city planning course at the Vienna University of Technology, Austria. The title of the report is P3Nexus City, Cracow.

Keywords: Urban Planning, Urban development, SWOT analysis, City concept, Keyword 5

1. General Introduction

In 2007, the UNFPA published its State of world population report. It contains a statement which define a key miles stone of human development statement: "In 2008…for the first time in history, more than half its human population…will be living in urban areas" (UNFPA, 2007). Although there are some counter arguments toward the validity of this statement, it still emphasises the important of city and urban planning to ensure a quality living standard.

In 2010, the technical universities of Vienna and Cracow initiated a joint regional urban planning project which resulted in collaboration workshops between students of the two universities. The workshops took places at Cracow and Vienna cities. The working period spanned over eight months. This paper is an extract of a report produced by our group.

This paper is structured as follow: Section 2 contains the background information that provides the context of this paper. It describes the location of the project site, the objective of the project and its methodology. Section 3 contains the review of the six city concepts with their case studies and a brief description and illustration of the project area under each development concepts. Section 4 focuses on the SWOT analysis of the reviewed city concepts and Section 5 contains brief description about the Nexus City, the city development concept that we created for the area of interested based on the SWOT analysis in Section 4. Section 6 consists of the conclusion and the discussion specific to this paper but not to the whole project. Further reading related to the project should refer to the full report: P3 Nexus City, Cracow.

2. Background

2.1 Area of interest

Cracow is the 2nd largest and the oldest city of Poland. The city is situated in the south of the country with over 750,000 inhabitants. The city is renowned for its historical and cultural richness. Since 1978, the city received UNESCO approval of the first sites for its World Heritage List, including the entire old town inscribing Cracow's Historic Centre and it was selected as the European Capital of Culture for the year 2000.

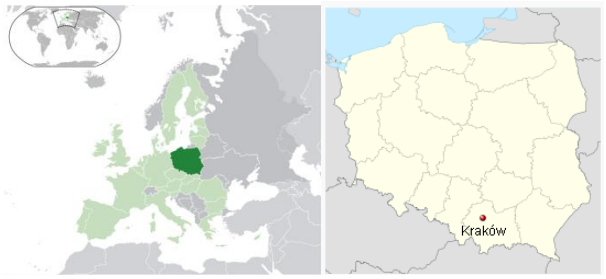


Figure 1: location of Poland and Cracow city
Source: Wikipedia

The area that this project focuses on is the Dębniki district which located on the south bank of the river Vistula, within the administrative area of Cracow city. It is situated within a walking distance (2 kilometres) from the city centre. The project area has an approximate size of 4.5 km². It is currently a mix between green space and residential area with many buildings from the communist era and a minor mix of modern gated community. Most of the residential and built up area are situated on the east side of the area. There is a large lake situated on the south western part of the site, near Zakrzówek, and a military facility next to the lake. The area connects to the rest of the city by road transport. There are two main roads passing through the area: Route 780 provides east-west connection between Cracow and Marii Konopnickiej Road which provides a north-south connection to the city. These two roads both connect to the European route E4, the longest European route, it spans over 8,000km between France and Kazakhstan. The area has bus and tram services, connecting it to the city of Krakow. It has a view over to the Wawel castle, one of the most important historic and culture site of Cracow city. The area suffered from events of flooding especially in 2010. There is an aspiration to build a canal as a flood prevention measure for the city.

Map of the area and the map showing the proposed location of the canal is shown on Figure 2 and 3.

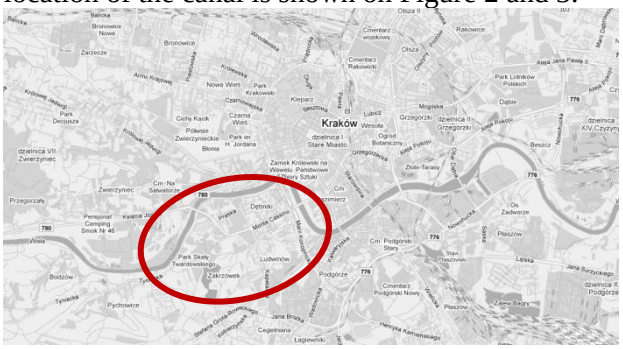


Figure 2: Cracow and the location of the study area
Source: Google map

Figure 3: Map of the area of interest with proposed canal

Figure 4: The area of interest aerial view
Source: Google map

2.2 Project objective

The aim of this project is to create a vision and strategy to develop a city concept for the area of interest in Cracow. The approach should discuss topics such as housing and commercial areas, regional infrastructures and mobility in the context of the specific situation of Cracow.

2.3 Project process

The project methodology and its process flow chart are showed on Figure 5.

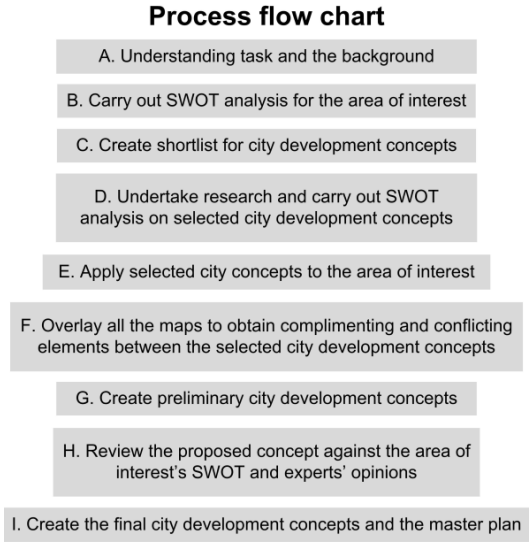


Figure 5: Process flow chart

The scope of this paper includes the descriptions of Step C, D, E and a summary of Step F and G of the project process, for further reading please refers the final report.

3. City concept review

The aims of this literature review are to gain a better understanding on the existing city planning knowledge, how the project area would look like if these different development concepts are applied to it, and lastly to enable a formation of a unique development concept that is specified to the area of interest. Six city concepts were selected based on their popularity among the city planning field and our project supervisors' recommendation.

3.1 Compact City

The Compact City concept was first coined by George Dantzig and Thomas Saaty in their book: "Compact City: Plan for a Liveable Urban Environment, 1973". It was also attributed to ideas developed earlier by Jane Jacobs. It was a planning idea that opposed the conventional planning principal during that period which was based on the Garden City Movement. The Compact City strategy focuses on the form of the city and the efficiency of the distribution of human activities within it. It enables effective use of public transport and non car based movement systems and minimizing vehicular movements through compact, mixed-use and dense settlement structures. The crucial point of the Compact City approach is the close link between the urban design and the landscape design. Compact City is not a concept that indicates the scale of a city such as its open space, area or population. It refers to a state in which the density of the city functions are constituted adequately, neither excessive nor lacking, with the environmental loads and the growth of the city being kept well balanced and lasting. The idea of Compact City with the reference to medieval city or XIXth century city was recommended by the European Commission in its 1991 Green Paper on the Urban Environment as a basic model for sustainable urban design.

Case study: RiverParc project, Pittsburgh, Pennsylvania

The project is proposed by Behnisch Architekten in 2006. The waterfront development is based on the Compact City concept with small walk-able block and car free environment. The small neighbourhood comprises of 6 acres with about 700 residence units, hotel, art venue, retails, offices, variety of parks. The focal point of the development is the Eighth Street which is the big feature of the "Cultural District Riverfront Development". The street is pedestrianised and surrounded by retails and services. The development plan allows for phasing improvement, accommodate land acquisition time.

Figure 6: RiverParc project
Source- Benisch Architekten.

Application

The key feature of Compact City is the high density and small walk-able mixed purpose land use. The high density increases the efficiency of the public transport system by consolidates origin and destination point. It deters personal car use by constrain its facilities. Figure 7 shows proposed densification and improvement of transportation network on the area of interest. The formal will be achieved by renewing existing housing stocks, constructing new housing block and developing mixed land use within the existing build-up boundary. The proposed measures to improvement the transportation system are the enhancement of non-motorised modes (walking and cycling) network and transport hubs which are which are interchange points between non-motorised and public transport modes.

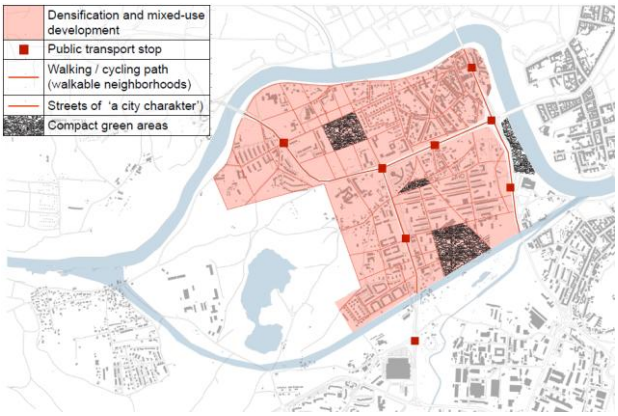


Figure 7: Proposed plan - Compact city

3.2 Eco or Sustainable City

The Eco or Sustainable City is a city planning concept that focuses on minimizing city's environmental impacts. It seeks to minimize energy and resource inputs and waste outputs(Ecocity, 2005). Eco City concept includes the interdependence of urban and transport planning, the relationship between rural and urban tissue, urban density, the territorial context of cities, the city as a social stage and the preservation of material and energy resources.

The Eco City comprises features of a sustainable community from all the relevant sectors of urban development. In addition to the design related aspects and the transport system of the urban structure, there are also features relating to energy and materials, a community's way of life as well as economy.

The goals of Eco City concepts are to maximize mental well-being and community feeling: health and recreation, and cultural identity. It seeks to optimize interaction with municipal and regional material flows: water, energy, food. The concept also looks to maximize respect for natural and anthropogenic context: landscape, nature, agriculture, urban tissue, genius loci, culture, infrastructure, mix of uses, local economy. There are five elements which are relevant to urban planning for an Eco City: urban structure, transport, energy, material flows and socio-economy (Ecocity, 2005).

Case study: Vauban District, Freiburg, Germany

Vauban district is located in the south of Freiburg, Germany. It situates on an area that is used to be a French barrack. The planning of Vauban district was started in 1993 and aimed to be completed in 2003. The development aimed to accommodate 5,000 inhabitants and provides 600 jobs. In the beginning of 2001, 2000 residents moved in. The founding principal of the city is the "a co-operative, participatory way which meets ecological, social, economical and cultural requirements". The city coordinates its citizens' participation process via "Forum Vauban e.V." which became the city legal body in 1995 (vauban.de, 2011).

Figure 8: Vauban District, Freiburg, Germany
Source- Vauban.de:

The city has successfully put many sustainability concepts into practice such as the integration and participation of the city's legal, political, social and economical actors from grassroots-level up to the city administration, low energy standard and energy generator unit installation for housing unit, the construction of a highly efficient power plant operating on wood-chips in 2002, the installation of

solar panel units on all of the district's housing roofs, sustainable mobility with a reduced number of private cars in the development, approximately 40% of the households agreed to live without owned car, provision of good public transport, car sharing system and higher quality of social and public spaces (vauban.de, 2011).

Application

The Eco, Sustainable City principle emphasizes on the reduction of the resource consumption and waste production. The proposed plan for this concept is therefore seeks to reduce the energy use by promote non-motorized and public transport modes, increase energy efficiency of the existing infrastructure and a construction of recycle centre. It look to expand the public transport network coverage and provide Park and Ride facility to capture 'into-town' traffic that passing through the area.

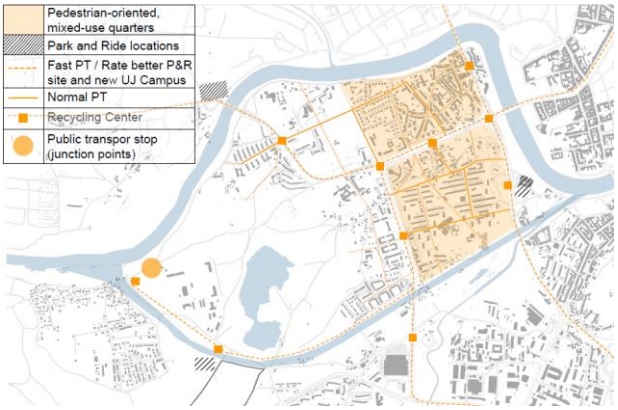


Figure 9: Proposed plan - Eco Sustainable City

3.3 Energy independent City

An Energy independent City is a relative new city concept. It defines as a city or a region which is independent of energy supply from external sources. The city produces its own energy, at least in the amount that equals to the total energy demand for heating and electricity of all buildings (public, private houses, and companies) or street lighting of the defined area (administrative unit of city or region). All the energy generates, has to come from renewable energy sources. The concept aims to address the worldwide issue on growing energy's demand and problems resulted from exploiting non-renewable energy sources. However, the energy use of motorised individual traffic and imported goods from outside the city or region are exempt from the energy balance calculation.

There are several projects worldwide which focus on the Energy independent City concept. One of the famous developments is the Masdar City, Abu Dhabi (UAE). However, it is currently uncertain whether the concept will work for the city. Another example project is Guessing, Austria.

Case study: Guessing, Austria

Before the implementation of the Energy independent City concept, the district of Guessing had approximately 27,000 inhabitants. It was one of the poorest districts in the country. The area had small agricultural economy, and an inexistence of the industry and the service sector. The basic infrastructures are generally poor. Over 70% of its residents commuted out for works and businesses. The region's major expenditure was on energy, a drain to its economy.

In 1990s, the redevelopment scheme began. Plans were made to replace fossil fuel with local renewable energy (i.e. its forest land) and to increase the energy efficiency of the building stocks by 50%. The construction of the renewable energy plant that runs on wooden chip and two smaller biomass plants also began. In 2001, the second biomass plant was completed together with the integrated wooden chip production plant. Guessing becomes energy self sufficient region with a reduction in 85% CO_2 emission, (15.530 tons).

The city went through a rapid growth. It currently accommodates 50 firms and created 1,000 additional jobs. It has also become the centre for wooden chip production. Eco-friendly Tourism has also become an important function to the local economy. The trading of its excess energy also generates approximately € 13.6 million annually. Part of this income is invested back in to the renewable energy industry. European Centre for Renewable Energy has been founded in Guessing.

Application

The Energy Independent City concept focuses on the use of technology to provide a self-sustained energy area by reducing the energy consumption and providing a sustainable source of energy. Figure 10 show the main features of the concept such as the renovation of existing housing to a new energy saving standard, a construction of zero emission community, farming area for bio-fuel, construction of sustainable power plant and long distance heating line.

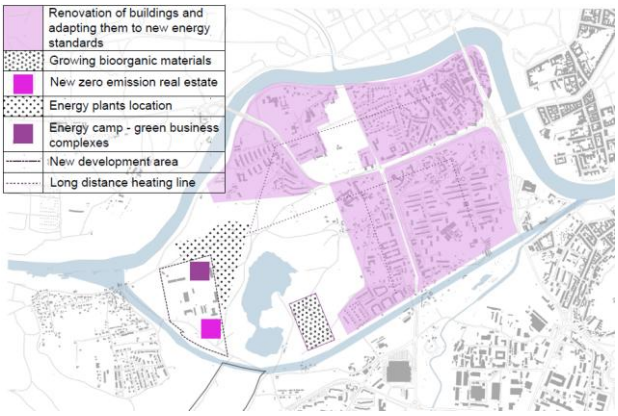


Figure 10: Proposed plan – Energy Independent City

3.4 Garden City and Green City

Garden City is a city development concept created by an English planner Sir Ebenezer Howard. In his book "Garden Cities of Tomorrow", he described the principal idea of this urban landscape which seen as an ideal living environment, alternative to the congested unpleasant industrial urban area that many English cities were at the time. The term Garden City was derived from an image of a city located in an open country site. The book also included descriptions on system of community management, as well as the financial aspects for community services. This city development concept was widely adopted in the UK, USA, Argentina, Australia, and among the colonial and post-colonial towns.

The Green City is a city planning concept that was developed from the Garden City. However, the Green City is more applicable to the existing city structure (retro-fit) while the Garden City focuses on development that is newly built. The Green City has become the focus of spacious design strategies that give high priority to the city's landscape. In the other word, it is an urban planning style that has a development plan centres on the city landscape. Thus the city is not thought of as a counterpart to the landscape, rather a part of it. This basic attitude of a common area leads to new strategies and approaches in spatial planning. This is how Ipsen (et al, 2005) describes the urban landscape of so-called micro-modules. He argued that a module is not a defined territory but a typical part of a whole. At the moment cities are not developed or planned as an integrative system the urban and the rural areas just exists with no reference and no relationship. A micro-module system combines urban and rural uses and can therefore be 'docked' seamlessly with any number of other modules.

Green City has a strong link between the historical usage of the rural conditions, like agriculture, gardens and farming. This concept combines the positive aspects of living in a rural and in an urban area. It main objectives are: sustainable economy, sustainable mobility, the city's resource: the nature, a sustainable urban development, and a wide citizen commitment.

Case Studies: Jackson Height, New York.

Jackson Height is one of the neighbourhoods located in the northwest section of the borough of Queen, New York City. The city is a community built in according with the design principal of the Garden City (JHBG, 2011). Private parks locate in mid-blocks were designed to be hidden from view of other building surrounding them. These parks are also located within walking distances of each other. Today it's one of the most diverse neighbourhoods in the New York City and home to more than 70,000 people (MPCproperties, 2011).

Figure 11: 82nd Street Shopping District, Jackson Heights
Source: Internet

Application

The Green City development concept stresses on the important to put the landscape at the centre of the planning consideration. The proposed plan based on this concept is therefore focuses on the creation, the protection, and the connection of the green spaces which is the most prominent landscape feature in the project area.

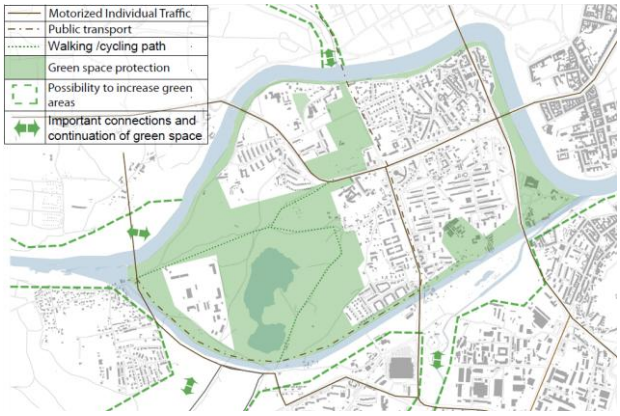


Figure 12: Proposed plan – Green City

3.5 Healthy, active city

'Healthy, active city' is a city development concept established by the World Health Organisation (WHO) in 1986 as part of the WHO European Healthy Cities program. The aim is to provide a guideline for local government to implement the principles of the WHO strategy's "Health for All" and the Ottawa Charter for Health Promotion. It has since gained recognition around the world especially in among the European cities (WHO, 2008).

A Healthy, active City can be defined as a city that "conscious of health and striving to improve it". The concept's proposal aims to achieve this status by a continually effort in creating and improving opportunities in the built and social environments and enhancing community resources to enable its population to be physically active in daily life.

In 2008, WHO issued a document titled: A healthy city is an active city: a physical activity planning guide. It provides a guideline for local government to develop a "comprehensive plan" to realize the concept from the inception to the evaluation stage (WHO, 2008).

Case Study: Copenhagen, Denmark

In 2006 the city began "Copenhagen on the Move" comprehensive plan and campaign (WHO, 2008). It is a multifaceted long-term programme aimed to increase citizens' physical activities. The city also combined this plan with specific program to rehabilitate citizen chronic diseases and also a plan to improve the city's cycling facility. The latter includes comprehensive support for cycling, both physical infrastructure such as cycling tracks and trails and soft programme such as promotion programme and workshop.

The programme was participated by seven administrative bodies of Copenhagen. A 20 kilometres long green walking and exercise network called "The Green Pulse of Copenhagen". (Hansen and Nielsen, 2006)

Fig. 13: Copenhagen Bike lane
Source: Internet

Application

The main principle of the Healthy, active City concept is to create an environment which promotes the use of internal body energy. The proposed plan based on this concept includes measures such as the enhancement of non-motorized transport network, the creation of sport and leisure centres, the designation of green and open space for sport and leisure activity and the improvement of green spaces within the residential area proximity (Hansen and Nielsen, 2006). The plan however, shows only the infrastructure measures the descriptions of the soft measures such as cycling promotion programs are included in the main report. These soft measures are also important to encourage behaviour shift toward a healthier and more active life style.

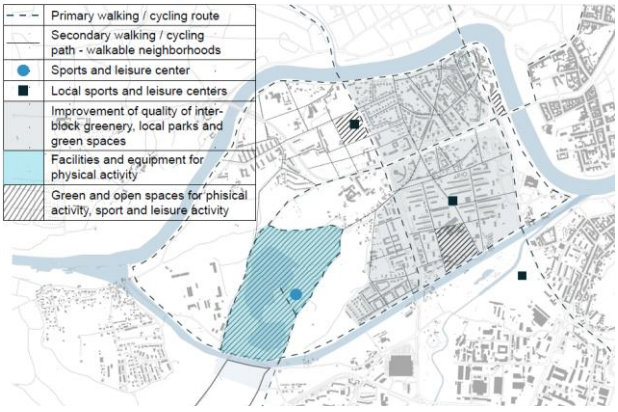


Figure 14: Proposed plan – Healthy, active city

The network was planned for in the area with highest density of the city and connected all parks and green areas in the central part of town. The aims are to provide area for all types of outdoor activities for all. The project targeted that green area and green connection should not be more than 400 metre from a dwelling.

3.6 Smart City

Smart City is a city development concept which focuses on the development of both the hard factors (such as physical infrastructure) and the soft factors (such as social infrastructure, knowledge, information, communication and technologies). The social infrastructure is regarded as an important factor to ensure the competitiveness of cities. The concept comprises of six main fields which are: Smart Economy, Smart Mobility", Smart Environment, Smart People, Smart Living, and Smart Governance (Smart-cities.eu, 2007).

Smart City is a city that connects people, information and city elements using new technologies. The concept is associated with friendliness towards the environment, use of information and communication technologies as tools of management and development. It is a concept that defines city as environmental, safe, green, and efficient. All structures are designed, constructed, and maintained using advanced, integrated materials, sensors, electronics, and networks which are interfaced with computerized systems comprised of databases, tracking, and decision-making algorithms.

Smart City concept is based on a traditional economist view and on a "philosophy of growth". The main goals of Smart City are competitiveness, economic performance and growth. One of the elements to reach this aim is good quality of life that attracts high skilled "human and social capital"(Smart-cities.eu, 2007).

Case study: Smart City Malta

Smart City Malta is located in Kalkara, a small town in the southeast of Malta. In 2008 the town's population is approximately 2,800. The project is aim to transform the existing industrial estate into a state-of-the-art information technology and media city. It is based on the existing models of Dubai Internet City and Dubai Media City. The project was initiated in September 2007. The estimated cost of the project is 275 million Euros and covers 360,000 square meters and provides space for 11,000 employments. It is expected to be completed in 2021. Once it is fully operated, it will be one of the biggest economic concentration areas in Malta(smartcity.ae, 2011).

Figure 15: Malta Smart City
Source: smartcity.ae

Application

The important elements of Smart City concept featured in the proposed plan are the enhancement of the international and national transport connections, the replacement of the army facility with a science park, the creation of culture and education facility, the protection of environment zone, and the improvement of housing quality. The plan also emphasizes the important to integrate the proposed science park with the existing university facility locates south of the project area.

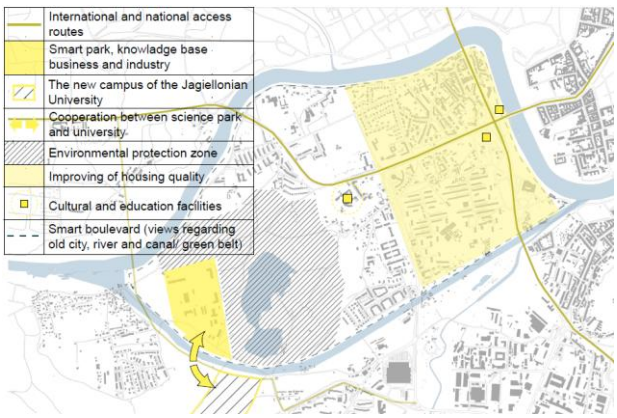


Figure 16: Proposed plan – Smart City

4. City concepts SWOT analysis

As part of the city concepts review a systematic strategic planning method called SWOT (Strength, Weakness, Opportunity and Threats) analysis was

performed to identify and compare the development concepts‟ attributes. The SWOT analysis helps to highlight the strong and vulnerable points of each concept while stress the prospects and risk that need to be addressed. Table 1 contains a summary of the SWOT analysis undertaken for the city development concepts considered, please refers to the report for the full version of the tables.

The result of the SWOT analysis was used to form a city concept that is tailored for the area of interested (Section 5)

	Compact City	Eco and Sustainable City	Energy independent City	Green City	Healthy, active city	Smart City
Strength	Promote non-motorized transport	Minimized energy consumption and waste	Cleaner source of energy	Unique city identity	Not dependent on high technology	Effective use of resources
Weakness	No consistence evident relationship between density and car use	High initial investment costs	Focus on energy usage, not taking in account of transport energy	Require expensive land acquisition for green space	Encompasses the principles and elements of other widely popular city concepts	High costs of implementation
Opportunity	Intensification of housing around public transport nodes	Recycling related economic activity	Advance science, innovation, and services	Harmony design with the environment, can reduce the risk of natural disasters	Review assessment is complicate and difficult to carry out	Attracting the creative human resources and skilled workers
Threats	Alternative modes of transport must be provided to reduce car mode share	Retro-fit to existing infrastructure can complicate design	A renewable energy source may not be a sustainable one	Unfocused and undefined development areas	Long term support, cooperation and strong leadership require	Emphasize on economic to drive urban development, high dependency on energy

Table 1: City concepts SWOT analysis

5. The Nexus City

The review and the SWOT analysis exercises described in Section 3 and 4 had increased an understanding of the existing city planning concepts of the group. The illustration of the project area under different concepts allowed a like-to-like comparison between the concepts. When these illustrations are overlaid on top of each other, it revealed the complementing and conflicting points between these six concepts such as the requirement to increase density in Compact City and to decrease density in Garden City (conflicting) or the increased of non-motorised transport mode share proposed by Healthy, Active City, and Eco and Sustainable City (complimenting). These complementing and conflicting elements were reviewed alongside the study area's background information. The selection of appropriate planning principal and elements was made and a preliminary city development concept for the area of interested called Nexus City was formed.

Nexus means "a means of connection; tie; link, a connected series or group and the core or centre" (Dictionary.com, 2011). Nexus City is a city development concept that resulted from combining and connecting many ideas and concepts. It focuses on integrating physical, social, environmental, and economical aspects. We expressed this vision in five different design elements: Existing Development, New Development (the Smart Park), Green Area, Mobility, and Activity and Function.

6. Conclusion and discussion

This paper contains an extract of the report titled: P3 – Nexus City Cracow. In this paper we reviewed and analysed six city development concepts and summarised their case studies and their applications in relation to the area of interest. We have learnt that while the goal of all development concepts is the same: to provide a high quality urban living, their definition, indicators, principals and their approaches are different.

This study proposed a methodology to create a city development concept that is specified to a study area. The proposed methodology comprises of understanding the study area, selecting planning preferred city development concepts, understanding the concepts, applying different planning concepts to the study area, overlay the outcomes to reveal the complementing and conflicting principals and elements between the concepts, selecting appropriate principals and elements and review them against the background information to create the city development concept specific to the area.

It is generally accepted that while some cities might have similar "characters" there are no two identical cities. Each city is unique in itself. The challenge of the city planning circle is therefore to find the best planning method that would bring out the city's positive potentials while addressing and transforming its negative elements. We hope that our study can contribute toward a making of a better and a more "enlightened" city planning process that will and can achieve its fundamental goal.

It is recommended that further research in this field should look into using quantitative analysis alongside the qualitative one to compare different planning concepts to provide a more comprehensive approach. A test to include an additional step in the planning procedure that identifies clear definition of the development's goal should also be considered.

7. Acknowledgment

We would like to deeply express our gratitude to Dipl.-Ing. Dr. Petra Hirschler, Dipl.-Ing. Dr. Thomas Dillinger and Dr hab. inż. arch. Anna Franta who supports and advises have been valuable throughout the project period.

8. References

[1] UNFPA (2007). state of world population 2007. Unleashing the Potential of Urban Growth.

[2] Ecocity (2005). ECOCITY Book I - A better place to live G. H. Philine Gaffron , Franz Skala (eds.);. Hamburg, Utrecht, Vienna,, Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Vienna.

[3] vauban.de. (2011). "English Introduction to the Vauban District, Freiburg." Retrieved 10 January, 2011, from http://www.vauban.de/info/abstract.html.

[4] JHBG. (2011). "History of Jackson Heights." Retrieved 5 March, 2011, from http://www.jhbg.org/history/history.html.

[5] MPCproperties. (2011). "Jackson Heights - Development, the Garden City Plan." Retrieved 5 March, 2011, from http://mpcproperties.com/jacksonheightsdevelopment.php.

[6] WHO (2008). A healthy city is an active city. a physical activity planning guide, WHO.

[7] Hansen, K. B. and T. S. Nielsen (2006). Do access to nature and green areas affect mental stress? Results from a Danish survey on the use of green areas and selected health indicators. The sixth European Urban and Regional Studies Conference, Comwell Hotel, Roskilde, Denmark.

[8] Smart-cities.eu (2007). Smart cities – Ranking of European medium-sized cities. Vienna, Delft, Ljubljana., Centre of Regional Science, TU-Wien, OTB Research Institute, Delft University of Technology, Department of Geography, University of Ljubljana.

[9] smartcity.ae. (2011). "Smart City Malta." Retrieved 20 March, 2011.

[10] Dictionary.com (2011). Dictionary.com website.

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางของผู้เดินทางในกรุงเทพมหานคร

Factor Affecting Mode Shift by Commuters in Bangkok

Paper Identification number: SCS11- 017

วีรพงษ์ ชมภูนุช[1], สรวิศ นฤปิติ[2]

Weerapong Chompoonut, Sorawit Narupiti

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-87749-1486 โทรสาร 0-2183-5267
E-mail: kaka_zaaa@khotmail.com

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-86326-5656
E-mail: kong@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบหาปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางของผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล เพื่อที่จะได้บ่งชี้ และเข้าใจถึงโอกาสในการส่งเสริมการใช้รถขนส่งสาธารณะ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ศึกษา คือ ผู้ที่เดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลไปทำงานเป็นประจำในกรุงเทพมหานคร 574 ตัวอย่าง การสำรวจข้อมูลจะใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) และใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการสัมภาษณ์ ข้อมูลจะถูกนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในการเชื่อมโยงข้อมูลด้วยหลักทางสถิติ และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling, SEM) ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร งานวิจัยนี้สามารถสร้างความเข้าใจในพฤติกรรมการเดินทาง เพื่อที่จะได้ใช้ในการสนับสนุนการใช้ระบบขนส่งสาธารณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ทัศนคติ, พฤติกรรมการเดินทาง, รูปแบบการเดินทาง, สมการเชิงโครงสร้าง

Abstract

This paper aims at examining the factors that influence the intention to change mode shift by private vehicles. The result can imply opportunity to promote public transport. The target groups are travelers who currently use private vehicles in Bangkok. The survey employs accidental sampling by interviewing samples. The total respondents are divided into private 574 samples of car users. The data is then analyzed by statistical methods and structural equation modeling for examination and correlation between variables. This finding of this study can contribute to the understanding of travel behaviors and consequently foster the use of public transport.

Keywords: Attitude, Travel Behaviors, Mode Shift, Structural Equation Modeling

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้กรุงเทพมหานครได้ประสบปัญหาทางด้านการจราจรที่ติดขัด โดยปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญ จากข้อมูลทางสถิติของรถที่จดทะเบียนใหม่ในปี พ.ศ. 2553 พบว่ามีรถยนต์ส่วนบุคคลมีที่นั่งไม่เกิน 7 คน มีการจดทะเบียนใหม่ถึง 253,917 คัน [1] คิดเป็นร้อยละ 55 ของจำนวนรถที่จดทะเบียนใหม่ทั้งประเทศ นอกจากนี้สถิติที่ผ่านมา พบว่า การใช้รถยนต์ส่วนบุคคลมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆในแต่ละปี โดยการเพิ่มขึ้นของการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลนี้อาจส่งผลกระทบต่างๆ มากมายไม่ว่าจะเป็น การสิ้นเปลืองพลังงาน ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เวลาในการเดินทางที่มากขึ้น เป็นต้น ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้ผู้เดินทางเสียสุขภาพจิต และทำให้คุณภาพชีวิตแย่ลงได้ ที่ผ่านมาในอดีตได้มีการแก้ไขปรับปรุงด้วยมาตรการต่างๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงเครือข่ายถนนที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อรองรับปริมาณจราจรที่มากขึ้น เช่น การสร้างทางด่วน (Express) เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่มีการลงทุนสูงกว่าวิธีอื่นๆ รวมถึงไม่ได้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง และยั่งยืน [11] กลับยิ่งส่งผลให้ผู้เดินทางเพิ่มความต้องการในการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลเพิ่มมากขึ้น [10] จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่ามาตรการดังกล่าวไม่ได้เป็นมาตรการที่จะสามารถช่วยแก้หรือลดจำนวนผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลในการเดินทางได้อย่างยั่งยืนได้

การส่งเสริมการขนส่งสาธารณะเป็นหนึ่งในมาตรการที่สำคัญในการแก้ปัญหาจราจร และก่อให้เกิดการเดินทางภายในเมืองได้อย่างยั่งยืน [15] โดยทั่วไปการขนส่งสาธารณะสามารถเคลื่อนย้ายคนได้คราวละมากๆ และสามารถใช้พื้นที่ พลังงาน รวมถึงใช้ต้นทุนที่น้อยกว่ามาตรการอื่นๆ ในการส่งเสริมการขนส่งสาธารณะนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งทางด้านกายภาพ เช่น มีการปรับปรุงตัวรถให้มีลักษณะที่ดีสวยงาม การเพิ่มรูปแบบการเดินทางอื่นๆ เพื่อให้ระบบขนส่งสาธารณะมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ (Bangkok Mass Transit System, BTS) รถไฟฟ้ามหานคร (Mass Rapid Transit Authority, MRTA) และรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (Bus Rapid Transit, BRT) หรือมีการพัฒนาระบบที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น นอกเหนือจากการมีรถขนส่งสาธารณะให้บริการที่มีคุณภาพที่สูงแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การเข้าใจความคิดหรือความต้องการของผู้เดินทางว่า ทำไมบางคนถึงตัดสินใจเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล และทำไมบางคนถึงตัดสินใจเดินทางด้วยรถขนส่งสาธารณะ [7] การเข้าใจความคิดหรือเหตุผลที่เป็นเชิงลึกที่เกี่ยวกับการเดินทางถือว่าในปัจจุบันนั้นยังมีข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนี้น้อยมาก ซึ่งข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญในการพัฒนาด้านการส่งเสริมระบบขนส่งสาธารณะ

ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องทราบถึงปัจจัยที่ทำให้คนตัดสินใจเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล และรถขนส่งสาธารณะ เพื่อที่จะได้ส่งเสริม และดึงดูดผู้คนเหล่านั้นได้อย่างถูกต้องตามความต้องการ แต่ในปัจจุบันการบริการทางด้านระบบขนส่งสาธารณะยังไม่ได้ตอบสนองความต้องการในการเดินทางได้อย่างแท้จริง โดยเฉพาะในด้านการวางแผนก่อนการให้บริการ ในการศึกษาส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การหาปริมาณของผู้เดินทางที่ใช้รถขนส่งนั้นๆ โดยข้อมูลในส่วนนี้มีไม่เพียงพอและไม่เป็นข้อมูลที่แท้จริงในการอธิบายพฤติกรรมการเดินทางได้อย่างถูกต้อง เพื่อที่จะได้เข้าใจความต้องการของผู้เดินทางได้อย่างแท้จริงอาจจะต้องศึกษาหาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง

งานวิจัยนี้จึงได้ตรวจสอบปัจจัย และทัศนคติต่างๆ ที่มีผลทำให้คนมีความตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง งานวิจัยนี้สามารถสร้างความเข้าใจในพฤติกรรมการเดินทาง เพื่อที่จะได้ใช้ในการสนับสนุนการใช้ระบบขนส่งสาธารณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบลักษณะของผู้เดินทางที่ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลในกรุงเทพมหานคร

2. ตรวจสอบหาปัจจัยที่มีผลต่อความตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางของผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล

3. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้คนเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง เช่น ปัจจัยด้านเวลาในการเดินทาง นิสัยการชอบขับรถ ความเอาใจใส่สิ่งแวดล้อม สถานะทางสังคม ความต้องการมีรถ การให้บริการของรถขนส่งสาธารณะ การเข้าถึงสถานี ความลำบากในการต่อรถ เป็นต้น [7] [8] [9] [14] ซึ่งส่งผลทำให้คนใช้หรือไม่ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นนั้น แต่ละประเทศก็จะมีปัจจัยดังกล่าวที่ต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะทางสังคมของประเทศนั้นๆ ส่วนประเทศไทยได้มีการใช้ทฤษฎีพฤติกรรมตามแบบแผน (TPB) เป็นกรอบอ้างอิง [12] ทฤษฎี TPB นี้จึงสามารถที่นำไปตรวจสอบทัศนคติและวัดค่าหาปัจจัยต่างๆ ได้ [6]

3.1 ทฤษฎีพฤติกรรมตามแบบแผน (The Theory of Planned Behavior, TPB)

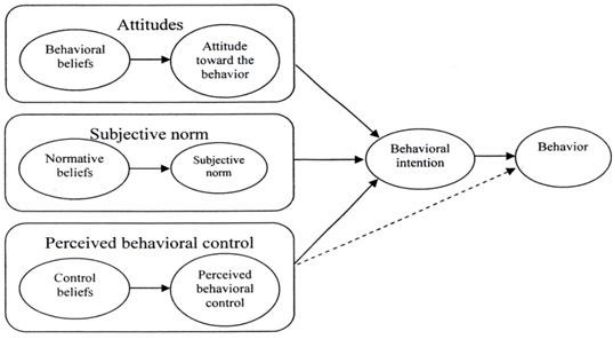
ทฤษฎีพฤติกรรมตามแบบแผน(TPB) เป็นทฤษฎีที่ได้ความนิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากมีความสะดวกในการวัดค่าปัจจัยต่างๆ ที่อยู่ภายใต้องค์ประกอบของแบบจำลอง เป็นกรอบในการสร้างหรือกำหนดแบบสอบถามที่ใช้สำหรับในการวัดค่า รวมไปถึงสามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในแบบจำลองได้ [4] จากหลักการของ TPB กล่าวว่าการแสดงพฤติกรรม)Human Behavior) จะได้รับอิทธิพลจากความตั้งใจในการแสดงพฤติกรรม (Behavioral Intention) โดยสิ่งที่มี

อิทธิพลต่อความตั้งใจแสดงพฤติกรรมนั้นประกอบด้วยปัจจัยหลักประการ คือ 3

1. ทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรม (Attitudes toward the Behavior)

2. บรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรม (Subjective norm about the behavior)

3. การรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมของพฤติกรรมใดๆ (Perceived Behavioral Control of the Behavior) ดังแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองพฤติกรรมตามแบบแผน (TPB)

ที่มา: Ajzen (2006)

จากรูป 1 ทัศนคติที่มีผลต่อพฤติกรรมนั้นเกิดจากความเชื่อ (Behavioral Beliefs) ของแต่ละบุคคล เมื่อทำพฤติกรรมนั้นแล้วจะเกิดผลบางอย่างตามมา ผลที่ตามมาอาจเป็นไปได้ทั้งด้านบวก และด้านลบขึ้นอยู่กับความรู้สึกนึกคิดของผู้แสดงพฤติกรรม เช่น ผู้เดินทางเชื่อว่าการใช้ระบบขนส่งสาธารณะจะสามารถที่จะประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลาได้มาก ย่อมส่งผลให้ผู้เดินทางเกิดทัศนคติที่ดีต่อการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ ในทางกลับกัน ถ้าผู้เดินทางเชื่อว่าการใช้ระบบขนส่งสาธารณะไม่ปลอดภัยไม่ทั่วถึง ย่อมส่งผลให้ผู้เดินทางเกิดทัศนคติที่ไม่ดีต่อการใช้ระบบขนส่งสาธารณะได้

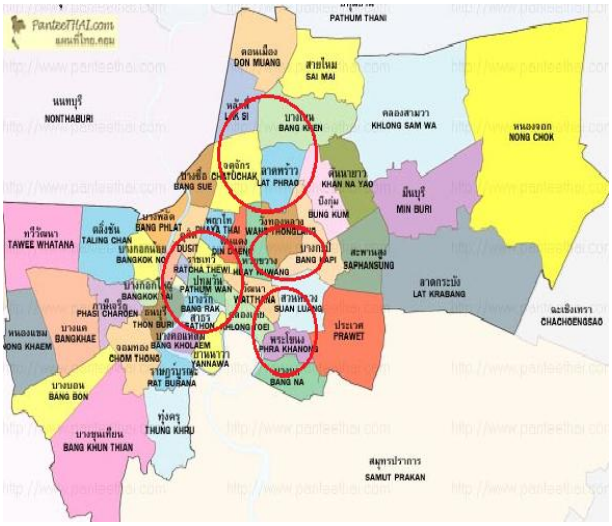
ด้านบรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรม (Subjective Norm) คือ การรับรู้ของบุคคลเกี่ยวกับความต้องการของสังคมที่มีต่อบุคคลนั้นในการที่จะให้กระทำหรือไม่กระทำพฤติกรรมใดๆ บรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรม เกิดจากความเชื่อของบุคคลต่อความต้องการของสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนใกล้ชิดกับบุคคลนั้นซึ่งความคล้อยตามที่ต้องการจะให้บุคคลนั้นแสดงพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง (Normative Beliefs) เช่น พ่อแม่เดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลเป็นประจำ ลูกจึงมีแนวโน้มที่จะเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลด้วย หรือกรณีเพื่อนในกลุ่มส่วนใหญ่นิยมเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะก็อาจส่งผลให้ผู้เดินทางนั้นมีแนวโน้มที่จะเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะด้วยเหมือนกัน เป็นต้น

ส่วนสุดท้าย การรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมใดๆ (Perceived Behavioral Control) คือความรู้สึกยากหรือง่ายที่มีต่อการแสดงพฤติกรรมใดๆ ซึ่งเกิดจากความเชื่อของบุคคลที่อาจส่งเสริมหรือขัดขวางการแสดงพฤติกรรมนั้น (Control Beliefs) รวมถึงการรับรู้ถึงกำลังของปัจจัยที่มีต่อความเชื่อมั่นที่จะทำให้บุคคลสามารถแสดงพฤติกรรมได้หรือไม่ [5] ส่วนการรับรู้ถึงความยากง่ายในการแสดงพฤติกรรมนั้นจะสะท้อนถึงความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมของบุคคลนั้นที่เกิดขึ้นจริง (Actual Behavioral Control) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระทำพฤติกรรมนั้นๆ รวมกันกับเจตนาหรือความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรม และการรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมนี้ยัง มีอิทธิพลโดยตรงต่อพฤติกรรมอีกด้วย

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 พื้นที่ศึกษา

กำหนดให้กรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ศึกษา โดยไม่ได้กำหนดจุดเริ่มต้นในการเดินทาง (Origin) หรือจุดสุดท้ายของการเดินทาง (Destination) เนื่องจากวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้ไม่ต้องการเปรียบเทียบถึงผลกระทบของลักษณะทางภูมิศาสตร์แต่ละพื้นที่ สนใจเฉพาะผู้ที่เดินทางไปทำงานในกรุงเทพมหานคร ซึ่งในการเก็บข้อมูลได้ทำการเก็บข้อมูลตามพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ เขตปทุมวัน เขตพระนคร เขตห้วยขวาง เขตบางกะปิ เขตจตุจักร เขตบางเขน เขตลาดพร้าว เขตสวนหลวง และเขตพระโขนง เพื่อให้ได้กลุ่มคนที่มีการเดินทางที่หลากหลาย ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษาในกรุงเทพมหานคร

ที่มา: http://www.panteethai.com/maps/province/bangkok.jpg

4.2 กลุ่มตัวอย่าง

กำหนดให้ผู้ที่เดินทางไปทำงานที่ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลในกรุงเทพมหานคร จำนวน 700 ชุด เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้

4.3 การสำรวจข้อมูล

การศึกษานี้ใช้เทคนิคการสัมภาษณ์ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) โดยจะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) [2] และส่วนที่สอง วิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling, SEM) [3]

4.4 แบบสอบถามที่ใช้วัด

จากหัวข้อที่ 3.1 จะใช้ทฤษฎี TPB เป็นกรอบในการสร้างแบบสอบถาม ซึ่งงานวิจัยนี้ตัวแปรทางทัศนคติประกอบไปด้วย คือ ทัศนคติในการเปลี่ยนรูปแบบในการเดินทาง (AT) การรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมในการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (PBC) บรรทัดฐานของบุคคล (SN) และความตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (BI) โดยคำถามที่ใช้ รวมไปถึงมาตรวัดที่ใช้วัดในงานวิจัยนี้ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรและคำถามที่ใช้วัดกลุ่มตัวอย่าง

1.ทัศนคติในการเปลี่ยนรูปแบบในการเดินทาง	
AT1	ฉันเป็นคนให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม
AT2	ฉันอยากใช้รถขนส่งสาธารณะ เพราะช่วยให้เมืองน่าอยู่
AT3	ฉันอยากใช้รถขนส่งสาธารณะ เพราะช่วยปัญหาจราจร
AT4	รถติดเป็นปัญหาที่รุนแรงในเส้นทางจากบ้านมายังที่ทำงาน
มาตรวัดคำถามนี้ใช้ 9 ระดับ ได้แก่ –4 ถึง 4 โดยที่ -4 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 0 = กลางๆ 4 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง	
2. การรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมในการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง	
PBC1	เป็นการยากสำหรับฉันที่จะใช้รถขนส่งสาธารณะไปทำงาน
PBC2	การเดินทางจากบ้านไปยังป้าย หรือสถานีมีความยุ่งยาก
มาตรวัดคำถามนี้ใช้ 9 ระดับ ได้แก่ –4 ถึง 4 โดยที่ -4 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 0 = กลางๆ 4 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง	
3. บรรทัดฐานของบุคล	
SN1	ถ้าคนใกล้ชิดใช้รถขนส่งสาธารณะ ฉันก็จะใช้ตามด้วย
SN2	คนรอบข้างของฉันสนับสนุนให้ฉันไปใช้รถขนส่งสาธารณะ
SN3	ครอบครัวหรือเพื่อนๆ ฉันเห็นว่าการเดินทางด้วยรถขนส่งสาธารณะส่งผลดีต่อสังคม
มาตรวัดคำถามนี้ใช้ 9 ระดับ ได้แก่ –4 ถึง 4 โดยที่ -4 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 0 = กลางๆ 4 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง	
4. ความตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง	
BI1	ความตั้งใจที่จะเปลี่ยนไปใช้รถขนส่งสาธารณะ
BI2	ความตั้งใจที่จะลดการใช้รถยนต์ในครั้งต่อไป
BI3	ความตั้งใจที่จะใช้รถขนส่งสาธารณะในครั้งต่อไป
มาตรวัดคำถามนี้ใช้ 9 ระดับ ได้แก่ –4 ถึง 4 โดยที่ -4 = ไม่ลด/ไม่ใช้แน่นอน 0 = กลางๆ 4 = ลด/ใช้แน่นอน	

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ภาพรวมของกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อเสร็จสิ้นการสำรวจข้อมูล แบบสอบถามที่มีข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ และมีข้อมูลสุดโต่ง (Extreme cases) จะถูกคัดออกหลังการคัดแยกแบบสอบถาม มีจำนวนข้อมูลที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ได้ทั้งสิ้น 604 ชุด ซึ่งลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนข้อมูล 604 ชุด		
อายุ (ปี)	เฉลี่ย = 32.47	SD = 9.54
จำนวนรถยนต์ที่บ้าน (คัน)	เฉลี่ย = 2.03	SD = 1.18
เพศ	ชาย	335 (55.5%)
	หญิง	269 (44.5%)
รายได้ต่อเดือน (บาท)	$\leq$ 10,000	66 (10.9%)
	10,001-20,000	263 (43.5%)
	20,001-30,000	126 (20.9%)
	30,001-40,000	69 (11.4%)
	>40,000	80 (13.2%)
การเดินทางไปทำงาน (วัน/สัปดาห์	เฉลี่ย = 5.29	SD = 0.85

จากตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ยที่ 32.47 ปี รายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10,001-20,000 บาท (43.5%) จำนวนรถยนต์ที่บ้านเฉลี่ย 2.04 คัน ส่วนใหญ่จะเดินทางไปทำงานเฉลี่ยแล้ว 5.29 วัน/สัปดาห์ จากข้อมูลดังกล่าว พบว่า ลักษณะพื้นฐานที่ได้จากการวิเคราะห์พิจารณาแล้วสมเหตุสมผลกัน กลุ่มตัวอย่างนี้จึงเหมาะกับการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

5.2 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling, SEM)

ก่อนการวิเคราะห์ด้วย SEM ต้องทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือในการวัดค่าองค์ประกอบของตัวแปรทัศนคติที่มีตัวแปรย่อยเป็นองค์ประกอบหลายตัวแปร โดยใช้การวิเคราะห์หาค่า Cronbach's ของกลุ่มตัวแปรองค์ประกอบเหล่านั้น โดยกลุ่มตัวแปรแต่ละกลุ่มจะต้องได้ค่า Cronbach's ตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไปถือว่ายอมรับได้ [13] ดังได้สรุปไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ Cronbach's α

กลุ่มตัวแปร	Cronbach's α
ทัศนคติในการเปลี่ยนรูปแบบในการเดินทาง (AT)	0.715
การรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมในการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (PBC)	0.642
บรรทัดฐานของบุคล (SN)	0.736
ความตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (BI)	0.931

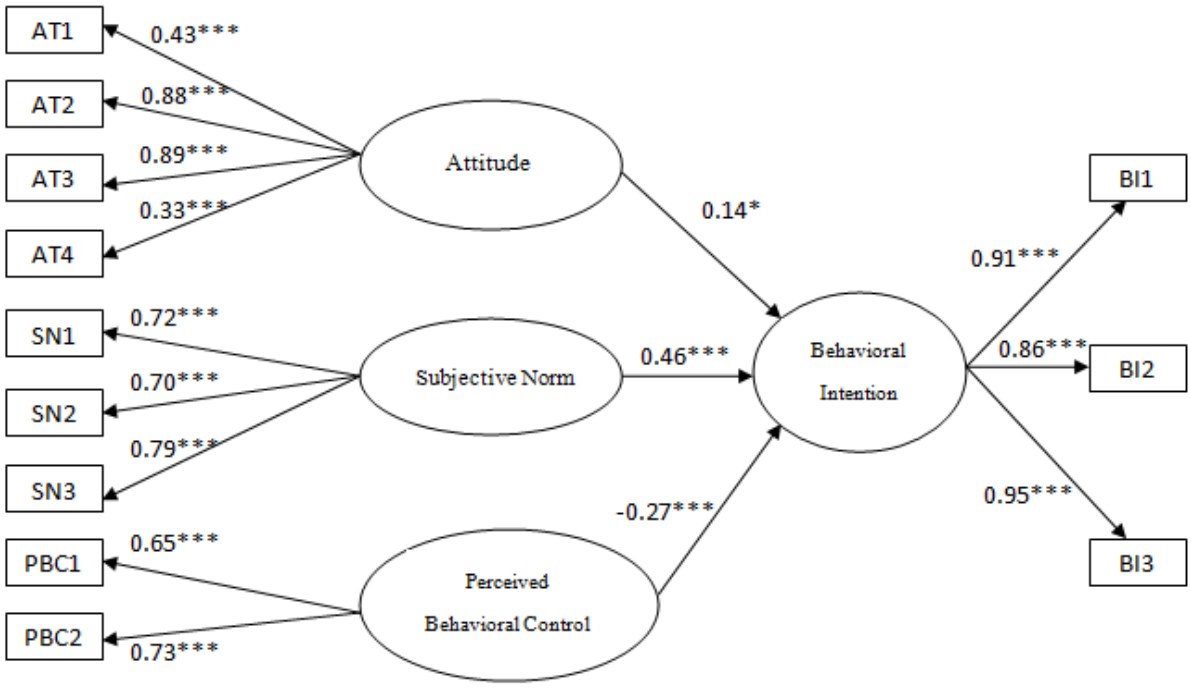
จากตารางที่ 3 พบว่าค่า Cronbach's α ทั้ง 4 กลุ่มตัวแปรผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ในตอนต้น ซึ่งค่าของกลุ่มตัวแปร AT, PBC, SN, BI ที่ได้ตามลำดับ คือ α = 0.715, 0.642, 0.736, 0.931 โดยทั้งหมดมีความเหมาะสมเพียงพอสำหรับใช้ตรวจสอบทัศนคติ

จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบจำลองจะถูกประมาณค่าโดยวิธีแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้าง (Structural equation modeling, SEM) จากการประมาณค่าได้ความสอดคล้อง ของแบบจำลอง คือ Chi-Square $(\chi)^2$ = 70.76, Degrees of Freedom (df) = 47, χ^2/df = 1.50 ต้องน้อยกว่า 2 และ ค่า Goodness of Fit Index (GFI) = 0.98 > 0.95 ส่วนค่า Comparative Fit Index (CFI) = 0.993 > 0.95, Normed Fit Index (NFI) = 0.978 > 0.95, Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.029 < 0.05 จากค่าต่างๆ ที่กล่าวมาแบบจำลองนี้จึงมีความสอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์

6. สรุป และอธิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง โดยดูทัศนคติของผู้ที่เดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลไปทำงานว่ามีปัจจัยอะไรบ้าง ที่ส่งผลทำให้คนกลุ่มนี้เปลี่ยนรูปแบบในการเดินทาง

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าการคล้อยตามกลุ่ม บุคคลรอบข้างหรือคนใกล้ชิดนั้นมีผลต่อการตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ทั้ง 3 คำถามที่ใช้วัดนั้น มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดในกลุ่มนี้ คือ คำถาม SN3 จากการวิเคราะห์ พบว่า ถ้าคนในครอบครัว หรือเพื่อนเห็นว่าการเดินทางด้วยรถขนส่งสาธารณะส่งผลดีต่อสังคมก็จะทำให้ คนที่ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลนั้นมีความตั้งใจที่จะเปลี่ยนตามไปด้วยอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปัจจัยด้านทำตามคนใกล้ชิด และการสนับสนุนจากครอบครัวเป็นปัจจัยรองลงมา



หมายเหตุ *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001

รูปที่ 3 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ด้วยสมการเชิงโครงสร้าง

ส่วนทางด้านทัศนคตินั้นส่งผลต่อความตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางแค่ 0.14 คือ คนส่วนใหญ่คิดว่าอยากจะใช้รถขนส่งสาธารณะ แต่ในความเป็นจริงแล้วในการเดินทางจากบ้านไปทำงานมีความยุ่งยากในการที่จะต้องต่อรถหลายต่อกว่าจะถึงที่ทำงานทำให้ส่งผลทางลบกับความตั้งใจที่จะเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง

ส่วนทางด้านความตั้งใจ คนกลุ่มนี้อยากจะเปลี่ยน และจะใช้รถขนส่งสาธารณะในครั้งต่อไป แต่ก็จะยังลดการใช้รถยนต์ยังไม่ได้เนื่องจากมีความลำบากในการเดินทาง

จากผลผลทำให้ทราบว่า คนที่ขับรถยนต์ส่วนบุคคลไปทำงานนั้น ครอบครัว และคนรอบข้างมีผลอย่างมากในการที่จะเปลี่ยนไปใช้รถขนส่งสาธารณะ แต่ระบบขนส่งสาธารณะที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นยังไม่มีประสิทธิภาพพอ เช่น การเข้าถึง ยิ่งเฉพาะคนไหนที่บ้านอยู่ไกล ทำให้ไม่มีทางเลือกจึงจำเป็นต้องใช้รถยนต์ส่วนบุคคลในการเดินทาง เป็นต้น ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน เป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะให้ดี ครอบคลุมให้ทั่วถึงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชียที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมถึง รศ.ดร. สรวิศ นฤปิติ ที่คอยให้คำปรึกษา และแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ที่สำคัญขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมการขนส่งทางบก, 2552. จำนวนรถที่จดทะเบียนรถใหม่ป้ายแดงนับถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2553. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html [30/11/53]

[2] กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

[3] กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554. คู่มือการวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้าง SEM ด้วยโปรแกรม AMOS. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

[4] Aberg, L. (2002) Attitudes In: Barjonet, P. (Eds), Traffic Psychology Today.

[5] Ajzen, I. (2006) *"Behavioral Interventions Based on the Theory of Planned Behavior"*. [Online] Available from: http://www.people.umass.edu/aizen/ [15 Nov 2010].

[6] Anable, J. (2005) 'Complacent Car Addicts' or 'Aspiring Environmentalists'? Identifyingtravel behaviour segments using attitude theory. *Transport Policy.* No.12, pp. 65–78.

[7] Beirao, G. and Cabral, J.A.S. 2007. Understanding attitudes towards public transport and private car: A qualitative study. *Transport Policy*. No.14, pp. 478–489.

[8] Curtis, C., 2003. Targeting travel awareness campaigns which individuals are more likely to switch from car too there transport for the journey to work? *Transport Policy*, Vol.4, No.1, pp. 57-65.

[9] Fallona, C. Sullivanb, C. Hensher, D. (2004) Constraints Affecting Mode Choices by Morning Car Commuters. *Transport Policy*. No.11, pp. 17–29.

[10] Grdzelishvili, I. Sathre, R. (2010) Understanding the urban travel attitudes and behavior of Tbilisi Residents. *Transport Policy*, No.18, pp. 38–45.

[11] Pardo C, F. (2006) Training Course - 2nd Edition Public awareness and Behavior Change in Sustainable Transport. Deutsche Gesellschaft Fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). Division 44 environment and infrastructure sector project. *Transport Policy Advice.*

[12] Piriyawat, S. (2010) Influences of Travel Demand Management Measures on Intention to Use Rail Rapid Transit of Private Car Users in Bangkok: A Case Study of Coercive and Non-Coercive Measures. *Research and Development Journal*, Vol. 21, No.3

[13] Steg, L. (2003) "Can public transport compete with the private car?". *IATSS Research*, Vol. 27, No. 2, pp. 27-35.

[14] Stradling, S.G. Carreno, M. Rye, R. Noble, A. (2007) Passenger Perceptions and the Ideal Urban Bus Journey Experience *Transport Policy*, No.14, pp. 283–292.

[15] Transit Cooperative Research Program, (2008) Understanding how to motivate communities to support and ride public transportation. *TCRP Report 122.*

Capacity Analysis of Signalized Intersection:

A Case Study of Kalimati Intersection

(Kathmandu, Nepal)

Paper Identification number: SCS11-018

Sharad Bajracharya

Transportation Engineering
School of Science and Technology
Asian Institute of Technology
Telephone: +66-825416314
E-mail: sharad333@hotmail.com

Abstract

Objective of the Study mainly focuses on the synchronization of traffic flow and effective management of Kalimati Intersection with possible improvement, enhancement and management. Methodology of the proposed project establish from literature review, case study, field survey along with traffic data collect at Kalimati Intersection. The primary data obtained from the field study and secondary data collected from various sources were processed and analysed based on HCM 2000. The analysis of data collected form the Kalimati Intersection, Capacity and Level of Service (LOS) of intersection was found.

Due to ineffective traffic management there is pressing need for close coordination for effective traffic enforcement towards the development of an efficient and safe urban transport system which includes Strategic planning of urban development, Engineering, design and construction of transport infrastructure, Public road operations, Road safety programs and Law enforcement.

Keywords: Capacity Analysis, Level of Service, Kalimati (Kathmandu, Nepal)

1. Introduction

1.1 General

Capacity analysis is now a very important work to be performed knowing the existing scenario of the transportation system. The volume of traffic is increasing day by day but the road condition is same for the last decades and more.

Nepal is regarded as a developing country, with its per capita GDP about US$ 640 with approximately 32% population below poverty line. Although fast urban growth is fairly recent, around 5% annual population growth rate of Kathmandu is generating a strong demand for the further land development, expansion of infrastructure and other important urban services. These changes have placed new and heavy demands on urban transport system - which the city has been lacking. This problem is particularly acute in case of Nepal because of the lack of resources and the very high cost of transport infrastructure. It has risen more rapidly and officials have been less able to deal with it as the major roads and the networks are generally small and of low standard. Apart from the failure to match supply with demand, the problem is exacerbated by failure to use the available roads efficiently. The main traffic problems that exist in the city can be summarized as below:

- Small road space available for roads despite higher number of vehicles most of them being two and three wheelers.
- Heavy traffic congestion despite low level of private car ownership.
- Increasing level of accidents in terms of numbers and severity.
- Mixed traffic condition
- Scarce parking spaces
- Inadequate public transport services.
- Lack of attention to pedestrians and cyclists in planning and managing roads
- Poor road maintenance.
- Poor road user's behaviour.
- Encroachment of road space and footpaths by street shops, illegal parking etc.
- Inadequate and inefficient traffic control measures.
- Air and Noise pollution.

1.2 Objective of the Study

This paper mainly focuses on the synchronization of traffic flow and effective management of Kalimati Intersection, and thus proposing its possible improvement, enhancement and management. The major objectives of project works are as follows:

- To study the present condition of Kalimati intersection.
- To analyze the capacity and Level of Service (LOS) of the existing signalized intersection at Kalimati.
- To give the corrective measures for the intersection improvement or enhancement.

1.3 Limitations of the Study

Major work in the project is the capacity analysis of signalized intersection. HCM 2000 (Highway Capacity Manual 2000), TRB methodology is followed for this purpose. All the limitations inherited in that method are also the limitations for our analysis. Besides these, short time duration could be a factor for the collection of all relevant data collection from field survey.

2. Methodology

2.1Sources of data

2.1.1 Primary Data Collection

Field survey was performed to find out the existing scenario of the signalized intersection in the study area. For the purpose, the intersection (Kalimati Intersection) was selected and following traffic study was carried out to analyse the existing traffic scenario.

A) Traffic volume survey\Classified Volume Count

The surveyed data is a support system which provide platform to understand the present condition of flow pattern in intersection. The Classified traffic volume counts were conducted as per the format given in IRC SP-19. The locations of classified traffic volume count points were finalized. The traffic volume count was carried out manually in 15 minutes time slots for each direction on standard format for different types of vehicles separately. The survey was done during peak hours. The survey was carried out from 8:30 A.M. to 11:00 A.M. and 4:00P.M. To 6:30 P.M. Standard sheets were used during the survey. The vehicle and pedestrian survey is carried out for every 15 minutes. Through as well as turning movements were separately considered during vehicle count survey.

B) Pedestrian volume measure

The pedestrian volume survey was done to know the average pedestrian volume that crosses the intersection legs. The pedestrian volume is also a major part that affects the intersection design and analysis. It was also counted during peak hours. During the Pedestrian count only crosswalk pedestrian were consider. The pedestrian along the road where not considered as there provided the pedestrian walkway at the intersection.

2.1.2 Secondary data collection

Collection and documentation of secondary data like Socio-economic data, vehicle registration data, vehicular composition, public vehicle route and their frequency, road composition, accident data etc. were collected. Published books, previous reports, articles, magazine were used to collect information and data. The major sources of secondary data collection were Department of Transport Management (DOTM), Department of Roads (DOR), and traffic police.

2.2 Capacity Analysis and Level of Service (LOS) – Signalized Intersection

Capacity analysis of intersections results in the in the computation of demand flow rate to capacity (v/c) ratios for individual movements. The analysis of capacity at signalized intersections focuses on the computation of saturation flow rates, capacities, v/c ratios, and level of service for lane groups. Saturation flow rate is defined as the maximum rate of flow that can pass through a given lane group under prevailing traffic and roadway conditions, assuming that the lane group had 100% of real time available as effective green time (vphg).The flow ratio is defined as the ratio of actual or projected flow rate for lane group, v_i, to the saturation flow rate, s_i and is $(v/s)_i$ for lane group i.

The capacity of the lane group is,

$$c_i = si \ \frac{g_i}{C}$$

where, c_i= capacity of lane group I (vph).

s_i =saturation flow rate for lane group i (vphg).

$\frac{g_i}{C}$ = green ratio for lane group i.

C = cycle length.

The ratio of flow rate to capacity, v/c is

$$X^i = \left(\frac{v}{c}\right)_i = \frac{v_i}{s_i(\frac{g_i}{C})} = \frac{v_i C}{s_i g_i}$$

Where, X_i= $(v/c)_i$ ratio for lane group i.
v_i = actual or projected demand flow rate for lane group i (vphg).
g_i=effective green time for lane group i (s).

Values of X_i range from 1.00, when the flow rate equals capacity, to 0.00, when the flow rate is zero. Values above 1.00 indicated an excess of demand over capacity.
The critical (v/c) ratio for the intersection is defined in terms of lane group.

$$X_c = \sum\left(\frac{v}{s}\right)_{ci}\left(\frac{C}{C-L}\right)$$

Where, X_c= critical (v/c) ratio for the intersection

$\sum\left(\frac{v}{s}\right)_{ci}$ =summation of flow ratios for all critical lane groups i.

L= Total lost time per cycle, computed as t_L for critical path of movements (s).

2.2.1 Level of Service (LOS)

Level-of-service is a measure of user satisfaction. Its value is different for the Highway and Intersection. In this topic, we are only discussed about the Intersection LOS. For most user categories, level-of-service is commonly linked to the average delay experienced by a typical user. Vehicle delay is complex measure based on many variables, including signal phasing, signal cycle length, and traffic volumes with respect to intersection capacity.

2.2.2 Level of service for signalized intersection

Level of service (LOS) for signalized intersection is defined in terms of control delay. Specially, LOS criteria are stated in terms of average delay per vehicle during a specified time period. Control delay includes initial deceleration, queue move-up time, stopped delay, and final acceleration delay. The average control delay is estimated for each lane group and aggregated for each approach and for the intersection as a whole. LOS is directly related to the control delay values are given in table:

Level of service	Average control delay (sec/veh)	General description
A	10	Free flow
B	10-20	Stable flow (slight delays)
C	20-35	Stable flow (acceptable delays)
D	35-55	Approaching unstable flow
E	55-80	Unstable flow (intolerable delay)
F	80	Forced flow (jammed)

2.2.3 Operational Analysis:

This operation is complex and therefore the analysis procedures are done in a modular fashion. The primary output of the method is LOS.

- Input module
- Volume adjustment module
- Saturation flow module
- Capacity analysis module
- Level of service module

3. Data Analysis

The primary data obtained from the field study and secondary data collected from various sources were processed and analysed based on HCM 2000, TRB. As the HCM 2000 is not available different books related to the HCM 2000 were referred. The analysis of data collected form the Kalimati Intersection, Capacity and Level of Service (LOS) of intersection was found. Then proposed solutions were given for the improvement of the intersection according to the Warrant Criteria for Signal Control (MUTCD; FHWA, 2000, Manual on Uniform Traffic Control Devices for Street and Highway).

4. Case Study: Kalimati Intersection

Simply urban road network refers to the complex system of road connected each other in urban areas. Different types of road network can be found in Kathmandu valley named as Highway, Feeder road, urban road, District road. Being Kathmandu is the capital of Nepal, it consists of the fixed facilities, flow entities, and control system that permit people and goods to overcome the friction of geographical space efficiently in order to participate in a timely manner in some desired activity. A wide variety of vehicle types can be

expected ranging from bicycle to heavy vehicles. Also Kathmandu valley is linked with ring road. The project road started from Teku Bridge at km 12 of city road and ends at km 13.60 near Hotel Solti turn. This is one of the main routes connecting National Highway towards Thankot. It passes through many important built-up areas. It is situated at 27°41'54.68"N and 85°18'0.33"E and at an altitude of about 1310m.

4.1 Geometry

- The existing city roads consist of carriageway width of four lanes with footpath for pedestrian walk. The formation width is in average 18m that includes 2m footpath on each side with surface drainage. The project road passes through plain terrain. It is generally in embankment. The road condition is generally fair to good. The existing horizontal alignment is to cater the design speed of 60 kmph as built-up areas and some curve locations.

4.2.1 Built-up Areas

The Project road passes through a number of places of habitation. The built-up areas are sources of traffic delays on the National Highway and are accident-prone. Major built up areas of this stretch include: Teku, Kuleshwor, Soltee Mode, Balkhu, Tahachal, Kalanki

These reaches have been studied in detail and improvements are proposed accordingly for effective movement towards Thankot from Teku, having underpass for internal traffic movement.

4.2.2 Utility Services

- There are telephone and electric poles on both sides of existing roads at several locations. The OFC is generally on left hand side of project road. There are no visible water mains and sewer lines. Very few growths of trees are observed on both sides of the road. Widening scheme is proposed either left or right, to minimize shifting of OFC, underground water pipe line and other utility services.

4.2.3. Problems at Road intersections:

The basic problems of valley intersections are:

- High traffic volume
- Disobeying the traffic rules and regulation by users.
- Unplanned intersection, land encroachment by street vendors.
- Unmanaged footpath geometry
- Low visibility for intersecting road users.
- Improper condition of traffic sign and signal
- Insufficient turning radius.

4.2.4 Reason behind selection of Kalimati Intersection

- Signalized intersection
- High accident rate
- High traffic flow
- High density of pedestrian
- Previous attempts of improvement, has become inadequate

4.2.5 Existing Situation of Kalimati Intersection

It is the point of radiating to the different destinations, the volume of pedestrian and vehicle is excessively high during peak hours but uniform flow during day time. Traffic flow at Kalimati Intersection was mostly of light vehicles including car, taxi, micro, three wheelers, motorcycle, buses and minibuses. But after 8:00 PM to 6:00AM morning quiet some number of heavy vehicles where added. Traffic congestion is occurring during peak hours only. So for the less delay at the low volume two different cycle length were arranged for low and high traffic flow, but the traffic light is usually not operated during off peak hours by the traffic police, as they say it is more convenient for them. Also masses pedestrian near the intersection at peak hour were crossing and gather near the intersection due to the near Kalimati fruits and vegetable market and street shop. Which disturb the traffic flow directly and hence increases the delay.

During the high volume of traffic at the 6:00 PM and around 10:00 AM, it is seemed that the traffic flow is too high. As a traffic control measures channelization, signals for pedestrian and vehicle is installed. Three phase signal is used. Signal timing is different for low traffic flow and heavy traffic flow. Addition of 4-6 numbers of traffic police is functioning for daily traffic control.

4.2.6 Existing Problems at Kalimati Intersection

The existing problem at the Kalimati Intersection is listed below:

- Geometry
  - Insufficient lane width
  - Improper parking
  - Poor road maintenance
  - Poor road user's behaviour.
- Flow Pattern

- Heavy traffic congestion.
- Small road spaces available for road despite higher number of vehicles most of them being two wheelers.
- High volume of pedestrian
- Increasing level of accidents.
- Mixed traffic condition
- Lack of attention to pedestrians and cyclists in planning and managing roads
- Intersection control
  - Insufficient cycle length
- Others
  - Interruption due to mass gathering
  - In adequate and inefficient traffic control measures
  - Encroachment of road space and footpaths by street shops, Illegal parking etc.
  - Air and Noise pollution.
  - Scarce parking spaces.
  - Inadequate public transport services.

5. Analysis and calculation

The traffic volume and pedestrian are counted in Kalimati Intersection during peak hours 8:30 A.M. to 11:00 A.M. and 4:00P.M. To 6:30 P.M. The data were collected on the basis of turning in right, left and through of each bound for vehicles and Pedestrian crossing at different bounds. The data available where then analysed with the some of the assumed data which are not available from the field and are not collected for the field as per required and based on the condition known knowledge.

To find out the capacity and Level Of Service, HCM 2000 based 'Transportation Engineering An introduction" by C. Jotin khisty and b. Kent Lall was followed. The analysis worksheets are shown in appendix E. The analysis worksheets contains Input worksheets, volume adjustment and saturation flow rate worksheets, Supplementary worksheet for permitted Right turns, Capacity and LOS worksheet, Level of Service for Pedestrian.

6. Results

The vehicles at the valley are increasing day by day, but the alternative routes were not developed properly. So for the improvement of traffic at the Kathmandu valley different works like intersection improvements, alternative route development, control on vehicles registered and the related research work must be done continuously.

Input Module Worksheet (Existing Intersection)

General Information		Site Information	
Analyst		Intersection	Kalimati Chowk
Agency or Company		Area Type	Non CBD
Date performed	Jul-09	Jurisdiction	
Analysis Time Period	M - 11:00AM & 4:00PM - 6	Analysis year	2009 A.D.

Volume and Timing Input

	EB		SB		WB	
	LT	TH	LT	RT	RT	TH
Volume, V(veh/hr)	968	1771	188	1054	157	1198
% heavy vehicles, % HV	0	0		0	0	0
Peak-haour factor, PHF	0.843	0.896	0.855	0.845	0.892	0.784
Pretimed (P) or actuated (A)	P	P	P	P	P	P
Start-up lost time, li(S)						
Extension of effective green time, e(s)						
Arrival type, AT	3	2	3	2	3	2
Approach pedestrian volume, vped(p/h)	832		986		943	
Parking (Y or N)	N	N	N	N	N	N
Parking Maneuvers, Nm (maneuvers/h)						
Bus Stopping, NB(busses/h)						
Min. timing for pedestrians, Gp(s)	17.84		18.79		18.52	

Signal Phasing Plan

	1		2		3		4
DIAGRAM							
Timing	G	52	G	0	G	24	
	Y	3	Y	0	Y	3	

Protected turns — Permitted turns — Cycle length, C = 108 seconds

Volume Adjustment and Saturation Flow Rate Worksheet

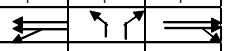
	EB		SB		WB	
	LT	TH	LT	RT	RT	TH
Volume, V(veh/h)	968	1171	188	1054	157	1198
Peak-hour factor, PHF	0.843	0.896	0.855	0.845	0.892	0.784
Adjusted flow rate, V_p=V/PHF (veh/h)	1148	1307	220	1247	176	1528
Lane group						
Adjusted flow rate in lane group, V(veh/h)	2455		1467		1704	
Proportion of LT or RT (P_{LT} or P_{RT})	0.468		0.15	0.85	0.103	
Saturation flow rate						
Base saturation flow , s_o (pc/h/ln)	1900		1900		1900	
Nos. of lanes, N	2		3		2	
Lane width adjustment factorm f_w	0.933		0.916		0.916	
Heavy Vehicle adjustment factor, f_{HV}	1		1		1	
Grade adjustment factor, f_g	1		1		1	
Parking adjustment factor, f_p	1		1		1	
Bus blockage adjustment factor, f_{bb}	1		1		1	
Area type adjustment factor, f_a	1		1		1	
Lane utilization adjustment factor, f_{LU}	1		1		1	
Right turn adjustment factor, f_{RT}	1		0.959		0.995	
Left turn adjustment factor, f_{LT}	0.977		0.993		1	
Right turn ped./bike adjustment factor, f_{Lpb}	1		1		1	
Left turn ped./bike adjustment factor, f_{Rpb}	1		1		1	
Adjusted saturation flow , s(veh/h)	3464		4572		3463	

Supplemental Worksheet for Permitted Right Turns (Existing Intersection)

Input	EB	SB	WB
Cycle Length, C(s)	108 sec		
Laned	Multilane		
Total actual green time for RT lane group, G(s)	52	24	0
Effective permitted green time for RT lane group, g(s)	52	24	0
Opposing effective green time, g_o(s)	24	52	76
Number of lanes in RT lane group, N	0	2	1
Number of lanes in opposing approach, N_o	2	3	2
Adjusted RT flow rate, V_{RT}(veh/h)	0	1247	176
Proportion of RT volume in RT lane group, P_{RT}	0	0.85	0.103
Proportion of RT volume in opposing flow, P_{RTO}	0.103	0	0.367
Adjusted flow rate for opposing approach, v_o(veh/h)	2775	1977	3224
Lost time for RT lane group, t_R	4	4	4
Computation			
RT volume per cycle, RTC=v_{RT}C/3600	0	37.41	5.28
Opposing lane utilization factoe, f_{LVO}	1	0	1
Opposing flow per lane, per cycle, $V_{O/C}$	41.63	0	48.36
Opposing platoon ratio, R_{po}	2.08	4.5	0
Opposing queue ratio, q_{ro}	0	0	0
g_f	0	0	0
g_g	0	0	0
g_u=g-g_g if g_g>=g_f, or g_u=g-g_f if g_g<g_f	52	24	0
E_{R1}	20.29	9.415	31.57
P_{THO}	0.90	1	0.63
P_R	0	7.36	0.10
E_{R2}			1
f_{min}=2(1+P_R)/g	0.04	0.70	0
g_{diff}	0	0	0
f_m	1	0.02	0
f_{RT}	0	0.46	0

Capacity and LOS Worksheet

Capacity Analysis

Phase number	1,3	3	1,2
Phase type	P	P	P
Lane group			
Adjusted flow rate, v(veh/hr)	2455	1467	1704
Saturation flow rate, s(veh/hr)	3464	4572	3463
Lost time	4	4	4
Effective green time,g(s) g=G+Y-tL	74	23	47
green ratio, g/C	0.685	0.213	0.435
Lane group Capacity, c=s(g/C) (veh/hr)	2373.481	973.667	1507.046
v/c ratio, X	1.034	1.507	1.131
Flow ratio, v/s	0.709	0.321	0.492
Critical lane group/phase( )			
Sum of flow ratio for critical lane groups, Yc = ?(critical lane groups, v/s)	1.522		
Total lost time per cycle, L(s)	12		
Critical flow rate capacity ratio, Xc=(Yc)C/(C-L)	1.712		

Lane group Capacity, Control Delay, and LOS Determination

	EB	SB	WB
Lane group			
Adjusted flow rate, v(veh/hr)	2455	1467	1704
Lane group capacity, c(veh/hr)	2373.481	973.667	1507.046
v/c ratio. X=v/c	1.034	1.507	1.131
Total green ratio, g/C	0.685	0.213	0.435
Incremental delay calibration,k	0.500	0.500	0.500
Uniform delay, d1	8.141	37.435	22.018
Incremental delay, d2	28.043	233.375	67.776
Initial queue delay,d3 (s/veh)	0	0	0
Progression adjustment factor, PF	1	1	1
Delay, d=d1(PF)+d2+d3	36.184	270.810	89.794
LOS by lane group	D	F	E
Intersection delay, dI	113.601		
	F		

The value for the analysis on Kalimati Intersection is as follow:

Capacity of Intersection:

EB = 2373, SB = 974, and WB = 1507.

Total Delay on:

EB = 36.184 sec/veh.

SB = 270.810 sec/ veh.

WB = 89.794 sec/veh.

The overall intersection delay of Kalimati Intersection is 113.601 sec/veh.

The LOS (Level of Service) on:

EB = D

SB = F

WB = E

Timing	G	52	G	0	G	24
	Y	3	Y	0	Y	3

	EB	SB	WB
Delay	36.184	270.810	89.794
LOS by lane group	D	F	E
Intersection delay	113.601		
	F		

The overall Level Of Service of Kalimati Intersection is found to be F, which is forced flow of vehicle at signalized intersection. This causes continuous traffic jam throughout the day and during the peak hours the situation gets much worse. Thus it demands immediate improvement.

7. Possible Improvements:

The above result shows that it is required to improve Intersection. Therefore the possible improvements that may be implemented are categorised below:

1. Immediate Improvement
   - Green Time Management
   - Enforcement of traffic and safety management
2. Short Term Improvement
   - Lane Widening
   - Alternate Route
3. Long Term Improvement
   - Flyover with Expressway.

8. Recommendations and Conclusion

With reference to HCM 2000, the present condition of Kathmandu valley intersections were studied and capacity analysis of signalized intersection was carried out and established the case study of Kalimati Intersection. From this analysis, we came in conclusion that there is necessity of improvements to meet existing traffic demand as well possible improvements to increase the capacity and Level of Service (LOS) of that intersection.

The capacity analysis is performed for an intersection based on HCM. We conclude the following points:

- Intersections are most critical junctions and should frequently upgrade as per requirement.
- Capacity of most of intersection is less than demand volume.
- Level of service of Kalimati Intersection is found to be D as per TRB 2000, which shows the necessity of improvement because the minimum Level of service requirement is to be of B.

Furthermore we put forward some recommendation to improve the intersection of Kathmandu valley.

8.1. Immediate Improvement

8.1.1 Green time management

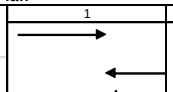
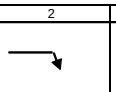
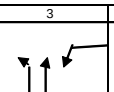
Input Module Worksheet (Existing Intersection)
(with Green Time Management)

General Information		Site Information	
Analyst		Intersection	Kalimati Chowk
Agency or Company		Area Type	Non CBD
Date performed	Jul-09	Jurisdiction	
Analysis Time Period	8:30AM - 11:00AM & 4:00PM - 6:30PM	Analysis year	2009 A.D.

Volume and Timing Input

	EB		SB		WB	
	LT	TH	LT	RT	RT	TH
Volume, V(veh/hr)	968	1771	188	1054	157	1198
% heavy vehicles, % HV	0	0		0	0	0
Peak-haour factor, PHF	0.843	0.896	0.855	0.845	0.892	0.784
Pretimed (P) or actuated (A)	P	P	P	P	P	P
Start-up lost time, li(S)						
Extension of effective green time, e(s)						
Arrival type, AT	3	2	3	2	3	2
Approach pedestrian volume, vped(p/h)	832		986		943	
Parking (Y or N)	N	N	N	N	N	N
Parking Maneuvers, Nm (maneuvers/h)						
Bus Stopping, NB(busses/h)						
Min. timing for pedestrians, Gp(s)	17.84		18.79		18.52	

Signal Phasing Plan

	1	2	3	4
DIAGRAM				
Timing G	50	6	40	
Timing Y	3	3	3	

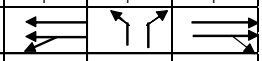
Protected turns | Permitted turns Pedes | Cycle length, C = 108 second

Volume Adjustment and Saturation Flow Rate Worksheet
(with Green Time Management)

	EB		SB		WB	
	LT	TH	LT	RT	RT	TH
Volume, V(veh/h)	968	1171	188	1054	157	119
Peak-hour factor, PHF	0.843	0.896	0.855	0.845	0.892	0.78
Adjusted flow rate, V_g=V/PHF (veh/h)	1148	1307	220	1247	176	152
Lane group						
Adjusted flow rate in lane group, V(veh/h)	2455		1467		1704	
Proportion of LT or RT (P_{LT} or P_{RT})	0.468		0.15	0.85	0.103	
Saturation flow rate						
Base saturation flow , s_o (pc/h/ln)	1900		1900		1900	
Nos. of lanes, N	2		3		2	
Lane width adjustment factorm f_w	0.933		0.916		0.916	
Heavy Vehicle adjustment factor, f_{HV}	1		1		1	
Grade adjustment factor, f_g	1		1		1	
Parking adjustment factor, f_p	1		1		1	
Bus blockage adjustment factor, f_{bb}	1		1		1	
Area type adjustment factor, f_a	1		1		1	
Lane utilization adjustment factor, f_{LU}	1		1		1	
Right turn adjustment factor, f_{RT}	1		0.959		0.995	
Left turn adjustment factor, f_{LT}	0.977		0.993		1	
Right turn ped./bike adjustment factor, f_{Lpb}	1		1		1	
Left turn ped./bike adjustment factor, f_{Rpb}	1		1		1	
Adjusted saturation flow , s(veh/h)	3464		4572		3463	

Supplemental Worksheet for Permitted Right Turns
(Existing Intersection)
(with Green Time Management)

Input	EB	SB	WB
Cycle Length, C(s)	108 sec		
Laned	Multilane		
Total actual green time for RT lane group, G(s)	50	40	6
Effective permitted green time for RT lane group, g(s)	50	40	6
Opposing effective green time, g_o(s)	40	50	90
Number of lanes in RT lane group, N	0	2	1
Number of lanes in opposing approach, N_o	2	3	2
Adjusted RT flow rate, V_{RT}(veh/h)	0	1247	176
Proportion of RT volume in RT lane group, P_{RT}	0	0.85	0.103
Proportion of RT volume in opposing flow , P_{RTO}	0.103	0	0.367
Adjusted flow rate for opposing approach, v_o(veh/h)	2775	1977	3224
Lost time for RT lane group, t_R	4	4	4
Computation			
RT volume per cycle, RTC=v_{RT}C/3600	0	37.41	5.28
Opposing lane utilization factoe, f_{LVO}	1	0	1
Opposing flow per lane, per cycle, V_{OC}	41.625	0	48.36
Opposing platoon ratio, R_{po}	2.16	2.7	18
Opposing queue ratio, q_{ro}	0	0	0
g_f	0	0	0
g_g	0	0	0
g_u=g-g_g if g_g>=g_f, or g_u=g-g_f if g_g<g_f	50	40	6
E_{R1}	20.293	9.415	31.567
P_{TH0}	0.897	1	0.633
P_R	0	5.857	0.103
E_{R2}			1
f_{min}=2(1+P_g)/g	0.040	0.343	0.368
g_{diff}	0	0	0
f_m	1	0.020	0.241
f_{RT}	0	0.465	0.241

Capacity and LOS Worksheet (with Green Time Management)			
Capacity Analysis			
Phase number	1,3	3	1,2
Phase type	P	P	P
Lane group			
Adjusted flow rate, v(veh/hr)	2455	1467	1704
Saturation flow rate, s(veh/hr)	3464	4572	3463
Lost time	4	4	4
Effective green time,g(s) g=G+Y-tL	88	39	54
green ratio, g/C	0.815	0.361	0.500
Lane group Capacity, c=s(g/C) (veh/hr)	2822.519	1651.000	1731.500
v/c ratio, X	0.870	0.889	0.984
Flow ratio, v/s	0.709	0.321	0.492
Critical lane group/phase( )			
Sum of flow ratio for critical lane groups, Yc = ?(critical lane groups, v/s)	1.522		
Total lost time per cycle, L(s)	12		
Critical flow rate capacity ratio, Xc=(Yc)C/(C-L)	1.712		
Lane group Capacity, Control Delay, and LOS Determination			
	EB	SB	WB
Lane group			
Adjusted flow rate, v(veh/hr)	2455	1467	1704
Lane group capacity, c(veh/hr)	2822.519	1651.000	1731.500
v/c ratio. X=v/c	0.870	0.889	0.984
Total green ratio, g/C	0.815	0.361	0.500
Incremental delay calibration,k	0.500	0.500	0.500
Uniform delay, d1	3.125	26.898	18.000
Incremental delay, d2	3.988	7.554	18.178
Initial queue delay,d3 (s/veh)	0	0	0
Progression adjustment factor, PF	1	1	1
Delay, d=d1(PF)+d2+d3	7.113	34.453	36.178
LOS by lane group	A	C	D
Intersection delay, dI	23.045		
	C		

Timing	G	50	G	6	G	40
	Y	3	Y	3	Y	3

	EB	SB	WB
Delay	7.113	34.453	36.178
LOS by lane group	A	C	D
Intersection delay	23.045		
	C		

This can be the good solution, which can reduce the intersection delay form the 113 sec to the 23 sec with the installation of an extra traffic light for right turn for WB traffic.

8.1.2 Enforcement of traffic and safety management

The traffic regulation with safety measures, it is possible to regularise the traffic as immediate action implementation having following enforcement:

- Lane change should not be permitted
- No vehicle stopped within these location
- Green signal should be flowed strictly
- No pedestrians allowed crossing the road except at zebra cross.

8.2. Short Term Improvement

8.2.1 Widening of existing carriage way

The lane existing in Kalimati Intersection is not up to standards as per the Nepal Road Standards and good engineering practices.

As per norms for urban road having dense traffic movement, the carriage width should be not less than four lanes with 2x(2x3.5)m having median at least 0.5m and service roads including footpath for pedestrians.

Whereas present scenario of the road corridor of the Kalimati area are as follows:

- Carriage way width=2x(2x3)m
- Median=0
- Surface drainage=2x0.50m
- Footpath=2x2m
- Net carriage way width=17.00 m

Hence, with reference to available clear width of the road corridor, it is proposed as follows:

- Carriage way width=2x(2x3.5)m
- Median=0.5m
- Surface drainage=2x0.25m
- Footpath=2x1.5m
- Net carriage way width=18.00 m

8.2.2. Alternate Route

The current route is not sufficient for the amount of traffic using that access road. Thus an alternate route (one way road) may be applicable for the reduction of the congestion and smooth flowing of the traffic even during peak hours. Thus, the alternate routes can be proposed.

8.3. Long Term Improvement

8.3.1. Flyover with Expressway

Without disturbing the existing road corridor, the present traffic can be segregated. This can be achieved by passing a four lane expressway starting from Kalimati Bridge to Solti junction. The expressway with underpass at Kalimati intersection will channelize all express traffic and segregate local traffic from a proposed concept of ramp-up and ramp-down at both end of expressway. There will be clear elevation of 10 m for Tahachal and Balkhu road. Whereas the existing road will serve as service road, hence the traffic flows deem to be smooth.

The proposed expressway will be model for such type of high traffic intensity location within Kathmandu valley which can be replicable to other

location as it will not interfere with the existing built-up structure.

9. Acknowledgement

I would like to thank Nepal Engineering College for guiding me during my research and my and a warm thanks goes out Asian Institute of Technology (Transportation Engineering Department) as well as my parents for supporting me and guiding me in my career.

10. Reference

1. Nepal Road Standards, 2045
2. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), A policy on Geometric Design of highways and Streets, 1990
3. C. Jotin Khisty and B. Kent Lall, Transportation Engineering An Introduction. Third Edition, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi-110 001, 2006
4. C.S. Papacostasn and P.D. Prevedoiros, Transportation Engineering and Planning. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi-110 001, 2002
5. Dr. L.R. Kadyali Transportation Engineering and Transport Planning, Khanna Publishers, Delhi-6
6. S.K. Khanna and C.E.G. Justo, Highway Engineering
7. Mass Highway, 2006
8. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, Washington D.C.
9. Final report on Kathmandu Valley Urban Road Master Plan Development (JICA)-1993
10. Detailed Survey and Design for Road Projects. Roads in Kathmandu Valley, Package-1, Full bright Consultancy (Pvt) Ltd.

11. Websites :
- ♣ www.wikipedia.com
- ♣ www.dor.gov.np
- ♣ www.tfhrc.gov
- ♣ Encarta Encyclopaedia
- ♣ Google Earth

Predicting Young Drivers' Intention to Drive Exceeding the Speed Limit: An Application of Extended Theory of Planned Behavior

Paper Identification number:SCS11-019

Montira Ketphat[1], Dr. Kunnawee Kanitpong[2], Dr. Piyapong Jiwattanakulpaisarn[3]

Research Associate
Thailand Accident Research Center
Asian Institute of Technology
P.O. Box 4, Klong Luang, Bangkok, Thailand 12120, (66 2) 524-5522
Email: pae_pk16@hotmail.com

Assistant Professor
Transportation Engineering Program
Asian Institute of Technology
P.O. Box 4, Klong Luang, Bangkok, Thailand 12120, (66 2) 524-5513
Email: kanitpon@ait.ac.th

Transportation Engineer
Evaluation Group
Bureau of Planning, Department of Highways
Sri Ayutthaya Road, Ratchathevee District, Bangkok, Thailand 10400
Email: piyapong.ji@doh.go.th

ABSTRACT:

Road accidents are extremely attributed to driving violations, a behavior of drivers which is exceeding speed limits especially in young drivers. In this study, the efficacy of an extended theory of planned behavior was evaluated in the young drivers' (N=800) speeding behavior and intention to drive exceeding the speed limit prediction. The results show that young drivers' speeding behavior appears to be affected by perceived behavioral control, past behavior, personal norms, intention to exceed the speed limit, affective and evaluative attitude towards respecting the speed limit, and social support. It also found that the impact of personal norms is greater in the intention of drivers to drive exceeding the speed limit. Furthermore, the effect of socio-economic characteristics and the vehicle usage such gender, age, income level, university, and location of university etc. were significant with report to speeding indicating that young drivers are more likely to be speeding offenders. Interestingly, racing movies and racing also make important predictors to support drivers to drive exceeding the speed limit.

KEYWORDS:

Young drivers, Socio – economic, Speeding Behavior, Theory of planned behavior, Past behavior

Introduction

Traffic accidents cause both of waste of life and assets to Thai people tremendously. Each year there is more than 13,000 fatalities and uncountable number of injured people on the public road due to the traffic accidents. When considering the lost of economic, it can be assessed that the accidents on the road cause the lost of 232, 855million baht in 2007 (Department of Highways, 2007). It is well known that the factors contributing to road accident are road user, the vehicle, and the road and environment. According to the traffic accident statistics from The Royal Thai Police in 2009, it appears that three main causes of the road accident occurrences are exceeding of speed limit (16.7%),

Dangerous lane changing (15.3%) and driving too close to leading vehicle (8.7%). Speeding is an important issue in traffic accident research. One of reasons to study speeding behavior is that using high speed is a major cause of the fatality and injury on traffic accidents. Many research have been focus on the causes of accident. These researches indicate speeding as a feature of risky drivers' behavior and reckless driving formation (Vershuur et al., 2008; Steg, 2009). According to the statistics from The Royal Thai police during (2003-2009), it appears that the most important cause of traffic accidents is to drive exceeding speed limits. These trends of the causes of traffic accident are similarly in many years ago, and it tends to have the same tendency in the future. It is insisted that speed is the main cause of the road safety problem. Generally, speed is an essential contributory factor that related to road accidents. Using a higher speed increases the risk of an accident. The number of accidents depends on the age of drivers. Many research focus on teen and young drivers, because driving behavior of drivers in this age group are considered as risky driving. Many studies found that young drivers tend to drive faster than other age group of drivers (Fleiter et al., 2010; Strading and Meadow, 2001). Similar to the trend reported by the Bureau of Policy and Strategy (2009), drivers at age 15-24 years old have the higher risk of traffic accidents than other age group of drivers. Therefore, young drivers who intent to drive exceeding speed limits are the target group that should be taken into concern.

The theory of planned behavior

One social psychology model used to indentifying the human behavior is the Theory of Planned Behavior (TPB). The theory of planned behavior (TPB, Ajzen, 1991) was extended from the theory of reason action (TORA). According to the TPB model, the theory can be indicated as the best predictor of human's behavior. It provides potential predictors for identifying significant factors relating determination. This model assumes three conceptually independent determinant of intention. Firstly, attitude toward the behavior refers to the degree to which a person has a likable or unlikable evaluation or estimation of the behavior in question. Secondly, subjective norms refer to the normative expectation of others such family members and closed friends that are inspirationally to comply with their expectations. Finally, perceived behavioral control mention about a behavior which refers to the degree of human's feeling they can control and perceive the consequence of their behavior. The correlation of attitude toward the behavior, subjective norm and perceived behavioral control can uses directly to predict the intention which is the central factor in the theory of planned behavior model. It refers to the individual's intention to perform activities. Perceived behavioral control combines with behavioral intention can be used directly to estimate the behavior

The utility of the Theory of Planned behavior (TPB) and the Theory of Reason Action (TORA) have been used to describe human behavior in many field of study such as problem drinking, job search, leisure activities, and others. Within the field of traffic safety and injury prevention, most studies apply the ability of the TPB to observe the behavioral explanations. For example, to understand about drivers' speeding intention, the predictors within in TPB which are attitude, subjective norm and perceived behavioral control can be applied in order to investigate why drivers tend to drive with higher speed. However, the attitude, subjective norms and PBC have been proved that they are not enough to explain their behavior.

The additional predictors affecting drivers' speeding behavior

It is well known that the theory of planned behavior is the useful model for considering the human behavior. However, in the field of road traffic accident prevention, several factors are significant contribution to predict drivers' behavior. TPB constructs (attitude, subjective norms, and PBC) can be used to predict and explain drivers' behavior driving exceeding the speed limit, but the methodologies have not been applied in the validatory prediction for their behavior due to the lack of some related explainable factors. The purpose of the study intends to extend the theory of planned behavior constructs by adding additional predictors relating to young drivers' speeding behavior. The resent studies have been proved that past behavior, descriptive norm, and personal norm has the direct effect on intention. Furthermore, attitude towards behavior should be distinguished to affective attitude and evaluative attitude in order to achieve best understanding.

Affective attitude toward to the drivers' behavior refers to the negative or positive feeling obtained when the driver drive by exceeding the

speed limits while evaluative attitude toward the behavior refer to the consequence of exceeding the speed limits (Elliott and Thomson, 2010). Past behavior is the strongest predictor to predict the future behavior which are the contributory predictors affecting human's behavior (Forward, 2009). It means that people who usually perform some actions in the past, they tend to perform the similar manner in the future. The relationship between past behavior and future behavior is an evidence of the behavioral stability. In addition, past behavior predictor should be independent of the effects of existing predictors within TPB model. According to the previous studies, the behavior of drivers is imitated (Elliot, 2010). Descriptive norm can be considered as an important predictor of driver speeding behavior which refers to the behavior of drivers that are influenced by other road users. Personal norm refers to self-standard. For example, the driving behavior of others road users are good or bad in your opinion and the belief about driving skill of other drivers comparing with your driving skill (Pelsmacker and Janssens, 2007).

1 The aim of this study is to construct the related factors to measure the speeding behavior. The additional predictors should provide advantages in order to support the model for the better prediction and should be incorporated with each variable within the existing model. Firstly, this study proposes to determine the drivers' response to the speed enforcement tools such as post speed limits; traffic polices, and speed camera. The response to speed enforcement tools mentions about traffic device that can be enforced the drivers to respect and comply with the traffic regulation such as traffic polices, warning signs and speed limit signs. There are many devices which are considered as factor influencing on drivers' speed selection. Firstly, speed warning signs which are usually seen beside the street shoulders and highways. Warning signs emphasize for painting in eye-catching brighter colors in order to alert and inform drivers about the road environment, hazarded location, risky conditions (e.g. curvatures, etc.) and working zones. Secondly, the presence of speed limit signs are a controlling tool supported drivers to perceive and observe the legal speed. These signs indicate the maximum speed allowed by regulation for each type of road user in each specific road area. The designed speed limit is considered as a significant factor such as vehicle types, land-use, etc. Each route has a different posted speed limit which is enforced by the governing agency. Many previous research have studied about the influence of traffic signs on road drivers It found that traffic signs are not able to emphasize drivers' speeding behavior (Charlton, 2007; Daniel et al., 2010). Secondly, the social support, this study would like to indicate the degree of drivers' belief when receive some comments or suggestions from others and evaluate the speeding behavior when they drive with passenger in their car. Therefore, this model assumes nine conceptually independent determinant of intention which can be constructed as shown in the **figure 1**.

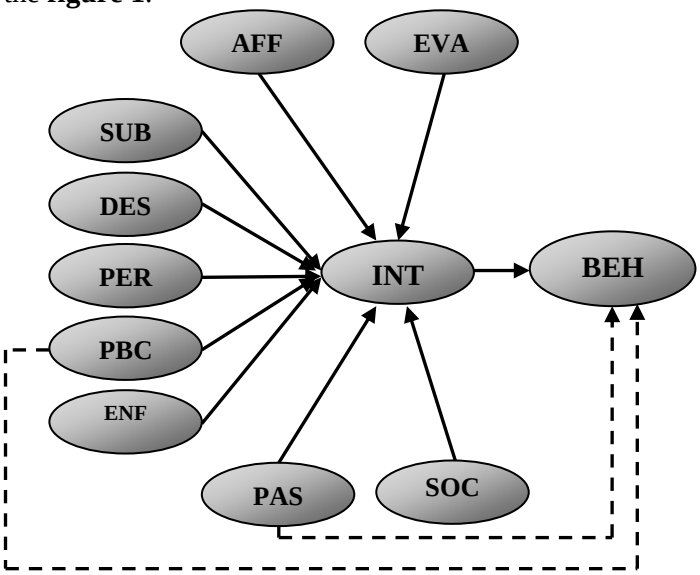


Figure 1 Young drivers' speeding behavior model.

Methodology

The study aims to focus on private car drivers aged between 18-25 years old who intent to drive exceeding the speed limit, because drivers in this age group are more likely to have risky driving behavior, and tends to have more speeding-related accidents than other aged groups. 800 samples are collected from universities within Bangkok and suburban provinces.

Data collection

All of samples are randomly collected on car and pick-up drivers. The numbers of young drivers are classified by type of university (public or private university), location of these university (urban or suburban areas), level of family's income (medium (household income is 15,000 – 100,000 baht per month) or rich (household income more than 100,000 bath per month), and years of driving

experience (less than or higher than 3 years). In sum, 800 participants were collected using the questionnaire, 50 participants per group. 59.6% of participants were male, 29.6% are studying at public university, and 30% are studying at private university. 40.4% were female, 20.4% are public university's student.

Questionnaire design

Questionnaires were used to measure the predictors of the extended TPB vehicle usage and socio-economic characteristics. The questionnaire consists of 5 sections. In the first section, the questions are related to drivers' characteristics which are age, gender, name of university and household income. In the second section, it questions about driving experience and vehicle usage (vehicle type, vehicle brand, ages of vehicle, years of driving experience, experience of receiving speeding ticket, and experience of involving in traffic accidents). In the third section, participants were asked about your information of speed limit in urban roads, rural roads, and toll ways and the average speed that using in these roads. The section five is the question about the frequency that you attending in activities influencing to speeding behavior. The questions in the last section are the questions that construct to measure the extended TPBs' predictors related to driving behavior. All questions were measure using five-point (1–5) Likert's scale.

Analysis of speeding behavior influenced by the drivers' socio-economic characteristics

According to the driving speed using within urban area , the coefficients of independent variables "gender, age, type of university, university's location, income level, frequency of racing movies viewing, frequency of racing viewing , and Affective attitude towards respecting the speed limit are statistically significant at 1-10%. It was found that female drivers are more likely to drive faster than male drivers. Drivers who are studying in private university especially university locating within suburban areas tend to drive with high speed. Drivers with high income are more likely to drive faster than drivers who have lower income. Drivers who have high frequency of racing or racing movies viewing tend to drive with higher speed when compared to drivers in others group, and they have negative affective attitude towards respecting the speed limit.

For Urban areas,

$$Speed=112.9-3.915(GEN)–1.262(AGE)+5.042(UNI)+4.120(ULO)+3.502(INC)+3.060(MOV)+3.773(RAC) – 3.156 (AFF)$$

The results of driving speed within suburban areas shows the evidence that independent variables which are age, type of university, income level, driving license holding, experience of receiving speeding ticket, frequency of racing viewing, frequency of racing movies viewing, and affective attitude towards respecting the speed limit shows the significant level at 1-10%. Younger drivers tend to drive with high speed. Drivers who usually drive with high speed report having driving license and having an experience of receiving speeding ticket. It is possible that driving license may contribute their speeding confident. Similar to the driving speed that using within Urban areas, drivers who are studying at private university, drivers with high income, driver who has frequency of racing and racing movies viewing, and driver who has negative affective attitude towards respecting the speed limit are more likely to drive with higher speed when compared to drivers in other groups.

For suburban areas,

$$Speed=133.5–1.077(AGE)+4.770(UNI)+5.671(INC)+3.386(LIC) + 5.388(TIC) + 3.686(MOV) + 3.854(RAC) – 5.280(AFF)$$

For driving speed using in toll roads, the coefficients of independent variables "gender, university's location, income level, experience of receiving speeding ticket, experience of involving in accident due to fast driving, frequency of racing movies viewing, frequency of racing viewing, affective attitude towards respecting the speed limit, and evaluative attitude towards respecting the speed limit are significant factors at 1-10%. Male drivers tend to drive faster than females drivers (Brait et al., 2008). Driver who are studying at university locating within suburban areas are reported to be speeding offenders when compared to students of university within urban areas. Young drivers with high household income are more likely to drive with high speed in toll roads and all types of road. Drivers who usually drive with higher speed are reported that they have experience of

receiving speeding ticket, experience of involving in accident due to fast driving, and report more frequency of racing movies and racing viewing. They have negative affective and negative evaluative attitude towards respecting the speed limit.

For toll roads,

Speed=127.57+3.851(GEN)+4.318(ULO)+4.005(INC)+

6.789(TIC)+4.588(ACC)+3.842(MOV)+7.537(RAC)–

4.630(AFF) – 1.521(EVA)

Analysis of speeding behavior using an application of extended theory of planned behavior

The test of hypothesized model that is driving behavior (BEH) can be predicted by 8 exogenous variables via intention (INT), and also directly predicted by PAS and PBC. For this analysis, the summaries of results provide a quick overview of the model for the purpose that whether the model is identified. There are 253 distinct sample moments, 84 parameters to be estimated, 169 degree of freedom, and Chi-square value is 548.315 with probability level at 0.000. The hypothesized model fits the data quite well. CMIN/DF = 3.244, which is very close to the recommended value of 3 (Schreiber et al., 2006). The Root Mean square Residual (RMR) of 0.043 is below the upper limit value of 0.05 as recommended by Byrne (2010). Goodness of Fit Index (GFI) = 0.942 and Adjusted GFI (AGFI) = 0.914 are both higher than 0.9 which represent the well fitting model (Hu and Bentler 1999). The next criteria of model fit indices relate to baseline comparisons. Normed Fit Index (NFI), Incremental Fit Index (IFI), Tucker Lewis Index (TLI), and Comparative Fit Index (CFI) should close to 0.95 which indicate superior fit. According to the model fit summary, the value of NFI, IFI, TLI, and CFI are close to 0.95 as suggested by Hu and Bentler 1999. Thus, all of indexes in baseline comparison criteria can be considered as well fitting. The next set of model fit summary focuses on Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA). Byrne (2010) has recommended a value of 0.06 to be a better fit between a set of observed data and the hypothesized model. In conclusion, this hypothesized model fit the observed data reasonably well based on the basis of all indexes presenting in goodness of fit summary.

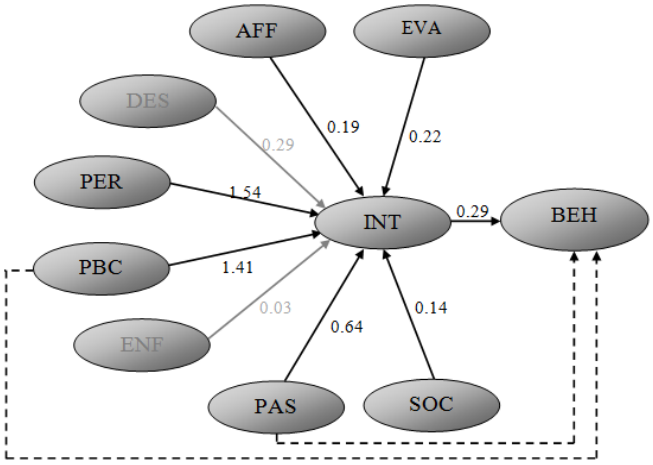


Figure 2 Path analysis of the young drivers' model

The path diagram related to the evaluation of hypothesized model is showed in **figure 2**. Most of the factors are significant estimators and have direct and indirect impact on speeding behavior. Based on the results as shown in **table 1**, it appears that three main factors affect intention to drive exceeding speed limit (INT) are personal norms (1.544), perceived behavioral control (1.410), and past behavior (0.641). Evaluative attitude (EVA), affective attitude (AFF), and social support (SOC) have a less importantly effect on intention (INT). Both Descriptive norms (DES) and the response to speed enforcement tools (ENF) are not significant influencing on intention. Driving behavior (BEH) is directly affected by past behavior (0.496) following by perceived behavioral control (0.428), and intention (0.293).

Table 1 Direct effect in the hypothesized model.

Factors	Impact on	Size of effect	S.E.	C.R.	p-value
1. (PER)	INT	1.544	0.864	1.787	*
2. (PBC)	INT	1.410	0.494	2.853	***
3. (PAS)	INT	0.641	0.110	5.817	***
4. (EVA)	INT	0.220	0.099	2.226	**

5. (AFF)	INT	0.198	0.097	2.035	**
6. (SOC)	INT	0.144	0.073	1.967	**
7. (DES)	INT	0.296	0.329	0.900	0.368
8. (ENF)	INT	0.034	0.049	0.688	0.492
9. (PAS)	BEH	0.496	0.091	5.433	***
10. (PBC)	BEH	0.428	0.428	0.085	***
11. (INT)	BEH	0.293	0.293	0.139	**

When considering the total effects of all factors on driving behavior, most of the factors play a significant role in the hypothesized model and have an indirect and/or direct impact on speeding behavior (**table 2**). Driving behavior appears to be mainly affected by perceived behavioral control, PBC (total effects loadings of 0.841). Perceived behavioral control influences speeding behavior directly and indirectly, through intention to drive exceeding speed limit (INT). Past behavior is the second most important predicting factor of speeding behavior (total effects loading of 0.683). Past behavior also has direct and indirect impacts on speeding behavior similar to perceived behavioral control factor. The third most significant factor of speeding behavior is personal norm, PER (0.452), followed by the intention to speed, INT (0.293). The personal norm affects speeding behavior indirectly through its influence on intention to speed. In total, the affective attitude towards respecting the speed limit (AFF), Evaluative attitude towards respecting the speed limit (EVA), and social support (SOC) have a far less substantial impacts on speeding behavior than perceived behavioral control (PBC), past behavior (PAS), personal norm(PER), and intention to drive exceeding speed limit (INT). The hypothesized factor that does not play an important role in the hypothesized model estimation is the response to speed enforcement tools (ENF) and descriptive norm (DES).

Table 2 total effect of speeding behavior predictors

Multiple group analysis

This part set out to increase understanding of the impact of each factors on different subgroups. The advantages of this result may use for road safety campaign and management in a number of way such as policy making. In this study, the group of university, location of university, household income, and driving experience are separated for evaluating the effects of each factor. It appear that perceived behavioral control (PBC), evaluative attitude respecting the speed limit (EVA), social support (SOC) and intention to drive exceeding speed limit (INT) are significant influencing on drivers who are studying at public university but are not impacting on drivers of private universities. Similarly, these factors also influence on drivers with high household income.

Factors	Direct effects	Indirect effects	Total Effects
1. (PBC)	0.428	0.413	0.841
2. (PAS)	0.496	0.188	0.683
3. (PER)	0.000	0.452	0.452
4. (INT)	0.293	0.000	0.293
5. (AFF)	0.000	0.058	0.058
6. (EVA)	0.000	0.064	0.064
7. (SOC)	0.000	0.042	0.042

Perceived behavioral control (PBC), affective attitude towards respecting the speed limit (AFF), and past behavior (PAS) make important significant factor on drivers who have less driving experience (less than 3 years), but have no influence on drives who have more driving experience. Interestingly, both past behavior (PAS) and perceived behavioral control (PBC) affect speeding behavior indirectly through its influence on intention to exceeding speed limit (INT), and also affect directly on speeding behavior (BEH) in all different groups.

Summary and discussion

Influencing factors affecting speeding behavior

The results of this study shows the evidence that household income level, frequency of racing movies viewing, frequency of racing viewing, and affective attitude towards respecting the speed limit are statistically significant at 1-10% level in all types of roads. Drivers with high income are more likely to drive with high speed. This result supports many previous studies which demonstrate that drivers who have higher income are more likely to be speeding offenders, and tend to drive with higher speed when comparing with drivers who have lower household income (Shinar et al., 2001; Karlaftis et al., 2003). Drivers were asked about their attitude towards respecting the speed limit by asking: “driving close to or lower than 80 km/h makes me nervous (Affective attitude) and

driving fast makes me safe time (Evaluative attitude)". This analysis shows that driver who has negative affective attitude respecting the speed limit tend to drive with high speed. It is possible that the drivers in this group does not realize about posted speed limit or may think that speed limit is too low. Both racing movies and racing viewing were indirectly related to intention to speed. It is possible that the viewings of racing or racing movies are marker for their lifestyle. Furthermore, drivers who usually drive with higher speed are reported that they have experience of receiving speeding ticket (Mannering, 2008) because they usually drive with speed faster than speed limit. Interestingly, this analysis opposes the finding of previous research which argue that male drivers are more likely to speed as fast driving comparing to female drivers (Mannering, 2008; Beullens and Bulck (2008); Braitman et al., 2008). The finding of this study shows that female drivers tend to drive faster than males when driving within urban areas, but drive slower than male drivers if driving in other areas.

Effects of traditional TPB predictors on young driving behavior

According to the theory of planned behavior, speeding behavior can be predicted by attitude, subjective norms, and perceived behavioral control via intention, and also directly predicted by perceived behavioral control. Attitude towards behavior is distinguished to affective attitude and evaluative attitude in order to achieve best understanding (Ajzen, 1991). The finding of this study confirms the impact of both affective and evaluative attitude and perceived behavioral control on speeding behavior (Victoir et al., 2005; Letirand and Delhomme, 2005; Warnner and Aberg, 2006; Elliott et al., 2007; Wanner and Aberg, 2008; Paris and Broucke, 2008; Elliott, 2009). Speeding behavior appears to be mainly affected by perceived behavioral control which both directly and indirectly predictor. This evidence confirms previous observation done by Poutter et al. (2008). Therefore, it can be argued that affective and evaluative attitude towards respecting the speed limit and perceived control about speeding are statistically predictors of the intention to speeding. However, this finding oppose those results which are reported that subjective was significant determinants of speeding behavior. The path analysis of this hypothesized model shows that subjective norms are not significant influencing impact on young speeding behavior. In other words, family members and/or friends are not influencing young drivers' speed selection. It is possible that drivers may select driving speed depend on their felling and ability of driving control, but they does not follow the speeding behavior of their family and friends.

Effects of additional predictors on young driving behavior

Although the prediction of speeding behavior using the theory of planned behavior (TPB) has been successful in speeding behavior description. However, the TPB constructs have not been applied in the validatory prediction for drivers' speeding behavior due to the lack of some explainable factors related to speeding behavior. The attitude, subjective norms and PBC have been proved that they are not enough to explain their behavior. In recent times, many studies suggest some additional constructs to predict drivers' speeding behavior and intention to drive exceeding speed limits. In this study, past behavior, personal norm, descriptive norm are evaluated to confirm the finding of these studies. The hypothesized model confirms the influence of personal norm and past behavior on young speeding behavior (Pelsmacker and Janssens, 2007; Elliott and Thomson, 2010). Past behavior can be used to predict both intention to exceeding speed limit and speeding behavior, and it made the large influence on speeding behavior (Elliott and Thomson, 2010) inferior to perceived behavioral control. Intention to exceeding speed limits is mainly effected by personal norms (Victoir et al. 2005). Furthermore, personal norms are also affecting on speeding behavior as the third important factors. The finding of this analysis opposes the consequence of previous research (Forward, 2009; Elliott and Thomson, 2010) which reported that descriptive norms were significant predictor affecting intention to exceeding speed limits. According to the results of this study, descriptive norms are not significant influencing on intention. It is possible that other drivers affect young speeding in some situations. In other words, other drivers (descriptive norms) cannot change the speeding behavior but it can be influenced on speed selection. For example, young drivers who usually drive exceeding speed limit may drive slowly because they follow the speed of vehicles in front of their car. This study aims to extend some explainable predictors related to speeding behavior into the TPB model. Two

predictors were added based on the influencing factors related to speeding behavior as described in chapter 2: The response to speed enforcement tools and social support. Social support has an impact on young drivers' speeding behavior. However, it is evidence that the impact of social support is less than all of other significant predictors. The response to speed enforcement tolls does neither significant influence intention to exceed speed limits nor speeding behavior. This is possibly due to the fact that young drivers may reduce their speed when passing the speed enforcement tools such as speed enforcement zone and increase speeding after passing these tools. The presence of speed enforcement tool is not influencing on young drivers. It may change their speed in sometimes. Therefore, speed enforcement tools cannot change young drivers' speeding behavior.

Abbreviations

GEN = Gender

AGE = Age (years)

UNI = University location

ULO = University's

INC = Household income

LIC = Driving license

TIC = Experience of receiving speeding ticket

ACC = Past accident

RAC = Racing movies

RAC = Racing viewing

References

Ajzen, I. (1991). The Theory of planned Behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50, 179-211.

Beullens, K. and Bulck, J.V. (2008). News, Music videos and action movie exposure and adolescents' intentions to take risk in traffic. Accident Analysis and Prevention 40, 349-356.

Braitman, K.A., Kirley, B.B., McCartt, A.T. and Chaudhary, N.K. (2008). Crachs of novice teenage drivers: Characteristics and contributing factors. Journal of Safety Reasearch 39, 47-54.

Byrne, B.M. (2010). Structural Equation Modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming. Routledge Taylor & Francis Group.

Charlton, S. (2007). The role of attention in horizontal curves: a comparison of advance warning, delineation, and road marking treatments. Accident Analysis and Prevention 39, 873-885.

Daniels, S., Vanrie, J., Dreesen, A. and Brijs, T. (2010). Additional road markings as an indirection of speed limits: Results of a field experiment and a driving simulator study. Accident Analysis and Prevention 42, 953-960.

Elliott, M.A. (2009). Predicting motorcyclists' intentions to speed: Effects of selected cognitions from the theory of planned behavior, self-identity and social identify. Accident Analysis and Prevention.

Elliott, M.A. and Thomson, J.A. (2010). The social cognitive determinants of offending drivers' speeding behavior. Accident Analysis and Prevention.

Elliott, M.A., Armitage, C.J. and Baughan, C.J. (2007). Using the Theory of Planned Behavior to predict observed driving behavior. British Journal of Social Psychology 46, 69-90.

Fleiter, J.J., Lennon, A. and Watson, B. (2010). How do other people influence your driving speed? Exploring the 'who' and the 'how' of social influences on speeding from a quantitative perspective. Transportation Research Part F 13, 49-62.

Forward, S.E. (2009). The Theory of Planned Behavior: The role of descriptive norms and past behavior in the prediction of drivers' intention to violate. Transportation Research Part F 12, 198-207.

Karlaftis, M.G., Kotzampasssakis, L. and Kanellaidis, G. (2003). An empirical investigation of European drivers' self-assessment. Journal of Safety Research 34, 207-213.

Letirand, F. and Delhomme, P. (2005). Speed behavior as a choice between observing and exceeding the speed limit. Transportation Research Part F 8, 481-492.

Mannering, F. (2009). An empirical analysis of driver perceptions of the relationship between speed limits and safety. Transportation Research Part F 12, 99-106.

Paris, H. and Broucke, S.V. (2008). Measuring cognitive determinants of speeding: An application of the Theory of Planned Behavior. Transportation Research Part F 11, 168-180

Pelsmacker, P.D. and Jenssens, W. (2007). The effect of norms, attitude and habit on speeding behavior: Scale development and

model building and estimation. Accident Analysis and Prevention 39, 6-15.

Poulter, D.R., Chapman, P., Bibby, P.A., Clarke, D.D. and Crundall, D. (2008). An application of the theory of planned behavior to truck driving behavior and compliance with regulations. Accident Analysis and Prevention 40, 2058-2064.

Schreiber, J.B., Stage, F.K., King, J., Nora, A. and Barlow, E.A. (2006). Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: A review. Heldref Publications.

Shinar, D., Schechtman, E., Compton, R. (2001). Self-reports of safe driving behaviors in relationship to sex, age, education and income in the US adult driving population. Accident Analysis and Prevention 33, 111–116.

Steg, L. and Brussel, A.V. (2009). Accidents, aberrant behavior, and speeding of young moped riders. Transportation Research Part F 12, 503-511.

Stradling, S., and Meadows, M. (2001) Young driver attitudes. UK: Department for Transport.

Verschuur, L.G. and Hurths, K. (2008). Modeling safe and unsafe driving behavior. Accident Analysis and Prevention 40, 644-656.

Victior, A., Eertmans, A., Bergh O.V., and Brouck S.V. (2005). Learning to drive safety: Social-cognitive responses are predictive of performance rated by novice drivers and their instructors. Transportation Research Part F 8, 59-74.

Warner, H.W. and Aberg, L. (2006). Drivers' decision to speed: A study inspired by the theory of planned behavior. Transportation Research Part F 9, 427-433.

Warner, H.W. and Aberg, L. (2008). Drivers' belief about exceeding the speed limits. Transportation Research Part F 11, 376-389.

แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (1ระบบทางด่วนขั้นที่)และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

ACCIDENT PREDICTION MODEL ON EXPRESSWAYS: A CASE STUDY OF THE FIRST AND SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEMS

Paper Identification number:SCS11-020

สุทธิชัย งามจันทร์[1] และผศ.ดร.ธิรยุทธ ลิมานนท์[2]

Suttichai ngamchan AndAsst.Prof.Thirayoot Limanond,Ph.D.,

[1] ภาควิชาวิศวกรรมขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์ 044-224238 โทรสาร 044-224238
E-mail: suttichai.p@hotmail.com

[2] ภาควิชาวิศวกรรมขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์ 044-224238 โทรสาร 044-224238
E-mail: tlimanond@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ และพัฒนาแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ 5 ปี ระหว่าง วันที่ 1 มกราคม 2548 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2552 สำหรับตัวแปรอุบัติเหตุที่วิเคราะห์ในการศึกษามี 5 ตัวแปร ได้แก่จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต จำนวนรายผู้เสียชีวิตและจำนวนรายผู้บาดเจ็บ ตัวแปรอิสระประกอบด้วย ความกว้างของผิวทาง ความกว้างของไหล่ทาง องศาโค้งราบ ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่งขึ้น ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่งลง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก และช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การสร้างแบบจำลองการถดถอยทวินามแบบลบ

ผลการศึกษาพบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดบริเวณทางเชื่อมต่อต่างๆไม่ว่าจะเป็นกรณีทางแยกต่างระดับ จำนวนทางเชื่อมต่อ หรือจุดทางเข้าออก ซึ่งพบว่ามีนัยสำคัญสูงสุดในแบบจำลอง ผลให้เกิดอุบัติเหตุทั้ง แบบไม่รุนแรง และรุนแรง ดังนั้นเพื่อ ยกระดับความปลอดภัยในการออกแบบหรือปรับปรุงโครงการ ควรพิจารณาถึงจุดเหล่าอย่างรอบคอบไม่ว่าจะเป็น ระยะป้ายบอกทาง ระยะของทางเบี่ยงเข้าออก อุปกรณ์บังคับรถให้อยู่ในช่องทางหรือแสงไฟฟ้าส่องสว่างฯลฯ

คำสำคัญ: อุบัติเหตุ หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงอาจมีคนตาย บาดเจ็บ หรือเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน 1, อุบัติเหตุที่มีการสูญเสียชีวิต หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้คนตาย อาจมีคนบาดเจ็บ หรือทรัพย์สินเสียหายด้วยก็ได้ เช่น อุบัติเหตุเกิดขึ้นแล้วครั้งหนึ่งมีคนตาย 10คน บาดเจ็บ 12คน ถือว่าเป็นอุบัติเหตุที่เกิดความตายเพียง 1ราย 2, อุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้คนบาดเจ็บ 3, อุบัติเหตุที่เกิดการ

เสียหาย หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้ทรัพย์สินเสียหายเท่านั้น 4, อัตราการเกิดอุบัติเหตุ หมายถึง จำนวนรายการเกิดอุบัติเหตุต่อตัวแปรต่างๆ ที่นิยมมาเปรียบเทียบตามหลักสากล 5

Abstract

The objectives of this research are to investigate the factors that influence accident occurrences, and to develop accident prediction models for the first and second-staged expressway systems. The study analyzed the 5-year historical accident data between 1 January 2005 and 31 Decembers 2009. Several dependent variables were analyzed in this study, including the total number of accidents, injury accidents, and fatal accidents, as well as the total number of injuries and fatalities. The independent variables are primarily geometric characteristics of the freeways, composing of pavement and shoulder width, degree of the horizontal curve, vertical gradient, the number of connecting off-ramps and on-ramps, whether the section is an interchange, the section before an interchange, the section after the interchange, the section before an on-ramp, and the section after an off-ramp. This study used negative binomial regression modeling technique for investigation.

The study found that the accidents mainly occur at connection locations such as an interchange, the number of connecting off-ramps and on-ramps, the section off-ramps and on-ramps these variables are significant to the models. The accident resulted in both severe and mild, so to promote safety in the design or improve the project. Consider these points carefully whether long-term vision. The length of the sing a byroad, a crossroad, a crossing. Accessories car to compel, located in the tunnel or electric light to be brightly, etc.

Keywords: Traffic Accident 1, Fatal Accident 2, Injury Accident 3, Damage Accident 4, Accident Rate, AR 5

1. คำนำ

การเดินทางและการขนส่งมีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ จึงก่อให้ เกิดรูปแบบการเดินทางและโครงข่ายการขนส่งเพื่อรองรับความต้องการและอำนวยความสะดวกในการเดินทาง ถ้าโครงข่ายการขนส่งมีประสิทธิภาพ ผู้เดินทางได้รับความสะดวกรวดเร็ว และ มีความปลอดภัย แต่หากโครงข่ายการขนส่งมีปัญหา เช่น เกิดอุบัติเหตุจราจร เหตุการณ์ยวดยานขัดข้อง ผิวจราจรมีความเสียหายหรือมีน้ำท่วมขัง ฝนตกหรือมีหมอก เป็นต้น เหตุการณ์เหล่านั้นทำให้ผู้ใช้ทางมีเวลาการเดินทางเพิ่มขึ้น ซ้ำร้ายหากผู้ใช้ทางเป็นผู้ประสบเหตุเอง อาจมีทรัพย์สิน เสียหาย ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งมี ผลกระทบต่อสังคมส่วนรวม

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

อุบัติเหตุทางถนนเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญทางเศรษฐกิจและสังคมของโลก ในทุกๆ ปี จะมีผู้เสียชีวิตและได้รับบาดเจ็บเป็นจำนวนมาก รวมถึงมูลค่าความเสียหายของทรัพย์สินที่เกิดจากอุบัติเหตุทางถนนก็มีมูลค่ามหาศาล ประเทศไทยซึ่งเป็นหนึ่งในประเทศกำลังพัฒนาของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีมูลค่าความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุทางถนนทั้งทางเศรษฐกิจและทางสังคมที่มีมูลค่ามหาศาลเช่นเดียวกัน การพัฒนาทางเศรษฐกิจที่รวดเร็ว กลับทำให้ปัญหาอุบัติเหตุทางถนนทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งรวมถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณยานพาหนะ ปัญหาเหล่านี้ย่อมส่งผลโดยตรงต่อปัญหาทางสาธารณสุขศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ โดยภาพรวมของประเทศ จากสถิติพบว่า ประชากรไทยเสียชีวิตประมาณ 130,000 คน จากอุบัติเหตุทางถนนในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา และมากกว่า 500,000 คน ได้รับบาดเจ็บหรือกลายเป็นบุคคลทุพพลภาพจากปัญหาดังกล่าว (Sweroad, 1997) อุบัติเหตุทางถนนจึงกลายเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเสียชีวิต จากการรายงานของกระทรวงสาธารณสุข เนื่องจากปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นปัญหา ที่สร้างความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจและเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง มีแนวโน้มที่ทวีความรุนแรงขึ้น

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กรณีการศึกษาเป็นการทดสอบสร้างแบบจำลอง 2 วิธีคือ การวิเคราะห์การถดถอยแบบ ปัวซอง (Poisson Regression) และการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามแบบลบ (Negative Binomial Regression) เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยที่ตัวแปรศึกษาหรือตัวแปรตามเป็นตัวแปรจำนวนนับที่มีการแจกแจง ปัวซอง (Poisson Regression) ที่มีค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติฐานเบื้องต้นของตัวแบบ ส่วนตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ หรือตัวแปรเชิง

ปริมาณโดยนำเสนอการแจกแจงทวินามแบบลบ ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.1 ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ

การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบ เป็นตัวแปรที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกรณีที่ตัวแปรตามเป็นข้อมูลจำนวนนับที่มีลักณษะการแจกแจงปัวซองที่มีค่าความแปรปรวนสูงกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้นของตัวการถดถอยปัวซอง ตัวแปรการถดถอยทวินามแบบลบมีหลายรูปแบบตามลักณษะของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน และตัวแปรที่ใช้กันทั่วๆ ไปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ถ้ามีตัวแปรอิสระ p ตัว $(X_1, X_2, ..., X_p)$ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y โดยที่ความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น เมื่อตัวแปรตามเป็นจำนวนนับที่มีการแจกแจงทวินามแบบลบ นั่นคือ

$$\begin{array}{ll} (Y_1, & X_{11}, X_{12}, ..., X_{1p}) \\ (Y_2, & X_{21}, X_{22}, ..., X_{2p}) \\ & \vdots \\ & \vdots \\ (Y_n, & X_{n1}, X_{n2}, ..., X_{np}) \end{array}$$

จากข้อมูล:

โดยที่ $Y \sim NB(\mu, \alpha)$

ดังนั้น ตัวอย่างขนาด n สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y ที่มีการแจกแจงทวินามแบบลบกับตัวแปรอิสระ p ตัว ด้วยตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ ดังนี้

$$\mu_1 = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{12} + ... + \beta_p X_{1p})$$
$$\mu_2 = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{21} + \beta_2 X_{22} + ... + \beta_p X_{2p})$$
$$\vdots$$
$$\mu_n = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{n1} + \beta_2 X_{n2} + ... + \beta_p X_{np})$$

เขียนความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\underset{\sim}{\mu} = \exp(X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon})$$

โดยที่ $\underset{\sim}{\mu}$ เป็นเวกเตอร์แถวตั้ง ขนาด n ของค่าคลาดหวังตัวแปรตาม μ_i เมื่อ $i = 1, 2, ..., n$

X เป็นเมทริกซ์ของค่าตัวแปรอิสระ ขนาด n แถว และ $p+1$ หลัก

$\underset{\sim}{X}_i$ เป็นเวกเตอร์แถวนอนของค่าตัวแปรอิสระ ขนาด $p+1$

$\underset{\sim}{\beta}$ เป็นเวกเตอร์แถวตั้งของค่าพารามิเตอร์ ขนาด $p+1$ ที่มีสมาชิกที่ i เป็น β_i

และ $\underset{\sim}{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์แถวตั้งของค่าความคลาดเคลื่อน ขนาด n ที่มีสมาชิกที่ i เป็น ε_i

กำหนดให้ $\mu = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix}$ ขนาด $n \times 1$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{21} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & & & & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n1} & \cdots & X_{np} \end{bmatrix}$$ ขนาด $n \times (p+1)$

$$X_i = \begin{bmatrix} 1 & X_{i1} & X_{i2} & \cdots & X_{ip} \end{bmatrix}$$ ขนาด $1 \times (p+1)$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ . \\ . \\ . \\ \beta_p \end{bmatrix}$$ ขนาด $(p+1)\times 1$ และ $\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ . \\ . \\ . \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$

ขนาด $(p+1)\times 1$

จาก $Y \sim NB(\mu, \alpha)$

และ $E(Y_i = \mu_i ; i = 1,2,3,...,n)$

จะได้ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ

$$\underset{\sim}{\mu} = \exp(X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}) \qquad \text{..... (3.1)}$$

และสมการพยากรณ์ของการถดถอยทวินามแบบลบ

$$\underset{\sim}{\hat{\mu}} = \exp(X\underset{\sim}{\hat{\beta}}) \qquad \text{.....(3.2)}$$

จากสมการ (2.1) และ (2.2) สามารถจัดอยู่ในรูปเชิงเส้นได้ดังนี้

ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบในรูปแบบเชิงเส้น

$$\ln \underset{\sim}{\mu} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon} \qquad \text{.....(3.3)}$$

และสมการพยากรณ์ของการถดถอยทวินามแบบลบในรูปแบบเชิงเส้น

$$\ln \underset{\sim}{\hat{\mu}} = X\underset{\sim}{\hat{\beta}} \qquad \text{.....(3.4)}$$

จะได้

$$\begin{bmatrix} \ln \hat{\mu}_1 \\ \ln \hat{\mu}_2 \\ . \\ . \\ . \\ \ln \hat{\mu}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & ... & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{21} & ... & X_{2p} \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ 1 & X_{n1} & X_{n1} & ... & X_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ . \\ . \\ . \\ \hat{\beta}_p \end{bmatrix}$$

โดยที่ $\ln \hat{\mu}$ เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นค่าเฉลี่ยของตัวแบบ

นั่นคือ $\mu_i = E(Y_i) = \exp(\underset{\sim}{X}_i\underset{\sim}{\beta})$

และ $X\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าพารามิเตอร์

3.2 การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[1] การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหากรณีที่การวิเคราะห์การถดถอยป๊วซองเกิดปัญหาค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย (Overdispersion) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้นของตัวแบบการถดถอยป๊วซอง จากการประยุกต์ใช้ตัวแบบการถดถอยป๊วซองกับข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจากการขนส่งทางบกของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2537 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2546 พบว่า ค่าสถิติ Deviance/df มากกว่าหนึ่งเกิดปัญหา Overdispersion นั้นคือ ตัวแบบการถดถอยป๊วซองไม่เหมาะสมกับข้อมูล ดังนั้นจะประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบกับข้อมูล

[2] การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงทวินามลบทั่วไป พบว่า วิธีประมาณแบบสองโมเมนต์แรกและสัดส่วนศูนย์จะให้ค่า MSE ต่ำสุด ส่วนวิธีประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีประมาณแบบไคกำหลังสองต่ำสุด จะให้ค่า MSE ที่ใกล้เคียงกัน

[3] การศึกษาพัฒนาแบบจำลองคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงแผ่นดินประเภทสองช่องจราจรนอกเมืองที่สัมพันธ์กับลักษณะทางเรขาคณิตของทางหลวงโดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุระหว่างปี พ.ศ.2539 ถึง พ.ศ.2541 รวมทั้งสิ้น 3 ปี การวิจัยได้ทดลองใช้รูปแบบจำลองการถดถอยพหุคูณ แบบจำลองการถดถอยพัวซอง แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบและแบบจำลองการถดถอยลอกนอมอล ปรากฏว่าแบบจำลองการถดถอยป๊วซองเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้อธิบายเหตุการณ์อุบัติเหตุซึ่งมีลักษณะไม่ต่อเนื่องและมีข้อมูลกระจัดกระจายจากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่มีนัยสำคัญในการอธิบายจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่มีการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่มีการตายและอุบัติเหตุที่รถออกนอกถนน ได้แก่ ปริมาณการใช้รถความกว้างผิวทางและไหล่ทาง ความเร็วออกแบบ แนวทางราบและแนวทางดิ่ง เขตห้ามแซงและจำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร

[4] การศึกษาเรื่องอัตราอุบัติเหตุบนถนนในเขตนอกเมืองประเทศเคนยาและจาไมกา และใช้วิธี Multiple Linear Regression อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราอุบัติเหตุกับลักษณะทางเรขาคณิตของทาง พบว่าในประเทศจาไมกาที่ระดับนัยสำคัญ 5% ความกว้างถนนและ

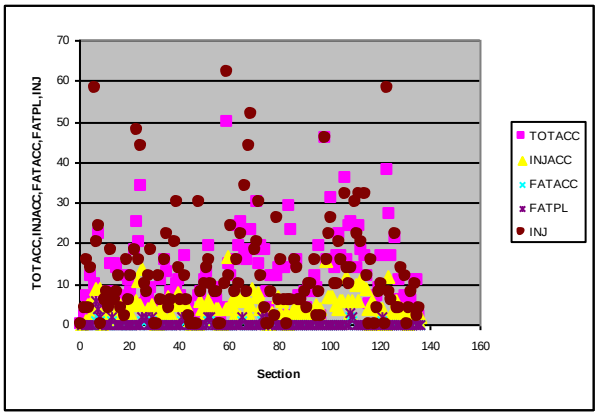
จำนวนจุดต่อเชื่อมต่อกิโลเมตรเป็นตัวแปรมีความสัมพันธ์ต่ออัตราอุบัติเหตุมากที่สุด

[5] อ้างงานวิจัยของ Chapman(1973) อธิบายแนวคิดที่สำคัญในการวิเคราะห์อุบัติเหตุ คือ แนวคิดเกี่ยวกับปริมาณการใช้รถ (Concept of exposure) แนวคิดนี้เพื่อเลี่ยงการตีความหมายผิดเกี่ยวกับสถานะของอุบัติเหตุ(Accident situations) เพราะจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นสูงไม่ได้หมายความถึงความน่าจะเป็น (Probability) สำหรับการเกิดอุบัติเหตุสูง เขาใช้คำจำกัดความของปริมาณการใช้รถเป็นจำนวนโอกาส(Opportunities) สำหรับการเกิดอุบัติเหตุที่ต้องเกิดขึ้นแน่นอน ในช่วงเวลาและพื้นที่ศึกษาที่กำหนด

[6] การศึกษาผลทางด้านความปลอดภัยของทางหลวงในการออกแบบความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทางและประเภทไหล่ทาง พบว่าเมื่อเพิ่มความกว้างช่องจราจรและความกว้างไหล่ทางจะทำให้อัตราอุบัติเหตุลดลง การขยายความกว้างช่องจราจรมีผลทางด้านความปลอดภัยมากกว่าการเพิ่มความกว้างไหล่ทาง

4. ผลการศึกษา

จากข้อมูลอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร(ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) เป็นเวลา 5 ปี ตั้งแต่ วันที่ 1มกราคม 2548ถึง วันที่ 31ธันวาคม 2552มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นทั้งหมด 1,722ครั้ง อุบัติเหตุเกิดการบาดเจ็บ 570ครั้ง อุบัติเหตุเกิดการเสียชีวิต 20ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิต 43ราย และจำนวนผู้บาดเจ็บ 1,818ราย



รูปที่4.1 การกระจายตัวของจำนวนลักษณะการเกิดอุบัติเหตุที่ เกิดขึ้นทั้งหมด กับจำนวนช่วงถนน

4.1 การการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม สำเร็จรูปทางสถิติ

จากข้อมูลของทางพิเศษ ศรีรัช ระบบทางด่วนขั้นที่ 2ทิศทาง AและB แบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 136ชุด ชุดละ 1กิโลเมตร สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยการพิมพ์คำสั่งใน Command Bar และCommand Document โดยคำสั่งมาตรฐานจะสั่งให้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ประมาณค่าสัมประสิทธ์ของแบบจำลอง Negative Binomial Regression คือและทำการตัดตัวแปรจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.10|P [|Z|>z] โดยจะคัดเลือกเอาค่าที่มากที่สุดออกไปที่ละตัว

4.1.1 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC12AB) มีหน่วยคือครั้ง/5ปี/กิโลเมตรจะได้สมการแบบจำลองดังนี้

$\hat{\mu}$ = *exp* [0.506+2.279+2.279ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ)IN(+0.240ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก)BKS(+0.264ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก)FKS]

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ IN มีค่าพารามิเตอร์เป็น บวก 0.506หมายความว่า ถ้ามีช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มจำนวนการเกิดจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.59 โดยที่ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก และช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก มีค่าคงที่ ตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันที่ระดับค่า $r^2 = 0.114$

ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก BKS มีค่าพารามิเตอร์เป็น บวก 0.240หมายความว่า ถ้ามีช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มจำนวนการเกิดจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.71โดยที่ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก และช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ มีค่าคงที่

ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก)FKS (มีค่าพารามิเตอร์เป็น บวก 0.264หมายความว่า ถ้ามีช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มจำนวนการเกิดจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.02 โดยที่ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก และช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ มีค่าคงที่

4.1.2 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) มีหน่วยคือ ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร จะได้สมการแบบจำลองดังนี้

$\hat{\mu}$ = exp [1.271+0.407ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ)IN (+0.292ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก)FKS]

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ IN มีค่าพารามิเตอร์เป็น บวก 0.407 หมายความว่า ถ้ามี ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.02โดยที่ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก มีค่าคงที่ และตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันที่ระดับค่า $r^2 = 0.076$

ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก FKS มีค่าพารามิเตอร์เป็น บวก 0.292 หมายความว่า ถ้ามี ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.39โดยที่ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก มีค่าคงที่

4.1.3 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC12AB) มีหน่วยคือ ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร จะได้สมการแบบจำลองดังนี้

$\hat{\mu}$ = exp [-2.280+0.807ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก)FKS(]

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก) FKS (มีค่าพารามิเตอร์เป็น บวก 0.807หมายความว่า ถ้าเป็นถนนมีช่วง 1กิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp) จะมีแนวโน้มการจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.41 โดยตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันที่ระดับค่า $r^2 = 0.023$

4.1.4 จำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ12AB) มีหน่วยคือ ราย/5ปี/กิโลเมตร จะได้สมการแบบจำลองดังนี้

$\hat{\mu}$ = exp [0.233+12.341ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร)RC0.618+ (ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ)IN]

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร RC มีค่าพารามิเตอร์เป็น บวก 0.233 หมายความว่า ถ้ามีทางเชื่อมต่อกิโลเมตร เพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มจำนวนรายผู้บาดเจ็บ เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.62โดยที่ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ มีค่าคงที่ และตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันที่ระดับค่า $r^2 = 0.079$

ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ IN มีค่าพารามิเตอร์เป็น บวก 0.618 หมายความว่า ถ้ามี ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ เพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้ม จำนวนรายผู้บาดเจ็บ เพิ่มขึ้นร้อยละ 18.55โดยที่ ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร มีค่าคงที่

4.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ตารางที่ 1 แสดง ร้อยละของการเกิดอุบัติเหตุเมื่อมีปัจจัยของปริมาณจราจรและเรขาคณิตเกิดเพิ่มขึ้นบนทางด่วนขั้นที่ 1และขั้นที่ 2

ตัวแปร	VOL %	RC %	IN %	BKS %	FKS %
TOTACC	-	-	16.603	12.712	13.021
INJACC	-	-	15.023	-	13.384
FATACC	-	-	-	-	22.412
INJ	-	12.629	18.522	-	-

จากตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดอุบัติเหตุเมื่อมีปัจจัยของปริมาณจราจรและเรขาคณิตเกิดเพิ่มขึ้นบนทางด่วนขั้นที่ 1และ ขั้นที่ 2การสร้างแบบจำลองถดถอย Negative Binomial Regression สามารถไปใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษศรีรัช อันจะทำการวิเคราะห์โครงการที่มีความถูกต้อง สมบูรณ์และน่าเชื่อถือ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางมากขึ้น

4.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10โดยถ้าหากมีทางออกในช่วงถนนนี้จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ12.662 โดยที่

จำนวนทางแยกต่างระดับและทางเข้า ไม่มีผลกระทบกับจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด

4.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากมีทางออกในช่วงถนนนี้จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.384โดยที่จำนวนทางแยกต่างระดับไม่มีผลกระทบกับจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ

4.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้ามีทางเข้าในช่วงถนนนี้จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.407

4.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้บาทเจ็บ (INJ12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากมีทางแยกต่างระดับในช่วงถนนนี้จะทำให้จำนวนผู้บาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ18.556 โดยที่จำนวนทางเชื่อมไม่มีผลกระทบกับจำนวนผู้บาดเจ็บ

5. สรุปผลการศึกษา

การสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอุบัติเหตุมีความสำคัญในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางด่วน แบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองทางสถิติ (Statistical model) ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางด่วนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางเรขาคณิตของทางด่วนและปริมาณการจราจร อันจะนำไปใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางด่วน เพื่อทำการวิเคราะห์ปรับปรุงโครงการที่มีความถูกต้อง สมบูรณ์และน่าเชื่อถือ ให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางมากขึ้นการวิเคราะห์ในงานวิจัยฉบับนี้ได้สรุปหัวข้อผลการศึกษาและข้อเสนอแนะซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ ปัจจัยด้านเรขาคณิตที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วน และสร้างแบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุบนทางด่วน

5.1 สภาพพื้นที่การศึกษาในการสร้างแบบจำลอง

งานวิจัยฉบับนี้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุจากการรายงานอุบัติเหตุบนทางด่วนของศูนย์แจ้งอุบัติเหตุการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1มกราคม พ.ศ 2548 .ถึงวันที่ 31ธันวาคม พ.ศ 2552 .รวมเป็นเวลา 5ปีเต็ม การศึกษามี 2เส้นทางคือทางพิเศษเฉลิมมหานครระยะทางรวม 30.1 กิโลเมตร และทางพิเศษศรีรัช ระยะทางรวม 39.2 กิโลเมตร โดยแยกข้อมูลอุบัติเหตุช่วงละ 1กิโลเมตร และทิศทางไป (A) ทิศทางกลับ (B) รวมทั้งหมด 136ชุดข้อมูล

กลุ่มข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุมีทั้งหมด 3,245เหตุการณ์ แยกเป็น 5ประเภทได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC) 1,745 ราย จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC) 584ราย จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC) 20 ราย จำนวนรายผู้เสียชีวิต (FATPL) 43 คน และจำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ) 1,870 คน

ตัวแปรอิสระเป็นกลุ่มข้อมูลทางเรขาคณิตของถนน ได้แก่ ความกว้างของผิวทาง (PW) ความกว้างของไหล่ทาง (SW) องศาโค้งราบ (HC) ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวขึ้น (VCU) ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวลง (VCD) จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ (BKIN) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ (FKIN) ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (FKS) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (BKS) และปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (VOL)

5.2 ผลการสร้างแบบจำลองและการวิจารณ์ผล

การศึกษาแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุกรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษศรีรัช จำแนกเป็น 5 กลุ่มคือจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC) จำนวนรายผู้เสียชีวิต (FATPL) และจำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ) แต่ละกลุ่มใช้วิธีการสร้างแบบจำลองถดถอย Negative Binomial Regression

5.2.1) Model ทางด่วนขั้นที่ 1ทิศทาง A และB

TOTACC (1)Ln Y=2.076+0.390FKS

INJACC (1) Ln Y=1.209+0.444FKS

ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก มี อิทธิพลสูงสุดต่อการเกิดอุบัติเหตุใน 2กลุ่ม ได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ การออกแบบทางเข้าถนนอาจมีระยะทางเข้าที่กระชันชิด หรือป้ายบอกทางที่อาจสังเกตยากสำหรับผู้ที่ยังไม่คุ้นเคยกับเส้นทาง ในการออกแบบโครงการควรมีการพิจารณาถึงจุดเข้าออกเป็นสำคัญ

5.2.2) Model ทางด่วนขั้นที่ 2ทิศทาง A และB

TOTACC(2) LnY=1.932+7.475VOL+0.432IN

INJACC(2) LnY=0.943+5.1636VOL+0.453IN

FATACC (2) LnY=-3.178+1.569FKS

INJ (2) LnY=1.688+8.690VOL+0.643IN

ปริมาณการจราจร และช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ มี อิทธิพลสูงสุดต่อการเกิดอุบัติเหตุใน 3 กลุ่ม ได้แก่จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนผู้บาดเจ็บ ส่วนช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก มีอิทธิพลสูงสุดต่ออุบัติเหตุที่มีการสูญเสียชีวิต เส้นทางสายนี้มีอุบัติเหตุเนื่องจากมีการจราจรหนาแน่น มีทางเข้าและออกกระชั้นชิดกันมาก ส่วนส่วนกิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก ทำให้อุบัติเหตุมีความรุนแรง การออกแบบโครงการควรมีการพิจารณาถึงปริมาณการจราจรให้มีความสัมพันธ์กับสะพานต่างระดับและการออกแบบควรคำนึงถึงจุดออกจากทางเพื่อลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ

5.2.3) Model ทางด่วนขั้นที่ 1และ 2ทิศทาง A และB

TOTACC(12)LnY=2.279+0.506IN+0.240BKS+0.264FKS

INJACC(12) LnY=1.271+0.407IN+0.292FKS

FATACC(12)LnY=-2.280+0.807FKS

INJ(12) LnY=2.341+0.233IN+0.618RC

ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุใน 3กลุ่ม ได้แก่จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนผู้บาดเจ็บ กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุใน 3กลุ่ม จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต ส่วนกิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลักมี อิทธิพลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด และจำนวนทางเชื่อมมีอิทธิพลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ จากแบบจำลองนี้พบว่า จุดเชื่อมต่อบนทางด่วนมีส่วนสำคัญทำให้เกิดทั้งรุนแรงและไม่รุนแรง การออกแบบโครงการควรคำนึงถึงจุดเชื่อมต่อเป็นปัจจัยสำคัญ

6. สรุปและเสนอแนะ

ในการศึกษาแบบจำลองครั้งนี้เป็นแบบจำลองระหว่างอุบัติเหตุกับลักษณะทางกายภาพของถนนและปริมาณการจราจร แต่การเกิดอุบัติเหตุมีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้ออีกมากมายในการศึกษาครั้งต่อไปควรหาข้อมูลและตัวแปรต่างๆเพิ่มมากกว่านี้ จากแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) พบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดบริเวณทางเชื่อมต่อต่างๆไม่ว่าจะเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจำนวนทางเชื่อมต่อ หรือทางเข้าออกล้วนมีผลให้เกิดอุบัติเหตุไม่รุนแรงและรุนแรง ในการออกแบบหรือปรับปรุงโครงการควรพิจารณาถึงจุดเหล่าอย่างรอบคอบไม่ว่าจะเป็นเครื่องหมายจราจร เส้นแบ่งทิศทางการเดินรถ ระยะป้ายบอกทาง ระยะของทางเบี่ยงเข้าออก อุปกรณ์บังคับรถให้อยู่ในช่องทางหรือแสงไฟฟ้าส่องสว่างฯลฯ

ลักษณะการออกแบบทางเรขาคณิตของ ทางพิเศษมีการสำรวจออกแบบที่สมบูรณ์ถูกต้องและเหมาะสมในด้านความปลอดภัยสูง เช่น ระยะการมองเห็นที่ปลอดภัย การเปลี่ยนแนวโค้งราบโค้งดิ่ง ความลาดชันของถนน และรัศมีโค้ง เป็นต้น ส่งผลให้ทางพิเศษมีความปลอดภัยสูงมาก ตัวแปรด้านเรขาคณิตจึงไม่แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่ามีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต จำนวนรายผู้เสียชีวิตหรือจำนวนรายผู้บาดเจ็บ แต่อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการตอบสนองและการรับรู้ของผู้ขับขี่เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการตัดสินใจต่อสิ่งมองเห็นจะส่งผลต่อความปลอดภัยบนทองถนนของผู้ขับขี่เองและผู้ใช้ถนนร่วมกัน ผู้ขับขี่ก่อนที่จะใช้ทางควรตรวจสอบ สภาพร่างกาย สภาพยานพาหนะ แผนการเดินทาง และเคราพกฎจราจร ก็สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุได้

7. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคลและกลุ่มบุคคลต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิเช่น

- ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนสนับสนุนในงานวิจัยนี้

- ขอขอบคุณการทางพิเศษแห่งประเทศไทยที่อนุเคราะห์ให้ข้อมูลของงานวิจัยนี้

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

- ขอขอบพระคุณครูอาจารย์ในอดีตและปัจจุบันทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้

- ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้ที่มีอุปการะทุกคนที่ให้การอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

8. เอกสารอ้างอิง

มานัดถุ์ คำกอง .(2550) .“แนวคิดเชิงทฤษฎีการวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบและการประยุกต์” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์)สถิติประยุกต์ (บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศุภวรรณ งามวรรณากร .(2542)“การประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงทวินามลบแบบทั่วไป” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต พาณิชยศาสตร์และการบัญชี)สถิติศาสตร์ (บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมศักดิ์ โปติประดิษฐ์) .2548 .(การเปรียบเทียบความเหมาะสมของการบูรณะทางหลวง ระหว่างวิธีเดิมและวิธีใหม่.

Jacob, G.D. (1976). **A Study of Accident Rates on Rural Road in Developing countries. Department of the Environment Department of Transport,** Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.

Wang, S.C.(1998). **Modeling Traffic Accidents: A Case Study of Sun Yat-Sen National Freeway. Taiwan. Master Thesis**, Asian Institute of Technology, Bangkok:

Zegeer, C.V., and Deacon,

การประยุกต์ใช้เครื่องหมายบนพื้นทางเพื่อรักษาระยะห่างการขับขี่ปลอดภัย

An Application of Road Marking for Maintaining Safe Driving Spacing

Paper Identification number:SCS11-021

อนินทิตา ปฏิสังข์[1],ถิรยุทธ ลิมานนท์[2]

Anintita Patisung, Thirayoot Limanond

[1]สาขาวิศวกรรมขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
E-mail: anintita_anin@hotmail.com

[2]สาขาวิศวกรรมขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
E-mail: tlimanond@yahoo.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีอุบัติเหตุทางถนนเกิดขึ้นมาก เมื่อพิจารณาจากสถิติแยกตามประเภทของสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุทางถนนแล้ว การชนท้ายเป็นอุบัติเหตุทางถนนที่พบบ่อยครั้งที่สุด วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหมายบนพื้นทาง เพื่อให้ผู้ขับขี่ทราบถึงระยะห่างการขับขี่ปลอดภัย ช่วยลดโอกาสและความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุบัติเหตุจากการชนท้าย การศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมการขับขี่และทัศนคติของผู้ขับขี่ก่อนและหลังการติดตั้งพื้นที่ศึกษาบริเวณทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 กรุงเทพ – ชลบุรีสายใหม่ (มอเตอร์เวย์) ช่วงกิโลเมตรที่ 35 ถึงกิโลเมตรที่ 45 ศึกษา ผลการศึกษาสรุปได้ว่าทางด้านจราจรเมื่อนำเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางมาประยุกต์ใช้ มีส่วนช่วยให้ ระยะเวลาห่างและความเร็วเฉลี่ย ของผู้ขับขี่มีความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางมากขึ้น สำหรับผลด้านทัศนคติของผู้ขับขี่ จากการสัมภาษณ์ความพึงพอใจของผู้ขับขี่ พบว่า ผู้ขับขี่มีความพึงพอใจทั้งต่อด้านการเคลื่อนตัวของกระแสจราจรและความปลอดภัย ซึ่งผลการศึกษาด้านทัศนคติที่ได้สอดคล้องกันกับผลการวิเคราะห์ด้านจราจร เป็นการยืนยันได้ว่า การติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางบนทางหลวงพิเศษช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่บนทางหลวงพิเศษได้

Abstract

Nowadays, Thailand has a lot of traffic accidents. Considering to individual statistic of the cause of road accident, rear-end collision is the most common type of road accident. The objective of this research is the performance evaluation of road marking to assist drivers in establishing the recommended following distance. Mitigate the severity and the number of road accidents, especially rear-end collisions. This case study is comparing with driver behaviour and attitude of drivers before and after implementing road marking on the study site in the Highway NO.7 Bangkok-Chonburi (Motorway) from km 35 to km 45. The result of this study can conclude that in traffic, it is found that for a given flow rate distance headways increase and reduce speed after implementing the markings. In the result of the attitude of drivers, from interviewing the driver's satisfaction its show that drivers satisfied to the traffic flow and the safety.

. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุจากการขนส่งและจราจรสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอุบัติเหตุทางถนนและเมื่อพิจารณาจากสถิติอุบัติเหตุบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง

ของสำนักงานทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง นับจากปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2549 สรุปการเกิดอุบัติเหตุแยกตามประเภทลักษณะของอุบัติเหตุจราจรแล้ว ส่วนใหญ่เป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะคันเดียว ร้อยละ 84.52 รองลงมาคือ อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นโดยมีจำนวนยานพาหนะที่เกิดเหตุ 2 คัน ร้อยละ 11.71 ซึ่งการชนท้ายเป็นอุบัติเหตุที่พบบ่อยครั้งที่สุด

การวิจัยในครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง พร้อมป้ายเตือนและป้ายแนะนำเพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้รถใช้ถนน โดยการติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางเป็นจุด เพื่อให้ผู้ขับขี่รักษาระยะห่างปลอดภัยกับรถคันหน้า โดยใช้ระยะเวลาห่าง 2 วินาที ให้รถวิ่งห่างจากคันหน้า 2 จุด ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับการจราจรที่รถใช้ความเร็วสูงอย่างทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง การแก้ไขด้วยวิธีนี้อาจใช้เฉพาะในช่วงถนนที่มีปัญหา ทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้เครื่องหมายบนพื้นทางเพื่อรักษาระยะห่างการขับขี่ปลอดภัย โดยคาดว่าการศึกษาจะทำให้ผู้ขับขี่ทราบถึงระยะห่างการขับขี่ปลอดภัย และลดความรุนแรงของอุบัติเหตุเนื่องจากการชนท้ายได้ ซึ่งผลของการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานไปสู่การพัฒนาด้านความปลอดภัย เพื่อประโยชน์ในการป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจรทางถนนของผู้ใช้รถต่อไป

การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลเทพ เลิศวรวนิช, อดุลย์ เชาว์วาทิน, วสันต์ พฤกษางามชล (2551) หาแนวทางในการบรรเทาและลดความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุบัติเหตุจากการชนท้าย โดยทดลองติดตั้งเครื่องหมายบนผิวจราจรแบบ “DOT” Tailgating Treatment เพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่ทราบถึงระยะห่างในการขับขี่ที่ปลอดภัย และทำการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างรถยนต์ก่อนและหลังการติดตั้ง สถานที่ทำการทดลองคือ ทางหลวงหมายเลข 1141 จังหวัดเชียงใหม่พบว่าเครื่องหมายบนผิวจราจรมีส่วนช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุจากการชนท้าย

Pennsylvania DOT (2002) ติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง เพื่อป้องกันปัญหาการชนท้ายโดยใช้ป้ายสัญลักษณ์และเครื่องหมายบนพื้นทางแบบจุด นอกจากจะแก้ไขปัญหาความปลอดภัยทางถนน ได้แล้วยังเป็นกลยุทธ์การแก้ไขปัญหาที่ต้นทุนต่ำอีกด้วย แนวความคิดคือ การใช้เครื่องหมายบนพื้นทางให้ผู้ขับขี่รักษาระยะห่าง 2 จุดเป็นอย่างน้อยเพื่อรักษาระยะห่างที่ปลอดภัย ซึ่งระยะห่างระหว่างจุดนั้น ใช้หลักการของกฎระยะเวลาห่าง 2 วินาที โดยมีค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมและลักษณะของการขับขี่ของคนที่ใช้ในคำนวณเทียบกับความเร็วจำกัดบนถนนต่างๆ ได้จากผลการทดลองของ Pennsylvania DOT พบว่าผู้ขับขี่ลดความเร็วลงตามที่กำหนดและสามารถลดอุบัติเหตุลงได้ถึงร้อยละ 60 ในช่วง 1 ปี (U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Transport Management, 2003) อย่างไรก็ตามเครื่องหมายบนพื้นทาง ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในพื้นที่ที่การจราจรคับคั่งได้

Minnesota (2006) ในปี 2006 Minnesota ได้ดำเนินโครงการ Minnesota Tailgating ซึ่งมีแนวคิดคล้ายกับ Pennsylvania เพื่อลดอุบัติเหตุการชนท้ายบนถนนนอกเมืองช่องจราจรเดียวที่ความเร็วจำกัด 55 ไมล์ต่อชั่วโมง หรือประมาณ 88 กิโลเมตรต่อชั่งโมง โดยมีลักษณะป้ายสัญลักษณ์และเครื่องหมายบนพื้นทาง แนะให้รถวิ่งห่างระยะ 2 จุด เหมือนของ Pennsylvania แต่เปลี่ยนระยะติดตั้งโดยใช้ระยะเวลาห่าง 3 วินาทีเป็นพื้นฐาน โดยโครงการนี้ได้ติดตั้ง จุด เป็นระยะทาง 1 ไมล์ (1 ทิศทาง) และมีจำนวน จุดรวม 94 จุด (47 จุด ในแต่ละทิศทาง) มีค่าเว้นช่วงระยะห่างระหว่างชุด เท่ากับ 225 ฟุต หรือประมาณ 68.5 เมตร โดยผลจากการดำเนินโครงการ Minnesota Tailgating มีดังนี้ระยะเวลาห่าง เพิ่มขึ้น จาก 2.36 เป็น 2.62 ฟุต คิดเป็นประมาณ 0.26 วินาที และความเร็วลดลงจาก 58.6 ไมล์ต่อชั่วโมง เป็น 57.9 ไมล์ต่อชั่วโมง หรือลดลง 0.6 ไมล์ต่อชั่วโมง

2.ระเบียบวิธีวิจัย

คัดเลือกพื้นที่ทำการศึกษา

การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาสำหรับงานวิจัยเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อจะใช้เป็นตัวแทนของการศึกษากรณีนั้นๆได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ สำหรับงานวิจัยนี้ มีขอบเขตการศึกษาในเส้นทางที่มีการเกิดอุบัติเหตุการชนท้าย จึงได้มีการคัดเลือกพื้นที่ที่ทำการศึกษาโดยพิจารณาจากข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน ปริมาณจราจร ข้อมูลอุบัติเหตุจากงานวิจัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

เลือกทำการศึกษาทางหลวงหมายเลข 7 กรุงเทพ – ชลบุรี สายใหม่ (มอเตอร์เวย์) รวมระยะทาง 81.752 กม. เส้นทางนี้มีจุดเริ่มต้นจากสะพานต่างระดับถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร และสิ้นสุดที่ทางหลวงพิเศษชลบุรี – พัทยา จังหวัดชลบุรี มีด่านจัดเก็บค่าธรรมเนียม 2 แห่ง ด่านลาดกระบัง (กม. 25+900) และด่านพานทอง (กม. 67+200) และมีจุดพักรถ 1 แห่ง ที่ กม. (49+250)

โดยการสำรวจจากการเก็บข้อมูลทางการจราจรภาคสนามก่อนและหลังการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบ

อุปกรณ์

1. กล้องวีดีทัศน์
2. เครื่องออโต้สโคป (Autoscope)
3. สายวัดระยะ

บันทึกข้อมูลการจราจรด้วยกล้องวีดีทัศน์

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้กล้องวีดีทัศน์ในการบันทึกการเคลื่อนตัวของปริมาณจราจร โดยในการเลือกจุดติดตั้งกล้องจะต้องเป็นอยู่ในช่วงถนนที่ห่างจากอิทธิพลของสัญญาณไฟจราจร และได้ทำการติดตั้งกล้องไว้บนสะพานลอยในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นการเคลื่อนตัวของรถได้อย่างชัดเจน หลังจากนั้นจึงนำ เทปมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องออโต้สโคป (Autoscope)

ติดตั้งป้ายและเครื่องหมายจราจรบนพื้นที่ศึกษา

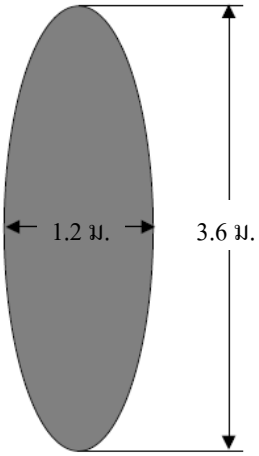
รูปที่ 1 ป้ายเตือนก่อนถึงจุดบังคับ

รูปที่ 2 ป้ายติดตั้งที่จุดบังคับ

รูปที่ 3 ป้ายติดตั้งเมื่อใกล้จะสิ้นสุดเขตบังคับ

รูปที่ 4 ป้ายสิ้นสุดเขตบังคับ

พื้นที่ศึกษามีระยะทาง 10 กม. คำนวณจากความเร็วจำกัดที่ 120 กม./ชม. ใช้การทาสี DOT เป็นจำนวน 64 จุด



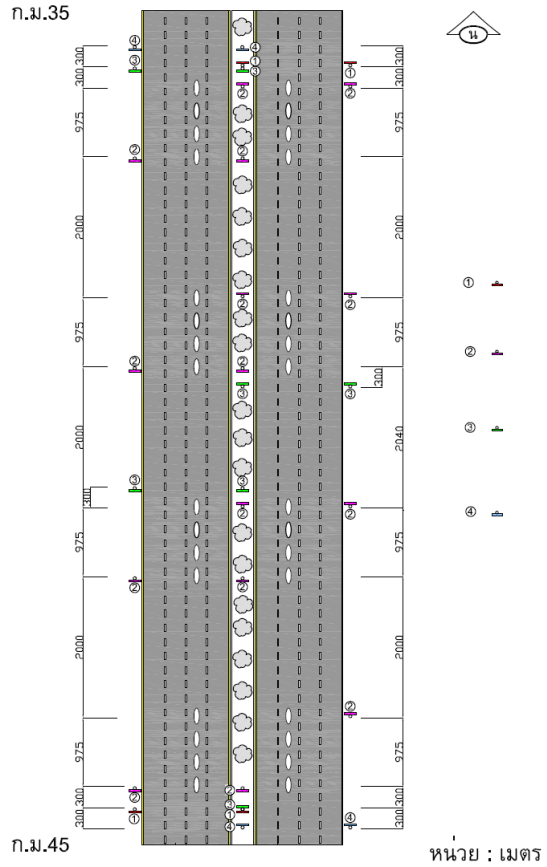
กว้าง : ยาว = 1: 3

พื้นที่ 3.5 ตารางเมตร

รูปที่ 5 ลักษณะพื้นที่การทาสีตีเส้นเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง

แนวทางการติดตั้ง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและความเหมาะสมทางกายภาพ เห็นควรให้ติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง หมายเลข 7 ช่วงกม.ที่ 35-45 ป้ายจะติดตั้งข้างทาง ระยะห่างจากขอบทางใช้ตามมาตรฐานการติดตั้งของการทางพิเศษ และระยะการติดตั้งป้ายเตือนผู้ขับขี่ล่วงหน้าจะสัมพันธ์กันกับค่าระยะเวลา ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งการติดตั้งจะติดตั้งช่องจราจรที่ 2 ขาเข้าติดตั้ง 10 กม. และขาออกอีก 10 กม. รวมทั้งหมด 20 กม.



รูปที่ 6 ระยะการติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางและป้ายจราจรในโครงการฯ

3.ผลการวิจัย

จะกล่าวถึงผลการศึกษาของงานวิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ด้าน คือ ด้านการจราจร และด้านทัศนคติผู้ขับขี่ จากการติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางเพื่อรักษาระยะห่างการขับขี่ปลอดภัย โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ด้านการจราจร

เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางและหลังการติดตั้งแตกต่างกันจริงหรือไม่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ถ้าหลังการติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางสามารถเพิ่มระยะเวลาห่างขึ้นได้ แสดงว่าช่วยให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้นแก่ผู้ขับขี่ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยยานพาหนะมาทำการคำนวณ และวิเคราะห์ผล โดยทำการทดสอบสมมุติฐานกรณีประชากร 2 ชุดเป็นอิสระต่อกัน กระบวนการทดสอบสมมุติฐานจะช่วยในการตัดสินใจเพื่อสรุปผลว่าก่อนการติดตั้ง

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะเวลาห่างหลังการติดตั้งจากตำแหน่งจุดตรวจวัดการจราจรกับก่อนการติดตั้งเครื่องหมายบนพื้นทาง แบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- ช่วงระยะเวลาห่าง 1-60 วินาที เป็นการแสดงข้อมูลทั้งหมดให้เห็นถึงภาพรวมของพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในการศึกษาวิจัยนี้
- ช่วงระยะเวลาห่าง 1-2 วินาที เป็นการแสดงข้อมูลของผู้ขับขี่ที่มีพฤติกรรมเสี่ยง มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ขับกระชั้นชิดไม่ปลอดภัย ซึ่งเป็นประเด็นที่ผู้ศึกษาให้ความสนใจที่สุดในการวิจัยเพื่อที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ในกลุ่มนี้ให้รักษาระยะห่างขับขี่ปลอดภัย
- ช่วงระยะเวลาห่าง 2-5 วินาทีเป็นการแสดงข้อมูลให้เห็นถึงพฤติกรรมส่วนใหญ่ของผู้ขับขี่ที่ปลอดภัยที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้

การวิเคราะห์ด้านทัศนคติของผู้ขับขี่

การวิเคราะห์ผลกระทบด้านทัศนคติของผู้ขับขี่ ทำการทดสอบความพึงพอใจด้านการมองเห็น ความเข้าใจในสัญลักษณ์ และประสิทธิผลด้านความปลอดภัย ความคล่องตัวของกระแสจราจรก่อนและหลังการติดตั้ง โดยศึกษาทั้งขาเข้าและขาออก แล้วทำการทดสอบผลต่างของคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยในด้านต่างๆดังกล่าวข้างต้นที่มีผลต่อเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางเพื่อรักษาระยะห่างปลอดภัยในการขับขี่ โดยตั้งสมมุติฐานว่างให้คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยก่อนการติดตั้งมากกว่าหรือเท่ากับหลังการติดตั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

4.สรุป

จากผลการศึกษาการติดตั้งเครื่องหมายบนพื้นทางบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 กรุงเทพ – ชลบุรีสายใหม่ (มอเตอร์เวย์) ช่วงกิโลเมตรที่ 35 ถึงกิโลเมตรที่ 45 สามารถสรุปผลการศึกษาได้เป็น 2 ด้านคือผลกระทบด้านจราจร และผลกระทบด้านทัศนคติ ซึ่งได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

ผลกระทบจากการติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางต่อผลกระทบด้านจราจร โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากการวิเคราะห์ผลพฤติกรรมการขับขี่ที่จุดตรวจวัดต่างๆ ผลการศึกษาที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันโดย พฤติกรรมการขับขี่ที่ระยะเวลาห่าง 1-60 วินาทีซึ่งเป็นภาพรวมของการศึกษานี้ จากการติดตั้งเครื่องหมายบนพื้นทางทำให้ระยะเวลาห่างลดลงเข้าใกล้ 2 วินาทีมากขึ้น ซึ่งเป็นระยะเวลาห่างปลอดภัยที่ใช้ในการออกแบบเครื่องหมายบนพื้นทางในงานวิจัยนี้ ความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการขับขี่ลดลง และระยะเวลาห่างที่ลดลงยังส่งผลให้อัตราการไหลเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น ส่วนพฤติกรรมการขับขี่ที่ระยะเวลาห่าง 2-5 วินาที ซึ่งจัดว่าเป็นพฤติกรรมการขับขี่ที่ปลอดภัย การติดตั้งเครื่องหมายบนพื้นทางทำให้ระยะเวลาห่างลดลง ความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการขับขี่ลดลง ส่วนอัตราการไหลเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น เช่นกันกับผลโดยรวมที่ระยะเวลาห่าง 1-60 วินาที สุดท้ายพฤติกรรมที่ผู้วิจัยสนใจมากที่สุดเนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการปรับเปลี่ยนผู้ที่มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ระยะเวลาห่าง ต่ำกว่า 2 วินาที ซึ่งเป็นพฤติกรรมการขับขี่กระชั้นชิด ไม่ปลอดภัยและเป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุแบบชนท้าย การติดตั้ง

เครื่องหมายบนพื้นทางทำให้ผู้ขับขี่ที่มีพฤติกรรมเสี่ยงนี้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมโดยใช้ระยะเวลาห่างเพิ่มขึ้นเข้าใกล้ 2 วินาที

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการติดตั้งเครื่องหมายบนพื้นทาง มีส่วนช่วยให้ผู้ขับขี่ลดความเร็วลง และรักษาระยะการขับขี่ปลอดภัย ช่วยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการขับขี่ที่อันตรายให้ลดน้อยลงได้ ทำให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่มากยิ่งขึ้นอีกทั้งยังส่งผลดีต่อสภาพการจราจรที่คล่องตัวเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ส่งผลให้ระดับการให้บริการบนทางหลวงหมายเลข 7 ดีขึ้นเนื่องจากผู้ขับขี่สามารถเดินทางได้สะดวก รวดเร็ว และมีความปลอดภัยผลกระทบจากการติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางต่อผลกระทบด้านทัศนคติ ของผู้ขับขี่

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะความพึงพอใจต่อการมองเห็นป้ายและเครื่องหมายบนพื้นทางอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก และเมื่อพิจารณาลักษณะความพึงพอใจที่ส่งผลต่อด้านความปลอดภัยและด้านการเคลื่อนตัวของกระแสจราจรแล้ว ผลที่ได้ออยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก เช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าประชาชนยอมรับการติดตั้งเครื่องหมายบนพื้นทาง

สรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้เครื่องหมายบนพื้นทางเพื่อรักษาระยะขับขี่ปลอดภัย มีประสิทธิภาพช่วยให้ผู้ขับขี่ส่วนใหญ่ลดความเร็วลงเข้าใจ และรักษาระยะการขับขี่ที่ปลอดภัยมากขึ้น ซึ่งผลสรุปที่ได้จากการศึกษาผลกระทบทางด้านจราจร สอดคล้องกับผลกระทบทางด้านทัศนคติ ที่ประชาชนมีต่อเครื่องหมายบนพื้นทาง

ข้อเสนอแนะ

- จากการสำรวจข้อมูลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าผู้ขับขี่บางส่วนฝ่าฝืนเครื่องหมายจราจร มีพฤติกรรมขับขี่ยานพาหนะเปลี่ยนช่องจราจรไปมาตัดกระแสจราจรซึ่งการติดตั้งเครื่องหมายบนพื้นทางนี้ สามารถลดพฤติกรรมดังกล่าวได้บางส่วน ดังนั้นจึงเสนอแนะให้มีการประชาสัมพันธ์เพื่อให้ผู้ขับขี่ทราบอย่างทั่วถึง ชี้ให้เห็นถึงอันตรายจากพฤติกรรมขับขี่ที่ไม่ถูกต้องดังกล่าว
- ควรทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมและเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องในระยะยาวเพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ด้านอุบัติเหตุที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น
- ผลการศึกษาที่ได้หน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปพัฒนาเพื่อปรับปรุงให้เป็น มาตรฐานในการปฏิบัติงานต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ
ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย
อาทิเช่น ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมประสงค์ สัตยมัลลี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
คณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาแนะนำวิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องออโต้สโคป (Autoscope)

6. การอ้างอิงและเอกสารอ้างอิง

[1] รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทิพย์โยธา. (2547). **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS for Windows Version 12.** กรุงเทพมหานคร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[1] พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล. 2542. **คู่มือการศึกษาการจราจร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[2] วิโรจน์ รุโจปการ. 2532. **การวิเคราะห์จราจร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[3] ธวัชชัย เหล่าศิริหงส์ทอง, อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์, และกวี เกื้อเกษมบุญ (2546). **การวิเคราะห์ ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุจราจรทางถนน**. การประชุมวิชาการวิศวกรรมขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 1. หน้า 229 – 234.

[4] Drew, D.R. 1968. **Traffic Flow Theory and Control**. McGraw-Hill, New York.

[5] Edie, L.C. 1961. Car-Following and Steady-State Theory for Non-Congested Traffic.**Operations Research.** 9 (1): 66-75.

Road Traffic Accident Analysis in Hanoi 2008-2010: Basic Characteristics

Paper Identification number: SCS11-022

TAKAGI Michimasa[1], SAITO Takeshi[2], Nguyen Van TRUONG[3], Le Hong HAI[4]

[123]Project for Strengthening the Traffic Police Training in PPA and Various Police Training Institutes in Vietnam, Rm. 602, Fl6, H1 Bldg, Hoc vien Canh sat nhan dan, Co Nhue, Tu Liem, Hanoi, 10000, Vietnam
Telephone 043-261457, Fax. 043-261457
E-mail: [1] takagi@almec.co.jp, [2] saito@almec.co.jp, [3] nvtruong_planning@yahoo.com

[4]People's Police Academy, Co Nhue, Tu Liem, Hanoi, 10000, Vietnam
Telephone +84-4-38362809 - Fax: +84-4-38362801
E-mail: honghai23@yahoo.com

Abstract

Traffic accident is a "hot issue" not only in developing countries such as Vietnam but also in other developed countries. In Vietnam, according to (insufficient) statistic data from Vietnam National Traffic Safety Committee (NTSC), in the period of 2001 - 2010, there are more than ten thousand fatalities and more than ten thousands injuries caused by traffic accidents every year. Hanoi, which is one of the largest cities in Vietnam, is now facing with even more serious problems. This paper firstly introduces traffic accident database of Hanoi based on the data collection form issued by Ministry of Public Security (MoPS). Secondly, some characteristics in traffic accidents as the outputs of that data analysis will be reviewed. Finally, the paper introduces some countermeasures aiming at reducing traffic unsafety in Hanoi, which will be hopefully applied in the coming future.

Keywords: Traffic accident, analysis, characteristic, countermeasure

Introduction

Hanoi, the capital of Vietnam, is one of the fastest developing provinces in the world at the current time. The high rate of economics growth leads to the rapid increase of traffic demand and the ownership of motorized traffic vehicle. According to the vehicle ownership statistic in the period of 2000-2010, the grown rate of motorized vehicle ownership of Hanoi is 8.5%/year1 (11.6%/year for 4-wheel motorized vehicle and 8.3%/year for motorcycle). The vehicle trip number in 5 years, from 2005 to 2009, increases by 13.6% per year2.

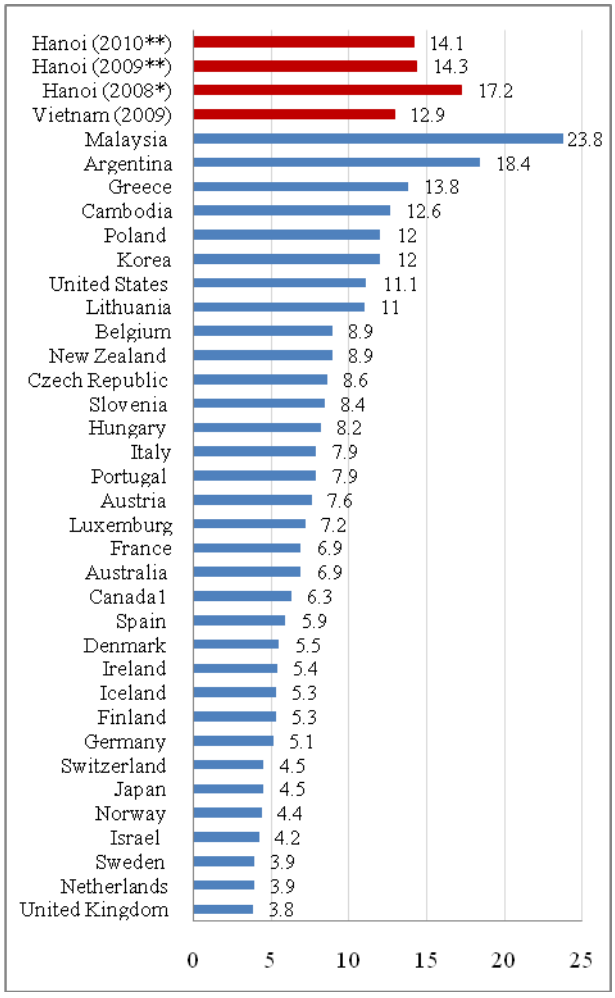
Opposing to the significant growth of the traffic demand and the vehicle ownership, the traffic infrastructure is facing with about the fact of lack or low quality. The database of road infrastructure of Hanoi before enlargement shows that, the road area density (the ratio of area of road surface per area of natural land) is just 4.2%, in the city center this criteria is 10.3%3. According to the statistic data of Hanoi Department of Transport, approximately 38% of total road in the network is in good quality; 37% of is in medium quality, which contains cracks, small potholes, and asperity; 7% is in low quality, which contains large potholes, flooded, or muddy; the left proportion, 18%, of road length is unknown due to the lack of information.

This inappropriate situation among the rapid growth of traffic demand, motorized vehicle and the lack and poor quality of infrastructure may lead traffic accident worse and worse. Going along with this unbalance, the driving behavior of road users such as speeding, suddenly lane changing, do not obey the road traffic law, etc. also contribute much into the situation of road traffic accident.

[1] Data from Hanoi Traffic Police Division (HTPD), 2010

[2] Survey results at 34 sections in Hanoi, collected from HADEP project 2005, TRAHUD project 2009, and Transport Development Consultant Center (University of Transport and Communication)

[3] HAIDEP project, 2005



Source: IRTAD 2009
**: Hanoi 2008 before enlargement (HTPD)*
***: Hanoi 2009-2010 after enlargement (HTPD)*

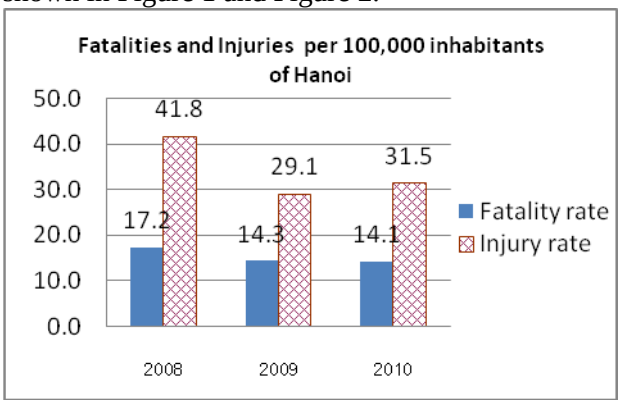
Figure 1: Fatalities per 100,000 inhabitants in Hanoi and Vietnam in comparison with some other countries

In the year of 2008, Vietnam government decided to enlarge the Hanoi territory, which includes Ha Tay province; Me Linh district of Vinh Phuc provine; and 4 communes of Hoa Binh province. Figure 1 presents the rate of fatalities per 100,000 inhabitants in enlarged Hanoi and Vietnam nation wide in comparison with some other countries in the world.

The Figure 1 shows that, fatality rate of Hanoi is higher than that of nationwide and relative higher than the rate of almost other countries in that figure, except Argentina and Malaysia.

In order to have more information about the traffic situation in Hanoi, the rate of injury which includes people lost 11% or more health per 100,000 inhabitants will be introduced (see Figure 2).

Actually, traffic accidents are rare events that happened unexpectedly at unpredictable places, which means that not all traffic accidents can be obtained. Therefore, the real number of traffic accident, the real number of fatalities (or rate of fatality), and the real number of injuries (or rate of injury) must be much higher than collected data shown in Figure 1 and Figure 2.



Source: HTPD, 2008 before enlargement, 2009-2010 after enlargement

Figure 2: Fatality and Injury rate per 100,000 inhabitants of Hanoi

In such the current emergency situation of traffic accident, this paper will (i) review the traffic accident database of Hanoi, (ii) present some basic characteristics of traffic accident in Hanoi through the analyzing that database, (iii) base on these characteristics, some appropriate countermeasures will be followed in order to reduce the traffic accident.

Hanoi traffic accident database

Traffic accident information/data was collected by traffic police with Form 02/TNDB issued by MoPS in 2009, actually in Hanoi, form 02 had been tried since 2008, one year before official applied. In this paper, all the traffic accident information/data 2008-2010 is based on the form 02/TNDB.

According to form 02/TNDB, the information can be listed in 4 groups as follows:

- Group of general information related to traffic accident case, such as: time when the accident happened, location of traffic accident, weather condition, lighting condition, infrastructure condition;
- Group of information related to drivers, such as: Age, gender, occupation, driving license information (expired date, issued date, type), driving fault, drink or not drink alcohol, injured statement...;

- Group of information related to riders or passenger, such as: Age, gender, occupation, injured statement;
- Group of information related to involved vehicles, such as: type of vehicle(s), manufacturer, expired date of examination; technical condition of vehicle, plate number...

Because of the limitation of equipment for accident investigation, the information of traffic accident reported to traffic police is not promptly, the accident scene is altered before investigation... thus some information could not be obtained sufficiently. To ensure the objectivity of the output data presented in this report, the authors analyze and present only some information in the database with the adequate level of 90% or more, which includes information relating to the time the accident occurred, characteristics related to infrastructure, vehicle type, age and gender of involved people.

Basic characteristics of traffic accident in Hanoi

Traffic accident characteristic specified by vehicle types

Number of vehicles in each type relates to traffic accident

From 2008 to 2010, number of traffic vehicle increased in parallel with the increase of traffic accident. In term of absolute number, motorcycle is the most relevant means to traffic accident with 53 – 56% of annual vehicle related; automotive is the second relevant means to traffic accident with 33-37% of all vehicle involved; there are about 6-7% of pedestrians and about 4% of non-motorized traffic related to traffic accident.

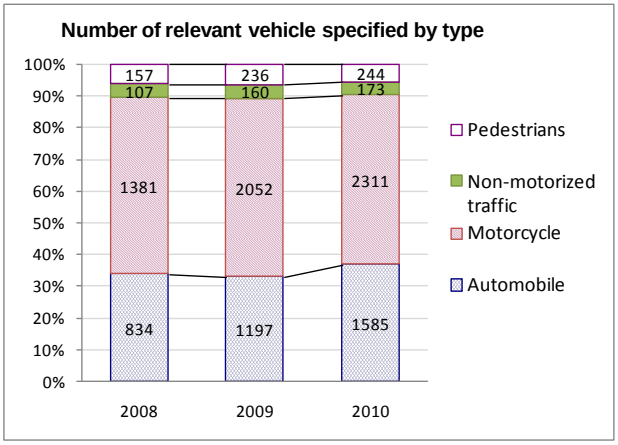


Figure 3: Number of vehicle specified by type related to traffic accident

To compare the rate of vehicle related to accidents by various means, the study team uses the criteria in term of vehicles involved per 10,000 vehicles (see Figure 4).

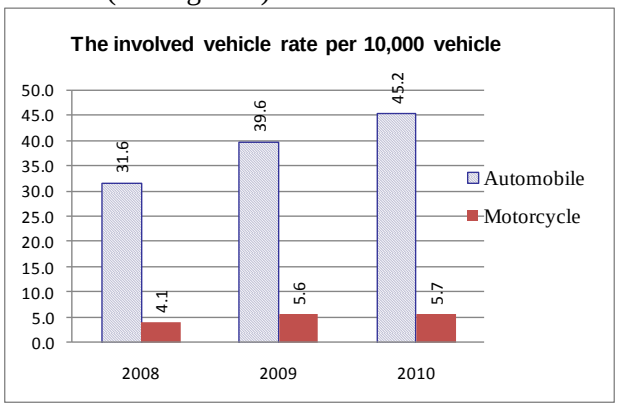


Figure 4: The rate of involved vehicle per 10,000 vehicles

Figure 4 expresses that in every 10,000 motorcycle there are 4.1 motorcycles in 2008, 5.6 motorcycles in 2009, and 5.7 motorcycles in 2010 related to traffic accident; meanwhile in every 10,000 automotive vehicles there are 31.6, 39.6, and 45.2 automobiles related to traffic accident in the year 2008, 2009, and 2010, respectively, which is as 7-:- ~8 times as motorcycle.

More additional evidence of errors of the type of vehicle needed to be asserted which transportation mode is more dangerous, but statistics may confirm that both cars and motorcycles are all key factors related to traffic accidents.

Fatalities and injuries relate to vehicle type

Definition: vehicles related to fatality and injury in the accident is the vehicle in which the driver or other passengers inside was (were) dead or injured in (after) the accident.

The number of fatalities and injuries related to motorcycle as from 6 to 8 times as cars, as 10 to 15 times as non-motorized vehicles and all types trend to increase every year (

Table 1).

Table 1 also expresses that total fatalities and injuries in 2009 are 928 and 1882 respectively, approximately 59% and 33% higher than that in 2008, the reason of the surge of fatality and injury number is the impact of Hanoi enlargement. In 2010, the number of fatalities and injuries are 977 and 2174 respectively, approximately 5% and 15% higher than that in 2009.

Table 1: Annual fatalities and injuries relates to vehicle type

	Year	A	MC	NM	Ped	Oth	Unk	**Total**
Fatalities	2008	63	384	34	27	1	75	584
	2009	86	622	66	88	4	62	928
	2010	88	677	61	115	3	33	977
Injuries	2008	146	986	70	56	0	162	1420
	2009	173	1319	77	89	4	220	1882
	2010	222	1516	102	122	5	207	2174

Note: A: Automobiles
MC: Motorcycle
NM: Non-motorized traffic
Ped: Pedestrians
Oth: Others (3-wheel motorized, pedicabs,…)
Unk: Unknown

However, when calculating in term of criteria of the fatalities and injuries per 10,000 vehicles, the study team also found that fatalities and injuries related to automobiles are as 1.5-2 times as motorcycles (see Figure 5).

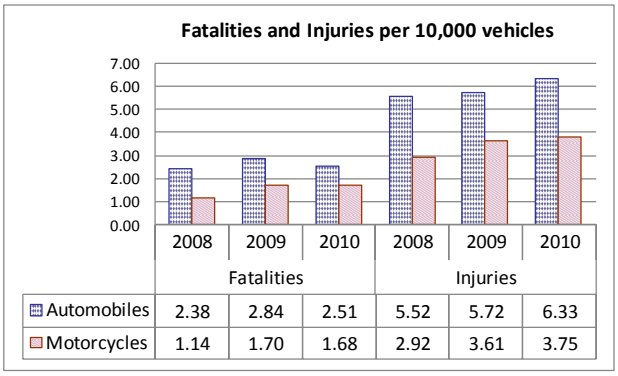


Figure 5: Fatalities and Injuries per 10,000 vehicles

Characteristic of traffic accident due to age of relevant people

Number of fatalities and injuries specified by age group

Age of relevant people can be divided into several groups depending on the typical characteristic of each group, such as: children under or at preschool (under 6 years old), children at elementary school (7-12 years old), children at secondary school (13-16 years old), people at high school, people at the age of college or university, people at the age of working, people are at the middle-aged, and retired people (see Table 2)

In term of quantitative, the number of fatalities and injuries extreme high at the age of 20-29 years old of 3 years from 2008-2010 in comparison with other age groups. This age group occupies 15.7% in 2008, 18.1% in 2009 and in 2010 of the total population of Hanoi city, 2-2.5 times higher than other groups meanwhile the number of fatalities and injuries is 2.5-50 higher than other groups.

This result reflects the fact that the mobilization of young people who are from 20-29 age group is many times larger than the other age groups; a further feature associated with this age group that is typical psychological characteristic so called "adolescent", because of this psychological characteristic, the behavior of road users aged 20-29 are affected much by external factors such as climatic conditions congested conditions... The inconvenient factors make the people in this group nervous in driving vehicles. Psychological characteristics like competition also influences much to driving behavior, especially in case of young people driving inside a group and when they were prompted by friends and others, this group becomes agitated very easily thus the that kind of behavior may cause traffic accident for themselves and others.

	Year	under 6 years old	7~12 years old	13~15 years old	16~19 years old	20~29 years old	30~39 years old	40~49 years old	50~59 years old	60~64 years old	Above 64 years old	Unknown	**Total**
Fatalities	2008	19	1	9	42	220	75	83	52	11	43	29	**584**
	2009	18	7	12	79	360	118	115	79	23	68	49	**928**
	2010	17	9	11	94	399	128	115	92	24	63	25	**977**
Injuries	2008	50	20	15	153	612	214	152	77	12	33	82	**1420**
	2009	90	17	37	266	681	250	163	125	20	37	196	**1882**
	2010	140	21	30	244	828	330	210	139	26	39	167	**2174**

Table 2: Number of fatalities and injuries specified by age group

The data in the

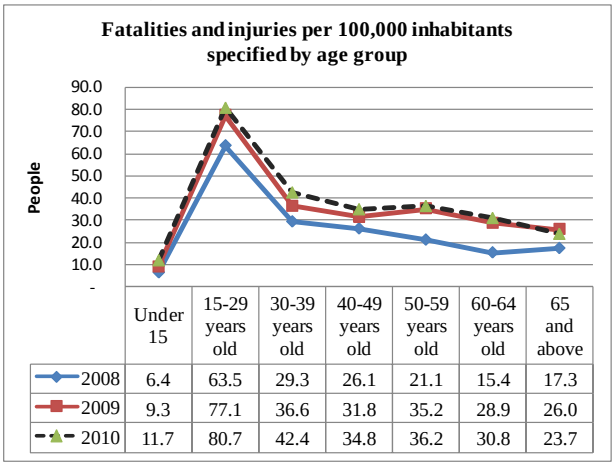
Table 2 also shows that a quite large number of people killed and injured by traffic accident are children and teenagers who are under 16 years old. The table shows the number of children under 6 years is quite large, this is the most vulnerable group. In 2008 there were 19 children killed and 50 children injured; in 2009 there were 18 children killed and 90 injured, the injured number is 80% higher than the previous year; in 2010 there were 17 children killed and 140 children injured, the injured number is ~ 45% higher than that in 2009. From statistics data, we see the emergency situation of traffic accident, especially at this age group.

Statistics data also shows that the number of fatalities and injuries of the age from 30 years old caused by traffic accident decrease as the age of the road users increase, the statistic reflects the fact that the travel demand may reduce as the age increases, or the higher age the more mature road users are.

The rate of fatalities and injuries per 100,000 inhabitants of each group

To characterize the difference of various age groups, the rate of fatalities and injuries per 100,000 inhabitants of the same age group will be used. In order to take advantage of available data of Hanoi population structured by age group, the study team has summed up and adjusted some age-groups mentioned in Table 2 above due to the age structure of Hanoi population data (Figure 6).

Figure 6 shows the rate of age group 15-29 years old is greater than ever, in this age group, for every 100,000 inhabitants in 2008 would be 63.5 both fatalities and injuries, this figure increased to 77.1 in 2009, and 80.7 in 2010.



	Under 15	15-29 years old	30-39 years old	40-49 years old	50-59 years old	60-64 years old	65 and above
2008	6.4	63.5	29.3	26.1	21.1	15.4	17.3
2009	9.3	77.1	36.6	31.8	35.2	28.9	26.0
2010	11.7	80.7	42.4	34.8	36.2	30.8	23.7

Figure 6: The rate of fatalities and injuries per 100,000 inhabitants by age group

Comparing age group of 15-29 years old with other age groups, it is found that rate of this age group is from 70-10 times higher than the age group of less than 15 years old; 2-3 times higher than the age groups of 30-39, 40-49, 50-59 years old, and from 2.5-4 times higher than the remaining age groups. The analysis fatalities and injuries by traffic accident in various age groups shows that in quantitative number and rate, the age group of 15-29 years old is significant higher than others.

Characteristic of traffic accident specified by happened time

The data shows that the number of traffic accidents occurr mostly in off-peak hours (9:00 to 11:00; 13:00 to 16:00) and especially after dinner time and night time (20:00 to 24:00). Number of people killed and injured in the accident at the time mentioned above is also higher than other time of the day. To explain the phenomenon, the study team realizes that in those time periods, the traffic density is low, the road users drive in a higher speed. Moreover, the limitation of sight clearance due to light condition also impacts to driving behavior thus the traffic accident number, fatalities and injuries are normally higher than other periods of time.

The Figure 7, Figure 8, and Figure 9 also illustrate that the number of accident, fatalities, and the injuries were the highest during period of 21:00 to 22:00. This is the time when road users use alcohol in dinner as the custom of Vietnam. This bad habit greatly influences to the traffic safety situation.

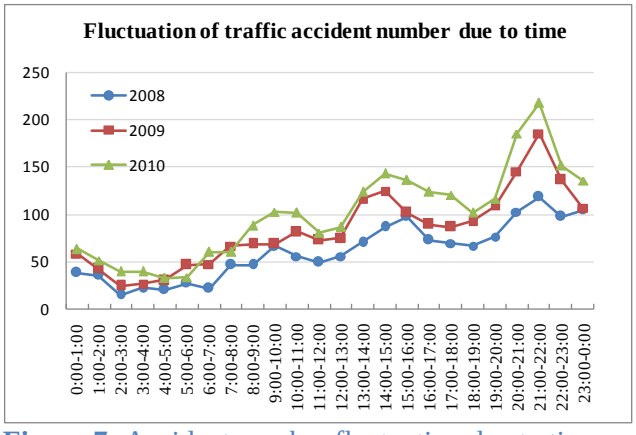


Figure 7: Accident number fluctuation due to time

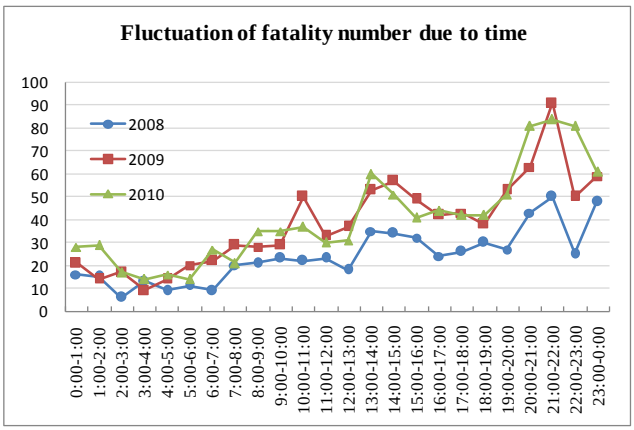


Figure 8: Fatality number fluctuation due to time

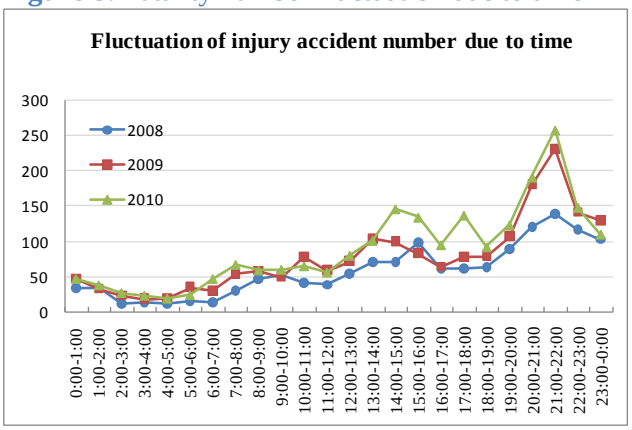


Figure 9: Injury number fluctuation due to time

As the same as the rule of the hourly variation of traffic accident, fatality and injury number, the number of fatality and injury of every age group of the year 2008-2010 at off-peak hours, after dinner time and night time (9:00 - 11:00, 13:00 - 16:00, and 20:00-24:00) is much higher than other time periods (see Figure 10, Figure 11, and Figure 12).

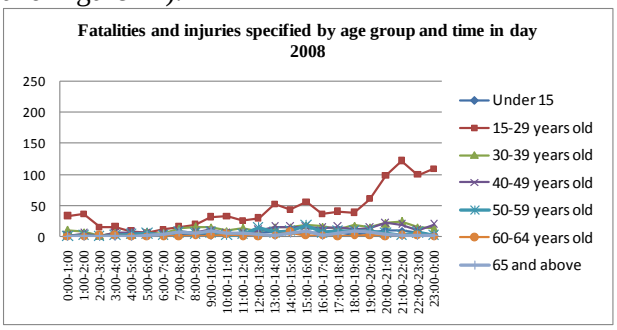


Figure 10: Fatalities and injuries specified by age group and time in day 2008

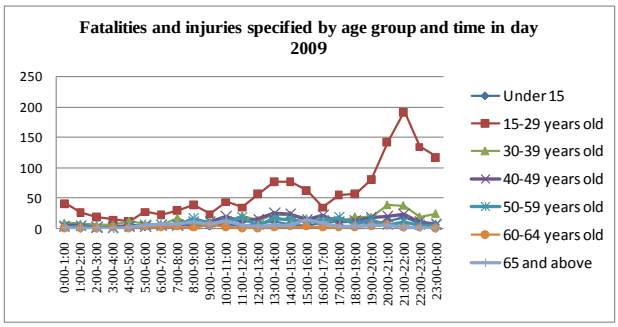


Figure 11: Fatalities and injuries specified by age group and time in day 2009

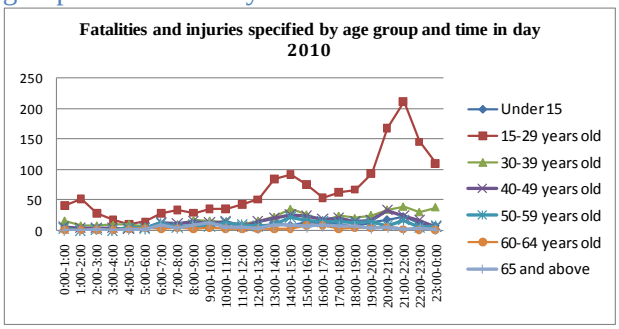


Figure 12: Fatalities and injuries specified by age group and time in day 2010

The data in Figure 10, Figure 11, and Figure 12 show that the fatalities and injuries the road users of age group of 15-29 years old is the highest among all age groups every year. In the 2008, 2009, 2010, the total number of fatalities and injuries in all hours of the day for the 15-29 age groups 1025, 1413, 1578 people respectively, are 32-45 times higher than the age group from 60-64 year old, are ~13-15 times higher than age group over 65 years old, are 8-10 times higher than the age group under 15 years old, are 7-8 times higher than the age group 50-59 years old, are 4.5-5 times higher than the ages of 40-49 years old, and are 3.5-4 times higher than the ages 30-39 years old.

Traffic accident characteristic specified by traffic control/management

The organization characteristic of road at mid-block is specified in to 3 types as follow:

- One-way street: Be defined as streets that allow road users travel in only one stipulated direction;
- Two-way street with separator (hereafter called two-way separated street): Be defined as streets that allow road users travel in both directions separated by medians or barriers... road users can not travel in the carriage way of opposite direction due to the separator;

- Two-way street without separator: Be defined as streets that allow road users travel in both direction and there is no separator or median in street so that the road users can travel in the carriage way of opposite direction.

Table 3: Traffic accident specified by road organization

Year		One-way street	Two-way street **without** separator	Two-way street **with** separator	No information
No. of traffic accident					
2008	No.	99	655	662	58
	%	6.7%	44.4%	44.9%	3.9%
2009	No.	81	992	788	143
	%	4.0%	49.5%	39.3%	7.1%
2010	No.	178	1545	532	169
	%	7.3%	63.7%	21.9%	7.0%
Fatalities					
2008	No.	44	262	247	32
	%	7.5%	44.8%	42.2%	5.5%
2009	No.	21	492	382	33
	%	2.3%	53.0%	41.2%	3.6%
2010	No.	39	694	180	64
	%	4.0%	71.0%	18.4%	6.6%
Injuries					
2008	No.	85	661	621	53
	%	6.0%	46.5%	43.7%	3.7%
2009	No.	73	959	690	161
	%	3.9%	50.9%	36.6%	8.6%
2010	No.	161	1470	405	140
	%	7.4%	67.6%	18.6%	6.4%

Regarding to the quantitative, analysis results show that the number of traffic accident in two-way streets without separator seems higher than others, occupies 44..4% (2008), 49.5% (2009), and 63.5% (2010); the second proportion is number of traffic accident in two-way streets with separator; one-way streets occupy a little proportion.

In order to determine which kind of street riskier, we need to have more information in details about road organization characteristic such as how many kilometers long of one-way street in road network entirely, how many two-way street in road network with or without separator... so we can determine how many traffic accident, fatalities, and injuries per 1 km length of each kind. This issue needs to conduct more study to lighten the situation.

Age violation rate in motorized vehicle driving

In Vietnam, in accordance with road traffic law, all teenagers who are under 18 years old are not permitted to operate motorized vehicles (4-wheel motorized vehicles, motorcycles), they are not trained traffic laws neither driving skills, so they usually drive with careless or extreme behaviors, or violate the traffic rules so they influence other road users and sometime cause traffic accident.

Table 4: Age violation rate in motorized vehicle driving

Year	Driver under 18 years old (people)			Driver from 18 years old or above (people)		
	Fatalities	Injuries	Sub-total	Fatalities	Injuries	Sub-total
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2008	16	41	57 5.0%	306	769	1075 95.0%
2009	16	96	112 7.0%	538	961	1499 93.0%
2010	19	122	141 7.5 %	596	1140	1736 92.5 %

Table 4 illustrates the structure of drivers due to age, who were killed or injured in the traffic accident, including drivers under 18 years old and drivers from 18 years old or above, the riders or passengers are not included.

According to this table, in the year 2008 there were 57 motorized vehicles' drivers under 18 years of age killed and injured, 5% out of total; in the year 2009, the number of fatality and injury of under 18-year old drivers increased to 112 drivers, 7% out of total, 55 fatalities and injuries higher than previous year; in the year 2010, this number increased to 141 fatalities and injuries, 7.5% out of total, 29 fatalities and injuries higher than 2009.

The data proves that the proportion of age-violated drivers is quite high and trends increase during last years.

Conclusion

The general trend

The data from the last 3 years shows that the number of traffic accident, fatalities, and injuries in Hanoi are rising, and this seems to be an emergency situation with 14.1-17.2 fatalities and 29.1-41.8 injuries per 100,000 inhabitants every year from 2008–2010; in other words, there were

thousands accident, thousands fatalities, and thousands injuries every year from 2008-2010.

Vehicles related to traffic accident

In term of quantitative number:

- Motorcycle is the most traffic means related to traffic accident with 53-56% out of total of traffic accident, 68-70% out of total related people were died and injured;
- Automobile is the second traffic means related to traffic accident with 33-37% out of total traffic accident, 9-11% of total related people were died and injured;
- Pedestrians is the third type of traffic means related to traffic accident: 6-7% of total traffic accident number, 4-7% of total related people were died and injured;
- Non-motorized traffic is the fourth type with 4% of traffic accident related and 5% people died and injured.

In term of the relative number, we can figure out that among 10,000 registered 4-wheel vehicles, there were 32-45 vehicles related to accident; this rate is ~8 times higher than the rate of motorcycle;

In term of fatalities and injuries per 10,000 registered vehicles, there were 8-8.8 fatalities and injuries per 10,000 registered cars, 1.6-1.9 times higher than that of motorcycle.

People related to accident

The age group of 15-29 years old is the most related to the accident, there were 63.5-80.7 fatalities and injuries per 100,000 inhabitants in every year (2008-2010), which is 10 times higher than age group under 15 years old, from 2-4 times higher than other group;

There is a large proportion of age violation in driving every year, and this proportion seems to increase year by year. This proportion in 2008, 2009, and 2010 are 5%, 7%, and 7.5% respectively.

Time that traffic accident occurred

Off-peak hours (9:00-11:00; 13:00-16:00), especially after dinner time and night time (20:00-24:00) are the time when the most frequency time traffic accident happens. In these periods of time, the fatalities and injuries are also much higher than other periods.

Young people are main actors contributing to traffic accidents in theses time periods.

Location of traffic accident

In Hanoi traffic situation, two-way streets without separator are the most potential places where traffic accident happen. In the year 2008, 2009, and 2010 there were 44.4%, 49.5%, and 63.7%, respectively, of all traffic accident happened in two-way streets without separator; there are 48.5%, 53%, and 71% of all related people were died respectively; and 46.5%, 50.9%, and 67.6% were injured respectively in such kind of street.

Recommendation

In this section, some recommendations are introduced based on analysis results mentioned above in order to effectively reduce the traffic accident, fatalities, and injuries if they are practically applied. The countermeasures or recommendations below in other word are based on the idea of the combination of 3Es countermeasure.

- Improving the traffic safety situation after dinner and night time through education and enforcement in order to improve awareness and behavior among road users. Focusing on drinking alcohol education and enforcement.
  Propagating on careless driving behaviors at off-peak time, after dinner time and at night, such as speeding, driving in wrong lane, especially illegal racing of the youth.
  Improving the light condition at evening and night time. This feature was not mentioned in the analysis above; however, with observation of researchers in Hanoi, we realize that the light condition in Hanoi at night time is not so good and it much negatively influences to the driving behavior.
- Educating and training road traffic law, traffic safety couture and driving skill among road users, focus on motorcycle drivers and 4-wheel motorized vehicles.
- The immediate task is to improve traffic safety facilities for two-way streets without separator and warning road users to avoid the behaviors that may lead to traffic accident, such as speeding, driving in the carriage way of opposite direction, changing direction, pass through the opposite vehicle flow, ...
- Improving awareness of road users such as pedestrians, to save space on sidewalk for pedestrians. Setting up signal and signs for pedestrians crossing, parallely guide them to follow the zebra...
- Improving traffic organization to make the most suitable for road users.

Acknowledgment

The study team of Traffic Safety Research Center (TSRC) would like to express the special appreciation to Pol. Major general Prof. Dr Nguyen Xuan YEM, Director of People's Police Academy and Pol. Colonel Pham Trung HOA, Dean of Traffic Police Department with kind support, co-operation and advisors during the study.

REFERENCES

[1] Hanoi Traffic Police Division, 2010,Traffic accident database updated 3-2010;
[2] General Statistic Office of Vietnam (2008-2010), Statistic Data of Population, http://www.gso.gov.vn
[3] Hanoi Traffic Police Division (2010), Traffic Registered Vehicle Database;
[4] Ministry of Public Security-MoPS (2009), Circulars 58/2009/TT-BCA(C11) Regulations and guidelines for collecting, synthesizing, and developing traffic accident database, providing information about traffic accidents, issued Oct 28th 2009.
[5] Ministry of Public Security-MoPS (2009), Form 02/TNDB, Attached herewith Circulars 58/2009/TT-BCA(C11), issued Oct 28th 2009.
[6] International Traffic Safety Data and Analysis Group, www.irtad.net (2010), IRTAD road safety annual report
[7] Comprehensive Urban Development Programme in Hanoi Capital city – HAIDEP (2005), Technical Report
[8] Traffic Safety Human Resource Development Project in Hanoi, Phase I – TRAHUD I (2009), Survey Report
[9] Consulting Center for Transport Development – TRANCONCEN (2005-2009), Survey report

Black Spot Identification and Countermeasures in Hanoi

Paper Identification number: SCS11-023

Pham Hong SON[1], Dang Duc MINH[2], TAKAGI Michimasa[3], SAITO Takeshi[4], Nguyen Van TRUONG[5]

[12]People's Police Academy, Co Nhue, Tu Liem, Hanoi, 10000, Vietnam
Telephone +84-4-38362809 - Fax: +84-4-38362801

[345]Project for Strengthening the Traffic Police Training in PPA and Various Police Training Institutes in Vietnam, Rm. 602, Fl6, H1 Bldg, Hoc vien Canh sat nhan dan, Co Nhue, Tu Liem, Hanoi, 10000, Vietnam
Telephone 043-261457, Fax. 043-261457
E-mail: [3] takagi@almec.co.jp, [4] saito@almec.co.jp, [5] nvtruong_planning@yahoo.com

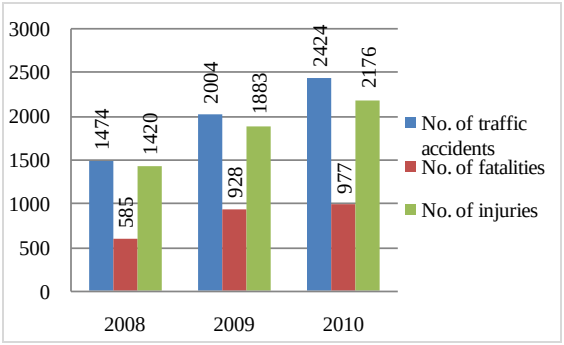
Abstract

In more than 1000 traffic accidents (include only cases with full information) happening every year in Hanoi, which cause fatalities and injuries to thousands of people, number of traffic accidents, fatalitis and injuries at black spots covers about 10-15% the total number in the whole country. The reason leading to traffic accident black spots can be road technical elements, lighting conditions, road users,… Removing black spots in traffic accidents can reduce the annual traffic accidents; reduce number of fatalities and injuries efficiently. This paper would like to introduce the method of determining traffic black spots as well as the procedure of solving black spot in Vietnam. In this part, unreasonable issues in determining black sport in Vietnam are also clarified. After that, the report will introduce the way of analysing elements relating to traffic accidents, as well as reasons leading to traffic unsafety situation in 2 case studies in Hanoi as the example of applying the procedure to determine black spots and the procedure to solve them. Finally, the report will propose some measurements to improve the black spots for case study.

Keywords: Traffic accident, Black spot, Analysis, Countermeasure

1. Introduction

In the recent years, the issue of traffic accidents in Vietnam in general and Hanoi in particular become hot issues in the whole society. Authorities, research insititutes, scientists, and consulting organisations on traffic safety have proposed many measurements in order to minimize traffic accidents. However, due to many reasons such as inconsistent corperation of relevant authorities, low perceptions and attitudes of road users, irrelevant political commitment, the problem has not yet solved efficiently. From the statistics data, in 2008-2010, number of traffic accidents, fatalities and injuries has the trend of rapid increase. In 2008, in the city, there are about 1500 traffic accidents and crash which cause 600 fatalities and 1400 injuries. In 2009, such number are 2004 accidents (with the increase of 25% in comparision with 2008), 928 fatalities (with the increase of 60% in comparision with 2008), 1883 injuries (increase of 32% in comparision with 2008), in 2010, 2424 accidents, 977 fatalities, and 2176 injuries; with the relevant increase of 20%, 5%, and 15.6% in comparision with 2009.



Source: HTPD, 2008 before enlargement, 2009-2010 after enlargement

Figure 1 Traffic accident variation in Hanoi, 2008-2010

Based on the annual report of traffic accidents, number of black spots in Hanoi in 2008, 2009, 2010 are 36, 47, 45; total fatalities and injuries in these points cover the rate of 11.2%, 7.0%, and 6.2% the total accidents, fatalities and injuries in the whole city (see Table 1).

Table 1 Proportion of fatalities and injuries at black spots among all traffic accident

Year	No. of fatalities and injuries of all accidents	No. of fatalities and injuries at black spots	Proportion
2008	2005	224	11.2%
2009	2811	198	7.0%
2010	3153	194	6.2%

Source: HTPD, 2008 before enlargement, 2009-2010 after enlargement

Efforts to reduce accident rate, fatalities and injuries from traffic accidents in general are complicated and costly. However, improving traffic safety at black spots are rather easy and efficient. The reason is that at black spots, accidents' reasons and characteristics can be investigated rather clear and can be solved completely by measurements of improving infrastructure, organising and managing traffic reasonably, installing relevant traffic safety equipments.

First of all, this research would like to introduce the definition and methodology of determining black spots in Hanoi, as well as in Vietnam, which have been conducted by comparing with some countries in the world. Then it is introduced with research and analysing traffic safety at some black spots in Hanoi, as well as solutions proposing for such research points.

2 Literature review

There is no globally accepted definition of a black spot (Hauer 1996, Elvik 2004). Different countries may have different definitions of black spot; even different researchers in the same country have different definition. Many researchers use the term of grey spot, high risk location, high hazard, hazardous, or hot spot instead of black spot.

According to an OECD report (OECD Road Research Group 1976) and other works (Persaud et al. 1999, Hauer et al. 2002, Vistisen 2002, Overgaard Madsen 2005) the distinction among common definitions of black spots are specified as followed:

Numerical definitions	Statistical definitions
- Accident number	- Critical value of accident number
- Accident rate	
- Accident rate and number	- Critical value of accident rate

An example of numerical definition of black spot is presented in Norway by Statens Vegvesen (2006): "A black spot is any location with a maximum length of 100 meters, at which at least four injury accidents have been recorded during the last five years". In this definition only the range of accident location (100m) and the number of traffic accident per 5 year are mentioned, no description of traffic volume, vehicle type, or type of location...

An accident rate definition of black spot differs from accident number definition by the traffic volume, or vehicle kilometers...are taken into account of. This kind of definition of black spot requires the fully filled relevant data, such as daily/monthly/annual traffic volume. For example, "a black spot is any location (section, curve, junction...) at which the number of injury accidents per million vehicles, estimated in the most recent, exceeds the value of 1.50 (or arbitrarily chosen)"[1].

A statistical definition of black spot is obtained by comparing of the recorded number of traffic accident to a normal number for the similar type of location, depending on how the normal number of traffic accident is estimated. For example, a section would be a black spot if recorded number of traffic accident in a specific period is higher than the normal number of traffic accident for this type of section.

In Austria, according to the Austria Guideline Code for the Planning, construction and Maintenance of Roads, black spots are defined as any locations that satisfied one of following two criteria:

- 3 or more similar injury accidents within 3 years and a relative coefficient R_k of at least 0.8; the value of R_k is calculated as follow:

$$R_K = \frac{U}{0.5 + 7x10^{-5} xAADT}$$

Where:

AADT: Annual Average Daily Traffic (vehicles/24hours)

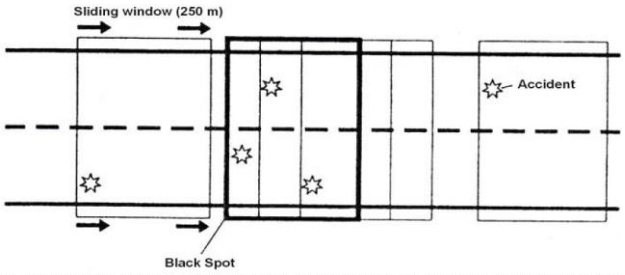
U: Number of injury accidents within 3 years

- At least 5 accidents (including property damage only) of similar type within one

[1] Rune Elvik (2008), State-of –the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road network

year. Since 1995 property accidents are not recorded in Austria, then the 1st definition is primarily used.

For estimating black spots, a sliding window with 250m long is being used. The window follows the course of the road under surveillance and flags a location where one of the two criteria for black spot is met (see Figure 2).



Source: Austrian Guideline for Black spot Identification

Figure 2 Identification of black spot by 250m-long sliding window

In Flanders, a location is considered as a black spot if in the last three years, three or more accident occurred and the priority value (P), calculated by using the following formula, equal 15 or more (Karolien Geurts at al. 2003):

P = L + 3S + 5D

Where:

L: Total number of slight injuries

S: Total number of serious injuries (each casualty admitted more than 24 hours in the hospital)

D: Total number of deadly injuries (each casualty died within 30 day after accident)

1-3-5: Weighting value of Light-Serious-Deadly injuries (L-S-D)

And based on this definition, the length of road section that specified as black spot should be not more than 100metres.

Karolien Geurts at al. (2003) tried to calculate the priority factor (P) by changing the combination of L-S-D, he relied that if the combination of L-S-D changed the ranking of black spots also changed as described as followed:

- 1-1-1: This combination assumes that every casualty of a traffic accident is evenly important. Therefore, all accidents are evenly important and should be avoided, regardless of the severity of the injury.
- 1-1-10: Using these weighting values, attention will be focused on accidents with deadly injured casualties. Accidents with lightly or seriously injured casualties receive relatively small attention.
- 1-10-10: This last group of weighting value combinations discriminates between accidents with small injuries on the one hand and accidents with serious or deadly injuries on the other hand. It is assumed that a seriously injured person could just as easily have been killed in the accident and the other way around. Lightly injured persons, however, are assumed to be characteristic for less serious accidents and will be less taken into account when identifying black spots.
- 1-3-5: These combinations of weighting values use a more moderate approach to stress the importance of deadly accidents. As the injury types are more serious, the accident is considered to be more important.

In Vietnam, the black spot, issued by Ministry of Transport (MoT) [2], is defined as any high risk location or spot at which traffic accident frequently happened. The "location" or "spot" mentioned in this definition is understood as a road section or a junction.

To identify a location is black spot or not, the traffic situation at that location in past one year must be token in to account. A location at which in one year meet one of three criteria as follow is considered as a black spot:

- Happened 02 deadly accident, or
- Happened 03 or more traffic accidents in which there was 01 deadly accident, or
- Happened 04 or more injury traffic accidents.

Definition issued by MOT includes some unclear issues which cause difficulties to analysis and assessment. Moreover, there raise also many discussions among researches, related institutions in the process of determining, analysing and solving black spots. There are some unclear points as listed below:

[2] MoT, Decision No. 13/2005/QD-BGTVT about Identification and Solving high risk of accident in road network

Unclear in the scope of accident: In some definitions of black spot, the road segment is proposed very detailed, with specific methodology, eg. the regulation of traffic accident segment is 100m, or determining black spot position by sliding window,... In Vietnam, especially in Hanoi, the unclear regulation leads to inconsistency in determining, analysisng and solving black spots among regions and among organisations. Some organisation propose the length of accident segments must be within 50m, some others propose 100m, other opinions say that it is required to take road conditions into consideration to see whether it is black spot or not.

No model to assess priority level: In Vietnam currently, there is no model to evaluate and classify black spots. In many cases, it is assessed sublectively, eg. what is more dangerous between the black spot with 2 accidents of fatalities and the black spot with 4 accidents of serious injuries…

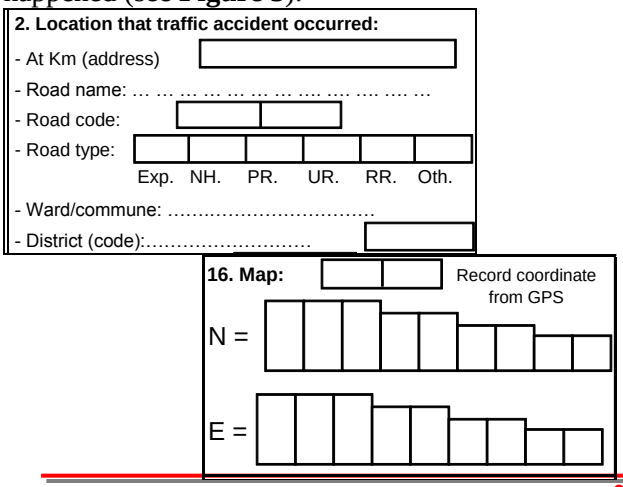
Such unclear definition leads to delay in solving black spots, errors in analysis and assessment, or may lead to ignoring black spots with higher demand of priority.

In this research, authors depend on the definintion of black spot issued by MOT in order to conduct research and propose solutions for some typical black spots.

3. Methodology

3.1 Black spot identification

Accident in formation are collected by Traffic Police based on Form 02/TNGT issued by Ministry of Police. Using this form can help determining the position of black spot based on one of 2 information items: place of accident happening, or coordination that traffic accidddent happened (see **Figure 3**).



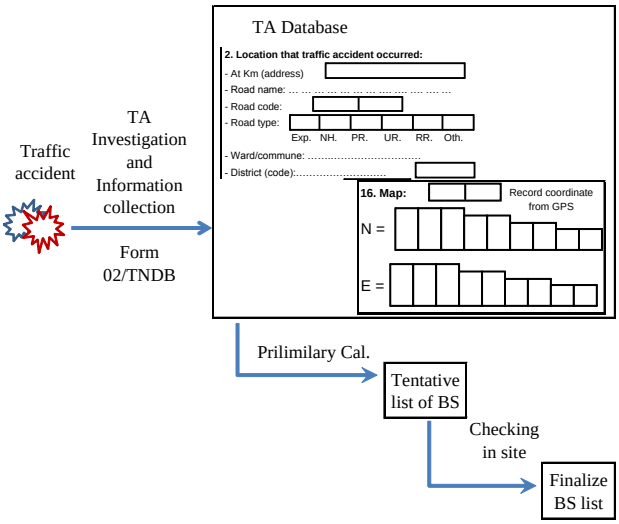
Note: Exp. : Express way
NH. : National highway
PR. : Provincial road
UR. : Urban road
RR. : Rural road
Oth. : Other type of road

Source: Quote form 02/TNDB issued by Vietnam MoPS

Figure 3 Information items can be used to identify the location of traffic accident

As the traffic police is not fully equipped with GPS devices, the regulation on completing all information items in the report form has not yet issued, information on accident tọa độ is not collected.

Based on the information collected from the traffic accident in database in item 2, research team depends on description of accident position (house adress, road adress) in order to primarily determine the list of potential black spots, then go on field survey and depend on accident document to officially determine the traffic black spot. Such procedure of determining black spot can be described in Figure 4.



Note: TA: Traffic accident
BS: Black spot

Figure 4 Black spot identification process

In order to see one position as a black spot, it is required to have 2 conditions of number of accidents and distance among accidents as follows:

- Number of accidents: Happened 02 deadly accident, or happened 03 or more traffic accidents in which there was 01 deadly accident, or happened 04 or more injury

traffic accidents (based on MoPS regulation)
- Condition of distance between accidents: accident happening within the distance of 100m, or within the area of an intersection.

The criteria for the distance from the interscetion of 100m is recommended based on 2 reasons: firtsly the international experience and secondly traffic arrangements in Hanoi that lead to many roads being intersected into several short sections, especially the urban center.

The initial list of black spot is identified based on 2 criteria, nonetheless, the exact location of traffic accidents is unable to be pinpointed therefore the criteria 2 in the form 02 (road station and location of traffic accidents) is used to determine the distance of traffic accidents.

The official list of black spots shall be established after the researcgh group undertake the actual inspection in the field against accident recods from the police on the exact location of traffic accidents to be mapped on a small map, in which geometrical parametera shall be noted down, after then sliding window of 100m in size shall be etsblaished to locate black spot officially. Those black spots that fail to meet those criteria shall be removed from the official list.

3.2 Black spot solving procedure

Black spot remedial measure shall be undertaken after the official black spot list is established under official procedures as follows:
- Step 1: Identifying and establishing the priority order;
- Step 2: First field inspection;
- Step 3: Ascertaining additional information and undertaking analysis;
- Step 4: Second field inspection to find out causes;
- Step 5:Identifying remedial measures;
- Step 6: Obligations of agencies in charge of black spot remedies;
- Step 7: Undertaking black spot remedial measures;
- Step 8: Monitoring and evaluation.\

Following informations is to be obtained to undertake those 8 steps:
- Data on traffic accidents (already in the list of black spot): in many instances additional information is to be obtained such as: traffic accidents, involving vehicles (what), persons involved (who), time of traffic accidents (when), causes of traffic accidents (why), how the traffic accidents occurred (how),...
- Engineering data: number of lanes, type or class of road (urban or rural, classification..) safety facilities/amenities, road pavement conditions,
- Traffic flow information: flow rate (timing of traffic accidents), vehicles used/npedestrians, speed of vehicles involving in accidents at black spot,
- Traffic management: for black spot, data pertained to the intersection, signal identification data, vehicle flow, etc
- Others: street lighting, adjacent facilities that may possible pose obstructions, or hamper vision distance

4 Black spot analysis – Case study of 3 black spots

Because of infrastructure, traffic engineering characteristics, are different,, therefore, analysis of black spot to find out causes is also different. In this part, the research group shall present case study of 3 black spot traffic accidents across Hanoi City.

4.1 Description of 3 black-spots

Note: BS = Black spot

Figure 5 Locations of 3 studied black spots in ring road III-Hanoi

Three black spots under study are located on ring road 3 of the city, where traffic is highly mixed, vehicles are heavy and travel at higher speed.In recent 3, from 2008 to 2010, and the issue of traffic safety at these 3 black spots has become urgent and required drastic improvements. Traffic safety at these 3 black spots is described in section **4.4** below.

4.2 Road infrastructure and traffic management characteristic

Black spot 1: Pham Van Dong – Xuan Dinh:

Pham Van Dong Street is a dual carriage way having central median of concrete block, each carriage way has 3 road lanes of mixed traffic (10-11m), this point is located on Thăng long Bridge approach and descent therefore travel speed is very high. Xuan Dinh street carries two way traffic without central median with 2 road lanes (7m).

This is an intersection having traffic signal of 2 phases, phase transition timing neither is nor designed appropriately (equalling to yellow indication duration, 3s) thus poses constant conflicts for vehicles already in intersection with vehicles about to enter the intersection. Moreover, a majority of road users often fail to obey traffic signals, thus pose a great danger to other vehicles.

Figure 6 BS1: Pham Van Dong-Xuan Dinh

Black spot 2: Pham Van Dong – Co Nhue

Located on Pham Van Dong street, crossing with Tran Cung street which has a narrow width of 5-6m. The crossing angle between Tran Cung – Co Nhue streets and Pham Van Dong street is very small.

Figure 7 BS2: Pham Van Dong – Co Nhue

Traffic signal here is given 2-phase indication, inter-green time has not been designed properly therefore many conflicts are created between vehicles already in the intersection and approaching vehicles.

Awareness of road users is one of causes leading to traffic accidents. In waiting and queuing areas on Tran Cung street and Co Nhue street, road users often occupy the space designated to the opposite road lanes on Pham Van Dong street, this lane misuse is a danger to other vehicles.

Black spot 3: Pham Hung – Me Tri

Pham Hung street is a dual cariage way seperated by a central median, each cariage way has 4 road lanes (total is 12m); Me Tri street has 2parts, the part eatern of Pham Hung street has narrow width and under construction, the section western of road phạm hùng, is a dual carriage way with each durection of 15m wide.

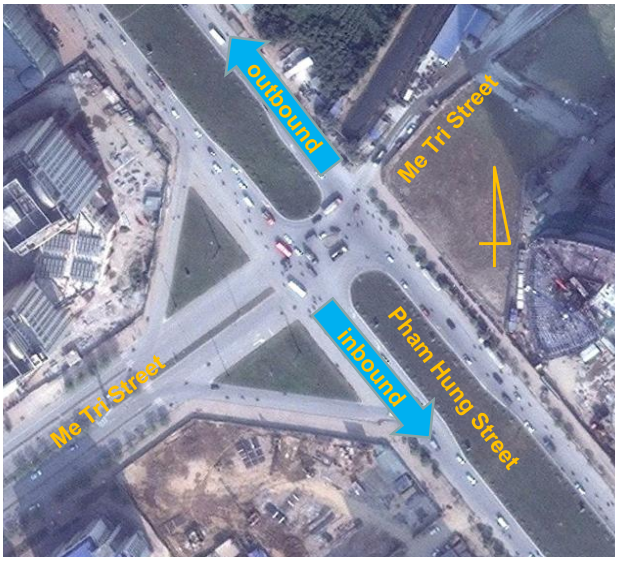


Figure 8 BS3: Pham Hung – Me Tri

This intersection is an unsignalised one thus many corssings and intersections emerge, moreover on Pham Hung and Me Tri streets, many vehicles travel at high speed thus easily cause traffic accidents.

Through observation, the study team finds that most of equipment, facilities and amenities on this road such as signage, speed slow, rumble strips, road humps have been degraged and thus pose a great danger to traffic safety as a whole.

4.3 Traffic characteristics

The study team has undertaken all measures to ascertain information at the cross road near black spots in Pham Van Dong and Pham Hung streets.

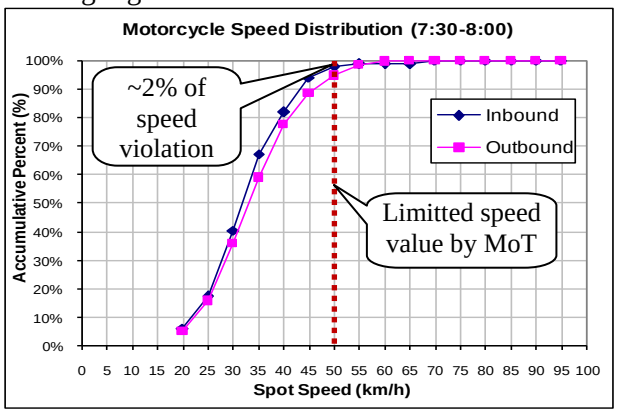
Travel Speed: using the method labelled "floadting car method" to determine speed of vehicles in Pham Van Dong-Pham Hung streets, the study team find that the travel speed (in consideration of delay time) on this road is significantly high, in the morning peak and evening peak, the speed is equal and equivalent to ~34.6-36.7km/h, in the evening peak, when traffic volume is reduced, the travel speed increases by 20-35% comparing to the peak time (44.2km in outbound traffic and 46.9km in inbound traffic).

Table 2 Travel speed in Pham Hung – Pham Van Dong corridor

Period	Travel speed (Km/h)	
	Outbound	Inbound
Morning peak (7:00-8:00)	36.7	34.8
Noon time (11:00-12:00)	44.2	46.9
Evening peak (17:00-18:00)	36.1	34.6

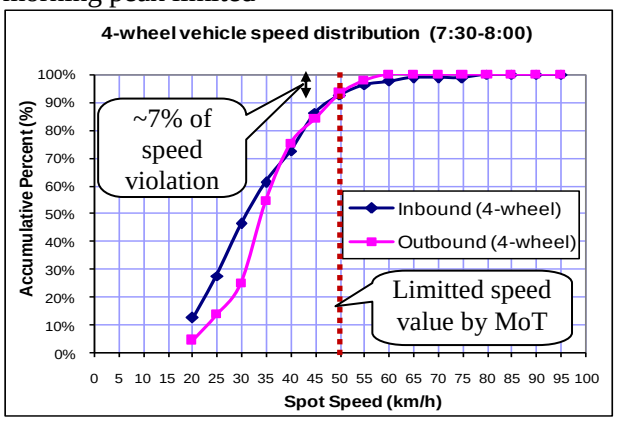
Source: Jica-Tranconcen, survey report

Speed distribution: in order to evaluate the spot speed of vehicles at a certain point of time, the research group undertook a survey of spot speed of 2 vehicle types i.e. motorcycles and cars (including trucks small cars and bus,...). The survey process is undertakeen at 2 periods of time typical to accident characteristics i.e. morning peak 7:30-8:00, and evening/night time 21:00-21:30.



Source: Jica-Tranconcen, survey report

Figure 9 Speed distribution of motorcycle in the morning peak limited



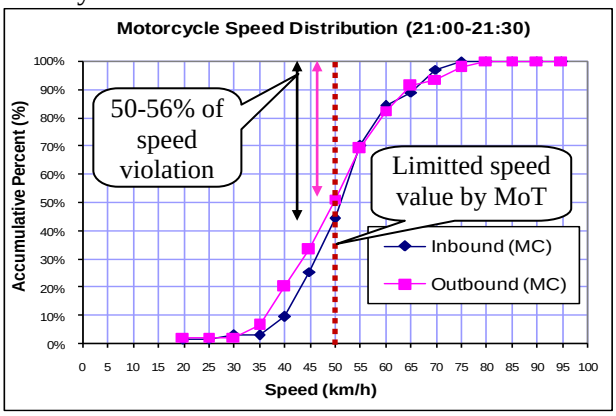
Source: Jica-Tranconcen, survey report

Figure 10 Speed distribution of 4-wheel vehicle in the morning peak

Comparing speed distribution of motorcycles and cars at 2 typical points of time, we discover a sharp increase in violations caused by vehicles. Those violations are speeding related on Pham Van Dong-Pham Hung streets, the number of speed violations by motorcycles increases from ~2% in the morning peak to50-56% in evening time, violations by cars increases from ~7% in the morning peak to 50-70% in the evening time.

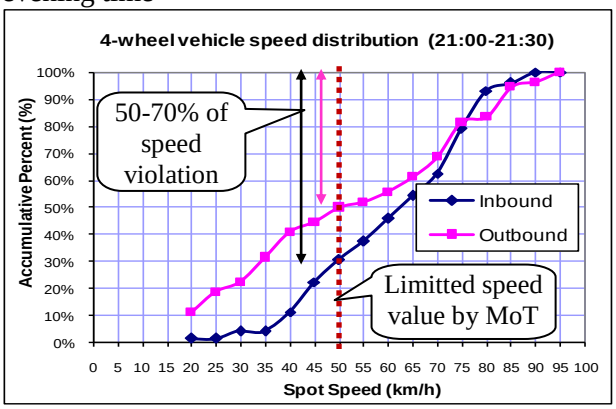
The distribution of speed and speed violations as mentioned above indicate that road users display a limited level of awareness (over speed) and instead, they drive their vehicles to their

habit. This deadly habit is the main cause leading to high prevalence of accident in Hanoi and the whole country.



Source: Jica-Tranconcen, survey report

Figure 11 Speed distribution of motorcycle in the evening time



Source: Jica-Tranconcen, survey report

Figure 12 Speed distribution of 4-wheel vehicle in the evening time

Traffic flow rate and flow component: the flow rate and the flow component surveyed within 2 hours of morning peak and evening peak, vehiclesare classified into 5 types and then converted into passenger car unit (PCU). To convert bicycles, motorcycles, cars, and bus/truck into PCU we use the passenger car equivalent factors as 0.18, 0.24, 1, 2.26 (C.C. Minh 2003) respectively; statistics show that the flow rate of traffic on this road is significantly higher at 1351pcu/h/lane in the morning peak and 1232pcu/h/lane in the afternoon peak, equivalent to the travel factor ranging from 0.6 and 0.65. The flow component Pham Van Dong-Pham Hung streets is highly mixed with cars accounting for a high majority ~16.1% in two ways, motorcycles account for 79.9%, unmotorised vehicles 3.5%, pedestrians 0.6%.

Table 3 Traffic flow rate and component

	7:00-8:00	17:00-18:00
Unit: Vehicle		
Non-motorized vehicle	759	490
Motorcycle	16560	12248
Car/Van	1694	2089
Bus/Truck	1018	1007
Pedestrians	88	119
Total	20118	15954
Vehicle/h/lane	3353	2659
Unit: PCU		
Non-motorized vehicle	137	88
Motorcycle	3974	2940
Car/Van	1694	2089
Bus/Truck	2300	2275
Pedestrians	-	-
Total	8105	7392
PCU/h/lane	1351	1232

Source: Tranconcen, survey report 2011

4.4 Traffic accident data at 3 black spots

According to statistics from the city trafic police bureau, in the most recent 3 years, right at this BS 1, there have occurred 38 traffic accidents incurring deaths 4 and injuries 27 people, at the BS 2 in the most recent 3 years, 40 accidents have occurred killing 3 people and cause injuries to 27 people. In the BS 3, in the most recent 3 years, 45 accidents have occurred killing 8 people and injuried 40 people. Thus, on average, 1.05-1.25 accidents have occurred each month (see Table 4). Among accidents, most of cases involve cars with cars or cars with motorcycles or motorcycles and cars; the remaining is cars and motorcycles conflicts with pedestrians at road crossing (see Table 5).

Table 4 Traffic accidents happened at 3 black spots

Year / Criteria	2008	2009	2010	Total
	BS1: Pham Van Dong - Xuan Dinh			
Traffic accidents	12	16	10	38
Fatalities (people)	2	2	0	4
Injuries (people)	6	13	8	27
	BS2: Pham Van Dong - Co Nhue			
Traffic accidents	13	11	16	40
Fatalities (people)	0	1	2	3
Injuries (people)	12	5	10	27
	BS3: Pham Hung - Me Tri			
Traffic accidents	16	15	14	45
Fatalities (people)	2	2	4	8
Injuries (people)	17	14	9	40

Source: Analyze base on the database provided by HTPD

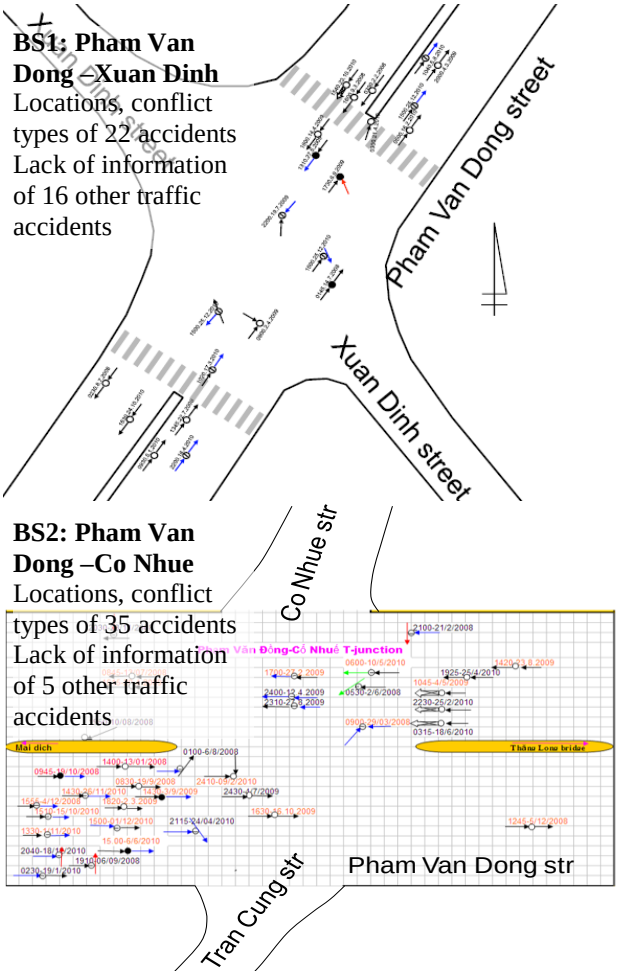


Figure 13 Review of 3 black spots

Table 5 Vehicle type involved to the accident

No.	Type of vehicle	BS1	BS2	BS3
1	MC - MC	2	3	2
2	MC - Au	13	16	26
3	MC - NM	-	1	-
4	MC - Ped	2	4	4
5	Au - Au	16	13	11
6	Au - NM	1	1	1
7	Au - Ped	3	2	-
8	Sefl accident	-	-	1

Note: MC: Motorcycle
Au: 4-wheel motorized vehicle
NM: Non-motorized vehicle, bicycle
Ped: Pedestrian
BS: Black spot

Observation and statistics, the study team see that at the first 2 black spots, initially accidents are caused by accelerating vehicles to pass the intersection, when they have enterd the intersection, they face with conflicts with other vehicles which are already within the intersection from other directions and suddnely come to a halt, following vehicles behind fail to keep a safe distance have collided with preceding vehicles in the front.

At the black spot 3, since this intersection has not been signalised then all other vehicles have conflicts with the crossing flow (square angle conflicts), the accident scene sketches suggest that accidents caused by square angle conflicts take the majority.

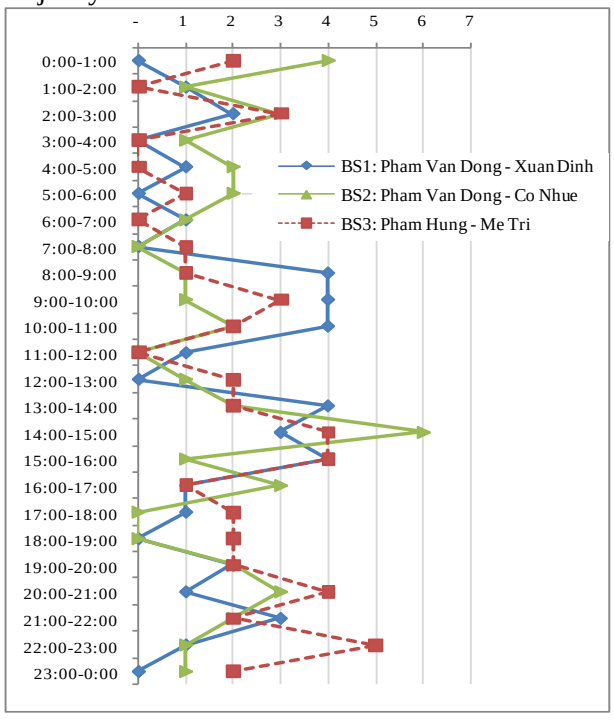


Figure 14 Time in day that accidents happened

Also from analysis of accidents, most of accidents occur at night time (see Figure 14). The research group sees that at night when traffic volume is low at black spots, a number of street lights have gone off, the road is not lit well enough leading to accidents. From Table 6, the study team also think that the main cause of accidents at day time is preceding vehicles accelerate while following vehicles fail to keep a proper and safe distance, however, main cause of accident at night is vehicles travelling at high speed in a poor lighting condition.

Table 6 Major causation of traffic accident at 3 black spots

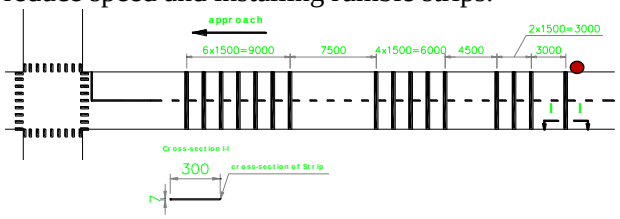
Causation	BS1	BS2	BS3
Driving in wrong lane	2	0	1
Do not keep safety distance/ speeding to pass intersection	7	8	6
Wrong turning	2	3	8
Do not pay attention	2	3	0
Wrong overtaking	2	5	4
Unknown	23	15	19

5. Recommended improvements

Measures recommended for improvements of traffic safety at black spots require the following combination:

Measures to curb speeding:

Reducing speed on the main road approaching intersection by installing signage to reduce speed and installing rumble strips.



Source: Nghiem Van DINH at al. (2006), Introduce countermeasures for controling traffic accident in Vietnam

Figure 15 Model of proposed deceleration strip

Designing proper signal indications to reduce conflicts at the intersection:

For the first 2 BS, since the Xuan Dinh and Co Nhue are narrow, the research group suggests to adopt 2-phase signal program with proper inter-green time to reduce conflicts at the intersection.

For the BS3, it is recommended to install 3-phase signal program in which traffic safety is given priority, plus expanding the intersection to incraese traffic capacity and create a convenience to road users.

Improving of traffic safety:

For the first 2 BS, since land space is limited, following measuresneed to be adopted:

- Installing pedestrians bridges crossing the Pham Van Dong street, this measure shall keep pedestrians safe when they cross the road whilst enable more rapid motorized vehicles pass through the intersection since the signal for pedestrians is now eliminated.
- Installing lane markings, stop lines to prevent misuse of road lane, and the lane of other directions.

For the BS 3, Pham Hung-Me Tri, following measures can be adopted:

- Installing a left turn lanes in Pham Hung street to improve the capacity of the intersection.
- Since the road is wide, vehicle speed is high and traffic volume is heavy, pedestrian tunnel crossing the road is suggested.
- Installing lane markings on the road in appropriate sections

Additional measures:

A number of additional measures to complete mentioned measures to improve the traffic safety at black spots are addressed as follow:

- Measures for public information and propaganda, providing guidance to road users to raise their awareness and safety when they pass black spots on the road.
- Undertaking punitive and enforcement measures to curb violations and thus improve safety.
  Education and enforcement measure take the focus on primary causes and violations such as: speed, lane misuse, crossing the line, red light running. Enforcement should be intensified at night time.
- Improving street light conditions around black spots to give road users a better sight when driving.

The improvement countermeasures shown in the figures below:

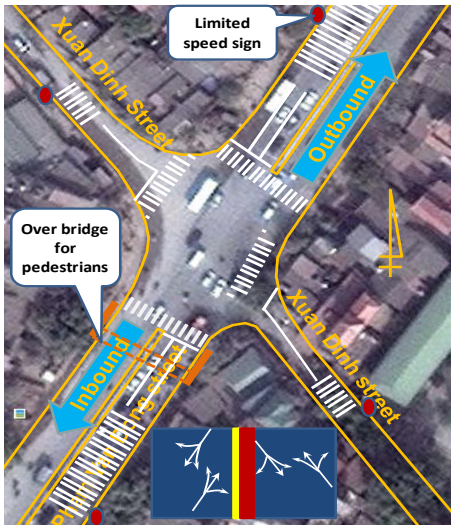


Figure 16 Countermeasures for traffic safety at BS1: Pham Van Dong-Xuan Dinh

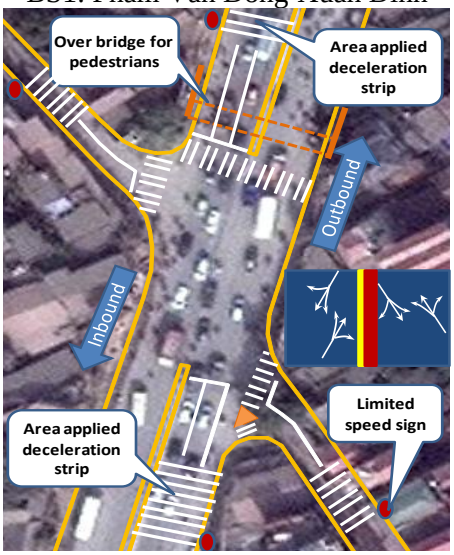


Figure 17 Countermeasures for traffic safety at BS2: Pham Van Dong-Co Nhue

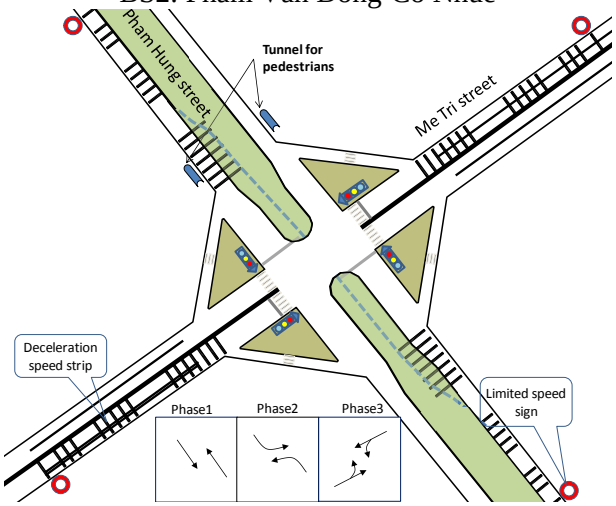


Figure 18 Countermeasures for traffic safety at BS2: Pham Hung-Me Tri

Note: Figure 16, Figure 17, and Figure 18 present the major tasks for each black spot. The details of calculation and design are not introduced.

6. Acknowledgment

The study team of Traffic Safety Research Center (TSRC) would like to express the special appreciation to Pol. Major general Prof. Dr Nguyen Xuan YEM, Director of People's Police Academy and Pol. Colonel Pham Trung HOA, Dean of Traffic Police Department with kind support, co-operation and advisors during the study.

References

[1] Hanoi Traffic Police Division (2010). Traffic accident database updated 3-2010

[2] Ministry of Public Security-MoPS (2009). Circulars 58/2009/TT-BCA(C11) Regulations and guidelines for collecting, synthesizing, and developing traffic accident database, providing information about traffic accidents, issued Oct 28th 2009

[3] Ministry of Public Security-MoPS (2009). Form 02/TNDB, Attached herewith Circulars 58/2009/TT-BCA(C11), issued Oct 28th 2009

[4] Ministry of Transport (2005). Decision No. 13/2005/QD-BGTVT about Identification and Solving high risk of accident in road network

[5] Comprehensive Urban Development Programme in Hanoi Capital city – HAIDEP (2005). Technical Report, Jica

[6] Traffic Safety Human Resource Development Project in Hanoi, Phase I – TRAHUD I (2009). Survey Report, Almec Cor., Jica

[7] Consulting Center for Transport Development – TRANCONCEN (2005-2009). Traffic survey report

[8] Rune Elvik (2008). State-of –the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road network

[9] Karolien Geurts (2006). Ranking and profiling dangerous accident locations using data mining and statistical techniques. Doctoral dissertation. Faculty of applied economics, Hasselt University, Hasselt

[10] OECD Road Research Group (1976). Hazardous road locations – Identification and counter measures, Paris

[11] Hauer E. (1996). Identification of sites with Promise, Transportation Research Record, 1542, 54-60

Profile of Student Chapter Organizing and Scientific Committee Members 2011

4th ATRANS Symposium: 3rd ATRANS Student Chapter Session

List of Student Chapter Organizing and Scientific Committee Members 2011

Student Chapter Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	Mr. Sharad Bajracharya **Master Student** **President**	Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 082-541-6314 E-mail: st111151@ait.ac.th, sharad.bajracharya@ait.ac.th, Sharad333@hotmail.com Advisor : Asst. Prof. Dr. Kunnawee Kantipong
	Mr. Weerapong Chompoonut **Master Student** **Vice-President of Scientific Committee**	Chulalongkorn University Cell. 087-749-1486 E-mail: kaka_zaaa@hotmail.com Advisor : Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti
	Mr. Nuttachart Nantamart **Master Student** **Vice-President of Organizing Committee**	Chulalongkorn University Cell. 081-773-6279 E-mail: nutta_udon@yahoo.com Advisor : Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti

4th ATRANS Symposium: 3rd ATRANS Student Chapter Session

List of Student Chapter Organizing and Scientific Committee Members 2011

Student Chapter Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	Ms. Pantima Samart **Master Student** **Secretary and Member of Scientific Committee**	Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 081-999-0510 E-mail: st111498@ait.ac.th Advisor : Asst. Prof. Dr. Kunnawee Kanitpong
	Ms. Jaturaporn Jaruwatjanakul **Master Student** **Secretary and Member of Scientific Committee**	Kasetsart University Cell. 084-633-3437 E-mail: zombies_spd@hotmail.com Advisor : Asst. Prof. Dr. Varameth Vichiensan
	Mr. Thanatip Wipulanusat **Master Student** **Member of Scientific Committee**	Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 081-830-7352 E-mail: st111147@ait.ac.th Advisor : Asst. Prof. Dr. Thirayoot Limanond

4th ATRANS Symposium: 3rd ATRANS Student Chapter Session

List of Student Chapter Organizing and Scientific Committee Members 2011

Student Chapter Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	Mr. Chang Chi Tao **Master Student** **Member of Scientific Committee**	Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 082-974-1631 E-mail: st111149@ait.ac.th Advisor : Asst. Prof. Dr. Thirayoot Limanond
	Ms. Archiraya Phatthanawat **Master Student** **Member of Organizing Committee**	Chiang Mai University Cell. 084-366-6938 E-mail: auauga444@hotmail.com Advisor : Dr. Preda Pichayapan
	Ms. Patcharapan Nanthavisit **Master Student** **Member of Organizing Committee**	Chiang Mai University Cell. 087-749-1486 E-mail: smartaor@gmail.com Advisor : Dr. Preda Pichayapan

4th ATRANS Symposium: 3rd ATRANS Student Chapter Session

List of Student Chapter Organizing and Scientific Committee Members 2011

Student Chapter Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	Mr. Keopaseurth Sonmany Master Student **Member of Organizing Committee**	Chiang Mai University Cell. 085-529-1988 E-mail: k_sonmany@yahoo.com Advisor : Dr. Preda Pichayapan
	Mr. Anan Iftikhal Master Student **Member of Organizing Committee**	Khon Kaen University Cell. 085-010-4743 E-mail: anun_unwa@hotmail.com Advisor : Assoc. Prof. Dr. Chulaporn Sota
	Mr. Wachira Wijitpongsa Master Student **Member of Organizing Committee**	Chiang Mai University Cell. 087-314-0051 E-mail: admin_koh@msn.com Advisor : Dr. Preda Pichayapan

ATRANS