

Proceeding of 5th ATRANS Symposium: Student Chapter Session 24th AUGUST 2012

"Transportation for A Better Life:
Preparing for ASEAN Integration"



Organized by Asian Transportation Research Society

Contact: Asian Transportation Research Society (ATRANS) 902/1, 9th Floor, 1 Glass 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

5th ATRANS Symposium
STUDENT CHAPTER SESSION
August 24-25, 2012 BANGKOK THAILAND

24 August 12	Program		
08.30-09.00	Registration		
09.00-09.10	Welcome Remarks by Mr. Rapin Charutula, ATRANS Chairperson		
09.10-09.30	Opening Remarks by Mr. Silpachai Jarukasemratana, Permanent Secretary of MOT, Thailand		
09.30-09.40	Essay and Drawing Competition awarding ceremony by Mr. Rapin Charutula, ATRANS Chairperson		
09.40-10.00	Coffee-Break and see poster session		
10.00-12.00	Morning Session<Panel Discussion on "Transportation for a Better Life: Preparing for ASEAN Integration"> at 2nd Floor, Queen's Park 1 Room		
12.00-13.00	Luncheon at Parkview Restaurant(Ground Floor)		
13.00-16.20	Parallel Session: Student Paper Presentations (Time allots: 7 min for presentation and 3 mins for Q&A)		
	Session 2B : Room Bangkok Panorama 1 (3rd Floor) English Session	Session 2C : Room Bangkok Panorama 2 (3rd Floor) English Session	Session 2D : Room Benjasiri 4 (M Floor) English/Thai Session
13.00-13.10	Keynote Lecture: "Assessment of Adverse Impacts on Ecosystem and CO2 Emissions on Road Project" By Asst. Prof. Dr. Hideyuki ITO	SCS12-009: Evaluation of Impacts of Bus Priority Measures on Reliability of Bus Operation Using Micro Traffic Simulation - Case Study in Hanoi, Vietnam ; Page 76-80 By Tomoya NAKAMURA	SCS12-034: Optimal Road Pricing with Congestion and Procurement of Funds ; Page 257-261 By Hidenori IKESHITA
13.10-13.20	SCS12-002: Overview of Urban Transportation situation & Bus service improvement in Hanoi ;Page 13-19 By Hoang NGUYEN VIET	SCS12-013: Application of Intelligent Transportation Systems in Vietnam: Challenges and opportunities for sustainable transportation; Page 94-101 By Hai TRUONG HOANG	SCS12-010: Estimation of Impact of Improvement of Traffic Signal Control on Traffic Congestion Reduction in Bangkok ; Page 81-85 By Watana NGOENCHUKLIN
13.20-13.30	SCS12-003: VISITOR'S FAMILIARITY WITH ROAD NETWORK IN A TOURISM TOWN: A case study of Patong Beach, Phuket; Page 20-26 By Santosh BARAL	SCS12-014: Analysis of BRT Priority Signal Control System Implementation in Major Intersections of Khon Kaen City ; Page 102-107 By Shota TOMA	SCS12-021: Advantages of Map Based Accident Data ; Page 157-162 By Pol. Maj. Amornchai LEELAKAJONJIT
13.30-13.40	SCS12-004: Applicability of the Bus Rapid Transit System Along Epifanio Delos Santos Avenue; Page 27-35 By Caroline ESCOVER	SCS12-015: The Impact Of Urbanization On Road Traffic Safety In Ho Chi Minh City; Page 108-117 By Nguyen Huu HUY	SCS12-018: Highway - Railway Grade Crossing Accident Costing in Thailand ; Page 135-143 By Donyarit SETTASUWACHA
13.40-13.50	SCS12-005: A Proposed Circulation System for the old Calle Real de Iloilo City; Page 36-46 By Adrian ALARCON	SCS12-025: Transport Energy Consumption Model for Thailand Provinces ; Page 187-195 By Tithiwach TANGSAWAT	SCS12-012: Traffic Congestion Prediction System Using Artificial Pattern-Based Dynamic Time Warping ; Page 90-93 By Naphat THEERAWAT
13.50-14.00	SCS12-006: Modeling the Impact of On-street Parking on Vehicular Traffic; Page 47-57 By Eriko Luis HALLARE	SCS12-027: PROPOSED PARKING FACILITIES FOR THE LOCAL HERITAGE SITE OF ILOILO CITY ; Page 204-212 By Paul Vincent LACSAO	SCS12-001: การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติ กรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา Vulnerability Analysis of Transport Network due to Disasters: A Case Study of Hat Yai District, Songkhla Province ; Page 1-12 By Piyapong SUWANNO
14.00-14.10	SCS12-007: Establishing the Vehicular Speed-Density-Flow Relationships Along Selected Primary Roads in Iloilo City; Page 58-64 By Keane Gregory J. LANDOY	SCS12-029: Transportation demand management: A solution to reduce congestion and towards a sustainable transportation in Hanoi city ; Page 222-226 By Dinh VU HIEP	SCS12-011 : ศูนย์ควบคุมการปล่อยรถโดยสารอัจฉริยะ Intelligence Bus Controlling Center ; Page 86-89 By Anochar BHOCARRATTANAHKUL
14.10-14.20	SCS12-008: Impact of Road Infrastructure Improvements along Commonwealth Avenue, Quezon City; Page 65-75 By Elisa Joyce PRESCILLAS	SCS12-030: Are Transport Demand Management measures applicable to aim sustainable transportation in Ha Noi? ; Page 227-230 By Giang BUI THI PHOUNG	SCS12-016: การสืบสวนสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุรถโดยสารสาธารณะ: กรณีศึกษาภาคใต้ Crash Investigation of Public Transportation: A case of Southern Thailand ; Page 118-126 By Ekkalak KANCHANAPEN
14.20-14.40	Coffee Break (will be provided in front of the session)		

Continued:

Continued Main Symposium and Student Chapter Session

13:00-16:20	Parallel Session: Student Paper Presentations (Time allots: 7 min for presentation and 3 mins for Q&A)		
	Main Symposium Session	Main Symposium Session	Continued Student Chapter Session
	Session 3B: Road Safety Room Bangkok Panorama 1 (3rd Floor)	Session 3C: Transportation& Environment Room Bangkok Panorama 2 (3rd Floor)	Session 2D: Room Benjasiri 4 (M Floor) English/Thai Session
14:40-14:50	Road Traffic Safety in Thailand	Review of Transportation's Roles and Policy to Reduce GHG" in Thailand	SCS12-017: การตรวจสอบความปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร : เส้นทางที่ศึกษา สถานีป่าเต็งรังสถานีสารภี Safety assessment for railroad crossing with traffic sign : case study Pasao train station to Saraphi train station ; Page 127-134 By Achiraya PHATTANAWAT
14:50-15:00			By Prof. Dr. Pichai Taneerananon, Prince of Songkhla University
15:00-15:10	ASEAN Integration and Road Safety in GRSP Point of View	Environmentally Friendly Design for Transportation Infrastructure in Bangkok Metropolitan	SCS12-023: การศึกษาประสิทธิภาพในการชะลอความเร็วของเนินชะลอความเร็วสามขนาดที่ติดตั้งบนถนนสามขนาด The effect of slowing down the speed of a size that is installed on the three dimensions ; Page 171-177 By Tussawan PHACHAROEN
15:10-15:20			By Mr. Ryan Duly, Road Safety Advocacy Coordinator, GRSP
15:20-15:30	Evaluation of Traffic Safety Projects Performance	Possibility to Realize Low Carbon Society in Khon Kaen and Vientiane	SCS12-026: การศึกษาระยะทางการเดินทางรวมของยานพาหนะในจังหวัดขอนแก่น Study of Vehicle Kilometers of Travel of Khon Kaen City ; Page 196-203 By Jessadaporn THUENGNAMEE
15:30-15:40			By Mr. Duy Khanh Nguyen, Victoria Univ. of Wellington Vietnam
15:40-15:50	Intelligent Transportation System (ITS) for Road Safety	Pedestrianization of the Heritage Site in Iloilo City	SCS12-031: ความร่วมมือในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่งและผู้ให้บริการขนส่ง Shipper and Carrier Collaboration in Truck Transportation ; Page 231-239 By Sutthipun PROMMA
15:50-16:00			By Dr. Passakon Pratombutr, NECTEC, MOST
16:00-16:10	Main Symposium Session of <Session 4> Rail System and Transit Oriented Development (16:10 – 17:50)		SCS12-033: การวิเคราะห์ต้นทุนและความสูญเสียจากการขนส่งสินค้าเกษตร กรณีศึกษา ผักกะหล่ำปลี จังหวัด เชียงใหม่ Cost and Waste Analysis of Agricultural Products Transportation: Case Study of Cabbage in Chaing Mai Area ; Page 247-256 By Chutipong MUTTAYAKUL
16:10-16:20			SCS12-035 : แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบริเวณที่ลาดชัน Accident Prediction Model in Mountainous Areas ; Page 262-267 By Mesa TIPPAVETH
17:50-18:00	Best Paper Awards and Closing Remarks by Prof.Dr. Wiroj Rujopakarn, Kasetsart University		
25 August 12 07:40-14:00	Technical visit at Lamchabang Eastern Seaport, Cholburi: Gather at Hotel Lobby, Imperial Queen's Park Hotel (Bus transportations are provided to 50 seats only. Hence, early registration is required.)		

STUDENT CHAPTER ORGANIZING AND SCIENTIFIC COMMITTEE MEMBERS

Donyarit Settasuwacha (President)	Prince of Songkla University Department of Civil Engineering
Kittirop Kaveerat (Vice President Scientific Committee)	King Mongkut's University of Technology Thunburi (KMUTT) Department of Civil Engineering
Attaphon Panyanatum (Vice President Organizing Committee)	Kasetsart University Department of Civil Engineering
Ms. Auearree Jensupakarn	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Mr. Suharit Madmek	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Mr. Tharadol Punlop	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Mr. Santosh Baral	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Mr. Napong Subanpong	Asian Institute of Technology (AIT) Department of Civil Engineering
Mr. Pariwat Rodnual	Kasetsart University Department of Civil Engineering
Mr. Chaovarid Boonchui	Kasetsart University Department of Civil Engineering
Mr. Attaphon Panyanatum	King Mongkut's University of Technology Thunburi (KMUTT) Department of Civil Engineering
Ms. Kamonwan Pranamornkit	King Mongkut's University of Technology Thunburi (KMUTT) Department of Civil Engineering
Mr. Napon Srisakda	Chulalongkorn University Department of Transportation Engineering
Ms. Kanokwan Wangsa	Khon Kean University Faculty of Public Health
Mr. Wachira Wijitpongsa	Chiang Mai University Department of Civil Engineering
Ms. Patcharapan Nanthavisit	Chiang Mai University Department of Civil Engineering
Ms. Ratchadaporn Thisachai	Chiang Mai University Department of Civil Engineering
Mr. Punchachoke Jittrapirom	Chiang Mai University Department of Civil Engineering

STUDENT CHAPTER ORGANIZING AND SCIENTIFIC COMMITTEE MEMBERS

Ms. Wanwisa Tarachuen	Naresuan University (NU) Department of Civil Engineering
Ms. Krairung Pornanan	Naresuan University (NU) Department of Civil Engineering
Mr. Wutthichai korrakotkamjon	Naresuan University (NU) Department of Civil Engineering
Mr. Piyapong Suwanno	Prince of Songkla University Department of Civil Engineering
Ms. Jaturaporn Jaruwatjanakul (Mentor)	Kasetsart University Department of Civil Engineering
Mr. Weerapong Chompoonut (Mentor)	Chulalongkorn University Department of Civil Engineering
Mr. Nuttachart Nantamart (Mentor)	Chulalongkorn University Department of Civil Engineering

Advisory committee

Dr.Tuenjai Fukuda	Nihon University
-------------------	------------------

Local Advisory committee

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 2012 participants,

It is a pleasure to welcome you to ATRANS Symposium 2012. In this fifth 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 24th August.

Again, I am delightful to present you our "4th ATRANS Student Chapter Session" an attached program of ATRANS Symposium. The Student Chapter was launched three 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.

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. Particularly, transportation plays an important role in connecting peoples across the oceans and continents. This is one of the reasons why our symposium's theme is upon "Transportation for a Better Life: Preparing for ASEAN Integration."

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 2012 who worked relentlessly to make the 4th 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 25th August at Eastern Seaport, Lamchabang, Chonburi, Thailand.

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

August, 2012

Welcome Message from ATRANS Student Chapter's Advisor Committee



Dear ATRANS symposium 2012 participants,

It is my great honor to deliver a welcome message in the proceeding of the student session, the 2012 ATRANS Symposium. I am glad to see the continuous progress of the student chapter since it has been established in 2009. This forth 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, 2012

Welcome Message from ATRANS Student Chapter's Advisor Committee



Dear ATRANS symposium 2012 participants,

It is my great pleasure to welcome all distinguish guest to the ATRANS Symposium, and this year theme is "Transportation for A Better Life: Preparing for ASEAN Integration". A number of honorable guest speakers will deliver fascinating speeches in this issue.

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.

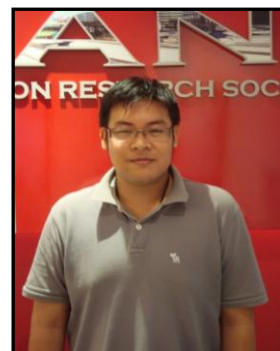
I hope that we will have a successful symposium this year.

Dr. Sumet Ongkittikul

ATRANS Student Chapter's Advisory Committee
Thailand Development Research Institute

August, 2012

Welcome Message from President of Student Chapter Committee



Dear ATRANS STUDENT CHAPTER SESSION 2012 participants,

It is an honor that I am has the opportunity to organize the student chapter session held on August 24, 2012. On behalf of president of Asian Transportation Research Society (ATRANS) student chapter committee 2012, it is our great privilege and honor to welcome all of you to the 5th ATRANS Symposium 2012 and 4th ATRANS Student Chapter Session to this lovely and one world's city award for best of wonderful city of Bangkok.

The theme of this year symposium is **“Transportation for Better Life: Preparing for ASEAN Integration”**, which is timely, given the fact that the ASEAN Economic Community (AEC), 10 ASEAN countries will need an integrated transport system starting from 2015.

We have with us today student chapter session participants with 35 full papers from over 4 countries submitted to this symposium, and some 3 ASEAN countries. We are certain that the conference will help address some of the transport challenges facing us in ASEAN.

There are three major tracks of paper that the ATRANS student chapter session hopes to promote in this year for ASEAN Integration, namely Transportation Planning and Traffic Modeling track, Sustainable and Green Transportation track, and Road Safety track. I am glad to see that many papers in the symposium are addressing these three very critical issues in achieving sustainable transportation developments in this part of the world.

Ladies and gentlemen, I trust you will find the symposium useful and exciting. And please find sometimes to enjoy the beautiful place and this lovely city.

Donyarit Settasuwacha

President of ATRANS Student Chapter Committee 2012

5rd ATRANS SYMPOSIUM: STUDENT CHAPTER SESSION 2012

August, 2012

CONTENTS

<i>Student Chapter Committee Members</i>	I
<i>Welcome Message from the Chair of ATRANS Symposium & Activity Committee</i>	III
<i>Welcome Message from ATRANS Student Chapter's Advisory Committee</i>	IV
<i>Welcome Message from Student Chapter committee</i>	VI
1. VULNERABILITY ANALYSIS OF ROAD NETWORK DUE TO DISASTERS A CASE STUDY OF Hat YAI DISTRICT, SONGKHLA PROVINCE	1
การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติ กรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	
Piyapong SUWANNO, Paramet LUATHEP, Pichai TANEERANANON	
2. OVERVIEW OF URBAN TRANSPORTATION SITUATION & BUS SERVICE IMPROVEMENT IN HANOI	13
Hoang Viet NGUYEN, Hieu Trung TRAN, Tuenjai FUKUDA	
3. VISITOR'S FAMILIARITY WITH ROAD NETWORK IN A TOURISM TOWN: A CASE STUDY OF PATONG BEACH, PHUKET	20
Santosh BARAL, Suharit MASMEK, Napong SUBANPONG	
4. APPLICABILITY OF THE BUS RAPID TRANSIT SYSTEM ALONG EPIFANIO DELOS SANTOS AVENUE	27
Marcus Kyle BARON, Caroline ESCOVER, Mayumi TSUKAMOTO	
5. A PROPOSED CIRCULATION SYSTEM FOR THE OLD CALLE REAL DE ILOILO CITY	36
Adrian ALARCON, Juanito DATOR, Hector MACAPAGAL, Angelica	

CONTENTS (Cont.)

- | | |
|---|-----------|
| <p>6. MODELING THE IMPACT OF ON-STREET PARKING ON VEHICULAR TRAFFIC</p> <p>Marc Alvin LIM, Eriko Luis HALLARE, Jesus Gerard BRIONES</p> | <p>47</p> |
| <p>7. ESTABLISHING THE VEHICULAR SPEED-DENSITY-FLOW RELATIONSHIPS ALONG SELECTED PRIMARY ROADS IN ILOILO CITY</p> <p>Landoy, Keane Gregory, Pabiton, Joselito Luis, Pena, Miguel Antonio</p> | <p>58</p> |
| <p>8. IMPACT OF ROAD INFRASTRUCTURE IMPROVEMENTS ALONG COMMONWEALTH AVENUE, QUEZON CITY</p> <p>Elisa Joyce Co PRESCILLAS, Jeddalyn Alberto GALLERO, Melvin FLORES</p> | <p>65</p> |
| <p>9. EVALUATION OF IMPACTS OF BUS PRIORITY MEASURES ON RELIABILITY OF BUS OPERATION USING MICRO TRAFFIC SIMULATION - CASE STUDY IN HANOI, VIETNAM</p> <p>Tomoya NAKAMURA, Atsushi FUKUDA, Hideyuki ITO, Yoshihiko HASHINO, Yosui SEKI</p> | <p>76</p> |
| <p>10. ESTIMATION OF IMPACT OF IMPROVEMENT OF TRAFFIC SIGNAL CONTROL ON TRAFFIC CONGESTION REDUCTION IN BANGKOK</p> <p>Watana NGOENCHUKLIN, Atsushi FUKUDA, Hideyuki ITO</p> | <p>81</p> |
| <p>11. INTELLIGENCE BUS CONTROLLING CENTER</p> <p>ศูนย์ควบคุมการปล่อยรถโดยสารอัจฉริยะ</p> <p>Anocha Bhocarrattanahkul</p> | <p>86</p> |

CONTENTS (Cont.)

12. TRAFFIC CONGESTION PREDICTION SYSTEM USING ARTIFICIAL PATTERN-BASED DYNAMIC TIME WARPING	90
Naphat THEERAWAT, Kittipong HI-RI-O-TAPPA, Suttipong THAJCHAYAPONG	
13. APPLICATION OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS IN VIETNAM: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR SUSTAINABLE TRANSPORTATION	94
Truong Hoang Hai, Dinh Van Hiep	
14. ANALYSIS OF BRT PRIORITY SIGNAL CONTROL SYSTEM IMPLEMENTATION IN MAJOR INTERSECTIONS OF KHON KAEN CITY	102
Shota TOMA, Atsushi FUKUDA, Yoshihiko HASHINO, Thaned SATIENNAM	
15. THE IMPACT OF URBANIZATION ON ROAD TRAFFIC SAFETY IN HO CHI MINH CITY	108
Huy Huu NGUYEN, Pichai TANEERANANON	
16. CRASH INVESTIGATION OF PUBLIC TRANSPORT: A CASE STUDY OF SOUTHERN THAILAND	118
การสืบสวนสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรจากกรณีศึกษาภาคใต้	
Ekkalak Kanchanapen, Paramet Luatthep, Pichai Taneerananon	

CONTENTS (Cont.)

17. SAFETY ASSESSMENT FOR RAILROAD CROSSING WITH TRAFFIC SIGN: A CASE STUDY PASAO TRAIN STATION TO SARAPHI TRAIN STATION 127

การตรวจสอบความปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร เส้นทางที่ศึกษา
สถานีป่าเส้าถึงสถานีสารภี

Archiraya Phatthanawat, Ratanapong ChungChua, Wachira Wijitpongsa,
Autawit Upayokin

18. HIGHWAY - RAILWAY GRADE CROSSING ACCIDENT COST IN THAILAND 135

Donyarit SETTASUWACHA, Paramet LUATHEP, Pichai TANEERANANON

19. VALUE ANALYSIS CONNECTING (VAC) METHOD AND EVALUATION OF TRAFFIC SAFETY PROJECTS PERFORMANCE 144

Duy Khanh Nguyen

20. VALUE INCREMENTAL COMPREHENSION (VIC) NOMOGRAPH TO EVALUATE SOCIO-ECONOMIC EFFECTIVENESS OF TRAFFIC SAFETY PROJECTS 152

Duy Khanh Nguyen

21. ADVANTAGES OF MAP BASED ACCIDENT DATA 157

Amornchai LEELAKAJONJIT

CONTENTS (Cont.)

22. THE STUDY OF VEHICLE SPEED WHEN PASSING THE RUBBER SPEED BUMP INSTALLED ON A COLLECTOR ROAD	163
การศึกษาความเร็วของยานพาหนะเมื่อติดตั้งยางชะลอความเร็วบนถนนสายรอง	
Pornsiri Urapa, Thaned Sateinem, Wichuda Sateinem	
23. THE STUDY OF PASSENGER CAR SPEED WHEN PASSING THE SPEED BUMP AND SPEED HUMP	171
การศึกษาความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเมื่อขับขึ้นเนินชะลอความเร็ว	
Tussawan Phacharoen, Thaned Steinem, Wichuda Steinem	
24. A STUDY OF CRASH RISK OF MOTORCYCLIST	178
การศึกษาความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์	
Patcharapong Pibool, Pichai Taneerananon	
25. TRANSPORT ENERGY CONSUMPTION MODEL FOR THAILAND PROVINCES	187
Tithiwach Tansawat, Jessada Pochan, Adam Mofadal	
26. STUDY OF VEHICLE KILOMETERS OF TRAVEL IN KHON KAEN CITY	196
การศึกษาระยะทางการเดินทางรวมของยานพาหนะในจังหวัดขอนแก่น	
Jessadaporn Thuengnamlee, Thaned Satiennam and Wichuda Satiennam	
27. PROPOSED PARKING FACILITIES FOR THE LOCAL HERITAGE SITE OF ILOILO CITY	204
Paul Vincent LACSAO, Mary Earl Daryl GRIO, Jolly Mae SAN LUIS, Razel DAVILA	

CONTENTS (Cont.)

- | | |
|--|------------|
| <p>28. A STUDY OF BEHAVIOR AND MODE OF TRAVEL FOR A LOW CARBON SOCIETY: A CASE STUDY HAT YAI MUNICIPALITY, SONGKHLA</p> <p>การศึกษาพฤติกรรมและการเลือกรูปแบบการเดินทางเพื่อนำไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ:
กรณีศึกษาเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา</p> <p>Noppawan Thaenlek, Paramet Luatheap, Pichai Taneerananon</p> | <p>213</p> |
| <p>29. TRANSPORTATION DEMAND MANAGEMENT: A SOLUTION TO REDUCE CONGESTION AND TOWARDS A SUSTAINABLE TRANSPORTATION IN HANOI CITY</p> <p>Dinh Vu Hiep, Truong Hoang Hai, Dinh Van Hiep</p> | <p>222</p> |
| <p>30. ARE TRANSPORT DEMAND MANAGEMENT MEASURES APPLICABLE TO AIM SUSTAINABLE TRANSPORTATION IN HA NOI?</p> <p>GIANG THI PHUONG BUI</p> | <p>227</p> |
| <p>31. SHIPPER AND CARRIER COLLABORATION IN TRUCK TRANSPORTATION</p> <p>ความร่วมมือในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่งและผู้ให้บริการขนส่ง</p> <p>Sutthipun Promma, Manoj Lohatepanont</p> | <p>231</p> |

CONTENTS (Cont.)

32. THE PHYSICAL CHARACTERISTICS ANALYSIS OF THE ROAD IN CHIANG MAI MUNICIPALITY	240
การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่	
Wichaya Songsaeng, Patcharapan Nanthavisit, Preda Pichayapan	
33. COST AND WASTE ANALYSIS OF AGICULTURAL PRODUCTS TRANSPORTATION: CASE STUDY OF CABBAGE IN CHAING-MAI AREA	247
การวิเคราะห์ต้นทุนและความสูญเสียจากการขนส่งสินค้าเกษตร กรณีศึกษา ผักกะหล่ำปลี จังหวัด เชียงใหม่	
Chutipong Muttayakul, Sompong Sirisoponsilp	
34. OPTIMAL ROAD PRICING WITH CONGESTION AND FUND PROCUREMENT	257
Hidenori IKESHITA, Hisayoshi MORISUGI, Atsushi FUKUDA	
35. ACCIDENT PREDICTION MODEL IN MOUNTAINOUS AREAS	262
แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบริเวณที่ลาดชัน	
Mesa Thipwet, Thipsuda Kumphun, Rattaphol Pueboobpaphun	
PROFILE OF STUDENT CHAPTER ORGANIZING AND SCIENTIFIC COMMITTEE MEMBERS	268

การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติ

กรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Vulnerability Analysis of Road Network due to Disasters

A Case Study of Hat Yai District, Songkhla Province

หมายเลขบทความ: SCS12-001

ปิยะพงษ์ สุวรรณโน¹, ปรมേശว์ เหลือเทพ², พิชัย ชานีรณานนท์³

Piyapong SUWANNO, Paramet LUATHEP, Pichai TANEERANANON

¹ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์. 0-9879-3546 E-mail: bank_civile@hotmail.com

² อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail: Paramet007@hotmail.com

³ ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail: breathislife@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันภัยพิบัติได้กลายเป็นภัยคุกคามที่คนไทยต้องเผชิญและปรับตัว จากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา นับเป็นภัยพิบัติที่สร้างความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจของท้องถิ่นเป็นอย่างมาก หากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีการวางแผนมาตรการและแนวทางการจัดการภัยพิบัติที่มีประสิทธิภาพ เช่น การเพิ่มความสามารถหรือเพิ่มเส้นทางการอพยพของโครงข่ายถนนจะช่วยบรรเทาความสูญเสียจากภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม คำถามที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการวางแผน คือ ถนนช่วงไหนที่จะวิกฤตและส่งผลกระทบต่อโครงข่ายถนนมากที่สุดหากเกิดภัยพิบัติ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability analysis) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตของโครงข่ายถนนโดยเลือกโครงข่ายในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นกรณีศึกษา การศึกษาใช้เวลาการเดินทางรวม (Total Travel Time, TTT) เป็นดัชนีชี้วัดความเปราะบางของช่วงถนนในโครงข่ายถนน หากช่วงถนนใดถูกตัดขาดจากภัยพิบัติแล้วทำให้เวลาการเดินทางรวมเพิ่มขึ้น จะถือว่าเป็นช่วงถนนวิกฤต คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิธีการที่นำเสนอจะเป็นเครื่องมือสำคัญชิ้นหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนกับพื้นที่อื่นๆ ของประเทศ เพื่อรองรับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความเปราะบาง, โครงข่ายถนน, เวลาการเดินทางรวม, ภัยพิบัติ

Abstract

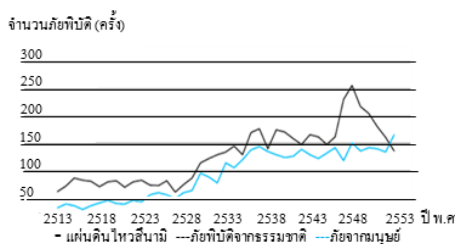
Disasters have become a threat that Thai people have to face and adapt. The big floods in Hat Yai district, Songkhla province during the past two years caused a lot of local economic impacts. If relevant agencies have planned for effective policies and measures against disasters, for example, the improvement of road capacity or the increase of evacuation routes, these preparations will lessen the losses from disasters. However, a question may arise in the planning process is which road segment is critical if a disaster occurs. This paper aims to propose vulnerability analysis which is a method to identify critical links by using Hat Yai road network as a case study. This study uses total travel time (TTT) to represent vulnerability index of the road network. If a link (road section) cut by a disaster increases TTT, then that link is considered as critical link. The authors hope that the proposed vulnerability analysis is a supplementary tool that can be applied to other areas against disasters in the future.

Keywords: Vulnerability Analysis, Road Network, Total travel time,

1. บทนำ

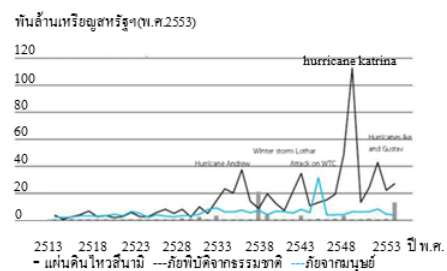
ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญภัยพิบัติต่าง ๆ มากมาย ที่เป็นภัยคุกคามการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ Center for Research on the Epidemiology of Disasters [1] ได้จำแนกภัยพิบัติออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Natural Disaster) เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว ซึนามิ เป็นต้น และภัยพิบัติที่เกิดจากมนุษย์หรือที่มนุษย์เกี่ยวข้อง (Man-Made Disaster or Human-Related) เช่น การประท้วง การก่อการร้าย เป็นต้น จากข้อมูลจำนวนภัยพิบัติ[2] ดัง

รูปที่ 1 พบว่า จำนวนภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 ถึง พ.ศ. 2553 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยปี พ.ศ. 2553 เป็นปีแรกที่มีจำนวนการเกิดภัยพิบัติธรรมชาติสูงกว่าภัยพิบัติที่เกิดจากน้ำมือของมนุษย์ และมูลค่าความสูญเสียดังรูปที่ 2 พบว่า มูลค่าความเสียหายจากภัยธรรมชาติมีค่าสูงกว่าภัยพิบัติที่เกิดจากมนุษย์เห็นได้ชัดเจน ซึ่งเกิดจากเฮอริเคนแคทรีนา พ.ศ.2548 สร้างความเสียหายเป็นมูลค่าที่มากกว่า 100,000 เหรียญสหรัฐ



รูปที่ 1 จำนวนของการเกิดภัยพิบัติ ในช่วงปี พ.ศ. 2513-2553

ที่มา: Swiss Re's Sigma report (2554)



รูปที่ 2 มูลค่าความเสียหายจากภัยพิบัติ ระหว่างปี พ.ศ. 2513-2553

ที่มา: Swiss Re's Sigma report (2554)

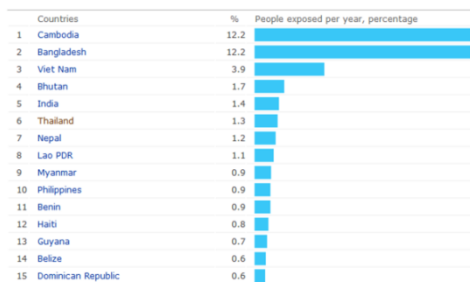
สำหรับประเทศไทย ได้เกิดภัยพิบัติน้ำท่วมขึ้นหลายครั้ง ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จากข้อมูล[3]ที่รวบรวมข้อมูลด้านภัยธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีความเสี่ยงจะประสบอุทกภัยสูงเป็นอันดับที่ 6 ของโลก ดัง

รูปที่ 3 และเสี่ยงที่จะได้รับความเสียหายทางเศรษฐกิจจากอุทกภัย มากเป็นอันดับที่ 9 ของโลก ดังรูปที่ 4 นอกจากนี้ จากตัวอย่างเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ.2554 ส่งผลให้ถนนเพชรเกษมถนนสายหลักถูกตัดขาด ทำให้การขนส่งสินค้าทางถนนมายังภาคใต้ต้องหยุดกว่าสัปดาห์ และกรณีน้ำท่วมใหญ่ในภาคกลางรวมทั้งกรุงเทพมหานคร เมื่อปลายปี 2554 ทำให้อุตสาหกรรมสำคัญ โรงรถไฟ ไฟฟ้าและประปา ถูกตัดขาดส่งผลให้โครงข่ายโลจิสติกส์ของประเทศหยุดชะงัก เกิดการขาดแคลนอาหาร น้ำไฟฟ้า และพลังงาน จากตัวอย่างข้างต้น แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายถนนเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของภาคเศรษฐกิจและสังคม

ดังนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนเตรียมการ เพิ่มความสามารถหรือเพิ่มเส้นทางสำรองของ

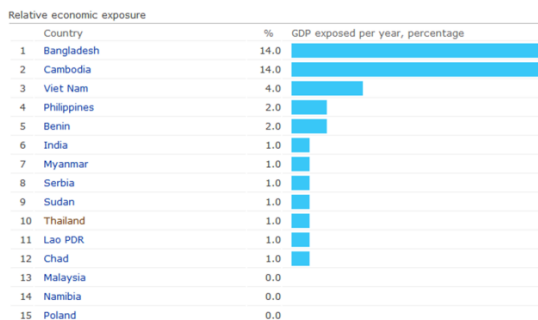
โครงข่ายถนนในปัจจุบัน แต่คำถามที่เกิดขึ้นถนนช่วงไหนที่จะวิกฤตและส่งผลกระทบต่อโครงข่ายถนนมากที่สุดหากเกิดภัยพิบัติ การศึกษานี้เป็นศึกษาและวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability Analysis) ของโครงข่ายถนนเพื่อหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต

บทความนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 7 หัวข้อ ได้แก่ หัวข้อที่ 2 กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งอยู่ในขอบเขตการศึกษาในหัวข้อที่ 3 โดยนำทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่นำมาประยุกต์ใช้ สำหรับวิธีการวิจัยในหัวข้อที่ 6 บอกถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเพื่อนำไปสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะหัวข้อสุดท้าย



รูปที่ 3 อันดับความเสี่ยงต่ออุทกภัยทั่วโลก

ที่มา: www.preventionweb.net



รูปที่ 4 อันดับความเสี่ยงทางเศรษฐกิจไทยจากอุทกภัยทั่วโลก

ที่มา: www.preventionweb.net

2. วัตถุประสงค์

การศึกษานี้เน้นการประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนโดยมีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ดังนี้

- 1.) เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจราจรและขนส่งภายในเขตอำเภอหาดใหญ่จังหวัดสงขลา
- 2.) เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability analysis) ในการหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต (Critical link)

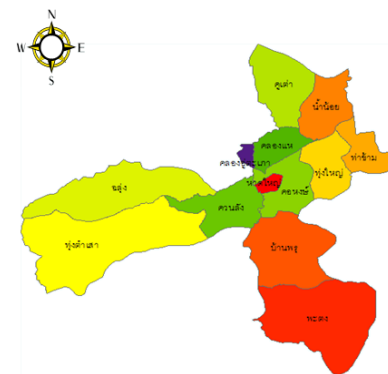
ของโครงข่ายถนนภายในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ภายใต้สถานการณ์วิกฤต

- 3.) เพื่อเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการบริหารจัดการและแนวทางในการออกแบบปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายถนนที่มีอยู่ให้มีความคงทน (Robustness) สามารถรองรับสถานการณ์วิกฤตที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 พื้นที่การศึกษา

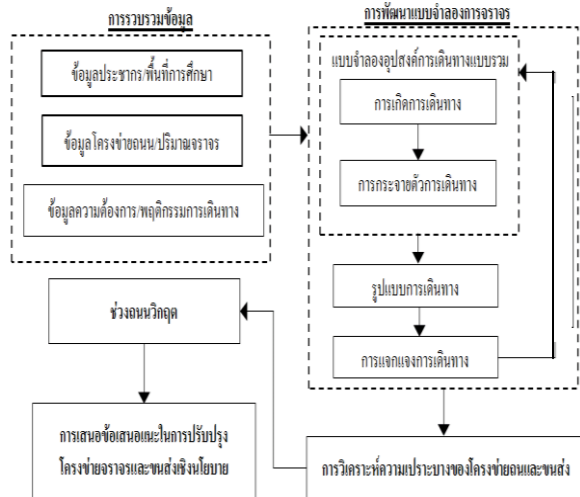
พื้นที่การศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ พื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษานี้ คณะผู้วิจัยกำหนดขอบเขตขั้นตอนการศึกษา ดังรูปที่ 6 ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูล การพัฒนาแบบจำลองการจราจร การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน และการเสนอข้อเสนอแนะในการวิจัย ซึ่งจะอธิบายโดยละเอียดในหัวข้อที่ 5



รูปที่ 6 ขั้นตอนการศึกษา

3.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานการวิจัยนี้จะเน้นผลกระทบเนื่องจากภัยพิบัติที่มีต่อประสิทธิภาพของ โครงข่ายถนนเพื่อใช้ศึกษาหาช่วงถนนวิกฤตและเส้นทางอพยพที่เหมาะสม แต่ไม่ครอบคลุมถึงการหาที่ตั้งของจุดอพยพ และรูปแบบการอพยพที่เหมาะสม

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดแนวทางที่ถูกต้องของงานวิจัย โดยการค้นคว้าข้อมูลและรวบรวมทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองและการนำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายแบบจำลองโดยแบ่งสามารถดังนี้

4.1 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายการขนส่งและจราจร

ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายการจราจรและขนส่งแบบจำลองที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนดังซึ่งอธิบายแบบจำลองเป็น 4 ขั้นตอน [4] ได้แก่ การเกิดการเดินทาง (Trip generation) การกระจายการเดินทาง (Trip distribution) การเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal split) และการแจกแจงการเดินทาง (Trip assignment) โดยรายละเอียดย่อย มีดังนี้

4.1.1 การเกิดการเดินทาง

การเกิดการเดินทาง (Trip generation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ศึกษากับตัวแปรต่างๆ ที่เป็น

ปัจจัยของการเดินทาง วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ อัตราการเดินทาง (Trips Rate) เป็นการสร้างแบบจำลองโดยอ้างอิงจากอัตราการสร้างการเดินทางเฉลี่ยและอัตราการเดินทางเฉลี่ยของพื้นที่ โดยการนำค่าอัตราการเดินทางที่ได้มาคูณกับจำนวนประชากรแต่ละพื้นที่

4.1.2 การกระจายการเดินทาง

การกระจายตัวการเดินทาง (Trip distribution) เป็นการคาดการณ์การเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นที่ย่อยทั้งหมดในเขตศึกษา มาอยู่ในรูปแบบตารางเมตริกซ์แสดงจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างจุดต้นทางถึงปลายทาง วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ แบบจำลองความโน้มถ่วง (Gravity model) เป็นวิธีการหาการกระจายตัวของการเดินทางที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเดินทางกับระยะทางในการเดินทาง เพื่อนำมาสร้างตารางการเดินทางระหว่างจุดต้นทางและปลายทางต่างๆ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างตารางการเดินทางประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) จำนวนการสร้างการเดินทางและการดึงดูดการเดินทางแต่ละพื้นที่ 2) ต้นทุนในการเดินทางระหว่างพื้นที่ โดยสามารถหาได้จากการหาเส้นทางที่เร็วที่สุดในการเดินทางระหว่างแต่ละพื้นที่ (Shortest path) 2) ตารางค่า Deterrence function ซึ่งแสดงถึงความอ่อนไหวของต้นทุนที่ส่งผลต่อปริมาณการเดินทาง สำหรับการกระจายตัวการเดินทางดังกล่าว สมการที่ 1 และ 2

$$T_{ij} = \frac{P_i(A_j F_j)}{\sum_i (A_j F_j)} \quad (1)$$

$$F_j = C_{ij}^{-\alpha} \quad (2)$$

โดยที่

T_j การเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไปยังพื้นที่ย่อย j

A_j การดึงดูดการเดินทางของพื้นที่ย่อย j

P_i การสร้างการเดินทางของพื้นที่ย่อย i

F_i ปัจจัยด้านการเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไป j

C_{ij} ฟังก์ชันทั่วไปของค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไป j

α พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบ

เมื่อกระจายการเดินทางลงตารางเมตริกซ์แล้วจะใช้ Furness method ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนาจากวิธี Growth factor เพื่อให้สามารถปรับค่าปริมาณการเดินทางได้ ทั้งจุดต้นทางและจุดปลายทาง (ผลรวมในแนวนอนและแนวตั้ง) คำนวณจากสมการที่ 3 ซึ่งเป็นค่า Entropy

$$q_{OD} = \exp\left(-\frac{1}{d} d_{OD}\right) \quad (3)$$

โดยที่

\bar{d} ทางการเดินทางโดยเฉลี่ยในพื้นที่นั้นๆ

q_{OD} ค่า Entropy ของการเดินทางระหว่างพื้นที่ที่
ย่อย

d_{OD} ระยะทางระหว่างพื้นที่ O ไป D

4.1.3 การเลือกรูปแบบการเดินทาง

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal split) มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายพฤติกรรมของการตัดสินใจในการเข้าใจถึงพฤติกรรมการเดินทางและสามารถวางแผนปรับปรุงประสิทธิภาพของการจราจรและขนส่ง ในรูปของแบบจำลองโลจิส (Logit model) ที่ประกอบด้วยฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (Utility theory) ของรูปแบบการเดินทางแต่ละประเภทที่พิจารณา ในการศึกษานี้พิจารณาการลดส่วนบุคคลเท่านั้น ไม่ขออธิบายรายละเอียดแบบจำลอง

4.1.4 การแจกแจงการเดินทาง

การแจกแจงการเดินทาง (Trip assignment) เป็นการวิเคราะห์การเลือกเส้นทางในการเดินทางเพื่อหาเส้นทางในการเดินทางที่มีต้นทุนในการเดินทางต่ำที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดย การหาจุดสมดุล (Equilibrium) ของต้นทุนในการเดินทางของแต่ละลิงก์ในโครงข่าย โดยต้นทุนในการเดินทางส่วนหนึ่งอยู่ในรูปของเวลาที่ใช้ในการเดินทาง โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Stochastic User Equilibrium (SUE) assignment เป็นวิธีการจัดสรรการจราจรที่ใช้ในกรณีที่ใช้สำหรับโครงข่ายถนนที่มีจราจรหนาแน่นมีหลักการดังนี้ คือ การจราจรจะจัดการตัวเองในโครงข่ายที่มีจราจรหนาแน่น (Congested network) จนทำให้เส้นทางที่ผู้ขับขี่แต่ละคนเลือกใช้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ส่วนเส้นทางที่ไม่ได้ใช้สูงกว่าค่าต่ำสุดสามารถอธิบายด้วยแบบจำลองระยะเวลาการเดินทางแบบ Bureau of Public Road [5] ดังสมการ 4

$$t_a(x_a, s_a) = t_a^0 + b_a \left(\frac{x_a}{y_a - s_a} \right)^{n_a} \quad (4)$$

โดยที่

t_a ระยะเวลาเดินทางบนถนน a

x_a ปริมาณจราจรบนถนน a

t_a^0 ระยะเวลาเดินทางแบบไม่ติดขัด (free-flow travel time)

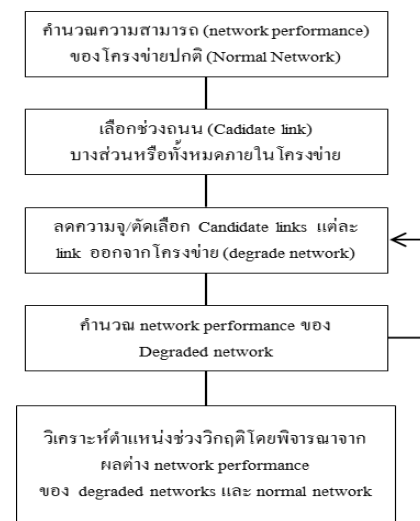
บนถนน a

b_a และ n_a พารามิเตอร์ของ BPR ฟังก์ชันของถนน

S_a ความสามารถ (Capacity) ของถนนที่มีความเสื่อมโดยภัยพิบัติจากธรรมชาติหรือมนุษย์

4.2 การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

จากงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนโดยส่วนใหญ่ [6], [7], [8] ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม (Traditional approach) ซึ่งมีวิธีขั้นตอนดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 วิธีการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนแบบดั้งเดิม

- 1.) คำนวณความสามารถหรือระดับการให้บริการโครงข่าย (Network performance) ของโครงข่ายถนนปกติ (Normal)
- 2.) เลือกช่วงถนน (Candidate links) บางส่วนหรือทั้งหมดภายในโครงข่ายต่อมาลดความจุ/ตัด Candidate link แต่ละ Link ออกจากโครงข่ายเดิมเรียกโครงข่ายใหม่ที่มีความสามารถลดลงว่า Degraded network
- 3.) จากนั้นคำนวณ Network performance ของ Degraded network จนครบทุก Link สุดท้ายวิเคราะห์ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติโดยพิจารณาจากผลต่าง Network performance ของ Degraded network และ Normal network ช่วงถนนจะถูกจัดว่ามีความวิกฤติเมื่อผลต่าง Network performance มีค่ามาก

ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม SATURN ในการแจกแจงปริมาณการเดินทาง (Run assignment) ของโครงข่ายถนนโดยวิธี SUE เพื่อคำนวณหาปริมาณจราจรบนถนนช่วงถนน (Link flow) และระยะเวลาเดินทางบนช่วงถนน (Link travel time) ที่จุดสมดุล มาคำนวณเวลาทั้งหมด (Total travel time) ของทุกถนนบนโครงข่ายถนน ดังสมการที่ 5

$$TTT = \sum_a x_a t_a(x_a) \quad (5)$$

โดยที่

TTT เวลาการเดินทางรวมของทั้งหมดของ a

t_a ระยะเวลาเดินทางบนช่วงถนน a

x_a ปริมาณจราจรบนถนนช่วงถนน a

5. วิธีการวิจัย (Methodology)

ในการศึกษานี้เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

5.1 การรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เน้นข้อมูลทุติยภูมิที่มีการรวบรวมไว้ก่อนแล้วจากงานวิจัยจากสถาบันการศึกษา สำนักงานสถิติแห่งชาติ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นต้น เพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลเหล่านั้นประกอบไปด้วย

5.1.1 ข้อมูลประชากรและพื้นที่การศึกษา

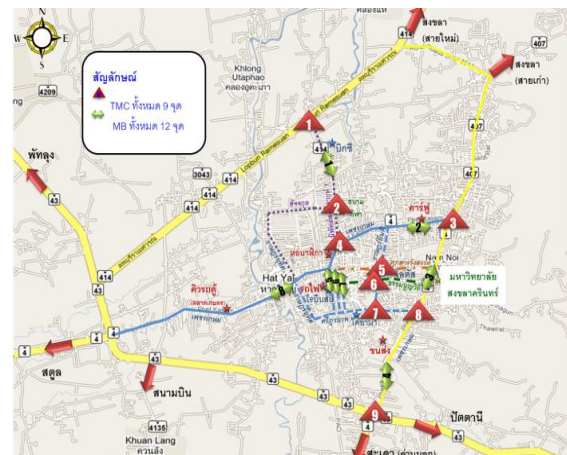
พิจารณาข้อมูลประชากรเป็น 16 เขตพื้นที่ (4 เขตพื้นที่ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และ 12 เขตรอบนอกจุดศูนย์กลางเมือง) รวม 207 พื้นที่ย่อย (Zone) โดยเป็นพื้นที่สำหรับอยู่อาศัย (Residential zone) 192 พื้นที่ย่อย ซึ่งการพิจารณาจะช่วยในการคาดการณ์ปริมาณการเดินทาง (Trip production) ที่ออกจากพื้นที่ และพิจารณาพื้นที่ใช้ประโยชน์ที่จะดึงดูดการเดินทาง (Trip attraction) มายังพื้นที่นั้นด้วย ส่วนอีก 15 พื้นที่ย่อย พิจารณาเป็นพื้นที่กิจกรรมหลัก (Major activity zone) เช่น ห้างสรรพสินค้า สถานศึกษา และสถานรถไฟหาดใหญ่ เป็นต้น โดยสรุปการศึกษานี้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 207 พื้นที่ย่อย

5.1.2 ข้อมูลโครงข่ายถนนและปริมาณจราจร

ข้อมูลโครงข่ายถนนจะเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูล GIS ของกระทรวงคมนาคม โดยเน้นถนนสายหลักและสายรองที่สำคัญและจะไม่พิจารณาซอยที่มีปริมาณการจราจรต่ำเนื่องจากไม่มีผลต่อความถูกต้องของแบบจำลองการเดินทางที่พัฒนาขึ้น โดยปริมาณการจราจรบนซอยจะถูก

นำมารวมไว้บนถนนสายหลักและรองที่สำคัญ ข้อมูลโครงข่ายถนน ที่ใช้ในแบบจำลองการเดินทางประกอบด้วย จำนวนจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทาง (Node) ทั้งสิ้น 2,246 จุด จำนวนเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทางหรือลิงค์ ทั้งสิ้น 6,402 เส้น

สำหรับถนนสายหลักใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรบนทางหลวงเฉลี่ยรายวัน (Average Annual Daily Traffic หรือ AADT) จากฐานข้อมูลศูนย์วิจัยและพัฒนาการจราจรและขนส่ง (TDRC) 2552 [9] ได้ผลการสำรวจปริมาณจราจรในเขตอำเภอหาดใหญ่ที่ทางแยก 9 จุด และปริมาณการจราจรประเภทบนช่วงถนนจำนวน 12 จุด ดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 จุดสำรวจปริมาณจราจรแยกประเภทบนช่วงถนนในหาดใหญ่

5.1.3 ข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมการเดินทาง

ข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมการเดินทาง เป็นข้อมูลที่ได้ออกจากการสำรวจข้อมูลโดยวิธีการสัมภาษณ์ผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ปริมาณความต้องการในการเดินทางออก (Trip origin) และเข้า (Trip destination) จุดศูนย์กลางพื้นที่ต่างๆ ภายในเขตอำเภอหาดใหญ่ และสถานที่ที่เป็นแหล่งกิจกรรมหลัก เช่น ห้างสรรพสินค้า มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และโรงเรียน จากการสำรวจของศูนย์วิจัยและพัฒนาการจราจรและขนส่ง (TDRC) [9] พบว่า อัตราการเดินทางเท่ากับ 0.18 ครั้งต่อวัน ดังตารางที่ 1. จากข้อมูลอัตราการเดินทางนำไปใช้หา การสร้างการเดินทาง (Production trips) และการดึงดูดการเดินทาง (Attraction trips) ของแต่ละพื้นที่ย่อยและสำหรับรูปแบบการเดินทางของประชากรในอำเภอหาดใหญ่ใช้ร้อยละ 76.60 เป็นหลักคิดเป็นร้อยละ 76.60 ในการศึกษานี้ได้พิจารณารูปแบบการเดินทางเฉพาะร้อยละ 76.60 เท่านั้น

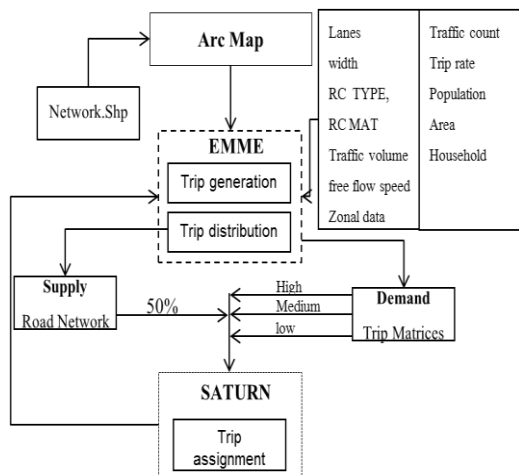
ตารางที่ 1 อัตราการเดินทางต่อวันในเมืองหาดใหญ่

วัตถุประสงค์การเดินทาง	อัตราการเดินทาง (ครั้งต่อวัน)
Home based work trips (HBW)	0.2256
Home based study trips (HBS)	0.1822
Home based others trips (HBO)	0.1106
Non-home based trips (NHB)	0.2173
เฉลี่ย	0.1751

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (สนข) 2552

5.2 การพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่ง

ในการพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่งจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์และแสดงผลต่างๆ ได้แก่ โปรแกรม EMME และโปรแกรม SATURN โดยโปรแกรมเหล่านี้จะใช้หลักการพยากรณ์ปริมาณการเดินทางและลักษณะการเดินทางจากแบบจำลองต่อเนื่อง (4 Steps Model) ซึ่งจะช่วยลดความยุ่งยากในการคำนวณและเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการวางแผนการขนส่ง อีกทั้งยังช่วยให้สามารถจำลองสถานการณ์ต่างๆ ได้มากขึ้น โดยรูปที่ 8 แสดงโครงสร้างการพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่ง



รูปที่ 9 โครงสร้างในการพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่ง

5.2.1 การสร้างฐานข้อมูลของโครงข่ายถนน

ข้อมูลของโครงข่ายถนนทั้งประเทศเป็นข้อมูลที่ได้จากกระทรวงคมนาคมอยู่ในรูปของข้อมูล GIS จะใช้โปรแกรม Arc map ใน

การแก้ไขข้อมูล โดยทำการตัดโครงข่ายถนนเฉพาะขอบเขตที่ทำการศึกษาคือ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จากนั้นทำการกำหนด FT-node ของ Link และ XY coordinate ของ Node เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการสร้างโครงข่ายถนนสำหรับนำเข้าโปรแกรม EMME

5.2.2 การสร้างโครงข่ายถนน

เมื่อนำข้อมูล GIS ที่ได้ทำการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว นำเข้าโปรแกรม EMME จากนั้นทำการกำหนดระบบโซนซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการเดินทาง

5.2.3 การสร้างตารางข้อมูลปริมาณการเดินทาง

การสร้างตารางข้อมูลปริมาณการเดินทาง (O-D Matrix) เป็นค่าการนับตารางปริมาณการเดินทางระหว่างแต่ละพื้นที่ย่อย (Origin-Destination trip matrix หรือ OD trip matrix) ขึ้นมา โดยใช้โปรแกรม EMME เป็นโปรแกรมที่ช่วย สามารถแบ่ง OD trip matrix ออกเป็น 2 ตารางคือ 1) ตารางข้อมูลปริมาณการเกิดการเดินทาง (Trip production) โดยทำการสร้าง Batch file ของข้อมูลปริมาณการเกิดการเดินทางบันทึกชื่อไฟล์เป็น d211.in ไว้ในโฟลเดอร์ Database แล้วทำการใส่ข้อมูลปริมาณการเกิดการเดินทางใน Batch file ที่ได้สร้างไว้ข้างต้น ทำให้ได้ตารางแสดงปริมาณการเกิดการเดินทาง (เรียกดูได้จาก File> New> Table> Matrix table) 2) ตารางข้อมูลปริมาณการดึงดูดการเดินทาง (Trip attraction) ใส่ข้อมูลปริมาณการดึงดูดการเดินทางโดยวิธี Input matrices interactively โดยเริ่มจากเปิดหน้าต่าง Prompt console ทำการตั้ง Matrix (md1) ขึ้นมาใหม่ เพื่อรองรับข้อมูลปริมาณการดึงดูดการเดินทาง โดยเลือกใช้คำสั่ง Input matrices interactively จากนั้นเลือก Operation เป็น initialize a matrix และทำการตั้งค่าต่างๆ ใส่ข้อมูลปริมาณการดึงดูดการเดินทางลงใน Matrix โดยเลือกใช้คำสั่ง Input matrices interactively จากนั้นเลือก Operation เป็น Modify a matrix เลือก Matrix ที่ต้องการใส่ข้อมูล (md1) ขึ้นตอนต่อไปเลือก Modification format เป็น Sequential element by element จากนั้นทำการเลือกหมายเลขโซนที่จะเริ่มต้นใส่ข้อมูลและใส่ข้อมูลปริมาณการดึงดูดการเดินทางของแต่ละโซน จะได้ตารางแสดงปริมาณการดึงดูดการเดินทาง (เรียกดูได้จาก File> New> Table> Matrix table) 3) การปรับค่า (Scaled trip attraction) คือทำการรวมปริมาณการเกิดการเดินทางทั้งหมด (Total productions) และปริมาณการดึงดูดการเดินทางทั้งหมด (Total attractions) ทำการปรับค่าปริมาณการเกิดการเดินทางและปริมาณการดึงดูดการเดินทางให้เท่ากัน จากนั้นขั้นตอนข้างต้นจะได้ผลรวมของปริมาณการเกิดการเดินทางและปริมาณการดึงดูดการเดินทางที่เท่ากัน สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง (Trip distribution)

5.2.4 การวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง

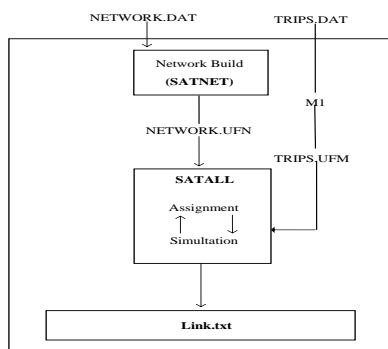
การวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง (Trip distribution) ด้วยวิธี Gravity model มีขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างตาราง Skim cost matrices ตารางต้นทุนในการเดินทางระหว่างพื้นที่จากการหาเส้นทางที่สั้นหรือเร็วที่สุดในการเดินทางระหว่างแต่ละพื้นที่ (Shortest path) ในโครงข่ายถนนที่ยังไม่มีปริมาณการจราจร ถูกใช้เป็นค่าความเสียดทานในการเดินทาง (Impedance) ของการกระจายตัวของการเดินทาง

2) การปรับค่าปริมาณการเกิดการเดินทางและปริมาณการดึงดูดการเดินทาง (Matrix balancing) เป็นสร้างการกระจายตัวของระยะเวลาในการเดินทางให้ใกล้เคียงกับการกระจายตัวจริงในกรณีศึกษา ต้องคำนึงถึงปริมาณการสร้างและดึงดูดการเดินทางของแต่ละพื้นที่อีกด้วย จึงใช้วิธีคำนวณแบบ Furness method เพื่อปรับปริมาณการเกิดและการดึงดูดการเดินทางในอำเภอหาดใหญ่

5.2.5 การแจกแจงการเดินทาง

การแจกแจงการเดินทาง (Trip assignment) เป็นการกระจายอุปสงค์การเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยต่างๆ ตามทฤษฎี SUE Assignment โดยใช้โปรแกรม SATURN การแจกแจงปริมาณการจราจรให้แก่เส้นทางมีขั้นตอนดังรูปที่ 11 โดยทำการ Code ข้อมูล Trip matrix (demand) และข้อมูล network (supply) เป็นข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม EMME ทำการ Code เงื่อนไขหรือรูปแบบให้ตรงกับโครงสร้างของโปรแกรม SATURN ซึ่งจะได้อัตรา NETWORK.DAT กับ TRIPS.DAT จากนั้นทำการแปลง NETWORK.DAT เป็น NETWORK.UFN โดยใช้ SATNET และทำการแปลง TRIPS.DAT เป็น TRIPS.UFM โดยใช้ M1 จากนั้นนำ NETWORK.UFN กับ TRIPS.UFM ไปแจกแจงปริมาณการจราจรกับ SATALL ทำให้ได้ Link.txt ซึ่งเป็นเวลาในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง

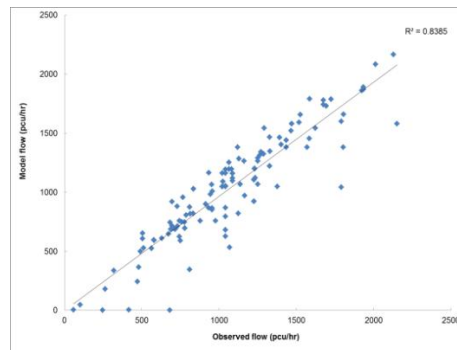


รูปที่ 10 ขั้นตอนการทำงานพื้นฐานของโปรแกรม SATURN

5.2.6 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลทางด้าน

ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองจราจร (Model calibration) เป็นข้อมูลปริมาณการเดินทางที่ได้จากการเก็บสำรวจ แบบ Mid-Block และ แบบ Turning movement จำนวน 126 เส้นทาง ได้มาจากรายงานข้อมูลของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (สนข) พ.ศ.2552 กับปริมาณการเดินทางที่ได้จากแบบจำลอง ดัง

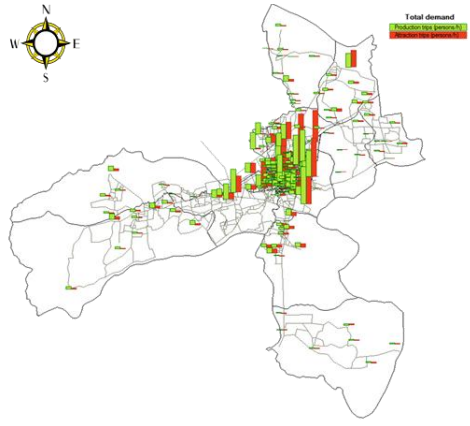
รูปที่ 11 ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่ได้สำรวจกับปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลอง ในช่วงโมงเร่งด่วนเช้า (AM Peak Hour) และข้อมูลจากภาคสนาม (แนวนอน) กับ ปริมาณจราจรซึ่งเป็นผลจากการประมาณการของแบบจำลอง (แนวตั้ง) โดยพบว่า ค่า R^2 เท่ากับ 0.835 ซึ่งถือว่ามีความสูงมากสำหรับการปรับแต่งแบบจำลองการเดินทาง



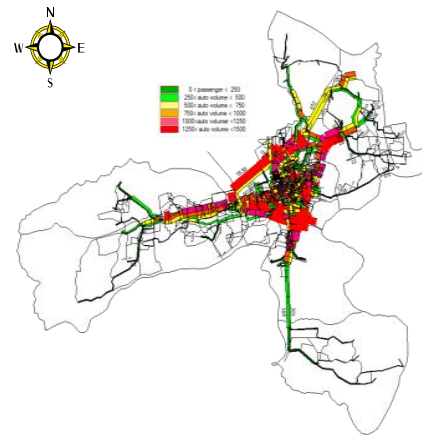
รูปที่ 11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการเดินทาง

5.3 การจราจรในอำเภอหาดใหญ่ในปัจจุบัน

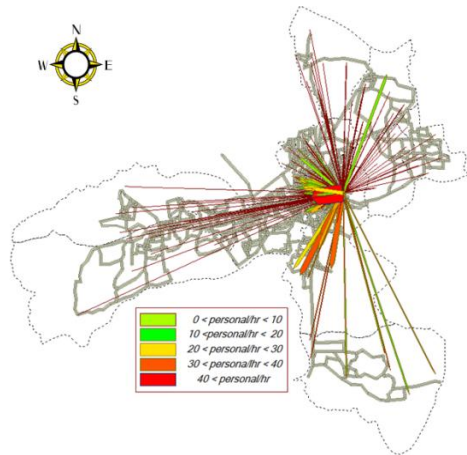
ปริมาณจราจรที่ได้จากการแจกแจงความต้องการในการเดินทางโดยใช้แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นไปยังถนนเส้นต่างๆ ของอำเภอหาดใหญ่สะท้อนถึงสภาพลักษณะการจราจรในปัจจุบัน ดังรูปที่ 13 ถึงรูปที่ 19



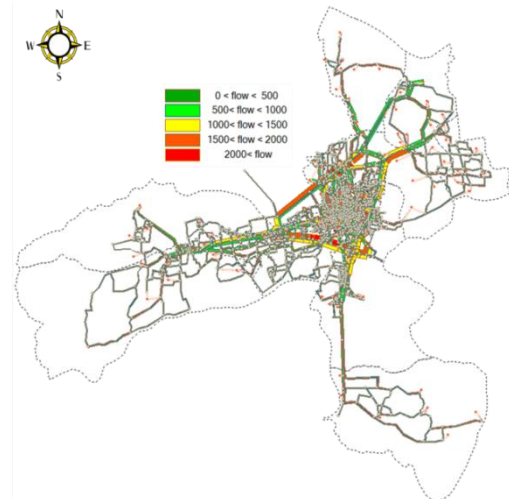
รูปที่ 12 ปริมาณการเกิดและการดึงดูดการเดินทาง



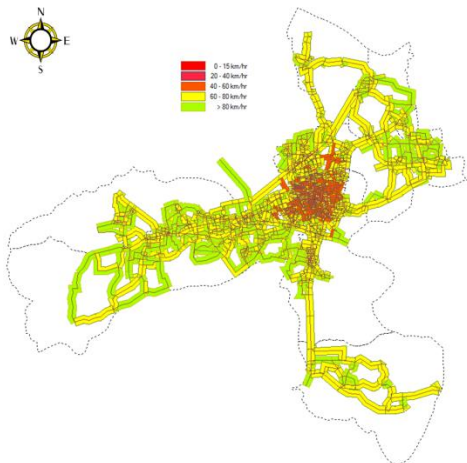
รูปที่ 15 ปริมาณของรถยนต์ในโครงข่ายถนน



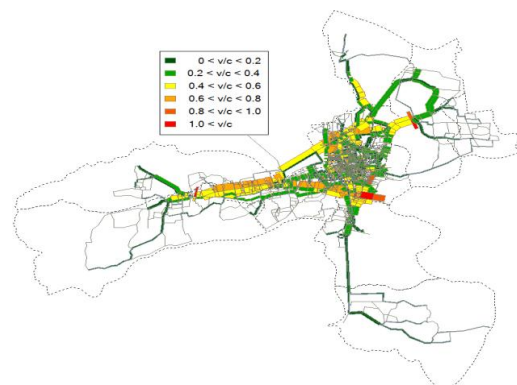
รูปที่ 13 ทิศทางและปริมาณการเดินทางของอำเภอหลักใหญ่



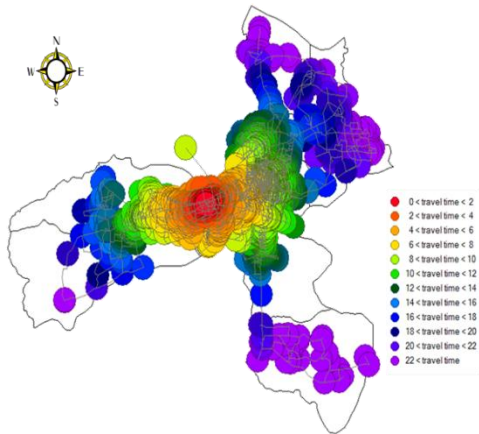
รูปที่ 16 ระดับการจราจรในโครงข่ายถนน



รูปที่ 14 ความเร็วเฉลี่ยในโครงข่ายระบบการเดินทาง



รูปที่ 17 ปริมาณการจราจรต่อความจุในโครงข่ายถนน



รูปที่ 18 Isochrones ของระยะเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน

จากสภาพจราจรในอำเภอหาดใหญ่ดังรูปที่ 15 ถึง

รูปที่ 18 พบว่า ถนนในพื้นที่ใจกลางเมืองและถนนเส้นหลักในการเข้าออกเมือง เป็นเส้นทางที่มีความเสี่ยงต่อการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของการจราจร โดยเฉพาะในบริเวณใจกลางเมืองหาดใหญ่ซึ่งมีลักษณะโครงข่ายจราจรที่แออัดและช่องจราจรที่แคบ

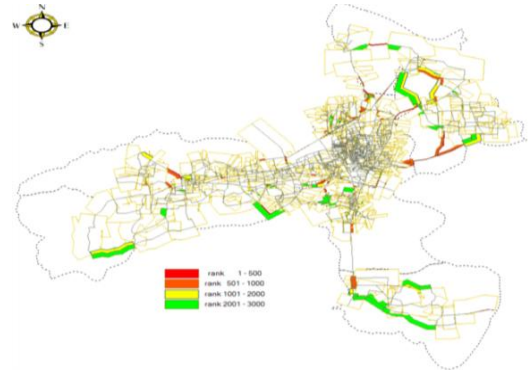
6. การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

สำหรับการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน จากขั้นตอน 5.2.5 ซึ่งกำหนดระดับของความต้องการในการเดินทาง (Demand) มาใหม่และทำการลดประสิทธิภาพ (Degrade) ของโครงข่ายถนน ข้างต้นสามารถสรุปดังตารางที่ 2

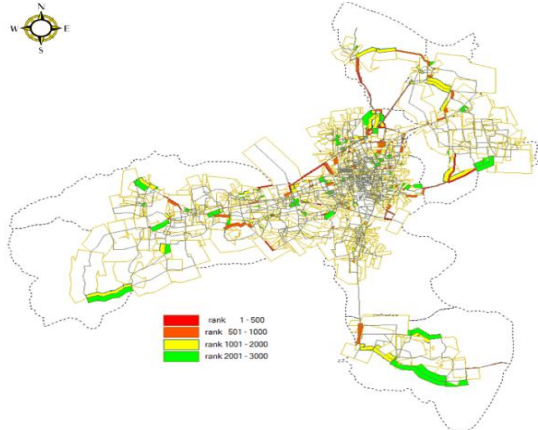
ตารางที่ 2 กรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงข่ายถนน

กรณีศึกษา	Demand	Degrade
1	high-demand	50%
2	medium-demand	50%
3	low-demand	50%
4	high-demand	100%
5	medium-demand	100%
6	low-demand	100%

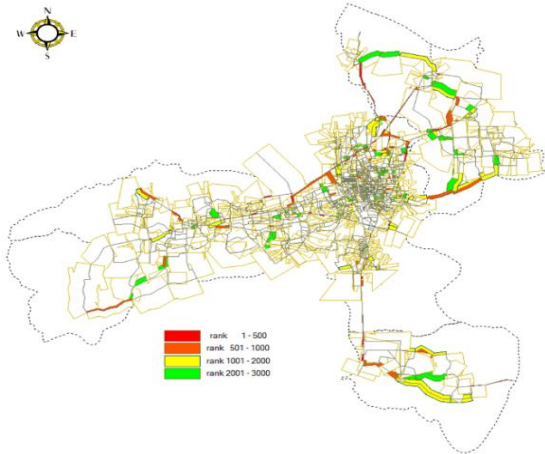
จากกรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงข่ายถนนในตารางที่ 2 ทำการหาเวลาเดินทางรวม (Total Travel Time, TTT) ของแต่ละกรณี แล้วมาลบกับเวลาเดินทางรวมของโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพปกติแล้วนำผลต่างมาจัดอันดับ Link ที่ส่งผลกระทบต่อเวลาเดินทางรวมของทั้งระบบจากมากไปหาน้อย Link สูงๆ พบว่า มีความเสี่ยงสูงจากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สามารถแสดงกรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงข่ายถนนได้ดังรูปที่ 20 ถึง รูปที่ 24



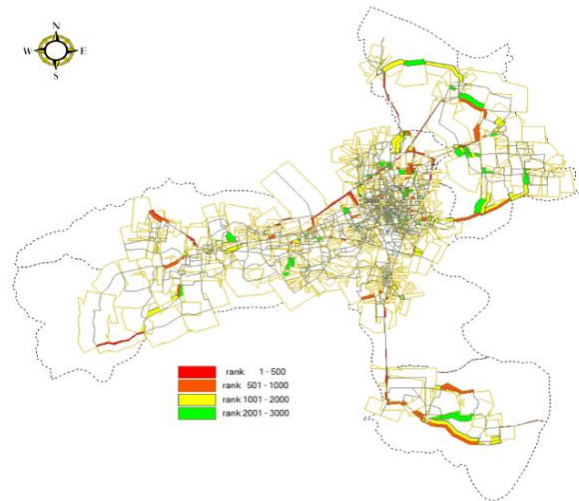
รูปที่ 19 กรณีศึกษาที่ 1



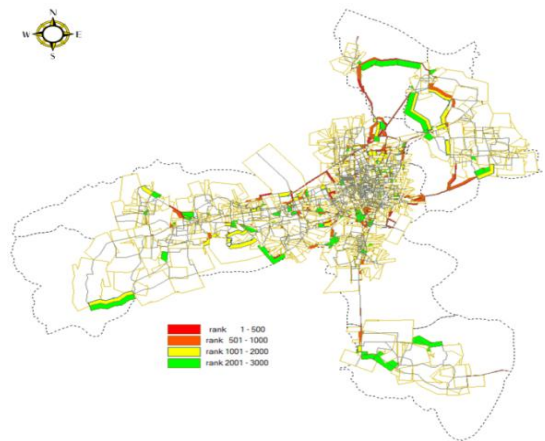
รูปที่ 20 กรณีศึกษาที่ 2



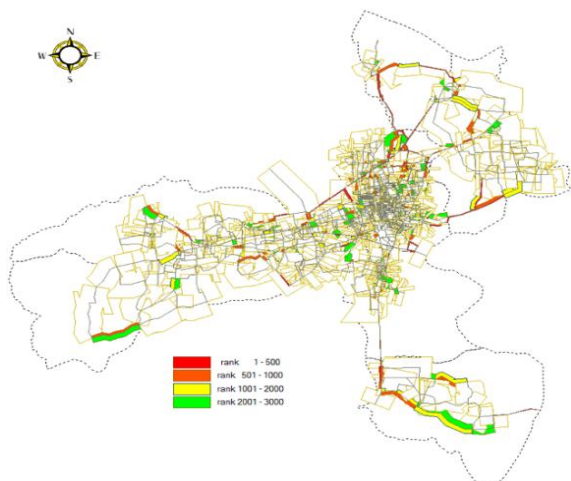
รูปที่ 21 กรณีศึกษาที่ 3



รูปที่ 24 กรณีศึกษาที่ 6



รูปที่ 22 กรณีศึกษาที่ 4



รูปที่ 23 กรณีศึกษาที่ 5

หากพิจารณาจาก

รูปที่ 19 ถึง รูปที่ 24 พบว่า ความต้องการในการเดินทางที่สูง (กรณีที่ 1 และ กรณีที่ 4) มีผลต่ออันดับความวิกฤตของช่วงถนนสายหลัก ขาเข้าเมือง เช่น ถนนสายเอเชียตรงบริเวณแยกทางเข้าสนามบิน ถนน ลพบุรีราเมศวร์บริเวณสามแยกทางเข้ามิกซ์ไฮดใหญ่ ถนนเพชรเกษม บริเวณสี่แยกคลองหะวะ เป็นต้น และความต้องการในการเดินทางต่ำ (กรณีที่ 3 และ กรณีที่ 6) มีผลต่ออันดับความวิกฤตของช่วงถนนนอก เมือง เช่น ถนนเพชรเกษมบริเวณบ้านพรุ ถนนกาญจนาภิเษยบริเวณ ตำบลน้ำน้อย เป็นต้น ส่วนการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนน (กรณี ที่มีความต้องการในการเดินทางระดับเดียวกันแต่ประสิทธิภาพโครงข่าย ต่างกันเช่น กรณีที่ 1 กับ 3 กรณีที่ 2 กับ 5 เป็นต้น) มีแนวโน้มที่ เหมือนกับกรณีความต้องการในการเดินทาง คือ การลดประสิทธิภาพมีผลต่อ ลำดับความวิกฤตของโครงข่ายถนน โดยหากมีการลดประสิทธิภาพของ โครงข่ายถนนมาก จะพบถนนช่วงขาเข้าในเมืองมีความวิกฤตที่เพิ่มมาก ขึ้น และหากการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนที่น้อย พบว่า ถนน นอกเมืองมีลำดับความวิกฤตมากตามไปด้วย และสังเกตได้ว่ากรณีที่มี การลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนหรือระดับความต้องการเดินทางที่ ระดับต่างๆ จุดหรือช่วงถนนวิกฤตจะเป็นช่วงถนนเดียวกัน ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าถนนช่วงเหล่านั้นมีความวิกฤตหรืออ่อนไหวได้ง่ายต่อ การเกิดเหตุการณ์ที่ลดความสามารถของช่วงถนนนั้น

7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยสามารถวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนและระบุช่วงถนนที่มีความวิกฤตที่ส่งผลต่อการพังของถนนทั้งโครงข่ายได้ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำช่วงถนนที่มีความวิกฤตเพื่อไปกำหนดการวางแผนมาตรการและแนวทางการจัดการภัยพิบัติที่มีประสิทธิภาพเพื่อยกระดับหรือเพิ่มความแข็งแรงของถนน เช่น การเพิ่มระดับถนนก่อนระดับน้ำท่วมสูงสุดที่คาดการณ์ไว้หรือเพิ่มความจุจราจรของถนน การสร้างถนนบายพาสใหม่หรือเส้นทางขนาน หรือเพื่อการพัฒนาวิธีการสำหรับวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเป็นรูปแบบของการตรวจประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนที่คล้ายกับการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน

8. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณนาคยา จิงเจริญธรรม เจ้าหน้าที่สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับคำปรึกษาการจัดการฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยคนที่ 1 ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้ที่มีอุปการะทุกคนที่ให้การอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Jacoffset Printers, Melin(Belgium) <http://www.emdat.be/>
- [2] Swiss Re's Sigma report 2554 Natural catastrophes and man-made disasters in 2010: a year of devastating and costly events.
- [3] The United Nations The World Bank (2010). "Natural Hazards, Unnatural Disasters. The Economics of Effective Prevention" www.preventionweb.net/english/hazards/statistics/risk.php?hid=62
- [4] สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ 2551 วิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี
- [5] Daganzo, C.F, Sheffi, Y: On stochastic models of traffic assignment. Transp. Sci. 11(3), 253–274 (1977)
- [6] D'Este G.M., Taylor M.A.P (2003) Network vulnerability: An approach to reliability analysis at the level of national strategic transport networks. In: Bell M.G.H, Y. I (ada) The network reliability of transport. Pergamon, Oxford, pp. 23-44.
- [7] Taylor M.A.P, Sekhar S.V.C, D'Este G.M (2006) Application of accessibility based methods for vulnerability analysis of strategic road networks. Networks and Spatial Economics 6 (3):267-291.
- [8] Taylor M.A.P (2008) Critical transport infrastructure in urban areas: Impacts of traffic incidents assessed using accessibility-based network vulnerability analysis. Growth and Change 39 (4):593-616.
- [9] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (สนข) 2552 รายงานแผนแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนเมือง หาดใหญ่

OVERVIEW OF URBAN TRANSPORTATION SITUATION & BUS SERVICE IMPROVEMENT IN HANOI

Paper Identification number: SCS12-002

Hoang Viet NGUYEN¹, Hieu Trung TRAN², Tuenjai FUKUDA³

¹Center for International Research&Education Cooperation, Student
University of Transport and Communications, Hanoi Vietnam
Telephone 84-4-3857-1582
E-mail: viethoangnguyen91@gmail.com

²Center for International Research&Education Cooperation, Student
University of Transport and Communications, Hanoi Vietnam
Telephone 84-4-3753-6805
E-mail: trantrunghieugtvt@gmail.com

³Research Institute of Science and Technology, Nihon University
Tel. & Fax. +81-47-469-5355
E-mail: noynoifukuda99@gmail.com

Abstract

Hanoi is a motorcycle-dominated city. Similar to other South East Asia cities, the non-laned mix traffic flow makes the traffic situation even more serious. According to IRTAD 2009, Hanoi is the 3rd highest rate of fatalities per 100.000 inhabitants (lower than that of Argentina and Malaysia). In which, motorcycle is the riskiest transport mode which contribute 53 – 56% of vehicle related to traffic accident. The domination of motorcycles results in the energy inefficiency, lower Level Of Service (LOS), pollution and high rate of fatalities. Therefore, it is necessary to promote the transition to a safer and more effective transport mode – Public Transportation. However, the bus – the only Urban Public Transportation in Hanoi now – is not pleased by bus users. Bus service is considered as economically ineffective and low quality. This paper aims to analyze the main problems of bus service in Hanoi and find improvement measures. By conducting surveys and analyzing data from TRANSECO (Hanoi Transportation Company) and stakeholders, we will propose suitable measure to improve bus service in Hanoi towards a sustainable Urban Transport System.

Keywords: Public transport, Transport modes Transition, Bus service, Public Transport improvement

1. Introduction

Hanoi is a motorcycle-dominated city with non-laned mix traffic flow. According to the TRANCOC/ITPM in 2010, motorcycle is account for 95% of Traffic composition in 2004 and 91% in 2009, Fig.1. The domination of motorcycle and the participant of Car, bicycle and other vehicles in a non-laned road make the traffic issue in Hanoi become the most unpredictable, Fig2. There are a few efforts to simulate the traffic follow in Hanoi. However, almost all simulation models are developed based on the homogeneous and Lane-based passenger car traffic. Therefore, the development of any simulation needs to take

consideration to many factors including: Vehicle size and type, the maneuver of vehicles, the driver behaviors etc.

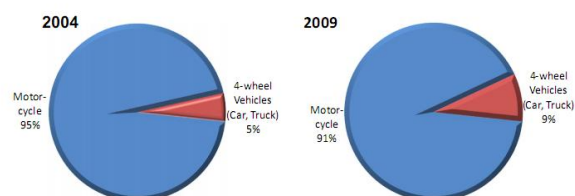


Fig. 1 Traffic composition on Hanoi urban arterial
(Cau Giay – Kim Ma, 7:00 am to 8:00 am) ¹

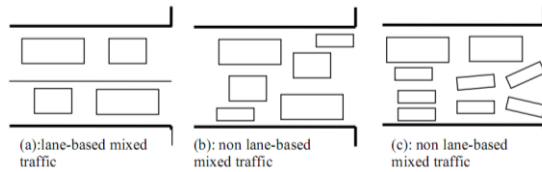


Fig. 2: Various mix-traffic situations ²

However, there are nearly 10% of Travel Demand served by bus system and the bus is consider the only Public transportation mode in Hanoi. Therefore, improvement of bus system is a necessary measure to a better Urban transport system in Hanoi. This paper will point out main issue of Urban transportation and improvement for bus services in Hanoi.

2. Literature Review

The non-laned mix traffic flow is the typical traffic flow in South East Asia city especially Hanoi. The mixed traffic flow has been research recently and not yet full developed. For a long time, the Traffic flow element in Vietnam Highway – Specification for design TCVN 4054:2005 is the adoption of ASSHTO standard specifications 1998 which is developed based on homogeneous and Lane-based passenger car traffic. The adoption also have the adjustment call Equivalent Car factors Which is taking account of Passenger Car Unit (PCU) , Table 1. However, the other factors such as: maneuver, driver behavior has not yet taken in consideration carefully but using some local empirical factor. Therefore, the motorcycle (not sync with design specifications) is related to Traffic accident is significantly higher than other type of vehicles (sync with design specifications), Fig.3.

Table 1: Equivalent Passenger Car Factors

Terrain Conditions	Vehicle Types					
	Bicycle	Motorbike	Car	2-axle trucks and <25-seat buses	>3-axle trucks and large buses	Articulated trucks & Buses
Flat & Hilly	0,2	0,3	1	2,0	2,5	4,0
Mountainous	0,2	0,3	1	2,5	3,0	5,0

Note: Hill Mountain slope < 30% Flat & Hilly terrain
Hill Mountain slope > 30% Mountainous terrain

Source: Vietnam Specifications TCVN 4054:2005 Highway – Specification for design

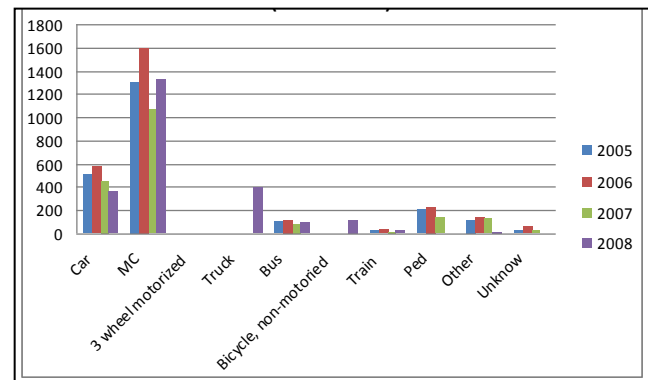


Fig. 3 Traffic accident by type of Vehicle (unit: vehicle)

Source: Hanoi Traffic Police Bureau 2009

Recently, with the application of Cellular Automata (CA) which divided the road space into cells and the vehicle represent by those cells, the other factor such as vehicle size and maneuver has been researched more carefully. The Institution of Transport Planning and Management – University of Transport and Communications has been using and teaching VISSIM and Simulations. Some efforts are making to put simulation by VISSIM in the transport policy making and designing process.

However, a sustainable transport system requires a good public transport system. With more than 90% of motorcycle dominated, the Transportation mode process in Hanoi needs time and careful researches.

3. Methodology

The researchers of this paper follow 2 approaches. The first is studying the data from the bus system operation stakeholder for example TRAMOC, TRANSERCO etc. The second is conduct survey and site observations for the up to date traffic data.

4. Results

4.1 Overview of Bus service situation

The bus is the only public transportation mode in Hanoi and only served 10% of Travel demand of Hanoi Road users (over 10.800 trip/day)

There are 82 bus route in urban area includes:

- + 49 routes get the subsidy applied the ordering mode
- + 16 routes get the subsidy applied the socializing mode
- + 10 routes don't get the subsidy
- + 7 surrounding routes connect Hanoi with others provinces.

The buses operation time : 5:00 to 22:30

The bus is the vehicle with the highest transport capacity, the least fuel consume and least surface usage in Hanoi

Table 2: Comparison of Transport Capacity

	Occupancy	Traffic flow (vehicles) in 1h/3.5m lane	Traffic flow (people) in 1h
Bus	80 people	300	24 000
Car	1.5 people	1 800	2 200
Motorcycle	1.3 people	12 600	26 380

Source: Hanoi Public Transport Management and Operation Center (TRAMOC) 2011

Table 3: Comparison of Road usage and fuel consume

	Road usage	Surface usage	Fuel consume
Bus	10,8%	8,9%	5,9%
Car	4,0%	19,0%	20,5%
Motorcycle	80,8%	62,4%	69,9%

Source: Hanoi Public Transport Management and Operation Center (TRAMOC) 2011

4.1.1 Stakeholders

TRANSERCO is the company taking responsibility of bus operating system and bus crew while TRAMOC is responsible for issue ticket and policy making.

TRANSERCO is HANOI TRANSPORT & SERVICES CORPORATION which includes 9 subsidiaries. The total number of officer is 8.257 people

The main income of TRANSERCO is from the following sources:

1. The bus fare.
2. The advertising on the bus and bus stop
The revenue from advertising in a bus each year is around \$ 3000



Fig. 4 Advertisement position on Bus

Source: TRANSERCO

3. The subsidy from the government. In 2006, There are 203 billion VND subsidy and in 2011 is 1332 billion VND.

4.1.2 Bus, bus stop and bus user

There are 1254 buses satisfies the urban bus requirements at normal rate, 100% of buses have air- conditioner. 50/82 routes have the bus black box with GPS. 2 routes have the bus satisfied the EURO III standard and lower floor board for passenger usage and environmental protection.

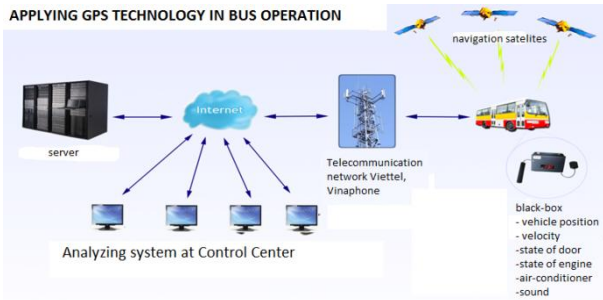


Fig. 5 Applying GPS Technology in Bus operation

However, this number seems not satisfied the higher and higher demand of bus user and there are a lot of problems that make the bus not attractive with users. According to TRANSERCO there are 38% of bus users need to travel more than 500m to access the bus stop. As site observation of Hoang and Hieu in Bus route number 06 (35.9km) there are 39 bus stops in the direction from Giap Bat to Cau Gie. This means the average distance between bus stops is 944m. There are 8 BRT stops share the same position and sign with normal bus stop in bus route 06. Note that the BRTs in Hanoi are also the normal buses. The only different is BRTs will stop only in BRT stops. The time saved by not stopping in every bus stop makes the BRTs become faster than normal buses. The other factor such as size, capacity, velocity and design of BRTs and Buses are the same.



Fig. 6 The BRT stop (left) and the Bus stop (right)

As in the site observation, there are just 5/39 bus stops have shelter, bus route map and other facility. It means the bus user of 87.2% bus stop need to wait for the bus in the rain or hot weather without protection. Moreover, the bus road map of bus route 06 just indicates 15/39 (38.5%) bus stops. There are a lot of other difficulty observed will show here from the observation photos of bus route number 06 in June 13rd and June 14th, 2012



Fig. 7 Rutting, water and dust on road



Fig. 8 Waiting for bus in uncertain weather



Fig. 9 Visibility blocked and illegal parking



Fig. 10 The emission from old bus

There are 63,2 % of road users are students and 6,3 % are factory workers. Therefore, the main

bus user are lower-income and don't have private vehicle people.

The maximum capacity of a bus is 80 passengers. However, according to TRANSERCO, in rush hour, the number of passenger is 1.5 – 2 times higher than the bus capacity. Therefore, the passengers certainly feel crowded and uncomfortable. According to JICA TRAHUD II WG_4 workshop, in comparison with Bangkok, Jakarta, and Yokohama, the bus density of Hanoi is lowest (0.69 buses/km). However, the *“low bus supply provision can be regarded as overstressed rather than efficient system”*. The observation photos in Cau Giay Bus interchange in July 26, 2012 shows the real situation.



Fig. 11 Cau Giay Bus interchange



Fig. 12 Overcrowded at Cau Giay Bus interchange
6 pm July 26, 2012

5. Conclusion/Discussion

5.1 Countermeasures

There are a lot of countermeasures ongoing and in consideration. Apply the push and pull method was suggest in the GTZ SUTP training document "Transportation Demand Management" the Hanoi Department of Transportation are using the following measures to encourage the transition from private vehicle to public transportation

Measures with push-effects
Area-wide parking management, parking space restrictions in zoning ordinances, car limited zones, permanent or time-of-day car bans, congestion management, speed reductions, road pricing...

Measures with pull-effects
Priority for buses and trams, high service frequency, passenger friendly stops and surroundings, more comfort, park-and-ride, bike-and-ride..., area-wide cycle-networks, attractive pedestrian connections...



Measures with push- and pull-effects
Redistribution of carriageway space to provide cycle lanes, broader sidewalks, planting strips, bus lanes..., redistribution of time-cycles at traffic lights in favour of public transport and non-motorized modes, public-awareness-concepts, citizens' participation and marketing, enforcement and penalizing...

Fig. 13 push and pull effects

Source: Müller, P., Schleicher-Jester, F., Schmidt, M.-P. & Topp, H.H. (1992): Konzepte flächenhafter Verkehrsberuhigung in 16 Städten", Grüne Reihe des Fachgebiets Verkehrswesen der Universität Kaiserslautern No. 24.

Push measures

Establishing Parking restriction zone in 262 streets of Hanoi start from February 22nd, 2012

Road pricing and private vehicle usage pricing (proposal)

Pull measure

TRAHUD II - The project for Improving Public Transportation in Hanoi, from December 2011 to June 2014. The project will focus on database development and bus public transport modernization, encouraging modal shift applying TDM and MM, etc.

Increasing bus fare to improve bus quality and accessibility (proposal). According to Hanoi Department of Transportation, if the proposal is approved, TRANSERCO revenue will increase 280 billion VND each year and reduce the subsidy 224.8 billion VND.

Table 4: Proposal of Bus fare increase

Distance	Current fare	Proposal fare	Increase (%)	Increase (VND)
<= 25km	3000	5000	66%	2000
25 – 30km	4000	7000	75%	3000
>30km	5000	7000	40%	2000

Source: TRANSERCO, 2012

Table 5: Proposal of Bus fare increase, monthly ticket

Object		Current fare	Proposal fare	Increase (%)	Increase (VND)
Priority	1 route	25,000	45,000	80%	20,000
	Multiple routes	50,000	90,000	80%	40,000
Normal	1 route	50,000	90,000	80%	40,000
	Multiple routes	80,000	145,000	80%	65,000

Source: TRANSERCO, 2012

Suggest measures

The bus fare in Hanoi is the lowest in comparison with Yokohama, Bangkok and Jakarta and the driver's salary too. Therefore, not only increase bus fare but also change the method of ticketing will improve the bus quality and friendliness.

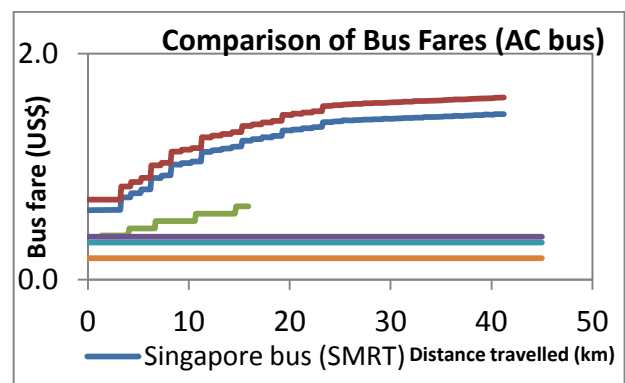


Fig. 14 Comparison of Bus fares

Source: JICA TRAHUD II WG_4 workshop: Comparison of Bus Fares among South-East Asia Countries. May 21, 2012

As can be seen from Fig.14, it is necessary to increase bus fare and change from the constant bus fares to distance-based bus fares as applied in other South East Asia cities.

The automatic ticketing system or Smart card are applied in some route in Hanoi and HoChiMinh City needs to be wide spread and replace the manual ticketing system (issue paper tickets and bus assistant collecting tickets)

5.2 Conclusion

The Urban transportation of Hanoi is complex and need thorough research and study. Once the traffic flow is modeled and simulated precisely, there will be a lot of traffic problems can be solved.

There are still many issues in bus system in Hanoi. As it is improving, many efforts are need and each countermeasure need to be carefully considered to make a better pubic transport system, towards a modern and sustainable transport system

6. Acknowledgement

We give our appreciation to our adviser Dr. Tuenjai FUKUDA, who has helped us so much in choosing topic and data. We also thanks for the support and provision of data, materials and knowledge from JICA-TRAHUD II members.

7. References

- [1] TRANCONCEN/ITPM (2010).
- [2] Hoang Thuy Linh, (2009) A simulation of mixed traffic, Thesis 090805 - Master of Engineering in Civil Engineering (Transportation), The University of Tokyo.
- [3] Managing Travel Demand: Applying European Perspectives to U.S. Practice (2006), Report No. FHWA-PL-06-015 International Technology Scanning Program, American Trade Initiatives
- [4] PHYO THET THET HTUN, (2012) JICA TRAHUD II WG_4 workshop: Comparison of Bus Fares among South-East Asia Countries.
- [5] Work Plan of Project for Improving Public Transportation in Hanoi (TRAHUD II), April 2012
- [6] Road Traffic Accident Analysis in Hanoi 2008-2010: Basic Characteristics, Paper Identification

number: SCS11-022, 4th ATRANS SYMPOSIUM - STUDENT CHAPTER SESSION

[7] Müller, P., Schleicher-Jester, F., Schmidt, M.-P. & Topp, H.H. (1992): Konzepte flächenhafter Verkehrsberuhigung in 16 Städten”, Grüne Reihe des Fachgebiets Verkehrswesen der Universität Kaiserslautern No. 24.

[8] Vietnam Specifications TCVN 4054:2005 Highway – Specification for design

Visitor's familiarity with road network in a tourism town: A case study of Patong Beach, Phuket

Paper Identification number: SCS12-003

Santosh BARAL¹, Suharit MASMEK², Napong SUBANPONG³

¹Transportation Engineering, School of Engineering and Technology
Asian Institute of Technology
Telephone 087-513-5011
E-mail: baralsantosh5@gmail.com

²Transportation Engineering, School of Engineering and Technology
Asian Institute of Technology
Telephone 083-706-5993
E-mail: masmek.stb@gmail.com

³Transportation Engineering, School of Engineering and Technology
Asian Institute of Technology
Telephone 085-025-0674
E-mail: tm_ars@hotmail.com

Abstract

Familiarity with the urban road network not only reduces the uncertainty associated with route diversion but also abridges the traffic congestion, vehicle emission etc. Visitors who have high level of familiarity with the road network are supposed to be attaining well informed decision related to route selection, route guidance etc. Furthermore, it also helps them to react with the perceived condition avoiding the delay, travel time and travel cost. Thus the main purpose of this study is to determine the factors affecting the familiarity of the visitors in tourism town. For this, Patong Beach of Phuket, Thailand is selected as project study area where the researchers conducted an interview of more than 300 visitors (questionnaire survey). Similarly two models via Regression analysis and Multimodal logit are used to analyze the selected variables obtained from data collection. The result from the models shows that familiarity level depends upon the more numbers of days visitors staying in the tourism town, visitors using bus to travel, visitors residing in Thailand, Male, Young people travelling and occupation as Doctors & Engineers.

Keywords: Familiarity, Patong Beach, Visitors, Road network, Tourism

1. Introduction

Visitor's familiarity with the road network in a tourism town is an essential component in route-diversion and guidance. Visitors who have higher level of familiarity with the network layout are supposed to make well informed decision related to route selection, and other daily travel oriented decision (Srinivasan *et al*, 1994; Bonsall, 1996). Familiarity with a destination has been treated as a one-dimensional which is operationalized as a combination of amount of information and previous experience, including multiple visits (Seyhmus Baloglu, 1999).

Baloglu in 2001 defined three types of familiarity as multidimensional. The first one was informational: the extent of source of information used, operationalized as single or multiple sources. The second was experiential: the extent of past experiences, operationalized as first-timer or repeater. The third type was self-rated: how familiar respondents thought themselves to be with a place. Prentice (2003) added a fourth type to this typology. This may be termed as educational: the extent of personal educational involvement with a place.

Tsippy Lotan, 1995 presented a research about the effect of familiarity on route choice behavior in the presence of information. According

to the author, familiarity is a compound factor and encompasses interactions of personal characteristics with route and trip attributes. With this fact, familiarity can be divided into two group's viz. familiarity with road network and familiarity with the information system.

Figure no.1 shows the static level to knowledge of the network structure and infrastructure that includes knowledge of routes in the network, type of roads and available facilities. More dynamic familiarity with the network relates to knowledge of traffic conditions and network performance (e.g. traffic composition and density, and travel speeds). Finally, the utmost level of familiarity is achieved by actual experience, which combines static and dynamic knowledge.

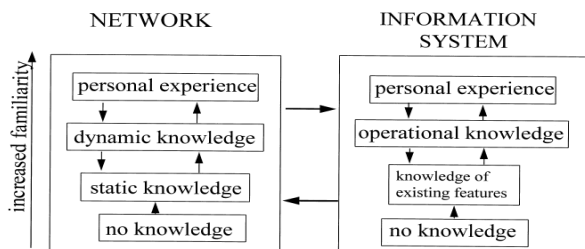


Fig. 1 The example of the figure in this paper

The importance of familiarity on modeling route choice behavior in the presence of information has been lately recognized by several researchers. Adler and McNally in 1994 investigated effect of familiarity on route choice behavior using FASTCARS driving simulators. Their results indicated a significant influence of familiarity on drivers' behavior and performance; however, some of the results are influenced by the use of a hypothetical network. Lotan in 1997 addressed the influence of network familiarity on driver's route choice behavior where familiar driver and unfamiliar driver exhibited different behavioral pattern. Most specifically, unfamiliar drivers showed a uniform distribution of alternative routes while familiar driver showed distinct preference among provided alternatives.

The relationship between familiarity and destination image is developed by destination familiarity index (composite of experiential and informational familiarity). The index can be used as a dependent or independent variable to examine the correlates with destination familiarity (Seyhmus Baloglu, 1999).

Benefit of visitors' familiarity can be explained in terms of the reduced traffic congestion

and consequently reduced levels of vehicle emissions. Moreover familiarity with the urban network reduces the uncertainty associated with route diversion. Visitors having high level of familiarity are more likely to select efficient routes and are able to react the perceived conditions avoiding the delay, travel time and travel cost (Mohammad M Hamed). Therefore the main purpose of this study is to determine the factors affecting familiarity of the visitors in Tourism town.

Furthermore, it can be expected that this study have crucial benefits on the place like Patong beach where the chances of Tsunami are more likely to occur. Many foreigners lost their lives in such casualties with different degree of severity. Hence, this study not only avails to measure the degree of familiarity of the area but also provide the insight evacuation behavior.

2. Methodology and Findings

The project study area is the town of Patong on Phuket Island, Thailand. Patong is located in west coast and which is one of the most famous tourist places in Thailand. The town covered 16.4 square kilometers with a 3.5 kilometers long beach. The total population of Patong was 18,423 persons in April 2008. There was no report on the exact number of visitors of Patong city. However, as many as 4.7 million tourists were reported to visit Phuket in 2007, with 3.1 million foreigners and 1.5 million Thais.

The researchers conducted an interview of more than 300 local Thais and foreigners randomly selected from the Patong area both at the beach front as well as on the city road network. The questionnaire queried personal data of the respondents (including gender, age, physical condition, education, Thai language skill and the length of stay in Patong), their familiarity with the Patong area, and their regular mode of travel while in Patong. The final sample includes 306 respondents, consisting of 125 Thais and 182 foreigners. The distribution of characteristics of the sample, categorized by local Thais and foreigners are shown in Table 1.

Thai respondents consisted of slightly more male than female. Over 90 percent of Thai respondents were in the age group of 19 – 59 years old with very few teenagers and persons older than 60 years old. They were predominantly high-school graduates, followed by Bachelor degree holders and junior high-school graduates. Most of them rated

their Thai language skills as fluent and fair. Almost 80 percent of them stayed in Patong area for more than 1 year, while approximately 15 percent stayed in Patong less than 1 month. More than 80% of

Thai respondents usually use private vehicle to travel in the Patong city area. The group of foreigner respondents comprises of 61.5 percent male and 38.5 percent female.

Table 1 The result of questioner survey

	Thai		Foreigners	
Total no. of sample	125		182	
Characteristics	Number	%	Number	%
<i>Sex</i>				
Female	58	46.4	70	38.5
Male	67	53.6	112	61.5
<i>Age group</i>				
<19 yrs.	7	5.6	7	3.8
19-29 yrs.	54	43.2	66	36.3
30-59 yrs.	62	49.6	92	50.5
>60 yrs.	2	1.6	17	9.3
<i>Education</i>				
Primary – Junior Hi school	33	26.6	6	3.4
Hi school/associate	53	42.7	79	44.1
Bachelor	37	29.8	65	36.3
Master – Ph.D.	1	0.8	29	16.2
<i>Thai Language Skill</i>				
None	0	0.0	146	80.2
Barely	9	7.2	27	14.8
Moderate	10	8.0	4	2.2
Fair	30	24.0	3	1.6
Fluent	76	60.8	2	1.1
<i>No. of days in Patong in the past 5 years</i>				
< 5 days	13	10.9	72	39.6
5 days – 1 month	4	3.4	70	38.5
1 month – 6 month	3	2.5	23	12.6
6 month – 1 year	6	5.0	11	6.0
> 1 year	93	78.2	6	3.3
<i>Trip purpose to Patong Beach</i>				
Tourism/recreation	9	7.2	163	91.1
Business	0	0.0	12	6.7
Residence	114	92.8	4	2.2
<i>Countries of residence</i>				
Thailand	125	100.0	0	0.0
Asia	0	0.0	23	12.6
Europe	0	0.0	115	63.2
United State	0	0.0	22	12.1
Others	0	0.0	22	12.1
<i>Usual Mode of Travel</i>				
Private car/motorcycle	102	82.3	20	11.0
Rental car/motorcycle	8	6.5	87	47.8
Bus/Songtaew	4	3.2	24	13.2
Motorcycle taxi	3	2.4	10	5.5
Others	7	5.6	41	22.5

Similarly to Thai samples, they were predominantly in the age group of 19- 59 years old but with almost 10 percent of persons older than 60 years old. Foreigners tend to receive a higher education than Thai counterparts as 36.3 percent finished their Bachelor degree, and 16.2 percent completed a post-graduate degree. Only 5 percent of foreigners claimed themselves as moderate to fluent Thai languages, while the majority of them barely had or did not have any Thai language skills. More than 90 percent of them visited Patong as tourists, while almost 80 percent stayed in Patong less than 1 month. Majority of the foreigner respondents were from Europe, and the rest were equally split among Asia, the United States, and others continent. Their modes of transport in Patong included a rental vehicle (47.8 percent), bus (13.2 percent), private vehicle (11 percent) and motorcycle taxi (5.5 percent).

The first model we use in our study is multiple regression analysis. It is a statistical technique that allows us to predict someone's score on one variable on the basis of their scores on several other variables. When using multiple regressions in psychology, many researchers use the term "independent variables" to identify those variables that they think will influence some other "dependent variable". We prefer to use the term "predictor variables" for those variables that may be useful in predicting the scores on another variable that we call the "criterion variable".

From a general form of a linear regression model

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (1)$$

(i = 1, 2, ..., n ; n > k)

Where: Y is a dependent variable

X_i is an independent variables 1, 2, ..., n.

β_0 is a y-intercept of the regression equation.

$\beta_1 - \beta_n$ is the regression coefficient for the relevant independent variables.

The regression coefficient of model can be calculated by using the ordinary least square method. In linear regression, the parameter β_i is the slope of the regression line and it represents the expected change in y for a unite increase in x_i . While the parameter β_0 is represent the expected value of y when all x_i are zero. The process tries to find the best set of the coefficients that minimizes the sum of squared errors between the predicted

output (\hat{Y}_i) and the desired output (Y_i), as shown in Equation (2).

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \text{Min} \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \dots - \beta_{p-1} X_{i,p-1})^2 \quad (2)$$

Likewise as a second model of our study, the statistical analysis uses the following multi logit model, as three mutually exclusive categories of level of familiarity (unfamiliar, medium familiar and high familiar) are to be explained:

$$U(\text{level of familiar}) = e^{\beta_0 + \sum_{k=1}^k \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i} \quad (3)$$

The β terms are the parameters to be estimated and measure the level of familiar variables ' X_k ' on the above utility function. The subscript 'i' denotes a respondent, and the ε_i are random error terms.

The factors affecting familiarity can be Thai skill, number of day stay in town, occupations, nationality, age, vehicle used, purpose of stay, education. Gender, status etc. Out of these variables, we expect the variables of positive sign can be gender (male), age (less than 20 and more than 60), education (except junior high school), occupation (business owner, police army, doctors, engineers), country (only Thailand), Thai skill, number of days stay in Patong (3-4 months), vehicle used (private car and bus).

2.1 Regression Analysis

The multiple regression equation can be written as:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (4)$$

Thus, the level of familiarity model in this study is in the form of:

$$LV_FAM = \beta_0 + \beta_1 \ln(NO_DAY) + \beta_2 (THAILAND) + \beta_3 (BUS) \quad (5)$$

Where: NO_DAY is the number of day staying in Patong beach

LV_FAM is the familiarity of visitors in Patong Beach

THAILAND is the country of visitors (Dummy variable)

BUS is mode of transport

From the Table1, the enlisted regression coefficients of model in each independent variable

affect the level of familiarity in Patong beach. As the coefficient for Thailand is strongly significant, we can say people of Thai nationality are more familiar. Secondly the number of days staying in Patong beach influence the familiarity level as it has second highest significance level. Simply saying, familiarity increase as visitors spent long time in the area. Furthermore, visitors using bus

only are familiar than using other types of vehicle as it has positive coefficient. If people travel by bus, they can see traffic sign, hoarding boards and perhaps can remember the route to where they are going (Both Static and dynamic). But when they travel by car they might be only familiar to the traffic condition and network performance (dynamic knowledge only).

Table 2 The result of regression analysis

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t-statistic	p-value
	β	std. Error			
Constant	0.692	0.205	-	3.371	0.001
NO_DAY	0.002	0.001	0.193	2.928	0.004
THAILAND	4.538	0.723	0.411	6.277	0.000
BUS	1.031	0.469	0.144	2.201	0.029

$$LV_FAM = 0.692 + 0.002 \ln(NO_DAY) + 4.538(THAILAND) + 1.031(BUS)$$

(6)

The the multicollinearity among the independent variables are very less. This implies that selection of independent variable for the given model is not related to each other and can say the model is good to ascertain its influence in familiarity.

2.2 Multi Logit analysis

The explanatory variables are classified into 2 type, including alternative-dummy variable (ASD) and alternative-specific constant (ASC). TH_skill (Thai skill) is ASD, 1 for they are none Thai skill and 0 for other. No_day (number of day stay in Patong beach area) is ASD, 1 for the stay less than two week and 0 for other. Dr_Engr (doctor or engineer) is ASD, 1 for they are doctor or engineer and 0 for other. Thai is ASD, 1 for they are Thai and 0 for other. Male is ASD, 1 for they are male and 0 other. buses is ASD, 1 for they travel by bus and 0 for other. Lastly, young is ASD, 1 for young people and 0 for other. Thus, the level of familiarity model in this study is in the form of:

$$U(unfamiliar) = e^{\beta_0 + \beta_1(TH_skill) + \beta_2(No_day)}$$

(7)

$$U(median - familiar) = e^{\beta_3 + \beta_4(Dr_Engr) + \beta_5(Thai)}$$

(8)

$$U(high - familiar) = e^{\beta_6(Dr_Engr) + \beta_7(male) + \beta_8(young) + \beta_9(buses) + \beta_{10}(Thai)}$$

(9)

The positive parameter for all variables in different level of familiar with 90% confident is shown in three equations above. Table 4 shows the result indicating level of significant to their corresponding parameter. The utility of unfamiliar includes TH_skill and No_day as shown in equation (6). Thai language skill and number of days of traveler have high statistical significance to unfamiliarity which corresponds 97% confident. This shows those visitors lacking Thai language skill and staying less than 2 weeks are not familiar to the existing road network. If the visitors are well skilled in Thai language, they can interact with local people can get more information of the place by reading sign and hoarding board. Also staying more than 2 weeks can make them intimate with the route and places making them confident to travel alone without guidance. If visitor is Engineer or Doctor, level of familiarity slightly deviate towards higher level which can be justified by their 90% confident. It might be because they tempt to get more information during travel. Similarly we tested the familiarity level between male and female assuming that male are much more familiar than female. The result shows the assumption significant as well. It might be in the sense that usually male travel more than female. The age of the traveler is the best variable of the analysis because it strongly effect to the level of familiarity

with 99.99% confident and the coefficient is the highest among others. From this fact, young people of age 20-29 seems much more familiar than others and hence it looks practically alright as young people can perceive more information, analyze the situation quickly, can memorize the place where they have been in past.

It is interesting to note that the observed private car conditions turned out to be not significant. In the other world, when the tourist drives a car, it has no effect to level of familiarity whereas the buses possess high effect to level of familiar with 99% confident.

Table 3 The of logit model

Variable(X)	Parameter estimate β	Standard Error	Significance
Constant of familiar	3.5862	1.1594	0.0020
Constant of median-familiar	3.0620	1.0575	0.0038
Non-Thai skill	1.0111	0.4703	0.0316
Number of day less than 2 week	1.1937	0.5686	0.0358
Engineer or doctor	1.0903	0.6341	0.0855
Thai	1.4634	0.7924	0.0648
Male	1.6112	0.7806	0.0389
Young (20-29 years old)	2.1491	0.7440	0.0036
Buses	2.2204	0.8592	0.0098
Log-likelihood with constant only	-114.5249		
Log-likelihood with constant and 7 variables	-96.5386		
R-squared	0.5399		

$$U(\text{unfamiliar}) = e^{3.5862 + 1.0111(\text{TH_skill}) + 1.1937(\text{No_day})} \quad (10)$$

$$U(\text{median-familiar}) = e^{3.052 + 1.0903(\text{Dr_Engr}) + 1.4644(\text{Thai})} \quad (11)$$

$$U(\text{high-familiar}) = e^{1.0903(\text{Dr_Engr}) + 1.6112(\text{male}) + 2.1491(\text{young}) + 2.2204(\text{buses}) + 1.4634(\text{Thai})} \quad (12)$$

Where: TH_skill is the skill of Thai language (1 or 0)

No_day is number of day stay in Patong (1 or 0)

Dr_Engr is engineer or doctor (1 or 0)

Thai is Thai nationality (1 or 0)

Male (1 or 0)

Young is age of people (1 or 0)

Buses is travel by bus (1 or 0)

3. Conclusion

The study investigated about the familiarity level of visitors in Patong beach based on the two models. From regression analysis it is concluded that familiarity level depends on number of days stay, buses and Thailand. However the result from logit model we have three alternatives where factors affecting unfamiliarity are Non thai skill and No. of days staying in patong beach. Moreover factors affecting medium familiar are Engineer and Doctors & Thai people. Likewise factors that act

upon high familiarity are Male, young people, Buses, Thai people and Engineer & Doctors.

The similarity between two models can be expressed in terms of its common variables as Buses and Thai people with more number of days stay. Particularly, we can acknowledge these factors are the most dominating factors that affect the familiarity. Visitors from Thailand and use buses for travelling are much more familiar than others. Similarly if they are doctors and engineers or young people and male, familiarity level will be high as well. However, if visitors spend less time in the area and lacks Thai language skill, they are supposed to be unfamiliar to the area. There is a small variation in the result between two models which may be due to different methodology where the variables are weighted differently. Regression analysis follows normal distribution whereas logit model follows Gamble distribution where regression analysis model check the collinearity between variables by itself whereas in logit model we have to check the collinearity manually. But the small variation between the results seems less influencing as we have strong result from their similarity. This concludes that the models are appropriate to check the factors affecting the familiarity for the tourism area like Patong beach.

Table 4 Concluding

	Dependent variables	Independent variables
Regression Analysis	Familiarity	Number of days stay Buses Thailand
Discrete choice (Logit)	Unfamiliar	None Thai skills No. of days staying in Patong beach
	Medium familiar	Engineer or Doctors Thai people
	High Familiar	Male Engineer or Doctors Young people Buses Thai people

4. References

Literature review or word or sentence that duplicates from various sources must be referred to as denoting orderly italicized numerals with superscript above those words or sentences. References should be written in the following:

References

- [1] Mohammad M Hamed and AA Abdul-Hussain , (2001) Drivers' familiarity with urban route network layout in Amman, Jordan. *Cities*, Vol. 18, No. 2, pp. 93–101.
- [2] Thirayoot Limanond, Hyunmyung Kim, Siradol Siridhara, Chalat Tiridhara, Chutima Chermkhunthod and Savalee Utra, (2011) Decision on Tsunami Evacuation Route in Tourism Area: A Case Study of Had Patong, Phuket. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.9.
- [3] Sheng-Hsiung Tsaur, Chang-Hua Yen and Chia Li Chen, (2010) Independent Tourist Knowledge and Skills. *Annals of Tourism Research*, Vol. 37, No. 4, pp. 1035–1054.
- [4] Tsippy lotan, (1997) Effects of familiarity on route choice behavior in the presence of information. *Transportation Research part C*, Vol. 5, No. 3/4, pp. 225–243.
- [5] Richard Prentice, (2004) Tourist familiarity and imagery, *Annals of Tourism Research*, Vol. 31, No. 4, pp. 923–945.
- [6] Alan Shailes, Martyn L. Senior and Barry P. Andrew, (2001) Tourists' travel behaviour in response to congestion: the case of car trips to Cornwall, United Kingdom. *Journal of Transport Geography* 9, pp. 49–60.
- [7] Seyhmus Baloglu, (2001) Image variations of Turkey by familiarity index: informational and experiential dimensions. *Tourism Management* 22, pp. 127–133.
- [8] Neil Carr, (2002) A comparative analysis of the behaviour of domestic and international young tourists. *Tourism Management* 23, pp. 321–325
- [9] Lotan, (1997) Effects of familiarity on route choice behavior in the presence of information. *Transportation Research, Part C*, 225–234.
- [10] Jae-Kook Yoo, Ki-Young Jung, Kun-Woo Park, Dae-Hie Lee, Sang Kun Lee, Il Keun Lee, Yong Won Cho and Myeong-Kyu Kim, (2009) Familiarity with, understanding of, and attitudes toward epilepsy among people with epilepsy and healthy controls in South Korea. *Epilepsy & Behavior* 16, 260–267.

APPLICABILITY OF THE BUS RAPID TRANSIT SYSTEM ALONG EPIFANIO DELOS SANTOS AVENUE

Paper Identification number: SCS12-004

Marcus Kyle BARON¹, Caroline ESCOVER², Mayumi TSUKAMOTO³

¹Department of Civil Engineering, College of Engineering
De La Salle University - Manila
Telephone 02-524-4611
E-mail: marcuskylebaron@gmail.com

²Department of Civil Engineering, College of Engineering
De La Salle University - Manila
Telephone 02-524-4611
E-mail: carolinescover@yahoo.com

³Department of Civil Engineering, College of Engineering
De La Salle University - Manila
Telephone 02-524-4611
E-mail: tsukamotomayumi@gmail.com

Abstract

Epifanio delos Santos Avenue (EDSA), the 24-kilometer long prime artery of Metro Manila experiences heavy traffic daily. According to recent studies, 50% excess buses add drastically to the growing number of vehicles passing through EDSA. One way to decongest traffic is to cut through the volume of buses. A Bus Rapid Transit (BRT) system can be more effective in improving the service operation of buses rather than implementing more city bus operations. The study presents a proposed BRT system in EDSA. The study evaluates the transportation impact of the BRT system on commuter movement and urban travel, and assesses the environmental benefits of the proposed BRT system. Data used in this study were obtained through vehicle counting, onboard surveying of bus, cars, taxi and MRT and 1996 MMUTIS study. These were calibrated using the software EMME3 to build a traffic demand forecast model considering four scenarios: without BRT on the base year; without BRT on the design years; with BRT and with city buses traversing along EDSA; and with BRT but without the city buses traversing along EDSA on the design years 2016 and 2021. Based on the findings, implementation of the proposed BRT system in EDSA yields time savings, operating cost savings and environmental benefits such as lesser carbon dioxide emission.

Keywords: BRT, EDSA, EMME3

1. Introduction

1.1 Background of the Study

Despite the opening of the MRT in 1999, the implementation of the “yellow bus lane” in 2003, and the re-imposition of the number coding scheme recently, Epifanio delos Santos Avenue (EDSA), the 24-kilometer long prime artery of Metro Manila still experiences heavy traffic daily. The sheer size and volume of Public Utility Buses adds drastically to the growing number of vehicles

passing through EDSA which causes traffic congestion. The EDSA Bus Route Revalidation Survey (2006) that was funded by Japan International Cooperation Agency (JICA) states that the carrying capacity of EDSA on a daily basis is 1600 buses, whereas, more than 3800 buses are plying EDSA daily. This study presents a proposed Bus Rapid Transit (BRT) system in EDSA. By doing so, the buses travelling along EDSA would be more systematic in their dedicated lanes and would contribute in decongesting EDSA.

1.2 Objectives of the Study

The main objective of this study is to assess the effectiveness of a Bus Rapid Transit system along Epifanio delos Santos Avenue. Specifically, the study aims to:

- i. determine the transportation impact of the BRT system along EDSA on urban travel in the whole of Metro Manila, and
- ii. assess the environmental benefits of the proposed BRT system in Metro Manila

2. Literature Review

The study of Fukuda, Fillone, Ishizaka and Ikeshita (2010) presented the positive impacts of BRT that can help in promoting the BRT system in Metro Manila. The BRT can produce high level of service at low cost, less boarding time, equal opportunity to access, reduction of traffic accidents, reduction in some pollutants, efficiency and customer satisfaction. The two pilot project routes are C5 (SLEX-Commonwealth Ave) and EDSA-Binangonan routes. Although the study focuses on the C5 route, it can help the study of BRT in EDSA since the methodology is adapted. The study presented the demand forecasting model based on MMUTIS and micro simulation model which was developed to estimate the impact of BRT introduction on Circumferential Road 5 (C-5) ring road in Metro Manila. Based on estimated demand, benefit from reduction of CO₂, NO_x, CO, PM were estimated as well as benefit from reduction of total travel time, total operating cost and damage cost by traffic accident. It presented the estimate total cost of P55 Billion. Overall, it demonstrated the applicability of the IGES Co-benefit guideline for a proposed transportation project in Manila.

3. Methodology

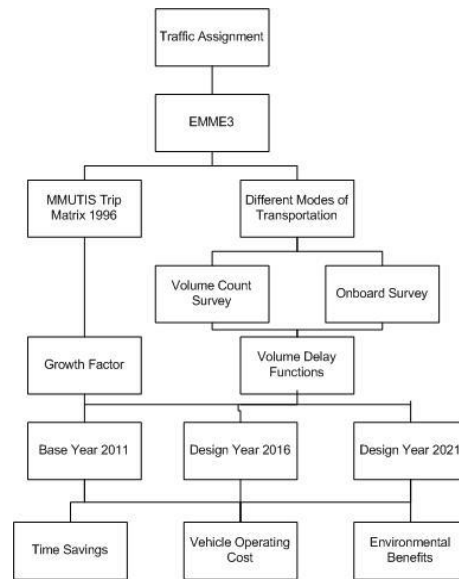


Fig. 1 – Summary of Procedures

Figure 1 shows the summary of procedures of the research. A person trip matrix was obtained from the 1996 MMUTIS. The next step was to identify the different modes of transportation that traverses EDSA. Then, a volume count survey was conducted in order to measure the number of vehicles that traverses EDSA segregated into vehicle types. An onboard survey was also conducted to assess the travel time, speed and number of passengers. Aside from that, volume delay functions were obtained using the BPR method. This would be important for the traffic assignment procedure. Using the software EMME3, the data obtained were calibrated using the developed equations.

Under the trip assignment modeling seven scenarios were developed such as: without BRT system in the present year, without BRT in the year 2016, with BRT and with city buses in the year 2016, with BRT but without city buses in the year 2016, without BRT in the year 2021, with BRT and with city buses in the year 2021 and with BRT but without city buses in the year 2021. The trip assignment also included the design of the whole BRT system along EDSA (eg. Lane of the BRT, bus stations, etc.). All seven scenario results were compared measuring its different characteristics

such as travel time savings, vehicle operating cost and environmental benefits.

4. Results

In order to compare the present condition of EDSA with the future scenario considering the proposed BRT system, data were collected, calibrated to the present condition, projected to the design years and analyzed using the software EMME3.

The whole study area which is Metro Manila is divided into zones. Using the software EMME3, the transport network of Metro Manila were developed and is composed of 211 zones, 4044 nodes and 11162 links as shown in Figure 2.

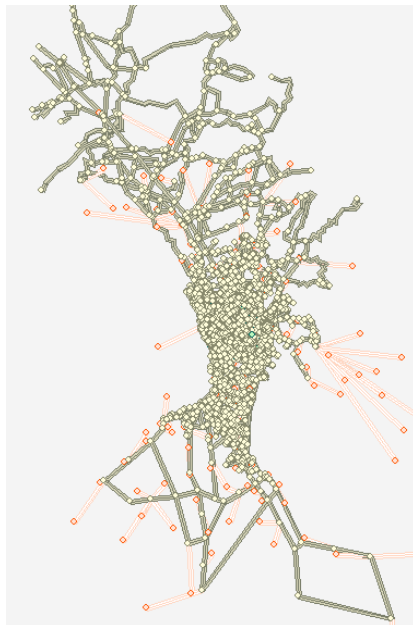


Fig. 2 – Metro Manila network

Table 1 shows the population of the whole Philippines. It also includes the population growth rate and the projected population in the design years. This trend shows the same with that of the whole of EDSA. The distribution of the population per barangay, segregated in zones, of EDSA can be seen in Appendix A which was obtained from the National Statistics Office.

Table 1 Population and Growth Rate of Philippines

Year	Population	Growth rate
1995	68,616,536	1.0
2000	76,506,928	1.92
2007	88,548,366	2.23
2010	94,013,200	2.31
2011	96,511,073	2.39
2016	107,478,819	2.57
2021	119,692,965	2.76

Volume Count Survey

A volume count survey at EDSA Orense was conducted using the video obtained from MMDA in order to obtain the percentage of each mode of transportation traversing along EDSA. The peak hour along the northbound side and southbound side occurred from 7:00 – 8:00 AM. Shown in Figure 3 and 4 are the actual values and percentage of the modes of transportation. It can be observed that the percentage of each mode of transportation is approximately the same for both directions. The private vehicles occupy the most space along EDSA during the peak hour with roughly 60% of all the vehicles traversing, whilst, the remaining 40% are public vehicles.

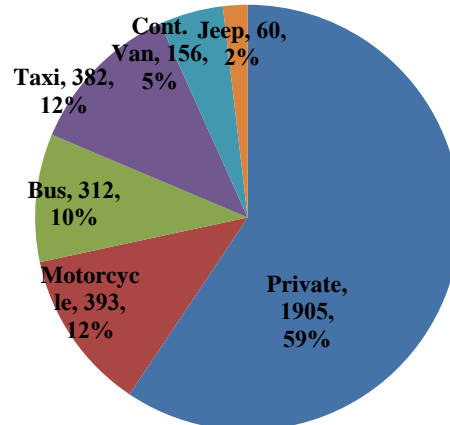


Fig. 3 – Percentage of the Peak Hour Volume Southbound

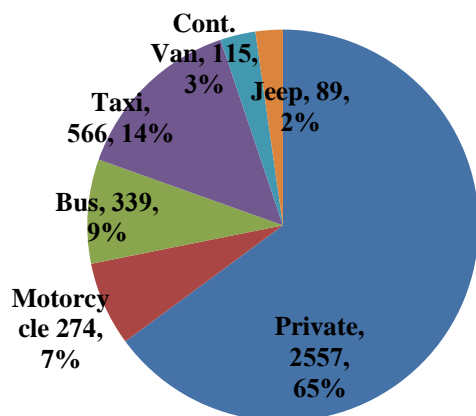


Fig. 4 – Percentage of Peak Hour Volume Northbound

Onboard Survey Analysis

Before conducting an onboard survey, the bus volume survey was first conducted to estimate the frequency of buses plying the routes. It was found out that for North bound buses, peak hour is during 8:30 – 9:30 AM. While, the peak hour of South bound buses is during 8:15 – 9:15 AM. From the bus volume survey, the total buses per route were proportioned in order to obtain the number of samples per bus route required for the actual onboard survey.

The researchers obtained onboard samples from the different modes of transportation traversing along EDSA in order to assess the service characteristics of each mode such as the passenger load, travel time and travel speed. These modes of transportation includes private vehicle, metered taxi, MRT and city buses both air-conditioned and non-air-conditioned. The sample sizes of each mode of transportation that were analyzed are: 4, 4, 21, 20 and 20 samples respectively.

Table 2 Proportion of Northbound buses

	Tungko		UE Letre		Malanday	
	AC	Non AC	AC	Non AC	AC	Non Ac
Total	123	108	36	21	40	10
	0.36	0.32	0.11	0.06	0.12	0.03
20 samples	7.28	6.39	2.13	1.24	2.37	0.59
	7	7	2	1	2	1

Table 3 Proportion of Southbound buses

	Baclaran		Ayala		Alabang		FTI
	AC	Non AC	AC	Non AC	AC	Non AC	
Total	125	101	31	5	45	87	13
	0.31	0.25	0.08	0.01	0.11	0.21	0.03
20 samples	6.14	4.96	1.52	0.25	2.21	4.28	0.64

Buses that travel from the north to the south end of EDSA or vice versa have the most number of buses. On the other hand, the buses that traverse only half of EDSA have less number of buses. It can be observed that an average of 460 buses traverse EDSA per hour per direction.

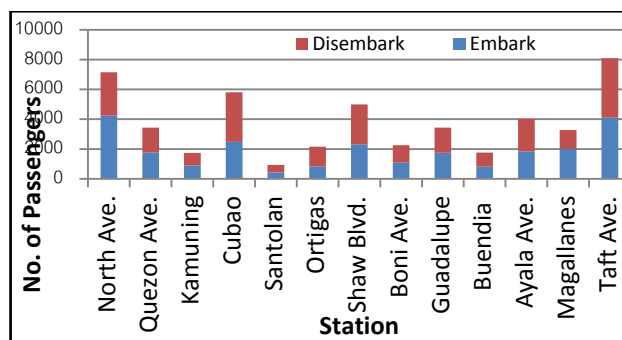


Fig 5 – Average Total Passengers Embarking and Disembarking Every Station in an Hour by MRT

In order to analyze the number of passengers that uses the MRT as their mode of transportation, the researchers obtained the MRT ridership count from the MRT Management Office for the month of September 2011. Figure 5 shows the average total passengers embarking and disembarking at every station per hour. It can be observed that most of the passengers embark and disembark at the end stations.

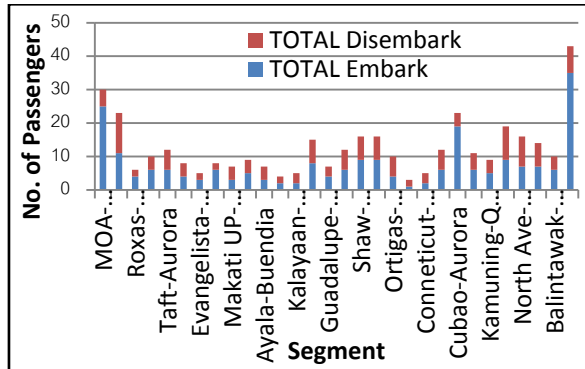


Fig 6 – Average Total Passengers Embarking and Disembarking Per Segment by City Buses

Figure 6 shows the average total number of passengers embarking and disembarking in each segment. Similar to the MRT ridership, most passengers embark and disembark at the end stations.

The MRT and bus ridership figures shown above were the basis to determine the stations of the proposed BRT system. The most number of passengers were the ones chosen since it caters the largest trips in the whole of EDSA.

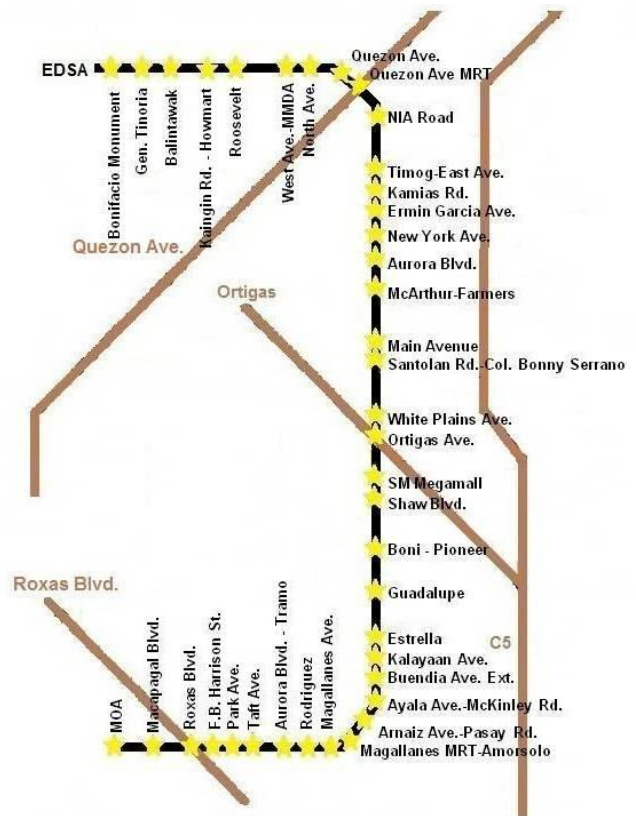


Fig 7 – Proposed BRT Stations

The proposed BRT will have 39 stations located at MOA Roundabout, Macapagal Blvd, Roxas Blvd., F.B. Harrison St., Park Avenue, Taft Avenue, Aurora Blvd.-Tramo, Rodriguez, Magallanes Ave, Magallanes MRT-Amorsolo, Arnaiz Ave.-Pasay Rd., Ayala Ave.-McKinley Rd., Buendia Ave. Ext., Kalayaan Ave., Estrella, Guadalupe, Boni-Pioneer, Shaw Blvd., SM Megamall, Ortigas Ave., White Plains Ave., Santolan Rd.-Col. Bonny Serrano, Main Avenue, McArthur-Farmers, Aurora Blvd., New York Ave., Ermin Garcia Ave., Kamias Rd., Timog-East Ave., NIA Road, Quezon Ave. MRT, Quezon Avenue, North Avenue, MMDA West Avenue, Roosevelt, Kaingin Rd.-Howmart, Balintawak, Gen. Tinoria and Bonifacio Monument. The stations were designed by considering the ridership of the city buses and MRT. The onboard survey also served as a guide. The number of stops during an onboard survey for city buses reaches more than 60 stops per whole trip. By implementing a fixed number of stations for the BRT system, the number of stops are reduced and controlled.

Table 4 Average Speed of the Different Modes of Transportation in EDSA

Type	Average Speed (km/h)	95% LOC	Lower Limit	Upper Limit
Airconditioned City Buses	14.41	1.47	12.94	15.88
Non-airconditioned City Buses	14.70	1.57	13.13	16.28
Taxi	21.81	9.26	12.55	31.07
Mass Rail Transit System (MRT)	27.43	1.65	25.79	29.08
Private Car	21.26	3.03	18.23	24.29

Table 4 presented the average speed of the different modes of transportation traversing along EDSA. City buses have the lowest average speed among all. The taxis and private vehicles have the same speed. Compared to the city buses, the MRT system is the most effective and fastest way to commute in EDSA.

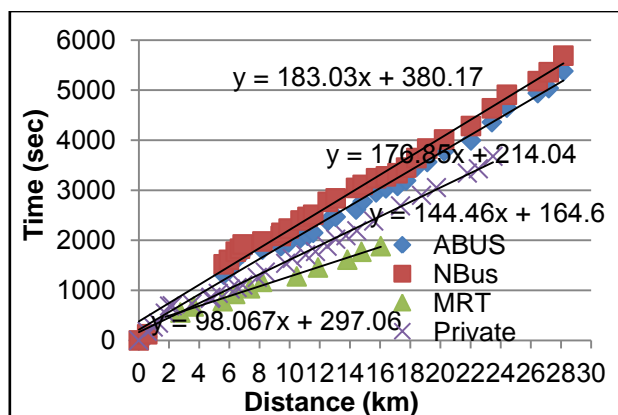


Fig 8 – Distance and Time Relationship of Transport Modes

The graph shown in Figure 8 is the relationship of distance and time of the different

transport modes traversing EDSA. It is observed from the graph that the most effective way to commute along EDSA is through the MRT system. It requires less time compared to the city buses that are present in EDSA.

Table 5 Public and Private Daily Trips Percentage in Metro Manila, (MMUTIS, 1996)

	Year					
	1996	2010	2011	2015	2016	2021
Percent Public Trips	77.9	69.3	68.7	66.2	65.6	62.5
Percent Private trips	22.1	30.7	31.3	33.8	34.4	37.5
Total	100	100	100	100	100	100

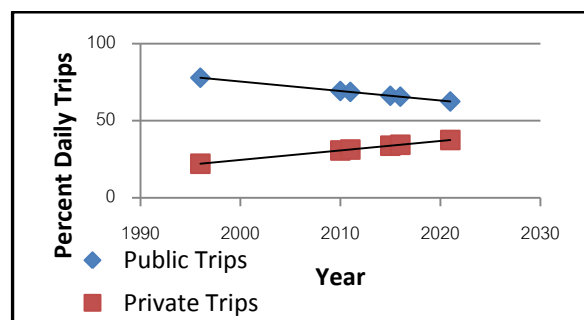


Fig 9 – Trends of the Private and Public Daily Trips

Table 5 shows the public and private daily trips percentage in Metro Manila for year 1996, 2010, 2011, 2015, 2016 and 2021, respectively. Percent public and private trips on year 1996 were obtained from MMUTIS data while percent public and private trips on year 2015 were obtained from the study Estimation of co-benefit from BRT introduction in Metro Manila using IGES' co-benefit guideline. Year 2010, 2011, 2016 and 2021 were assumed to be following a linear trend and thus they were interpolated. Figure 9 shows the trends of the public and private trips. The private trips show an increasing trend as opposed to the public trips which illustrate a decreasing trend.

Table 6 Percent Growth Estimates in Trip Generation for Metro Manila

	1996	2010	2011	2015	2016	2021
Percent Growth	1.00	1.62	1.66	1.84	1.88	2.11

Table 6 shows the trip generation percent growth estimates in Metro Manila for year 1996, 2010, 2011, 2015, 2016 and 2021, respectively. Percent growth on the year 1996 was obtained from the MMUTIS data while the 2015 percent growth was obtained from a study conducted by Fillone, et. al. Assuming that the percent growth in trip generation is following a linear trend, the percent growth for year 2010, 2011, 2016 and 2021 were interpolated respectively. These growth estimates were used to project the trip generation in the design years in EMME3.

Transport Co-Benefit Analysis

Transport Co-Benefit approach was used in order to calculate the time cost, operating cost and emissions per year respectively.

Table 6 Summary of savings from time cost, operating cost and emission (year 2016)

	Savings (BRT with city bus 2016)	Savings (BRT without city bus 2016)
Time cost (peso/year)	28,787,963,741	34,181,568,383
Operating cost (peso/year)	-68,249,844	18,830,666
CO (peso/year)	-2,344,316	-2,344,316
NOx (peso/year)	-339,979	-29,536
SPM (peso/year)	-7,390.82	32,336
CO ₂ (peso/year)	-2,848,565	6,663,657

Table 7 Summary of savings from time cost, operating cost and emission (year 2021)

	Savings (BRT with city bus 2021)	Savings (BRT without city bus 2021)
Time cost (peso/year)	59,814,262,624	69,003,748,265
Operating cost (peso/year)	-29,537,704	57,563,866
CO (peso/year)	-1,114,457	-827,340
NOx (peso/year)	-206,153	117,227
SPM (peso/year)	-5,567	39,911
CO ₂ (peso/year)	-2,295,148	8,020,602

Table 6 and Table 7 shows the summary of savings from time cost, operating cost and emission cost for year 2016 and 2021. From the results, it can be seen that there is a significant change if BRT is present in EDSA for year 2016 and 2021. It is also observed that the savings is much higher if there are no city buses present in EDSA compared to a situation wherein city buses are present in EDSA. As for the emissions, there is a significant savings in SPM and CO₂. Lastly, the data shows that there are no savings when it comes to carbon dioxide emissions if there are city buses and BRT present in EDSA. This is logical since more vehicles will be present in EDSA and therefore carbon dioxide emission will increase. Overall, the proposed BRT system is more efficient in terms of time savings, operating cost savings and emission savings if the city buses are removed and rerouted.

5. Conclusion

In the present situation, EDSA experiences heavy traffic daily. Without further actions to improve the flow of vehicular traffic, EDSA may experience unbearable situation in the near future. Based on the population data obtained from the National Statistics Office (NSO), it can be seen that the population is increasing every year. The increase in population coincides with the increase of automobile users as well as the daily commuter trips. With this, the researchers proposed a BRT system that would allow the automobile users and commuters to shift to a more efficient public transportation system.

Using the whole network of Metro Manila in the software EMME3, the researchers were able to generate the vehicular demand of EDSA. The impact of the BRT system during the base year (2011) and design years (2016 and 2021) were simulated using EMME3. The actual condition of EDSA was calibrated to match the designed network of the base year and was then projected to develop the network of the design years. There were three scenarios taken into account in the design years: (1) EDSA without the BRT system, (2) EDSA with the BRT system and city buses traversing along EDSA, and (3) EDSA with the BRT system but without the city buses traversing along EDSA.

The proposed BRT system along EDSA proved to have a great impact on the whole urban travel in Metro Manila. There is a decrease in time cost on the design years compared to the base year. The vehicle operating cost also has a significant change when the BRT system is present on the design years. Lastly, there has been a great environmental benefit if the BRT is implemented. All the parameters stated in the co-benefit guidelines proved to be effective if the condition with BRT system but without the city buses traversing along EDSA are applied. Overall, the Metro Manila network including EDSA obtained bigger savings in terms of time, operating cost and emissions by applying the IGES co-benefit estimation methodology.

6. Acknowledgment

This thesis is not possible without the help of other people. They inspired us to accomplish this study and help us in the best way that they can.

First, we would like to thank our thesis adviser, Dr. Alexis M. Fillone, for his unconditional love and support for us. Next, we extend our gratitude to our panelists, Dr. Grace U. Padayhag, Dr. Jonathan R. Dungca and Engr. Nicanor R. Roxas Jr. for giving advises on how to improve our thesis.

We would also like to thank Gard for helping us conduct our onboard survey, to Kresta Cortez and Genesis Dimaranan for lending us a hand in finishing our paper works and to Engr. Jem Jayme for helping us in the software EMME3.

The completion of this thesis is dedicated to our loving parents who generously supported us

in doing this thesis. We would like thank them for providing our needs and for believing in our capabilities.

Lastly, we would like to thank the Almighty God for guiding and inspiring us in completing this thesis.

References

- [1] Ahferom, M. T. (2009). *Sustainability Assessment of a Bus Rapid Transit (BRT) System: The Case of Dar es Salaam, Tanzania*. Lund University, Sweden.
- [2] Antonio, C. A., Icasiano, D. A., & Regidor, J. R. (2006). Determination of Parameters for Assessing Bus Transit and Service Area Relationships along EDSA. *Philippine Engineering Journal*, 27 (1), 13-28.
- [3] Arias, C., Castro, A., Custodio, P., Colombini Martins, W., Diaz, J. C., Fjellstrom, K., et al. (2007). *Bus Rapid Transit Planning Guide*. New York: Institute for Transportation & Development Policy.
- [4] Baltes, M. R., & Polzin, S. E. (2002). Bus Rapid Transit: A Viable Alternative? *Public Journal of Transportation*, 5 (2), 163-181.
- [5] Calabrese, J., Danaher, A., Gephart, R., Henke, C., Koonce, P., Levinson, H., et al. (2009). *Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making*. Federal Transit Administration.
- [6] Castillo, C. K. (2007). A Synthesis of Co-benefits Discussions at the Better Air Quality Conference 2006.
- [7] Clinger, J., Cracknell, J., Levinson, H., Rutherford, S., Smith, R. L., Soberman, R., et al. (2003). *TCRP Report 90: Bus Rapid Transit*.
- [8] De Guzman, J. P., & Fillone, A. M. (2005). The Intra-Day Effect of the Strict Implementation of the Yellow Lane Policy on Vehicular Flow along Interrupted and Uninterrupted Segments of Epifanio delos Santos Avenue (EDSA). *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1597 - 1609.
- [9] De Guzman, J. P., Liao, B., & Lim, J. P. (2004). *The Effect of the Organized Bus Route System on Vehicular Flow along Epifanio de los Santos Avenue (EDSA)*. De La Salle University.
- [10] Factsheet No.11 – Bus Rapid Transit Systems in Asia. (2010). *Clean Air Initiative for Asian Cities Center*.

- [11] Fillone, A.M. (1998). *A Study of Bus Operations along Epifanio de los Santos Avenue*. De La Salle University.
- [12] Fillone, A., Fukuda, A., Ishiz, T., & Ikeshita, H. *Estimation Of Co-Benefit From Bus Rapid Transit Introduction In Metro Manila Using IGES' Co-Benefit Guideline*.
- [13] Jerram, L. C., & Vincent, W. (2006). The Potential for Bus Rapid Transit to Reduce Transportation-Related CO2 Emissions. *Journal of Public Transportation* , 219-237.
- [14] Jimenez, N. R. (1996). *Predicting the Impact of the EDSA Mass Rail Transit on the Mode Choice Behavior of Car Users for Work Trips*. University of the Philippines Diliman, School of Urban and Regional Planning.
- [15] Levinson, H., & Zimmerman, S. L. (2004). Vehicle Selection for BRT: Issues and Options. *Journal of Public Transportation* , 7 (1), 83-103.
- [16] Matsumoto, N. *Analysis of policy processes to introduce Bus Rapid Transit systems in Asian cities from the perspective of lesson-drawing: cases of Jakarta, Seoul, and Beijing*. Institute for Global Environmental Strategies.
- [17] McAteer, J. (2002). *The Impact of BRT Service Modifications on Expressed Attitudes Toward Bus Ridership in Nashville, Tennessee*. Towson University, Towson.
- [18] Mendoza, M. V., & San Diego, M. G. *Determination of Route Measured Capacity of Buses for EDSA*. University of the Philippines Diliman.
- [19] Punte, S. (2007). *CAI-Asia and Sustainable Urban Mobility in Asia (SUMA): Bus Rapid Transit Systems*.
- [20] Rathwell, S., & Schijns, S. (2002). Ottawa and Brisbane: Comparing a Mature Busway System. *Public Journal of Transportation* , 5 (2), 163-181.
- [21] Regidor, J. R., Montalbo, J. C., Napalang, M. S., Palmiano, H. S., Sigua, R. G., Tiglao, N. C., et al. (2011). *Formulation of a National Environmentally Sustainable Transport Strategy for the Philippines*.
- [22] Urban Mobility of Bus Rapid Transit. (n.d.). *Journal of Global Transport Knowledge Partnership* .

A PROPOSED CIRCULATION SYSTEM FOR THE OLD CALLE REAL DE ILOILO CITY

Paper Identification Number: SCS12-005

Adrian ALARCON¹, Juanito DATOR², Hector MACAPAGAL³, Angelica ONGKINGCO⁴

¹Civil Engineering Department, Student
De La Salle University – Manila
Telephone: (02)850-9228
E-mail: alarcon16@yahoo.com

²Civil Engineering Department
De La Salle University – Manila
Email: juanitodator@yahoo.com

³Civil Engineering Department
De La Salle University – Manila
E-mail: h_macapagal@yahoo.com

⁴Civil Engineering Department
De La Salle University – Manila
Telephone: (02)826-1271
E-mail: angelica122391@yahoo.com

Abstract

Calle Real de Iloilo is one of the most important places in Iloilo during the Spanish era. The building and structures in this area are very old. The area is underdeveloped hence the people and economic activities are diverted to other parts of Iloilo, away from Calle Real. The city of Iloilo has focused on other projects around the vicinity before finally proposing a redevelopment plan of the Old Calle Real Heritage Zone. The study is basically about proposing the most effective circulation system for Calle Real. It would like to be able to recapture the 1950s colonial setting through this redevelopment plan. This plan focuses on altering the circulation system of pedestrian, traffic, and parking using the JICA STRADA 3 program and at the same time, taking into consideration the environmental impact of this circulation. Three new circulation system models were proposed in this study to supply the need for development. The first model focused on more parking spaces and pedestrianized zones in the areas of Calle Real by blocking off the minor roads, the second model does not block much of the roads and adds few parking spaces, and the third model has the adequate amount of pedestrianized zones but less parking spaces. Among the three models made, the first model showed the best distribution of traffic between the two directions of the road and produced less congestion in most of the areas. While in terms of the environmental impact and efficiency, second model is most recommended.

Keywords: *JICA STRADA 3, pedestrianized zones, environmental impact, proposed circulation system*

1. Introduction

1.1 Background of the study

Iloilo City is located in Western Visayas, Region VI, in the Philippines as shown in Figure 1.1. It is surrounded by neighboring provinces namely: Antique, Capiz, Guimaras, Aklan and

Negros Occidental. Also, it is bordered by the Iloilo Strait on its Southern portion. Figure 1.2 shows the location of the Old Calle Real Road in Iloilo. The Old Calle Real has an area setting of Spanish Colonial Period. The buildings and structures in the area are very old and of Spanish architecture. The area is underdeveloped since new developments are ongoing outside the Old Iloilo City. However,

renewed interest on the redevelopment of the Old Calle Real Heritage Zone has emerged.

pedestrian zones, while still allowing a smooth flow in the movement of vehicular traffic.

1.2 Statement of the Problem

Calle Real de Iloilo is one of the most important places in Iloilo during the Spanish era. The structures and buildings in this area are very Spanish colonial in setting. Due to the focus of developments in Iloilo City along the diversion road which is also near the Old Iloilo Airport, business and shopping activities are being diverted to this new development away from Calle Real. In order to bring back Calle Real's historic and scenic substance, redevelopment of the said area is being proposed. The problems in the existing circulation system should be identified and addressed. The current transportation system such as existing roads, routes, amount of vehicles, local policies and regulations, and modes of transportation are considered as well as the land use and activities that affect the transportation quality.

1.3 Statement of Objectives

The primary objective of the study is to analyze the current circulation system of Calle Real in Iloilo and to propose the most effective circulation system for the area.

- To determine the travel behavior and characteristics of people and vehicle going to the area.
- To estimate the impact on vehicle and pedestrian traffic of the proposed circulation system.
- To estimate the environmental impact of the proposed circulation system.
- To compare the impact of the planned circulation system with the proposed circulation system on people and vehicular traffic of Iloilo City

1.4 Significance of the Study

Having a well-planned and well-designed circulation system would really make a difference in safety and organization of the Old Calle Real de Iloilo. Planning this proposed circulation system would improve the flow of transportation in the area. Traffic congestion in some areas would greatly be reduced. The study would also permit better accessibility in the area which would attract the target population, because of this, Old Calle Real would flourish in tourism as desired by the redevelopment project. Revitalization of business activities as well as conservation of cultural

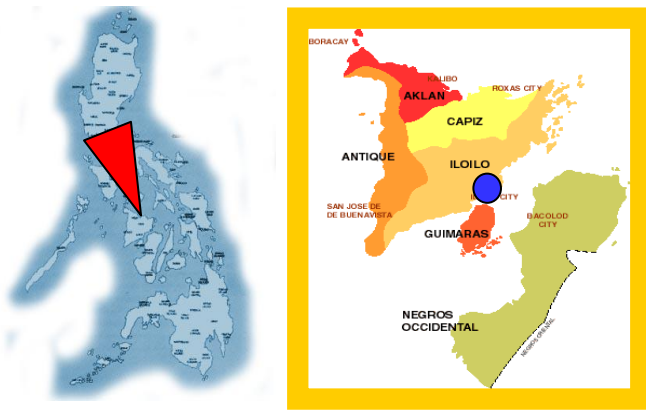


Figure 1.1 Location of Iloilo City

Source: Concep, Inc., The Iloilo CBD redevelopment project, 2008

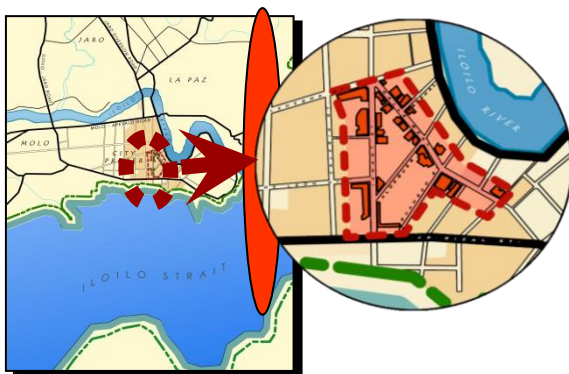


Figure 1.2 Location of Calle Real de Iloilo

Source: Concep, Inc., The Iloilo CBD redevelopment project, 2008

The Calle Real CBD Heritage Zone would like to be able to recapture the 1950s colonial setting through this redevelopment plan. This plan focuses on altering the circulation system of both pedestrian and vehicular traffic as well as the parking location in the area while at the same time, considering efficiency, cost and environmental impact. The goal is to create an appealing vibe for pedestrians to move around along proposed

heritage and historic structures would take place. It would be able to bring back the old essence of the area. The level of service provided for the pedestrians would be better if the walkways for them are modeled properly which would result in giving more safety to them. Calle Real would develop and flourish desirably with this organized circulation system.

2 Review of Literature

Studies related to the proposed study could be basically divided under three categories of pedestrianisation, traffic calming and traffic management.

2.1 Pedestrianisation

Pedestrianisation restricts vehicle access to areas for the safety of pedestrian travel. Several studies were conducted regarding pedestrianisation since safety and the lives of many are of prime importance. Iramnesh (2008) made a study regarding pedestrianisation; a great necessity in urban designing to create a sustainable city in developing countries. He stated the significance of pedestrianisation today since several countries develop continuously hence, vehicular access in cities increase as well making the pedestrian, in a way, preoccupied. He also included social impacts when pedestrianisation is implemented, plus, the corresponding case studies of various countries.

In the study of multi-modal network design by Wu (2005), et al, pedestrian scheme design is shown considering flow equilibrium and modal equity constraints. A discrete multi-modal network design problem was used which is the bi-level model. The advantages and disadvantages to users of the new pedestrian scheme were defined taking into account the modal equity constraints. As said by Wu, the results of this case study show that the proposed model can be effectively applied to realistic multi-modal transport networks for strategic planning. This concept could be linked in our study in addressing new discrete equilibrium network design problem.

Pedestrianisation is important for the commuters therefore it should be incorporated in planning the circulation system of the Old Calle Real. It should be definitely considered to cater safety and good flow for pedestrians for an effective circulation system.

2.2 Traffic Calming

Traffic calming is a method used by transportation engineers that is used to slow motor-vehicle traffic improve the safety and pedestrians and to improve the environment. It is one of the most used techniques in modeling circulation systems. Many tools are used are used in traffic calming. These tools have proved themselves to be useful in ensuring traffic flow in an area. Many areas have undergone traffic calming and have changed or are still changing for the better.

The article entitled Traffic Calming as an Integral Element of a Suburban Revitalization Program by Robert Eschbacher (2006) presented the traffic calming project proposed for the New Cassel community of sub-urban Long Island in New York City, USA. The area is an economically distressed area that is known for their poverty, a shortage of necessary local shopping opportunities and many vacant lots, empty storefronts and boarded-up buildings. After many tries in improving the condition of the area, only minimal progress has been made. The government then tried to use traffic calming plan that aims in addressing the housing, business and transportation problems of the area. Eschbacher stated that “the desired redevelopment of the said place contains design guidelines aimed at improving the character of the street by redefining public space, an atmosphere that attracts people to the street and creates a safe and pedestrian-friendly environment”.

Another study is conducted at Amherst, Massachusetts by Dulaski (2006). It was done in order to balance vehicular mobility and pedestrian safety by looking for traffic calming methods to be able to address the pedestrians’ safety issue. These methods will be selected using a criteria selection for choosing the correct method. They collected existing conditions of the area by getting pedestrian and vehicle data. They used these data to select appropriate traffic calming methods. The main traffic calming methods used were yield. These signs are placed in the more public areas. More symbols that were painted on the streets that inform whether the lane is for bicycles or whether drivers should stop at certain areas or even for crossing of the streets.

Traffic calming is needed in our study since we have to analyze the traffic behavior of a city and propose a design for its flow. The articles included herein are related to the current study in a sense that it includes traffic calming and its approaches as well as technicalities. We have to

consider factors that were counted in these studies. The concept of traffic calming is necessary in our study since it is interconnected in circulation flow.

2.3 Traffic Management

Traffic management is one good approach in managing road transport policies and flow. It is very important in order to avoid traffic congestion for a good flow on circulation system. Gorill Palmer Consulting Engineers have conducted a traffic circulation study in the town of York as a response to the request for proposals of the city for traffic circulation changes. Their goal is to Improve traffic flow in the York Beach Village Center (specifically Railroad Avenue, Ocean Avenue, Bay Street, Church Street, and County Road), improve access to, through and from the beach area for nearby residents and visitors (i.e., Nubble, Freeman, etc.), create a safer environment for pedestrians and vehicular traffic and to comply with state and federal traffic and roadway guidelines (i.e. MUTCD requirements for roadway striping). The method they would be using is to collect the data of the existing conditions of the town of York. To do this they will work with the Town and MaineDOT to acquire necessary information related to traffic, geometrics, sight distances, speed limits and turning movement counts. Afterwards they would be creating a traffic system management plan by using Google Maps as their main modeling software and plug in the necessary data to simulate traffic patterns in the area.

Zhang (2010) states the different impacts of transportation system on urban land use. Both variables are dependent and affect each other. Zhang affirmed that it has become increasingly important to determine and understand the impact of transportation control measures such as highway capacity expansion and traffic management strategies. He explored the influence of traffic management technique on land use patterns using the example of ramp metering. Also, he emphasized various models that could be used in traffic management like regression-based transportation model and land use change indicator model. Another study conducted by Bin Jiang (2010) was about street hierarchy which is an urban design technique for laying out road networks that exclude automobile through-traffic from developed areas.

Traffic management is necessary with the present study since it deals with the analysis and

design of transportation. It shows a transportation planning process as well as factors need to be considered in this study for an effective circulation and traffic management of a city.

3 Methodology

The four-step modeling process of transportation was the main tool for conducting this study.

3.1 Trip Generation

The Trip Generation was taken from an Origin-Destination Survey distributed to people in the area of Calle Real. These origins and destinations were divided properly into 58 inside zones and 8 outside zones as shown in figure 3.1.

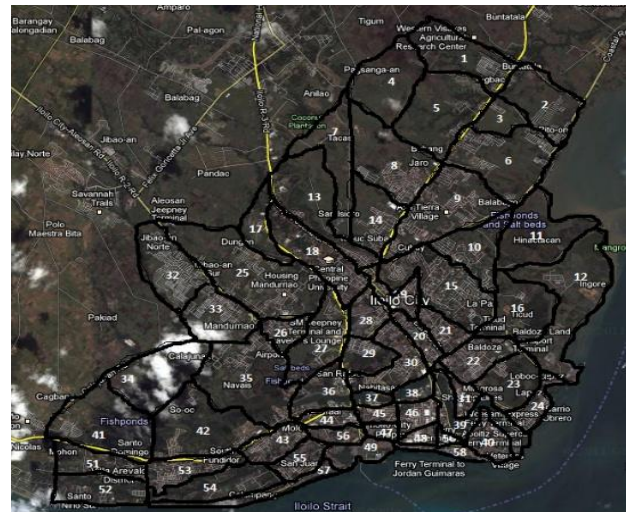


Figure 3.1 Iloilo City Internal Zones

Since the survey on the site was small scale, the researchers used a larger scale survey conducted on 2009 and projected the 2011 small scale survey to be able to combined them.

3.2 Trip Distribution

The Trip Distribution step creates a matrix of origins and destinations. The combined matrix was just used for the proportions of origins and destinations per zone, to make a more realistic projection of trips on a daily basis, the researchers acquired the 2007 NSO household data for Iloilo City and projected it using their given yearly growth factor of 1.86% to be able to get the 2011 household data. This household data was used for the desired total of each origin and destination and to project the combined 2009 and 2011 survey, the researchers used the Fratar Method to correct each of the elements of the matrix.

3.3 Modal Split

This matrix was now the daily trips made by Iloilo City and was for both public and private vehicles. The third step was Modal Split analysis three main factors were the basis for choosing a mode of transportation: 1. Characteristics of the trip maker, 2. Characteristics of the journey, and 3. Characteristics of the transport facility.

3.4 Traffic Assignment

The final step was the traffic assignment where the researchers used JICA STRADA 3 to model the transportation network of Iloilo City as shown in figure 3.2.



Figure 3.4 Iloilo Road Network modeled by JICA STRADA 3

This is where the researchers were able to alter the routes that public vehicles would take and create variations in the road network.

The traffic flow equation was modeled using the Bureau of Public Roads method.

$$T_Q = T_o \left[1 + \alpha \left(\frac{Q}{Q_{max}} \right)^\beta \right] \quad (1)$$

This equation was plugged into the parameters of the road network of JICA STRADA 3 to be used for projecting a correct value of speed and travel time for each link in the network.

3.5 JICA STRADA 3 Evaluator

JICA STRADA 3 would include also an evaluator that calculates the time savings, vehicle operating costs savings and the environmental costs of the vehicles that pass through the network.

3.6 Parking Survey

For a more micro level approach, the researchers also conducted a parking survey for the area of Calle Real. The relevant information required such as the number and duration for vehicles legally and illegally parked, space-hours demand for parking, and supply of parking facilities are the tools to be used in the analysis of parking data. The parameters needed are to be summarized, coded, and interpreted.

The space-hours of demand for parking uses the equation:

$$D = \sum_{t=1}^N (n_i t_i) \quad (2)$$

Whereas the space-hours of supply for parking uses the equation:

$$S = f \sum_{t=1}^N (t_i) \quad (3)$$

where:

S = practical number of space-hours of supply for a specific period of time,

N = number of parking spaces available,

t_i = total length of time in hours when the i th space can be legally parked on during the specific period,

f = efficiency factor,

To determine the activity of on-street parking, the average parking duration and turnover rates are used which are then further used in determining the parking revenues.

For the average parking duration:

$$D = (30) \sum N_x(X) / N_T \quad (4)$$

where:

N_x = number of vehicles parked for X intervals,

X = number of time intervals the vehicles parked, time interval use is 30 minutes, and

N_T = total number of vehicles observed

For the parking turnover rate:

$$TR = N_T / (S)T_s \quad (5)$$

where:

N_T = total number of vehicles observed,

S = number of parking slots, and

T_s = time of study in hours.

For the estimation of the revenue of the additional pay parking:

$$R = (N)(PF_j) + \sum(i)(n_i)(PF_i) \quad (6)$$

where:

PF_j = preset parking fee for the j time,

i = hourly increment, or fraction thereof, of vehicles parked more than j time,

n_i = number of vehicles for every hourly increment i , or fraction thereof, that parked more than j time,

PF_i = increment in parking fee for the hourly increment i greater than j time, and

R = total parking revenue (in pesos)

4. Results

4.1 Cross-Tab Analysis

Table 4.1.1. Cross-tab analysis of gender and age from the survey results.

Age	Gender		
	Male	Female	Total
14 & below	1	0	1
15-20	9	57	66
21-25	16	19	35
26-30	6	14	20
31-35	7	7	14
36-40	7	10	17
41-45	3	5	8
46-50	2	9	11
51-55	2	5	7
56-60	1	4	5
61-65	2	0	2
66 & up	3	4	7
Total	59	134	193

Table 4.1.2 Cross-tab analysis of gender and trip purpose from the survey results.

Gen der	Purpose					Tota l
	Mark et	W ork	Sch ool	Shoppi ng	Othe rs	
Mal e	7	19	3	9	28	66
Fem ale	21	35	14	26	43	139
Tota l	28	54	17	35	71	205

Table 4.1.3 Cross-tab analysis of age and trip purpose from the survey results.

Age	Purpose					Total
	Market	Work	School	Shopping	Others	
14 & below	0	0	1	0	0	1
15-20	7	17	12	9	24	69
21-25	5	13	2	7	8	35
26-30	1	7	1	1	10	20
31-35	5	3	0	2	5	15
36-40	3	4	0	6	4	17
41-45	1	2	0	2	4	9
46-50	2	2	0	3	4	11
51-55	2	2	0	0	3	7
56-60	1	1	0	1	2	5
61-65	2	0	0	0	1	3
66 & up	1	1	0	3	2	7
Total	30	52	16	34	67	199

Table 4.1.4 Cross-tab analysis of time stayed and trip purpose from the survey results.

Time (stay)	Purpose					Total
	Market	Work	School	Shopping	Others	
0<x<1	11	19	9	18	43	100
1≤x<2	10	3	1	12	8	34
2≤x<3	2	3	2	4	7	18
3≤x<4	3	1	1	1	4	10
4≤x<5	1	2	2	0	0	5
5≤x<6	0	2	1	0	1	4
6≤x<7	0	2	0	1	1	4
7≤x<8	0	0	0	0	2	2
8≤x<9	1	11	1	0	2	15
9≤x<10	0	0	0	0	0	0
10≤x<11	0	4	0	0	2	6
11≤x<12	0	6	1	0	0	7
12≤x	2	1	1	0	1	5
Total	30	54	19	36	71	210

Table 4.1.5 Cross-tab analysis of gender and mode of transportation from the survey results.

Gender	Mode of Transportation						Total
	Jeepney	Taxi	Car	Walk	Tricycle	Motorcycle	
Male	31	0	5	22	1	5	64
Female	93	1	3	39	0	0	136
Total	124	1	8	61	1	5	200

Table 4.1.6 Cross-tab analysis of age and mode of transportation from the survey results

Age	Mode of Transportation						Total
	Jeepney	Taxi	Car	Walk	Tricycle	Motorcycle	
14 & below	1	0	0	0	0	0	1
15-20	51	1	1	14	0	0	67
21-25	18	0	1	14	0	1	34
26-30	10	0	1	8	0	1	20
31-35	7	0	0	5	1	2	15
36-40	7	0	4	5	0	0	16
41-45	7	0	0	2	0	0	9
46-50	7	0	1	3	0	0	11
51-55	4	0	0	3	0	0	7
56-60	3	0	0	2	0	0	5
61-65	2	0	0	0	0	0	2
66 & up	6	0	0	1	0	0	7

Table 4.1.7. Cross-tab analysis of travel time and mode of transportation from the survey results.

Travel time(min)	Mode of Transportation						Total
	Jeepney	Taxi	Car	Walk	Tricycle	Motorcycle	
0-10	21	1	3	33	1	3	62
11-20	37	0	2	18	0	0	57
21-30	33	0	2	9	0	1	45
31-40	1	0	0	1	0	0	2
41-50	6	0	1	0	0	0	7
51-60	18	0	0	2	0	0	20
61-70	0	0	0	0	0	0	0
71-80	0	0	0	0	0	0	0
81-90	6	0	0	1	0	1	8
91-100	0	0	0	0	0	0	0
101-110	0	0	0	0	0	0	0
111-120	5	0	0	0	0	0	5
2hrs&up	2	0	0	0	0	0	2

4.2 Parking Survey

#	Street	Block	Hours	Stalls	Vehicles	Duration (hr/veh)	Turnover Rate(veh/sp-hr)
1	Iznart	1	11	27	94	2.62	0.32
2	Iznart	1	11	20	71	2.24	0.32
3	Aldeguer	1	11	62	282	1.49	0.41
4	Aldeguer	2	11	-	-	-	-
5	Guanco	2	11	9	6	5.42	0.06
6	Iznart	2	11	18	114	1.10	0.58
7	Rizal	2	11	11	123	1.21	0.58
8	Guanco	3	11	88	378	1.91	0.39
9	Mapa	3	11	44	136	2.12	0.28
10	Mapa	4	11	8	8	1.94	0.09
11	Ortiz	4	11	7	12	4.63	0.16
12	Rizal	4	11	4	5	5.10	0.11
13	shorter side	5	11	8	18	3.31	0.21
14	shorter side	5	11	12	52	1.70	0.39
15	Ortiz	5	11	25	108	1.08	0.39
16	Rizal	5	11	20	77	1.32	0.35
17	Rizal	5	11	13	74	1.00	0.52
18	Arroyo	6	11	26	86	1.73	0.28
19	Arsenal	6	11	37	121	1.69	0.30
20	Arsenal	7	11	23	34	2.50	0.13
21	Aldeguer	7	11	18	43	3.17	0.22
22	Aldeguer	8	11	5	26	1.39	0.47
23	Guanco	8	11	9	7	1.15	0.07
24	Guanco	9	11	17	33	2.93	0.18

4.3 Design of Circulation System

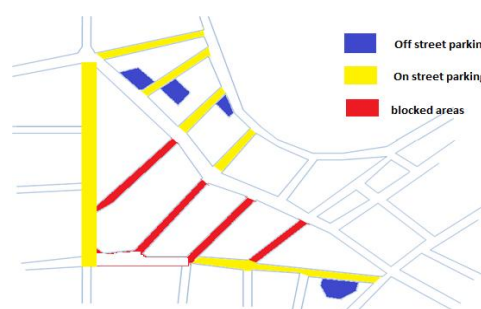


Figure 4.3.1 Calle Real Option 1

Blue is Off Street parking, yellow is On Street parking and red are the blocked areas. There would be a total of 373 parking stalls and projected capacity of 1393 vehicles.



Figure 4.3.2 Calle Real Option 2

Total of 252 stalls and 941 projected capacity of vehicles.



Figure 4.3.3 Calle Real Option 3

Similar amount of stalls and projected vehicle capacity as option 2.

4.4 JICA STRADA 3

Table 4.4 Summary and Findings for each option

Options	Description
Option 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. More parking spaces and pedestrianized zones in the area of Calle Real by blocking off the minor roads 2. Has the best distribution of traffic ; less volume of traffic in most of the congested areas 3. Increase in cost for the running time and time cost 4. Parking accomodation: 1390 vehicles, 373 stalls
Option 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Few blocked roads and few parking spaces 2. Less balanced distribution between the trips in both directions 3. Decrease in both time cost and environmental cost 4. Increase in running time cost 5. Parking accomodation: 940 vehicles, 250 stalls
Option 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. With more pedestrianized zones but less parking spaces 2. Unbalanced trip distribution 3. More cost than the original circulation system 4. Parking accomodation: 940 vehicles, 250 stalls
CBD 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Unbalanced concentration of volume 2. Negative benefit for running cost and time cost 3. Fewer volume for JM Basa Street
CBD 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Significantly equal to CBD 1

5. Conclusion/Dicussion

The positive economic development of Iloilo City has brought the need for improving the attractiveness of the highly commercialized areas of the City. Calle Real de Iloilo is a heritage site turned commercial area which has attracted a lot of attention with these redevelopment projects. Three

new circulation system models have been proposed to supply the need for redevelopment.

From the OD survey and OD matrix made in this study, the majority which is 62% of the people around Calle Real use the jeepneys as their primary mode of transportation since there were several jeepney routes that pass the area that are also from other parts of Iloilo City. Similarly, it is known that 30% of the respondents are originally from the adjacent internal zones as well as from Guimaras (zone 65), having 5% respondents, which is an external zone. For the destination of the people, it appeared to be in Calle Real itself. The main trip purpose of the people in the area are work being around 26% of the respondents and 17% being shopping/market since 67% of the respondents were female. It basically aligns with the land use map provided by the CBD development plan of Iloilo city wherein Calle Real was seen to be for commercial and retail uses.

Between the three variations of the proposed circulation system based on the analysis, Option 1 would have the best distribution of traffic between the two directions of roads and these roads are not so congested in most of the areas. This may indicate that there are more cars going out of Calle Real compared to cars going in. Option 1 incremental assignment for the same link shows an unbalanced ratio in JM Basa Street but balanced out the rest of Rizal Street. In terms of cost analysis in Option 1, it shows that it would decrease the cost for running time and would result to time lost while increasing the environmental cost. Option 2 may show a less balanced distribution between the trips in the stated directions but distributes the trips more on the links inside the triangle of Calle Real but completely reduced the use of Iznart Street. Option 2 would decrease the cost for all factors: time, running and environmental cost. For Option 3, it shows that it would have an unbalanced trip distribution in terms of traffic flow but also decreases the cost of all factors. The CBD 1 and CBD 2 proposals were both similar in traffic flows and cost efficiency. They both showed a poor distribution in terms of traffic flow. Volume of JM Basa Street was transferred into Iznart Street and Rizal Streets. In terms of operating cost, it showed that all 3 factors gained an increase in operating cost.

Considering all the factors, Option 1 is the most suitable circulation system for Calle Real if

the impact of traffic flow would be considered. If the group would prioritize the traffic flow over the operating cost then Option 1 would be chosen. It would also be the best variation for the pedestrianization in the area. Conversely if the operating cost would be considered over the traffic flow, then Option 2 and Option 3 would be proposed as the new circulation system for the area. It has the greatest benefits in terms of efficiency and environmental impact. CBD 1 and CBD 2 appeared to have the worst results considering all the factors mainly because the JICA STRADA 3 program did not favor the redirecting of trips of one of the links of JM Basa Street.

References

- [1] Dulaski, D. (2006). An evaluation of traffic calming measures and their impact on vehicular speeds on an urban principal arterial roadway on the periphery of an activity center. *ITE Journal*
- [2] Ewing, R., Brown, S. J., & Hoyt, A. (2005). Traffic Calming Practice Revisited. *ITE Journal*, 22(28)
- [3] Eschbacher, R. (November 2006). Traffic calming as an integral element of suburban revitalization program. *ITE Journal*, 76(11)
- [4] Fang, F. C., Rimiller, J. H., & Habesch, N. O. (2007). Safer Streets: The Measured Effectiveness of Hartford's City wide Traffic Calming Program. *ITE Journal*, 18(1)
- [5] Falkenberg, M. (2005). Local area traffic management – a victorian approach. *ITE Journal*
- [6] Guillermo, V. G. G., et. Al. (2010). *Urban transport planning of General Santos City*. DLSU, Philippines.
- [7] Institute for Global Environmental Strategies, IGES. (2011). Mainstreaming Transport Co-benefits Approach. Japan.
- [8] Iramnesh, N. (2008). Pedestrianisation; a great necessity in urban designing to create a sustainable city in developing countries. *ITE Journal*
- [9] Isebrands, H. N. (2009). Roundabouts and signals: harmony even with increasing traffic volumes. *ITE Journal*, 79(2)
- [10] Jiang, B. (2010). *Street hierarchies: a minority of streets account for a majority of traffic flow*. Retrieved from <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0802/0802.1284.pdf>
- [11] Landoy, K., et. Al. (2012). *Establishing the vehicular speed-density-flow relationships along*

- selected primary roads in Iloilo City.* DLSU, Philippines.
- [12] Litman, T. (2011). Introduction to Multi-Modal Transportation Planning. Retrieved from http://www.vtpi.org/multimodal_planning.pdf
- [13] Noyes, P. B., & Normandin, M. E. (2007). Westminster, co, usa's experience with neighborhood traffic management. *ITE Journal*, 77(1)
- [14] Ortuzar, J., & Willumsen, L. (2001). *Modelling transport: third edition*. New York City, NY: John Wiley & Sons, LTD.
- [15] Parkhill, M., Sooklall, R., & Bahar, G. (2007). Speed hump design and usage: update to the ite guidelines. *ITE Journal*, 78(7)
- [16] Palmer, G. (2010, June 4). *Traffic circulation study*. Retrieved from http://www.yorkmaine.org/Portals/0/docs/Planning/GPCEI_York_Beach_Village%20%282%29.pdf
- [17] Partington, R. (1999). Traffic Calming Road closures. Retrieved from http://www.trafficcalming.net/road_closures.htm
- [18] Russo, R., & Berman, S. (2006). Downtown brooklyn traffic calming implementation: calming clinton street with the traffic engineering toolbox. *ITE Journal*
- [19] Shakibamanesh, A. (2011). Non-structural LID Alternative Design Considerations for Urban Circulation Planning and Design. *International Journal of Academic Research*, 3(1)
- [20] Soltaniehha, M. (2010). Implementation and Results of the Traffic Circulation Plan in the City of Groningen. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6
- [21] Smith, D., Knapp, K., & Hallmark, S. (2002). *Speed impacts of temporary speed humps in small iowa cities.* *ITE Journal*, 77(1)
- [22] Wu, Z. X., Lam, W. H. K., & Chan, K. S. (2005). Multi-modal Network Design: Selection of Pedestrianisation Location. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6
- [23] Zhang, L. (2010). Do Freeway Traffic Management Strategies Exacerbate Urban Sprawl? The Case of Ramp Metering. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2174
- [24] <http://www.iloiloboard.com/iloilo-tourist-information.php> (July 5, 2008)
- [25] www.maps.google.com (September 15, 1997)
- [26] wikimapia.org (January 26, 2006)
- [27] <http://www.gsd.harvard.edu/gis/manual/style/ColorConventions.pdf> (June 27, 1985)
- [28] http://www.metrogis.org/data/info_needs/existing_land_use/codescheme.pdf (October 31, 1997)
- [29] www.up-ncpag.org/pdf/pptMMUTISDbase.pdf (January 31, 2002)

MODELING THE IMPACT OF ON-STREET PARKING ON VEHICULAR TRAFFIC

Paper Identification number: SCS12-006

Marc Alvin LIM¹, Eriko Luis HALLARE¹, Jesus Gerard BRIONES¹

¹Civil Engineering, Students
De La Salle University – Manila
Telephone: 632 – 8195580
E-mail: marcalvinlim@gmail.com

Abstract

The use of most major streets in Metro Manila are not properly monitored and managed especially with regards to on-street parking thereby reducing the capacity of the road and even could cause accidents. By understanding the effects as well the relationship of on-street parking to moving vehicles and integrating it into an equation model, the model could be able to measure the impact of on-street parking on moving traffic and provide a better means of estimating the level of service and capacity of the road. Analytical survey method and experimental method were used in this study by videotaping the traffic flow of the street and analyzing the effects of on-street parking to moving traffic. The results of the study showed that the presence of on-street parking as well as the maneuvering of vehicles in and out of an on-street parking prolongs the travel time of moving vehicles whether it be parallel or angled to the curb. In addition, several other factors were found to have contributed to the prolonging of the travel time of moving vehicles such as the assistance of an attendant, the slowing down of vehicles due to drivers that carefully avoid obstructions or hindrances along its path and the total maneuvering process.

Keywords: On-street Parking, Vehicular Traffic, Modeling

1. Introduction

1.1 Background

Based on previous studies done by Oyon-Oyon, G. et al. (2009), on-street parking in Metro Manila are not properly monitored properly as shown below in Fig. 1, allowing several people to park their vehicles anywhere they want with no regards to whatsoever effect it might cause on other uses of the road thus causing traffic congestion. In addition to that, even in streets that provide or allow on-street parking, several problems still occur such as the accumulation of vehicles along the road as a result of a vehicle maneuvering in or out of a parking stall.

If on-street parking can be monitored and its effect on vehicular flow understood properly, this could be incorporated in the estimation of the capacity of the road/street. The capacity management of the city's road system is important so that on-street parking should be properly managed on roads with high vehicular demand.

On-street parking slows down and impedes vehicles and disrupts the flow of traffic especially

when vehicles are maneuvering in and out of the curb, but when on-street parking is properly designed, properly regulated and properly incorporated in the estimation of road capacity with the use of an equation model, this could lessen the disruption caused by the on-street parking to the flow of traffic.



Fig. 1 Vehicle Parking along a "No Parking" Area

The scope of the study was only within the Metro Manila area such as Roxas Boulevard, San Juan and Makati. The study considered on-street parking whether it was parallel, angled or perpendicular parking and one sided or two sided

parking along the street. The study also considered the effects of on-street parking to both private and public moving vehicles moving along the same street.

One of the limitations of the study were what the camera can only see and what the camera was only able to capture, limiting the length of trap that could have been designated and that it was also limited to only videotaping the midspan of the road segment and that the equation generated was only applicable for 2 to 4 lane road segment as well as one-way and two-way directions only. The study's data was also limited to what was seen and available during the period of time for the videotaping done for the data gathering as well as the number of locations that were available that met the needed proper criteria for videotaping the impact done by the on-street parking to the moving vehicles (see Chapter IV for the proper criteria needed in locating a decent site for videotaping).

By understanding the effects as well as the relationship of on-street parking on moving vehicles, this could provide a better means of measuring the capacity of the road. On-street parking should not be allowed on roads with high vehicular demand while on-street parking should be allowed on roads with less vehicular demand.

This would also benefit a lot of people especially those who bring their vehicles to work and to other places since it would provide a better vehicular flow as well as reduce the number of accidents with regards to on-street parking.

This would also provide data and background literatures for studies conducted by future researchers that are concerned with on-street parking studies since there are few studies conducted with regards to the said topic in the Philippines.

1.2 Objectives of the Study

The main objective of the study is to develop a model that could measure the impact of on-street parking on vehicular traffic.

The specific objectives are as follows:

- To characterize on-street parking behavior such as the number of maneuvering vehicles in and out of the curb per time period as well as the time consumed when doing the maneuvering.

- To determine the effects of different parking designs such as parallel and angled parking on vehicular flow.
- To determine and estimate the effect of on-street parking on the capacity of the road.
- To recommend solutions to improve the flow of traffic especially on roads where on-street parking is allowed.

1.3 Operational Definition of Terms

Freeflow Time as used in this study refers to the regular or normal time a vehicle passes through the trap length without any disruptions.

Time Delay as used in this study refers to the delayed time caused by the maneuvering in or the maneuvering out of a vehicle from the parking stall hindering the sample vehicle passing through the trap length. This also considers other variables that slows down the sample vehicle.

2. Literature Review

In a study done by Oyon-Oyon G. et al. (2009), they have observed that there is an insufficient amount of parking facilities in the Ermita-Malate area thus resulting to some of the vehicles being parked along the streets. As an effect of the illegally parked vehicles along the streets, congestions may occur as well as hindering the flow of traffic. Therefore, as a solution, they introduced a parking scheme that would help improve the vehicular flow along the streets and at the same time provide revenues for the city. They studied and designed a new parking scheme for the Ermita-Malate area in the city of Manila and estimated actual demands and capacities for on-street parking during peak hours in the morning and evening during summer and academic seasons. Their study has concluded that seasonal parking demands differ in commercial and institutional areas. However, with regards to residential areas, the demand doesn't seem to change as much due to season simply because the residents living there are still there whether it be summer time or not. They also conducted designs wherein vehicles should be prohibited to park on main roads, on roads where public transport passes by, and a clear distance of 6 meters from the corner should be prohibited for parking and a clear path for fire hydrants and

gates/driveways. Their work also tells us more about the demands of on-street parking in areas near schools, malls, etc. wherein off-street parking facilities are already unable to accommodate the number of vehicles willing to park thus on-street parking should no longer be prohibited but rather implemented with proper supervision by authorities or local city government officials.

Their thesis is related to the present study because of the significance of their study wherein it not only helps to provide revenue for the city but also improves the vehicular flow through an orderly and efficient use of road space through their said proposed designs.

In a study done by Manguera et al. (2010) wherein it discusses about whether off-street parking facilities are able to satisfy the parking demands of customers and whether infrastructures within their study area were able to meet and follow the requirements stated in the National Building Code of the Philippines with regards to supplying enough parking spaces. They chose certain establishments which were the major traffic generators within the study area. Their data showed that at certain periods of the day, especially in the afternoon, off-street parking facilities were already at its peak and were no longer able to accommodate for other incoming vehicles. It can also be seen in their data that 24% of the respondents from their survey parked on-street. They also stated that "The distribution may be due to the availability of these assortments of parking types around the survey area." Here, it can be assumed that some of those 24% that parked on-street, parked along the street because of the limited availability of off-street parking facilities. Therefore, parking demand and parking supplied by off-street parking facilities also do affect on-street parking since people tend to find or look for other possible parking areas when bringing their vehicles.

This study is related to the present study because it studies the parking demands of customers and whether parking supply requirements are met and followed by different infrastructures as stated in the National Building Code of the Philippines. It is also related to the present study since the parking demand of customers also affects the on-street parking since the tendency of people bringing vehicles are to look for other possible parking areas when faced with insufficient off-street parking facilities. Therefore,

on-street parking tends to attract more people when off-street parking is no longer available.

3. Methodology

The researchers used the analytical survey method and the experimental method for the present study. The researchers initially did a site selection for the present study. The researchers decided to study both the traffic flow where on-street parking was permitted and not permitted within the area of Metro Manila such as the commercial districts of Roxas Boulevard, San Juan and the Makati Central Business District (CBD). The criteria for selecting an appropriate site was that it has to have an ample amount of vehicles parked along the curb and an elevated location providing a sufficient enough view of the road segment for videotaping.

Upon choosing the area to be studied, the researchers looked for a secured and safe location wherein it was also elevated in order to have a sufficient view for videotaping the traffic flow of the street. The purpose of videotaping the areas studied were to record the traffic flow and the vehicles parking in and out of the curb as well as other situations in those areas such as vehicles loading and/or unloading, pedestrians crossing among others. After placing and setting the video camera, the researchers designated a trap length wherein the vehicle's speed and travel time as the vehicles entering and leaving the trap could be obtained. The recorded videos were used to determine the speed and density of the flow of traffic of the study area. The recorded videos were also used to determine and analyze the impact of on-street parking on moving traffic as well as the average time it took for a vehicle to maneuver in and out of the parking stall and other useful data.

The data and certain parameters such as speed, density and number of lanes, and the data needed as mentioned earlier such as the impact of on-street parking on moving traffic and such were then extracted from the videos and studied and were integrated into a multiple regression model in order to generate an equation model that was used for the present study.

In analyzing the video data, the researchers first took the volume per fifteen minute for each direction as well as the number of vehicles maneuvering in and out of the stall. The researchers also took into account the actual time of the day the

vehicles maneuvered in and out of the parking stalls as well as the time delay such actions caused to the moving traffic. Other variables that affected the travel time of the affected vehicle (sample vehicle that was affected by the maneuvering in or out of a vehicle from the parking stall) were also taken into consideration. These data were then grouped accordingly. Graphs were also made so as to show the data visually and more effectively as shown in later chapters. After the data was studied and carefully analyzed for variables that affected the freeflow travel time of the vehicle as well as the delayed time of the vehicles, these data or variables were then integrated into a multiple regression.

The equation model generated through the use of the multiple regression was used to mathematically figure out the causes of congestion or the decrease of vehicular speed and prolonged travel time when faced with on-street parking. Actual values were used and incorporated in the regression analysis for some variables while the other variables were considered as dummy variables wherein these variables were only given values of 1s and 0s whether those variables were present or not during the analysis. T – statistics can also be seen in the regression output. This allowed the researchers to determine whether the independent variable had significant effect to the dependent variable. T – stat values that had values below 1.96 were neglected and removed for the succeeding analyses. The coefficient value was also taken into consideration while analyzing the regression output. Values that were negative or had a value of zero were also eliminated and neglected since it would be illogical for hindrances such as the independent variables stated before to further decrease the travel time rather than increasing or prolonging the moving vehicle's travel time.

The variables mentioned earlier were also used in performing the correlation analysis. This allowed the researchers to see the relationship between the variables that were considered. Together with the regression output, the correlation analysis allowed the researchers to remove and eliminate insignificant variables that did not have much effect to the dependent variable. Both analysis were performed to eliminate and remove insignificant variables that were considered beforehand. These procedures were repeated until the remaining variables were attained.

The research design of the present study was mainly based on the data extracted from the recorded videos. Data from the videos were primary data since the data were directly videotaped by the researchers and were also the main source of data and information for the present study. The data were secured in a storage device such as tapes, CDs, external drives or USBs. The data collected and stored in the devices mentioned earlier was used and interpreted by carefully examining the videos taken and finding out certain parameters that was considered for the present study.

Other than the primary data mentioned above, the researchers also got data from what they observed in the studied areas. The researchers also included in their observations: type of on-street parking (be it parallel or angled; one sided or two sided), the type of buildings that surround the road (commercial, business, etc), the number of lanes, and such.

With these data, the researchers generated an equation model with the use of the multiple regression where the independent variables were mentioned earlier such as the maneuvering in and out of vehicles from the parking stall, actual number of pedestrians, number of lanes used for the moving vehicles, etc while the dependent variable was considered as the delayed travel time of the vehicle. With the equation generated, the researchers checked whether the independent variables were contributing factors causing congestion due to on-street parking. The equations for each area studied were also compared and checked for any significant differences. Correlation and t – statistic values were also considered in analyzing the variables as well as the values of the coefficient obtained through regression analysis.

4. Results of the Study

4.1 Site A: Annapolis Street

The on-street parking seen in the figure below, Fig. 2, has a 60 degree angle from the curb and that there is only on-street parking on one side of the road. The researchers considered a trap length of 61 meters and a trap width of 14 meters as shown below in Fig. 2. The researchers were able to videotape Site A for a period of around 8 hours.



Fig. 2 Trap Length for Annapolist Street

The table below, Table 1, illustrates the average amount of time for a vehicle to pass through the said trap length without any delay. It also shows the number of samples that were taken into account when averaging the freeflow time for each direction as well as for both directions.

In addition, Table 1 shows that there is a 95% level of confidence that the average freeflow time for Westbound vehicles to have a value between 9.04 to 9.72 seconds. On the other hand, there is also a 95% level of confidence for Eastbound vehicles to have an average freeflow time of around 9.22 to 9.70 seconds. Lastly, there is a 95% level of confidence that the average freeflow time for both directions to have a value ranging from 9.23 to 9.70 seconds.

Table 1 Average Freeflow Time

	No. of Samples	Average Freeflow Time (secs)	95% Level of Confidence
Westbound	113	9.38	$9.04 < \mu < 9.72$
Eastbound	198	9.46	$9.22 < \mu < 9.70$
Both Directions	311	9.43	$9.23 < \mu < 9.63$

It can be seen in Table 2 that vehicles took a longer time to maneuver out of the parking stall than to maneuver in. Having an average maneuvering in time of 24.37 seconds and an average maneuvering out time of 21.94 seconds. This may be due to the fact that most vehicles had to move backwards when maneuvering out as seen in Fig. 2 above.

Table 2 F-Test Two-Sample for Variances

	<i>M. In</i>	<i>M. Out</i>
Mean (secs)	21.94	24.37
Variance	258.1957	135.7575
Observations	31	30
df	30	29
F	1.90188	
P(F<=f) one-tail	0.04351	
F Critical one-tail	1.85429	

Table 2 was used to determine whether to use a t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances or to use a t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances for the average time consumed of vehicles maneuvering in and out of the parking slot.

It can be seen that the F Critical One-Tail is less than the F-test since by looking at the table below, Table 2, F Critical One-Tail has a value of 1.85 while the F-test has a value of 1.90. Therefore, a t-test: two-sample assuming unequal variances was used.

It can be seen in Table 3 that the t-Stat was less than the t-critical one-tail having values of 0.678 and 1.673, respectively. Therefore, at 95% level of confidence there is no difference in terms of the average time consumed in seconds between vehicles maneuvering in from vehicles maneuvering out.

Table 3 t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

Hypothesized Mean Difference	0
df	55
t Stat	0.67810
P(T<=t) one-tail	0.25027
t Critical one-tail	1.67303
P(T<=t) two-tail	0.50054
t Critical two-tail	2.00404

The table below, Table 4, shows the average delayed travel time of vehicles going in and out of the trap length caused by the maneuvering of vehicles in and out of a parking stall.

Table 4 Time Delay due to the Maneuvering of Vehicles In and Out of a Parking Stall

	No. of Samples	Average Travel Time Consumed (secs)	95% Level of Confidence
Westbound	30	35.57	$30.02 < \mu < 41.12$
Eastbound	16	34.31	$25.34 < \mu < 43.28$
Both Directions	46	35.13	$30.56 < \mu < 39.70$

4.2 Site B: Aguirre Street

For this location, a parallel type of on-street parking is being used. The researchers considered a trap length of 71 meters and a trap width of 10 meters as shown below in Fig. 3. It was videotaped for a period of around 10 hours.

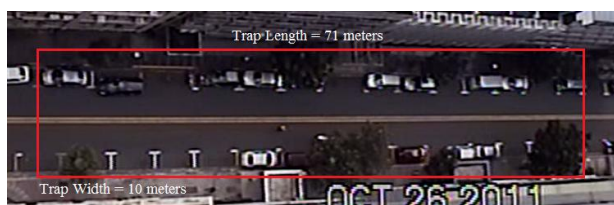


Fig. 3 Trap Length for Aguirre Street

Table 5 Average Freeflow Time

	No. of Samples	Average Freeflow Time (secs)	95% Level of Confidence
Westbound	70	9.43	$9.11 < \mu < 9.75$
Eastbound	31	9.61	$9.21 < \mu < 10.01$
Both Directions	101	9.49	$9.24 < \mu < 9.74$

It can be seen in Table 6 that vehicles took a longer amount of time to maneuver in than out, having values of 20.27 seconds and 10.61 seconds, respectively. This may be due to the fact that drivers had to carefully maneuver their vehicles when maneuvering in the parking stalls since it is rather harder to park vehicles parallel to the curb than it is to maneuver out of a parallel parking.

Table 6 F-Test Two-Sample for Variances

	<i>M. In</i>	<i>M. Out</i>
Mean (secs)	20.27	10.61
Variance	227.00887	56.21176
Observations	122	143
df	121	142
F	4.03845	
P(F<=f) one-tail	2.89993E-15	
F Critical one-tail	1.33231	

Table 6 was used to determine whether to use a t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances or to use a t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances for the average time consumed of vehicles maneuvering in and out of the parking slot.

It can be seen that the F Critical One-Tail is less than the F-test since by looking at the table below, Table 6, F Critical One-Tail has a value of 1.33 while the F-test has a value of 4.04. Therefore, a t-test: two-sample assuming unequal variances was used.

It can be seen in Table 7 that with a hypothesis mean difference of 5, the t-Stat was greater than the t-critical one-tail having values of 3.105 and 1.653, respectively. Therefore, at 95% level of confidence there is a difference of greater than 5 seconds in terms of the average time consumed between vehicles maneuvering in from vehicles maneuvering out.

Table 7 t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

Hypothesized Mean Difference	5
df	171
t Stat	3.10543
P(T<=t) one-tail	0.00111
t Critical one-tail	1.65381
P(T<=t) two-tail	0.00222
t Critical two-tail	1.97393

Table 8 Time Delay due to the Maneuvering of Vehicles In and Out of a Parking Stall

	No. of Samples	Average Travel Time Consumed (secs)	95% Level of Confidence
Westbound	26	20.5	$17.57 < \mu < 23.43$
Eastbound	4	20.5	$10.07 < \mu < 30.93$
Both Directions	30	20.5	$17.87 < \mu < 23.13$

4.3 Site C: Chino Roces Avenue

Similar to Aguirre Street, parallel parking is considered for this location. However, the researchers considered a trap length of 62 meters and a trap width of 13 meters as shown below in Figure 4. The area was videotaped for a period of around 6 hours.



Fig. 4 Trap Length for Chino Roces Avenue

Table 9 Average Freeflow Time

	No. of Samples	Average Freeflow Time (secs)	95% Level of Confidence
Westbound	188	10.93	$10.62 < \mu < 11.24$

It can be seen in Table 10 that vehicles had a longer time to maneuver out of the parallel parking than to maneuver in with values of 13.48 seconds to maneuver out and 11.79 seconds to maneuver in. This may be due to the fact that drivers or vehicles had to carefully watch out for upcoming vehicles along the road that they might hit or might hit them since the conducted study area for this site was a main road as compared to the other sites considered thus having a greater amount of vehicular volume.

Table 10 was used to determine whether to use a t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances or to use a t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances for the average time consumed of vehicles maneuvering in and out of the parking slot.

It can be seen that the F Critical One-Tail is greater than the F-test since by looking at the table below, Table 10, F Critical One-Tail has a value of 0.630 while the F-test has a value of 0.366. Therefore, a t-test: two-sample assuming equal variances was used.

Table 10 F-Test Two-Sample for Variances

	<i>M. In</i>	<i>M. Out</i>
Mean (secs)	11.79	13.48
Variance	41.62597	113.70168
Observations	56	48
df	55	47
F	0.36609	
P(F<=f) one-tail	0.00019	
F Critical one-tail	0.63032	

It can be seen in Table 11 that the t-Stat was less than the t-critical one-tail having values of 0.995 and 1.660, respectively. Therefore, at 95% level of confidence there is no difference in terms of the average time consumed in seconds between vehicles maneuvering in from vehicles maneuvering out.

Table 11 t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

Pooled Variance	74.83733
Hypothesized Mean Difference	0
df	102
t Stat	0.99520
P(T<=t) one-tail	0.16099
t Critical one-tail	1.65992
P(T<=t) two-tail	0.32199
t Critical two-tail	1.98349

Table 12 Time Delay due to the Maneuvering of Vehicles In and Out of a Parking Stall

	No. of Samples	Average Travel Time Consumed (secs)	95% Level of Confidence
Westbound	20	20.05	$16.70 < \mu < 23.40$

4.4 Site D: Roxas Boulevard

For this site of on-street parking, it is perpendicular to the curb. The researchers considered a trap length of 40 meters and a trap width of 12 meters as seen in Fig. 5. The trap length considered was only 40 meters because this was the optimum distance that could be seen and can still be recognizable as seen in the video or in Fig. 5. The researchers were able to videotape this area for a time period of around 8 hours.



Fig. 5 Trap Length for Roxas Boulevard

Table 13 Average Freeflow Time

	No. of Samples	Average Freeflow Time (secs)	95% Level of Confidence
Westbound	540	5.44	$5.32 < \mu < 5.56$
Eastbound	191	5.20	$5.04 < \mu < 5.36$
Both Directions	731	5.38	$5.28 < \mu < 5.48$

It can be seen in Table 14 that vehicles had a longer time to maneuver in than to maneuver out since by looking at the said table below, it can be seen that vehicles had an average time to maneuver in of 25.2 seconds and an average time to maneuver out time of 18.04 seconds. This may be because most of the vehicles maneuvering in to the parking

stalls had to move backwards as seen in Fig. 5 above. This takes a longer amount of time to do for several drivers than to maneuver out moving forward.

Table 14 was used to determine whether to use a t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances or to use a t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances for the average time consumed of vehicles maneuvering in and out of the parking slot.

It can be seen that the F Critical One-Tail is less than the F-test since by looking at the table below, Table 14, F Critical One-Tail has a value of 1.930 while the F-test has a value of 2.443. Therefore, a t-test: two-sample assuming unequal variances was used.

Table 14 F-Test Two-Sample for Variances

	<i>M. In</i>	<i>M. Out</i>
Mean (secs)	25.2	18.04
Variance	179.75	73.59126
Observations	25	28
df	24	27
F	2.44254	
P(F<=f) one-tail	0.01320	
F Critical one-tail	1.92994	

It can be seen in Table 15 that the t-Stat was greater than the t-critical one-tail having values of 2.286 and 1.684, respectively. Therefore, at 95% level of confidence there is a difference in terms of the average time consumed in seconds greater than 0 between vehicles maneuvering in from vehicles maneuvering out.

Table 15 t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

Hypothesized Mean Difference	0
df	40
t Stat	2.28641
P(T<=t) one-tail	0.01380
t Critical one-tail	1.68385
P(T<=t) two-tail	0.02760
t Critical two-tail	2.02107

Table 16 Time Delay due to the Maneuvering of Vehicles In and Out of a Parking Stall

	No. of Samples	Average Travel Time Consumed (secs)	95% Level of Confidence
Westbound	19	14.95	3.96
Eastbound	5	15.20	0.56
Both Directions	24	15.00	3.07

4.5 Analysis and Findings

After several trial and testing, it was found that the variables x5, x6 and x9 were the ones that had the highest correlation with the dependent variable y having values of 0.66499, 0.69517 and 0.73586, respectively, and that these variables had the largest or biggest impact to the moving vehicles' travel time. These independent variables are in fact variables that considered vehicles that were affected by a vehicle maneuvering in or out from the parking stall while being assisted by an attendant or guide, vehicles with a decelerated speed because of drivers carefully moving through traffic due to several obstruction or tight spaces along its path, and the variable that considers both or the total maneuvering (i.e. a vehicle maneuvering in affecting the travel time of a sample vehicle A and at the same time or in succession, a vehicle maneuvering out affecting the same or similar sample vehicle A and vice versa).

Table 17 Final Regression Statistics

Multiple R	0.800645			
R Square	0.641032			
Adjusted R Square	0.640287			
	Coefficients	Standard Error	t Stat	p-value
Intercept	7.3967	0.11109	66.59	0
x5	9.3359	0.75405	12.38	1.55E-33
x6	10.161	0.75563	13.45	6.28E-39
x9	7.4999	0.54680	13.72	2.42E-40

The t-stat values of the said variables were able to attain values of 12.3811, 13.4472 and 13.7160 for variables x5, x6 and x9, respectively, providing a higher percentage of confidence level. The regression analysis for the variables x5, x6, x9 and for the dependent variable y also had a high enough R squared value of 0.64 as seen in Table 17. This simply means that 64% of the data can be relatively explained. This also shows how well the regression model fits the data collected.

The following equation was generated through the several tests and trials and was a result of the findings mentioned earlier. This may help provide future land development projects and such in estimating the capacity of the road when considering and/or proving on-street parking for a road segment.

$$y = 7.3967 + 9.3359X_5 + 10.1611X_6 + 7.4999X_9 \quad (1)$$

Where:

y = Travel Time (seconds)

X₅ = Presence of an Attendant when Vehicles are Maneuvering In or Maneuvering Out of the Parking Stalls

X₆ = Presence of a Vehicle Slowing Down due to a Tight Space along the Road

X₉ = Total Number of Vehicles Maneuvering (Maneuvering In + Out)

Keep in mind though that the equation above, Eq (1), was generated with a somewhat limited availability of on-street parking sites that met the proper criteria as mentioned earlier in Chapter 3 of this manuscript. It was generated by only studying four different sites that included two parallel parking, one perpendicular and one angled parking. The equation above was also only limited to a short allowable time done for the study. The equation above was also only limited to what the camera was only capable of capturing due to the camera's limited capabilities and was also limited to the recording of the flow of the traffic, the limited number of vehicles maneuvering in or out, etc. It was generated by the limited variables that were observed, considered and thought about by the researchers that could affect the travelling time of a moving vehicle and such. Other variables that were not mentioned earlier were either disregarded or replaced due to its insignificance such as the presence of public vehicles.

In the case of the present study, it was found that the actual width of the road (x10) as well as the lessened width of the road due to the vehicles that had already parked before-hand (x16) did not have much significant effect on the moving vehicles' travelling time. This may be due to the fact that vehicles have already parked there ever since whether it be night or day, already lessening the road's capacity throughout the whole day. In addition, it can be seen that the independent variables x10 and x16 have minimal effect to the dependent variable y, having correlation values of 0.22993 and 0.32359, respectively. These values were too low as compared to the other variables that were considered. As a result, the independent variables x10 and x16 were disregarded and neglected in the further and later regression analysis that was done. In addition, by looking at the coefficient values of these variables, it can be seen that x10 and x16 had values of 4.904E+13 and -5.847E+13, respectively. These coefficient values were too big making it highly unrealistic for a vehicle to stay that long or that quick inside the designated trap length.

It was also found that the different types of on-street parking did not have much effect on the vehicle's travel time for the present study since by looking at the variables x14 (site has parallel parking) and x15 (site has angled parking), and that the Intercept of the said variables also had unrealistic coefficient values of 0.0, 3.1352E+12 and -2.4271E+14, respectively. Poor t-stat values can also be seen for the said variables x14, x15 and the Intercept, having values of 65535, 0.82419 and -4.4734, respectively.

5. Conclusions and Recommendations

On-street parking is not properly monitored and incorporated in the estimation of road capacity thus overestimation of road capacity with on-street parking occur. The present study aimed to improve on this matter by generating an equation model that would provide a better model about traffic flow when and where on-street parking should be allowed, putting into account as well the maneuvering in or out of the vehicles to or from the parking stalls. The equation model would estimate the moving vehicles' travel time such as the average freeflow time as well as the delayed travel time caused by the presence of an on-street parking as

well as the maneuvering of vehicles in or out of the parking stall. The present study also aimed to characterize on-street parking behavior, to determine the effects of the different types of parking designs, and to determine and estimate the effect of on-street parking on the road's capacity.

It was found that other than the maneuvering of a vehicle in or out a parking stall, other significant variables that affected the travel time of the vehicular flow were the presence and assistance of a guide or an attendant, the slowing down of another vehicle due to drivers that carefully avoid obstructions or hindrances along its path, and the total number of vehicles maneuvering in and out of the parking stall similar to what was mentioned earlier.

In the case of the present study, it was also found that the actual width of the road as well as the lessened width of the road due to the parked vehicles along the curb of the street did not have much effect on the travelling time of moving vehicles. This may be due to the fact that vehicles have already parked before-hand whether it be day or night thus already occupying particular lanes along the curb of the street for the entire day and not making much of an effect to the flow of traffic. Keep in mind though that such conclusions with regards to the width of the road were only based from the data that the researchers were only able to gather within the allotted time given for the study. It does not generally characterize that the width of the road has no effect for every situation that considers the width of the road and the lessened width of the road due to the on-street parking.

The effect of the different types of parking designs were considered on this study, but it can be seen that the different parking designs did not have much of an effect to the travel time of the moving vehicles as explained earlier. This may also be due to the fact that the study was only able to consider one perpendicular parking, one angled parking, and two parallel parking thus having insufficient data to make an accurate conclusion. Therefore, it was rather unclear or inconclusive as to what effect the different parking designs cause on moving vehicles.

Lastly, after several trial and testing, and analyses the researchers were able to conclude that the presence of an on-street parking along a street as well as the maneuvering of a vehicle both in and out of the parking stall really does hinder the flow

of traffic and prolongs the travel time of a moving vehicle.

In order to generate a better equation, the researchers would suggest and recommend to have more time in conducting such research since the three to four months that were allotted were not enough ample time to videotape a somewhat desirable number of sites of five to six locations.

The researchers would also like to recommend to further locate other sites that would provide different types of on-street parking design (parallel, perpendicular and angled parking). It is recommended that future researchers would consider at least two or more different sites or locations for each type of on-street parking such as two parallel parking, two perpendicular parking and two locations with angled parking. The more locations or study areas to be considered, the better since this would provide a more accurate and a more sufficient data, providing future researchers a better analysis of the impact done by on-street parking to moving vehicles. This would also provide a better output for generating an equation model.

The researchers would also like to recommend other variables to be considered other than the variables that have already been mentioned earlier or was already used for this study since there could be several other variables that could have been used and considered in generating an equation for the impact of on-street parking to the moving vehicles but was either not thought of by the researchers or was neglected and disregarded due to insufficient amount of data gathered for it.

References

- [1] Manguera, et al. (2010) *Assessing parking Demand and supply of establishments in Ermita-Malate area, city of Manila*. BS Civil Engineering Thesis, De La Salle University, Manila, Philippines
- [2] Oyon-oyon, G. et al. (2009). *On-street parking scheme in Ermita-Malate Area*. BS Civil Engineering Thesis, De La Salle University, Manila, Philippin

ESTABLISHING THE VEHICULAR SPEED-DENSITY-FLOW RELATIONSHIPS ALONG SELECTED PRIMARY ROADS IN ILOILO CITY

Paper Identification Number: SCS12_007

Landoy, Keane Gregory¹, Pabiton, Joselito Luis², Pena, Miguel Antonio³

¹Civil Engineering Department, College of Engineering
De Lasalle University – Manila
Telephone +639 2674652568,
Email: Landoy_Keane@yahoo.com

²Civil Engineering Department, College of Engineering
De Lasalle University – Manila
Telephone +639 178975639,
Email: Joey10Pabiton@yahoo.com

³Civil Engineering Department, College of Engineering
De Lasalle University – Manila
Telephone +639 9175890830,
Email: Migs0830@yahoo.com

ABSTRACT

There is a high mix of vehicle types that ply the roads of Iloilo City ranging from the smallest possible means of motor transportation such as the motorcycle to the largest commercial truck. Almost every type of vehicle can be found travelling along the roads of the city. From the entry points and exit ways of Iloilo city the researchers hypothesized that because of the high mix of vehicles the capacity of the roads is reduced. The objective of this study is to establish the relationship between speed, density, and flow of the primary roads of Iloilo City. Different traffic flow models were used to establish the relationships of speed-density, speed-flow and flow-density. The roads were then classified into two different types, primarily, roads with a divider and roads without a divider. In this study, the effect of a divider on a road was seen when the two types were compared in terms of the flow of vehicles and the speed at which the vehicles travel along both road types. With these three models, the capacity of the roads studied was also established and the results showed that there was a greater chance of traffic congestion along roads without a divider. Using the Greenshield, Greenburg, and Bureau of Public Roads model, together with a travel time study and the use of the JICASTRADA 3software the relationship of speed, density and flow were established for the major roads in Iloilo City.

Keywords: Capacity, Speed-density-flow, relationship, Density, Flow

Background of the study

Iloilo City is the economic center of the Western-Visayas Region in the Philippines and is

also the capital of Iloilo Province. It has a busy international airport that connects the city to major destinations in the country and the. The city's fish port complex is just as busy with millions of kilograms of fish shipped in and out yearly. Based on the NSO, 2007 Census, Iloilo City has a population of 418,710 with a 1.8% population annual growth rate. Iloilo city also has a land area of approximately 56 square kilometers. This is a small land area for the City. This means the density of the City is 7,476 persons per square kilometer. It is a very dense City, and the population is still increasing annually. Given these circumstances, the travel of vehicles to and from Iloilo City further increases with the demand to transport goods and services to the population, the need to travel arises because of the increasing urban growth. Transportation is the main key to help the growing populace, with proper transportation planning we can limit the congestion of national roads in Iloilo City and in turn help the moving masses continue their growing businesses. The study covers a wide-ranging and full observation of five major roads in the City of Iloilo. The analysis aims to understand the different traffic flow characteristics. Briefly, traffic flow aims to understand and take on a most favorable or best possible road network with efficient movement of traffic and nominal traffic congestion problems by studying the interactions between vehicles, drivers, and infrastructure. A few examples of the traffic flow characteristics that this study aims to understand include time headway, distance headway, flow, time-space trajectory, speed and density. This study proposed to establish the relationship between speed – density – flow in the primary roads throughout the given area of study. Iloilo City is a fast growing community budding with small businesses that

help jumpstart its growth, agriculture being the main source of livelihood by the greater population is increasing in the annual use of farm land, “*from April 2010 a farm land use of 106,414 hectares of land was set aside for farm land and in March 2011 it was increased to 151,004 hectares of farm land use (www.NSO.gov.ph)*”. Because of the rising farm land use and population the movement of people and goods becomes a necessity for Iloilo to adapt to the changes in its transportation sector and to the adaptation to rapid urbanization. But amidst the rising number in population and the need to transport goods and people to their destinations, Iloilo City lacks the planning in transportation.

Main Objective of the Study and Specific Objectives of the Study

The main objective of this study is to establish the speed, density, and flow relationships of vehicles along the major roads of Iloilo City.

Specifically the study aims to

1. Establish traffic models like the Greenshield, Greenberg and the Bureau of Public Roads (BPR) model.
2. Test the accuracy of the developed models using actual traffic flow data.
3. Recommend further studies for other similar small cities experiencing the same problems as Iloilo city.

Hypothesis of the Study

The hypotheses of this study are:

1. The high vehicle mix along the roads of Iloilo city reduces the capacity of the road.
2. Roads with a divider have higher capacity compared to roads without a divider.

Literature Review

Traffic congestion is a world-wide problem that has haunted traffic engineers and

researchers for decades. From the economic point of view, traffic congestion happens when there is unbalanced in supply and demand, i.e. the traffic demand is much greater than the road capacity. This problem can be tackled by building more roads or additional road lanes to disperse the traffic. Nonetheless, most of the cities in the world face land scarcity problem that makes this option difficult. Khoo, Hooi Ling (2007). As a common and important problem in many urban areas around the world, traffic congestion causes tremendous public concern, Intelligent Transportation Systems (ITS) focus on increasing the efficiency of existing surface transportation systems through the use of advanced computers, electronics, and communication technologies. Although several field experiments have been conducted to demonstrate possible benefits of ITS in Taiwan, a dynamic network model needs to be developed to estimate and forecast possible traffic flow patterns in order to efficiently utilize possible traffic control measures as well as advanced traffic information (Hu et al., 2005). Several dynamic models, including DYNASMART and DYNAMIT, have been developed to utilize ITS technologies (FHWA, 2001).

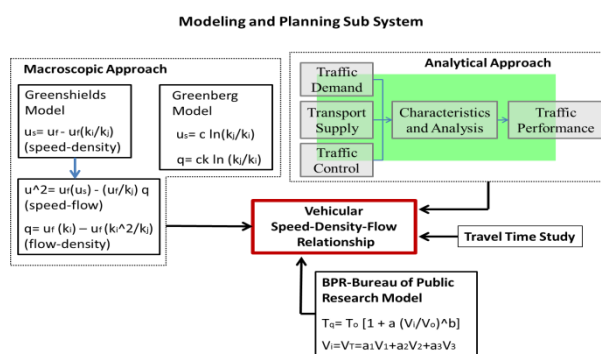


Figure 1 Modeling and Planning Sub System

Figure 1 emphasizes the solution part in the theoretical framework. It showed the three models that were used to establish the equations for Iloilo City. It also showed the travel time study

that was used for the comparison of the JICA STRADA modeling. Basically, it summarizes the different approaches that were used.

Average Model of all Major Roads

For this segment, the average results of all major roads are shown as well as the capacity that was derived based on the Greenshield model.

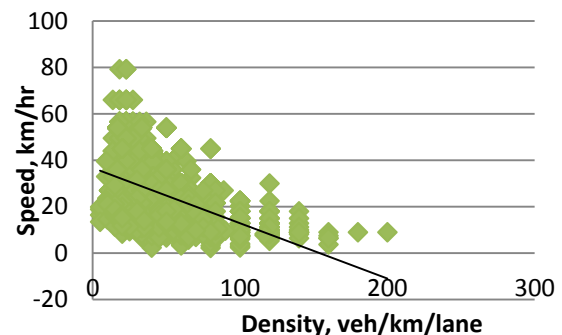


Figure 2 Average Greenshield Speed-Density of All Major Roads

Figure 2 represents the average of all data when establishing the relationship between speed and density, we can see the equation of $U_s = 37.10 - 0.246k$ with an R^2 value 0.327. This model results in a jam density value of 150.81 veh/km.

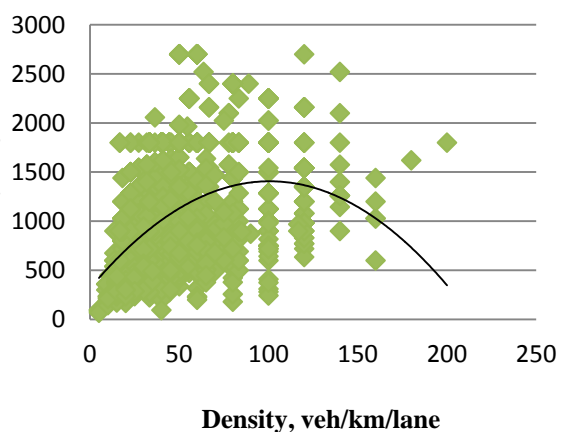


Figure 3 Average Flow Density of All Major Roads

Figure 3 represents the average flow density curve for all the major roads in Iloilo City has an equation of $q = 37.10k - 0.246k^2$ with an R^2 of 0.2617. We can see the low suitability index of the curve and the point where the max flow is obtained at a value of 1398.79veh/hr.

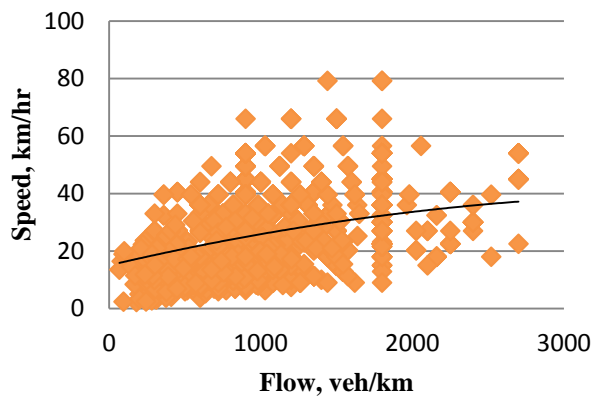


Figure 4 Average Speed Flow of All Major Roads

Figure 4 represents the average speed-flow relationship of all major roads in actual data with an equation of $q = 150.81(U_s) - (U_s)^2 / 0.246$ with an R^2 value of 0.1279.

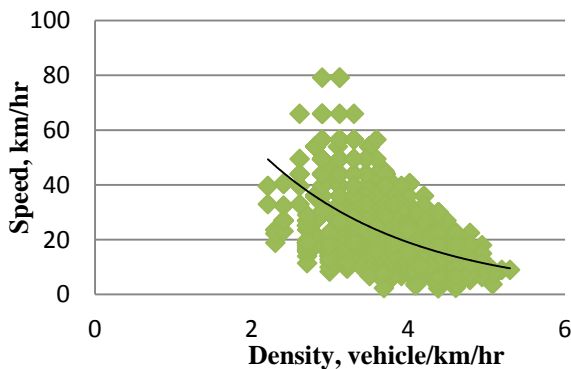


Figure 5 Greenberg Average Speed Density of Major Roads

In Figure 5, it seen see from the average Greengberg speed-density model for all major roads in Iloilo City, the values for the jam density is quite low as compared to individual roads

shown above. And calibrating the model we can get an equation of $0.494 = U_o \ln(140.04/k)$ where at an assumed free flow speed we can get the density of the road. The value of maximum flow is 1090veh/hr, when comparing this to the Greenshield model, we can see that it is lower. With respect to the definition of the Greenburg study, the trend for this model does not fit a linear trend and that is one assumption why the value of the maximum flow is lower when compared to the Greenshield model.

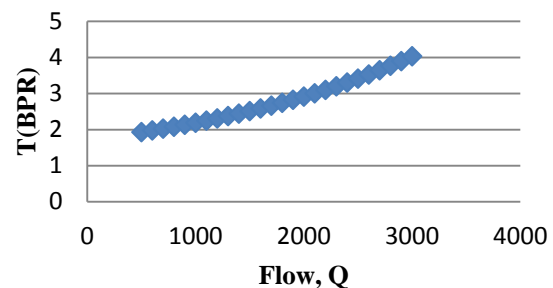


Figure 6 Average BPR of All Major Roads

Figure 6 represents the average BPR Model of all five major roads that we have studied, From what we can see it takes about fifty minutes before the maximum assumed flow is reached. There is still a reduction in road capacity with the pretense that it takes less than one hour for the mix of vehicles to travel all across the city of Iloilo. The equation $T_q = 0.86 (1 + 2.18(V_i / 1398.79)^{1.00})$

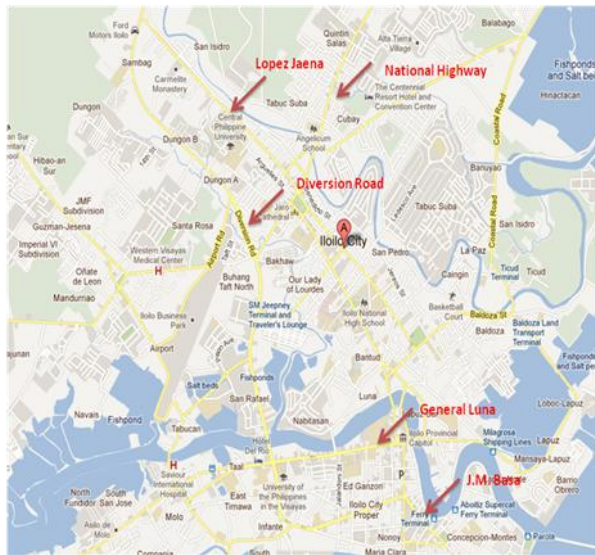


Figure 6 Site Map of Iloilo City

Source: Google Maps

For the primary roads studied in Iloilo City, Fig. 6 shows their locations. These primary roads were selected because they are the entry and exit points to and from the city proper. Specifically, one road travels through the main entertainment sector of the city, another road leads to and from the provincial capital of Iloilo city, the other road is mainly used for the distribution of exported and imported goods from the harbor. These roads are namely, the National Highway and Lopez Jaena St., Diversion Road, General Luna St., and J.M. Basa St. respectively.

TRAVEL TIME STUDIES AND JICASTRADA MODELING

The travel time study conducted took about three hours of traversing the whole of Iloilo City, the route used passed through major roads and places of Iloilo city. The result of the travel time study together with the result of the JICASTRADA simulation was compared and analyzed. The researchers used the equation that were developed using the BPR method and was input in the JICA STRADA program. The

equation for the average BPR method for all major roads that was used was $T_q = 0.86 (1 + 2.19(V_i / 1398.79)^{1.00})$ with an alpha = 2.19 and a beta = 1.00. A simulation of the Iloilo network was created in the JICA STRADA program. The results of the simulation were compared to the actual data that was gathered. Other data that was used in the simulation using the program JICA STRADA was obtained from the study of Alarcon. etal(2012).



Figure 7 Estimated Vehicular Velocity along the Roads in Iloilo City from JICA STRADA Incremental Assignment Results

In figure 7, using the Incremental Assignment results an analysis of the vehicular velocity for each segment of the Iloilo network was shown. The color code of each segment means red = low velocity, green = moderate velocity and blue = high velocity. The shaded part is the route that was used in the analysis. It can be seen that the route passed through the major roads where there is high density representing a low vehicular velocity. The small boxes in the figure show a magnified version of the simulation where the values of the average velocity per link are shown.

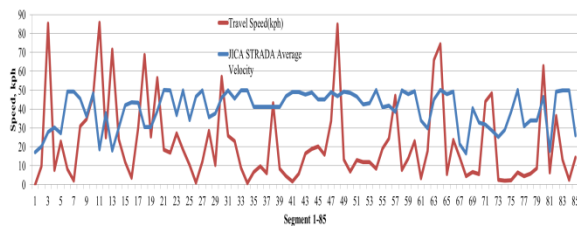


Figure 8 Comparison of the Average Vehicular Velocity per Segment Between the Actual and Simulated Results

Figure 8 represents the comparison of results between the travel time study and the simulation using the JICA STRADA program. The data that was compared is specifically the average vehicular velocity per segment. It can be seen the the JICA STRADA program was not able to compute the sudden increase and decrease of the vehicular velocity per segment. The result of the simulation can be seen that the velocity fluctuates between 20-30 kph. It can be observed that program averaged the vehicular velocity as compared to the actual result of the travel time study.

The difference between the actual data and the simulated data can be affected by many factors since in the actual data there are uncontrolled factors like obstructions on the road. The program meanwhile do not consider those factors. It is also observed that the simulation has increased the capacity of the road showing higher values of vehicular velocity than the results of the travel time study

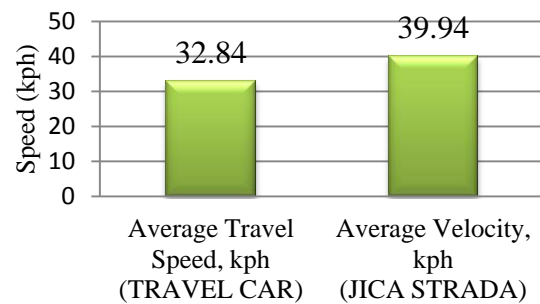


Figure 9 Comparison of the Total Average Vehicular Velocity Between the Actual and Simulated Results.

Figure 9 represents the total average vehicular velocity of the travel time study and the simulation using the JICA STRADA program. It can be seen that the total average vehicular velocity from the JICA STRADA simulation is higher than the total average vehicular velocity of the travel time study. The reason the simulation has higher vehicular velocity results are because it does not consider other factors that can be encountered on the actual road. It can be seen that the simulation has better results than the travel time study. The higher the average vehicular velocity shows a better road capacity. The total average vehicular velocity in the JICA STRADA simulation is 39.94kph and the total average vehicular velocity from the travel time study is 32.84 kph.

Table 1 Average Results of Greenshield's and Greenburg's Model

	q(veh/hr)	Us(km/hr)	k(veh/km)
Greenshield's model	1398.79	18.56	75.41
Greenburg's model	1090	18.56	58.75

Table 1 represents a comparison of the Greenshield model and Greenberg model. For the results of the Greenshield's and Greenburg's

model the max flow of vehicles for both models differ with values of 1398.79veh/hr and 1090veh/hr respectively. Comparing this to the Highway Capacity Manual (HCM) standards, we can see that these models show an approach to congestion of roads. With reference to the HCM the 1,700 veh/hr is the optimum capacity for two lane highways travelling in each direction, this suggests that for the road segments in Iloilo City, the average flow of vehicles could be assumed to increase further as the time of the day progresses and in turn exceed the limit of 1,700veh/hr. The capacity of these roads are therefore assumed to be congested as the day goes for Iloilo City, comparing these data to the actual results there is very little difference from what the researchers could observe. The congestion in the main part of the city is very terrible from the researchers own experience and with feasible data as expressed by the travel time study and the JICASTRA 3 network model. These data are proof of the prevailing traffic conditions in Iloilo City and how they affect the movement of vehicles towards and out of the city; these established equations have given us an insight on how we could properly plan a transportation model to help lessen the congestion of traffic in Iloilo City.

CONCLUSION

The established equations show that the high mixes of vehicles present on the roads of Iloilo City reduce the capacity of the road. And that, roads with a divider have a higher capacity compared to that of roads without a divider.

REFERENCES

- [1] Espenilla, N. S. (2010). Determination of Passenger Car Unit for Motorcycles: The Case of Metro Manila. Metro Manila: Transportation Engineering Division, Civil Engineering Department, College of Engineering, De La Salle University - Manila.
- [2] Fillone, A. (n.d.). Transportation Studies. Transportation Engineering Division at De La Salle University-Manila. Retrieved June 29, 2011, from mysite.dlsu.edu.ph/faculty/fillonea/
- [3] Guillermo, A. L. (2010). Urban Transport Planning of General Santos City. Metro Manila: Transportation Engineering Division, Civil Engineering Department, College of Engineering Department, De La Salle University - Manila.
- [4] Llamado, K. (2010). Proposed Improvement on the C-5 Kalayaan Intersection, Metro Manila. Metro Manila: Transportation Engineering Division, Civil Engineering Department, College of Engineering, De La Salle University - Manila

Impact of Road Infrastructure Improvements along Commonwealth Avenue, Quezon City

Paper Identification number: SCS12-008

Elisa Joyce Co PRESCILLAS¹, Jeddalyn Alberto GALLERO², Melvin FLORES³

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
De La Salle University
Telephone 63-362-8167
E-mail: elisac0h09@yahoo.com

²Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
De La Salle University
Telephone 63-365-3836
E-mail: jed_gal@yahoo.com

³Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
De La Salle University
Telephone 63-516-3719
E-mail: melvn_2k4@yahoo.com

Abstract

Commonwealth Avenue is located in the city of Quezon - which has the highest population in Metro Manila; it is also part of Radial Road-7 which connects the province of Bulacan to the metropolis. With that being said, the Avenue should be able to cater to large volume of vehicles. This prompted the several development of the highway over time: the installation of flyover in Tandang Sora to avoid the delay caused by traffic signal and nuisance of transit vehicles, and an underpass from Batasan going Philcoa was also constructed to serve the purpose of convenience to the motorists by not needing to cross multiple lanes in reaching U-Turns. Such traffic and safety problems of these areas presented the closest situation to study areas: Regalado Avenue and University Highway (Diliman) – Philcoa, respectively which is also part of Commonwealth Avenue. Thus it had led the researchers to assess if the impact of building a flyover to the study areas would affect the travel behavior of the vehicles on a Metro Manila. To determine the changes in speed, time travel, cost saving, time savings and environmental impact; network simulation software – EMME3 was used. The approached applied was Transport Co-Benefits.

1. Introduction

Commonwealth Avenue is a 12.4 km highway that has the most number of road lanes – varying from 3 to 9 lanes in each direction, in the Philippines. It stretches from Quezon City Memorial Circle to Quirino Highway (Quezon City Government). See Fig. 1.

The avenue is a passage to the largest population in National Capital Region (NCR) which is Quezon City having 2,679,450 as of 2007. It is also part of Radial Road-7 which links Bulacan to metropolis; it having the highest population of Region III in 2007 according to the National Statistics Office.

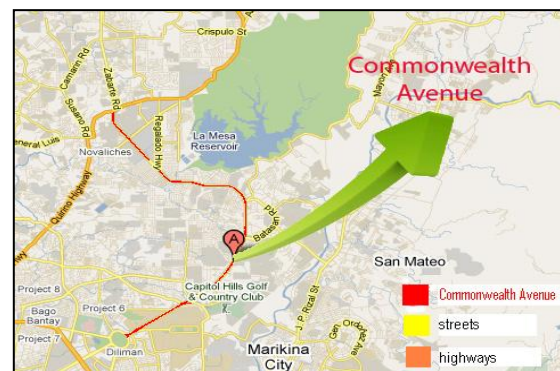


Fig. 1 The Location map of Commonwealth Avenue, Quezon City

With the condition of highway, having uneven distribution of number of lanes in different portions of the avenue, causing sudden decrease or increase number of lanes, and a route to large population; different problem arises in traffic and safety of motorists, one of which is the route of jeepney coming from University Avenue – Diliman going Westbound. To travel to its destination, jeepneys will have to go eastbound (Philcoa – Mindanao) first and reach the nearest U-turn. This requires the driver to a state of higher alertness since they will have to swerve the nine lanes to reach U-Turn area; the route also leads to more travel time. Another problem is the traffic jam built along Regalado Highway due to its location, it being near a commercial area which is North Fairview Centermall and is also near school zone. In addition, the presence of stoplight and reduced number of lanes (which is only 3-4 lanes) had helped increase congestion. To improve the problem area, road infrastructure were introduced: a one-way flyover in University Avenue going to Philcoa Westbound and a two-way flyover in Regalado Avenue. The effect of these flyovers was assessed by using Co-Benefits approach and the change of speed and travel time of vehicles in the entire Metro Manila, the Commonwealth Avenue and the area of constructed flyover.

2. Literature Review

It was stated by Kanellaidis in reference with Lamm, in their propose safety module that there are three safety requirements for section of the highway: The harmonization between the design speed and operating speed, provision of dynamic safety of driving and consistency in the alignment. Consistency is the closest factor to human behaviour. Lack of consistency would mean an increase in the workload of the driver. As mentioned by Kanellaidis traffic flow, density of roadside signs and the use of in-vehicle telematics equipment are another factor that adds to driver workload. According to Krammes driver basic expectation is to be able to operate their vehicle safely at uniform speed and uniform mental effort (workload) US Federal Highway Administration determine geometric elements and features that consistency of design and expectancy, these are intersection, lane drops, vertical and horizontal curvature. For this study, relationship between design speed as well as operating is considered for along the stretch of Commonwealth Avenue. It is

important to know the design speed of the highway and the operating speed of the motorist. Both require parallelism to be able to have a smooth operational flow.

According to Goyal et. Al., the effect of installation of flyover will have a positive effect on environment by reducing gas emission in the area. The study of the proposed flyover in Regalado Avenue segment tries not only to bring improvement in traffic flow but also assess the impact on the environment by quantifying the gas emission of vehicles before and after the design by the use of co – benefit approach. Through this measure, it will be helpful to know if the proposed flyover on the area is effective or not.

It was found that though many accidents were found to be from EDSA, the fatalities were found to be highest in Commonwealth Avenue for 2006. The reason why this is so is explored in the context of Libres et al. in 2008 where they stressed and was also supported in their study that it was mostly due to driver error. This was also supported by Green et al. of 2004, that studies outside country of Philippines, numerous have been found that reason for accidents were due to driver errors. It was seen that the reasons for the accidents were mainly due to speeding followed by overtaking then inattentiveness of the driver.

3. Methodology

3.1 Road characteristics

Since the number of lanes for Commonwealth Avenue varies in each segment, the highway was subdivided into several parts to analyze the area further. The length at which the area changes its lanes and the number of lane for that area is encoded.

3.2 Speed and Travel Time Determination

Automobiles were split into four vehicle types: Private vehicles, jeepneys, non-air-conditioned/air-conditioned buses and FXs. For each type, ten trips were travelled going Philcoa – Mindanao and vice versa. The days the trips taken were at random period of weekdays while the time of the trips performed were at usual peak hour. A lap timer was used to get the time of every stop and go of the vehicle in each segment and the time to reach from one reference point to another. Boarding and disembarking of passengers and the nearest street of embark/disembark were also recorded.

The travel time and speed of each segment was determined by equation:

$$\text{Speed} = \frac{\text{distance (km)}}{\text{time(hr)}} \quad (1)$$

The distance is the distance of each segment and the time is the time it takes for each type of vehicle to reach a certain reference point. The speed therefore is the speed of vehicles within a certain segment area.

3.3 Traffic Count

Volume throughout the stretch of Commonwealth Avenue was estimated to be the same volume entering Philcoa as the video footage of Philcoa was the only accessible video. The video of Philcoa was acquired from MMDA and were segregated into several classifications of vehicle: motorcycle, private vehicle, bus, jeepney, taxi, and truck.

The counting of vehicles was done manually with the use of a counter for a period of 12 hours from 6 a.m. to 6 p.m., with each trial running for 15 minutes. The peak hour was determined by adding four consecutive 15 minute count that would form the highest total volume.

3.4 Emme 3 - Transportation Software Simulation

Travel demand forecasting software - EMME was used to simulate the actual condition of the avenue into a network model. The O-D demand of base year 2011 was attained using the Origin - Destination Demand of MMUTIS 1996. Two models were made - the network having no road infrastructure and another having road infrastructure. These were then compared in base year 2011 and design year 2015 and 2021.

3.5 Co-Benefits approach

Co-benefits approach: Time savings, Vehicle operating costs savings, Environmental Benefits was used to determine the effects whether it had any significant changes if road infrastructure in the study area is constructed. The data for computing the co-benefits was derived from the data generated by EMME 3 software.

4. Result and Discussions

Road characteristics such as estimated length and number of lanes for each segment are shown in Table 1. The segments segregated were each studied to further analyze the area.

Table 1 List of segment and road characteristics

Segment	Estimated Length (km)	Actual no. of lanes
Circle- Philcoa	0.19	9
Philcoa-Shell	0.55	7
Shell-Tandang Sora(TS)	1.43	7 - 9
T.S. - Ever Gotesco	2.2	7 - 8
Ever Gotesco - Batasan	2.23	7 - 8
Batasan - Litex	2.23	6 - 7
Litex - Regalado Avenue	2.23	4 - 7
Regalado Avenue - Regalado Highway	1.49	3 - 5
Regalado Highway - Mindanao Avenue	1.15	3 - 5

From Fig. 2, the average travel speed per type of vehicle per segment had found to vary in each segment. The Batasan - Ever Gotesco segment has the fastest travel speed considering it has the longest length and has the widest segment, because the vehicle on this area has decreased in volume compared to that on the preceding segment. Considering the segment of Shell - Philcoa and FCM - Litex, the travel speed of jeepney and bus is considerably slow that is because although the segment length was reduced, the decreased in the number of lane was a big factor as well as the busy environment on the area.

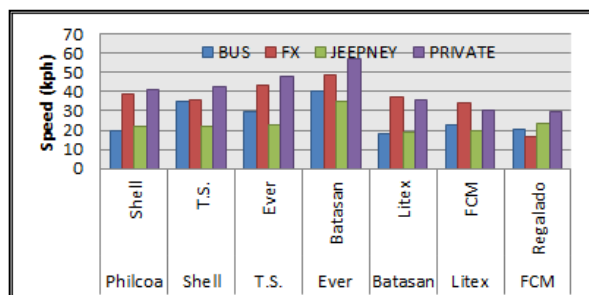


Fig. 2 Average of actual travel speed per segment

Using Emme 3 Network of Metro Manila acquired, a modified version was created to match the present condition of the Commonwealth Avenue and its traffic stream characteristics. About 6924 veh/hr are

traveling along the Avenue, while the Peak Hour Factor of public vehicles is 12% and that of the private is 9%. A calibration was then initiated generating the same data obtained from the field experiment and was then projected to the design year 2015 and 2021.

A new network was created introducing the proposed improvement on the studied area where problems are perceived. An underpass was constructed from the University Avenue going west bound of Philcoa to prevent using the U-turn as a route to reach the west bound side. This idea was replicated from the same highway on the Batasan segment where an underpass was built to serve as way to avoid traveling multiple lanes and pass the nearest U-turn just to reach the westbound side. An underpass was also created along the Litex – Regalado Avenue to avoid the delay caused by the traffic signal and the pedestrians. The new design can be seen in Fig. 3.

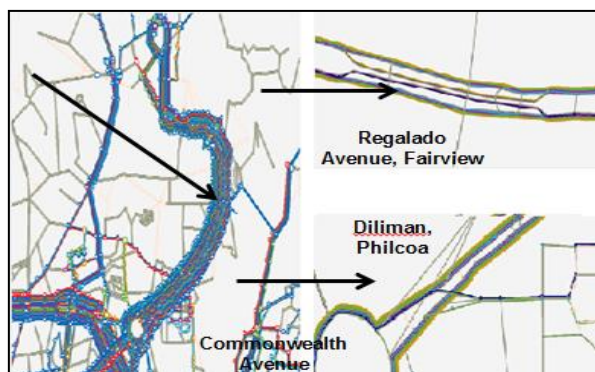


Fig. 3 Design of Metro Manila on network Emme 3

Comparisons of travel speed and travel time of base year 2011 for the actual scenario and network model were tabulated on Table 2. These were important factors as they determine if the results of the calibration was comparable, or realistic, to the actual flow on the avenue. The VDF equation was adjusted to formulate Table 2.

Table 2 Summary of travel time and travel speed on Commonwealth Avenue

Travel Time (min)			
Base Year	Actual Scenario	Network Model	% Error
2011	23.41	25.75	10.00%
Travel Speed (kph)			
Base Year	Actual Scenario	Network Model	% Error
2011	29.63	31.31	5.67%

The percentage error of travel time and speed of the network model from the actual scenario were presented in Table 5.11. The was found to be approximately 10% for travel time and a 5.67% for travel speed, the reasons lies in the complexity of calibrating the results in Emme network. Although speed had increased, time travel for the network model had also took longer than travel time for the actual scenario. The network model length was just an estimate from Emme 3 and not directly the length of the actual Commonwealth Avenue.

4.1 Macroscopic Effect

The reduced emission was calculated by means of a bottom up approach which was dependent to vehicle type and speed to determine the emission factor on each segment. The emission factor came from Bangkok that was developed in the “Study to promote CDM Projects in Transport Sector in order to Resolve Global Environment Problem” On the other hand, volume and speed to be used for the calculation was obtained from software EMME results.

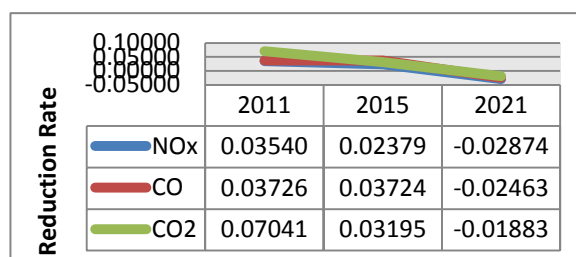


Fig. 5 Emission reductions in macroscopic scale

The design having road infrastructures resulted to a minimal reduction of NOx, CO, and CO2 emissions for the entire Metro Manila for year 2011 and 2015 as can be seen in Figure 5.17. But, the reduction rate decrease as years pass that

eventually turns into a disadvantage by year 2021. The rate of emission by year 2021 would have resulted to an increase emission in the area.

4.1.1 Co – Benefit Analysis on Macroscopic Design

The trip characteristics for Metro Manila presented on Table 5.3 were based from the MMUTIS, 1996. The value of time for the study includes the projections for 2005 and 2015. The growth rate used as multiplier for the value of time and the value of vehicle operating cost for 2011 and 2021 were forecasted using the given values from the MMUTIS.

Table 3 Value of time of urban transport users (MMUTIS, 1996)

	Year				
	1996	2005	2011	2015	2021
Private Mode	74.4	101.2	116.8 1	123.5	142.8 5
Public Mode	60	81.6	94.2	99.6	115.2
Growth Rate 1996 = 1.00	1	1.36	1.57	1.66	1.92

Using the equation from Mainstreaming Transport Co-benefits Approach (2011) the values of time and values of vehicle cost were forecasted from the values found in MMUTIS 1996. The positive values of difference signify the benefits to be gained while negative values signify detriment. The percent difference is the percentage in which the original cost was reduced after the changes were made.

Table 5.4 shows the difference in time savings using Co-benefits approach for Metro Manila (Transport Co-Benefits Guidelines). The difference between the model with and without road infrastructures depicts good results for year 2011 and year 2015 but would eventually become costly by year 2021.

Table 4 Comparison of time savings in macroscopic scale

	w/o road infrastructures (PHP/year)	w/ road infrastructures (PHP/year)	Difference (PHP/year)
2011	35,556,604,134,279.40	35,536,886,198,836.00	19,717,935,443.45
2015	56,890,981,964,885.20	56,888,527,182,427.20	2,454,782,458.02
2021	113,388,905,870,121.00	113,398,425,730,378.00	-9,519,860,256.98

Though as can be seen in Figure 6, the flow was found to exhibit a decreasing reaction each year that by year 2021, the cost in time savings would have shown to be higher. This suggests that the flyover in due time would cost greater expense in the macroscopic aspect. Nonetheless, the rate of flow showed minimal effect for the whole Metro Manila. Also, it was observed that a relationship between vehicle hours travelled and time savings exists, since both are directly associated to the time travel of vehicles. Thus, Figure 5.16 and 5.18 had shown the same behavior for which both displayed positive effect on year 2011 and 2015 and negative results to year 2021.

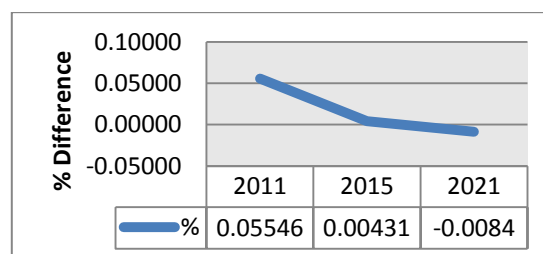


Fig. 6 Time savings percent difference in Macroscopic scale

The cost operating savings for Metro Manila for year 2011 had shown improvement when road infrastructures are installed but as years proceeded, the improvement turns into depreciation. For year 2011 there had been an increase in cost operating savings but soon the flow continues to decline that by year 2021, the result had a cost growth of 0.027%. It was also observed that a relationship also exist for vehicle distance travelled and operating cost savings, since both are affiliated with the length of the link traveled. And therefore both displayed a behavior which showed a positive

value for year 2011 and negative results for year 2015 and 2021 as can be seen in Figure 6 and 7.

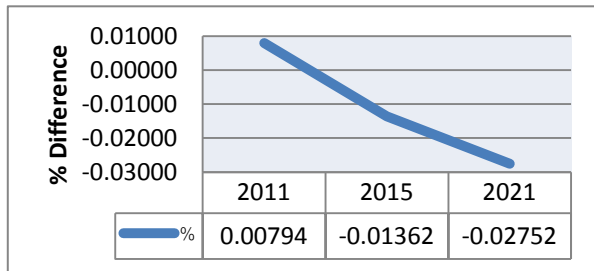


Fig. 7 Cost operating savings percent difference in macroscopic scale

4.2 Mesoscopic scale

The same procedure was done for mesoscopic scale, but mesoscopic level covers the effect of flyovers only on the entire Commonwealth Avenue.

The results of the parameter being measured had provided an idea that the presence of road infrastructure was only slightly felt in the mesoscopic scale, though the improvements had resulted to positive changes to speed, vehicle hour travel and time savings. The addition of flyover on Commonwealth Avenue caused a negative effect on vehicle distance travel, environmental impact and cost operating savings. It can be inferred that the changes were slightly higher for the mesoscopic scale than in the macroscopic scale, the percentage differences for the actual and the modified models depicts a maximum change of approximately 2%, it can be concluded that minimal effects are contributed by the installed road infrastructures on Commonwealth Avenue.

4.3 Microscopic Scale

The microscopic result assessed only the areas where the flyover would be placed. In the case of the study, only UP Diliman - Philcoa and Ragalado Avenue were evaluated.

4.3.1 Analysis of University Avenue (Diliman) – Elliptical Road flyover

The proposed flyover would hail from the University Avenue (Diliman) going to the Elliptical Road as can be seen in Fig. 8. The U-turn slot was to be removed since it would no longer serve its purpose upon the installation of the flyover.



Fig. 8 University Avenue – Diliman flyover

The installation of the flyover and the removal of the U-turn had resulted to an increased number of vehicles coming from Diliman going to the Elliptical Road as presented in Table 5. For the future design years, it could be observed that the improvements, measured in percentage differences, brought about by the flyover continuously increases. Assuming all the vehicles using the U-turn slots comes from Diliman, the increase in volume can be seen in Figure 9, where the increase amounted to as much as 14% this in turn drawn or attracted more motorists to make use of the Diliman flyover; ultimately serving its purpose to divert traffic directly towards the elliptical roads.

Table 5 Comparison of volume between design via route of U-turn and Diliman flyover

	U-Turn (Veh/Hr)	University Avenue (Diliman) flyover (Veh/Hr)	Difference (Veh/Hr)
2011	706.00	756.00	(50.00)
2015	767.00	857.33	(90.33)
2021	933.00	1,065.33	(132.33)

Figure 10 shows the change in speed of vehicles using the flyover from Diliman to Philcoa. The speed significantly increased in the area which almost reached to twice that of the former speed. Though, the speed continuously to degrade as the years progress as can be observed from Figure 11 that by year 2021 the improvement had decreased to 113%. Still, the speed in the area can be concluded highly improved. The faster speeds in the Diliman flyover can be attributed to smaller nuisances and fewer traffic interruptions along the

path, since the installed flyover directly travels to Philcoa with ease. On the other hand the use of U-turn slots causes slower speed, since vehicles need to decrease speed in maneuvering different lanes to employ the U-Turns, resulting not only to slower speeds but also to a more dangerous environment.

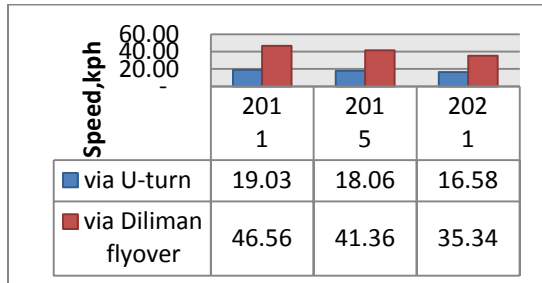


Fig. 10 Comparison of speed between design via route of U-turn and Diliman flyover

By traveling along the proposed flyover in Diliman, half of the time can be saved as opposed to the travel time of vehicles traversing the U-turn slots. This was shown in the Fig. 12 which displays the travel time between the model with and without the proposed flyover.

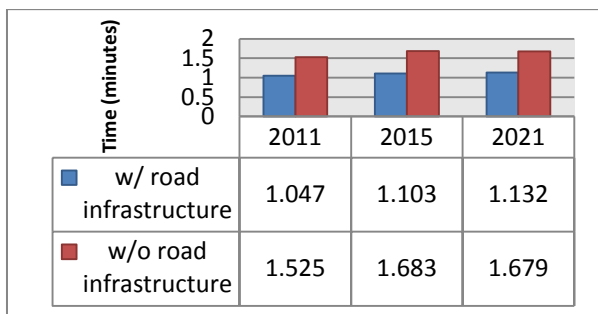


Fig. 12 Percent difference of time travel of vehicles via route of U-turn and Diliman flyover

4.3.2 Analysis on Two- way flyover in Regalado Avenue

The presence of traffic lights on the Regalado Avenue intersection and a number of establishments on the area can be said to be one of the causes of delays in the area. Public vehicles also tend to wait for passengers in the intersection, thus an installation of a two-way flyover in Regalado Avenue was included in the infrastructure improvements which would perhaps reduce the inconvenience, experienced by private vehicles, brought about by the disorderliness of the public

vehicles. The overview plan where the Regalado Flyover would be installed can be seen in Fig.13.

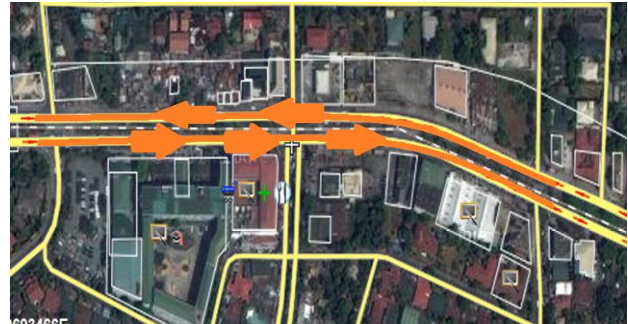


Fig. 13 Regalado flyover

On Figure 14 the network with the proposed flyover displayed faster speed than the network without flyover. This was expected to happen since an option to take the proposed flyover which would pass through and over the traffic light without delay was introduced in the new model. Because of the assumed thirty seconds waiting time on the intersection on Regalado Avenue, the time delay resulted to slower speeds for vehicles while those that opt to traverse the flyover have faster speeds by up to 50%. This is beneficial and significant because by traveling the flyover you get to traverse the same area by a substantial faster time. A 50% increase in speed could also translate to a 50% decrease in travel time. The figure shows improvements in terms of increase in speed for the new model as the year approaches 2021. The increase in speed contributed by the flyover would be greater than the base year 2011 and the design year 2015 suggesting that the proposed flyover in Regalado Avenue would be more beneficial in the future.

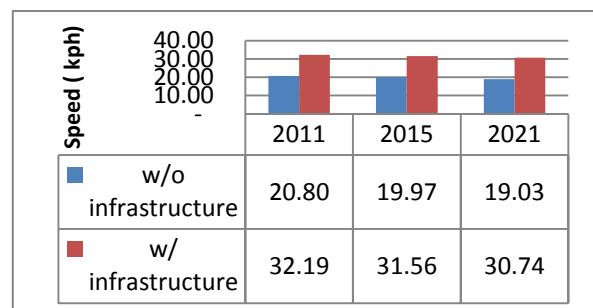


Fig. 14 Comparisons of speed in Regalado Avenue

The vehicle distance traveled along Fairview has increased on the network with infrastructure. As can be seen in Fig. 15, the slope of the line from year 2011 to 2015 is steeper than the line of the year 2015 to 2021. This only suggests that the effectiveness of the improvements, measured with respect to the base year parameters, becomes less every year gradually depreciating due to an increasing number of vehicles.

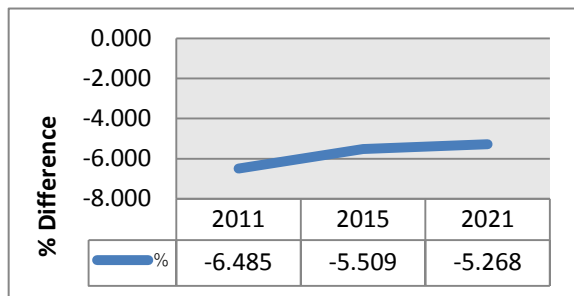


Fig. 15 Vehicle distance travel percent difference in Regalado Avenue

A decreased vehicle hour travel on Fairview area was displayed by the network with the proposed flyover. As the years progressed the difference in vehicle hours traveled increased, which was shown in Table 6. It can also be noticed that the decrease in vehicle hour travel on the network with flyover was approximately 50% of the vehicle hour travel for the original network. Hence this result is effective as it has resulted to a large amount of change in the vehicle distance hour traveled. Moreover, this can also be associated with the higher speed on the flyover, since there was less traffic interference the vehicle would travel faster. As the year reached 2021 the difference in vehicle hours traveled has depreciated. It can be the effect of the increased number of vehicle every year that might have affected the traffic flow in the area. This suggests that the proposed flyover would be more beneficial on design year 2015 than 2021 in terms of vehicle hours traveled due to the behavior it displayed.

Table 6 Comparisons of vehicle hour travel on Regalado Avenue

	w/o road infrastructure (Veh-Hr)	w/ road infrastructure (Veh-Hr)	Difference (Veh-Hr)
2011	287.55	72.81	114.74
2015	373.09	220.44	152.65
2021	507.64	297.50	210.14

The comparison of travel time for the actual and model areas of the proposed flyover in Fairview was shown on Fig. 16. The vehicle that would pass the flyover would have a faster travel time than those that travel on the main road. Almost half of the time can be saved when traveling the flyover since there was no delay felt in traversing the flyover as compared to passing the main road having time delays.

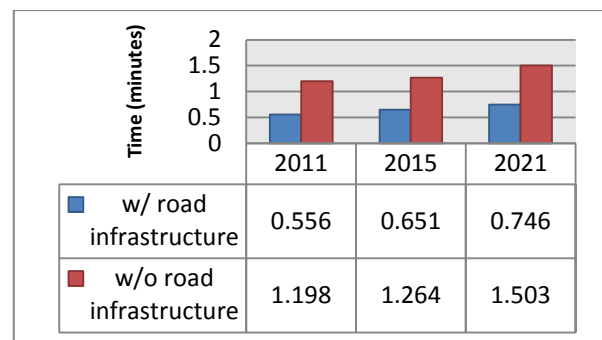


Fig. 16 Travel time on Regalado Avenue

4.3.3 Location of origin and destination of vehicles passing through Regalado Avenue

Figures 17 and 18 presents the distribution of origins and destinations on the Metro Manila network for the year 2011 with the proposed flyover. Green color marking are the volume of the people coming from the areas of origin and the red color marking are the volume of the people going to their destinations. The origin-destination marking were embedded in the zones scattered all over the network.

Figure 5.17 shows that the origins of passenger and motorists would mostly come from the upper part of the network and destination would often be located at the lower part of the network and would mostly be reached at areas of Manila, Makati and Quezon city. This was indicated by the

orange high level markings on the zone presented in the network. While majority of travelers that pass through the Regalado flyover going northbound came from Valenzuela and Bulacan.

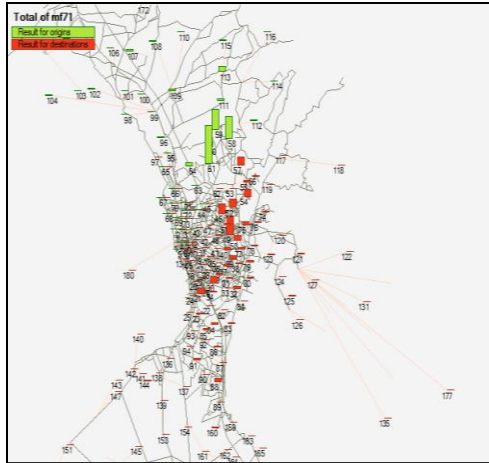


Fig. 17 Origin-Destination that passes through flyover in Regalado Avenue going northbound

On the other hand, Figure 5.41 shows a counter destination of passengers and motorists. A number of the travelers that pass the Regalado flyover going southbound usually came from the area near Quezon City, Makati and Manila. And also, mostly the destination of the motorists and passengers would be Bulacan as indicated in the high level orange marking color shown in the network.

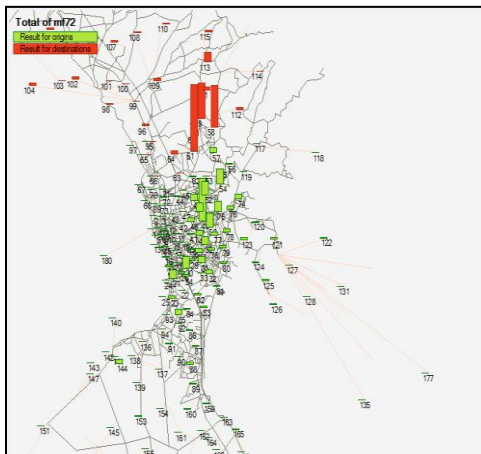


Fig 18 Origin-Destination that passes through flyover in Regalado Avenue going southbound

4.3.4 Analysis of environmental benefits on Regalado Avenue

As can be observed in Figure 5.19, the reduction rates compared to macroscopic and mesoscopic design for the analysis of emission rate had significantly been apparent. The reduced emission for NOx reached a decrease of 6.72% for year 2021, CO reached 8.53%, while CO2 stagnantly doubles CO reduction by reaching 16.91% decrease. Therefore it can be implied that the road infrastructure in the area of installation had brought positive results (See appendix F-1.)

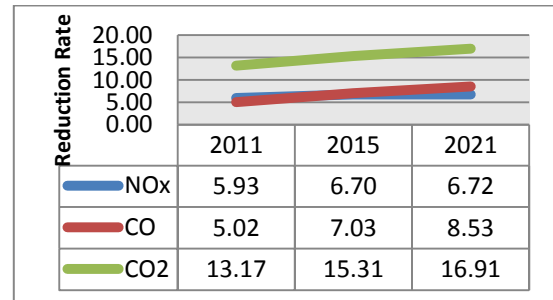


Fig. 19 Emission reduction rate in Regalado Avenue

4.3.5 Co - Benefits Analysis on Regalado Avenue

Time savings in the Regalado area had shown significant reduction; time savings expense observed in Fig. 20 was cut almost by half when road infrastructure was installed in Regalado Avenue. And still, this improvement continues to increase as year goes.

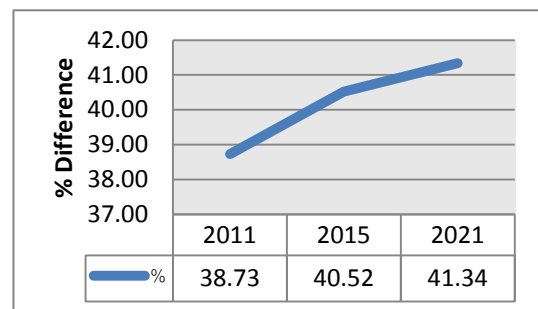


Fig. 20 Time savings percent difference on Regalado Avenue

On the other hand, the operating cost had shown negative results when road infrastructure was installed in the area, the operating cost also increased for the future years. By year 2021, the increase in the operating cost, as can be seen in Figure 21, would reach by 5.03%. Although in comparison with other impact parameters for the

flyover in the area, the negative effect of operating costs can still be relieved.

Table 7 Comparisons of cost operating savings on Regalado Avenue

	w/o road infrastructure (PHP/hr)	w/ road infrastructure (PHP/hr)	Difference (PHP/hr)
2011	740,239.43	785,252.56	-45,013.13
2015	963,127.70	1,013,486.06	-50,358.36
2021	1,425,858.25	1,498,043.21	-72,184.96

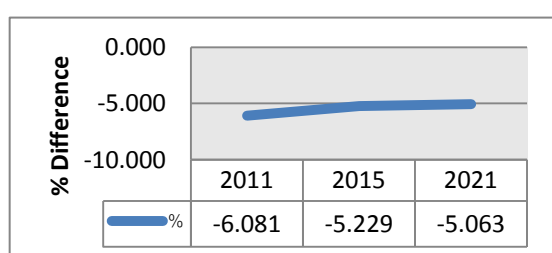


Fig. 21 Cost operating savings percent difference on Regalado Avenue

5. Conclusion

The road infrastructure improvements were observed to have negative effects for the network of Metro Manila in the future. Although all parameters, excluding speed and travel time, are considered to have positive results for a few years after the installation of the infrastructures, these positive changes eventually dissipate, that just by year 2015 the results would have had resulted to a negative impact for the macroscopic scale. Also, majority of the percent differences for the impact parameters of all the design years did not even exceed 0.1%. On the other hand, travel time for vehicles in Metro Manila had been found to save 15 minutes for the base year 2011, but it continues to decrease for the future design years. On year 2021 the saved time for vehicles will be reduced to just 2 minutes. As was stated earlier, even though speed had increased, the increase is very minimal that almost no change would be felt. Thus it could be concluded that although impact parameters had shown to be negative for the last few years, these negative results ends up being so small as to not even reach 0.1%, therefore the effect of the road infrastructure in the macroscopic scale were found to be negligible for base year to end design year.

On the other hand, the improvement brought about by the road infrastructure in the mesoscopic scale had resulted to changes in the percent differences amounting to an approximate of about 1% for all parameters not including speed and travel time. In this case, it had been shown that only travel speed, time, time savings and vehicles hours travelled were the only parameters that manifested positive effects in the area by reducing travel time for approximately 1 minute. Since all the impact parameters are directly affected by time travel of vehicles, therefore it is only expected that the vehicular flow would resemble the same. On the other hand, the rest of the parameters showed negative results but the rate or magnitude of the percent differences eventually improved as the years advance. Overall, it can be concluded that the road infrastructure when assessed on the mesoscopic design scale shows minimal effects for the entire Commonwealth Avenue.

The result in the installation of the University Avenue (Diliman) flyover and the removal of the U-turn slot in the area had resulted to a significant increase in the volume, travel time and especially the speed of vehicles. Travel speed can be improved by up to a 150% increase and can save 1/3 of the time when vehicles employ the U-turn space. On the other hand, volume also increased which only means that motorists were attracted to use the flyover rather than traverse a path towards the U-turn slot. This system also ensures the safety of motorists by not requiring them to traverse multiple lanes to reach the U-turn.

And finally the results upon the installation of the flyover in Regalado Avenue showed significant improvements for all the parameters except for VDT and cost operating savings. As much as 40% improvements in VHT and time savings are observed to be the effect of the proposed infrastructure. Emissions are reduced, having reductions amounting to approximately 6% for NOx, 9% for CO and 15% in CO2. According to Goyal et al. when a flyover is introduced in an area emission would be reduced in the areas since vehicles will less likely to standby in an area thus there will be less accumulation of emissions from vehicles; the findings of the study supported the study of Goyal. On the other hand, the increase of VDT and cost operating savings only approximates to 6%. Thus in comparison with the significant improvements of other impact parameters the positive results outweighs the negative results.

Regarding travel time, the installation of the road infrastructures would reduce the time for standby in specific areas by an approximately half the base time. Also, speed increased for the Regalado Avenue by as much as 64% because the installation of the flyover segregated private vehicles from public vehicles. Since public vehicles tend to go under the flyover to load for passengers faster speeds on the flyover would be experienced since public activity or interruptions are avoided.

Overall, it can be pronounced that the road infrastructures – flyovers for the Regalado Avenue and University Avenue (Diliman) – would show minor improvements, which are almost negligible, on the macroscopic and mesoscopic scale, but would give significant improvements on the designated areas of Philcoa and Regalado Avenue; on a microscopic scale.

6. Acknowledgements

The authors are thankful to their thesis adviser Dr. Alexis Fillone for the unceasing support and encouragement. Without his guidance and knowledge, the paper presented would not be made possible.

References

- [1] Goyal S.K., Goel S. & Tamhane S.M. (2008) Assessment of environmental benefits of flyover construction over signalized junctions: a case study, *Springer Science + Business Media B.V.*
- [2] Green, M., Senders J. (2004) Human Error in Road Accident, *Visual Expert, Canada.*
- [3] Kanellaidis, G. (2006) Human Factor In Highway Geometry Design, *Journal Of Transportation Engineering.*
- [4] Libres, G., Galves, L. & Cordero C. (2008) Analysis of Relationship between Driver Characteristic and Road Accidents along Commonwealth Avenue. UP Diliman.
- [5] Transport Co-Benefits Guidelines (2011) *Japan: Institute for Global Environmental Strategies.*

Evaluation of Impacts of Bus Priority Measures on Reliability of Bus Operation Using Micro Traffic Simulation - Case Study in Hanoi, Vietnam

Paper Identification number: SCS12-009

Tomoya NAKAMURA¹, Atsushi FUKUDA², Hideyuki ITO³, Yoshihiko HASHINO⁴, Yosui SEKI⁵

¹Major of Transportation Engineering and Socio-Technology,
Graduate School of Science and Technology, Nihon University
Tel +81-(0)47-469-5355, Fax. +81-(0)47-469-5355
E-mail: cstol1014@g.nihon-u.ac.jp

^{2,3}Department of Transportation Engineering and Socio-Technology,
College of Science and Technology, Nihon University
Tel +81-(0)47-469-5355, Fax. +81-(0)47-469-5355
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp
E-mail: ito.hideyuki@nihon-u.ac.jp

⁴PTV Support Center Japan Co., Ltd
Tel +81-(0)3-6805-1772, Fax. +81-(0)3-6805-1773
E-mail: yoshihiko.hashino@ptvjapan.com

⁵ALMEC Corporation
Tel +81-(0)3-5489-3211, Fax. +81-(0)3-5489-3210
E-mail: seki@almec.co.jp

Abstract

In Asian cities, the serious traffic congestion has caused many problems, which have an adverse influence on buses such as delays of travel time, left-behind passenger and overcrowding. However, since the bus is still a dominant transport mode in the most of Asian cities, improving the bus operation in those cities is one of urgent tasks. Therefore, the purpose of this study is to evaluate the effects by introducing countermeasures for improving the bus operation from the viewpoints of reliability focusing on Hanoi city. So, in this study, firstly, literature review was conducted for selecting the indicators to assess the reliability of bus operation in Hanoi city, and several indicators based on reliability of travel time and headway were chosen in existing papers. Secondly, Chuong Duong Bridge area where are key routes from the suburbs to inner-city was selected as a case study area because chronic traffic jam causes some troubles on bus operation around this area. Thirdly, those selected indicators were applied to nominated routes based on the data from field survey, and evaluated the reliability of headway and travel time. Finally, the micro traffic simulation model was developed by using VISSIM for estimating the impacts on reliability with comparing among with/without the countermeasures which introduced the bus exclusive lane before Chuong Duong Bridge by decreasing the number of lanes from 3 to 2 lanes as bus priority operation. As the result, the evaluation of reliability of bus operation in Hanoi could be conducted from the perspective of headway and travel time.

Keywords: Bus, Reliability, Bus Priority Measures, Micro Traffic Simulation, VISSIM

1. Introduction

Even bus transport is still dominant transport mode in the most of Asian cities, level of service of bus operation is getting worse accordance with growth of a city. Especially, when

the cities that rely primarily on non-motorized transport has been diverted to auto-dependent cities, bus operation used to be affected by serious traffic congestion and many negative impacts such as delays of travel time, left-behind passenger, overcrowding, etc. have been occurred. Such

deterioration of service level of bus operation might reduce the number of bus passengers. And this phenomenon increases another motorcycle and car users and make traffic congestion more serious. As a result, the reliability of bus operation becomes worse and again increases motorized vehicle users. To break out this negative loop, an improvement of bus operation is strongly required which might increase the reliability of bus operation. However, there are no existing researches that focus on evaluation of the impacts of improvement of bus operation in terms of reliability in Asian cities. Therefore, this study aims to evaluate impacts of the improvement measures of bus operation on its reliability.

To achieve aims of this study, we firstly selected the indicators represented reliability of bus operation based on literature reviews. Secondly, we selected countermeasures to apply nominated routes in Hanoi city. Then we developed a micro traffic simulation model to estimate impacts on reliability by comparing the estimated conditions with/without the countermeasures improving bus operation.

2. Literature Reviews

There are a lot of papers that evaluated the reliability of public transport operation from the viewpoints of passengers. For examples, Liu and Sinha¹⁾ evaluated the reliability of bus operation by employing three indicators such as travel time reliability proposed by Polus²⁾ and Sterman and Schofer³⁾, bus headway reliability proposed by Browman and Turnquist⁴⁾ and passenger waiting time reliability that was utilized by TfL (Transport for London)⁵⁾ and they examined the reliability of bus operation by calculating above indicators for the results of a micro traffic simulation in the case of York city, UK. They concluded that there is a strong relationship between passenger waiting time at bus stop and bus headway, and the increasing passenger demand make decrease the reliability of bus operation. Sorrentini⁶⁾ also evaluated the reliability of bus operation at York city under 14 different scenarios reflected the change of passenger demand, overcrowding level, embarking and disembarking time using same indicators with Liu and Sinha¹⁾ and regularity indicator of bus service by van Oort and van Nes⁷⁾ and recovery time.

Regarding the existing researches that focused on bus operation in Hanoi, for example,

Anh et al.⁸⁾ evaluated by using “performance indicator” after carrying out questionnaire survey and field survey for collecting the data concerning bus headway, passengers and characteristics of passengers on each line. This study evaluated the bus operation in Hanoi from the perspective of management in particular

Thus, there are few researches that evaluated the reliability of bus operation improvement measures in Hanoi.

3. Overview of Traffic Situation in Hanoi

3.1 Current Situation and Plan of Public Transport

Since the tram was abolished in the late 1980s, the number of bus passengers also was decreased. However, the bus services have never improved during the 1990s. In 2002, the “Model Bus” policy that introduced new bus routes, new vehicle fleet, and new bus shelters have been started. As the result, the share of bus has become about 5.6% in 2005 and 9.4% in 2012.

Currently, there are 60 buses operated routes in Hanoi city. The main transportation modes are motorcycles, passenger cars, buses and taxi, it is predicted that the number of passenger cars will increase due to economic development⁹⁾. The modal share of motorcycle is around 80%, but the share of bus is around 10% only. In addition, the road ratio is also very low (around 1.9% only) comparing with other cities in Asian countries.

Although five urban railways have been planned by and Bus Rapid Transit (BRT) have been planned by The World Bank, it is necessary to promote increasing the bus passengers due to taking long time for open. According to the result^{8) 9)} from questionnaire surveys to citizens, it cannot be said bus service level is high in Hanoi.

3.2 Overview of JICA Project for Improving Bus Operation

The Project for Improving Public Transportation Hanoi (TRAHUD II) is one of ongoing projects by Hanoi Department of Transportation under technical cooperation by Japan International Cooperation Agency (JICA). This project team examines feasibility of bus operation improvement measures with Hanoi Department of Transportation. One of candidate route is planed around along Ngo Gia Tu - Chuong Duong Bridge. Since this bridge is spanned the Song-Hong River, and key routes from the suburbs

to inner-city, the chronic traffic jam occurs around the bridge from the suburbs to inner-city during morning peak time, as the result, it causes the some troubles on bus operation. Therefore, changing the one of lanes in front of its bridge to bus priority lane have been planned as one of countermeasures.

The other location for pilot project will be National Highway No.1 crossing South-North in Hanoi city. The lanes separate based on the type of vehicle, but the intricate situation among buses and motorcycles cause not only adverse impacts on bus operation but also dangerous situation. The various bus priority measures are still being considerate.

Therefore, this study focused on Chuong Duong Bridge as a case study route (Fig.1). The image of current situation around Chuong Duong Bridge is shown Fig.2. In this route, 11 major bus routes are operated, and Bus transport volume on this Bridge is approximately 2,400 (veh./day).



Fig. 1 Target Route in This Study

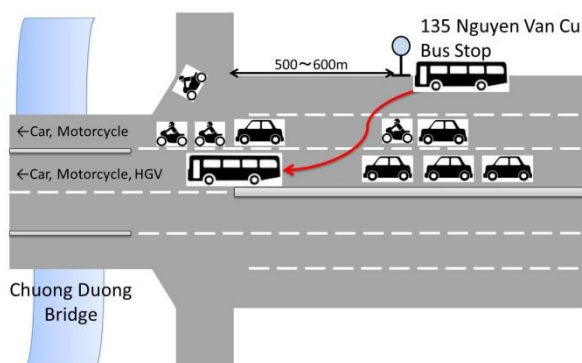


Fig. 2 Image of Traffic Situation along Chuong Duong Bridge (East Side)

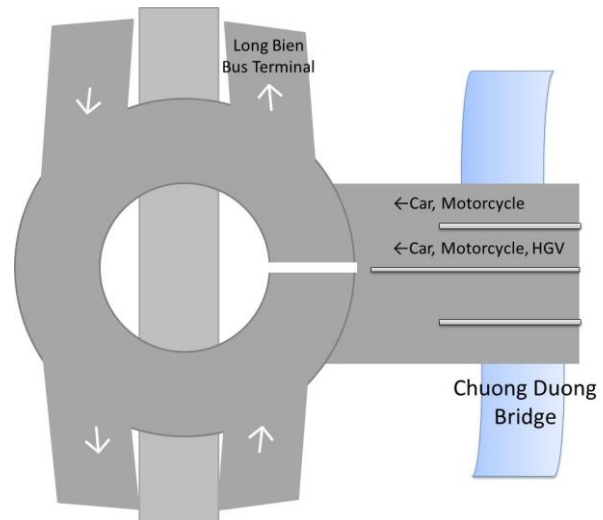


Fig. 3 Image of Traffic Situation along Chuong Duong Bridge (West Side)

4. Methodology

4.1 Flow of Analysis

Basic approach in this study is shown in Figure-4. Firstly, the current traffic situation was represented around the Chuong Duong Bridge using micro traffic simulation (VISSIM) after collecting data through field survey, and applied the existing indicators for assessing the reliability from the viewpoints of headway and travel time. Secondly, the simulation that introduced bus priority lane was represented and compared with those evaluations results.

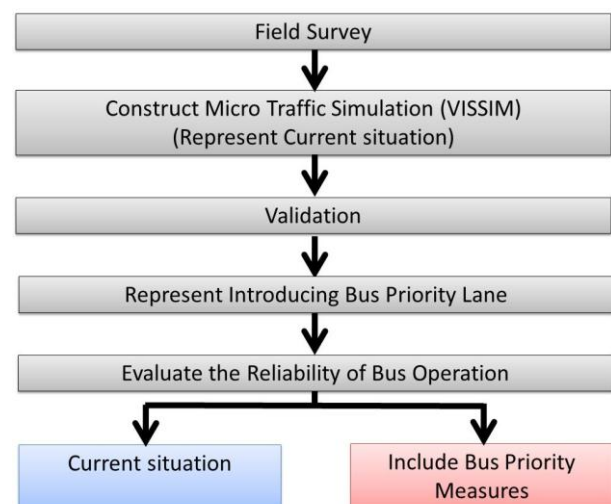


Fig. 4 Basic Approach in this Study

4.2 Outline of Field Survey

The field survey was conducted with 6 students of University of Transport and Communications, Hanoi to investigate the current traffic situation and to collect the data for evaluating the reliability around the Chuong Duong Bridge from 6:00a.m. to 9:00a.m. including morning peak time from 15th July to 22th, 2012. The summary of field survey is shown below.

- Day : 15th July - 22th, 2012.
- Time : Morning peak time at weekday (6:00a.m. - 9:00a.m.)
- Target Route : Along the Chuong Duong Bridge, Hanoi
- Investigator: 6 Students of University of Transport and Communications
- Survey Items
 - a) Travel time survey (3 kinds of vehicle... Bus, Passenger car (Taxi), Motorcycle)
 - b) Bus headway time survey at bus stop
 - c) Passenger count survey at bus stop
 - d) Bus stoppage time survey at bus stop
 - e) Video survey

4.3 Indicators for Evaluating Reliability

For evaluating the reliability of bus operation around the Chuong Duong Bridge, the indicators proposed by Polus²⁾ and Browman and Turnquist⁴⁾ for assessing reliability based on travel time and headway was applied in this study.

Regarding the evaluation of headway, there are 2 main evaluation methods. One is the calculated by standard deviation of headway, and the other one is evaluated by the time gap between bus timetable and arrival time such as Browman et al.³⁾. Since there is no bus timetable in Hanoi, the indicators proposed by Browman and Turnquist⁴⁾ were applied in this study. The equation of indicator of headway reliability is shown below. It is possible to show the variability of headway by dividing standard deviation of headway by fixed average headway.

Reliability of Travel Time;

$$RT_i = \frac{\mu_{ti}}{\sigma_{ti}} \quad \text{for} \quad t_i \in \{t_{inms}\} \quad (1)$$

μ_{ti} : Standard Deviation of Travel Time
 σ_{ti} : Average of Travel Time

Reliability of Headway;

$$RH_i = \frac{\sigma_{hi}}{\mu_{hi}} \quad \text{for} \quad h \in \{t_{inms}\} \quad (2)$$

σ_{hi} : Average of Headway
 μ_{hi} : Standard Deviation of Headway

5. Results

Applying equation (2), the reliability of headway were calculated by the route and by the date conducted survey as shown in Table-1 to Table-4. For several routes, the reliability could not calculate because bus could not come to the bus stop during observation period.

The result shows average headways of buses were close to schedule headways at almost all bus routes. However, reliability of headway for several routes is not high.

Table 1 Result of Headway Reliability

19th July : Chuong Duong Bridge → Suburb

Bus Route Number	Headway (min)	Average Headway	Standard Deviation	Indicator of Headway Reliability
3	10 - 15	-	-	-
10	10 - 20	08:55	03:08	0.35
11	10 - 15 - 20	-	-	-
15	10 - 15	10:45	04:29	0.42
17	10 - 15	10:02	02:15	0.22
22	5 - 10	05:44	04:18	0.75
34	10 - 15	12:23	04:11	0.34
40	10 - 15 - 20 - 30	09:17	05:13	0.56
42	10 - 15	-	-	-
43	15 - 20	-	-	-
54	15 - 20	12:18	05:17	0.43

Table 2 Result of Headway Reliability

19th July : Suburb → Chuong Duong Bridge

Bus Route Number	Headway (min)	Average Headway	Standard Deviation	Indicator of Headway Reliability
3	10 - 15	09:52	01:52	0.19
10	10 - 20	13:00	38:00	0.61
11	10 - 15 - 20	10:45	04:36	0.43
15	10 - 15	10:15	07:16	0.71
17	10 - 15	11:42	03:54	0.33
22	5 - 10	05:45	01:54	0.33
34	10 - 15	10:16	01:47	0.17
40	10 - 15 - 20 - 30	08:24	05:09	0.61
42	10 - 15	13:01	06:05	0.47
43	15 - 20	16:24	04:01	0.24
54	15 - 20	13:29	06:06	0.45

Table 3 Result of Headway Reliability

20th July : Chuong Duong Bridge → Suburb

Bus Route Number	Headway (min)	Average Headway	Standard Deviation	Indicator of Headway Reliability
3	10 - 15	11:01	05:08	0.47
10	10 - 20	08:29	04:01	0.47
11	10 - 15 - 20	-	-	-
15	10 - 15	11:35	04:35	0.40
17	10 - 15	10:13	03:38	0.36
22	5 - 10	06:34	05:03	0.77
34	10 - 15	11:52	04:23	0.37
40	10 - 15 - 20 - 30	10:33	03:06	0.29
42	10 - 15	32:17	25:59	0.80
43	15 - 20	14:26	35:02	2.43
54	15 - 20	12:39	03:40	0.29

Table 4 Result of Headway Reliability

20th July : Suburb → Chuong Duong Bridge

Bus Route Number	Headway (min)	Average Headway	Standard Deviation	Indicator of Headway Reliability
3	10 - 15	10:23	02:38	0.25
10	10 - 20	09:03	06:57	0.77
11	10 - 15 - 20	10:35	05:29	0.52
15	10 - 15	10:52	08:12	0.75
17	10 - 15	13:21	07:21	0.55
22	5 - 10	06:20	02:45	0.43
34	10 - 15	11:46	04:55	0.42
40	10 - 15 - 20 - 30	11:01	05:16	0.48
42	10 - 15	13:25	05:21	0.40
43	15 - 20	19:10	11:14	0.59
54	15 - 20	13:05	06:15	0.48

6. Conclusion

In this study, the reliability of existing bus operation was evaluated using reliability indicators through a field survey. As the result, it was found that there was variability on headway at some bus routes. As one of reasons for that, it is considered that traffic congestion used to make bus bunching before the 135 Nguyen Van Cu bus stop and this affect to variability of headway. Thus, there is high possibility that the headway at next bus stop might be influenced its variability by traffic congestion occurred before Chuong Duong Bridge.

At present, it is under evaluation of travel time reliability on existing bus operation and representing the simulation model based on the data from field survey. For further study, the headway and travel introduced the improvement measures of bus operation will be evaluated and compared by using existing 2 indicators for assessing reliability.

Acknowledgment

This study is granted by the Japan Ministry of Environment "Global Environment Research Fund (S-6)".

References

- [1] Ronghui Liu, Shalini Sinha (2007) Modeling Urban Bus Service and Passenger Reliability, *The 3rd International Symposium on Transportation Network Reliability*
- [2] Polus, A. (1978) Modeling and measurements of bus service reliability, *Transportation Research*, Vol.12, Issue 4, pp.253-256
- [3] Sterman, B.P. and Schofer, J.L. (1976) Factors affecting reliability of Urban bus Services, *Transport Engineering Journal*, pp.147-159
- [4] Bowman, L.A., Turnquist, M. (1981) Service frequency, schedule reliability and passenger wait times at transit stops, *Transportation Research A*, 15A, pp.465-471
- [5] Website of Transport for London;
<http://www.tfl.gov.uk/tfl/businessandpartners/buses/boroughreports/>
- [6] Jose AP Sarrantini, Ronghui Liu, Shalini Sinha (2008) Assessing Bus Transport Reliability Using Micro-Simulation, *Transportation Planning and Technology*, Vol. 31, pp. 303-324
- [7] van Oort, N. and van Nes, R. (2004) Service regularity analysis for urban transit network design, *Transportation Reserch B*, 14B, pp.79-86
- [8] Trinh Tu Anh, Yordphil Tanaboriboon, Bui Quang Hung (2005) Analyzing of Bus Service in Hanoi, Vietnam, *Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.5
- [9] Japan International Cooperation Agency, Hanoi People's Community (2007) Final Report of The Comprehensive Urban Development Program in Hanoi Capital City of the Socialist Republic of Vietnam (HAIDEP)

Estimation of Impact of Improvement of Traffic Signal Control on Traffic Congestion Reduction in Bangkok

Paper Identification number: SCS12-010

Watana NGOENCHUKLIN¹, Atsushi FUKUDA², Hideyuki ITO³

¹Graduate School of Science and Technology
Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax +81-47-469-5355
E-mail: cswal1007@g.nihon-u.ac.jp
guitarizer@hotmail.com

²College of Science and Technology
Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax +81-47-469-5355
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

³College of Science and Technology
Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax +81-47-469-5355
E-mail: ito.hideyuki@nihon-u.ac.jp

Abstract

In Thailand, many intersections have suffered from traffic congestion because of an inefficient traffic management. At worst, some cars can be stuck at one intersection for hours. Eventhough some traffic signals in Bangkok are already changed to adaptive signals, there are still many places that uses the old fixed-time signals with 4 green phases system. In addition, comparing with foreign countries, it was inefficient signal control system because it has a lot of delay and made more queue to other than green direction. Moreover, in rush hours, many policemen still control the signals to make the traffic smoother. They often make some mistakes by using too long or short green time, as a result, the delay and queuing traffic in those areas is caused. This research aims to find methods that have an optimized cycle length and to adapt signal phases control introduced in other countries' (i.e. Japan or England) to Bangkok. These may help decreasing the delay, queue length and travel time by reducing the signal phases at each intersection. We could analyze the traffic situation and compare the result from many methods by gathering the traffic data around those areas and reproducing the situation by using the micro simulation software (VISSIM).

Keywords: Traffic Signal, Simulation, VISSIM, Phase pattern, Traffic jam, Bangkok, Signal control systems

1. Introduction

1.1. General

there are lots of traffic ,In Bangkok which are caused by the traffic demand ,problems Japan) ICAJ ,1990 Since .and traffic control system in cooperation (International Cooperation Agency (Bangkok Metropolitan Administration) with BMA In .has started the plan to solve traffic problems Split Cycle Offset Optimization)SCOOT ,1994 ,However .system has been installed (Technique

rejected by was the system ,any factors due to m police officers and changed to controlling signals .by themselves

After the control of in rush hours changes and use ,back to a manual control by police officers count down)down -the fixed time with count peak -in off (system uses only in some intersections many intersections in Bangkok use one ,hours This caused more .one direction phase of green for .traffic congestion in Bangkok

transportation t various ,Even though still be the automobilea ,s has been developededom common transportation method for people in the suitable signal control ,Therefore .Bangkok reduce the traffic to n important rolesystems have a .congestion in Bangkok

1.2. Objectives

Objectives of this research are;

1. to reduce traffic congestion at intersection in Bangkok,
2. to improve traffic signal control in Bangkok.

Traffic signal in Bangkok .1.3

JICA team has been surveyed traffic control in Bangkok since 1990. Although traffic flow problems are occurred in many areas, the traffic parameters of the control system are not updated completely, and only renewed a few times. JICA team also pointed out that the controlling signals by policemen caused many mistakes.

The phase pattern of intersection in Bangkok is used one Direction per one phase, as shown in Fig. 1.

Φ 1	
Φ 2	
Φ 3	
Φ 4	

Fig. 1 Phase pattern in Bangkok

2. Literature Review

Several researchers have studied how to solve the traffic problems at intersections in Thailand.

Though the detectors were usually used in modern signal control, the real-time signal with the detectors was developed. The detector was proved to be helping in handling the traffic output from

intersection to increase by 45% (Chayanon et al.). Also with the new traffic systems, which installed in Phuket in 2004 by Sumitomo Electric Industries, also used many types of detectors. The new system is a real-time system that adapted from the Japanese system. The effectiveness of its system is proven by many drivers, who said they prefer the system than police officers controlling (Sakakibara et al, 2005). Regarding the research on real-time traffic signal, it depends on the situation and factors that the effect of the system that will be positive or negative. (From SCOOT system plan) (Sarawut et al. 2005). Thus, the real-time traffic control method should adapted to improve service abilities (Grattigrai 2007).

In terms of the spillover at intersections as the point, the analysis of signal split design method aims to minimize the spillover that has been developed but still cannot be used with computers (Polthep 2010). The detectors can be used to response this method by keeping the release volume not to exceed the capacity or next intersection (Chayanon et al.).

The countdown system using in Bangkok can reduce the start-up loss time and disobedience of traffic signals. (Pakasit et al.). The concept of countdown system can be used with the hybrid control method (fixed-time control together with real-time up to situation and time).

Through the literature review, it was found that improvements or changes of signal control system can reduce the traffic congestion. But, the system must be adapted to the situation or it can also make the situation worsen. With Bangkok situation that release car by one direction per one phase, the system should be considered along with phase pattern control. Otherwise the situation might be unchanged. Therefore, we should consider the phase pattern control along with signal control improvement.

3. Methodology

In order to achieve the objectives, the study process has been prepared as in Fig. 2

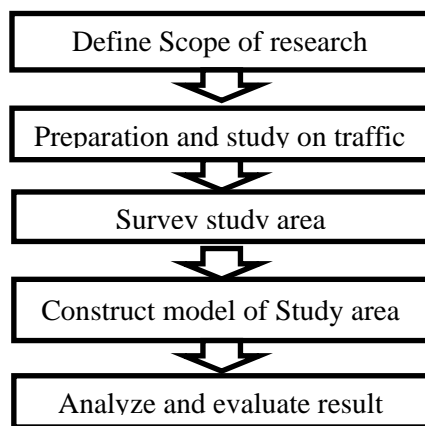


Fig. 2 Methodology flow

The scopes on selected study area are;

1. area should be crowded at peak-hours
2. area must be in Bangkok downtown area
3. intersections in that area should be suffered from the effect of police officers' control.

3.1 Study Area

The selected study area is parts of the inner ring roads of Bangkok. Those are famous roads which always are crowded even in off-peak hours as shown in Fig.3.

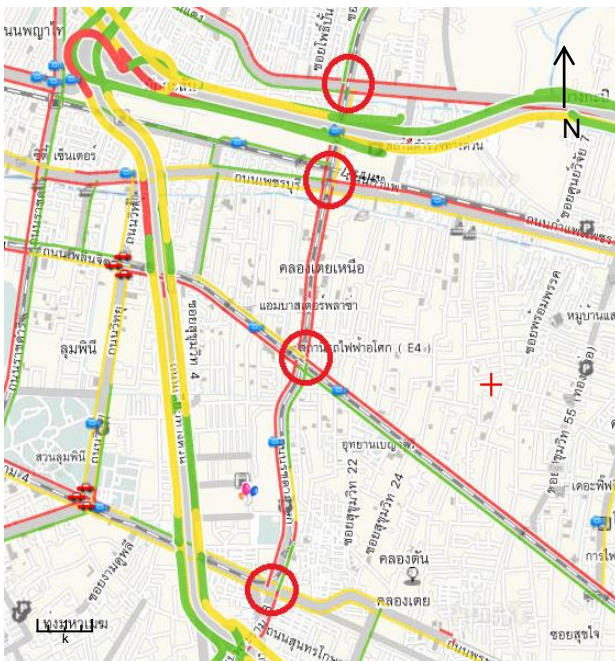


Fig. 3 Study area
(intersections marked with red circles)

4 intersections from south to north included

1. Phraram4 intersection
2. Asok intersection,
3. Petchaburi intersection
4. Phraram 9 intersection

At Asok intersection, it is impossible to expand the road because there is the MRT.(Mass rapid transit) line. In addition, there is BTS (Bangkok Transport System) to east and west. Both of them also have station at Asok.

3.3 Data collection

Data which is needed to use for analyzing in this research are;

1. Incoming traffic volume: by counting and video recording from upstream of every study intersections
2. Intersection traffic volumes: by counting and video recording. Find the average between 10 cycles.
3. Cycle length and split time: by counting and video recording. Find the average between 10 cycles.

Data was collected during various time periods and under various traffic conditions,

1. In peak-hours at morning (7.00-8.00 am.)
2. In peak-hours at evening (6.00-7.00 pm.)
3. off-peak periods (10.00-11.00 am. And 2.00-3.00 pm.)

Data collection was conducted in weekdays, the phase pattern was recorded along with Cycle length.

3.4 Analysis method

In this research, we analyzed by using micro simulation software (VISSIM), which can use specific programming language to program the signals.

The Analysis flow is shown below.

1. Using VISSIM to create simulation of the study area.
2. Program the various signal control methods by using Vehicle Actuated Programming (VAP), which is a programming language to use to control signals in VISSIM.
3. Test various signal control methods in simulation, both one phase one direction and one phase two directions each.
4. Evaluate and compare the result

Results was used for comparison and evaluated;

1. Average delay (vehicle/second)
2. Total travel time (second)
3. Average speed
4. Throughput of intersections
5. Average stop time

4. Test simulation

In 2011, the traffic situation slightly changed in Bangkok, but also suffered from the same problem. We used data from Khonkaen city to conduct test simulation for this research. The survey has been conducted in August 2011.

The study area in this case, we selected the intersection near Central Plaza Khonkaen as our study area. The characteristic is similar to Asok intersection, with department store and special lane for turn-left through the area as shown in Fig. 4.

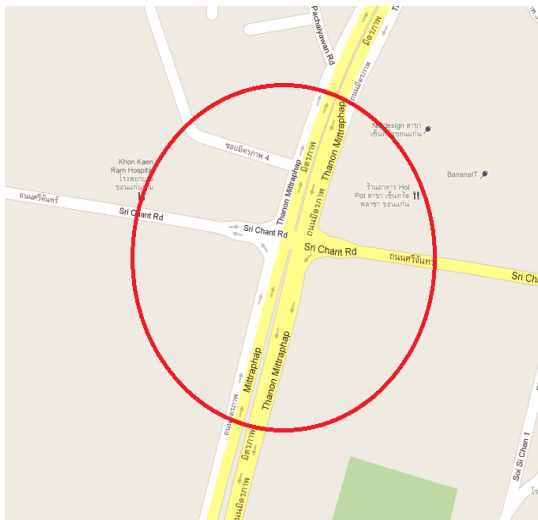


Fig. 4 Study area in Khonkaen

We used the same data collection method, but in this case, as for test we only used one intersection for simulation. The traffic data from survey is shown in Table.1 and cycle and phase pattern as shown in Fig. 5.

Table.1 Central Plaza Khonkaen intersection data in one hour

Traffic data at Central Plaza Khonkaen intersection (veh/hr)					
North to south		2324	East to west		1044
Left	Straight	Right	Left	Straight	Right
676	1404	244	196	320	528
South to north		2174	West to east		748
Left	Straight	Right	Left	Straight	Right
336	1204	634	80	452	216

Phase	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4
Direction				
Green	30	30	55	40
Amber	3	3	3	3
Red	4	4	4	4

Fig 5 Cycle and Phase pattern

Total cycle length is 183 seconds By the data above, we have conducted simulation in VISSIM, and changed phase pattern into two directions per phase (Japanese methods) as in Fig. 6 .

Φ1		
Φ2		
Φ3		
Φ4		

Fig. 6 Japanese phase pattern

5. Results and issues

After conducting simulation with data from test study area, the result was shown in table 4. From table 4, we could see it changed to Japanese phase pattern with optimize fixed time, delays and stop delay decreased.

Table 4 Comparing Average delay and Stop Delay

Method	Traditional Thai	Japanese (Fixed time)
Average Delay time (s/veh)	60.18	52.1
Effect(%)	None	13.42
Average Stop Delay (s/veh)	47.41	38.64
Effect(%)	None	18.49

The results comparing average queue length from each method are shown in Table 5 and 6 respectively.

Table 5 Queue length of Traditional method

Queue Length	U-turn and Right	Straight
Northbound	93.78	85.76
Southbound	95.18	113.9
Eastbound	86.22	86.22
Westbound	96.04	96.04

Table 6 Queue length of Japanese (fixed time)

Queue Length	U-turn and Right	Straight
Northbound	50.52	63.64
Southbound	44.62	104.6

Eastbound	40.78	40.78
Westbound	44.52	44.52

As the results, we could conclude that the traffic flow got better after we changed phase pattern. But, in this test simulation, we only used one intersection as the case study. If we changed the phase pattern and signal control method in corridor or network intersections, it might be a problem to the network.

6. Conclusion

By improve the traffic control with considering about phase pattern, and system, the traffic situation in Bangkok should be able to improve. Moreover, by studying foreign countries systems, it should be able to apply and adapt to make the system to work efficiently.

The main study area's survey will be conducted on August 2012. After collecting data, simulation will be made in September and plan to finish and evaluating results in October-November.

References

- [1] นาย พลเทพ เลิศวรวิชัย “รายงานฉบับที่ วพ. 283 สำนักวิจัยและพัฒนาทาง การออกแบบสัญญาณไฟจราจรบนทางหลวง” 2010
- [2] ชญานนท์ มินแสน A STUDY OF EFFECTS COUNT-DOWN SIGNAL TYPE SIGNALIZED INTERSECTION
- [3] Pakasit Jirasak, A STUDY OF EFFECTS COUNT-DOWN SIGNAL TYPE SIGNALIZED INTERSECTION
- [4] Hajime SAKAKIBARA, Masanori AOKI and Hiroshi MATSUMOTO. (2005) Advanced Traffic Signal Control System Installed in Phuket City, Kingdom of Thailand.
- [5] Sarawut JANSUWAN and Sorawit NARUPITI. (2005) ASSESSMENT OF AREA TRAFFIC CONTROL SYSTEM IN BANGKOK BY THE MICROSCOPIC SIMULATION MODEL *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.5, pp.1367-1378.
- [6] Grattigrai Karalak (2006) REAL-TIME TRAFFIC SIGNAL CONTROL FOR MAXIMIZING NETWORK THROUGHPUT.

ศูนย์ควบคุมการปล่อยรถโดยสารอัจฉริยะ (Intelligence Bus Controlling Center)

หมายเลขบทความ: SCS12_011

อโนชา โภคารัตนกุล¹

Anocha Bhocarrattanahkul

¹ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

โทรศัพท์: 02-9132500

E-mail: anocha_po@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันกรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางของการขนส่งทั้งทางบกและทางอากาศ แต่ปัญหาที่พบได้ชัดเจน คือ การจราจรติดขัดในช่วงเวลาได้แก่เวลาช่วงเช้า และเวลาช่วงเย็น รถโดยสารประจำทางจึงไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้โดยสาร และในบางช่วงเวลารถโดยสารก็มีมากเกินไปทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและงบประมาณ ดังนั้นจึงมีแนวคิดสร้างแบบจำลองศูนย์ควบคุมการปล่อยรถโดยสารอัจฉริยะ ตามจำนวนของผู้โดยสารทั้งหมดในแต่ละสถานี โดยใช้ระบบ PLC SCADA การส่งข้อมูลด้วยระบบ Wireless โดย PLC เป็นระบบที่ช่วยประมวลผลจำนวนผู้โดยสารว่าควรปล่อยรถทั้งหมดกี่คันแล้วส่งข้อมูลไปยังระบบ SCADA ซึ่งจะทำหน้าที่แสดงผลบนหน้าจอของศูนย์ควบคุมการปล่อยรถโดยสารอัจฉริยะ โดยผ่านใช้ระบบ Wireless แต่สำหรับในแบบจำลองจะใช้ RFID ส่งข้อมูล

คำสำคัญ: พีแอลซี , สกาดาร์ , อัจฉริยะ , การควบคุมรถโดยสาร , ระบบไร้สาย

Abstract

. In Bangkok as a hub of transportation on land and by air. But I found that the traffic congestion at certain times, including morning and evening. Bus ridership is not sufficient. And in the buses, they are wasting too much energy and money. Therefore, the modeling intelligent control of the bus. The number of passengers in each station using PLC SCADA data with Wireless by a PLC system to process the number of passengers that will leave your car, how many vehicles and then send the data to the SCADA system, which serves to display. on the screen of the control center through the use of intelligent transport systems for Wireless RFID data model is used.

Keywords: PLC , SCADA , Intelligence , Bus station controlling , Wireless system

1. คำนำ

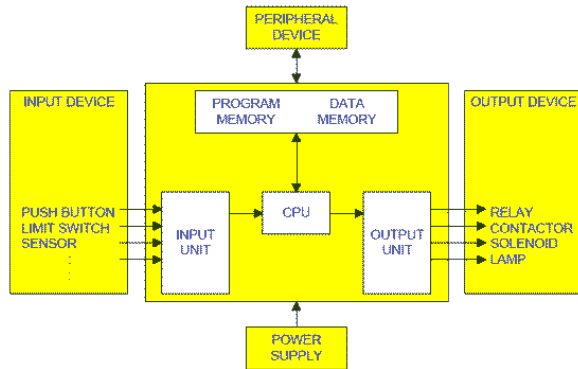
PLC (Programmable Logic Controller) เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ Programmable Logic Controller (PLC) มีต้นกำเนิดจากประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถจะโปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากจะได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

ข้อแตกต่างระหว่าง PLC กับ COMPUTER

1. PLC ถูกออกแบบ และสร้างขึ้นเพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ
2. การโปรแกรมและการใช้งาน PLC ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป PLC มีระบบการตรวจสอบตัวเองตั้งแต่ช่วงติดตั้งจนถึงช่วงการใช้งานทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย
3. PLCถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการตัดสินใจสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้การใช้งานสะดวกขณะที่วิธีใช้คอมพิวเตอร์ยุ่งยากและซับซ้อนขึ้น

โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC

ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างภายในของ PLC

ตัวประมวลผล(CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวก รีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีควเอนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต

หน่วยความจำ(Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล(Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันไปแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM

RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระบบทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม

เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)

หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไปหน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

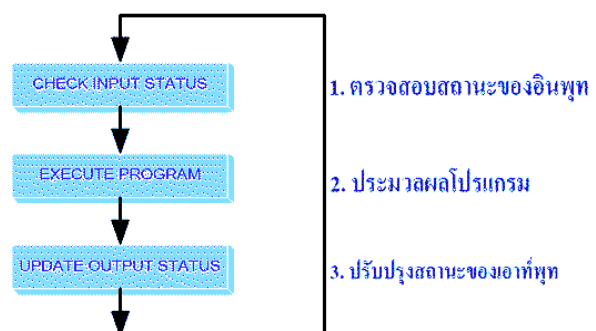
แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต/ เอาต์พุต

อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

- PROGRAMMING CONSOLE
- EPROM WRITER
- PRINTER
- GRAPHIC PROGRAMMING
- CRT MONITOR
- HANDHELD
- etc

การทำงานของ PLC



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของ PLC

2. SCADA

SCADA นั้นย่อมาจากคำว่า Supervisory Control And Data Acquisition เป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real-time ใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนถึงควบคุมการทำงานของระบบควบคุมในอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่าง ๆ เช่น งานด้านโทรคมนาคมสื่อสาร การประปา การบำบัดน้ำเสีย การจัดการด้านพลังงาน อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันและก๊าซ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ การขนส่ง กระบวนการนิวเคลียร์ในโรงไฟฟ้า เป็นต้น ตัวอย่างการใช้งานเช่น ใช้ SCADA ตรวจสอบข้อมูลเช่น การรั่วไหลของของเหลวที่เกิดขึ้นในท่อขนส่งจากตัวตรวจจับแล้วส่งสัญญาณแจ้งเตือนให้พนักงานทราบ โดยส่งข้อมูลสู่ส่วนกลางของระบบ SCADA เป็นต้น นอกจากนี้ SCADA อาจทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น PLC, Controller, DCS, RTU แล้วแสดงผลทางหน้าจอ หรือส่งสัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว เช่น หากอุณหภูมิของอุปกรณ์สูงเกินพิกัด ให้ทำการปิดอุปกรณ์นั้น เป็นต้น โดยส่งงานผ่าน PLC หรือ Controller ที่ติดต่ออยู่ ทั้งนี้ SCADA สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากระบบควบคุมทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูลเพื่อให้พนักงานหรือโปรแกรมอื่น ๆ สามารถนำไปใช้งานได้ SCADA นั้นเข้าไปมีส่วนในงานควบคุมทั้งเล็กและใหญ่ที่ต้องการแสดงผล แลกเปลี่ยนข้อมูล หรือควบคุมระบบต่าง ๆ จากส่วนกลางเพื่อการทำงานของระบบรวมทั้งสัมพันธ์กัน มองเห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจน และมีความรวดเร็วต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ระบบ SCADA ในปัจจุบันมีความสามารถในการสื่อสาร ควบคุม และประมวลผลข้อมูลจาก I/O ของอุปกรณ์เช่น PLC, DCS, RTU ได้ถึงระดับที่เกินหนึ่งแสน I/O แล้ว และได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถรองรับความต้องการใหม่ๆ ของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่องตลอดมา SCADA เริ่มใช้งานในคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ระบบปฏิบัติการ DOS, VMS และ UNIX จนมาถึงระบบปฏิบัติการ Windows NT, XP, Server 2003 และ LINUX

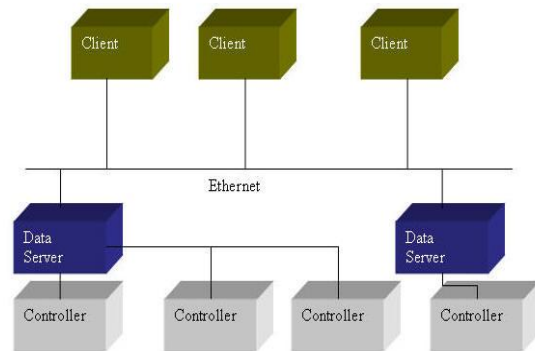
ในที่นี้จะแสดงลักษณะสำคัญของ SCADA ตามโครงสร้าง (Architecture) หน้าที่การทำงาน (Functionality) และการพัฒนาโปรแกรม (Application Development) เพื่อให้คุณผู้อ่านได้เข้าใจส่วนสำคัญของ SCADA ได้อย่างละเอียด

โครงสร้างของ SCADA (Architecture)

โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware Architecture)

SCADA แบ่งตามโครงสร้างฮาร์ดแวร์ได้สองระดับคือ Client และ Data Server หรือเรียกสั้น ๆ ว่า Server โดยที่ Client คือคอมพิวเตอร์ที่รับและส่งข้อมูลไปยัง Data Server โดยฝั่ง Client นี้จะแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมเช่น แสดงเป็นกราฟิก กราฟแบบต่อเนื่อง หรือระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือต้องการแจ้งเตือน เป็นต้น

ฝั่ง Client สามารถส่งงานควบคุมไปยัง Data Server เพื่อส่งสัญญาณไปยัง PLC, DCS หรือ Controller อีกทอดหนึ่ง ส่วน Data Server จะทำหน้าที่ติดต่อกับ PLC, DCS, Controller หรือ RTU ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณและส่งสัญญาณไปยัง Client และรับการร้องขอจาก Client เพื่อควบคุมอุปกรณ์ PLC และ Controller ต่าง ๆ Client และ Data Server ส่วนใหญ่ติดต่อกันผ่านระบบเครือข่าย Ethernet ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างแบบฮาร์ดแวร์ของระบบ SCADA

จากรูปที่ 3 นั้น Controller จะติดต่อกับอุปกรณ์ Field Instrument ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์ รีเลย์ เป็นต้น เพื่อนำสัญญาณมาให้กับ Data Server

3. รูปแบบการทำงานเบื้องต้น

ผู้ออกแบบจะแสดงแบบจำลองป้ายรถโดยสาร 4 สถานี รถ 3 คัน และ 1 สถานีควบคุม ตรงบริเวณป้ายรถโดยสารในแบบจำลองจะมีปุ่มกดเลือกสถานี 3 ปุ่ม และมีไฟแสดงตำแหน่งของรถโดยสาร เมื่อผู้โดยสารกดเลือกสถานีแล้วข้อมูลแสดงจำนวนคนจะถูกส่งไปแสดงบนหน้าจอสถานี ในที่นี้ผู้ออกแบบเลือกใช้คำสั่ง Genie แสดงสถานะจำนวนคนแต่ละสถานี และเลือกใช้คำสั่ง Bitmap ในการสร้างเส้นทางการเดินรถ การปล่อยรถแต่ละครั้งจะมีช่วงเวลาที่เหมาะสมไว้เพื่อรอผู้โดยสารแต่ละสถานี จากนั้นก็จะปล่อยรถตามจำนวนคนอย่างเหมาะสมดังนี้

1-5 คน คันที่ 1 5-10 คน คันที่ 2 11-15 คน คันที่ 3

หากสถานีใดไม่มีคนกดขึ้นและกดลงก็จะทำการลดเส้นทาง นอกจากนี้จะจำกัดจำนวนรอบที่รถแต่ละคันวิ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้รถเสียประสิทธิภาพการทำงาน

รูปแบบการพัฒนาแบบสถานีควบคุมรถโดยสารอัจฉริยะในอนาคต

การนับจำนวนคนในรถโดยสาร ตำแหน่งรถโดยสาร ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งผ่านทางระบบ GPRS

1. การนับจำนวนคนในแต่ละสถานี ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งผ่าน
ทาระบบ Wireless

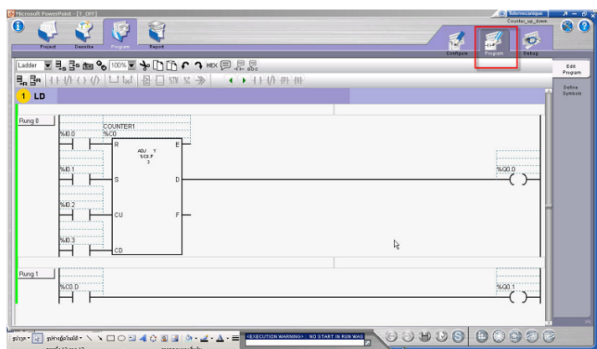
2. การวัดค่าพลังงานที่ใช้ไปในรถโดยสาร จะวัดจากแหล่งจ่าย
ในสถานีปล่อยรถโดยจะคิดเพาเวอร์มิเตอร์เพื่อวัดค่า และเก็บค่าเพื่อนำ
ค่าที่ได้มาทำสถิติและหาวิธีพัฒนาระบบให้ประหยัดยิ่งขึ้น

3. ไฟจราจรจะทำงานด้วยระบบควบคุมที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์
วัดมวล โดยจะไปควบคุมระยะเวลาไฟเขียวไฟแดงตามค่าจากเซนเซอร์
วัดมวลที่ได้ คือ ถ้ามีรถมารอมากไฟเขียวจะแสดงสถานะนาน ถ้ามีรถ
มารอน้อยไฟเขียวจะแสดงสถานะสั้นๆ ระบบนี้จะช่วยในเรื่องการจราจร
ติดขัดและการประหยัดพลังงานเนื่องจากในการที่รถเบรกและเคลื่อนที่
แต่ละครั้งต้องเสียพลังงานมาก

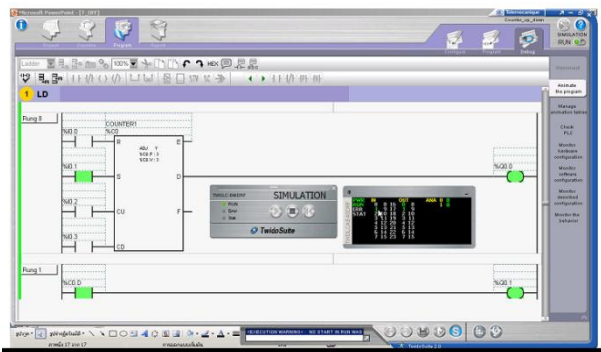
4. บริเวณจุดรอรถโดยสารมีความปลอดภัย เนื่องจากผู้ที่ใช้
บริการต้องใช้ระบบการสแกนบัตรซึ่งจะเชื่อมกับฐานข้อมูลบุคคล ดังนั้น
หากเกิดเหตุร้ายใดๆ ในจุดที่รอก็สามารถตรวจสอบข้อมูลได้
นอกจากนี้บริเวณป้ายรถโดยสารจะติดกล้องวงจรปิดเพื่อเพิ่มความมั่นใจใน
การให้บริการ

5. ป้ายรถโดยสารในอนาคตต้องรองรับการใช้งานของผู้พิการ
ได้ โดยจะติดตั้งหน้าจอ LCD แสดงตำแหน่งทั้งภาพและเสียง

4. ผลการจำลองการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 4 แสดงการออกแบบ Ladder diagram ให้นับจำนวนผู้โดยสาร



รูปที่ 5 แสดงการ Simulation Program

ประโยชน์ของศูนย์กลางสถานีควบคุมรถโดยสารอัจฉริยะ

1. ช่วยลดพลังงานเฉลี่ยต่อปีได้ 60-70% โดยจะพิจารณาช่วงที่มี
การใช้บริการรถโดยสารสูงสุด และในช่วงที่มีการใช้บริการรถโดยสาร
ต่ำสุดในแต่ละปีจากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณตามหลักสถิติ

2. ช่วยการจัดการการจราจรในมหาวิทยาลัยได้อย่างดีเยี่ยมและ
ช่วยลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นในมหาวิทยาลัย เนื่องจากรถที่ปล่อยในแต่ละ
คันรับผู้โดยสารอย่างพอเหมาะ

3. ระบบนี้สามารถรองรับการใช้งานของผู้พิการได้

4. สามารถตอบโต้ความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ได้
อย่างชัดเจน คือ เรื่องความปลอดภัย และ รวดเร็วในการให้บริการ

5. สรุปผลการทดลอง

จากการสร้างสถานีควบคุมการปล่อยรถโดยสารอัจฉริยะ
โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม PLC และ SCADA ร่วมกับระบบ Wireless
โดยประกวกรากจัดพื้นที่การใช้งาน และออกแบบจำนวนของสถานีให้
เหมาะสมกับจำนวนผู้โดยสารที่มากที่สุดที่จะเป็นไปได้ โดยจะช่วย
ประหยัดพลังงานได้ถึง 60-70 % โดยคิดตามหลักสถิติ นอกจากนี้ยังช่วย
จัดการกับจราจรได้อย่างดีเยี่ยม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับการช่วยเหลือและการสนับสนุนจากบริษัท
ชไนเดอร์ อิเล็กทริก จำกัด จึงสามารถเผยแพร่ได้เพียงบางส่วน

7. เอกสารอ้างอิง

Technical PLC and SCADA book from Schneider Electric Co.ltd

www.star-circuit.com/article/PLC1.html

www.rtafshooting.com/arm/index.php

www.fareast-inter.com/mitsubishi/plc

www.elecnet.chandara.ac.th/learn/courses/.../scada/SCADAlink.ht

www.tsotechgroup.com/index.php/solution/65-scada

Traffic Congestion Prediction System using Artificial Pattern-based Dynamic Time Warping

Paper Identification Number: SCS12-012

Naphat THEERAWAT¹, Kittipong HI-RI-O-TAPPA^{2A},
Suttipong THAJCHAYAPONG^{2B}

¹Faculty of Information and Communication Technology
Mahidol University
NakhonPathom, Thailand
E-mail: naphattheerawat@gmail.com

²NECTEC, National Science and Technology Development Agency
Bangkok, Thailand

^{2A} E-mail: Kittipong.h@gmail.com

^{2B} E-mail: Suttipong.Thajchayapong@nectec.or.th

Abstract

This paper proposes a real-time congestion prediction system for highway segments. The system is derived from an incident detection algorithm proposed in [1]. The key advantage of the proposed system is its adaptability which is achievable through the use of Dynamic Time Warping with the artificial patterns derived from the optimization of the hierarchical clustering of the congested highway patterns. With these artificial patterns, the proposed system requires neither calibration nor site-specific training dataset and can immediately be deployed to assess traffic congestion at a new site that has similar traffic characteristics. The ability of the proposed system to generically model traffic patterns prior to congestion presents the main advantage over many previously proposed approaches which need to be calibrated with training dataset when deployed at a new site. Furthermore, the conducted performance evaluation using real-world data shows that the system can achieve over 82 percent detection accuracy while the false alarm rate remains low.

Keywords: Congestion Prediction System, Dynamic Time Warping

1. General Introduction

In Thailand, there are many algorithms sharing the objective of making highway traffic congestion prediction in real-time, yet few of them have accomplished the task without using site-specific training dataset. Calibration is a labor-intensive job requiring massive amount of effort and determination to modify the algorithm until the performance reaches the acceptable level; having to do such task repeatedly on highway data could be time consuming and unbearable since there are a growing number of highways in every country. Therefore, coming up with a paradigm that does not require site-specific dataset and can be immediately deployed at a new site would definitely be a very pleasant solution for many researchers. Building up from the idea, the system being introduced solely uses artificial patterns

achieved from the optimization of the hierarchical clustering of the congested highway patterns as proposed in [1] along with Dynamic Time Warping to forecast the highway traffic status.

2. Background

2.1 Dynamic Time Warping

Dynamic Time Warping (DTW) is an algorithm that is famous for its capability of determining the similarity between two patterns. It was first proposed by Berndt et al [2] in 1994 and has been applied into several fields of studies including Computer Science such as image processing, speech recognition, etc. as a warping axis is introduced to help it perform better than Euclidean distance. However, it has never been

introduced into the field of transportation engineering. In this paper, this algorithm pays an important role as it is used to find the similarity between time series of microscopic traffic variables and the artificial patterns.



Figure 1 Euclidean Distance

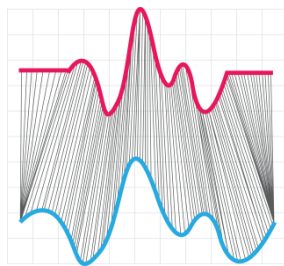


Figure 2 Dynamic Time Warping

2.2 Traffic Flow Theory

Traffic congestion is the state in which the flow of vehicles becomes slower than usual due to the occurrence of event that is either predictable (recurrent) or unpredictable (non-recurrent). It is found that if the congested state can be foretold for a single time unit, the length of the congestion will be reduced by 1.5 to 3 times [5].

To forecast traffic state, the proposed system uses three traffic indicators as proposed in [1, 3] as the manipulation of these values expresses the change in traffic state. The three indicators are listed as follow:

2.2.1 Speed

Traffic status can be derived from speed as the value that falls under the threshold represents the presence of traffic congestion. However, speed alone is highly sensitive data and can be affected by many other factors such as the amount of vehicles, road characteristics, driver's preference, thus it should be considered along with other variables to indicate the state of traffic.

2.2.2 Standard Deviation of Speed

Standard deviation of speed indicates the difference between speeds in the period of interest. The high value of this variable signifies that there has been a lane blockage caused by

either accidents or traffic incidents which often lead to congestion.

2.2.3 Time headway

Time headway is the time gap between vehicles. Its value along with speed can be used to determine whether an accident would occur; for instance, if the time headway is lower than the human response rate while the speed is high, the likelihood of the occurrence of an accident is presumably high.

3. Methodology

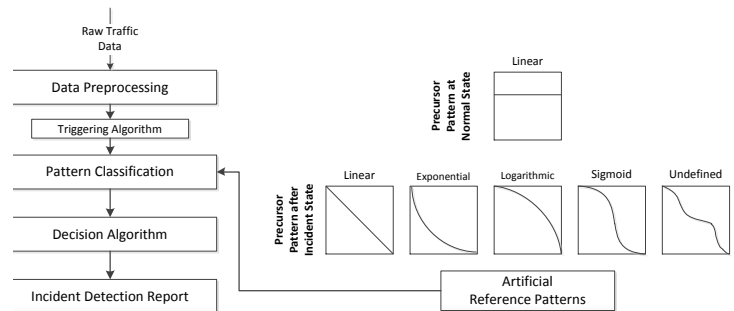


Figure 3 shows the System Framework [1]

3.1 Data Preprocessing

The nature of raw traffic data is noisy and inappropriate to be used right after its presence in the repository. Generally, the input dataset consists of noises and, sometimes, discontinuity, therefore it should be fixed before processing, especially when the system requires a continuous dataset. The preprocessing steps are as follow:

3.1.1 Data Interpolation

To maintain the continuity of microscopic traffic variable time series, the absence of data must be eradicated by simulating and filling data into the gap.

3.1.2 Data Smoothing

After the interpolation, the continuity has been restored; however the dataset still cannot be used as it contains noises which can reduce the prediction accuracy. Noise removal is achievable by averaging out data for each interval.

3.2 Data Processing

3.2.1 Pattern Classification & Artificial Reference Patterns

The system uses artificial patterns derived from [1]; the patterns can be categorized into two main types which are congested pattern and uncongested pattern as shown in figure 4. The congested pattern is further subdivided as the decrease of speed tends to occur in different forms; for instance, linear reduction, exponential fall, etc. The pattern classification is done through the use of Dynamic Time Warping to find the similarity between the input and the artificial patterns.

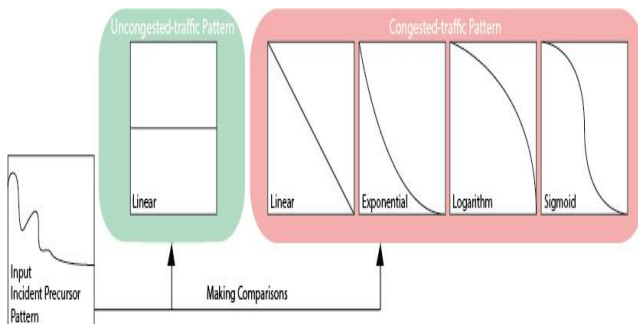


Figure 4 illustrates the comparison between inputted pattern and Artificial Traffic Congestion Patterns

3.2.2 Decision Algorithm

The outcome of the forecast will be yielded based on the comparison. If the inputted dataset bears resemblance to any of the congested patterns, the system will foretell the traffic status as congested. On the contrary, if the dataset shares more similarity with the uncongested pattern, the result of the forecast will be opposite.

3.2.3 Incident Detection Report

For analysis and future usage, the result of the prediction is stored into a log file and in our system database.

4. Performance Evaluation

The performance evaluation was conducted using CCTV images as benchmark to assess one-week data measured at Daokanong-Suksawat expressway from June 14th, 2012 to June 21st, 2012. To determine the quantity of data required for correctly identifying the accuracy of prediction, we categorize the results; each of them uses different amount of data during the processing step. To evaluate the effectiveness of the system, Detection Rate (DR) and False Alarm Rate (FAR) are used as the measures to assess the accuracy [4] of the traffic congestion forecast.

As seen from the result of the performance assessment shown in table 1, the detection rate rises as the amount of data used increases, whereas the False Alarm Rate falls correspondingly.

Table 1 shows the performance of the proposed system when different quantity of data is used

Parameter	Amount of data used			Result of the performance stated in [1]
	5-minute data	10-minute data	15-minute data	
Detection Rate	69.67 %	75.48 %	82.53 %	91 %
False Alarm Rate	30.32 %	24.51 %	17.46 %	25 %

5. Conclusion

This paper introduces a system implementing the concept proposed in [1]. The system preprocesses microscopic traffic variable time series to get rid of discontinuity and noises by performing interpolation and smoothing. Afterwards, comparison between the inputted dataset and artificial patterns are made through the use of Dynamic Time Warping to determine the similarity between patterns; the most resemble pattern will be considered as the appropriate outcome which will then be yielded and stored into a log file and the database for evaluation and analysis.

- Due to the absence of sunlight, the raw traffic data produced by the image processing process of the highway camera sensors becomes inevitably unreliable during night hours; this introduces discontinuity to the dataset which needs to be preprocessed before used.

- Once deployed, the tradeoff arises as the accuracy of traffic congestion prediction is taken into consideration along with processing time. The precision of the forecast depends on the amount of data used, but the higher quantity of data will result in the slower processing time.
- As a result of using artificial patterns along with Dynamic Time Warping to make prediction, the system needs neither site-specific training dataset nor calibration, and the resources such as budget and time used for calibration can be cut off.

6. Reference

- [1] Hi-ri-o-tappa, K. & Thajchayapong, S., "Generalizability and Transferability of Incident Detection Algorithm Using Dynamic Time Warping," ITS World Congress, Vienna, Austria
- [2] Berndt, D. & Clifford, J. (1994), "Using dynamic time warping to find patterns in time series," AAAI-94 Workshop on Knowledge Discovery in Databases (KDD-94), Seattle, Washington.
- [3] Hi-ri-o-tappa, K., et.al, "A Novel Approach of Dynamic Time Warping for Short-Term Traffic Congestion Prediction," Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2011.
- [4] Parkany, E. and C. Xie, "A Complete Review of Incident Detection Algorithms and Their Deployment: What Works and What Doesn't," The New England Transportation Consortium, 2005.
- [5] Zhang, L., and D. Levinson, "Some Properties of Flows at Freeway Bottlenecks," Transportation Research Board: 83th Annual Meeting 2004.

Application of Intelligent Transportation Systems in Vietnam: Challenges and opportunities for sustainable transportation

Paper Identification number: SCS12-013

Truong Hoang Hai¹, Dinh Van Hiep²

Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE)

Telephone (+84-4) 3628-5578, Fax. (+84-4) 3628-5578

E-mail: ¹ haitruonghoang@gmail.com; ² hiep.dinhv@gmail.com

Abstract

The rapid development of information technology and communications has created an opportunity to improve the efficiency of road traffic by using Intelligent Transportation System (ITS). The combination between transport participants, vehicles and road traffic infrastructure through using roadside equipments and traffic control centers takes a part in improving the efficiency of the transportation system and quality of transportation services. ITS has been studied and successfully applied in many developed countries in the world like the USA, Europe, Japan, Korea, ... for over 30 years and has become an important part of their transportation development policies in the 21st century, especially for expressway network and urban transportation. The main applications of ITS on the expressway and urban transportation include Traffic Management Systems (TMS), Electronic Toll Collection (ETC) and monitoring and surveillance of vehicle overloading system, which will help the use and operation of infrastructure easier and faster. Vietnamese Government has planned to build more 6,000 km of expressway from now to 2030¹. Also, the Government has a plan of implementing ITS for expressway systems and integration ITS with urban transportation. The present paper presents an overview of ITS development and application in order to provide a suitable solution for applying ITS in expressway and urban transportation according to specific stages of development of Vietnam. Also, the paper provides an evaluation of ITS projects in Vietnam to draw lessons and recommendations for further implementing ITS in Vietnam. The study results may help transport agencies in effective applying ITS in operation and management of transportation systems in Vietnam and other Asian countries where ITS has been newly introduced.

Keywords: Vietnam, Intelligent Transportation Systems, expressway, draw lessons, newly introduced

¹ The comprehensive study on the sustainable development of transport system in Vietnam (VITRANSS 2)

1. Introduction

ITS has been developed since the year 60s of previous century and applied widely in the world. In America, Japan, Euro and developing countries such as Thailand, Malaysia, ITS is an important part in traffic system. ITS's applications are to improve efficiency of traffic system by reducing 3 negative effects in transport: traffic jam, traffic accidents, and environment pollution.

At present, Vietnam is on the first stage of ITS development process. ITS development includes two big parts: superstructure development and infrastructure construction. Along with them is to educate and develop human resources of operation and maintenance and build up the habit and user guide. ITS in Vietnam will be developed for traffic on the express way and urban transportation.

2. ITS Definition

The Intelligent Transportation Systems (ITS) denote the applications of new information technologies and communications to transportation. They are called "intelligent" because their development is based on functions generally associated with intelligence: sensory, memory, communication, information processing and adaptive behavior [1, 2].

ITS combines 3 basic factors in traffic including drivers, vehicles, and traffic infrastructure in order to create efficiency in operation and reduce negative effect caused by traffic.

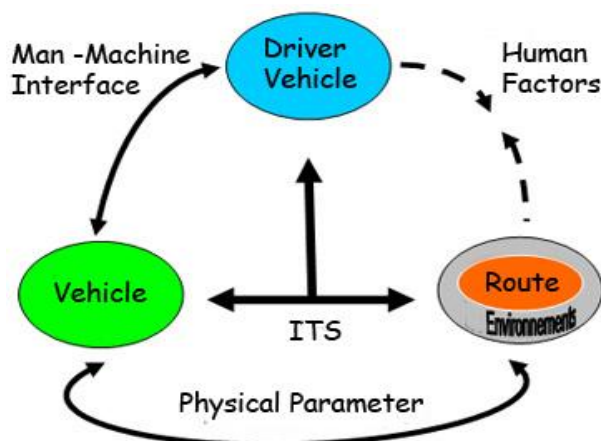


Fig. 1 ITS in the interface Driver – Vehicle -Route
Source: Volpracht, Hans-Jochim [2003]

ITS development goes along with information technology development. Basically, it can be divided into 4 phases:

- Phase 1 from 1960-1970: the beginnings
- Phase 2 from 1980-1995: investment in the road information
- Phase 3 from 1995-2000: interoperability, ticketing and automated highway
- Phase 4 from 2000-2005: sustainable mobility, multimodality and road safety

At present, ITS applications orient to sustainable mobility, multimodality and ensure road safety.

3. Current Condition of ITS Implementation in Vietnam

3.1 Traffic Information

The road/traffic monitoring of the Voice of Vietnam (VOV) is implemented in Hanoi and HCM city currently and it will be extended to whole NH1 route. Although the road/traffic information is collecting from Closed-circuit television camera (CCTV), major information is provided by the people who are driving on the roads and by the VOV reporters and collaborators. The collecting information is mainly traffic jam, heavy traffic, and construction site.

VOV installed 66 CCTV cameras in major intersections in urban area of Hanoi city, and the monitored moving image is transmitted to VOV center with wireless communication. The cameras are able to control from VOV center. The collected images are provided to traffic police also and utilized for its purpose.

On the other hand, the traffic police installed 20 CCTV cameras at major intersections within the area of Ring Road 3 in Hanoi and monitoring them. The Hanoi Traffic Police has a plan to install 60 CCTV cameras additionally in 2011. The monitored moving image is transmitted to traffic police center through optical fiber cable. In this system, the image processing technology is not applied, and only utilized for visual judgment. The monitored images are provided to VOV also.

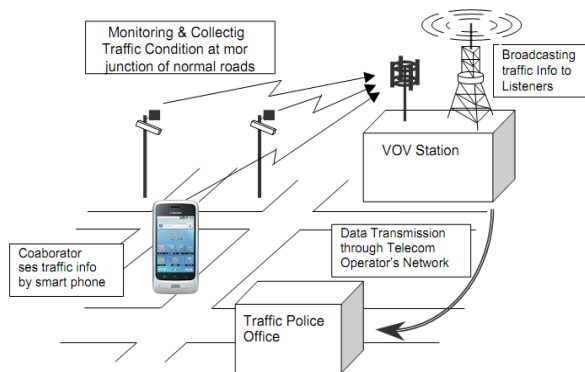


Fig. 2 Structure of Collection and distribution of traffic Information by VOV

Source: VITRANSS 2 [1]



Fig. 3 Traffic Information centre of VOV

3.2 Location Information Service based on GPS

In Vietnam, some bus and truck company have already installed the GPS monitoring system for their driving location at their own operation centre. If actual traffic conditions is able to be acquired from these systems more reliable and systematic traffic data will be provided in future.

3.3 Electronic Toll Collection (ETC)

In Vietnam, the "infrared type" and "DSRC type" has been implemented for the ETC system. Near Hanoi city, the pilot project has been implemented DSRC system at Dau Giay Tollgate on National Highway No.1. Such systems implemented by ViettinBank, all of the equipments implemented by using the Build – Operation – Transfer (BOT) scheme.

According to the plan, 4 tollgates are already equipped. 15 tollgates supposed to be equipped at the end of this year, some contracts have been signed. Additionally, up to 20 tollgates next year, new contracts are coming. In the future, they target 80% of tollgates will be equipped in Vietnam. The DSRC system of Dau Giay Tollgate which is using Passive DSRC method. It is the same system already in operation at Can Tho Bridge.



Fig. 4 ETC lane in Long Thanh – Dau Giay Expressway

4. Itinerary of ITS development in Viet Nam

4.1 Expressway development planning in Viet Nam

Prime Minister promulgated the Decision No. 1734/QĐ-TTg on the first of December 2008 approving expressway network development planning in Viet Nam to 2020 and vision after year 2020 [3].

This Decision shows clearly the government opinion about expressway construction: building completely national expressway network for long term national development with the target of becoming industrial country in 2020.

In this Decision, there are some purposes for expressway construction such as: connecting major centers, raising the connectivity with other carriers, ensuring environment, and solving traffic congestion. ..

Table 1 Expressway Development Plan of Vietnam

Item	Total Length (km)	Expressway (Number)	Executants
Details	5,753	39	Vietnam Expressway Corporation

Source: Ministry of Transportation, 2002 [4]

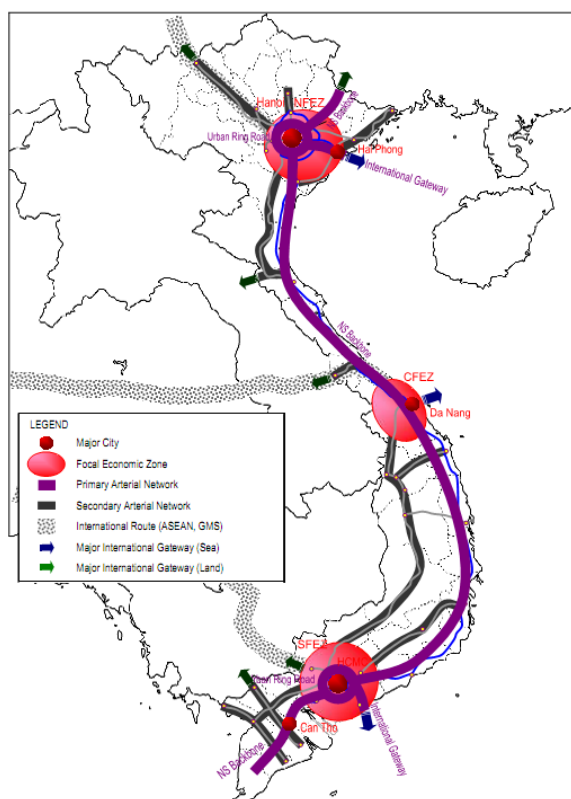


Fig. 5 Planning for Expressway system of Vietnam to 2020 and vision after 2020

Source: VITRANSS2, 2010 [5]

4.2 Itinerary of ITS development in Viet Nam

By Vitranss 2 master planning, infrastructure development in Viet Nam is divided into 3 phases. First phase to 2015, the second phase to 2020 and third phase to 2030. Along with building the operating centres and communication network, there are 3 priority services for advance implementation including: traffic information system, nonstop toll collection system, heavy truck controlling system. Other services to be introduced in the future are inter-city bus assistance, convenient parking assistance and road pricing.



Fig. 6 Road Map of ITS for Inter-city Road Network

Source: VITRANSS2, 2010 [5]

General planning of information network

As in the planning, ITS model by national scope is divided into 5 layers: the highest layers are national ITS center and regional ITS centres. The lowest layer are toll lanes. Each layers are connected with each others by high-speed optical cables.

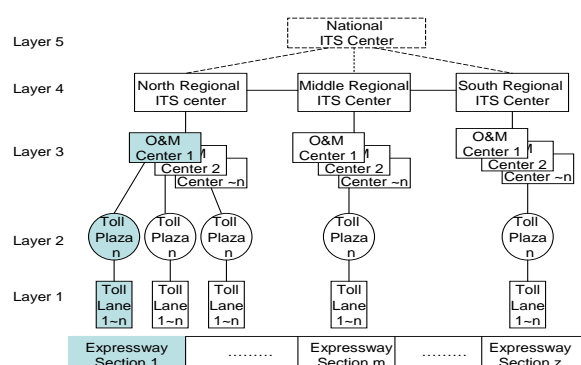


Fig. 7 Five layers in National ITS architecture

Source: VITRANSS2, 2010 [5]

Three regional main centers in Ha Noi, Da Nang and Hochiminh city will be in construction. These centers will receive information form road management centres and transfer to national main center.

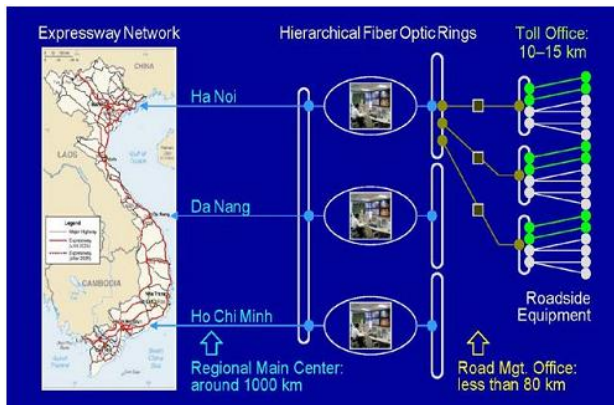


Fig. 8 Three regional main center

Source: SAPI, 2012 [6]

At present, Vietnam Expressway Corporation (VEC) has implemented 10 expressway projects with total length about 1000km. The ITS construction for these expressways will be also destroyed. The Table 2 shows this road line in detail

Table 2 Expressway project implementation

Expressway project implementation					
Name of project	Length (km)	Funded by	Construction status	ITS system Funded by	ITS installation status
Cau Gie – Ninh Binh	50	Government	Complete	Government	Under construction
HCM – Trung Luong	40	N/a	Complete	ODA Korea	Basic design
Hanoi – Hai Phong	105	Domestic (Vidifi)	Under construction	ODA Korea	Basic design
Hanoi – Thai Nguyen	62	JICA	Under construction	JICA	FS
HCM-Long Thanh – Dau Giay	55	ADB, JICA	Under construction	JICA	Bidding
Noi Bai – Lao Cai	264	ADB	Under construction	ODA Korea Keximb ank	FS
Ben Luc – Long Thanh	45	ADB, JICA	Detail design	JICA	Basic Design

Da Nang – Quang Ngai	131	WB, JICA	Detail design	JICA	Basic Design
Hanoi – Lang Son	N/a	ADB	FS	ADB	FS
Phap Van – Cau Gie	30	Nexco	FS	Grand Aid, Government	Approve

Source: VEC [2012]

5. Basic advantages

5.1 Telecommunication and information infrastructure at good situation

Vietnam started the process of ITS infrastructure and superstructure planning and development at the time when telecommunication and information infrastructure is in good development. There are three big domestic mobile operators now including: Viettel, Mobiphone, Vinaphone, which have already supplied 3G high-speed service. Other Internet service suppliers such as FPT, Megavnn..have their own optical cable networks and are ready to hire. Nowadays, Vietnam Post and Telecommunications Group (VNPT) is negotiating with VEC about benefit exchange. By this way, VNPT will use technical pipes along expressways developed by VEC for passing cables, and VEC will have right to use VNPT's cable cores for transferring ITS service in exchange. At this time, some agreements have been signed.

5.2 Preferential borrowing capital from financing agencies and investors

ITS projects which have been implementing in Vietnam, attract the interest and attention from domestic and overseas investors. Present expressway construction projects using capital from Japan International Cooperation Agency (JICA) and Asian Development Bank (ADB) will be supplied ODA by JICA for continuing ITS system building. Korean investors as Korea Eximbank or Korea International Cooperation Agency (KOICA) also participate actively into domestic projects. Besides, some other domestic investors as also take part in construction investing and exploiting for benefit. In October, 2011, JICA also put Grand Aid project of \$7 million into ITS system building for Ring road 3 and first section of line Phap Van- Cau Gie. This project has been approved by Government and will be conducted by this year.

In conclusion, the capital resources for ITS are very exuberant, which is an advantage for ITS infrastructure and superinfrastructure architecture planning and building in Vietnam. Viet nam government must have reasonable borrowing policy for mobilizing and using efficiently capital and paying back

Table 3: Foreign Investment Trend in Vietnam by Years
(unit: US\$ million)

Item	2006	2007	2008	2009	2010
Number of New Investment	987	1,544	1,557	839	969
Amount of New Investment	7,838.9	18,718.4	66,499.9	16,345.4	17,229.6

Source: Ministry of Planning and Investment (MPI), Vietnam

6. Difficulties in ITS construction in Vietnam

6.1 Disagree about using communication technology in ETC in different projects

Now, a existing problem in ITS projects of Vietnam are disagreement about communication technology in Electric Toll Collecton (ETC) .

In some projects of ITS construction using Government capital (bond capital and other resources..), techonology used in Electric Toll Collection ETC is Radio-frequency Identification (RFID) technology 860 -960Mhz. For example : on the expressway Cau Gie- Ninh Binh, RFID is used.

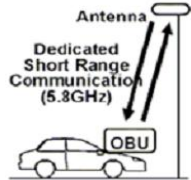
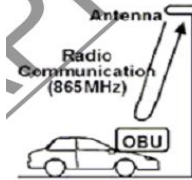
In projects using ODA capital (JICA, ADB, WB,..), technology DSRC 5.8GHz is studied in using. For example, project Ho Chi Minh- Long thanh- Dau Giay, technology DSRC 5.8Ghz active is studied and encouraged to be used.

This leads to the necessity to study about system integration avoiding conflict when connecting national ITS network. However, for long time, it is neccessary to using only one kind of technology.

Basically, there are differenced between RFID & DSRC. DSRC is used in some countries as Japan, Korea because of their good telecommunication infrastructure. However in developed countries as America or India and Thailand, they still used

RFID technology because it is suitable with their demand and infrasture.

Table 4: Compar between RFID & DSRC active

Name	RFID	DSRC active
Figure		
Detail name	Radio Frequency Identification	Dedicated Short-Range Communications
Frequency	2.4Ghz	5.8GHz
Data transfer	Up to 100 Kbit/s	6-27Mbps
Effect distance	Up to 10m	Up to 1000m
Vehicle equipment	RFID tag	OBU
Price	Cheap	Expensive
Payment possible	Credit card	debit card & credit card
Use countries	Thailand, American, India...	Japan, Korea...
Accuracy	Lower	Higher
International standard	Established	Established
Roadside equipment cost	Low	Low

Source: Dinh Van Hiep et al., 2012 [7]

Current diffcultes is technology integration and priority technology selection for development.

6.2 Difficulties in management, operation and using

Management and Operation

It requires to have highly educated technical teams in ITS management and operation. The education process need to be conducted in line with sytem construction. Nowadays, Vietnam does not have any experience in any ITS management and operation. Therefore, it is neccessary to have education program so that one technical team is ready for management and operaton right after the first complete system goes into activation.

Problems about users

To make use of benefit from ITS, users must have knowledge of terminal equipment and information access. Now, there is still limitation in new technology access, drivers still get acquainted with old driving method. So, when using new technology, they are still at fault and need more time to use. Therefore, along with building, it is necessary to propagate, educate and instruct operation to ensure efficiency in using.

Problems about investment phasing

Investment phasing is very necessary to ensure the efficiency in investing and using capital. In Vietnam, it is important to consider following factors:

- Investment efficiency, reimbursability and payback period.
- Traffic demand in line. ITS services are only supplied if enough big traffic volume
- Users demand and efficiency

Table 5: Investment phasing alternative in Noi Bai – Lao Cai ITS project

Item	1 st Phase		2 nd Phase	3 rd Phase	Total
	1-A	1-B			
VDS	2	67	55	124	248
CCTV	50	63	84	18	215
VMS	10	20	16	32	78
LCS	-	7	-	-	7
CSS	-	-	66	-	66
Weather Observation	-	-	4	-	4
Toll Collection System	One-stop 23 Entrances 26 Exits Non-stop 2 Entrances 2 Exits		One-stop 14 Entrances 16 Exits Non-stop 11 Entrances 12 Exits	All Non-stop	One stop (2 nd) 14 Entrances 16 Exits Nonstop (2 nd) 11 Entrances 12 Exits

Source: F/S of ITS system for Noi Bai – Lao Cai Expressway, Ministry of Transport, 2012 [8]

7. Conclusion

With the current requirement of expressway network development for economic development, the key to ensure the efficiency of operation, exploitation and maintenance is to apply ITS.

Using ITS not only takes part in reducing negative effect caused by traffic but also raises the ability of exploitation and operation, leading to economic and social benefits. This is also a premise to build stable and friendly traffic system.

Besides advantages, there are some difficulties as above analysis, which creates obstacles for ITS application and development in traffic management and operation. Therefore, it is necessary to educate human resources with high skill, and technology knowledge for system operation. It is also to phase investment stages for using efficiently. Besides, to unify standards used in national ITS infrastructure can not be ignored to ensure the connectivity and continuation between systems.

One traffic system with high speed and efficient operation by modern ITS infrastructure will be an unshakeable traffic system, a basis for economic development/.

References

- [1] Mashrur A. Chowdhury & Adel W. Sadek (2003). *Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning*, Artech House Publishers.
- [2] Bob McQueen & Judy McQueen (1999). *Intelligent Transportation Systems Architectures*, Artech House Publishers.
- [3] Decision No.1734/QĐ-TTg (2008). *Approving the Vietnam Expressway Network Development Master Plan toward 2020 and a vision beyond 2020*, Hanoi, Vietnam.
- [4] Minister of Transport (2007). *Vietnam Expressway Network Development Plan Project*, No. TA 4695-VIE, ADB Technical Assistance, Hanoi, Vietnam.
- [5] Minister of Transport (2009). *The comprehensive study on the sustainable development of transport system in Vietnam (VITRANS 2)*, JICA Technical Assistance Hanoi, Vietnam.
- [6] Minister of Transport (2011). *Study for assistance of ITS integration project implementation over National highway No3 and*

Hanoi metropolitan area, JICA Technical Assistance, Hanoi, Vietnam.

- [7] Dinh Van Hiep et al. (2012). *Study on framework to evaluate the appropriateness for apply Intelligent Transport System (ITS) to Expressway project in Vietnam*, Ministry of Training and Education, Vietnam
- [8] Minister of Transport (2012). *Feasibility Study Report on the ITS Installation Project for NoiBai-LaoCai Expressway in the Socialist Republic of Vietnam*, Fesibility Study Report, Hanoi, Vietnam

Analysis of BRT Priority Signal Control System Implementation in Major Intersections of Khon Kaen City

Paper Identification number: SCS12-014

Shota TOMA¹, Atsushi FUKUDA², Yoshihiko HASHINO³, Thaned SATIENNAM⁴

¹ Graduate School of Science and Technology
Nihon University

Telephone +81-47-469-5355, Fax. +81-47-469-5355

E-mail: cssy12015@g.nihon-u.ac.jp

² College of Science and Technology
Nihon University

Telephone +81-47-469-5355, Fax. +81-47-469-5355

E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

³ PTV Support Center JAPAN

Telephone +81-3-6805-1772, Fax. +81-3-6805-1772

E-mail: yoshihiko.hashino@ptvjapan.com

⁴ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
Khon Kaen University

Telephone +66-(0)-43-202-847

E-mail: sthaned@kku.ac.th

Abstract

Generally exclusive guideways for BRT (Bus Rapid Transit) sets up on surface and has to cross many intersections so that priority signal control such as Public Transportation Priority System (PTPS) is required to promise effective operation of BRT. However, such signal control can't be applied directly to BRT system in Asian cities because the traffic signal control in those cities is quite different with that in the city of developed country and there are many unique transportation modes such as para-transit. In this study, the impacts of introduction of PTPS at two major intersections on the planned BRT route which will pass through national highway route No. 2 (Mittraphap road) in Khon Kaen city were estimated by using a micro simulation model. Since the area at two intersections is wide and traffic rights used to be controlled by policemen during the peak period, introduction of exclusive guideways for BRT is expected to have significant impacts on traffic and operation of BRT itself. For developing a micro simulation model, we conducted traffic count survey on 23-25 Aug., 2011 and observed traffic situation and traffic control. Though the simulation of 3 cases, namely the case with present signal control, the case introducing the traffic signal control system with point detection and the case introducing the traffic signal control system with detection of embarking and disembarking were examined, reductions of travel time of ordinary traffic on main streets and sub streets were employed as the indicator to evaluate above mentioned cases. Furthermore, sensitivity analysis was conducted by changing time headway of BRT from 3 min. to 10 min. and ordinary traffic volume from 90% to 110%. As the result, it was concluded that the traffic signal control system with detection of embarking and disembarking help to reduce travel time than the case of the traffic signal control system with point detection.

Keywords: Micro Traffic Simulation, VISSIM, Khon Kaen, Signal Control, PTPS

1. General Introduction

Generally exclusive guideways for BRT sets up on surface and has to cross many intersections so that priority signal control such as Public Transportation Priority System (PTPS) is required to promise effective operation. However, such signal control can't be applied directly to BRT in Asian cities because traffic signal control in those cities is quite different with that in developed country and there are many unique transportation modes such as para-transit. Therefore, in this study, the impacts of introduction of PTPS at two major intersections in Khon Kaen city in where BRT is planned to introduce was estimated, and its feasibility was examined using micro traffic simulation.

2. Study area and data collection

In Khon Kaen city which is the central city of northeastern of Thailand, five BRT lines have been planned to be constructed within 15 years from 2007 to 2022. Exclusive guideways for BRT will be set up on 2 lanes of existing arterial roads. 2 km of the road section from 500 m north of Samliam intersection to 500 m south from Central Plaza intersection National Highway No.2 (Mittraphap road) which first BRT line will be introduced and two main intersections were included as shown in Fig.1.

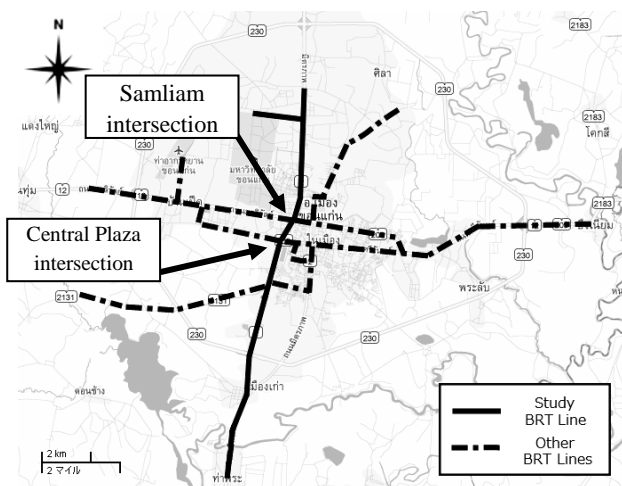


Fig.1 BRT study line

Data was collected as follows;

1. Signal phase : Video camera survey
2. Traffic volume : Video camera survey

3. Geometric design : Use of walking measure
4. Hearing : Hearing for Policeman

3. Existing traffic signal control in Khon Kaen

According to observation at targeted route, traffic signals are used to be controlled by fixed time except morning and evening peak periods. 3 and 4 signal phases are used as shown in table1 and table2.

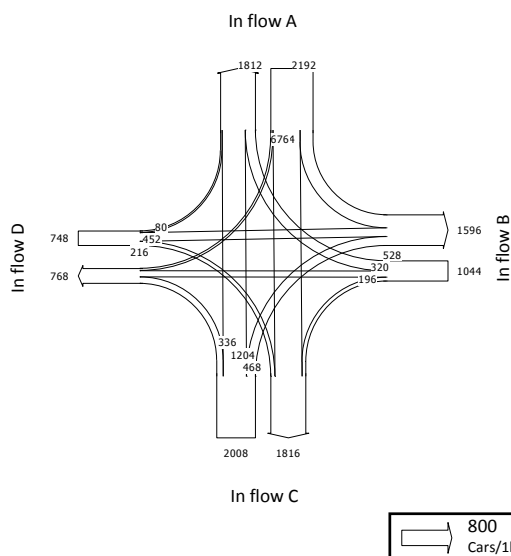
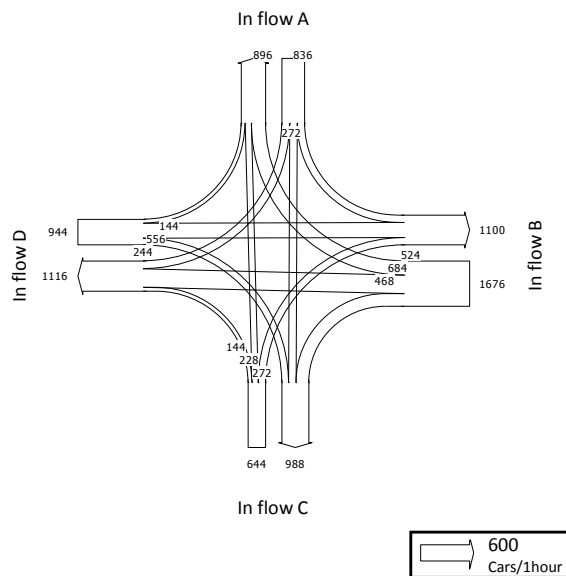
Table.1 Signal phase at Samliam intersection

Phase	1 Φ	2 Φ	3 Φ	Cycle Sec
Image				178sec
Green	51sec	35sec	40sec	
Yellow	3sec	—	3sec	
All Red	—	5sec	4sec	

Table.2 Signal Phase at Central Plaza intersection

Phase	1 Φ	2 Φ	3 Φ	4 Φ	Cycle Sec
Image					183sec
Green	30sec	30sec	55sec	40sec	
Yellow	3sec	3sec	3sec	3sec	
All Red	4sec	4sec	4sec	4sec	

During morning and evening peak periods, the split and cycle time are not constant and fluctuated because traffic signals are controlled by local policemen manually. Thus, it is rather difficult to simulate this traffic signal control. On this simulation, we used the directional traffic volumes during morning peak period with fixed time for the signal control during off-peak as shown in Fig.2 and Fig.3.



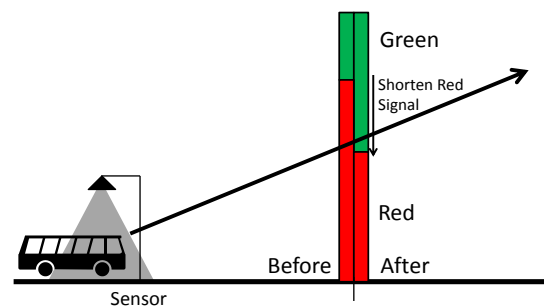
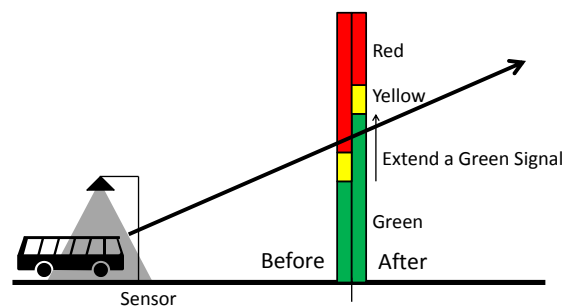
4. Signal control

Two applicable traffic signal control systems which might give priority for BRT at two intersections were selected as follows;

4.1 Case 1: Traffic signal control system with point detection¹⁾

In this signal control system, approaching of BRT might be detected by a detector and priority might be given to BRT as follows;

- If remaining time of green light on main direction when BRT passes under the detector installed near an intersection will be in certain period of time, green time might be extended as shown in Fig.4.
- If signal will be red when BRT passes under the detector, the green time on dependent direction be shortened as shown in Fig.5.



4.2 Case 2: Traffic signal control system with detection of embarking and disembarking²⁾

Since both intersections located near the bus stops, traffic signal control can be synchronized with embarking and disembarking of BRT riders as follows;

- If traffic lights on main direction will be green when BRT stops at the bus stop, the green time will be shorten and the green time might be increased at the next cycle time as shown in Fig.6 and Fig.7.

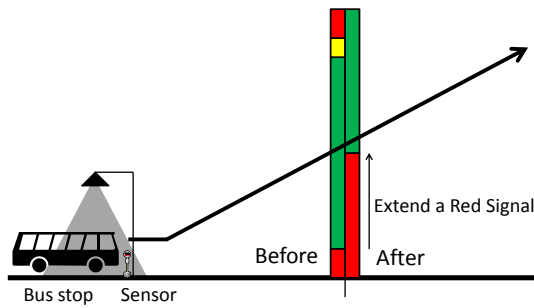


Fig.6 Execution of extra phase (Case2 a1)

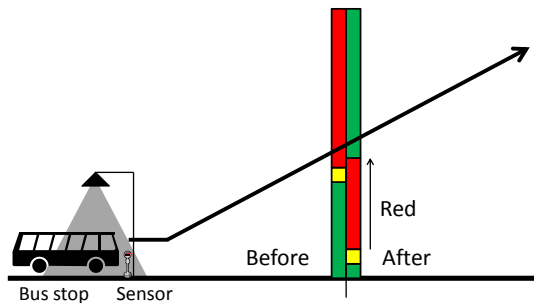


Fig.7 Execution of extra phase (Case2 a2)

5. Analysis method

The reduction of travel time passing through each of intersections was estimated using by comparing between the case introducing BRT with the existing traffic signal control and the VISSIM signal control which gives priority for BRT operation.

6. Validation

GEH³⁾ which is indicator to represent the model accuracy at all measured points is shown less than 5 so that result of simulation has goodness of fit. As the result that applied GEH indicator to reproduction models, all GEH were less than 5.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}} \quad (1)$$

M: Traffic volume in Simulation (Unit/hour)

C: Traffic volume in real (Unit/hour)

7. Simulation results

In this study, it was considered by 3 scenarios which introduced BRT for present situation, traffic signal control system with point detection and traffic signal control system with detection of embarking and disembarking. In addition, the travel time reduction estimated by comparison with present and above cases for general vehicle of sub street and main street, the BRT. Furthermore, sensitivity analysis was conducted as BRT frequency changes from 6 units/hour to 20 units/hour and general vehicle traffic volume changes from 90% to 110%.

7.1 Effect of BRT travel time reduction

The effects of BRT travel time reduction are shown in Fig.8, Fig.9, Fig.10,

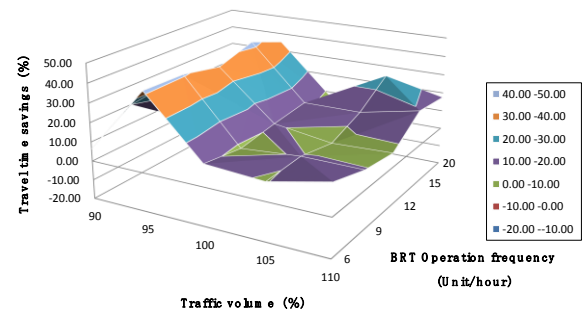


Fig.8 Result of Travel Time for Case1
(Samliam, BRT, To North)

Fig.11. In the case1 and case2 which introduced the PTPS, it is found that the travel time of BRT reduced on all observation points.

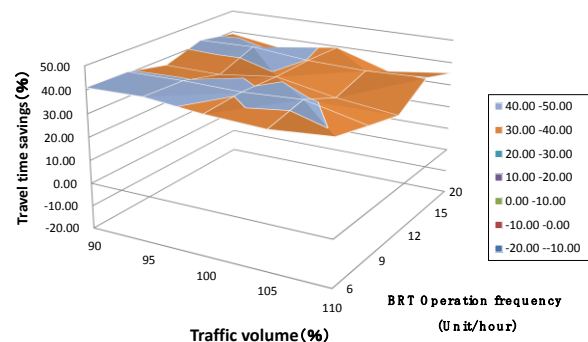


Fig.9 Result of Travel Time for Case1
(Samliam, BRT, To South)

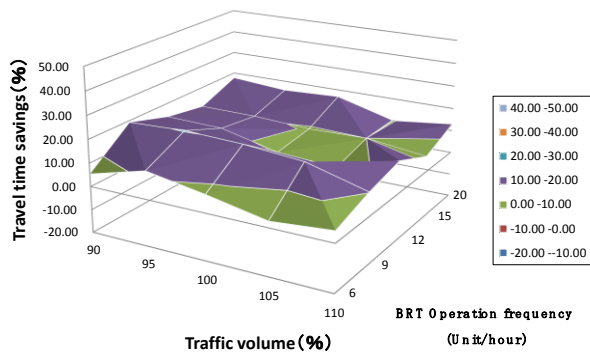


Fig.10 Result of Travel Time for Case1
(Central Plaza, BRT, To North)

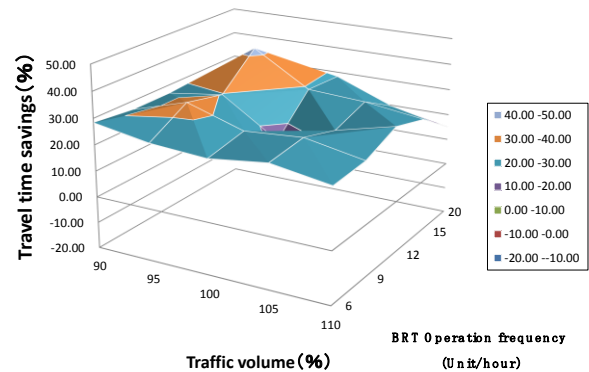


Fig.12 Result of Travel Time for Case2
(Samliam, BRT, To North)

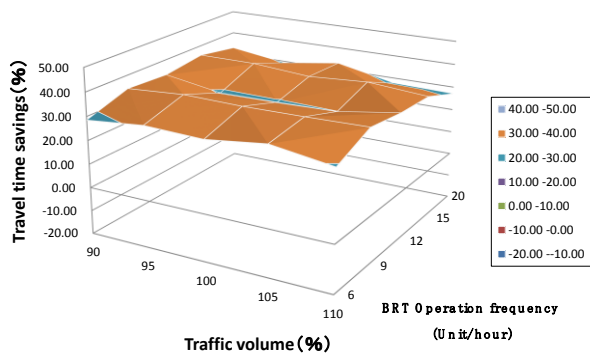


Fig.11 Result of Travel Time for Case1
(Central Plaza, BRT, To South)

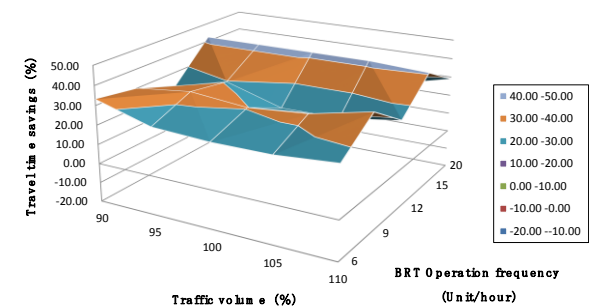


Fig.13 Result of Travel Time for Case2
(Samliam, BRT, To South)

7.2 Impacts of General vehicle

Since there are so many traffics in this study area, the travel time of both, main and sub street were increased as shown in Fig.12, Fig.13, Fig.14, Fig.15, individually. Especially, the travel time of sub street was increased by increasing the BRT operation frequency.

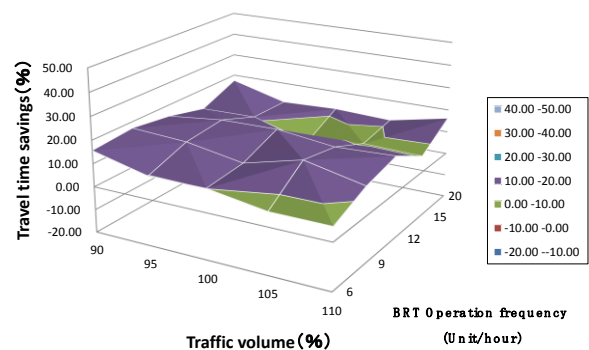


Fig.14 Result of Travel Time for Case2
(Central Plaza, BRT, To North)

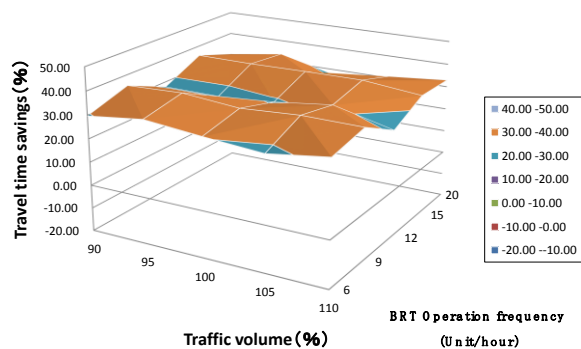


Fig.15 Result of Travel Time for Case2
(Central Plaza, BRT, To South)

8. Conclusion

In this study, we examined the impact of introduction of BRT priority signal control system on travel time passing through the intersections. As the result, it was found that this priority signal has significant impacts on reduction of travel time. However, travel time on north direction could not get the good result than that on south direction. For further study, it is necessary to collect more data.

Acknowledgment

This study is granted by the Japan Ministry of Environment "Global Environment Research Fund (S-6)."

References

- [1] Iwaoka et al. (2000) Construction of public vehicle priority system, *IEICE, ITS2000*, No.24, pp. 13-17, (Japanese Only).
- [2] T. Muroi, A. Fukuda (2006) Research on the Evaluation of Effects of introducing bus priority signal control utilizing the traffic simulation, *Proceedings of Infrastructure Planning Research and 33rd, (CD-ROM)*, (in Japanese).
- [3] UK Highways (2011) Agency's Design Manual for Roads & Bridges (DMRB)

THE IMPACT OF URBANIZATION ON ROAD TRAFFIC SAFETY IN HO CHI MINH CITY

Paper identification number: SCS12-015

Huy Huu NGUYEN¹, Pichai TANEERANANON²

¹EU-Asia Road Safety Centre of Excellence
Department of Civil Engineering, Prince of Songkla University
Hat Yai 90112, Thailand
Fax: +66-74-446519
E-mail: huycongtrinh@yahoo.com

²Centre for Road Safety Research
Department of Civil Engineering, Prince of Songkla University
Hat Yai 90112, Thailand
Fax: +66-74-446519
E-mail: breathislife@yahoo.com

Abstract

Each year Ho Chi Minh City (HCMC) experiences thousands of road accidents which cause great losses with thousands of cases of death, personal injuries and vehicle damage. On the surface, blamed for such poor traffic safety are the overcrowded roads, road users' poor awareness of traffic safety, or poor traffic infrastructure. Beneath the surface lie other contributing factors whose impacts on road traffic safety have been of little consideration from related authorities. Of these ignored factors, urbanization is considered to be the most important one with difficult-to-see but serious influence on road traffic safety. Increasing urbanization entails establishment of new residential areas along roadsides and fosters the increase of population along existing roads. This fact inevitably increases traffic density and poses new challenges to traffic and safety engineering. With the pressure exerted by rapid urbanization, it is unavoidable to come up with poorly-planned and improperly-designed road networks. Together, this problem and the unreasonable categorization of roads have given rise to traffic conflicts and traffic congestion, leading to road accidents as a subjective result. Based on the analysis of collected statistic data, this paper is intended first to point out the impacts of urbanization on road traffic safety in Ho Chi Minh City, and then to suggest a few measures which need to be taken to tackle the problem.

Key words: urbanization, traffic safety, road safety

1. Introduction

Traffic safety has been one of the most serious challenges facing major cities, especially those in developing countries. Increase in population, mainly due to immigration, has given rise to urbanization. Professional incompetence in

transport planning and urban development planning has led to poorly-planned urbanization: settlement along roadside without applying access management practice. Urbanization of this type has negative impacts on road traffic safety in Ho Chi Minh City. Based on the analysis of the mutual

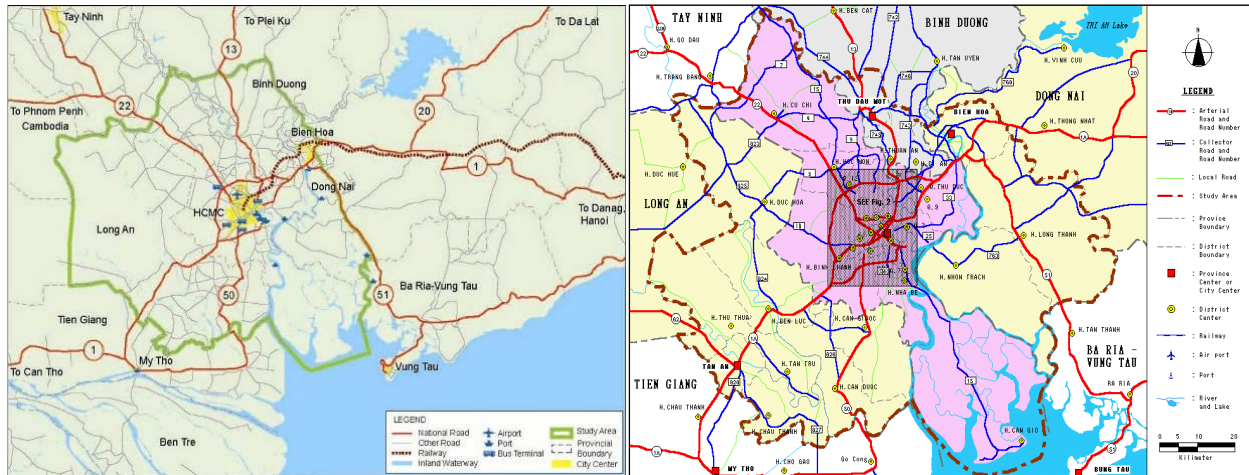
relationship between urbanization and road traffic safety, the suggested solutions are developed.

2. Background

Ho Chi Minh City (HCMC) is the biggest financial and economic hub of Vietnam. The city is

main linking the Southern areas with the country's other part and with foreign countries. The demand for the city's transport is ever growing. However, the transport infrastructure, especially for road sector, remains very poor and has not yet kept in pace with the development growth.

2.1 Inter-Regional Road Network



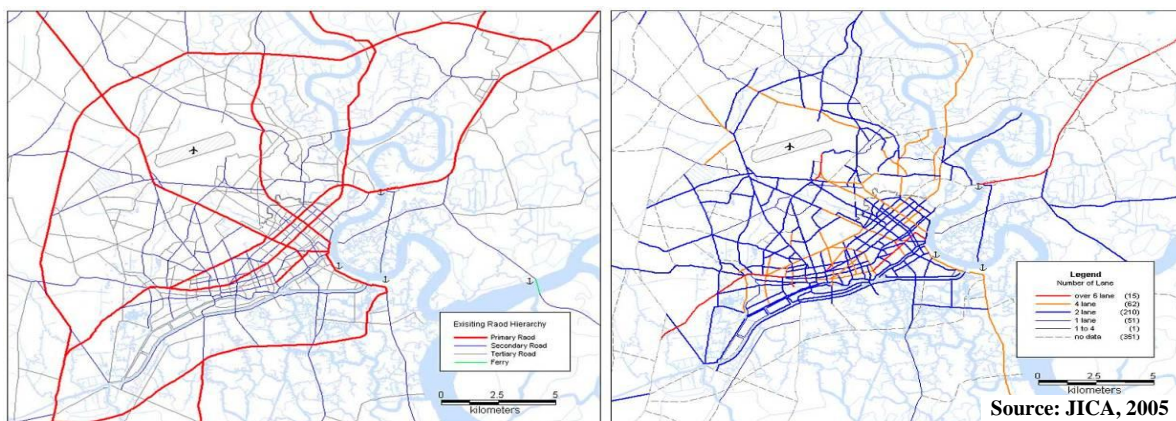
Source: JICA, 2005

Figure 2.1 Inter-Regional and the main road networks in HCMC

The current road networks in HCMC and surrounding regions are as in Figure 2.1. All of the national roads either start or ends in HCMC, connecting this city with the surrounding regions

and connecting these regions with one another. The provincial road networks are of poor quality and ineffectively connect the centres of the districts with national roads.

2.2 Urban Road Network



Source: JICA, 2005

Figure 2.2a Main road network in HCMC

Figure 2.2b Number of lane of roads in HCMC

Figure 2.2a describes the existing road networks in HCMC. The total length of roads in HCMC is 1,242.13 km. Most of the urban roads are two-lane roads as presented in Figure 2.2b. Only a

few are six-lane or four-lane roads the numbers of lanes of which are reduced in a few stretches. These facts seriously affect the smoothness of the traffic flows.

2.3 Road Network Density (RND) and Road Area Ratio (RAO)

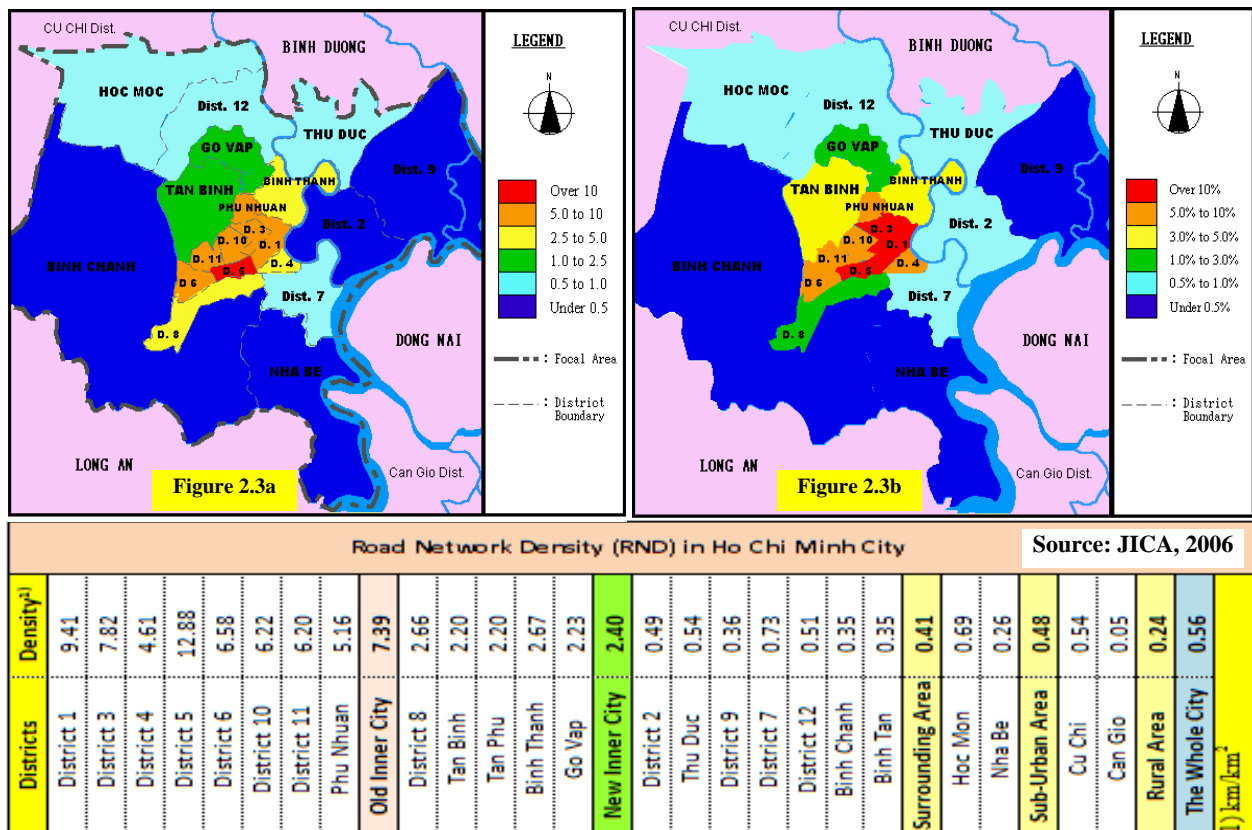


Figure 2.3a Road Network Density in HCMC

Figure 2.3b Road Area Ratio in HCMC

There is a very concentration of road density in the city road network. Specifically the road density in the urban areas is much higher than that in sub-urban areas. This is a serious imbalance in the distribution of road area ratio in the whole network which is facing HCMC, but not Singapore and Bangkok. This fact can be easily inferred from the differences in Road Network Density (RND) and Road Area Ratio (RAO) between HCMC

(figure 2.3a and 2.3b), Singapore and Bangkok. Namely, the average RND and RAO of whole HCMC are much lower the counterparts of Singapore and Bangkok. But RND and RAO of urban area (inner city) of HCMC are much higher than those of Singapore and Bangkok. That means there is better balance of distribution in terms of RND and RAO in Singapore and Bangkok than in HCMC.

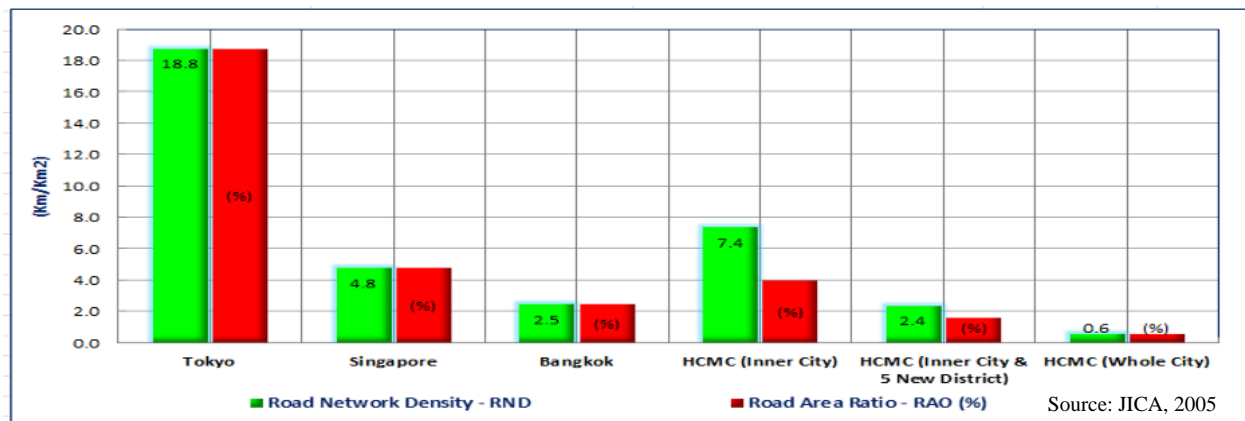


Figure 2.4 Comparison of RND and RAO among selected Cities

2.4 Road Hierarchy

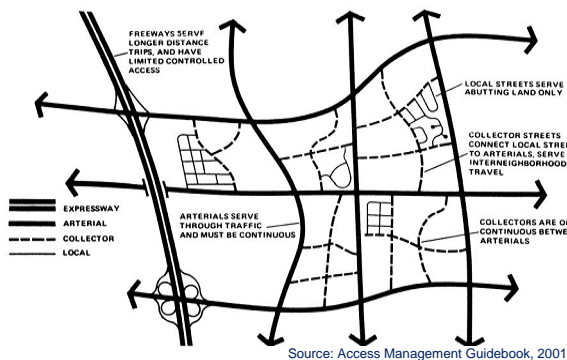


Figure 2.5 Road categorization

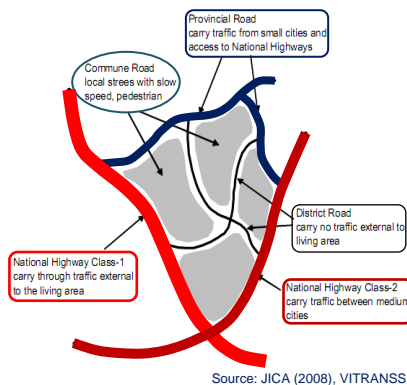


Figure 2.7 Concept of the application of road hierarchy in Vietnamese

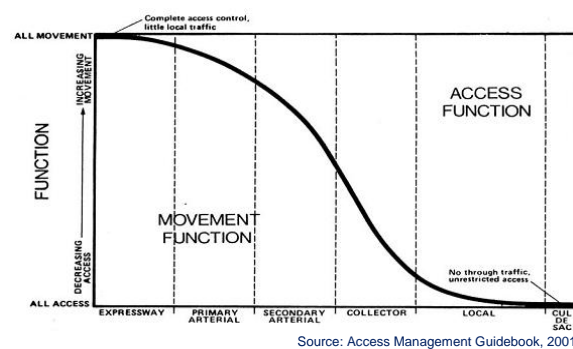


Figure 2.6 Road functional

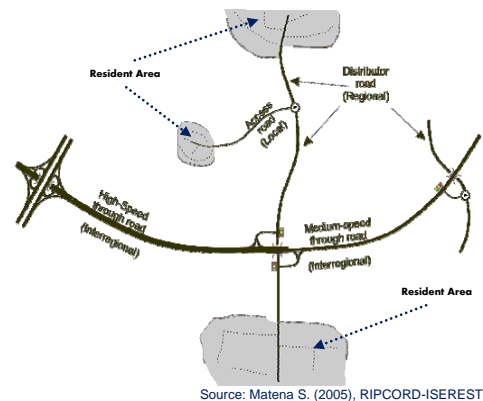


Figure 2.8 Road categorization in

One key weakness of the Vietnamese road network is the poor articulation of road hierarchy (figure 2.7), and this has become increasingly more an issue as Vietnam progresses toward becoming a motorized country with superlative growth rates in motorcycle ownership, car ownership, and truck movements. To rectify the situation, one important

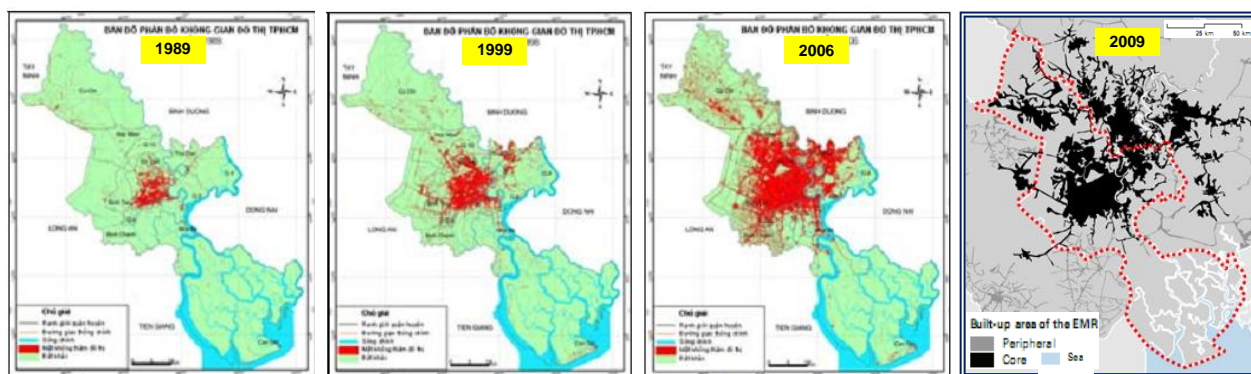
aspect is the enhancement of design standards by setting standards on access control and the functionality of roads in coordination with other parameters such as design speeds. At present, this is not considered by the current Vietnamese road network planning and road design standards, and as example, Figure 2.5, 2.6, and 2.8 describes the road

classification standards in US and European countries. This has strong effect on road traffic

safety because of the mixture of high-speed through traffic, and the stop-and-go flow of local traffic.

3. The Impact of Urbanization on Road Traffic Safety

3.1 Urbanization and Population in HCMC (1989 – 2009)



Source: Tran, 2007 and Antoine, 2011

Figure 3.1 Maps of urban spatial distribution in HCMC (1989 - 2009)

The maps of urban spatial distribution in HCMC show rapid urbanization from 1989 to 1999, but the trend was down by 13.41 % each year from

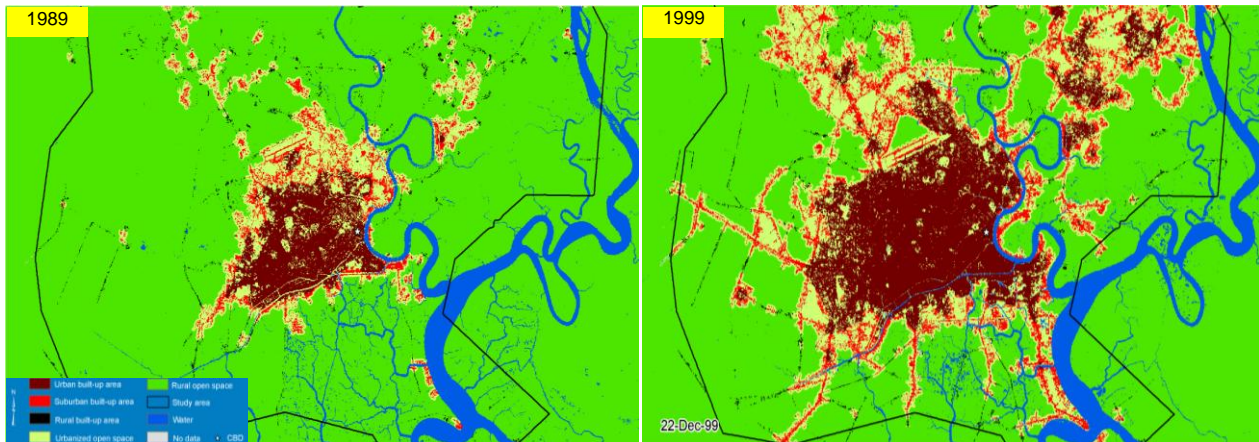
2000 to 2006. The pace of urbanization rocketed from 2006 to 2009, even faster than the period from 1989 to 1999 as shown in table 3.1.

Table 3.1 Urban area (km²) and Population in HCMC

Year	Total Built-Up Area (km ²)	Percentage of City Area (%)	Total Urban Area Annual Change (%)	Population (million)
2009	879.00	41.96	-	7.16
2006	407.83	19.47	38.51	6.43
1999	210.33	10.04	13.41	4.31
1989	72.83	3.48	18.88	3.58

Source: Tran, 2007 and Antoine, 2011

3.1.2 A typical characteristic of urbanization in HCMC



Source: LINCOLN Institute of Land Policy, 2010

Figure 3.2 Urban expansion in HCMC (1989-1999) with the linear settlement alongside the roads

In view A, before urbanized, there were only a few houses along the side of the road. Most of these houses serve as temporary accommodation for the farmers who were in charge of the farming in the areas.

In this period of time the roadway is rural in character, with few delays caused by vehicles entering or exiting the road way. Driving through the area is a relatively stress-free experience.

VIEW A



In view B, the increase in population led to the increasing needs for housing, which resulted in spontaneously-established residential settlements along the roadsides.

More housing and urban development, more commercial development has taken place, and the resulting side streets add more opportunities for vehicle to enter or leave the roadway, causing poorer traffic flow. Vehicle spacing is denser, as traffic volumes have increased, and the average speed has dropped.

VIEW B



In view C, resident areas alongside the road, food shops, and supper markets develop without applying access management leading to addition of too many driveways and intersections causes traffic to be restricted by vehicles entering or exiting the roadway. This condition causes vehicles to collide; resulting in more crashes, and slow through traffic. Driving through the area has become highly stressful, and the average speed has dropped further.

VIEW C

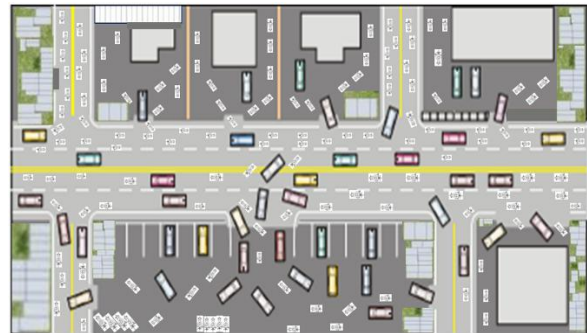


Figure 3.3 depicts how development and urbanization growth alongside the road and uncontrolled access surrounding provinces and other regions. The figure 3.2 shows that the highlight of the urbanization in HCMC is linear settlement along the sides of the roads connecting HCMC and

3.2 Urbanization as a Major Factor of Roads' Function and Safety

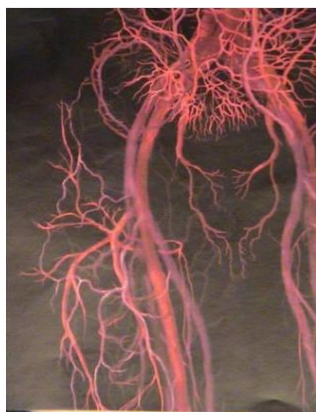
3.2.1 Primary function of roads

An efficient and safe road network is organized like our blood system. It is a hierarchy of arteries and veins. It is further divided to main arteries, distributor arterioles and capillaries to access single cells in the muscles and organs. The blood moves much faster in the main arteries than in capillaries as shows in table 3.2.

Table 3.2 Blood system function in comparison to blood flow

Blood system	Flow/speed
Main arteries (to legs and arms)	5.8 (cm/s)
Arterioles (to organs)	0.28 (cm/s)
Capillaries (to organs)	0.05 (cm/s)

Taken from Hans-Joachim Vollpracht, PIARC Road Safety Seminar, Lome, Togo, October 2006



Taken from Hans-Joachim Vollpracht, PIARC Road Safety Seminar, Lome, Togo, October 2006

Figure 3.4 The comparison of the blood system and the road network

The main blood vessels never provide their surrounding tissue and the organs directly as in

figure 3.4. The road network has a similar function and therefore fast and long-distance traffic is

separated from the slow local traffic. The main roads of the road network should have a strict access control, to be in the same function as the arteries are in our blood system. The road's function is defined by the shape and size of vehicles, presence of other participants in traffic as vulnerable road users, speed limit, traffic volume, road geometry and connecting. Roads should be designed by considering road's functions, in such a way for the traffic to flow smoothly and

evenly, with a clear, credible and safe design to provide safety for all. In case of urbanization, as almost anyone can build a house, warehouse or other industrial structure alongside long-distance roads, their function has changed towards the connecting roads and the connecting roads have become collector roads. The consequences are lower level of service, lower travel speed, worse traffic safety and all that as up to great financial losses.

3.2.6 Urbanization and Traffic Safety



Figure 3.5 Urbanization with linear settlement alongside the National Road 1A in HCMC without applying access management practices.

Urbanization has a great impact on traffic safety and roads' function. If we (professionals, communities, decision-makers) will not deal with the problem, our roads will not comply to the standards and vision regarding safety and welfare. In the end, the costs of dealing with the problem will be too high and we will not be able to

finally cope with them. The dispersed construction alongside the roads (figure 3.5) is a very negative phenomenon, for the environment, traffic safety and roads' function.

Many studies have shown that crash rates increase with greater number frequency of driveways and intersection as in figure 3.6.

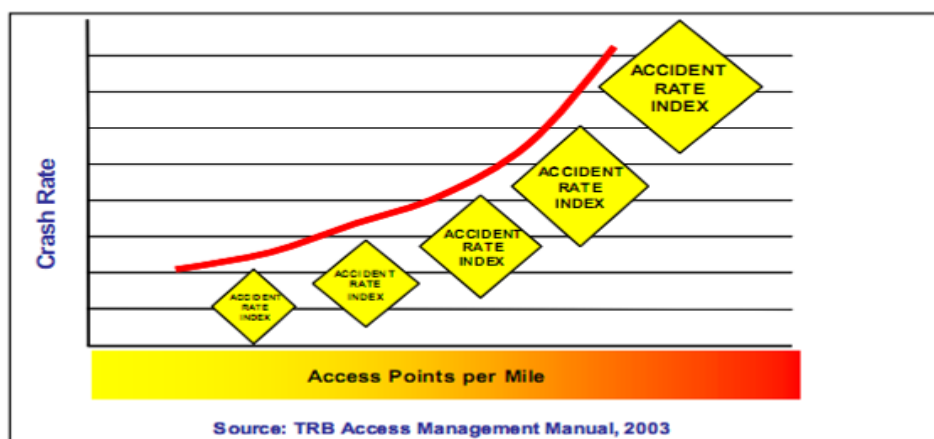


Figure 3.6 Relationship of crash rate to access points per mile

The number of junction on roads and the effect of possible conflicts between road users should be minimized. A special care must be taken in the vicinities of schools along or near the national

roads or provincial roads. The investments in infrastructure must be made to improve road safety for the vulnerable road users, and make sure that their locations and designs are adequate.

3.3 The Impact of Urbanization on Road Traffic Safety in HCMC

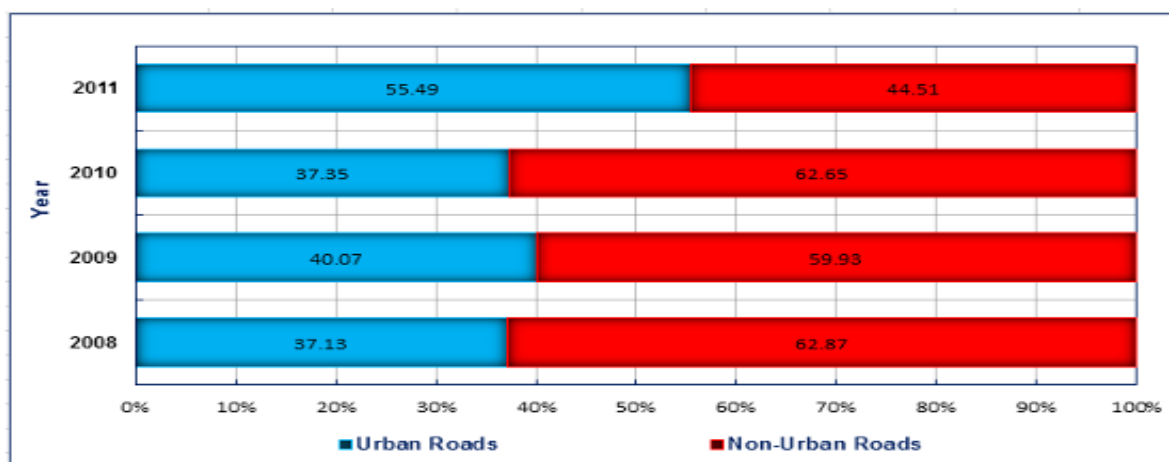


Figure 3.7 Percentage of road traffic accidents according to type of roads in HCMC (2008 – 2011)

Each year Ho Chi Minh City experiences approximately 12,000 of road accidents including fatality, injury, and property damage only. Approximately 60% of these accidents occur in non-urban roads in urbanization area without applying access management. According to Nguyen and Pichai (2011), the number of black spots in national roads, provincial roads has gradually

increased in last recent years. These black spots are located in areas which rapid urbanization. The density of fatal accident in the segments of national road 1A, national road 52, and national road 22 in HCMC even reached 2.0 to 3.0 accidents per km.

The facilities of the new residential settlement along the roadsides increased the access to these roads; and therefore the existing roads could no

longer function as they had been designed. In other word the nature of these roads were changed in terms of function. Overall the traffic situation became chaotic with more accidents.

4. Suggested Solutions

- To develop the guidelines, standards related to transport planning, roads design, urban development planning, and regional development planning suitable for the particular conditions in Vietnam;
- To apply access management to the road networks;
- To apply corridor management to the road networks;
- To cooperate in the transport planning, regional development planning, and urban development planning;
- Holistic solutions based on five sustainable safety principles should be developed and applied so as to increase the effectiveness of the process of improving road traffic safety in HCMC. These principles are the functionality of roads, the homogeneity of mass and/or speed and direction, physical and social forgivingness, recognition and predictability of roads and behavior, and state awareness.

References

- [1] ALMEC, 2008, Study on National Road Traffic Safety Master Plan in the Socialist Republic of Vietnam until 2020.
- [2] ALMEC, 2005, Study on Traffic Safety Stakeholders of Inter-urban National Road in the Socialist Republic of Vietnam, Final report.
- [3] Atlas of Urban Expansion, <http://www.lincolnst.edu>, Lincoln and Institute of Land and Policy.
- [4] An International Centre Supported by Deutsch Bank, <http://lsecities.net>, The London School of Economics and Political Science.
- [5] Japan International Cooperation Agency (JICA), 2005, **Study on Urban Transport Master Plan and Feasibility Study in HCM Metropolitan Area** (HOUTRANS), Final Report, Volume 2: Master Plan Study.
- [6] LIMA & ASSOCIATES Transportation – G.I.S, **Access Management Manual**, 2008.
- [7] Michigan Department of Transportation, Reducing Traffic Congestion and Improving Traffic Safety in Michigan Communities: **The Access Management Guidebook**, 2001.
- [8] Nguyen Huu HUY and Pichai TANEERANANON, 2010, Centre for Road Safety Research, Department of Civil Engineering, Prince of Songkla University, **Reality of Urban Road Safety in Ho Chi Minh City and Suggested Solutions**.
- [9] Nguyen Huu HUY and Pichai TANEERANANON, 2011, Centre for Road Safety Research, Department of Civil Engineering, Prince of Songkla University, **Phenomenon of Black Spot Relocation in Ho Chi Minh City: Causes and Lessons**.
- [10] Shlomo Angel, Jason Parent, Daniel Civco, Alexander Blei, and David Potere, Lincoln Institute of Land Policy, 2010. *A Planet of Cities: Urban Land Cover Estimates and Projections for All Countries, 2000-2050*.
- [11] Tran Thi VAN, Hoang Thai LAN, Le Van TRUNG, 2007, **Research on The Change Of Urban Surface Temperature Under Impact of Urbanization In Ho Chi Minh City by Using Remote Sensing Data**, Institute for Environment and Resources, Vietnam National University Ho Chi Minh City, 142 To Hien Thanh, Dist. 10, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- [12] Uroš Brumec, 2010, **Urbanism as a Major Factor of Roads' Function and Safety**, DRI upravljanje investicij, d.o.o. Kotnikova ulica 40, P.O.B. 258, SI - 1000 Ljubljana, Slovenia.

การสืบสวนสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะ: กรณีศึกษาภาคใต้

Crash Investigation of Public Transport: A Case Study of Southern Thailand

หมายเลขบทความ: SCS12-016

เอกลักณ์¹, ปรมเสวร์ เหลือเทพ², พิชัย ชานีรณานนท์³

Ekkalak Kanchanapen, Paramet Luatthep, Pichai Taneerananon

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์. 074-558789 โทรสาร 074-446519

E-mail: pom_ekalak@hotmail.com

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์. 074-287125 โทรสาร 074-446519

E-mail: paramet007@hotmail.com

³ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

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

E-mail: breathislife@yahoo.com

บทคัดย่อ

อุบัติเหตุจากรถทางถนนที่เกิดจากรถโดยสารสาธารณะเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นจำนวนมาก แม้หน่วยงานหลายฝ่ายได้ร่วมมือกันเสนอมาตรการและวิธีการเพื่อรับมือกับปัญหาดังกล่าว หลายมาตรการและวิธีการมีส่วนช่วยลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะได้ แต่ยังไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับความสูญเสียที่ยังคงมีอยู่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสืบสวนและวิเคราะห์สาเหตุการเกิดและความรุนแรงของอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะในพื้นที่ศึกษา 14 จังหวัดภาคใต้ และเพื่อเสนอแนวทางและมาตรการในการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะ การวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ความรู้และกระบวนการสืบสวนอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึก ในการเก็บข้อมูลลักษณะการชนและข้อมูลยานพาหนะในที่เกิดเหตุ สอบถามเหตุการณ์จากผู้รอดชีวิตและพยาน รวมทั้งรวบรวมข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จาก 15 กรณีศึกษา พบว่า ความเร็วของยานพาหนะและความเหนื่อยล้าของผู้ขับขี่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ส่วนปัจจัยที่ก่อให้เกิดความรุนแรงของอุบัติเหตุ พบว่า เกิดจากโครงสร้างของตัวรถและเก้าอี้ผู้โดยสารที่ไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ การไม่มีเข็มขัดนิรภัยสำหรับผู้โดยสาร และการไม่ให้ความสำคัญกับการใช้เข็มขัดนิรภัยของผู้โดยสาร นอกจากนี้ ต้นไม้ข้างทางยังเป็นปัจจัยด้านถนนปัจจัยหนึ่งที่เกิดจากความรุนแรงของอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น คณะผู้วิจัยหวังว่าแนวทางและมาตรการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อภาครัฐและเอกชนในการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะต่อไป

คำสำคัญ: การสืบสวนอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึก, อุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะ, อุบัติเหตุจากรถและขนส่ง

Abstract

In Thailand, the issue of public transport accidents is a significant problem, which results in a large amount of life and property losses. Although, several traffic accident countermeasures and prevention have been proposed by various agencies, these are not enough because numerous losses still remain. This research aims to investigate and analyze the potential causes of occurrence and severity from public transport accidents in fourteen southern provinces (the study area) and to propose some recommendations to solve and prevent those crashes. In this study, the researchers apply a concept of in-depth crash investigation to collect all information, including crash scene, vehicle, victims and witnesses, and related information. From 15 case studies, the results show that vehicle speed and driver fatigue are major causes of the accidents. In addition, infirm structure of vehicles and passenger seats, the lack of passenger seat belts, and less attention paid on seat belt use are major factors leading to high severity. Moreover, the issue of roadside trees is the other factor that increases the intensity of the accidents. The researchers hope that the ways and measures proposed in this paper would be beneficial to government and private agencies in solving the problem of public transport accidents.

Keywords: In-depth crash investigation, Public transport accident, traffic and transport accident

1. คำนำ

ปัจจุบันอุบัติเหตุจราจรทางถนนเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะกรณีรถโดยสารสาธารณะซึ่งทำหน้าที่ขนส่งผู้โดยสารเป็นจำนวนมาก เมื่อเกิดอุบัติเหตุมักมีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บเป็นจำนวนมากตามมา มาตรการและวิธีการแก้ปัญหาจากที่หลายฝ่ายได้ร่วมมือกันส่งผลในทางที่ดีขึ้นแต่ยังไม่เพียงพอกับปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปอุบัติเหตุจราจรเกิดจากความผิดพลาดหนึ่งในสามปัจจัย หรือทั้งสามปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกันเป็นเหตุการณ์ลูกโซ่ คือ คน ยานพาหนะ และถนน/สิ่งแวดล้อม [2] การสืบสวนสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรทางถนนทำให้ทราบถึงสาเหตุของอุบัติเหตุและสามารถนำไปสู่มาตรการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุเพื่อนำไปสู่การจราจรที่ปลอดภัย คือ รถที่เหมาะสมกับการวิ่งบนถนน ถนนที่ปลอดภัย และคนขับที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด [4]

1.1. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

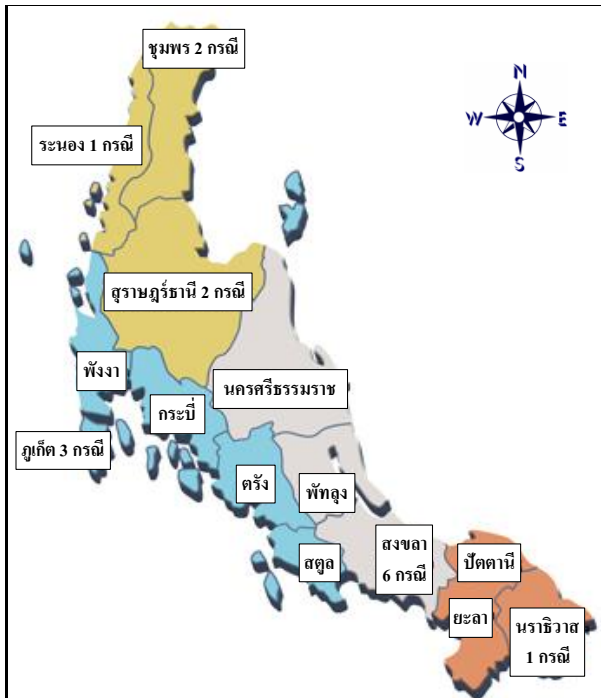
- 1) ศึกษาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะ
- 2) เสนอแนะแนวทาง และมาตรการในการป้องกันและแก้ไข

อุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะในประเทศไทย

ขอบเขตการศึกษาของบทความวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ (ดังรูปที่ 1) ได้แก่ ชุมพร, ระนอง, สุราษฎร์ธานี, พังงา, กระบี่, ภูเก็ต, นครศรีธรรมราช, ตรัง, พัทลุง, สตูล, สงขลา, ปัตตานี, ยะลา และนราธิวาส โดยเลือกมา 15 กรณีศึกษา

2. การสืบสวนอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึก

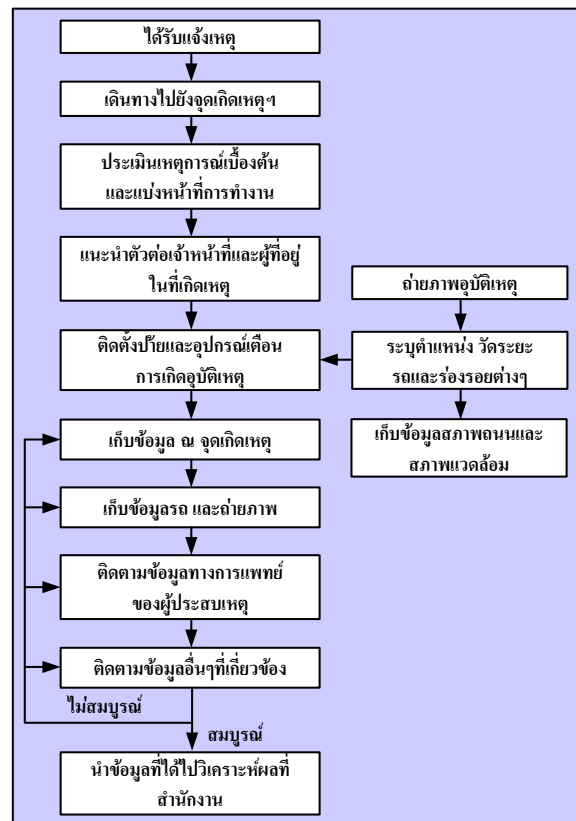
การสืบสวนอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึก เป็นการเก็บข้อมูลลักษณะการชนและข้อมูลยานพาหนะในที่เกิดเหตุ สอบถามเหตุการณ์จากผู้รอดชีวิตและพยาน รวมทั้งรวบรวมข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ข้อมูล อธิบายเหตุการณ์ก่อนชน ขณะชน และหลังชน เพื่อหาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงของอุบัติเหตุ อันเป็นประโยชน์ต่อการเสนอมาตรการป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุการจราจร [1], [4] และ [5] การวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์องค์ความรู้และกระบวนการสืบสวนอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึก เพื่อเก็บข้อมูลอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะจำนวน 15 กรณี ในพื้นที่ศึกษา 14 จังหวัดภาคใต้



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา 14 จังหวัดภาคใต้

2.1 ขั้นตอนการทำงานภายหลังรับแจ้งเหตุ

ขั้นตอนการทำงานภายหลังรับแจ้งเหตุ เริ่มจากการออกสำรวจเก็บข้อมูลอุบัติเหตุ ณ จุดเหตุ โดยการเข้าสู่ที่เกิดเหตุได้อย่างทันทีทันใดและปลอดภัย ซึ่งขั้นตอนการเก็บข้อมูลและติดตามข้อมูลมีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงานของแต่ละบุคคล การเก็บข้อมูลสถานที่เกิดอุบัติเหตุและข้อมูลยานพาหนะเป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมขณะชนและวิเคราะห์หาความเร็วขณะเกิดอุบัติเหตุ [4] และ [5] ส่วนข้อมูลผู้ประสบอุบัติเหตุได้จากการวินิจฉัยทางการแพทย์ ดังแสดงขั้นตอนการทำงานภาคสนามในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สรุปขั้นตอนการทำงานภาคสนาม

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุเชิงลึก

การวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุเชิงลึก เป็นการหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุที่ถูกต้อง โดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์ตามหลักความสัมพันธ์ในตารางของแฮดดอน (Haddon Matrix) ดังตารางที่ 1 [7] และ [3] เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของอุบัติเหตุ ซึ่งประกอบด้วย คน ยานพาหนะ และถนน/สิ่งแวดล้อม องค์ประกอบดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด โดยทั่วไปการเกิดอุบัติเหตุ เกิดจากความคิดพลาดหนึ่งในสามปัจจัย หรือทั้งสามปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกันเป็นเหตุการณ์ถูกไข [2] ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของการเกิดอุบัติเหตุต่างๆ ได้แก่ ก่อนเกิดอุบัติเหตุ ขณะเกิดอุบัติเหตุ และหลังเกิดอุบัติเหตุ ผลที่ได้ทำให้สามารถหาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุได้ตามช่วงเวลา ซึ่งการค้นหากลไกการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อหาแนวทางเริ่มต้นของการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึกนั้นต้องหาคำตอบของคำถามเหล่านี้คือ “ใคร” “เมื่อไหร่” “ที่ไหน” “อย่างไร” “ทำไม” ให้ได้ก่อน [4] คำถามเหล่านี้เป็นจุดเริ่มต้นของการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุการจราจรต่อไป

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการเกิดอุบัติเหตุเทียบกับช่วงเวลา
(Haddon Matrix)

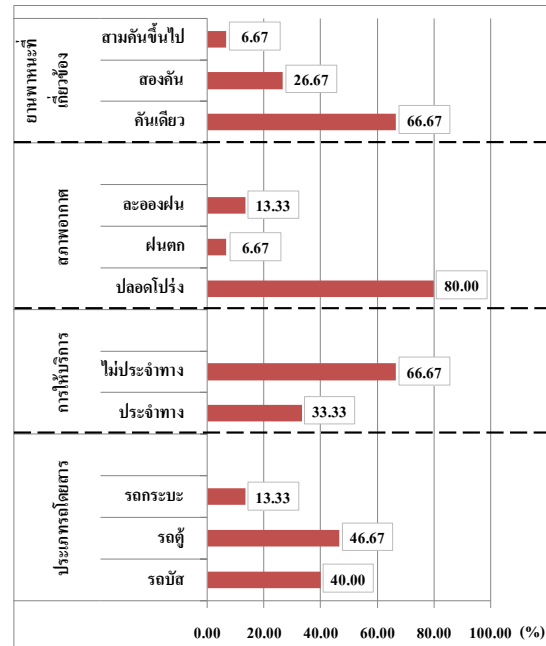
ปัจจัย	ก่อนเกิดอุบัติเหตุ	ขณะเกิดอุบัติเหตุ	หลังเกิดอุบัติเหตุ
คน	- การฝึกอบรม - พฤติกรรม (เมาสุรา, สารเสพติด)	- ติดตั้งอุปกรณ์ลดความแรง (เข็มขัดนิรภัย, ถุงลมนิรภัย)	- การพยาบาล ฉุกเฉิน
ยานพาหนะ	ความปลอดภัยหลัก (ระบบเบรก, แสงสว่าง)	- ความปลอดภัยรอง (การปกป้อง, การกระแทก)	- การกู้ภัย
ถนน/ สิ่งแวดล้อม	- การทาสีตีเส้นจราจร - รูปทรง เรขาคณิตของถนน	- ความปลอดภัยของสภาพแวดล้อม ข้างทาง (ไม่มีต้นไม้)	- การซ่อมแซม อุปกรณ์ด้านจราจร

ที่มา: Haddon (1980 cited in AUSTROADS, 2004); พิชัย ธานีรัตนานนท์, 2551

3 ผลการศึกษา

3.1 ภาพรวมของอุบัติเหตุจากจรดโดยสารสาธารณะ 15 กรณีศึกษา

ภาพรวมของอุบัติเหตุจากจรดโดยสารสาธารณะ 15 กรณีศึกษา ซึ่งเริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 ดังสรุปในรูปที่ 3 พบว่า รถตู้เกิดอุบัติเหตุสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 47 รองลงมา คือ รถบัส (ร้อยละ 40) และ รถกระบะ (ร้อยละ 13) ตามลำดับ รถโดยสารส่วนใหญ่ที่เกิดอุบัติเหตุ นั้น เป็นรถโดยสารประเภทไม่ประจำทาง คิดเป็นร้อยละ 67 (ประเภทประจำทาง คิดเป็นร้อยละ 33) นอกจากนี้พบว่า อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.67 เกิดจากจรดโดยสารคันเดียว รองลงมา เกิดจากยานพาหนะสองคัน ร้อยละ 26.67 และจากยานพาหนะหลายคัน ร้อยละ 6.67 ตามลำดับ ความรุนแรงจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถคันเดียว พบว่า รถไปชนกับวัตถุอันตรายข้างทาง/เกาะกลางถนน เช่น ต้นไม้ เสาไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งพื้นที่ในภาคใต้นั้นบริเวณข้างทาง/เกาะกลางถนน มีการปลูกต้นไม้เป็นแนวยาวเกือบตลอดเส้นทาง (ดังรูปที่ 4) รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงหมายเลข 41 บริเวณหมู่ 15 บ้านคลองกลาง ตำบลละแม จังหวัดชุมพร



รูปที่ 3 ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุจากจรดโดยสารสาธารณะ ในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4 ต้นไม้ขนาดใหญ่บริเวณเกาะกลางถนนที่อยู่ใกล้กับถนนตลอดแนวเส้นทาง



รูปที่ 5 รถตู้ไม่ประจำทางเสียหลักชนต้นไม้ บริเวณเกาะกลางถนน

ด.ละแม จ.ชุมพร

3.2 สรุปจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ

สำหรับจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุรถโดยสาร 15 กรณีศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุรถทุกประเภทในพื้นที่ภาคใต้ ในช่วงเวลาเดียวกัน (ดังตารางที่ 3) พบว่า จำนวนผู้โดยสารที่ได้รับบาดเจ็บเล็กน้อยจากรถโดยสารมากกว่ารถทุกประเภท คิดเป็นร้อยละ 18.62 รองลงมาผู้โดยสารที่ได้รับบาดเจ็บสาหัสจากรถโดยสารมากกว่ารถทุกประเภท ร้อยละ 2.35 และผู้โดยสารที่เสียชีวิตจากรถทุกประเภทมากกว่ารถโดยสาร ร้อยละ 20.99 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 จำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ 15 กรณีศึกษา
ในพื้นที่ภาคใต้

ความรุนแรง	รถโดยสารสาธารณะ		รถทุกประเภท	
	(คน)	(%)	(คน)	(%)
เสียชีวิต	34	10.79	1,687	31.78
บาดเจ็บสาหัส	54	17.14	785	14.79
บาดเจ็บเล็กน้อย	227	72.06	2,837	53.44
รวม	315	100	5,309	100

3.3 สรุปปัจจัยของการเกิดอุบัติเหตุ

3.3.1 ความผิดพลาดของคนขับ

ความผิดพลาดของคนขับเป็นส่วนสำคัญในการเกิดอุบัติเหตุ คิดเป็นร้อยละ 63.33 ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ปัจจัยความผิดพลาดของคนขับที่มีสัดส่วนสูงสุด คือ การขับด้วยความเร็วสูง (ร้อยละ 40) รองลงมา คือ การขับรถเป็นเวลานานทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย/หลับใน (ร้อยละ 16.67) ส่วนการแซงในระยะประชิดและการตัดสินใจผิดพลาดของคนขับมีสัดส่วนที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 3.33

3.3.2 ถนนบกพร่อง

จากตารางที่ 4 ถนนบกพร่องเป็นสาเหตุรองของการเกิดอุบัติเหตุ คิดเป็นร้อยละ 26.67 และพบว่า ปัจจัยด้านถนนที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คือ ฝนตก/ถนนลื่น (ร้อยละ 13.33) รองลงมา คือ การจัดการถนนไม่ดีและทัศนวิสัยไม่ชัดเจน (ร้อยละเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ

6.67) ตัวอย่างของการจัดการถนนไม่ดีดังแสดงในรูปที่ 6 ส่วนรูปที่ 7 แสดงตัวอย่างทัศนวิสัยของแนวเส้นทางที่ไม่ชัดเจน

3.3.3 รถบกพร่อง

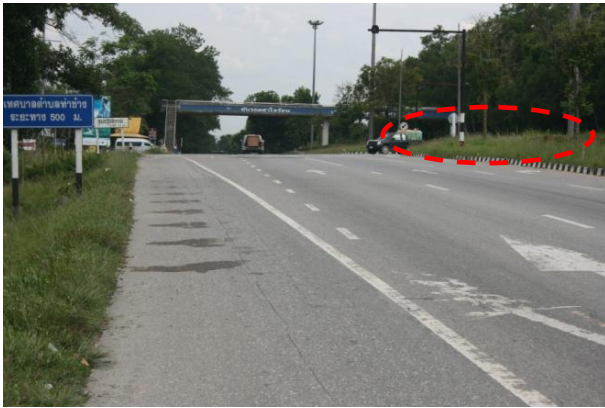
สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากความบกพร่องของรถ คิดเป็นร้อยละ 10 ดังแสดงในตารางที่ 4 อุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดจากรถบัสที่ใช้ในการเดินทางขึ้นเนินเขา และขณะลงเนินเขาที่มีทางโค้งมาก ซึ่งต้องใช้เบรกมาก ทำให้ผ้าเบรกร้อนและเบรกไม่ทำงาน เมื่อระบบเบรกขัดข้อง ทำให้คนขับควบคุมรถได้ยากขณะลงเนินเขา จึงเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดอุบัติเหตุ ดังแสดงในรูปที่ 8

ตารางที่ 4 สาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะ 15
กรณีศึกษา

สาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุ		(%)	รวม
ความผิดพลาด ของคนขับ	ขับด้วยความเร็วสูง	40.00	63.33
	แซงในระยะประชิด	3.33	
	การตัดสินใจผิดพลาดของคนขับ	3.33	
	ร่างกายอ่อนเพลีย/หลับใน	16.67	
ถนนบกพร่อง	ทัศนวิสัยไม่ชัดเจน	6.67	26.67
	การจัดการถนนไม่ดี	6.67	
	ฝนตก/ถนนลื่น	13.33	
รถบกพร่อง	ระบบเบรกขัดข้อง	10.00	10



รูปที่ 6 ไม่มีป้ายบอกกรวดวังสวนทางและกรวยแบ่งช่องทางจราจร บริเวณ
ทางเบี่ยง บ้านมดแดง อ.เวียงสระ จ.สุราษฎร์ธานี



รูปที่ 7 มีคันใหญ่คับบ่งไม่สามารถมองเห็นแยกทางขวาบนช่วงถนนขึ้นเนิน บริเวณ 4 แยก บ้านท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ.สงขลา



รูปที่ 9 ไม่มีเข็มขัดนิรภัยติดตั้งภายในรถโดยสาร กรณีรถมินิบัสสายหาดใหญ่ – ภูเก็ต เสียหลัก จ.สงขลา



รูปที่ 8 ราวกันอันตรายไม่สามารถป้องกันรถหัวร ทำให้เสียหลักตกข้างทาง บริเวณโค้งสะตอ ต.กระน จ.ภูเก็ต



รูปที่ 10 โครงสร้างรถด้านข้าง และโครงหลังคาหลุดออกจากตัวถังรถ กรณีรถตู้ชนรถบรรทุก 6 ล้อ บริเวณทางเบี่ยง จ.สุราษฎร์ธานี

3.4 สรุปสาเหตุความรุนแรงของอุบัติเหตุ

เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นแล้วความรุนแรงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้โดยสารและคนขับรถเสียชีวิตหรือมีอาการบาดเจ็บสาหัสเพิ่มขึ้น ตารางที่ 5 จากการศึกษาสาเหตุที่ก่อให้เกิดความรุนแรง พบว่า ไม่มีเข็มขัดนิรภัยติดตั้งในตัวรถโดยสารสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 17.65 (ดังรูปที่ 9) รองลงมาคือ โครงสร้างตัวรถไม่แข็งแรง/ไม่ได้มาตรฐาน เช่น แก้อีหลุดออกจากตัวรถ ร้อยละ 16.18 (ดังรูปที่ 10 - 12) ถัดมาขับเร็วและมีดินไม่ขนาดใหญ่ (ดังรูปที่ 13), เสาไฟฟ้าข้างทาง/เกาะกลางมีร้อยละเท่ากัน (ร้อยละ 13.24) ตามลำดับ



รูปที่ 11 น็อตยึดโครงหลังคาและแก้อีหลุดออกจากตัวถังรถ กรณีรถกระบะชนรถบรรทุก 10 ล้อ บริเวณ 4 แยก บ้านท่าช้าง จ.สงขลา



รูปที่ 12 แก้อีหลุดออกจากตัวถังรถ กรณีรถทัวร์ประจำทางสาย
กรุงเทพ – เกาะพัง เสียหลักชนเสาไฟฟ้า จ.สุราษฎร์ธานี



รูปที่ 13 รถตู้ประจำทางเสียหลักชนต้นไม้ บริเวณ ต.บางคาวา
อ.หนองจิก จ.ปัตตานี

ตารางที่ 5 สาเหตุความรุนแรงของอุบัติเหตุจากรถโดยสารสาธารณะ 15
กรณีศึกษา

สาเหตุความรุนแรงของอุบัติเหตุ	จำนวน (กรณี)	(%)
ขับรถด้วยความเร็วสูง	9	13.24
ไม่คาดเข็มขัดนิรภัย	7	10.29
ไม่มีเข็มขัดนิรภัยติดตั้งในตัวรถ	12	17.65
ไม่มีราวกันอันตราย ที่โหล่งทาง/เกาะกลาง	8	11.76
ราวกันอันตรายไม่สามารถป้องกันรถที่เสียหลักไปชนได้	2	1.47
บรรทุกเกินความจุ	3	4.41
โครงสร้างตัวรถไม่แข็งแรง/ไม่ได้มาตรฐาน	11	16.18
มีต้นไม้ขนาดใหญ่/เสาไฟฟ้าข้างทาง/เกาะกลาง	9	13.24
การนำรถกระบะมาดัดแปลงกระบะท้ายเพื่อบรรทุก ผู้โดยสาร	2	2.94
เป็นถนนขดเคี้ยว ขึ้นเขาและลาดชันลง	3	4.41
ระดับไหล่ทางกับผิวทางมีระดับแตกต่างกันมาก	3	4.41

4. ข้อเสนอแนะเพื่อลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง

4.1 ข้อเสนอแนะเพื่อลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ

ปัจจัยด้านคน

1. บริษัทขนส่งควรทบทวนเรื่องชั่วโมงการทำงาน และตรวจสอบเวลาที่ผู้ขับรถโดยสารสาธารณะได้พักระหว่างเที่ยวไปและกลับ
2. รมรณงค์และบังคับให้ผู้ขับรถโดยสารสาธารณะปฏิบัติตามความเร็วที่กฎหมายกำหนด
3. กรมการขนส่งควรพัฒนาผู้ขับรถโดยสารสาธารณะอย่างมืออาชีพแบบต่อเนื่อง โดยต้องผ่านการฝึกอบรม มีใบอนุญาตขับขี่ถูกต้อง มีทักษะในการขับรถโดยสารในเส้นทางที่ซับซ้อน โดยเฉพาะ การเลือกใช้ความเร็ว การใช้เกียร์และเบรก การปรับการวิ่งของรถกรณีฉุกเฉิน และการเตรียมพร้อมสำหรับการขับรถ เป็นต้น
4. รมรณงค์ผู้ขับขี่ในเรื่อง “ช่วงอย่าขับ ลดอุบัติเหตุ” ผู้ขับรถโดยสารสาธารณะต้องมีการพักผ่อนอย่างเพียงพอก่อนการออกเดินทาง
5. บังคับให้คนขับรถลดความเร็วในขณะขับขี่เข้าสู่บริเวณที่มีการก่อสร้าง
6. บริษัทขนส่งควรให้ รถตู้/รถบัสไม่ประจำทาง ต้องมีคนขับ 2 คน ในกรณีที่ต้องขับเกิน 6 ชั่วโมง

ปัจจัยด้านยานพาหนะ

1. กรมการขนส่งควรเข้มงวดต่อการตรวจสอบสภาพและความปลอดภัยของรถบัส/รถตู้
2. รัฐบาลควรควบคุมความเร็วรถโดยสารสาธารณะ โดยการใช้อุปกรณ์เฝ้าติดตาม เช่น การใช้ GPS
3. บริษัทขนส่งควรจัดทำมีรายการ (check list) เพื่อตรวจสอบความพร้อมของขบวนที่จะให้บริการทุกครั้งก่อนออกเดินทาง
4. บริษัทขนส่งควรทบทวนเรื่องน้ำหนักและปริมาณการบรรทุกให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของตัวรถ โดยเฉพาะรถโดยสาร หรือรถนำเที่ยว
5. กรมทางหลวงควรมีการประเมินบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างทางเรื่องความปลอดภัยทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน (กรณีที่มีการก่อสร้าง/ซ่อมบำรุงทาง)

ปัจจัยด้านถนนและสิ่งแวดล้อม

1. กรมทางหลวงควรติดตั้งอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ชะลอ/ลดความเร็ว เช่น ป้ายระวังอันตรายทางโค้ง ไฟกระพริบในบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง เป็นต้น
2. บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างทางควรติดตั้ง Guidepost ให้ห่างออกไปฝั่งละประมาณ 500 เมตร จากจุดเริ่มต้น/สิ้นสุดการก่อสร้างเพื่อแยกช่องทางการจราจรให้ชัดเจน

3. บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างทางควรติดตั้งป้ายเตือนทางเบี่ยงให้ถูกต้องและชัดเจน เช่น ป้ายจุดเริ่มต้นทางเบี่ยง, ป้ายจำกัดความเร็ว, ไฟส่องสว่างบริเวณทางเบี่ยง, ป้ายเตือนรถวิ่งสวนทางกัน, ป้ายห้ามแซง และไฟกระพริบ เป็นต้น
4. บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างทางควรจัดให้มีมุมมองและความสว่างที่เพียงพอ ทั้งกลางวัน, กลางคืน และขณะฝนตก บริเวณที่มีการก่อสร้าง
5. กรมทางหลวงควรเพิ่มสัมประสิทธิ์ความเสี่ยงความเสียหายของผิวถนน โดยเฉพาะช่วงทางโค้ง, ทางขึ้น/ลงเนิน
6. กรมทางหลวงควรปรับปรุงจุดเสี่ยงบริเวณทางแยก เช่น การติดตั้งป้ายเตือนอันตรายให้ชัดเจนก่อนถึงจุดทางแยก ตัดหญ้าที่บดบังระยะมองเห็นของผู้ขับขี่ เป็นต้น

4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อลดความรุนแรงของการชน/อุบัติเหตุ

ปัจจัยด้านคน

1. รมรบังคับให้ผู้โดยสาร/คนขับใช้เข็มขัดนิรภัยทุกตำแหน่งที่นั่ง
2. รมรบังคับให้ผู้ขับปฏิบัติตามความเร็วที่กฎหมายกำหนด

ปัจจัยด้านยานพาหนะ

1. บริษัทขนส่งควรบังคับคนขับรถไม่ให้บรรทุกผู้โดยสารเกินกว่ากำหนด
2. บริษัทขนส่งควรเลือกใช้รถที่มีโครงสร้างแข็งแรงปลอดภัยตามมาตรฐาน Euro NCAP
3. กรมการขนส่งควรทบทวนรูปแบบมาตรฐานของรถสองแถวที่มีความปลอดภัยน้อย เมื่อเกิดการชน เช่น การนำรถกระบะมาดัดแปลงเป็นรถโดยสารสาธารณะ ต้องมีมาตรฐานชัดเจน ทั้งการติดอุปกรณ์ป้องกันผู้โดยสารหลุดออกนอกตัวรถ และโครงสร้างของหลังคาผู้โดยสารต้องแข็งแรง รับแรงกระแทกได้ เป็นต้น
4. รมรควให้ผู้ขับขี่เห็นความสำคัญกับการตรวจเช็คสภาพรถ บัส โดยเฉพาะระบบเบรก

ปัจจัยด้านถนนและสิ่งแวดล้อม

1. กรมทางหลวงควรติดตั้งอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ชะลอ/ลดความเร็ว
2. กรมทางหลวงควรตระหนักถึงมาตรฐานในการออกแบบและก่อสร้างถนน เช่น บริเวณข้างทางต้องไม่มีต้นไม้ใหญ่ที่มีขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 10 เซนติเมตร หรือวัดอันตรายอื่นๆ อยู่ในเขตปลอดภัยข้างทาง (Clear Zone) ที่ระยะห่างจากขอบทางไม่น้อยกว่า 8-10 เมตร ตามมาตรฐาน AASHTO

3. กรมทางหลวงควรติดตั้งราวกันอันตรายบริเวณทางโค้ง
4. กรมทางหลวงควรติดตั้งราวกันอันตรายที่มีประสิทธิภาพ ณ จุดเสี่ยง ทุกจุดที่สามารถปกป้องขยวดยานขนาดใหญ่ได้ โดยเริ่มจากจุดที่เคยเกิดเหตุแล้วติดตั้งและบังคับการใช้ความเร็ว

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนเพื่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน (กปถ). ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สถานีตำรวจภูธรบางกล่ำ สถานีตำรวจภูธรรัตภูมิ สถานีตำรวจภูธรเขานิพันธ์ สถานีตำรวจภูธรสะบ้าย้อย สถานีตำรวจภูธรคลอง สถานีตำรวจภูธรระยอง สถานีตำรวจภูธรระยอง สถานีตำรวจภูธรบ้านในหุด สถานีตำรวจภูธรกาญจนดิษฐ์ โรงพยาบาลหาดใหญ่ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โรงพยาบาลกรุงเทพภูเก็ต โรงพยาบาลระนอง โรงพยาบาลสุราษฎร์ธานี โรงพยาบาลชุมพร โรงพยาบาลสะบ้าย้อย โรงพยาบาลวชิระภูเก็ต โรงพยาบาลราชวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โรงพยาบาลกาญจนดิษฐ์ โรงพยาบาลหลังสวน สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 ซึ่งได้ส่งเจ้าหน้าที่มาร่วมในหลายกรณีศึกษา และหน่วยกู้ภัยต่างๆ รวมถึงทั้งเครือข่ายจังหวัดใหญ่ คุณเกียรติศักดิ์ อินแก้ว ผู้ประสบเหตุและญาติที่ได้ให้ความร่วมมือในทุกด้าน พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาคดีเหตุจราจรที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปรมศวร์ เหลือเทพ, พิพัฒน์ ทองนิม และ พิชัย ธานีธนานนท์, 2550. การใช้การสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุในเชิงลึกเพื่อปรับปรุงวิธีการลดอุบัติเหตุจราจร, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, หน้า 39-43
- [2] พิชัย ธานีธนานนท์, 2549. ถนนปลอดภัยด้วยหลักวิศวกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [3] พิชัย ธานีธนานนท์, 2551, Workshop on Road Crash Investigation, สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 สงขลา, อบรมเชิงปฏิบัติการ, สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
- [4] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจรกระทรวงคมนาคม [สนข.], 2552. รายงานสรุปผลการศึกษาระบบบูรณาการในภาพรวม

ของประเทศไทย, โครงการศึกษาประยุกต์ใช้ตัวแบบหน่วยสืบสวน
อุบัติเหตุจากการขนส่งและจราจรเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติ, กระทรวง
คมนาคม, กรุงเทพฯ

- [5] อรรถกร สาละ และ พนุญณ คลังบุญครอง, 2553. การศึกษา
แนวทางการสืบสวนอุบัติเหตุการจราจรเชิงลึก: ตัวอย่างกรณีศึกษา
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน, สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่ง
แห่งประเทศไทย, หน้า 93-100
- [6] โอภาส สมใจนึก, 2545. การศึกษาอุบัติเหตุของรถโดยสารใน
ประเทศไทย, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [7] AUSTROADS., 2004. (Base on Haddon, 1980), Guide to Traffic
Engineering Practice Part IV: Treatment of Crash Location, Sydney
- [8] HVE-2D Human Vehicle Environment version 5 (2006), 8rd
Edition , Engineering Dynamic Corporation USA.
- [9] Solah, M.S., Mdisa, M.H., Ariffin, A.H. and WONG S.V., 2012.
in-depth crash investigation on bus accidents in malaysia, Journal
of Society for Transportation and Traffic Studies, Vol.3, No.1,
pp.22-31.

การตรวจสอบความปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร
: เส้นทางที่ศึกษา สถานีป่าเจ้าเมืองพาน

Safety assessment for railroad crossing with traffic sign

: A case study Pasao train station to Saraphi train station

บทความหมายเลข: SCS12-017

อาชิระญา ภัทรชนวัฒน์¹, รัตนพงษ์ ช้างช้า², วชิระ วิจิตรพงษ์³, อรรถวิทย์ อุปโยคิน⁴

Archiraya Phatthanawat, Ratanapong ChungChua, Wachira Wijitpongsa, Auttawit Upayokin

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์: 084-366-6938 E-mail: auauga444@gmail.com

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์: 087-300-7715 E-mail: kwang559@hotmail.com

³ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์: 087-314-0051 E-mail: wachira.tran@gmail.com

⁴ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์: 0-5394-4156 ต่อ 109 E-mail: auttawit@yahoo.com

บทคัดย่อ

จากข้อมูลการรถไฟแห่งประเทศไทยพบว่าปัจจุบันจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรมีประมาณทั้งสิ้น 1,003 แห่ง โดยเป็นเส้นทางรถไฟสายเหนือจำนวน 140 แห่ง ซึ่งลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุบนเส้นทางรถไฟสายเหนือพบว่าเกิดที่จุดตัดทางรถไฟกับถนนส่วนใหญ่เกิดขึ้นในบริเวณจุดตัดที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ลักษณะการวางแนวของรางรถไฟที่ขนานกับถนนจึงทำให้เกิดจุดตัดกับทางรถไฟในระยะกระชั้นชิด ระยะการมองเห็นรถไฟไม่เพียงพอของผู้ขับขี่ ป้ายจราจรชำรุด ไฟฟ้าส่องสว่างเกิดการชำรุดเสียหายผู้ใช้ทางไม่สามารถที่จะมองเห็นได้อย่างชัดเจน ลักษณะพื้นผิวจราจรบริเวณจุดตัดที่เป็นหลุมเป็นบ่อ หรืออาจจะเกิดจากตัวผู้ขับขี่เองที่ขาดความระมัดระวังขณะข้ามจุดตัดทางรถไฟ โดยการศึกษาประกอบด้วยการสำรวจพื้นที่ทางกายภาพบริเวณจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร สภาพปริมาณการจราจรของจำนวนรถประเภทต่างๆที่วิ่งผ่านจุดตัดทางรถไฟต่อวันกับจำนวนรถไฟที่วิ่งผ่านจุดตัดต่อวัน เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุของแต่ละจุดตัด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกั้นอัตโนมัติของจุดตัดทางรถไฟและเสนอแนะการปรับปรุงความปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร

คำสำคัญ: ความปลอดภัย 1, จุดตัดทางรถไฟ 2, ค่าคูณความปลอดภัย 3, การควบคุมจราจร 4

Abstract

The State Railway of Thailand given that the current railroad crossing with traffic signs about 1,003 locations, in the northern of Thailand has 140 locations. The accident in the North railway line occurred at the railroad crossing with traffic signs due to a combination of reasons such as the physical characteristics of the railroad crossing with traffic signs, the lack of visibility from the driver, damaged traffic signs, electric light the

damage to the inability to see clearly. This research aims to study the suitability of installing an automatic barrier at the railroad crossing and suggestions to improve the safety of the railroad crossing with traffic signs. Researcher survey a physical characteristics in area of the railroad crossing with traffic signs, number of vehicle through railroad crossing per day and number of trains per day pass through the railroad crossing. There are use for analysis Traffic Moment, accident statistics for each intersection and impact of problems. So, this research study about solutions of the railroad crossing with traffic signs affect to driver's safety.

Keywords: Safety 1, Railroad crossing 2, Traffic moment 3, Traffic control 4

1. บทนำ

จากข้อมูลของการรถไฟแห่งประเทศไทย(รฟท.)ระบุว่า ปัจจุบันโครงข่ายเส้นทางรถไฟทั้งประเทศรวม 4,043 กิโลเมตร มีจุดตัดผ่านทางรถไฟทั้งสิ้น 2,449 แห่ง มีจุดตัดระหว่างทางรถไฟและทางถนนในระดับเดียวกันประมาณ 2,300 แห่งทั่วประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่มีแต่ป้ายจราจรเตือนโดยไม่มีเครื่องกั้นจึงเป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุสถิติการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละปีจากกระทรวงคมนาคม พบจำนวนผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตมีจำนวนสูงขึ้นเฉพาะที่เกิดจากการข้ามรถผ่านจุดตัดทางรถไฟกับถนน(รถยนต์)ปี2545-2553มีจำนวนมากถึง 1,378 ครั้ง บาดเจ็บ 1,276 ครั้งและเสียชีวิต 443 ศพ ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับรถไฟ เกิดจากขบวนรถดกราง ขบวนรถชนกันเอง ขบวนรถชนคน ชนสัตว์ ผู้โดยสารพลัดตกจากขบวนรถ ยานพาหนะชนเครื่องกั้น ขบวนรถชนกับยานพาหนะอื่น จากข้อมูลการรถไฟแห่งประเทศไทยระบุว่า ปัจจุบันมีทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรมีประมาณทั้งสิ้น 1,003 แห่ง เป็นเส้นทางรถไฟสายเหนือจำนวน 140 แห่ง ซึ่งการเกิดอุบัติเหตุของบนเส้นทางรถไฟสายเหนือพบว่าการเกิดอุบัติเหตุจุดตัดทางรถไฟกับถนนส่วนใหญ่เกิดขึ้นในบริเวณจุดตัดที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรเนื่องจากสาเหตุหลายประการประกอบกัน ลักษณะทางกายภาพของจุดตัด เช่น ระยะการมองเห็นรถไฟที่ไม่เพียงพอของผู้ขับขี่ ป้ายจราจรชำรุด ไฟฟ้าส่องสว่างเกิดการชำรุดเสียหายผู้ใช้ทางไม่สามารถที่จะมองเห็นได้อย่างชัดเจน สภาพการจราจรบริเวณจุดตัด หรืออาจจะเกิดจากตัวผู้ขับขี่เองที่ขาดความระมัดระวังขณะข้ามจุดตัดทางรถไฟ

เพื่อลดผลกระทบของปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาหาแนวทางในการแก้ไขจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรให้เหมาะสมและเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้สัญจรไปมา โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยของทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร และเพื่อเสนอแนะการปรับปรุงความปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษานี้ได้มีการตรวจสอบความปลอดภัยของจุดตัดที่มีการควบคุมด้วยป้ายจราจร โดยใช้เกณฑ์การจัดระบบความปลอดภัยของทางตัดผ่านทางรถไฟ

ค่า Traffic Moment; TM

- TM. ต่ำกว่า 10,000 ติดตั้งป้ายจราจร
- TM. 10,000 - 100,000 ติดตั้งเครื่องกั้นถนน
- TM. เกิน 100,000 สร้างเป็นทางต่างระดับ

การพิจารณาทางตัดผ่านเสมอระดับระหว่างทางรถไฟกับทางรถยนต์

1. ทางตัดผ่านเสมอระดับดังกล่าว ต้องไม่อยู่ในลักษณะที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้สัญจรดังนี้

- ต้องไม่อยู่ในทางโค้งทั้งด้านทางและด้านทางรถไฟ
- ต้องไม่อยู่ในลักษณะตัดผ่านทางรถไฟในทางลาดชัน
- ต้องไม่มีสิ่งใดบังทัศนวิสัยของพนักงานขับรถไฟและผู้ใช้ขบวนพาหนะบนทาง โดยต้องมองเห็นกันได้ในระยะไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร

ที่ป้ายหยุด

- ต้องอยู่ห่างจากปลายโค้ง ปากอุโมงค์ สะพาน ช่อเขา (Cutting) ของทางรถไฟเป็นระยะไม่น้อยกว่า 2,000 เมตร

2. ในกรณีที่ความกว้างของผิวจราจรเกินกว่า 2 ช่องจราจร ต้องสร้างเป็นทางตัดผ่านต่างระดับ

3. ทางตัดผ่านเสมอระดับที่ขอสร้าง

- ความกว้างคันทางต้องไม่เกิน 12 เมตร
- ต้องสร้างให้เป็นระดับเดียวกับทางรถไฟออกไปไม่น้อยกว่าข้างละ 20 เมตร จากศูนย์กลาง ทางรถไฟ

4. ให้สร้างเป็นทางลาดยาง หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก ห่างจาก

ศูนย์กลางทางรถไฟออกไป ไม่น้อยกว่าข้างละ 40 เมตร

5. ในกรณีที่ไม่มีทางตัดผ่านเดิมอยู่ใกล้เคียงกับทางตัดผ่านเสมอระดับที่ขอสร้างใหม่ ต้องมีระยะห่างกันไม่น้อยกว่า 4,000 เมตร และระยะระหว่างสถานีรถไฟให้มีทางตัดผ่านเสมอระดับได้ไม่เกิน 2 แห่ง

3. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

3.1 ขั้นตอนการเลือกทางตัดผ่านรถไฟเสมอระดับที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรเพื่อใช้ในการศึกษา

โดยทำการสำรวจเบื้องต้นบริเวณทางตัดผ่านรถไฟเสมอระดับที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร โดยการศึกษานี้จะทำการศึกษาริเวณถนนเลียบทางรถไฟสายเชียงใหม่-ลำพูน ช่วงระหว่างสถานีรถไฟสารภี (เชียงใหม่) ถึงสถานีรถไฟป่าเส้า (ลำพูน) ประกอบด้วยทางตัดผ่านที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร 6 จุด ทางตัดผ่านที่ควบคุมด้วยเครื่องกั้นอัตโนมัติ 3 จุด ทางลักผ่าน 6 จุด ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีการกำหนดข้อพิจารณา คือ เป็นจุดที่เกิยมีการเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งหรือเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชน

โดยถนนที่ทำการตัดผ่านบริเวณทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรมีดังนี้

- จุดที่ 1 ถนน ซุปเปอร์-บ.ศรีโพธาราม
- จุดที่ 2 ถนน บ.คันเหียว-บ.ป่าแดด
- จุดที่ 3 ถนน บ.สารภี-บ.สารภี
- จุดที่ 4 ถนน บ.ปากกอก-บ.ปากกอก
- จุดที่ 5 ถนน บ.ปากกอก-บ.ปากกอก
- จุดที่ 6 ถนน บ.ปากกอก-บ.ปากกอก



รูปที่ 1 เส้นทางที่ศึกษาสถานีป่าเส้า ถึง สถานีสารภี

3.2 รายการตรวจสอบความปลอดภัยและหลักเกณฑ์ในการพิจารณาบริเวณทางตัดผ่านรถไฟเสมอระดับ

รายการตรวจสอบความปลอดภัยและหลักเกณฑ์ในการพิจารณาบริเวณทางตัดผ่านรถไฟเสมอระดับ ณ บริเวณจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร แบ่งเป็น 7 ประเด็นดังนี้

3.2.1 สภาพและลักษณะของทางตัดผ่านเสมอระดับ

- ทางตัดผ่านทางรถไฟกับทางรถไฟทำมุมกัน 90 องศาหรือเกือบ 90 องศา
- ไม่มีสิ่งใดบังทัศนวิสัยของพนักงานขับรถไฟ และผู้ขับขี่ยานพาหนะบนทาง โดยต้องมองเห็นกันได้ในระยะไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร ที่ป้ายหยุด
- อยู่ห่างจากปลายโค้ง ปากอุโมงค์ สะพาน ช่อเขา (Cutting)ของทางรถไฟเป็นระยะไม่น้อยกว่า 2,000 เมตร
- ความกว้างของคันทางต้องไม่เกิน 12 เมตร
- ต้องสร้างให้เป็นระดับเดียวกับทางรถไฟออกไปไม่น้อยกว่าข้างละ 20 เมตรจากศูนย์กลางทางรถไฟ
- สร้างเป็นทางลาดยาง หรือคอนกรีตเสริมเหล็กห่างจากศูนย์กลางทางรถไฟออกไปไม่น้อยกว่าข้างละ 40 เมตร
- ความกว้างของผิวจราจรไม่เกินกว่า 2 ช่องจราจร
- ทางตัดผ่านเดิมอยู่ใกล้เคียงกับทางตัดผ่านเสมอระดับที่ขอสร้างใหม่ ต้องมีระยะห่างกันไม่น้อยกว่า 4,000 เมตร
- ระยะระหว่างสถานีรถไฟให้มีทางตัดผ่านเสมอระดับได้ไม่เกิน 2 แห่งถนนขนานทางรถไฟมาตัดทำให้เกิดทางแยกใกล้ทางรถไฟ
- สภาพพื้นผิวจราจรบริเวณทางตัดผ่านทางรถไฟอยู่ในสภาพชำรุด เช่น พื้นผิวจราจรมีความขรุขระเป็นหลุมบ่อ

3.2.2 ป้ายจราจร

การติดตั้งป้าย

- มีการติดตั้งป้ายจราจรประเภทเตือน ประเภทบังคับอย่างครบถ้วน
- ป้ายจราจรประเภทเตือน ประเภทบังคับ มีระยะห่างจากขอบทางรถไฟตามมาตรฐานของการรถไฟแห่งประเทศไทย

การมองเห็นป้าย

- ป้ายจราจรอยู่ในสภาพที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนในทุกช่วงเวลาทุกสภาวะ เช่น กลางวัน กลางคืน ฝนตก
- ป้ายจราจรถูกบดบังจากสิ่งต่างๆ ที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ต้นไม้ เสาไฟฟ้าส่องสว่าง ป้ายต่างๆ
- ป้ายจราจรอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรม ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน

3.2.3 เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง

- มีเส้นหยุดรถก่อนถึงขอบทางรถไฟ 5 เมตร
- มีการจัดทำลูกศรขนาดเพื่อชะลอความเร็ว.
- มีสัญลักษณ์บนพื้นทางเตือนให้รถความเร็ว
- มีสัญลักษณ์บนพื้นทางเตือนเข้าสู่เขตทางรถไฟ
- มีเส้นแบ่งทิศทางการจราจร
- มีเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางชำรุดหลุดลอก

3.2.4 ไฟฟ้าและแสงสว่าง

- มีการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างบริเวณจุดตัด
- ไฟฟ้าส่องสว่างมีสิ่งกีดขวางแสงสว่าง เช่น บ้าน ต้นไม้
- แสงไฟมีความสม่ำเสมอ

3.2.5 คนเดินเท้า คนข้ามถนน และคนเดินข้ามจุดตัด

- มีการจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกและอำนวยความสะดวกปลอดภัยที่เหมาะสมสำหรับคนเดินเท้าคนเดินข้ามถนน และคนเดินข้ามจุดตัดทางรถไฟ

3.2.6 การระบายน้ำ

- บริเวณจุดตัดทางรถไฟมีโอกาสจะเกิดน้ำท่วมขังจนทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

3.2.7 อื่นๆ

- มีกิจกรรมข้างทางหรือบริเวณจุดตัดทางรถไฟซึ่งอาจเบี่ยงเบนความสนใจของผู้ขับขี่
- มีป้ายโฆษณาหรือสิ่งอื่น ๆ ติดตั้งอยู่บริเวณข้างเคียง

4. ผลการศึกษาข้อมูล

4.1 ค่าคุณควบจรรถ

การสำรวจจุดตัดทางรถไฟ ที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้งหมด 6 จุด ผลปรากฏว่ามีค่า Traffic Moment (TM.) น้อยกว่า 10,000 ขบวน-คัน/วัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลค่าคุณควบจรรถ

ชื่อสถานี	จุดที่	ชื่อถนน	ค่า TM
สารภี			
	1	ซุเปอร์-บ.ศรีโพธิ์ราม	5389
	2	บ.ต้นเหียว-บ.ป่าแดด	2645
	3	บ.สารภี-บ.สารภี	4657
	4	บ.ปากก่อง-บ.ปากก่อง	4568
	5	บ.ปากก่อง-บ.ปากก่อง	3325
	6	บ.ปากก่อง-บ.ปากก่อง	4834

ป่าสัก

4.2 ข้อมูลอุบัติเหตุ

จากข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากสถานีป่าสัก และสถานีสารภี เหตุพบว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในบริเวณทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร 3 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บ 2 ราย และเสียชีวิต 1 ราย

4.3 ลักษณะทางกายภาพของทางตัดผ่านทางรถไฟ

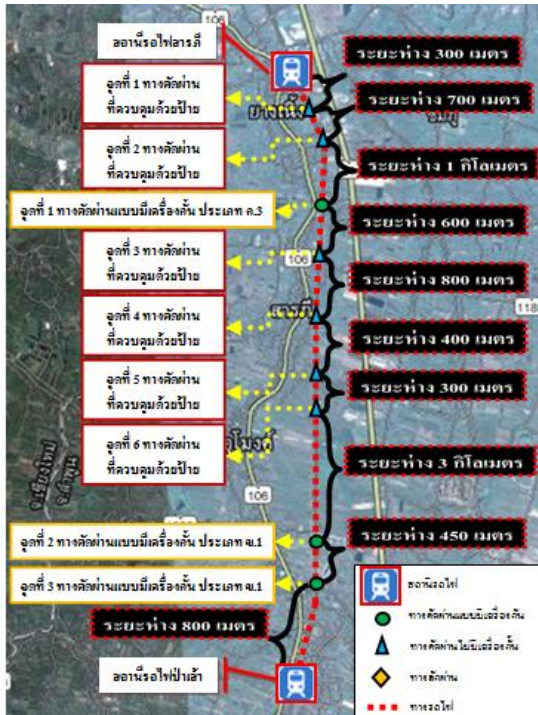
จากลักษณะทางกายภาพของทางตัดผ่านทางรถไฟในเส้นทางที่ศึกษาที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรพบว่า

4.1 ระยะระหว่างทางตัดผ่านทางรถไฟมีระยะต่ำกว่า 4,000 เมตร ดังรูปที่ 2 เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนจึงมีจุดตัดหลายแห่งเกิดขึ้นเพื่อความสะดวกต่อการสัญจร ดังรูป 2

4.2 มุมของจุดตัดระหว่างทางรถไฟกับถนนทั้ง 6 จุด ทำมุมกัน 90 องศา หรือใกล้เคียง 90 องศา ดังรูป 3

4.3 จากระยะมองเห็นปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุดมีระยะมองเห็นปลอดภัยเพียงพอทุกจุด ยกเว้น จุดที่ 2

4.4 จากทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุด มีลักษณะเป็นทางลาดลงจากริมขอบทางรถไฟ โดยไม่มีการทำทางตัดผ่านให้เป็นระดับเดียวกับทางรถไฟ ดังรูป 4



รูปที่ 2 ระยะระหว่างทางตัดผ่านทางรถไฟ

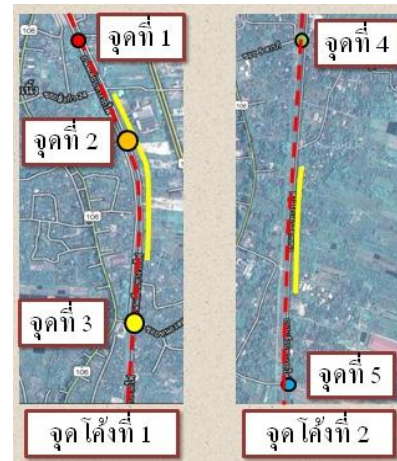


รูปที่ 3 ระยะระหว่างทางตัดผ่านทางรถไฟ จุดที่ 1



รูปที่ 4 ลักษณะความลาดชันของทางตัดผ่านทางรถไฟ จุดที่ 4

4.5 จากลักษณะทางโค้งของทางรถไฟมี 2 ช่วง และพบว่าทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร จุดที่ 2 อยู่ในบริเวณทางโค้งของทางรถไฟทำให้มีปัญหาในเรื่องการมองเห็นรถไฟ รูป 5



รูปที่ 5 แสดงลักษณะความโค้งของถนนกับทางรถไฟทั้ง 2 โค้ง

4.6 จากสภาพพื้นผิวจราจรของทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร ในจุดที่ 4,5 และ 6 มีสภาพชำรุดไม่เหมาะสมแก่การใช้งาน

4.7 จากสภาพป้ายจราจรของทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุด อยู่ในสภาพที่ชำรุด เสื่อมโทรม ดังรูป 6



รูปที่ 6 สภาพป้ายจราจรเสื่อมโทรม

4.8 จากสภาพเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางของทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุด บางจุดไม่มีเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง และบางจุดมีการชำรุดหลุดร่อนของเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง ดังรูป 7

4.9 จากการสำรวจทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุด พบว่าบางจุดไม่มีการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่าง และบางจุดมีการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างไม่เพียงพอ



รูปที่ 7 สภาพเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางชำรุดหลุมร่อน

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 จากการสำรวจจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร ทั้งหมด 6 จุด ผลปรากฏว่ามีค่า Traffic Moment (TM.) น้อยกว่า 10,000 ขบวน-คัน PCU/วัน ดังนั้นให้สร้างเป็นทางตัดผ่านเสมอระดับและติดตั้งป้ายจราจร

5.2 จากข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุพบว่าอุบัติเหตุเกิดขึ้นในบริเวณทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร 3 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บ 2 ราย และเสียชีวิต 1 ราย

5.3 จากลักษณะทางกายภาพของทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร

1) ระยะระหว่างทางตัดผ่านทางรถไฟมีระยะต่ำกว่า 4,000 เมตร และระยะห่างระหว่างสถานีรถไฟมีทางตัดผ่านเสมอระดับเกิน 2 แห่ง เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนจึงมีจุดตัดหลายแห่งเกิดขึ้นเพื่อความสะดวกต่อการสัญจร

2) มุมของจุดตัดระหว่างทางรถไฟกับถนนทำมุมกัน 90 องศา หรือใกล้เคียง 90 องศา จากจุดสำรวจทั้ง 6 จุดพบว่า จุดตัดทำมุมได้ตามมาตรฐานการรถไฟแห่งประเทศไทย

3) ระยะมองเห็นปลอดภัยของจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุดมีระยะมองเห็นปลอดภัยเพียงพอ ยกเว้น จุดที่ 2 ที่มีระยะมองเห็นปลอดภัยไม่เพียงพอ จึงควรทำการแก้ไขโดยกำจัดสิ่งกีดขวางทัศนวิสัยในการมองเห็นรถไฟภายในบริเวณพื้นที่สามเหลี่ยมปลอดภัย

4) จากทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุด มีลักษณะเป็นทางลาดลงจากริมขอบทางรถไฟ โดยไม่มีการทำทางตัดผ่านให้เป็นระดับเดียวกับทางรถไฟ จึงควรปรับปรุงทางตัดผ่านทางรถไฟให้มีระดับเดียวกันกับทางรถไฟ โดยมีระยะอย่างน้อย 0.6 เมตร จากระนาบทางรถไฟและภายในระยะ 9 เมตร จากจุดกึ่งกลางรางรถไฟ หากมีความจำเป็นต้องมีระดับลาดชันขึ้นหรือลงความลาดชันดังกล่าวต้องมีความสูงจากระดับเดิมไม่มากกว่า 75 มิลลิเมตร

5) จากลักษณะทางโค้งของทางรถไฟมี 2 ช่วง และพบว่าทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร จุดที่ 2 อยู่ในบริเวณทางโค้งของทางรถไฟทำให้มีปัญหาในเรื่องการมองเห็นรถไฟ จึงควรปิดทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร จุดที่ 2 และเปลี่ยนไปใช้ทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร จุดที่ 1 ซึ่งมีระยะห่างจากทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจร จุดที่ 2 700 เมตร แทน ดังรูป 8



รูปที่ 8 แผนปิดจุดตัดทางรถไฟจุดที่ 2 เนื่องจากใกล้ทางโค้ง

6) จากสภาพพื้นผิวจราจรของทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรในจุดที่ 4, 5 และ 6 มีสภาพชำรุดไม่เหมาะสมแก่การใช้งาน จึงควรมีการปรับปรุงผิวทางตัดผ่านให้เหมาะสมแก่การใช้งานดังรูป 9



รูปที่ 9 ปรับปรุงผิวจราจรใหม่

7) จากสภาพป้ายจราจรของทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุด อยู่ในสภาพที่ชำรุด เสื่อมโทรม จึงควรมีการติดตั้งป้ายจราจรที่มีสภาพเหมาะสมแก่การใช้งาน ดังรูป 10



รูปที่ 10 ติดตั้งป้ายจราจรให้เหมาะสม

8) จากสภาพเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางของทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุด บางจุดไม่มีเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง และบางจุดมีการชำรุดหลุดร่อนของเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง จึงควรทำการปรับปรุงเส้นเครื่องหมายจราจรให้ชัดเจนทุกจุด ดังรูป 11 และ 12



รูปที่ 11 สภาพเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางที่ปรับปรุง (1)



รูปที่ 12 สภาพเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางที่ปรับปรุง (2)

9) จากการสำรวจทางตัดผ่านทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรทั้ง 6 จุด พบว่าบางจุดไม่มีการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่าง และบางจุดมีการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างไม่เพียงพอ จึงควรมีการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างให้เหมาะสมต่อการมองเห็นในเวลากลางคืน



รูปที่ 13 ติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างให้เหมาะสม

10) จากทางลักผ่านทั้ง 6 จุด ในบริเวณสถานีรถไฟสารภี ถึง สถานีรถไฟป่าสัก เป็นทางตัดผ่านที่ไม่ได้รับอนุญาตจากการรถไฟแห่งประเทศไทย ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ จึงควรมีการปิดทางลักผ่านเพื่อความปลอดภัย

5.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในบริเวณจุดตัดทางรถไฟที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรบางแห่งที่มีค่า Traffic Moment TM. ไม่เกิน 10,000 สามารถจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ง่ายเนื่องจากผู้ใช้ถนนคิดว่าไม่มีรถไฟสัญญาณไปมาจึงเกิดความประมาท ไม่ชะลอความเร็วหรือหยุดรถและมองด้านซ้ายและขวาจนแน่ใจว่าไม่มีรถไฟผ่านมาแล้วจึงข้ามจุดตัดจึงทำให้เกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้น

บริเวณจุดตัดที่ควบคุมด้วยป้ายจราจรบางแห่งอยู่ใกล้กับแหล่งชุมชน ในอนาคตคาดว่าจะมีปริมาณจราจรที่มากขึ้น ดังนั้นอาจมีการเสนอที่จะสร้างจุดตัดที่ควบคุมด้วยเครื่องกั้นอัตโนมัติ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นได้

การรถไฟควรมีการพิจารณาสถิติการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นประกอบกับค่า Traffic Moment TM. ในการพิจารณาในการติดตั้งเครื่องกั้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน คู่มือปฏิบัติสำหรับประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ มกราคม 5, 2555,
จาก <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2553/5425>
- [2] โครงการศึกษามูลค่าอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ มกราคม 5, 2555, จาก <http://bhs.doh.go.th/files/Project/accident/indexcost>
- [3] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจรกระทรวงคมนาคม:
การศึกษาจัดทำแผนแก้ไขอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟกับถนน
สำหรับรถไฟทางไกลอัตโนมัติ
- [4] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจรกระทรวงคมนาคม:
โครงการศึกษาจัดทำแผนแก้ไขอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟกับ
ถนนสำหรับรถไฟทางไกล

Highway - Railway Grade Crossing Accident Cost in Thailand.

Paper Identification number: SCS12-018

Donyarit SETTASUWACHA¹, Paramet LUATHEP², Pichai TANEERANANON³

¹PhD Student EU-Asia Road Safety Centre of Excellence “RoSCoE”
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
Prince of Songkla University
E-mail: choke_ce9@hotmail.com

²Lecturer Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
Prince of Songkla University
Fax: +66(0)7444-6519
E-mail: paramet007@hotmail.com

³Professor Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
Prince of Songkla University
Fax: +66(0)7444-6519
E-mail: 2007tao@gmail.com

Abstract

Highway - railway grade crossing (HRGC) in Thailand has created seriously national safety problems for a long time. According to the State Railway of Thailand (SRT) statistics from 2006 to 2010, it shows that about 60 people are killed from over 140 cases of HRGC accidents every year. However, these serious impacts are always not expressed in monetary term of life and property losses. This paper aims to present HRGC crash situation in Thailand, based on the SRT data, and to determine unit costs of HRGC crash per casualty (and per case), classified by accident severity. In this study, three types of accident severity are classified, including fatal, injury and property damage only. The HRGC accident cost would be benefit to HRGC crash cost analysis that can be applied to evaluate appropriate safety countermeasures of HRGC in Thailand.

Keywords: Highway 1, Railway 2, Grade crossing 3, Safety 4, Accident cost 5

1. Introduction

In 2009, the World Health Organization, WHO [1] reported global status on road safety have been projected to be the fifth highest leading cause of global death by 2030, after heart disease, cerebrovascular disease, pulmonary disease and respiratory infections. Road accident is considered as a major problem in many countries. There are about 1.3 million people die on the world's roads annually.

On the Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) scale, roads and traffic accidents create serious national impact for a long time. According to a report status paper on road safety by

the United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP) have been reported road accidents situation in ASEAN 10 countries, more than accidents 670,976 accidents, 63,101 fatalities and 154,053 injuries. [2]

In 2011, The Royal Thai Police have been reported [3] the number of road and traffic accidents situation in Thailand which are result 68,583 cases, 9,205 result in fatalities, 4,093 result in serious injuries and for 17,823 of slight injuries.

Which one of serious impact of road and traffic is highway - railway grade crossings (HRGC) accidents are usually small proportion of accidents if comparison which another vehicles, they tend to be severe when a train is involved, and

often attract a high level of public and media attentions. Every year there are average 140 cases of accidents. On some 4,000 km. of railway tracks in Thailand, resulting in more than 250 deaths for the past four year fatality, which trends are decrease from 2006 - 2009 and increase in 2010, the accident data during the last 4 years (since 2007 to 2010) shown in **Fig. 1**, the number of accidents [3] 140, 143, 132 and 155 opposite the number of fatality and injury which increasingly from 47 in 2007 and 54 in 2010.



Fig. 1 Railway crossing situation in Thailand
(Source: State Railway of Thailand, 2011)

These serious events are mostly damaging both in monetary term of life and property loses. This paper aims to present HRGC crash situation in Thailand, based on SRT data, HRGC crash analysis, HRGC accident costing and to determine an average unit cost of HRGC crash per casualty (and per case), classified by accident severity, three types of accident severity are classified, including fatal, injury and property damage only. Finally, the HRGC accidents cost rate would be benefit to HRGC crash cost analysis that can be propose to evaluate appropriate safety countermeasures of HRGC in Thailand.

1.1 Aim and Objectives

The aim of this paper are two main, first to present State Railway of Thailand (SRT) accident data and second is to determining the cost of HRGC accident. Which three specific objectives of this paper are as follows:

- To review the present status of HRGC accidents;

- To present HRGC accident statistics and cash analysis;
- To estimate HRGC accident cost; and

2. Literature review

HRGC can be referred to as a special form of intersection, where a railway crosses a road at grade that it constitutes of two transportation modes [4], which differ in both the geometric feature of their traveled ways and their operation. For authority at the crossing responsibility is shared between road agency and railway.

From the railway authority, State Railway of Thailand (SRT) is a government agency that is responsible for the operation, freight services, infrastructure construction and safety at HRGC. According to SRT collected accident data, 8 parameters were occurred in the structures of SRT database following as:

- Train in accident
- Date of accident
- Telegraph pole
- Location of accident
- HRGC types
- Time of accident
- Crashed details
- Casualty of accident

The accident casualty has mentions in two categories are classified in accident data as injury and fatal. SRT accident data base during five years (2006 - 2010) have found a train accident occurred average about 143 cases, 156 are injured and about 60 peoples are killed for each year or average of one death/injury per one railway crossing.

According to Office of Transportation and Traffic Policy and Planning (OTP) reported a trend of HRGC accident, injuries and fatalities in 2010 [5]. The traffic and transportation volumes in development country were increasing number of the diving public. The growing number of vehicle on the road has increasing of road - railway crashes accident. Train collision with a vehicle at HRGC still a high level and more increase of crashed frequency. The causing of life and property of the people and the country is more value for estimating.

2.1 Accident costing study

The Federal Highway Administration (FHWA) has definition of accident costs are the economic analyses for choosing among alternative improvements to existing road, street and highway system. The Accident costs also used to allocate highway safety resources among programs, evaluates safety regulation, policy marker that safety programs are beneficial [6].

The Road Safety Toolkit explains the cost of a crash [7] means the potential benefit of solutions that would reduce the number of crashes can be calculated. This provides a way to compare the benefits of proposed crash solutions with the costs of implementing them in order to provide the maximum benefit for the money available for investment. Crash costing also provides a way to compare the total impact of crashes in a local area, country, or region.

According to The World report on road traffic injury prevention [8], there gives the estimated worldwide cost of crashes. The report mentions the costs in low to middle - income countries are probably seriously underestimated because not all road crashes are reported to authorities. Total costs were estimated at US\$517.8 billion.

Transportation Research Laboratory (TRL) in 2005 described two main methods for estimate crash cost values of traffic accidents which are the Human Capital (HC) and Willingness to pay (WTP) methods. The HC method has been used in developing countries such as Vietnam, Bangladesh, Thailand, Korea, Nepal, Tanzania, Zambia, Malawi and Egypt. The loss works out to the economy based on the cost of treating the person's kill or injury, loss of income, and damage to property. The WTP approach which is used in develops countries such as the UK, Sweden, Norway, Iceland, USA Germany, Denmark, New Zealand and Australia. The method based people assessment of their specific types of risk and what they would to pay to reduce or minimize of risk.

Department for International Development (DFID) has published the guideline for estimating cost of road crashes in developing countries [9] and the HC method was recommended for use in developing countries.

The studied by M. DE LEON et al. [10], have estimation of socio - economic cost of road

accidents in metro manila by using HC method that focuses on the Gross Output of road accident victims, costs are classified into three main components such as victim related cost, property damage and administration cost. The monetary value of these components is estimate in accordance with four types of accident severity, fatal, serious injury, minor injury, and property damage only.

The comparison studies of method and estimate crash cost of traffic accidents are summarize with the approaches used in countries as shown in Table 1.

From this table mostly countries used the HC method for determination of traffic accident cost on their countries. In Thailand, Department of Highways (DOH) had reported on the project: The Study of Traffic Accident Cost in Thailand [10], suggestions of main advantage of the HC method is easy for calculation than WTP method, based on the assumption which human beings are a resource for economic production; prevention of accidents will then prevent the loss in productivity due to human deaths or injuries caused by accidents.

2.2 Components of accident costing

The cost components of HC method into three categories: first, costs involving human beings or human costs are consists to loss of productivity, quality of life costs, medical costs and long term care costs, second, property damage costs have two categories are vehicle damage costs and non - vehicle damage costs, and third, general costs of a crash consisting to insurance administration, police administration, judicial system costs, emergency rescue service and travel delay costs. The groupings of the components are illustrated in Figure 2.

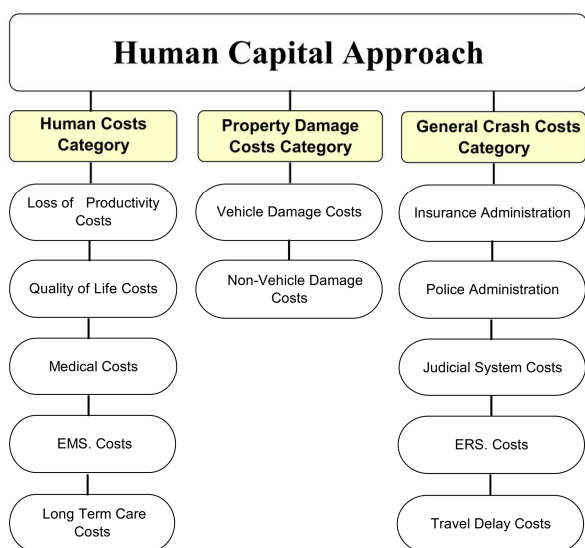


Fig. 2 Costs components by HC method
(Source: DOH, 2007)

Table 1 Comparison of costing method

Country	Study year	Costing method	Percent GNP	Value US\$mil (1997)	Source
LAC					
Brazil	1997	HC	2.0%	15,681	IADB Review of Traffic Safety
Asia					
Vietnam	1998	HC	0.3%	72	Technical Note: Accident Costing
Bangladesh	1998	HC	0.5%	220	IDC Economics Working Paper Accident Costs
Thailand	1997	HC	2.3%	3,810	SWEROAD Road Safety Master Plan Report
Korea	1996	HC	2.6%	12,561	Elvik, 1999
Nepal	1996	HC	0.5%	24	Road Maintenance Component, TN Accident Costing 1996
Kerala, India	1993	HC	0.8%	—	Chand 'Cost of Road Accidents in India-reference to Kerala
Indonesia	1995	HC	—	691- 958	Accident Costs in Indonesia: A Review June 1997 (Draft Copy), TRL/IRE
Africa					
KwaZulu Natal	1997	HC	4.5%	—	Kwazulu-Natal Road Traffic Safety Strategy (1996-2000)
Tanzania	1996	HC	1.3%	86	1996 Road Safety Programme Tanzania Ministry of Works
Zambia	1990	HC	2.3%	189	TOI Study
Malawi	1995	HC	<5.0%	106	SWK/Iberinsa Road Safety Study, 1997
MENA					
Egypt	1993	HC/CA	0.8%	577	Aly, 'Valuation of traffic accidents in Egypt',
HMC					
UK	1998	WTP	2.1%	28,856	Road Accidents Great Britain: 1998 The Casualty Report
Sweden	1995	WTP	2.7%	6,261	Elvik, 1999
Norway	1995	HC	2.3%	3,656	Elvik, 1999
Iceland	1995	WTP	3-4%	7,175	Arnason, Nordic Road & Transport Research, 1996, v8, n3
USA	1994	WTP	4.6%	358,022	NHTSA Technical Report
Germany	1994	HC	1.3%	30,173	Elvik, 1999
Denmark	1992	HC	1.1%	2,028	Elvik, 1999
New Zealand	1991	WTP	4.1%	2,441	Elvik, 1999

Source: TRL, 2000

2.3 Thailand accident costing model

Following [10], the total traffic accident cost can be calculated by

$$\text{Total Traffic Accident cost} = A + B + C \quad (1)$$

Where:

$$\text{Human costs (A)} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \quad (2)$$

$$\text{Property damage costs (B)} = B_1 + B_2 \quad (3)$$

$$\text{General crash costs (C)} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 \quad (4)$$

2.4 Traffic accident cost in Thailand

According to DOH reported in 2004, the traffic accident costing model calculation total traffic accident costs for Thailand are 153,755 million bath (about 3,460 million USD.) and has been estimated the average cost per casualty and cost per case by severity as shown in Table 2

Table 2 The average unit cost per casualty or case

Severity	Average Unit Cost (Bath)
Fatality	3,324,834
Disability	3,470,080
Serious Injury	128,433
Slight Injury	28,091
PDO case	30,871

Source: DOH, 2007

2.5 HRGC accident cost

In general, HRGC costs are involving in term of cost benefit analysis. Mostly research had studied costs of countermeasure at and benefit for selected warning devices at the HRGC, Douglas L. Cooper et al [11] indicate the costs are measured as dollars spent on upgrading and new installation devices at a HRGC, benefits are measured as the potential cost savings from lives saved and injuries and property damage prevented. To support this research, Delaware County Grade Crossing Studied [12] have definition of safety benefits are consider accident and severity as well as cost such as total costs, safety benefits especially travel time saving and environmental benefits.

3. HRGC accident in Thailand

The trend of HRGC accidents and number of severities from 2008 to 2010 has shown in Figure 3, the trend decrease from 143 cases in 2008 to 132 cases in 2009 then move to 155 cases in 2010.

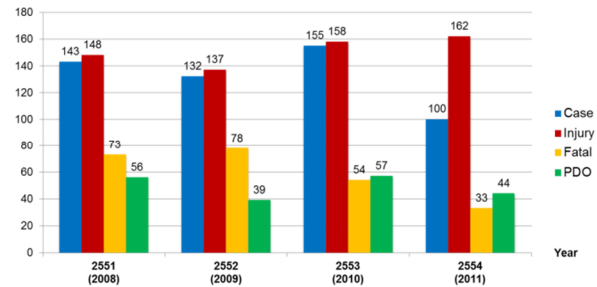


Fig. 3 The trend of HRGC collisions and severities between 2008 and 2011
(Source: SRT, 2011)

From 530 cases, 60 cases (12%) occurred at boom barriers and gates. And then the passive warning device would be 470 (88%) of the crashes. This is shown in Figure 4.

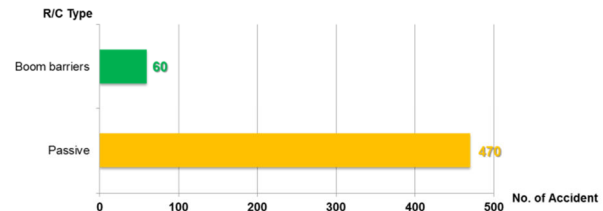


Fig. 4 HRGC accidents depend on crossing type
(Source: SRT, 2011)

The casualty on HRGC has classification which 3 categories as fatal, injury and property damage only (PDO) that shown in Figure 5.

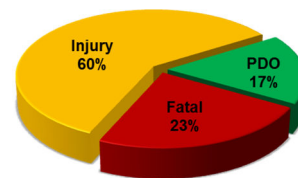


Fig. 5 The casualty crashes involving HRGC.
(Source: SRT, 2011)

An all the injuries are involved in over half 605 (60%) of all casualty crashes involving HRGC. Fatalities account for around 238 (23%) and PDO are involved in around 176 (17%) of crashes.

Which on some 4,000 km. of railway route in Thailand, covers in 47 provinces with 3 types of track, single track 3,763 km. (93.07%), double track 173 km. (4.28%) and triple track 107 km. (2.65%). There are approximately 2,463 railway grade crossings in Thailand, of these 1,923 are approved by SRT and about 540 are illegal. In Table 3 shows HRGC index in Thailand, resulting of number of HRGC, HRGC density, HRGC accidents, fatality and injury depend on average 4 years.

Table 3 Thailand HRGC data between 2008 and 2011

Index	
Route (km.)	4,429
Number of HRGC	2,463
HRGC density (per km.)	0.55
Avg. distance between HRGC (km.)	1.8
HRGC Accident (cases)	560
Fatality	63
Injury	156
Fatality rate (per 100 population)	12
Injury rate (per 100 population)	28

For the vehicle type in HRGC accidents can be distribution in accident data, over 358 (65%) of HRGC accidents occur in Passenger cars, 90 (17%) result in Motorcycle, around 37 (7%) in Truck and with only 2% for each of vehicle such as Pickup, Pushcart and Agriculture vehicle (E-tan). One thing that found in database is rate of person who lives outside residence area and not familiar on route, the number plates that shown in Figure 6 rate of outside area are involved in 306 (58%) and inside area are around 224 (42%) of total accidents.

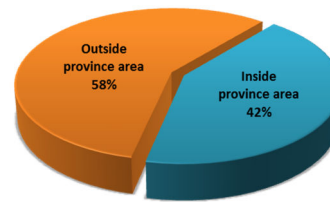


Fig. 6 Vehicle type in HRGC accident.
(Source: SRT, 2011)

The Regional involving HRGC accidents are occurred in 6 regional of Thailand. This is shown in Figure 7. Central is highly region 126 cases (24%) to a railway crossing accidents. Northeastern of Thailand is the second region that to more a HRGC accident with 122 cases (23%) of accidents. Third is Southern of Thailand around 110 cases (20%). Fourth is West region of Thailand, involved in 101 cases (19%) of accidents.

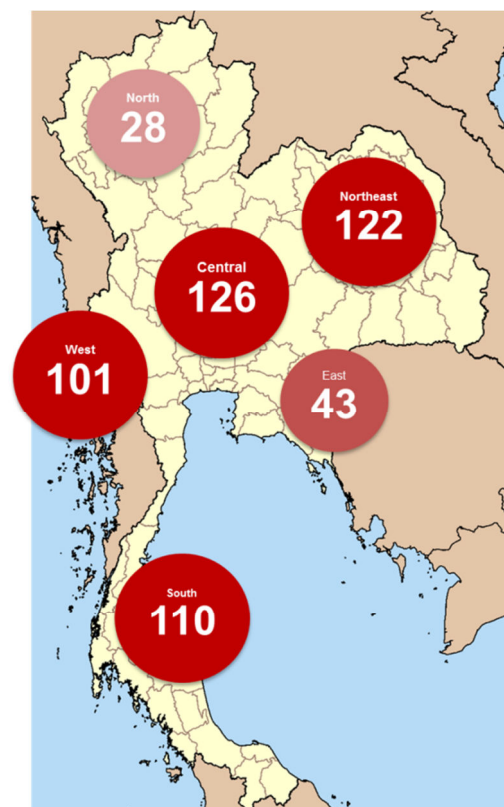


Fig. 7 The HRGC accidents depend on region.
(Source: SRT, 2011)

3.1 HRGC accident cost in Thailand

The study of HRGC accident costs in Thailand are new issue and specific approach for estimate damage both in term of life and property. From the SRT database, there are collected accident data with three categories, number of accident, fatality and Injury. For the PDO, there are not collected in the database but can found in detail of cases with nobody people died and injury of HRGC accident. This study are using HC method and following accident costing model in Thailand.

The estimating of HRGC accident costs are recommended the detail of cost components in accident costs model. The costs items in each category are following as in Table 4 relate cost involved to three main categories, Category A the human costs, Category B property damage costs and Category C general costs as well.

Table 4 Cost components for accident cost model

Cost Element	Estimating Formula
Category A	Loss of Productivity (A ₁) 1) Lost of productivity in term of income loss from fatalities = [No. fatalities by age range] x [foregone income] 2) Lost of productivity in term of income loss from serious injuries to disabilities (no work) = [No. serious injuries to disabilities by age range] x [foregone income, if abilities can not work] 3) Lost output in terms of income loss from serious injuries to disabilities (work) = [No. serious injuries to disabilities by age range] x [foregone income, if abilities can work] * Assume effectiveness reduced by 30% 4) Lost output in terms of income loss from injuries = [No. of injuries] _{severity} x [No. of day in Hospital] x [average wage per day] 5) Lost output in terms of income loss involving those relatives and friends who take care of the injured and the disabled = [No. of injuries] _{severity} x [No. of day to take care] x [average wage per day] * No. of carer to injury = 1:1
	Quality of Life Costs (A ₂) Total quality of life costs = [No. of crashes] _{severity} x [estimated added percentage of quality of life costs] _{severity}
	Medical Costs (A ₃) Total medical costs = [No. of casualties] _{severity} x [average hospitalization expenses] _{severity}
	EMS Costs (A ₄) Total EMS costs = [No. of EMS cases] _{severity} x [average EMS costs] _{severity}
	Long Term Care Costs (A ₅) Total Long Term Care Costs = [No. of disabilities] x [average the long-term medical and rehabilitation cost + average the cost in terms of lost output by those relatives and friends who spend time taking care of the disabled, both working and non-working]
Category B	Vehicle Damage Costs (B ₁) Total vehicle damage costs = [No. of crashes] _{severity} x [average vehicle damage costs] _{severity}
	Non-Vehicle Damage Costs (B ₂) Total non-vehicle damage costs = [No. of crashes] _{severity} x [average non-vehicle damage costs] _{severity}
Category C	Insurance Costs (C ₁) Total insurance administrative costs = [No. of crashes] _{severity} x [average insurance administrative costs] _{severity}
	Police Costs (C ₂) Total police administrative costs = [No. of attendances by police] _{severity} x [average insurance administrative costs] _{severity}
	Judicial System Costs (C ₃) Total judicial system costs = [No. of attendances by court cases] _{severity} x [average judicial system costs] _{severity}
	ERS Costs (C ₄) Total ERS costs = [No. of ERS cases] _{severity} x [average ERS costs] _{severity}
	Travel Delay Costs (C ₅) Total travel delay costs = [No. of crashes] _{severity} x [average travel delay costs] _{severity}

Source: DOH, 2007

The number of severities costs and cost components are result in Table 5 traffic accident costs in Thailand.

Table 5 Traffic accident cost in Thailand

Cost Component	Severities (Baht)				
	Fatality	Disability	Serious	Slight	PDO
A ₁	1,414,415	1108937	3,741	520	-
A ₂	992,662	1,304,880	11,139	158	-
A ₃	12,155	6,826	18,391	569	-
A ₄	733	-	1,023	-	-
A ₅	-	335,421	-	-	-
Sub Cost	2,419,965	2,756,064	34,294	1,247	0
B ₁	215,212	-	106,209	-	18,676
B ₂	1,723	-	2,647.5	3,864	8,671
Sub Cost	216,935	-	108,857	3,864	27,347
C ₁	2,166	-	2,141	2,018	3,507
C ₂	4,424	-	4,424	4,424	4,424
C ₃	33,420	-	33,420	33,420	33,420
C ₄	1,690	-	1,690	-	-
C ₅	31,570	-	20,292	12,293	9,344
Sub Cost	73,270	-	61,967	52,155	50,695
Total Cost	2,710,170	2,756,064	205,118	57,266	78,042
	5,806,660				

To the average cost per casualty and cost per case by severity can be determined by dividing the total cost by the number of total number of casualties and cases by severity, the results can be summarized in Table 6 and covert in year 2012 by using economic growth rate.

Table 6 The average and estimated unit costs per casualty or case in 2004 and 2012, respectively

Severity	Avg. Unit Cost in 2004 (Baht)	Estimated Unit Cost in 2011 (Baht)
Fatality	3,015,791	5,277,634
Injury	2,894,345	5,065,119
PDO	78,976	138,208

The distribution of total costs classified by three cost categories, human costs around 2,243 million baht, general crash costs 127 million baht and PDO 48 million baht that shown in Figure 8. The total costs of HRGC are classified by severity as shown in Figure 9. Last, the costs components can be illustrated in Figure 10.

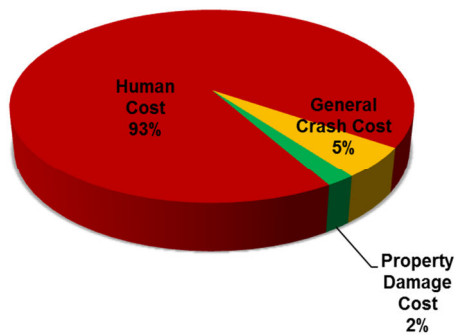


Fig. 8 Three cost categories from HRGC accidents in Thailand.

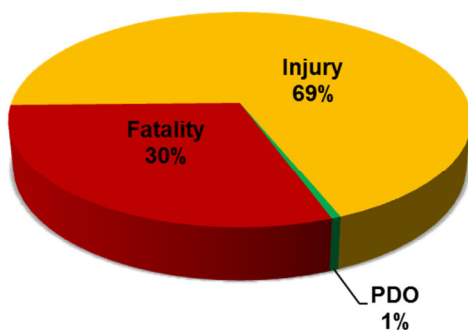


Fig. 9 HRGC accident costs categories by severity

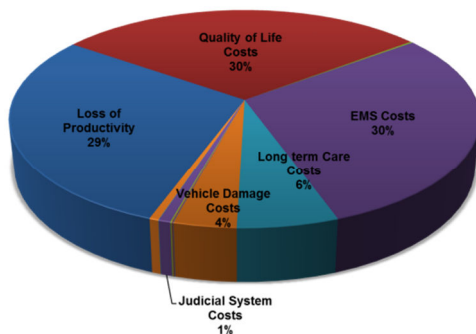


Fig. 9 Component costs from HRGC accident

4. Conclusion

The SRT accident database, there are useful and more advantage for study situation of the HRGC accidents in Thailand. The HRGC accidents are resulted by number of case, number of fatality and number of injury. Which trends of accident are decreasing during year 2007 to 2009, the number of accidents 140, 143 and 132 opposite

the number of fatality and injury which increasing from 47 to 78 for fatality. For severity index of HRGC are show in term of fatalities (12) and injuries (28) by 100 populations. These serious events are mostly preventable.

The HRGC accident costs in Thailand are new issue for study. This paper estimates of the recent study of HRGC accident costs by using the HC method. The total costs of HRGC accident for the year 2004 are 2,482 million baht or around US\$55 million and move to 4,344 million baht (US\$140 million) by economic growth rate or approximately around 0.4 percent of GPD of Thailand in year 2011.

Moreover, there are estimate average costs per casualty and cases by crash severity are 5,277,634 baht per fatality, 5,065,119 baht per injury and 138,208 baht per PDO case (exclude locomotive cost).

For recommendation, HRGC accidents cost would be benefit to HRGC accident costs analysis that can be applied to evaluate appropriate safety countermeasures of HRGC in Thailand.

Moreover, there are estimate average costs per casualty and cases by crash severity are 4,754,120 baht per fatality, 4,153,009 baht per injury and 117,063 baht per PDO case.

5. Acknowledgment

The author would like to thank you very much Dr. Paramet Luathep, the lecturer of Department of Civil Engineering, Prince of Songkla University, who gave motivation and inspiration to me, thanks for your time and encouragement of this research study, especially Professor Dr. Pichai Taneerananon for his valuable comments and suggestions on this paper. Thank you all for you time and patience as my advisor. Last, the author thanks to the State Railway of Thailand for support to accident statistics data and documentations in this study. Thank to Mr. Theera Rungrojsuwan, SRT staff, for his generosity in providing SRT data and information.

References

- [1] United Nation (2000) United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP) *Evaluation of Cost-Effective Systems for Railway Level-Crossing Protection*, New York
- [2] Mark Richmond M. DE LEON, Primitivo C. CAL and Ricardo G. SIGUA (2005) Estimation of socio - economic cost of road accidents in Metro Manila, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, pp. 3183 - 3198, 2005
- [3] State Railway of Thailand (2011) *Railway crossing accident data*, Bangkok
- [4] Federal Highway Administration (2007) *Railroad - Highway Grade Crossing Handbook - Revised second edition 2007*, Washington, DC
- [5] Office of transportation planning and policy (2009). *A study plan for the safety measures at highway – railway grade crossings*, Bangkok
- [6] Federal Highway Administration (1994) *Motor Vehicle Accident Costs*, Washington, DC
- [7] The Road Safety Toolkit (2010) *Crash costing*, <http://toolkit.irap.org/>
- [8] The world Health Organization (2004) *The World report on road traffic injury prevention*, Geneva
- [9] Department for International Development (2000) *Estimating Global Road Fatalities*, Crowthorne, Berkshire
- [10] Department of Highways (2007) *The Study of Traffic Accident Cost in Thailand*, Bangkok
- [11] Douglas L. Cooper Kara E. MacLeod David R. Ragland (2006) *Rail Crossings: A Strategy to Select Countermeasure Improvements for Rail-Highway Crossings in California*, Los Angeles
- [12] Delaware Valley Regional Planning Commission (2005) *Delaware County Highway-Railroad Grade Crossing Study*, Philadelphia

Value Analysis Connecting (VAC) method and evaluation of traffic safety projects performance

Paper Identification number: SCS12-019

Duy Khanh Nguyen

Faculty of Commerce and Administration
Victoria University of Wellington
Telephone (+84) 934 401 466
E-mail: ngkhdny@yahoo.com

Abstract

The situation of traffic accidents in Vietnam has been a great economic and social matter. Although there have been many changes but issue still remains complex and serious. Constructing method to evaluate effectiveness of traffic safety projects in accordance with Vietnam context is essential. Goal of this paper is introducing reader the VAC method (Value Analysis Connecting) aims to assess effectiveness of traffic safety projects, focusing on Road traffic safety projects, based on comprehensive analysis.

Keywords: VAC 1, Traffic Safety 2, Evaluate 3, Project Performance 4, Vietnam. 5

1. General Introduction

The situation of traffic accidents in Vietnam has been a great economic and social matter. Although there have been many changes but issue still remains complex and serious. Constructing method to evaluate effectiveness of traffic safety projects in accordance with Vietnam context is essential. Goal of this paper is introducing reader the VAC method (Value Analysis Connecting) with an aim to assess the effectiveness of traffic safety projects, focusing on Road traffic safety projects based on comprehensive analysis.

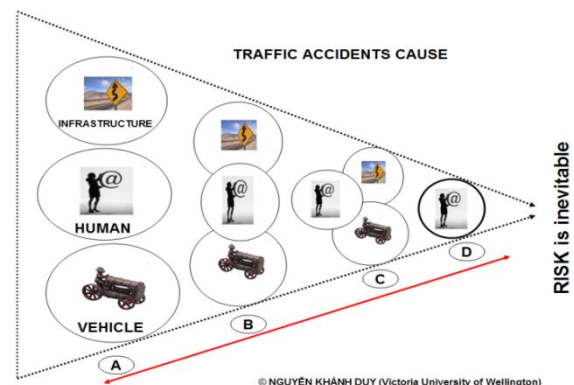


Fig. 1 Traffic Accident Cause

2. Literature Review

Brief introduction about road traffic accidents and 4E traffic safety projects:

The Causes of traffic accidents are shown in the following figure:

In which:

- Single causes: infrastructure, human or vehicle;
- Combined causes: infrastructure and human; infrastructure and vehicle; vehicle and human and combination of 3 factors namely infrastructure, vehicle and human

It can be seen, people are the cause of traffic accidents and they are also victims of traffic accidents.

Traffic safety projects are investment projects including one or some components as engineering component, awareness raising component, education component, emergency, enforcement and relevant components to ensure traffic safety.

Traffic safety projects can be classified into 2 types:

- Single projects: are traffic safety projects including one component (Engineering, Educations, Enforcement, Emergency, ...)

- Combined projects: are projects including 2 or more components (3Es, 4Es, 5Es). These projects usually comprise many items and required big investment and long performance period. Currently, almost traffic safety projects in Vietnam and in the world are combined ones. This paper introduce 4Es project (Engineering, Education, Enforcement and Emergency) as a basis for the application of VAC method to evaluate the project performance.

3. Methodology

In general, project performance evaluation is the comprehensive summary and evaluation of the whole investment process from preparation stage to the completion and put into operation. This evaluation is often conducted not later than 6 months after the project is put into exploitation.

Value Analysis Connecting (VAC) method aims to assess the performance of traffic safety projects on the basis of comprehensive analysis and maximum outputs that people can realize and quantify but cannot set a price directly. These outputs are produced by investment resources, in particular:

Based on audit results or investment accounts to precede the following steps:

- Step 1: Identify the overall goal.
- Step 2: Understand and identify solution groups to achieve the goal.
- Step 3: Recognize activities/ impacts/ interventions of above-mentioned solution groups.
- Step 4: Price each related activity/ impact /intervention.
- Step 5: Benefit – cost analysis.

STEP 1: Identify the overall goal.

In general, 4 solution groups (4Es) in the traffic safety projects consist of:

- HARD solution group:**
1. Construction of infrastructure (Engineering).
- SOFT solution groups:**
2. Traffic safety propaganda and education (Education).
 3. Traffic safety enforcement (Enforcement).

4. Traffic accidents emergency (Emergency).

STEP 2: Understand and identify solution groups to achieve the goal.

HARD solution group: Construction of infrastructure.

SOFT solution groups:

Solution i=1 is: “Traffic safety propaganda and education” solution

Solution i=2 is: “Traffic safety enforcement” solution.

Solution i=3 is: “Traffic accidents emergency” solution.

STEP 3: Recognize activities/impacts/interventions of above-mentioned solution groups

HARD solution group:

- *Check and evaluate the effectiveness of roads/black spots improvement methods:* Review design and method statements for improvement of road alignments, black spots and dangerous points including geometric designs (geometric design shall take safety factors into account to ensure sustainable development goal), structural designs (pavement, rough surface, sub grade strength, etc). Method statements and traffic safety assurance during construction period play a key role in securing technical requirements of the project. One of important factors in engineering is traffic safety appraisal in design, construction and exploitation stages.

- *Check and evaluate the effectiveness of the installation of traffic safety facilities on the road (guide posts, traffic signs, traffic lights, rumble strips, reflective road markings, greenery, etc):* Review whether the plan and installation of traffic safety facilities is sufficient and reasonable or not.

- *Check and evaluate the effectiveness of road corridor safety measures and traffic works.*

SOFT solution groups:

Activities/impacts/interventions of solution 1 “Traffic safety propaganda and education” with $j=(1 \div 8)$ with examples as follows:

- Activity j=1: Training for trainers and teachers
- Activity j=2: Training for officers, engineers in charge of traffic safety appraisal, black spots improvement,

- traffic organization, traffic safety management and health emergency.
- Activity j=3: Training for traffic police and traffic inspectors.
- Activity j=4: Training for volunteers.
- Activity j=5: On-site propaganda campaigns.
- Activity j=6: Traffic safety extra-curriculum activities
- Activity j=7: Propaganda activities for companies, organizations and unions.
- Activity j=8: Training on first aid to traffic accidents.

STEP 4: Price each related activity/ impact/ intervention.

HARD solution group: Apply calculations on Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

SOFT solution groups:

If C_{ij} is the investment cost for solution i ($i=1 \div 3$) for a specific activity/impact/intervention j ($j=1 \div 8$) of this solution.

When $i=1$ and $j=1$, $C_{1,1}$ is the investment cost of “Traffic safety propaganda and education” solution for “Training for trainers and teachers” activity.

KPI (Key Performance Indicator): evaluates performance of each related activity/impact/intervention. This performance evaluation bases on progress, quality and economic criteria.

If KPI_{ij} is the key performance indicator of solution i ($i=1 \div 3$) for a specific activity/impact/intervention j ($j=1 \div 8$) of this solution.

When $i=1$ and $j=1$, $KPI_{1,1}$ is the performance indicator of “Traffic safety propaganda and education” solution for “Training for trainers and teachers” activity.

Depending on the objective of investment evaluation: *performance* or *effectiveness* to identify KPI satisfying the following conditions:

- Necessary conditions:
 - QUANTITY. For example: Number of training courses for

“Training for trainers and teachers”.

- QUALITY. For example: checking/evaluation results of each training course.
- Appropriate evaluation methodology to identify KPIs publicly and explicitly.
- Sufficient conditions:
 - Database: economic data, relevant statistics.
 - Competent and experienced experts.
 - Cost for evaluation work.

Based on necessary and sufficient conditions above, apply “Expert Method” to identify the value of KPI_{ij} with the limit ($0\% \leq KPI_{ij} \leq 100\%$).

In the table 1 below the education interventions and the Target of each Performance Indicator is listed. Based on the Value Analysis Connecting method (VAC) each Key Performance Indicator will be valued by applying the “expert method” when the result of the Performance Indicators are known

Table 1 Education Intervention, Target, PIs & KPIs

Education Intervention	PI and Target
<i>Secondary school student</i>	<i>KPI 1 (A to I)</i>
1) Design and production of learning materials for secondary school students on pedestrian safety.	PI 1.1) At least 7 out of 8 (or 90%) of the schools have commissioned the learning materials in the education
2) Design and production of learning materials for secondary school students on bicycle safety.	PI 1.2) Measurable improvement in knowledge, skills and attitudes held by the pupils subjected to the education evaluation.
3) Design and production of learning materials for secondary school students on motorcycle passenger safety	
.	PI 1.3) At least 7 out of 8 (or 90 %) of

4) Selection and training of 568 safety teachers to convey the safety education in secondary schools.	objected teachers have been trained and uses the teachers' manual during education in traffic safety
	PI 1.4) Measurable improvement in knowledge, skills and attitudes held by the secondary school teachers subjected to the training evaluation.
5) Selection and training of 284 contact teachers as traffic safety experts to plan and develop the safety education in secondary schools.	PI 1.5) At least 7 out of 8 (or 90 %) of objected contact teachers have been trained and are supervising colleagues in traffic safety training.
6) Develop youth traffic safety leadership in secondary schools	PI 1.6) At least 6 out of 8 (or 80 %) of the schools visited have engaged youth leaders
High school students	KPI2 (J to R)
7) Design and production of learning materials for high school students on bicycle safety	PI 2.1) At least 3 out of 4 (or 90%) of the schools have commissioned the learning materials in the education
8) Design and production of learning materials for high school students on motorcycle passenger safety	PI 2.2) Measurable improvement in knowledge, skills and attitudes held by the pupils subjected to the education evaluation.
9) Design and production of learning materials for a pre-motorcycle seminar for grade 12 high school students	
10) Selection and training of 192 safety teachers to convey the safety education in high schools.	PI 2.3) At least 3 out of 4 (or 90 %) of objected teachers have been trained and uses the teachers' manual during education in traffic safety.

	PI 2.4) Measurable improvement in knowledge, skills and attitudes held by the high school teachers subjected to the training evaluation.
11) Selection and training of 95 contact teachers as traffic safety experts to plan and develop the safety education in high schools.	PI 2.5) 90 % of objected teachers have been trained and are supervising colleagues in traffic safety training.
12) Develop youth traffic safety leadership in high schools	PI 2.6) At least 3 out of 4 (or 80 %) of the schools visited have engaged youth union members that have knowledge and attitudes to instruct fellows in school.
Teachers	KPI3 (S)
13) Awareness, knowledge and attitudes raised among 2000 teachers due to their involvement in the training of teachers activity	PI 3.1) From 80% of the teachers participating in the teachers training significant improvement of awareness on traffic safety issues can be recorded

Source: Northern Vietnam National Roads Traffic Safety Improvement Project" (JICA L / A No.VN XIV-7.

(For Awareness raising interventions, Enforcement interventions and the Target of each PI, please see Appendix 1)

If B_{ij} is the benefit of solution i ($i=1\div3$) for a specific activity/impact/intervention j ($j=1\div8$) of this solution.

When $i=1$ and $j=1$, $B_{1,1}$ is the benefit of "Traffic safety propaganda and education" solution for "Training for trainers and teachers" activity.

$$\text{Formula: } B_{ij} = C_{ij} \times KPI_{ij}.$$

STEP 5: Benefit – Cost analysis.

HARD solution group: Benefit Cost Ratio

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} + \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=S_i} B_{i,j}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} + \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=S_i} C_{i,j}}$$

(BCR):

$$BCR_{HARD} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

SOFT solution groups:

Supposed that the number of solutions is m (i=1÷m),

If S₁ is the total number of activities/ impacts/interventions of the solution 1.

If S₂ is the total number of activities/ impacts/interventions of the solution 2.

If S_m is the total number of activities/ impacts/interventions of the solution m.

Then, S_i = (S₁ ÷ S_m). According to the above example, S₁ = 8, is the total number of activities/impacts/interventions of the solution 1 “Traffic safety propaganda and education”

Cost is:

$$C_{SOFT} = \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=S_i} C_{i,j}$$

Benefit is:

$$B_{SOFT} = \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=S_i} B_{i,j} =$$

$$\sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=S_i} C_{i,j} KPI_{i,j}$$

Benefit – cost ratio is:

$$BCR_{SOFT} = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=S_i} C_{i,j} KPI_{i,j}}{\sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=S_i} C_{i,j}}$$

Grouping formula of Benefit – cost ratios (including HARD solutions and SOFT solutions):

Assessment:

+ B/C < 1, benefit is less than cost: the project is lost.

+ B/C = 1, Just enough for payback.

+ B/C > 1, the project has profit.

The higher the B/C ratio, the better. It shows the high financial effectiveness.

4. Conclusion

Value Analysis Connecting (VAC) method is applicable to evaluate the *performance* of traffic safety project. The purpose of VAC method is to identify maximum output value based on the analysis and connecting input resources, so as to exactly evaluate the result of traffic safety projects investment performance. Performance evaluation is important for the investor and functional management agencies to have thorough and comprehensive acknowledgement and make timely adjustment in policy, investment instruction and financial control mechanism to achieve the target of investment.

Appendix 1

Table 2 Awareness raising Intervention, Target, PIs & KPIs

Awareness raising Intervention	PI and Target
<i>People living near the and people using the project roads</i>	<i>KPII (A to G)</i>
1) Conduct Traffic Safety Weeks (TSW) in ten provinces at schools, public areas, national roads and residential areas.	PI1.1) At least 25.000 participants PI 1.2) Awareness: 75 % know about slogans, messages and activities of TSW.

	PI 1.3) 80% show a high level of knowledge about traffic safety.		assesses their knowledge of the topics between good and excellent.
	PI 1.4) 80% of the local authorities are satisfied with the quality of the TSW in their community.		PI 2.3) 80 % of participants are prepared to implement after training.
2) Conduct On site Campaigns (OSC) in ten provinces at locations where the target groups are found.	PI 1.5) Awareness: 75 % know about slogans, messages and activities of OSC.	5) Provide training materials and aids for community leader training.	PI 2.4) At least 80% describes the quality of materials as being between good and excellent.
	PI 1.6) Attitude: More than 70 % feels coordinators make them understand traffic safety (level 3-5).	Provincial Traffic Safety Committee (PTSCCs)	KPI3 (K to N)
	PI 1.7) based on self assessment more than 70 % will change behavior (level 3-5).	6) Training of 20 Provincial Traffic Safety Committee (PTSCCs) to prepare them to implement TSWs and OSCs in provinces.	PI 3.1) 100 % of PTSCCs participated in training.
3) Broadcast road safety messages via television, internet and written media in ten provinces.	PI 1.8) At least 50 % of the articles assessed having a proper quality .(level 7-10)		PI 3.2) The attendees understanding about role and function should score a mean above 8 (0-10).
	PI 1.9) Awareness: At least 50 % of the interviewed road users recognize (OSC and TSW) messages after a period..		PI 3.3) The attendees understanding of contents should score a mean above 8 (0-10)
Community leaders	KPI2 (H to J)	7) Provide equipment and materials to be used at OSCs and during TSWs.	PI 3.4) The attendees understanding about method and means should score a mean above 8 (0-10).
4) Training of 857 community leaders to prepare them to implement TSWs and OSCs in provinces.	PI 2.1) At least 90 % of the invited leaders participated in training PI 2.2) At least 80 %		PI 3.5) At least 80 % of the coordinators assess the quality of equipment and materials to be good or higher.

	PI 3.6) Number of leaflets handed out should be at least 15.000 per province.
--	---

Source: Northern Vietnam National Roads Traffic Safety Improvement Project Report (JICA L / A No.VN XIV-7).

Table 3 Enforcement Intervention, Target, PIs & KPIs

Enforcement Intervention	PI and Target
<i>People living near the and people using the project roads</i>	<i>KPI1 (A to C)</i>
1) Conduct the 4E traffic safety project: implementing Enforcement, Engineering, Awareness Raising and Education Components.	PI1.1) Number of accidents, fatalities and injuries before and after compared with traffic volume has dropped at least 10 % as targeted by the Government in relation to Traffic Safety Year 2012 goals.
	PI 1.2) The benefit-cost ratio of the project should be positive (>100%).
	PI 1.3) Improved knowledge about the traffic accident situation in the four highways should be gained to be integrated in the future traffic safety work in Vietnam.
<i>Traffic Police</i>	<i>KPI2 (D to G)</i>
2) Training of 420 traffic police officers in 8	PI 2.1) At least 90 % of the invited officers

courses.	participated in training.
	PI 2.2) Measurable improvement of knowledge about police enforcement techniques.
3) Training of 41 traffic police chiefs in one course.	PI 2.3) At least 90 % of the invited officers participated in training.
	PI 2.4) Measurable improvement of knowledge about police enforcement techniques.

Source: Northern Vietnam National Roads Traffic Safety Improvement Project Report (JICA L / A No.VN XIV-7).

5. Acknowledgment

I would like to thank the reviewing committee and the organizing committee of the ATRANS Student Chapter for accepts my paper and giving me the opportunity to participate in the 5th ATRANS Symposium 2012.

I am thankful to Transportation Development and Strategy Institute (Ministry Of Transportation) for acknowledging the academic aspects of VAC method (Value Analysis Connecting) and also grateful to the Council of Science/Technology of the MOT for adopting its contents as the core and base of their scientific thread.

I would like to thank the Vietnam Bridge and Road Journal (ISSN 1859-459X) for recognizing my VAC method and officially announced my article at their academic journal dated April'2012.

I would like to thank JICA and people who involved in the "Northern Vietnam National Roads Traffic Safety Improvement Project" - a project that

JICA sponsors. VAC method has been recognized its practical application within Vietnam condition. This method is mentioned and quoted in the report of "Northern Vietnam National Roads Traffic Safety Improvement Project" (JICA L / A No.VN XIV-7)

Lastly I would like to thank my family for their support and encouragement.

References

- [1] Nguyen, D. K. (2012). Value Analysis Connecting (VAC) method and evaluation of traffic safety projects performance. *The Vietnam Bridge and Road Journal*, 4, pp.50-53.

- [2] Northern Vietnam National Roads Traffic Safety Improvement Project Report (JICA L/A No.VN XIV-7). Comprehensive Monitoring and Evaluation Plan. (June 2012).
- [3] Vietbao (2009, December). Restart the traffic safety project of Vietnam Road. Retrieved Feb 23, 2012, from <http://www.lmt.gov.vn/ykienatgt/?Param=category&catid=14&ArticleId=3804>

- [4] Transportation (2011, October). Ceremony of Handover 10 cars for traffic safety propaganda. Retrieved Feb 23, 2012, from <http://giaothongvantai.com.vn/an-toan-giao-thong/201110/Le-ban-giao-10-xe-o-to-tuyen-truyen-aTGT-31041/>

Value Incremental Comprehension (VIC) nomograph to Evaluate socio-economic effectiveness of traffic safety projects

Paper Identification number: SCS12-020

Duy Khanh Nguyen

Faculty of Commerce and Administration
Victoria University of Wellington
Telephone (+84) 934 401 466
E-mail: ngkhduy@yahoo.com

Abstract

Evaluating the effectiveness of a Project is an extremely important process for ODA projects in Vietnam in general and transportation safety project specifically. However, *effectiveness evaluation* of transportation safety project, which means evaluation step after project was put into exploitation in specific period (normally from 3 to 5 years) have not been conducted. Derived from that practice, this paper presents a new approach in order to assess the socio-economic effect of transportation safety project named Value Incremental Comprehension (VIC) Nomogram

Keywords: VIC 1, Traffic Safety 2, Evaluate Effectiveness 3, Nomograph 4, Socio-economic effectiveness. 5

1. General Introduction

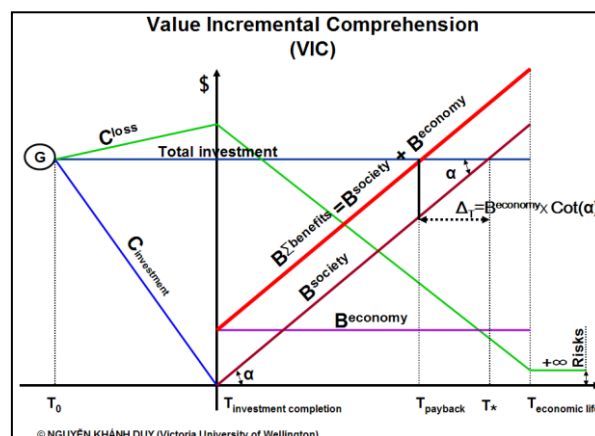
On the basis of intensive analysis of the socio-economic nature of investment in traffic safety, VIC monograph establishes cause and effect relation including total investment of the project; losses caused by traffic accidents and socio-economic impacts, other social and economic benefits from outputs of traffic safety projects; important milestones such as starting time, finishing time of investment, payback time, economic life of the project. With the creativity and understandability, VIC monograph has become a useful tool for both economic and financial analysis to absorb and mobilize fund sources from different sectors for traffic safety projects.

2. Literature Review

For the evaluation of the project, we first need to distinguish between two different concepts:

Completion evaluation or ending period assessment (by VAC method): is done immediately after the project ends, probably by the independent expert or project management unit or both parties coordinated conduct. The focus of assessment is the result of project implementation and effectiveness of the project.

Impact assessment or post-project evaluation (by VIC nomograph) - carried out by the independent assessment expert, usually between 2 and 5 years after completion of the investment with focus on the impact and sustainability of the project.

**Fig. 1** Value Incremental Comprehension

Some of the benefits (social and economic benefits such as $\mathbf{B_{Economy}}$) can be achieved immediately after completion of investment at $T_{\text{investment completion}}$. In general, there are 4 solution

groups (4Es) in the traffic safety projects consist of: HARD solution group (Construction of infrastructure – Engineering) and SOFT solution groups (Traffic safety propaganda and education – Education; Traffic safety enforcement – Enforcement; Traffic accidents emergency – Emergence)².

As for the Engineering component (Hard component), it can be evaluated (from the time $T_{\text{investment completion}}$) according to criteria pair: Progress - Cost. Problems and solution for evaluate implementation of project related to “progress” and “Implementation cost” can be reviewed more closely in the Appendix 1 at the final of this paper

Two types of completion evaluation and post-project assessment is the basis of reviewing of policies and strategic decisions of the relevant authorities. This type assessment is external and is carried out by sponsors. In addition, there are some other specific project evaluations of implementation process such as:

Difficulty evaluation: main purpose of this evaluation is to find solutions to specific difficulties arise during project implementation;

Dissolving evaluation: this is one type of evaluation made when sponsors want to finish the project ahead of time. The main purpose of this type of evaluation is to review the objectives of the sponsors have done right or not.

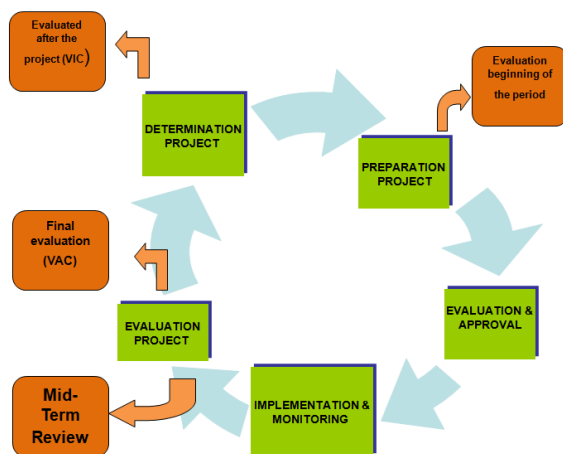


Fig. 2 Classification schemes for project evaluation in the investment cycle

3. Methodology

Feasibility of Traffic safety projects: As for traffic safety projects, Investment cost $C_{\text{investment}}$ is calculated based on losses C_{loss} caused by traffic accidents to national economy.

Accordingly, minimum calculated social losses C_{loss} will be converted in correspondence with social benefit B_{benefit} to evaluate the feasibility/effectiveness of the investment project according to Cost-benefit ratio. The comparison between input (cost) and output (benefit) evaluates the economic effectiveness of the investment project. All costs and benefits at different period of time are converted to the calculated index year.

If only above social benefit B_{society} is taken into consideration, temporarily excluding economic benefits from traffic environment improvement such as save travelling time – cost, reduce traffic jam, save cost for vehicle operation, reduce environmental pollution, etc, the formula of feasible project can be shown as follows:

$$B_{\text{society}} \geq C_{\text{investment}} \text{ or } C_{\text{loss}} \geq C_{\text{investment}}$$

Total investment line: Total investment $C_{\text{investment}}$ is the sum of all cost estimates of project items determined at investment decision stage and considered as a constant. Total investment line is parallel to time axis (horizontal axis).

T_0 : Starting time of the project investment.

$T_{\text{investment completion}}$: Investment finishing time and completion of project.

Economic life: Economic life or project life is the period from the end of investment implementation stage; start to put the project into exploitation, going on with development process, until when it cannot bring about any effect and the Employer decides to end the project. Project life is an important economic indicator of the project. Therefore, it is required to conduct a careful market survey during the project preparation stage so as to estimate the most exact project life; on which appropriate economic calculations are made.

Although traffic safety program also include infrastructure development items, the life of traffic safety projects is shorter. Therefore, it is required to maintain traffic safety works more regularly. Time for evaluating economic effectiveness of these projects is 10 years (depending on type of the project) from the end of the first year that the project is exploited and the evaluation will be conducted after the project is put into operation for 3 years.

Risks: Together with the non-stop development of the human being, risks in traffic are an objective factor that human cannot get rid of. The history has proved that many developed countries have had a great of humanitarian achievements in traffic safety, but mitigating and repelling traffic accidents remain their target to achieve. To sum up, in spite of how low is the risk of traffic accidents to human beings, it will stay forever in traffic environment.

C_{loss} line: Start from the point with the value of total investment as shown in the graph. At the beginning of the project, traffic accidents situation has not been improved because countermeasures have been applied. Thus, the trend of loss is upward from T_0 to $T_{\text{investment completion}}$. After the project completion, traffic accidents decrease gradually; thus, the trend of loss is downward from $T_{\text{investment completion}}$ to $T_{\text{economic life}}$. Afterwards, C_{loss} is parallel to the time axis, reflecting the inevitable feature of **risks** as explained above.

Cross point G: Cross point G is the starting point of investment and represent total investment amount.

The reason cross point G is selected as the starting point of C_{loss} line is that the decision for total investment arrangement must satisfy the lower limit $C_{\text{investment}} = C_{\text{loss}}$.

Social benefits line: B_{society} – the social benefits are benefits gained from the decrease in traffic accidents calculated based on economic benefits from the reduction of number of traffic accident cases, number of injuries and material losses caused by traffic accidents annually. These benefits are obtained from the reduction of

economic damages caused by traffic accidents. Economic damages caused by traffic accidents are calculated by “total output value” method.

(For further explanation of “total output value”, please see Appendix 2 at the end of this paper).

Economic benefits line: B_{economy} are economic benefits from the reduction of travelling time and vehicle operation costs in addition to benefits from improvements in natural environment (decrease in hazardous exhaust emission...) and social environment (development of traffic culture). In some specific projects, economic benefits are also gained from the reduction of traffic controlling equipment operation and maintenance.

Total benefits line: $B_{\Sigma \text{benefits}}$ Total socio-economic benefits are calculated according to the following formula:

$$B_{\Sigma \text{benefits}} = \{B_{\text{society}} + B_{\text{economy}}\}$$

Applying the method of graph sum to represent $B_{\Sigma \text{benefits}}$, we can see the $B_{\Sigma \text{benefits}}$ line is parallel to the B_{society} line with the distance of B_{economy} .

T_{payback}: is the period from the year investment start to the year of complete return of investment, if $B_{\Sigma \text{benefits}} = \{B_{\text{society}} + B_{\text{economy}}\}$, this time is the cross point between total investment line and $B_{\Sigma \text{benefits}}$ line.

T_{*}: is the period from the year investment start to the year of complete return of investment; if $B_{\Sigma \text{benefits}} = B_{\text{society}}$, this time is the cross point between total investment line and $B_{\Sigma \text{society}}$ line.

Increment ΔT :

$$\Delta T = \{T_* - T_{\text{payback}}\} = B_{\text{economy}} \times \text{Cot}(\alpha).$$

In which: α angle is the slope of B_{society} line.

Meaning of increment ΔT : if applying the formula $B_{\Sigma \text{benefits}} = \{B_{\text{society}} + B_{\text{economy}}\}$, T_{payback} will be ΔT years earlier than that when applying the formula $B_{\Sigma \text{benefits}} = B_{\text{society}}$.

4. Conclusion

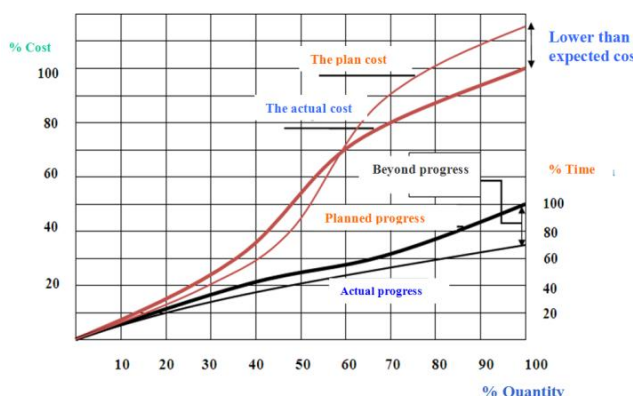
Analysis of socio-economic effects of traffic safety projects by VIC nomograph is applicable to evaluation of the project's effectiveness.

VIC nomograph is also widely applicable to analysis of financial rate of return, towards the development of tax policy and governmental subsidy, etc to raise funds from private sectors for one or some components or the whole traffic safety project when traffic accidents trend forecast and other economic benefits are calculated scientifically and practically.

Assessing the effectiveness of traffic safety projects by VIC method will also pave the way for financial analysis and attracting Public Private Partnership (PPP) for developing transport infrastructure. With VIC method, the financial experts can conduct analysis of the expectations of stakeholders (financial institutions, sponsors/investors, public authorities, etc...) in the context of infrastructure investment. At the same time, they can define the bindings and long term compromise; object-oriented analysis; grouping financial criteria and risk analysis from which to encourage public-private partnership in transport infrastructure.

Appendix 1

Problem: Progress Indicator as well as costs Indicator of a project has third possibility: equal (=), beyond (>) or slower (<) than the plan. Please indicate all the cases represent relationship of the pair Progress-Cost with 3 possibilities mentioned above?



Example Chart.1 The actual cost is lower than expected cost & the progress earlier than expected time.

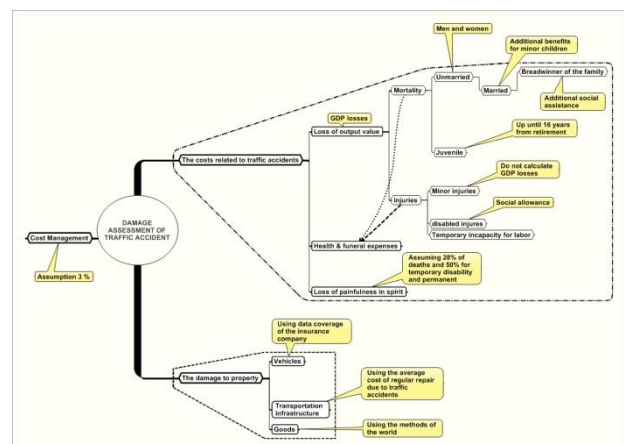
Solution: Call n the number of elements representing the possibilities: equal, or beyond or slow; so $n = 3$.

Call k the number of elements representing the targets: *Progress* and *Costs*, so $k = 2$.

Applying formula to calculate Enumerative combinatorics $k = 2$; $n = 3$: $F(n, k) = n^k = 3^2 = 9$.

Thus, there are total nine cases/charts. In it, including a "perfect case": $\text{Progress} = \text{Plan}^{\text{Progress}}$ and $\text{Cost} = \text{Plan}^{\text{Cost}}$ with a small and acceptable measurement uncertainty ($\pm \delta$). For example: before / after a few days / weeks in term of progress or higher / lower than few VND million in term of cost.

Appendix 2



Mindmap.1 Damage Assessment of Traffic Accident

Economic damages caused by traffic accidents are calculated by "total output value" method.

In summary, there are three main group of damage/cost which is quantitative and used to calculate the economic damage. This reduction of economic damage is the gain of social benefits.

1. **Administration cost:** The cost for police and other services from the activities of the crash investigation and management cost for insurance companies in the process of making the

payment of insurance procedures. Here this cost is assumed 3%.

2. *The damage to property cost:* The cost of repairing damage to vehicles and other assets including the cost of the people who got accident themselves pay and fees/expenses that insurance companies pay for them.

In the damage cost to property can be classified further into three sub-categories:

- Damage cost to Vehicles: Using data coverage of the insurance companies.
 - Damage cost to Transportation infrastructure: Using the average cost of regular repair due to traffic accidents.
 - Damage cost to Goods: Using the methods of worldwide method.
3. *The costs related to traffic accidents:* classified further into three sub-categories:
 - Loss of output value: calculated based on GDP can be produced per person. Assessment of losses due to disabilities of people who got injury in the long run and cannot work.
 - For married: Loss calculated through additional allowance for their minor children.
 - If victim is breadwinner of the family: Loss calculated must include additional social assistance.
 - If victim is juvenile: calculate loss by estimated total GDP value of that person from 16 until retirement.
 - For minor injuries: Do not calculate GDP losses
 - For disabled injuries: adding social allowance for calculating losses.
 - Health and funeral expenses: The cost of treating injuries caused by accidents (for both mortality and injuries case). These costs include expenses for doctors, medical expenses and hospital fees.

- The loss of spiritual pain: The loss due to damage to health, spirit of victims themselves as well as their family and friends. To be quantitative, assuming 28% for deaths and 50% for temporary, permanent disability.

5. Acknowledgment

I would like to thank the reviewing committee and the organizing committee of the ATRANS Student Chapter for accepts my paper and giving me the opportunity to participate in the 5th ATRANS Symposium 2012.

I am thankful to Transportation Development and Strategy Institute (Ministry Of Transportation) and the Council of Science/Technology of the MOT for acknowledging the academic aspects of VIC nomograph (Value Incremental Comprehension).

I would like to thank The Vietnam Transport Journal (ISSN 0866-7012) for recognizing VIC nomograph and officially announced my article at their academic journal dated April'2012.

Lastly I would like to thank all the people who are directly or indirectly involved and helped during the study.

References

- [1] Nguyen, D. K. (2012). Value Incremental Comprehension (VIC) nomograph to evaluate socio-economic effectiveness of traffic safety projects. *The Transport Journal*, 4, 52-53.
- [2] Nguyen, D. K. (2012). Value Analysis Connecting (VAC) method and evaluation of traffic safety projects performance. *The Vietnam Bridge and Road Journal*, 4, pp.50-53.

Advantages of Map Based Accident Data

Paper Identification number: SCS12-021

Amornchai LEELAKAJONJIT¹

¹Information Technology Support Division, Royal Thai Police
EU-Asia Road Safety Centre of Excellence (RoSCoE)
Prince of Songkla University, Songkla, 90112
Telephone 0-2205 2627, Fax. 0-2250 0576
E-mail: amornchai@police.go.th

Abstract

The increasing of population and vehicle number leads increasing of road accidents and huge of accident lost every year. Road accident prevention needs effective measures to implement in all approaches i.e. engineering, education, and enforcement but difficulty of road accident contribution analysis is an important barrier to produce the measures. A map based accident data system is a one solution to make road accident data easier to understand and produce better measures. There are many types of accident data depend on the objectives of each data collection. However, result of comparison between normal accident data and map based data found many advantages of map based data system such as easy to find hazardous locations, no need high road safety education, and some symbols can present more than just a location of the accident. The most advantage of accident map symbol system is a German system which it can represent accident severity, accident type, and special circumstance in a single symbol. If the accident data authorities publish the data in map based format, everyone in road safety section will be capable to use these data in order to develop own better road safety measures for their responsibility area.

Keywords: road accident, accident data, hazardous location, map base accident data

1. Introduction

The road accident is a one of important problems in Thailand. There are many Thai fatalities from road accidents every year. Royal Thai Police reported road accident situation in 2011 that there are 9,205 fatalities consisting 6,858 male and 2,347 female. The total property lost is 622,166,974 THB (RTP, 2012). This value excludes social lost from accident fatalities, serious injuries, and slight injuries. If no one takes actions in any accident prevention, the accident lost will increase rapidly.

Accident prevention needs good accident data and tools to support for launching effective measures. The ultimate aim of developing good road safety data systems is to use the information generated to improve the road safety situation (WHO, 2010). This study tries to find easy tools for everyone in road safety sections to use effectively. The objectives of this study consist of:

- To compare advantages and disadvantages of different accident data system

- To find the easy accident presentation methods suitable for Thailand road safety organization

2. Literature review

The accident data is the origin of road safety policies. WHO stated the importance of accident data system that “the need for data systems to be put in place to collect the information needed to allow countries to develop evidence-driven road safety policies” (WHO, 2010).

Ogden (1996) gave an accident data recommendation in “A Guide to Road Safety Engineering” that accident data should consist with the accident location. The modern accident database stores the accident location in Global Positioning System (GPS) format e.g. latitude and longitude value. The accident locations are important to find hazardous location or black spot in order to rank the accident situation of each road section and intersection.

Institute of Transport Economics Norwegian Centre for Transport Research (TOI) (2007)

published “State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks”. This report contains many details about accident data usage and summarizes varied method to find black spot.

Taneerananon (2006) introduced two important hazardous location analyzing methods.

- **Crash (Accident) Number Method:** This method identifies hazardous location when accidents happened in that location exceeding the critical number. The critical number came from statistical calculation.
- **Crash Rate Method:** Crash Rate is a number of accident divide by unit of exposure. In case of four-leg intersection, the exposure can be calculated by following equation.

$$Exposure = 2 \times \sqrt{\frac{V_1+V_3}{2}} \times \frac{V_2+V_4}{2} \quad (1)$$

Vesper (2007) explained detail about German Accident-Pin-Boards (APBs) in “Black Spot Analysis – A Comparison between Two European Counties and Thailand”. Accident-Pin-Boards in Germany was defined in three types: 1-year-APB for presenting all accidents, 3-year-APB (ip) for presenting accidents with at least one injured person (ip), 3-year-APB (sip) for presenting accidents with at least one seriously injured person (sip).

DOH (2010) implemented three methods to find hazardous location from 3-year accident data e.g. accident frequency, accident rate, and accident severity.

- **Accident Frequency (acfre)**

$$acfre = \frac{A}{A_c} \quad (2)$$

where

A is an accident number

A_c is a critical value.

- **Accident Rate (acrat)**

$$acrat = \frac{R}{R_c} \quad (3)$$

where

$$R_c = \lambda + k_a \sqrt{\lambda/m_j} - 0.5/m_j$$

λ is an average of accident rate

m_j is a number of vehicle on road j

k_a is constant value of levels of significance

- **Accident Severity (acsev)**

$$acsev = 60F + 45S + 4SI + D \quad (4)$$

where

F is fatality number

S is serious injury number

SI is slight injury number

D is property damage only case number

Mustafa K. (2002) studied the benefits of using GIS in traffic accident analysis. He stated the road characteristics, demographic and socio-economic data to enhance road safety analysis can be integrated into the map based traffic accident analysis. It makes better road accident data management system.

3. Methodology

This study reviewed and compared the methods for presenting road accident data in varied approaches between figure accident data and map-based accident data. The comparison starts with the review of existing accident data presentation. Then, reviewed accident data was analyzed in term of advantage and disadvantage. Finally, comparison result was discussed about the implementation in Thailand for improving road safety management.

4. Results

This study reviewed some road accident data presentations from Europe, America, and Asia. Some organizations publish road accident data annually as annual report officially. While some reviewed accident data come from private sectors. These accident data presentation were categorized to figure presentation and map-based presentation as in Table 1.

The figure accident data are usually used to present road accident statistics in macro perspective and official reports. These data contain much detail about road accident in many related tables. These figure data are easy to compare between each data

group. All road accident data can be presented in figure data opposite to map-based data.

From road accident data review, there are differences of accident symbols on the map depend on accident data authorities. The examples of map-based accident data presentation are in Fig. 1 – 8. All map-based accident data have same one objective to identify hazardous location on the map for accident prevention proposes.

Table 1 Review of Road Accident Data

Accident Presentation	Category
Global Status Report on Road Safety (WHO, 2009)	Figure
Road Safety Annual Report 2011 (IRTAD, 2012)	Figure
ITO Road Fatalities USA (ITO, 2012)	Map-based
SafeRoadMaps Map Analytics (SRM, 2012)	Map-based
Crash: Death on Britain's roads (BBC, 2012)	Map-based
CrashMap (CrashMap, 2012)	Map-based
Australian Road Fatality Statistics (DOIT, 2012)	Figure
Motor Vehicle Crashes in New Zealand 2010 (MOT, 2011)	Figure
New Zealand Police – Southern District State Highway Priority Map (NZP, 2012)	Map-based
Geographical viewing of accidents in EUSka (Mauricio C., 2007)	Map-based
Statistics 2007 Road Accident Japan (IATSS, 2008)	Figure
Road Traffic Accident in Korea 2010 (KoROAD, 2011)	Figure
Road Accident Statistics : 1999 – 2011 (RTP, 2012)	Figure
HAIMS 2010 (DOH, 2012)	Map-based

Due to hazardous location analysis needs number of accidents in each road section or intersection for identification process, all map-based accident data shows single symbols representing a single accident. Most accident map-based data use symbol color to present difference of accident category. There is only German map-based accident data using symbol size, symbol color and flag color to transfer accident detail.

German map-based accident data uses symbol size to present accident category depending on most accident severity in the accident. The symbol color

presents accident type relating to the situation leading accident. The symbol flag color present the special accident circumstances such as drunk driving, pedestrian involved, motorcycle involved, and accident at a tree.



Fig. 1 ITO Road Fatalities USA (ITO, 2012)

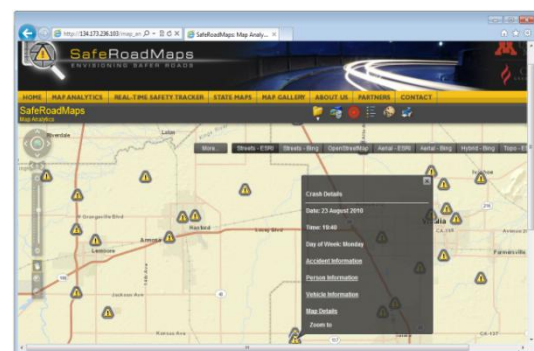


Fig. 2 SafeRoadMaps Map Analytics (SRM, 2012)

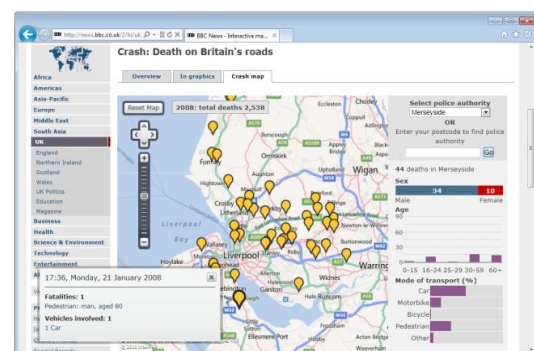


Fig. 3 Crash: Death on Britain's roads (BBC, 2012)

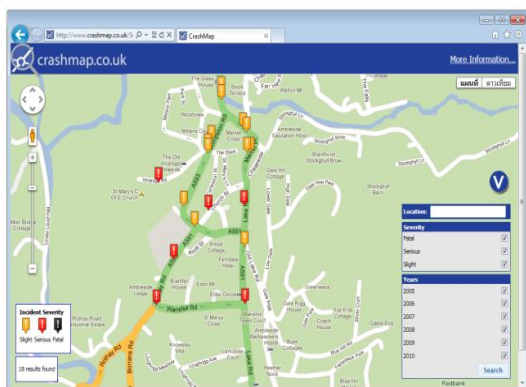


Fig. 4 CrashMap (CrashMap, 2012)

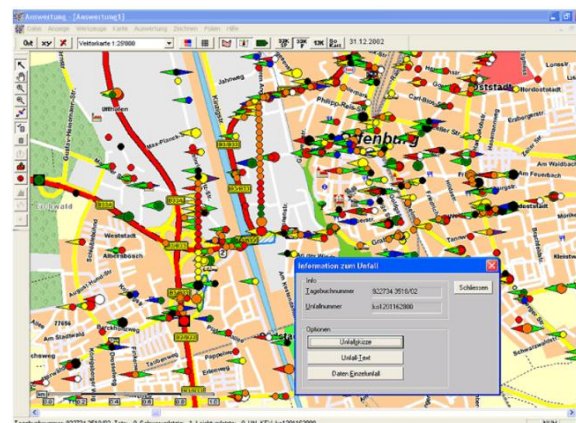


Fig. 7 Geographical viewing of accidents in EUSKa (Mauricio C., 2007)

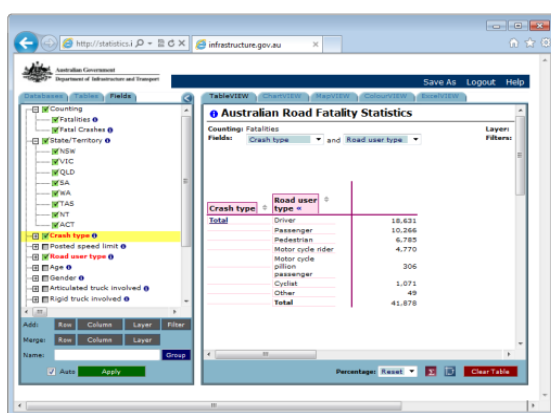


Fig. 5 Australian Road Fatality Statistics (DOIT, 2012)

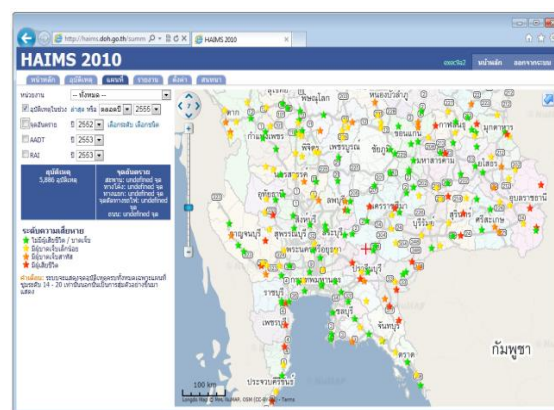


Fig. 8 HAIMS 2010 (DOH, 2012)

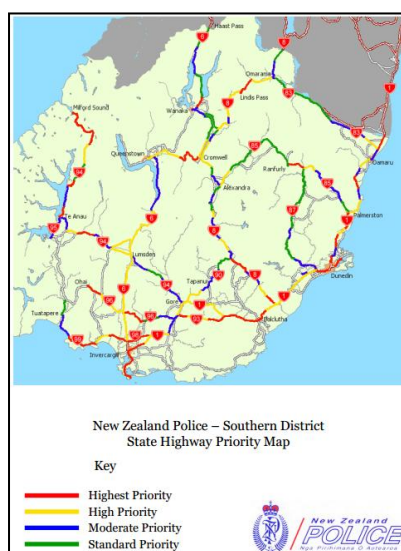


Fig. 6 New Zealand Police – Southern District State Highway Priority Map (NZP, 2012)

In Thailand, Royal Thai Police (RTP) road accident data is often used as representative of road safety situation countrywide. Due to RTP has no official map-based data, Department of Highways (DOH) map-based data named Highway Accident Information Management System (HAIMS) is most popular to identify hazardous location on road network in Thailand.

This study compares the capability of figure and map-based accident data to present some special purposes. Figure data is good to present both the overall situation and deep detail. While Map-based data has great advantage to identify hazardous locations and rank the situation priority between each road sections and intersections. The comparison result is in Table 2.

Table 2 The comparison result of figure and map-based accident data

Accident Data Presentation	Figure data	Map-based data
Number of accidents	Y	Y
Each accident data	-	Y
Large area data	Y	-
Identify accident contribution factors	Y	-
Ranking hazardous location	-	Y
Producing accident prevention measures	Y	Y

Y = Capable to present the data

In the road safety stake holders, some are specialist in road engineer such as road authority officers. On the other hand, some road safety agents have never studied about road engineer and road safety such as police. They can will have big problems if there are only figure accident data and complicated model formulas. So, map-based accident data can support their work by pointing obvious important location on the map and make road safety easier for them.

5. Discussion

Due to resource limitation, all road safety agents should focus on high impact factor for project benefit, accident situation ranking is important to manage project priority. Every road authorities should have map-based data to support their decision making. Map-based data is also advantage to enforcement and education sector for producing road safety measures fitting to different accident situation.

In among of map-based accident data, German symbol system is most interesting. The single symbol can help road safety engineers and other agents to understand each accident situation. While the other symbol systems are easier to understand but they are difficult to analyze the situation and produce prevention measures for different locations.

Acknowledgement

This study would not have been possible without the kind support of many individuals and organizations. I would like to extend my sincere

thanks to Prof. Ulrich Brannolte, Prof. Pichai Taneerananon, and Mr. Andreas Vesper for road safety knowledge. I would like to express my special gratitude and thanks to Royal Thai Police and Department of Highways for supporting road accident data.

References

- [1] BBC (2012) *Crash: Death on Britain's roads*. Retrieved from BBC News Website: http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/8401344.st.
- [2] CrashMap (2012) *Road Casualties Great Britain*. CrashMap Company.
- [3] DOH (2010) *GIS development, road safety assessment and information publication project*. Department of Highways, Thailand.
- [4] DOH (2012) *HAIMS 2010*. Department of Highways, Thailand.
- [5] DOIT (2012) *Australian Road Deaths Database*. Department of Infrastructure and Transport, Australia.
- [6] IATSS (2008) *Statistics 2007 Road Accident Japan*. International Association of Traffic and Safety Sciences, Japan.
- [7] IRTAD (2012) *Road Safety Annual Report 2011*. International Group and Database on Road Safety Data.
- [8] ITO (2012) *ITO Road Fatalities USA 2001 – 2009*. ITO World Ltd.
- [9] KoROAD (2011) *Road Traffic Accident in Korea 2010*. Korea Road Traffic Authority.
- [10] Mauricio C. (2007) *Quality and Representative of The Traffic Accident Data in Urban Areas: State of the Art*. INTRAS: Institute of Traffic and Road Safety of the University of Valencia.
- [11] MOT (2011) *Motor Vehicle Crashes in New Zealand 2010*. Ministry of Transport, New Zealand.
- [12] Mustafa K. and Serdal T. (2002) Determination of Hazardous Locations on Highways Through GIS: A Case Study-Rural Road of Isparta-Antalya. *International Symposium on GIS*, September 23-26, 2002.
- [13] NZP (2012) *New Zealand Police – Southern District State Highway Priority Map*. New Zealand Police.
- [14] Ogden K. W. (1996) *Safer Roads: a guide to road safety engineering*. Avebury, England.
- [15] SRM (2012) *SafeRoadMaps Map Analytics*. SafeRoadMaps, University of Minnesota.

- [16] Taneerananon P. (2006) *Engineering Safer Roads*. Lim Brother Print, Songkla.
- [17] Vesper A. (2007) Black Spot Analysis – A Comparison between Two European Countries and Thailand. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.6, 2007.
- [18] WHO (2009) *Global Status Report on Road Safety*. World Health Organization.
- [19] WHO (2010) *Data systems: a road safety manual for decision-makers and practitioners*. World Health Organization, France.

การศึกษาความเร็วของยานพาหนะเมื่อติดตั้งยางชะลอความเร็วบนถนนสายรอง

The Study of Vehicle Speed when Passing the Rubber Speed Bump Installed on a Collector Road

หมายเลขบทความ: SCS12-022

พรศิริ อุระภา¹, ธเนศ เสถียรนาม², วิชดา เสถียรนาม³

Pornsiri Urapa, Thaned Sateinam, Wichuda Sateinam

¹ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โทรศัพท์. 086-2421816

E-mail: Urapa.pp@gmail.com

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โทรศัพท์ 081-9744481

E-mail: satiennam@gmail.com

³ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โทรศัพท์ 081-4395568

E-mail: k.wichuda@gmail.com

บทคัดย่อ

ยางชะลอความเร็ว เป็นเครื่องมือในการยับยั้งการจราจร บนถนนส่วนบุคคลหรือในที่จอดรถ ที่มีการใช้ความเร็วในการสัญจรต่ำ ในปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยรับรองด้านประสิทธิภาพของยางชะลอความเร็ว ในขณะที่ยางชะลอความเร็ว เป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่าย สะดวกต่อการติดตั้งและรื้อถอน มีราคาไม่สูง จึงนิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม หากติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวผิดลักษณะการใช้งาน เช่น นำไปติดตั้งบนถนนสายหลักหรือบนถนนสายรอง ซึ่งยานพาหนะสัญจรด้วยความเร็วสูง อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ขับขี่ได้ เช่น อุบัติเหตุชนท้ายจากการเบรกกะทันหัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร็วของยานพาหนะเมื่อมีการติดตั้งยางชะลอความเร็วบนทางสายรอง โดยทำการศึกษาในช่วงถนนสายหลักที่ตัดผ่านเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม การศึกษานี้เก็บข้อมูลความเร็วและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ 3 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถกระบะ ในช่วงก่อนถึงยางชะลอความเร็ว และในช่วงสัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว ผลการศึกษาพบว่ายางชะลอความเร็วสามารถลดความเร็วยานพาหนะทั้ง 3 ประเภทในขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว อย่างไรก็ตาม ค่าความแปรปรวนของความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลและรถกระบะมีค่าค่อนข้างสูง และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับค่าความแปรปรวนของความเร็วของรถจักรยานยนต์ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ ค่าความเร็วที่มีความแปรปรวนมากและลักษณะการใช้ช่วงความเร็วที่แตกต่างกันของยานพาหนะแต่ละประเภทจะเพิ่มโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะในลักษณะการชนท้ายได้

Abstract

The rubber speed bump is one of the traffic calming devices installed on the private roadway or on the parking area with low speed traffic. Presently, there are limited research studies for the effectiveness of this device. Due to its availability in the market, relatively low cost, easy to install

and uninstall, the device is widely used in Thailand. However, misuse of the device, such as installed on the high speed road, increase the crash risk to the road user. This study therefore aims to study the vehicle speed when installed the rubber speed bump on the collector road. The study area is a section of collector road pass through the Mahasarakham University. The speed data of the motorcycle, the passenger car and the pick up truck are conducted on the two sections, before approaching to the bump and during passing the bump. Study results reveal that the rubber speed bump can reduce the vehicle speed when passing the bump. However, the standard deviation of the speed of the pickup truck and passenger car are relatively high when compare with those of the motorcycle. The high standard deviation and the difference in speed ranges for each vehicle type will increase the real-end crash risk to the road user.

1. บทนำ

อุบัติเหตุด้านการจราจร ถือว่าเป็นประเด็นปัญหาที่มีความสำคัญค่อนข้างสูง เนื่องจากการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้งได้ส่งผลกระทบต่อในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพการดำรงชีวิต การบาดเจ็บ การรักษาพยาบาล มูลค่าของทรัพย์สินที่ต้องสูญเสีย ความเร็วคือ หนึ่งในสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุที่สำคัญ ด้านการจราจรเนื่องจากผู้ขับขี่ยานพาหนะมีพฤติกรรมการใช้ความเร็วในการขับขี่ที่ไม่เหมาะสมกับสภาพของถนน และสภาพแวดล้อมด้านข้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผู้ขับขี่ต้องสัญจรผ่าน บริเวณที่ต้องมีการลดความเร็วของยานพาหนะลง เพื่อความปลอดภัย เช่น บริเวณสถานศึกษา เขตชุมชน ทางแยก ทางโค้ง เป็นต้น

ในปัจจุบัน การชะลอการจราจร (Traffic calming) ถือเป็นมาตรการสำคัญที่ใช้ในการลดความเร็วของยานพาหนะ และเน้นชะลอความเร็ว นับว่าเป็นเครื่องมือการชะลอการจราจรบนทางถนนสายท้องถิ่นที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เน้นชะลอความเร็วสามารถบังคับพฤติกรรมในการใช้ความเร็วของผู้ขับขี่ให้ลดลงได้ อย่างไรก็ตาม เน้นชะลอความเร็วที่ใช้กันในปัจจุบัน ในสังคมไทยมีรูปร่างลักษณะที่ไม่ตายตัวตั้งแต่เนินที่มีขนาดเล็กไปจนถึงเนินที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งโดยส่วนมากจะเป็นเนินขนาดเล็ก ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับหน่วยงานที่ทำการก่อสร้าง งบประมาณการจัดซื้อ และเน้นอีกลักษณะที่กำลังเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ยางชะลอความเร็ว (Rubber Speed bump)

ยางชะลอความเร็ว เป็นอุปกรณ์ที่ทำห้ซื้อได้ง่าย สะดวกต่อการติดตั้งและรื้อถอน มีค่าไม่สูง จึงนิยมใช้อย่างแพร่หลาย โดยทั่วไปยางชะลอความเร็วจะถูกติดตั้งบนถนนส่วนบุคคลหรือในที่จอดรถ ที่มีการใช้ความเร็วในการสัญจรต่ำ ในปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยรับรองด้านประสิทธิภาพของยางชะลอความเร็ว อย่างไรก็ตาม หากติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวผิดลักษณะการใช้งาน เช่น นำไปติดตั้งบนถนนสายหลักหรือบนถนนสายรอง ซึ่งยานพาหนะสัญจรด้วยความเร็วสูง อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ขับขี่ได้ เช่น อุบัติเหตุชนท้ายจากการเบรกกะทันหัน

ดังนั้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร็วของยานพาหนะ กรณีที่มีการติดตั้งเนินยางชะลอความเร็ว (Rubber Speed

bump) บนถนนสายรอง ทางหลวงหมายเลข 2202 ช่วงที่ตัดผ่านพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2. ทฤษฎีและวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สนช.(2548) การยับยั้งการจราจร คือ การจัดระบบการจราจร โดยวิธีการยับยั้งการจราจร (Traffic calming) เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้การแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการยับยั้งการจราจรที่เหมาะสม จะต้องมียุทธศาสตร์มาจากการจำแนกของถนนในโครงข่ายถนนที่เหมาะสมเมื่อโครงข่ายถนนได้ถูกจำแนกเป็นประเภทต่างๆ แล้ว โครงการยังการจราจรสามารถพัฒนาขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับหน้าที่การทำงาน สภาพทางกายภาพของถนน สภาพการจราจร ประเภทของการใช้ที่ดินข้างเคียง

โดยทั่วไปถนนจะสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ถนนสายหลัก (Arterial Roads) ได้แก่ ถนนซึ่งทำหน้าที่ให้บริการและสนับสนุนงานด้านการจราจรเป็นหลัก ซึ่งเน้นในเรื่องการให้บริการแก่การจราจร
2. ถนนสายรอง (Collector Roads) ได้แก่ ถนนซึ่งทำหน้าที่ให้บริการแก่การจราจร และการเข้าออกพื้นที่และกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นตามแนวถนน
3. ถนนสายย่อย (Local Streets) ได้แก่ ถนนจะมุ่งเน้นในเรื่องการจราจรไว้ซึ่งคุณภาพชีวิต ความปลอดภัย คุณภาพสิ่งแวดล้อม และความผาสุกของผู้อยู่อาศัยที่อยู่ริมถนน

Austroroads (2010) Road humps กว่า 30 ปี ที่เนินชะลอความเร็วถูกใช้ในการควบคุมความเร็วบนถนนในประเทศออสเตรเลีย เนินในช่วงแรกๆเป็นเนินหลังกลมหขนาด 400 mm ตามมาตรฐานเนินในประเทศอังกฤษในสมัยนั้น เนินชะลอความเร็วถูกปรับปรุงเรื่อยมา โดยเพิ่มเนินหลังแบนและลดความสูงของเนินลงงานวิจัยในประเทศอังกฤษ

(Traffic Advisory Unit 1996 อ้างใน Austroad 2010) ซึ่งให้เห็นประสิทธิภาพของเนินดังนี้

- เนินหลังแบน (Flat top) ความเร็วเฉลี่ย 22 km/hr สำหรับเนิน สูง 75 -100mm

- เนินหลังกลม (Round top) ความเร็วเฉลี่ย 24 km/hr สำหรับเนินสูง 75mm และ 22km/hr สำหรับเนินสูง 100 mm

- Speed cushions คือเนินชะลอความเร็วที่ไม่ครอบคลุมตลอดความกว้างของช่องจราจร ดังนั้น รถขนาดใหญ่สามารถผ่านเนินลักษณะนี้ โดยที่หนึ่งล้อจะไม่ต้องเหยียบผ่านเนิน งานวิจัยในประเทศอังกฤษ (Traffic Advisory Unit 1998 อ้างใน Austroad 2010) พบว่าความเร็วของรถเมื่อผ่าน speed cushions จะลดลงเมื่อเพิ่มขนาดความกว้างของเนิน

ITE(1999) อธิบายหลักการออกแบบแนวทางโค้งของเนินชะลอความเร็ว ดังนี้ ลักษณะแนวทางโค้ง (ความสูงและความชัน) ของเนินชะลอความเร็ว (speed hump) และ จุดชะลอความเร็วในลักษณะอื่นๆ เป็นปัจจัยกำหนดความเร็วในการขับขี่ โดย ยิ่งเนินมีความสูงชันมากขึ้น รถจะยิ่งเคลื่อนตัวผ่านช้าลง ดังนั้น ในการออกแบบเนินชะลอความเร็ว ความสูงและความชันของเนิน (Vertical curvature) จะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับความเร็วสูงสุดในท้องถิ่นนั้นๆ โดยจะออกแบบ ให้ขับผ่านเนินด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วสูงสุด เพื่อว่าในช่วงที่รถเคลื่อนที่อยู่ระหว่างจุดชะลอความเร็วจุดแรกและจุดถัดไปรถจะยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วสูงสุดที่กำหนดไว้

ชุลกีฟลี มามะและพิชัย ธานีธนานนท์ (2548) ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของเนินราบชะลอความเร็วในเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 3 ตำแหน่ง พบว่าจุดแข็งของเนินราบชะลอความเร็ว คือ สามารถเปลี่ยนพฤติกรรมการขับขี่ชะลอความเร็วลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนจุดอ่อนของเนินราบชะลอความเร็ว คือ เนินราบที่ไม่มีมาตรฐานส่งผลกระทบต่อผู้ใช้รถใช้ถนน คือ ทำให้รถสะเทือนมากเนื่องจากขาดการเตือนล่วงหน้าหรือกรณีของรถจักรยานยนต์ทำให้พลิกคว่ำได้

3.วิธีดำเนินงาน

3.1 สำนวจลักษณะทางกายภาพ

บริเวณศึกษาเป็นทางหลวงหมายเลข 2202 ช่วงที่ตัดผ่านเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างจังหวัดมหาสารคามและอำเภอเชียงยืน จังหวัดขอนแก่น มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนน 4 ช่องจราจร 2 ทิศทาง เกาะกลางเป็นเกาะสี่ มีทางเชื่อมขนาดเล็กจำนวนไม่มาก ส่งผลให้ผู้ขับขี่ด้วยความเร็วสูง สายทางนี้ในปัจจุบันกรมทางหลวงถ่ายโอนให้เป็นสายทางในความรับผิดชอบของเทศบาลตำบลขามเริญ และได้มีการติดตั้งเนินยางชะลอความเร็ว

(Rubber Speed bump) ขนาด กว้าง 0.35 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 0.05 เมตร ตลอดแนวความกว้างของถนน จำนวน 2 ตำแหน่ง เพื่อชะลอความเร็วของรถบนถนนสายหลักที่วิ่งผ่านมหาวิทยาลัย



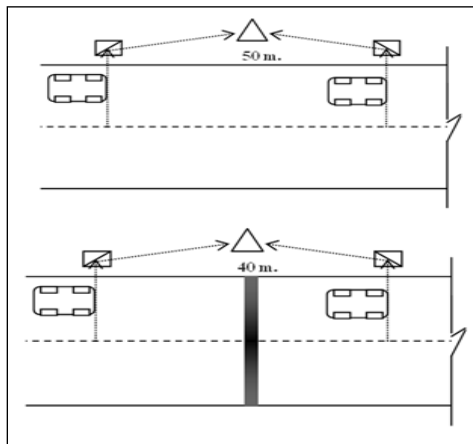
รูปที่ 1 ภาพถ่ายทางอากาศช่วงทางหลวงหมายเลข 2202



รูปที่ 2 บริเวณที่ติดตั้งยางชะลอความเร็ว (Rubber Speed bump)

3.2 สำนวจความเร็ว

การศึกษานี้ สำนวจความเร็ว โดยแยกประเภทของยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) และรถกระบะ (Pickup truck) ตามลำดับ เลือกสำนวนความเร็วเฉพาะยานพาหนะที่ใช้ความเร็วแบบอิสระ (Free flow Speed) ใน 2 ช่วงถนน คือ ก่อนสัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว และขณะที่ยานพาหนะสัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว โดยใช้นาฬิกาจับเวลาควบคู่กับการใช้อุปกรณ์ส่องจากจับเวลาที่ยานพาหนะสัญจรในระยะทาง 50 เมตร และ 40 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 วิธีการเก็บข้อมูลความเร็ว

3.3 วิเคราะห์ข้อมูลความเร็ว

วิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มข้อมูลความเร็วช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็ว และขณะผ่านยางชะลอความเร็ว ด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้สถิติ T-test แบบ Independent Samples t-test กรณีที่กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน

4. ผลการศึกษา

4.1 ความเร็วของรถจักรยานยนต์

ข้อมูลความเร็วของรถจักรยานยนต์ในช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็วและขณะผ่านยางชะลอความเร็ว ดังแสดงใน ตารางที่ 1

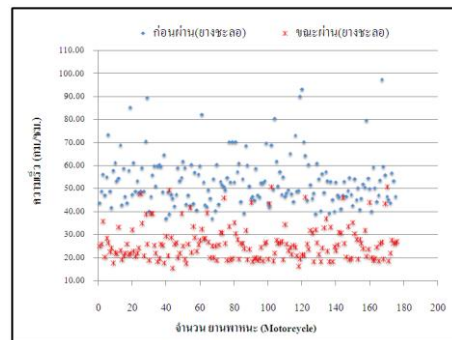
ตารางที่ 1 ความเร็ว ช่วงก่อนผ่านและขณะผ่านยางชะลอความเร็ว
รถจักรยานยนต์

รถจักรยานยนต์ Motorcycle	ยางชะลอความเร็ว	
	ก่อนผ่าน (ยางชะลอ)	ขณะผ่าน (ยางชะลอ)
จำนวนข้อมูล (n)	175	176
MAX (กม./ชม.)	97.30	50.70
MIN (กม./ชม.)	36.89	15.50
Mean(กม./ชม)	53.28	26.26
S.D.	10.93	7.53
15th speed	43.80	19.38
50th speed	51.14	25.13
85th speed	60.81	33.28
%Δ Speed	50.71	
Levene's Test for Equality of Variances	F	12.65
	.sig	0.00<0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	26.98
	P-Value	P=0.00<0.05

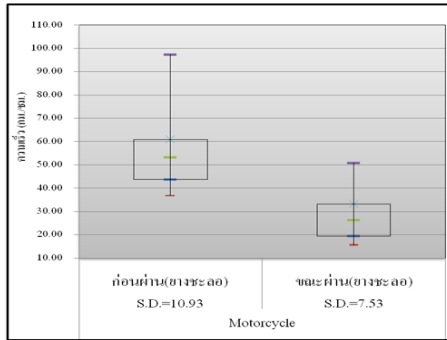
จากการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติ พบว่า ความเร็วของรถจักรยานยนต์ ในช่วงที่ผ่านยางชะลอความเร็วลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อ 95 % และความเร็วโดยเฉลี่ยลดลงจากช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็วถึง 50.71%

การกระจายตัวของข้อมูลความเร็วรถจักรยานยนต์ ดังแสดงใน

รูปที่ 4-5



รูปที่ 4 การกระจายข้อมูลความเร็วรถจักรยานยนต์
ช่วงก่อน-และขณะผ่านยางชะลอ



รูปที่ 5 การกระจายกลุ่มข้อมูลความเร็วรถจักรยานยนต์ช่วงก่อน-และขณะผ่านยางชะลอ MIN, 15th speed, Mean, 85th speed, MAX

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (Variances) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีความแปรปรวนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มพบว่ากลุ่มข้อมูลความเร็วช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็ว มีค่าที่สูงกว่ากลุ่มข้อมูลของยานพาหนะขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว (S.D. $10.93 > 7.53$) แสดงให้เห็นว่ายางชะลอความเร็วส่งผลให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วที่ใกล้เคียงกันในขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว

4.2 ความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car)

ข้อมูลความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็วและขณะผ่านยางชะลอความเร็ว ดังแสดงใน ตารางที่ 2

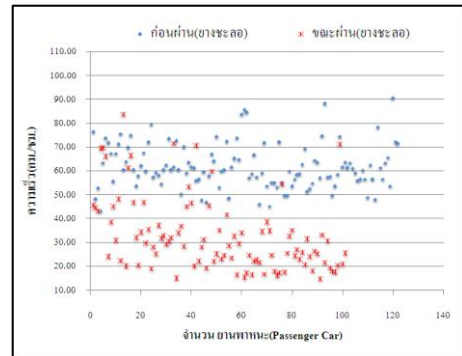
ตารางที่ 2 ความเร็ว ช่วงผ่านและขณะผ่านยางชะลอความเร็ว

รถยนต์ส่วนบุคคล

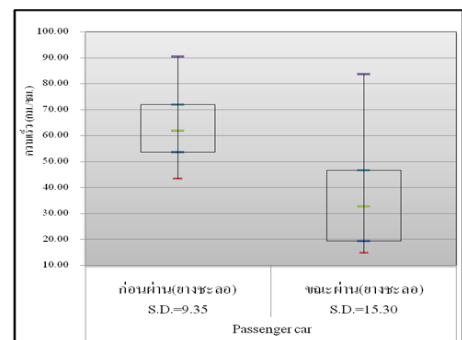
รถยนต์ส่วนบุคคล Passenger car	ยางชะลอความเร็ว	
	ก่อนผ่าน (ยางชะลอ)	ขณะผ่าน (ยางชะลอ)
จำนวนข้อมูล (n)	122	101
MAX (กม./ชม.)	90.45	83.72
MIN (กม./ชม.)	43.27	14.77
Mean(กม./ชม)	61.89	32.74
S.D.	9.35	15.30
15th speed	53.57	19.38
50th speed	60.40	28.74
85th speed	72.00	46.60
%Δ Speed		47.11
Levene's Test for quality of Variances	F	16.08
	.sig	0.00<0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	17.47
	P-Value	P=0.00<0.05

จากการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติ พบว่า ความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) ในขณะที่ผ่านยางชะลอความเร็วลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อ 95 % โดยความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะลดลงจากช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็วถึง 47.11%

การกระจายตัวของข้อมูลความเร็วรถยนต์ส่วนบุคคล ดังแสดงใน รูปที่ 6-7



รูปที่ 6 การกระจายข้อมูลความเร็วรถยนต์ส่วนบุคคล ช่วงก่อน-และขณะผ่านยางชะลอ



รูปที่ 7 การกระจายกลุ่มข้อมูลความเร็วรถยนต์ส่วนบุคคล ช่วงก่อนผ่าน-และขณะผ่านยางชะลอ MIN, 15th speed, Mean, 85th speed, MAX

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (Variances) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีความแปรปรวนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มพบว่ากลุ่มข้อมูลความเร็วช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็ว มีค่าที่ต่ำกว่ากลุ่มข้อมูลของยานพาหนะ

ขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว (S.D. 9.35<15.30) แสดงให้เห็นว่า ผู้ขับขีรถยนต์ส่วนบุคคลมีการใช้ความเร็วที่ต่างแตกต่างกันค่อนข้างสูงขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว

4.3 ความเร็วของรถกระบะ (Pickup truck)

ข้อมูลความเร็วของรถกระบะในช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็วและขณะผ่านยางชะลอความเร็ว ดังแสดงใน ตารางที่ 3 และรูปที่ 8-9

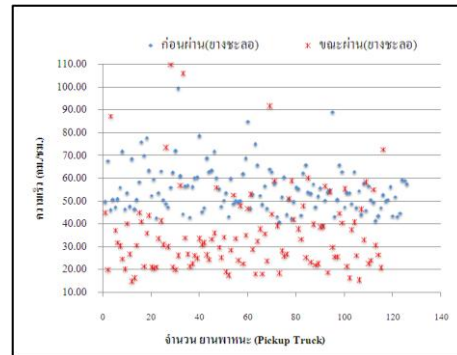
ตารางที่ 3 ความเร็ว ช่วงก่อนถึงและขณะผ่านยางชะลอความเร็ว

รถกระบะ (Pickup truck)

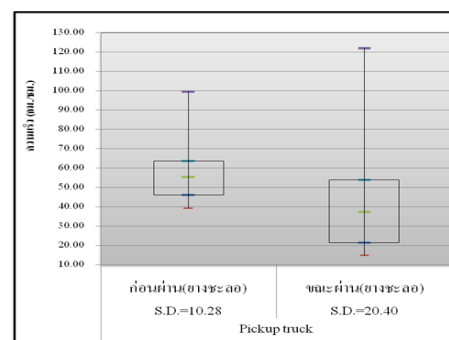
รถกระบะ Pickup truck	ยางชะลอความเร็ว	
	ก่อนผ่าน (ยางชะลอ)	ขณะผ่าน (ยางชะลอ)
จำนวนข้อมูล (n)	126	116
MAX (กม./ชม.)	99.45	122.03
MIN (กม./ชม.)	39.30	14.86
Mean(กม./ชม)	55.26	37.28
S.D.	10.28	20.40
15th speed	46.09	21.25
50th speed	53.41	31.89
85th speed	63.55	53.84
%Δ Speed		32.54
Levene's Test for Equality of Variances	F	20.17
	.sig	0.00<0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	8.76
	P-Value	P=0.00<0.05

จากการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติ พบว่า ความเร็วของรถกระบะ (Pickup truck) ในขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็วลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อ 95 % โดยความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะลดลงจากช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็วถึง 32.54%

การกระจายตัวของข้อมูลความเร็วรถยนต์ส่วนบุคคล ดังแสดงใน รูปที่ 8-9



รูปที่ 8 การกระจายข้อมูลความเร็วรถกระบะ ช่วงก่อน-และขณะผ่านยางชะลอ



รูปที่ 9 การกระจายกลุ่มข้อมูลความเร็วรถกระบะ ช่วงก่อน-และขณะผ่านยางชะลอ MIN, 15th speed, Mean, 85th speed, MAX

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (Variances) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีความแปรปรวนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มพบว่ากลุ่มข้อมูลความเร็ว

ช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็ว มีค่าที่ต่ำกว่ากลุ่มข้อมูลของยานพาหนะขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว (S.D.10.28<20.40) แสดงให้เห็นว่าผู้ขับขีรถกระบะมีการใช้ความเร็วที่ต่างแตกต่างกันสูงมากขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว

4.4 เปรียบเทียบความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท

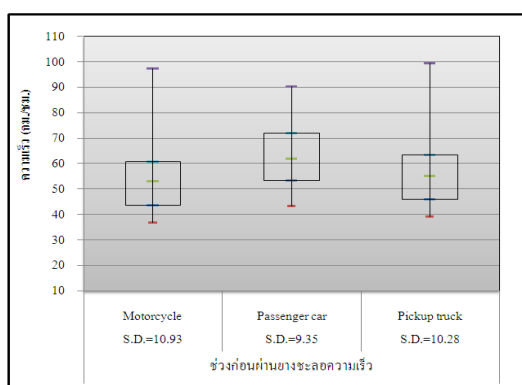
4.3.1 ความเร็วก่อนผ่านยางชะลอความเร็ว

ผลกรวิเคราะห์ค่าความเร็วของยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วช่วงก่อนผ่านยาง
ชะลอความเร็ว ของยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท

Speed (กม. /ชม.)		MC&PC	MC&PT	PC&PT
Levene's Test for Equality of Variances	F	0.92	0.06	0.49
	.sig	0.33 >	0.79 >	0.48 >
		0.05	0.05	0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	-7.08	-1.59	5.31
	P-Value	0.00 <	0.06 >	0.00 <
		0.05	0.05	0.05

*MC = Motorcycle, PC= Passenger car, PT= Pickup truck



รูปที่ 10 การกระจายของกลุ่มข้อมูลความเร็วช่วงก่อนยางชะลอ
MIN, 15th speed, Mean, 85th speed, MAX

ข้อมูลในตารางแสดงให้เห็นว่า ยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท มีความแปรปรวน (Variances) ของความเร็วขณะสัญจรก่อนผ่านยางชะลอความเร็ว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และยังพบอีกว่าเมื่อเทียบการใช้ความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท มีเพียง รถจักรยานยนต์และรถกระบะที่มีการใช้ความเร็วช่วงที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็วไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P-value 0.06 > 0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

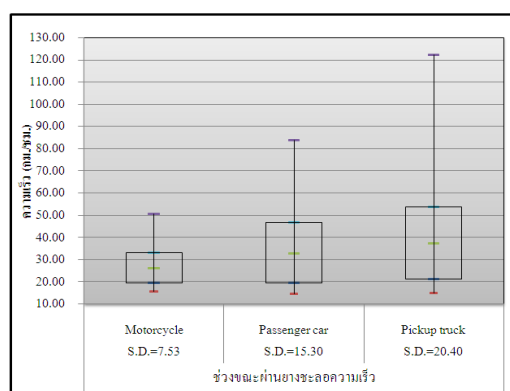
4.3.2 ความเร็วขณะผ่านยางชะลอความเร็ว

ผลการวิเคราะห์ความความเร็วของยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนขณะผ่านยางชะลอ
ยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท

Speed (กม. /ชม.)		MC&PC	MC&PT	PC&PT
Levene's Test for Equality of Variances	F	43.48	52.74	2.45
	.sig	0.00 <	0.00 <	0.11 >
		0.05	0.05	0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	-4.71	-6.53	-1.83
	P-Value	0.00 <	0.00 <	0.03 <
		0.05	0.05	0.05

*MC = Motorcycle, PC= Passenger car, PT= Pickup truck



รูปที่ 11 การกระจายของกลุ่มข้อมูลความเร็วช่วงผ่านยางชะลอ
MIN, 15th speed, Mean, 85th speed, MAX

จากตารางพบว่า มีเพียงยานพาหนะ 2 ประเภท คือ รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) และรถกระบะ (Pickup truck) ที่มีค่าความแปรปรวนของความเร็วไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.11 > 0.05) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณา ความเร็วขณะขับผ่านยางชะลอความเร็วของยานพาหนะทั้งยานพาหนะ 2 ประเภท คือ รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) และรถกระบะ (Pickup truck) มีการใช้ความเร็วที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value 0.03 < 0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) และรถกระบะ (Pickup truck) ตามลำดับ โดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบยานพาหนะแต่ละประเภท ช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็วและช่วงที่ยานพาหนะสัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว พบว่าการใช้ความเร็วช่วงก่อนผ่านยางชะลอและขณะสัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว (Rubber Speed bump) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และยังพบอีกว่ายานพาหนะทั้ง 3 ประเภท มีการใช้ความเร็วลดลงได้แก่ รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) ลดลง 50.71% รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) ลดลง 47.11% และรถกระบะ (Pickup truck) ลดลง 32.54 % ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ ความแปรปรวน (Variances) ของยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท พบว่าช่วงก่อนสัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว ยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท มีค่าความแปรปรวน (Variances) ของความเร็วที่ไม่แตกต่างกัน แต่ในขณะที่ยานพาหนะสัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว พบว่ามีค่าความแปรปรวนของความเร็วที่แตกต่างกัน โดยมีเพียง รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) และรถกระบะ (Pickup truck) ที่มีความแปรปรวนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-Value}=0.11>0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของความเร็ว พบว่า สำหรับรถจักรยานยนต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็ว มีค่าสูงกว่าขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว (S.D. $10.93>7.53$) แสดงให้เห็นว่ายางชะลอความเร็วส่งผลให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วที่ใกล้เคียงกันมากขึ้นในขณะที่สัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างไปสำหรับสำหรับกลุ่มรถยนต์ส่วนบุคคล (S.D. $9.35<15.30$) และรถกระบะ (S.D. $10.28<20.40$) โดยพบว่า ทั้งสองกลุ่มมีการใช้ช่วงความเร็วที่กว้างขึ้นเมื่อสัญจรผ่านเนินชะลอความเร็ว โดยเฉพาะรถกระบะ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง ถึง 20.40 แสดงให้เห็นว่า พฤติกรรมการเลือกใช้ความเร็วของผู้ขับขี่รถกระบะแตกต่างกันค่อนข้างสูง กล่าวคือบางคันชะลอความเร็วในขณะที่บางคันแทบจะไม่ชะลอความเร็ว

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อติดตั้งยางชะลอความเร็ว (Rubber Speed bump) บนถนนสายหลัก ในขณะที่ยานพาหนะมีการใช้ความเร็ว

ในการสัญจรที่ค่อนข้างสูง ยางชะลอความเร็ว (Rubber Speed bump) สามารถลดความเร็วของยานพาหนะขณะสัญจรผ่านยางชะลอความเร็วได้จริง อย่างไรก็ตาม พบว่า ขณะผ่านยางชะลอความเร็ว ค่าความแปรปรวนของความเร็วระหว่างยานพาหนะแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) และพบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรถจักรยานยนต์ มีค่าแตกต่างจาก รถยนต์ส่วนบุคคลและรถกระบะมาก ซึ่งความแปรปรวนของข้อมูลความเร็วที่แตกต่างกัน และช่วงความเร็วที่แตกต่างกันดังกล่าวอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ขับขี่ได้ เช่น อุบัติเหตุชนท้าย จากการเบรกกะทันหันได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชุลกีฟลี มามะและพิชัย ธานีธนานนท์, 2548. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10. กาประชุมประสิทธิผลเบื้องต้นมาตรการการสยบการจราจรกรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จ.สงขลา (TRP 64).สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] สนข., 2548. เอกสารการอบรม การแก้ไขจุดเสี่ยงอันตราย. ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ,ขอนแก่น
- [3] Austroad ,2008. Guide to road safety part 3 Speed limits and Speed Management,
- [4] ITE/FHWA, 1999 Traffic Calming: State of the Practice
<http://www.ite.org/traffic/tcstate.asp>.

การศึกษาความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเมื่อขับผ่านเนินชะลอความเร็ว

The Study of Passenger Car Speed when Passing the Speed Bump and Speed Hump

หมายเลขบทความ: SCS12-023

ทศวรรณ ผาเจริญ¹, ธเนศ เสถียรนาม², วิชุดา เสถียรนาม³

Tussawan Phacharoen, Thaned Steinem, Wichuda Steinem

¹ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โทรศัพท์. 084-9568812

E-mail: komk-mam@msn.com

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โทรศัพท์ 081-9744481

E-mail: satiennam@gmail.com

³ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

โทรศัพท์ 081-4395568

E-mail: k.wichuda@gmail.com

บทคัดย่อ

เนินชะลอความเร็ว นับว่ามีบทบาทสำคัญมากในการช่วยลดความเร็วของยานพาหนะ ในเขตพื้นที่ที่มีปริมาณการจราจรไม่คับคั่ง (ไม่เกิน 500 คันต่อวัน) ซึ่งรูปแบบมาตรฐานของเนินชะลอความเร็วจะมีความยาว ประมาณ 3.4 - 4.0 เมตร (ตามแนวทิศทางการจราจร) สูงจากผิวจราจรประมาณ 7.5 - 10.0 เซนติเมตร ควรทำการติดตั้งเป็นชุดโดยมีระยะห่างประมาณ 80 - 130 เมตร ลักษณะหน้าตัดขวางมี 4 ลักษณะ ได้แก่ โค้งหลังเต่า (Sinusoidal) โค้งวงกลม (Circular) โค้งพาราโบลา (Parabolic) แต่ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการติดตั้งเนินชะลอความเร็วที่มีขนาดหลากหลายและไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร็วของยานพาหนะขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ โดยบทความวิจัยนี้ นำเสนอผลเบื้องต้นของการสำรวจความเร็วอิสระของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขณะเคลื่อนที่ผ่านเนินชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ ได้แก่ 1) เนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 10.5 เมตร สูง 0.075 เมตร ติดตั้งบนถนนขนาด 2 ช่องจราจร 2 ทิศทาง 2) เนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร ติดตั้งบนถนน ขนาด 4 ช่องจราจร 2 ทิศทางมีเกาะกลาง 3) เนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 0.8 เมตร สูง 0.05 เมตร ติดตั้งบนถนน ขนาด 2 ช่องจราจร 2 ทิศทาง การศึกษานี้ นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วก่อนและขณะผ่านเนินชะลอความเร็วโดยใช้สถิติทดสอบ และนำเสนอข้อมูลการกระจายของความเร็วในรูปแบบกราฟหน้าตัดความเร็ว (Speed Profile) สำหรับเนินชะลอความเร็วขนาดต่างๆ

คำสำคัญ: เนินชะลอความเร็ว การกระจายความเร็ว กราฟหน้าตัดความเร็ว

Abstract

The speed hump is one of the traffic calming devices used to reduce the traffic speed in the low traffic volume road. Typically, speed hump is 3.4 to 4.0 m in length with the heights range between 7.5 to 10.0 cm. Speed hump are often placed in a series (typically spaced 80 to 130 m apart). Speed hump shapes include parabolic, circular, and sinusoidal. However, speed hump sizes reported in practice in Thailand are varying. This study, therefore, aims to study the passenger car speed when crossing the speed hump and speed bump. This paper presents the preliminary results of the passenger car speed when crossing 3-sizes speed humps and bumps including 1) 10.5 m in length with 0.075 m in height installed on the 2-lane undivided road, 2) 1.5 m in length with 0.075 m in height installed on the 4-lane divided road, 3) 0.8 m in length with 0.05 m in height installed on the 2-lane undivided road. For each humps and bumps, the vehicle speed profile and the speed variance between the initial speed and crossing speed are discussed in this paper.

Keywords: Speed hump, speed distribution, speed profile

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วสูงซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นจำนวนมากทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการคิดที่จะนำมาตรการต่างๆมาใช้เพื่อลดความเร็วของยานพาหนะบนท้องถนน และหนึ่งในมาตรการที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในการช่วยลดความเร็วของยานพาหนะบนท้องถนนคือการติดตั้ง "เนินชะลอความเร็ว (Speed Hump)"

เนินชะลอความเร็ว (Speed Hump) นับว่ามีบทบาทสำคัญมากในการช่วยลดอุบัติเหตุในพื้นที่ที่มีการจราจรไม่คับคั่งมากนัก (ไม่เกิน 500 คันต่อวัน) แต่ในการออกแบบเนินชะลอความเร็ว นั้น ถ้าออกแบบเล็กจนเกินไปอาจไม่สามารถลดความเร็วของยานพาหนะลงได้ และอาจจะทำให้ความเร็วของยานพาหนะเป็นศูนย์ ซึ่งทำให้อัตราการไหลของระบบต่ำจนเกินไปจึงอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากการชนท้ายได้ แต่ถ้าออกแบบใหญ่เกินไปอาจทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้างเป็นจำนวนมากและไม่อาจจะลดความเร็วของยานพาหนะที่วิ่งมาได้ ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้นเนินชะลอความเร็วลดความเร็วของยานพาหนะในถนนสายย่อยได้อย่างเหมาะสม จึงควรมีการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมของเนินชะลอความเร็ว

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเร็วของยานพาหนะขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ โดยบทความวิจัยนี้นำเสนอผลเบื้องต้นของการสำรวจความเร็วอิสระของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขณะเคลื่อนที่ผ่านเนินชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ 3 ลักษณะ

2. ทฤษฎีงานและวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Austrroads (2008) กล่าวว่า กว่า 30 ปี ที่เนินชะลอความเร็ว ถูกใช้ในการควบคุมความเร็วบนถนนในประเทศออสเตรเลีย เนินในช่วงแรกมีลักษณะเป็นเนินหลังกลมนขนาด 400 mm ตามมาตรฐาน

เนินในประเทศไทยในสมัยนั้น เนินชะลอความเร็วถูกปรับปรุงเรื่อยมา โดยเพิ่มเนินหลังแบนและลดความสูงของเนินลง งานวิจัยในประเทศไทย (Traffic Advisory Unit 1996 อ้างใน Austroad 2010) ใช้ให้เห็นประสิทธิภาพของเนินดังนี้

- เนินหลังแบน (Flat top) ความเร็วเฉลี่ย 22 km/hr สำหรับเนิน สูง 75 mm

- เนินหลังกลม (Round top) ความเร็วเฉลี่ย 24 km/hr สำหรับเนินสูง 75mm และ 22km/hr สำหรับเนินสูง 100 mm

Speed cushions คือเนินชะลอความเร็วที่ไม่ครอบคลุมตลอดความกว้างของช่องจราจร ดังนั้น รถขนาดใหญ่สามารถผ่านเนินลักษณะนี้โดยที่หนึ่งล้อจะไม่ต้องเหยียบผ่านเนิน งานวิจัยในประเทศไทย (Traffic Advisory Unit 1998 อ้างใน Austroad 2010) พบว่าความเร็วของรถเมื่อผ่าน speed cushions จะลดลงเมื่อเพิ่มขนาดความกว้างของเนิน

ซุลกีฟลี มามะและพิชัย ธานีรณานนท์ (2548) ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของเนินราบชะลอความเร็วในเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 3 ตำแหน่ง พบว่าจุดแข็งของเนินราบชะลอความเร็ว คือ สามารถเปลี่ยนพฤติกรรมการขับที่ชะลอความเร็วลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนจุดอ่อนของเนินราบชะลอความเร็ว คือ เนินราบที่ไม่มีมาตรฐานส่งผลกระทบต่อผู้ใช้รถใช้ถนน คือ อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

สนข.(2548) ลูกเนินชะลอความเร็ว (Speed Hump) เป็นพื้นที่ผิวจราจรที่ยกสูงขึ้นที่มีลักษณะโค้งเป็นรูปหลังเต่าโดยใช้ติดตั้งขวางทิศทางการจราจร โดยทั่วไปลูกเนินชะลอความเร็วมีความยาว (ตามแนวทิศทางการจราจร) ประมาณ 3.0 - 6.0 เมตร ซึ่งจะแตกต่างกันอย่างชัดเจนจากลูกเนินชะลอความเร็ว (Speed Bump) ที่มีความยาวสั้น ๆ ลูกเนินชะลอความเร็วจะมีความสูงจากผิวจราจรประมาณ 7.5 - 10.0 เซนติเมตร ลักษณะหน้าตัดของลูกเนินชะลอความเร็วมีอยู่ 4 ลักษณะ

คือ โค้งรูปไซน์ (Sinusoidal) โค้งวงกลม (Circular) โค้งพาราโบลา (Parabolic) และคิวนแบนราบ (Flat-Topped) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะหน้าตัดทางลาดของลูกเนินชะลอความเร็วแบบต่าง ๆ

ที่มา : Ewing, 1999

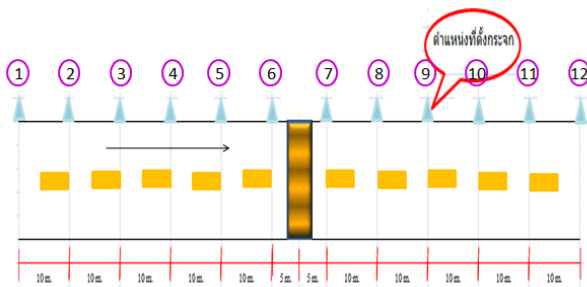
3. วิธีดำเนินงาน

3.1 สํารวจความเร็ว

- สํารวจความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ประกอบด้วยรถเก๋งและรถกระบะ ขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วด้วยความเร็วแบบอิสระ (Free flow Speed) ในช่วงนอกเวลาเร่งด่วน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้นาฬิกาจับเวลาควบคู่กับการใช้อุปกรณ์ส่องฉากติดตั้ง

- สํารวจความเร็ว 2 ช่วง คือ ช่วงทางตรงก่อนถึงเนินชะลอความเร็ว และช่วงคร่อมเนินชะลอความเร็วในระยะทาง 110 เมตร

- ในช่วงคร่อมเนิน สํารวจความเร็วโดยแบ่งถนนออกเป็นสองส่วน จากการวัดคอกจากจุดกึ่งกลางเนินชะลอความเร็วด้านละ 55 เมตร แล้วทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 2 จับเวลาที่ยานพาหนะใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อสำรวจความเร็ว

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลความเร็ว

- วิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มข้อมูลความเร็วช่วงก่อนผ่านยางชะลอความเร็ว และขณะผ่านยางชะลอความเร็ว ด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้สถิติ T-test แบบ Independent Samples t-test กรณีที่กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน

- วิเคราะห์ข้อมูลการกระจายของความเร็ว ณ บริเวณตำแหน่งต่างๆ ด้วยค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าต่ำสุดค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุดค่าความเร็วที่ 15 เปอร์เซ็นไทล์ ค่าความเร็วที่ 50 เปอร์เซ็นไทล์ ค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์

- ในช่วงคร่อมเนิน แบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม ตามค่าความเร็วต้น เพื่อใช้ในการแสดงกราฟหน้าตัดความเร็ว ได้แก่ 1) กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วง ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ \pm 1กม./ชม. 2) กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วง ความเร็วที่ 50 เปอร์เซ็นไทล์ \pm 1กม./ชม. 3) กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วง ความเร็วที่ 15 เปอร์เซ็นไทล์ \pm 1กม./ชม.

4. ผลการศึกษา

4.1 เนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 10.5เมตร สูง 0.075เมตร

ถนนที่ตัดผ่านหน้าตึกอธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร 2 ทิศทาง ไม่มีเกาะกลาง กว้าง 10 เมตร มีการติดตั้งเนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 10.5 เมตร สูง 0.075 เมตร ดังแสดงในรูป เมื่อเก็บข้อมูลความเร็วในช่วงก่อนถึงเนินชะลอความเร็ว และในช่วงข้ามเนินชะลอความเร็ว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 3 เนินชะลอความเร็วหน้าตึกอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ขนาด กว้าง 10.5 เมตร สูง 0.075 เมตร

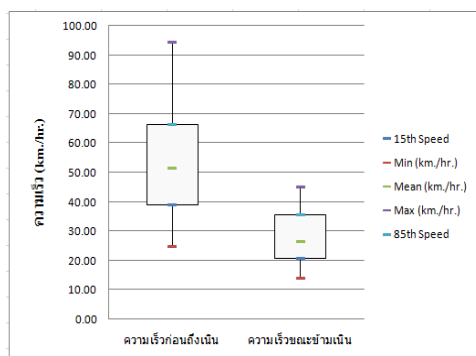
ผลการสำรวจความเร็วก่อนและขณะสัญจรผ่านเนินชะลอความเร็วดังแสดงในตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่า ในภาพรวม ความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยความเร็วเฉลี่ยลดลงจากช่วงก่อนถึงเนินชะลอความเร็วถึง 48.55%

ตารางที่ 1 ความเร็วก่อนผ่านและขณะผ่านเนินชะลอความเร็วขนาด
กว้าง 10.5 เมตร สูง 0.075 เมตร

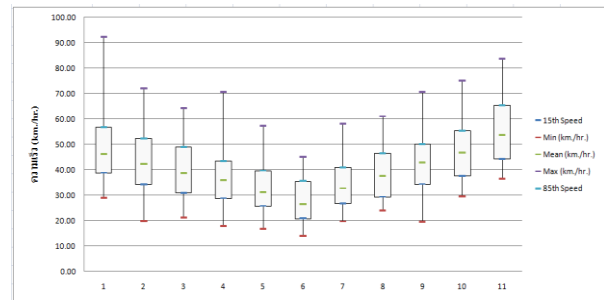
หน้าตัดกิโลกรัม ค.ม.ข.		
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	เนินชะลอความเร็ว	
	ก่อนถึงเนิน	ขณะผ่านเนิน
จำนวนข้อมูล	176	111
Min (km./hr.)	24.80	13.85
Mean (km./hr.)	51.45	26.47
Max (km./hr.)	94.25	45.00
S.D	12.97	6.76
15th Speed	39.09	20.75
50th Speed	51.45	26.47
85th Speed	66.25	35.47
% Δ Speed	48.55	
Levene's Test for quality of Variances	F	38.73
	Sig.	0.00 < 0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	18.81
	P-Value	P=0.00 < 0.05

การกระจายตัวของข้อมูลความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลดังแสดงในรูป 4 เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (Variances) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีความแปรปรวนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มพบว่า ข้อมูลความเร็วช่วงก่อนผ่านเนินชะลอความเร็ว มีค่าที่สูงกว่าข้อมูลความเร็วขณะผ่านเนินชะลอความเร็ว (S.D. 12.97 > 6.76) แสดงให้เห็นว่าเนินชะลอความเร็วส่งผลให้ผู้ขับขี่รถยนต์นั่งส่วนบุคคลใช้ความเร็วที่ใกล้เคียงกันกว่าในช่วงถนนปกติในขณะที่ขับผ่านเนินชะลอความเร็ว

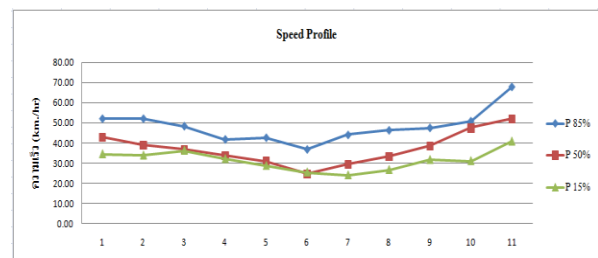


รูปที่ 4 ความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลช่วงก่อนและขณะผ่านเนิน
ชะลอความเร็วขนาดกว้าง 10.5 เมตร สูง 0.075 เมตร



รูปที่ 5 การกระจายตัวของข้อมูลความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลขณะ
ขับผ่านเนินชะลอความเร็ว

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงการกระจายความเร็วของยานพาหนะขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วในช่วงก่อนถึงเนินชะลอความเร็ว 55 เมตร และหลังจากขับผ่านเนินชะลอความเร็ว 55 เมตร ซึ่งจุดที่มีความเร็วต่ำที่สุดคือ ช่วงก่อนเนินชะลอความเร็ว (จุดที่ 6) และหลังจากนั้นความเร็วจะเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ



รูปที่ 6 หน้าตัดความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลขณะขับผ่านเนินชะลอ
ความเร็วขนาดกว้าง 10.5 เมตร สูง 0.075 เมตร

เมื่อพิจารณาแยกกลุ่มผู้ขับขี่ตามความเร็วต้น จากกราฟหน้าตัดความเร็ว ดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่า กลุ่มผู้ขับขี่ด้วยความเร็วต้นที่ 85 เปอร์เซ็นต์ใช้ความเร็ว 56.70 กม./ชม. ขับข้ามเนิน โดยลดความเร็วลง 37.44% กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วงความเร็วที่ 50 เปอร์เซ็นต์ใช้ความเร็ว 46.15 กม./ชม. ลดความเร็วลง 42.64% กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วงความเร็วที่ 15 เปอร์เซ็นต์ใช้ความเร็ว 38.71 กม./ชม. ลดความเร็วลง 46.40%

4.2 เนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร

ตั้งอยู่บนถนนตัดผ่านหน้าหอพักกันทรวิชัยในเขตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยาเขตจามเรียง ซึ่งเป็นถนนขนาด 4

ช่องจราจร 2 ทิศทาง มีเกาะกลาง โดยมีการติดตั้งเนินชะลอความเร็ว
ขนาด กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 เนินชะลอความเร็วหน้าหอพักกันทรวิชัยมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม ขนาด กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร

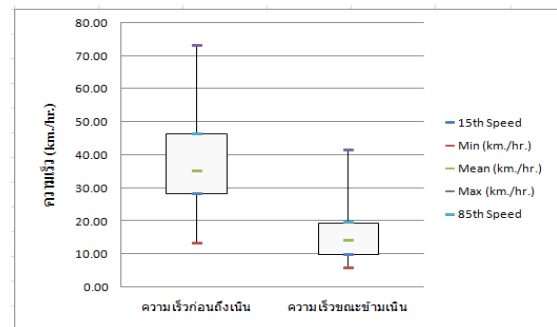
ผลการสำรวจความเร็วก่อนและขณะสัญจรผ่านเนินชะลอ
ความเร็วดังแสดงในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วด้วย
วิธีการทางสถิติ พบว่า ในภาพรวม ความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล
ขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่
ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยความเร็วเฉลี่ยลดลงจากช่วงก่อนถึงเนิน
ชะลอความเร็วถึง 60.06%

ตารางที่ 2 ความเร็วก่อนผ่านและขณะผ่านเนินชะลอความเร็วขนาด
กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร

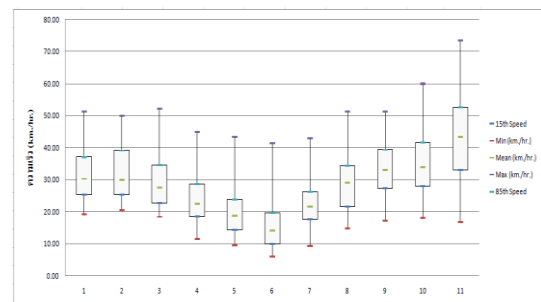
หน้าหอพักกันทรวิชัย มมส.		
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	เนินชะลอความเร็ว	
	ก่อนถึงเนิน	ขณะผ่านเนิน
จำนวนข้อมูล	228	111
Min (km./hr.)	13.41	5.89
Mean (km./hr.)	35.20	14.06
Max (km./hr.)	73.26	41.38
S.D	9.54	5.17
15th Speed	28.39	9.88
50th Speed	35.20	14.06
85th Speed	46.36	19.51
% Δ Speed	60.06	
Levene's Test for quality of Variances	F	32.02
	Sig.	0.00 > 0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	23.38
	P-Value	P=0.00 < 0.05

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (Variances) ของข้อมูลทั้ง
2 กลุ่ม พบว่า ข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีความแปรปรวนที่แตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากค่าส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มพบว่า ข้อมูลความเร็ว
ช่วงก่อนผ่านเนินชะลอความเร็ว มีค่าที่สูงกว่าข้อมูลความเร็วขณะขับ

ผ่านเนินชะลอความเร็ว (S.D. 9.54 > 5.17) แสดงให้เห็นว่าเนินชะลอ
ความเร็วส่งผลให้ผู้ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลใช้ความเร็วที่ใกล้เคียงกัน
มากขึ้น ในขณะที่ขับผ่านเนินชะลอความเร็ว

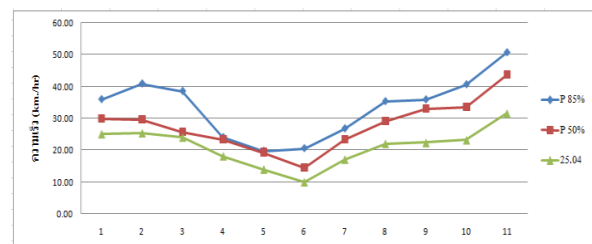


รูปที่ 8 เปรียบเทียบความเร็วก่อนและขณะผ่านเนินชะลอความเร็ว
ขนาด กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร



รูปที่ 9 การกระจายตัวของข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ
ขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร

รูปที่ 9 แสดงให้เห็นถึงการกระจายความเร็วและกราฟหน้า
ตัดความเร็วขณะที่ยานพาหนะขับผ่านเนินชะลอความเร็ว ซึ่งจุดที่มี
ความเร็วต่ำที่สุดคือ ช่วงก่อนเนินชะลอความเร็ว (จุดที่ 6)



รูปที่ 10 กราฟหน้าตัดความเร็วของยานพาหนะขณะขับผ่านเนินชะลอ
ความเร็วขนาด กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร

เมื่อพิจารณาแยกกลุ่มผู้ขับขี่ตามความเร็วต้น พบว่า กลุ่มผู้ขับขี่ด้วยความเร็วต้นที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ ขับขี่ข้ามเนินด้วยความเร็ว 37.12 กม./ชม. ลดความเร็วลง 47.44% กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วงความเร็วที่ 50 เปอร์เซ็นไทล์ ขับขี่ข้ามเนินด้วยความเร็ว 30.25 กม./ชม. ลดความเร็วลง 53.52% กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วงความเร็วที่ 15 เปอร์เซ็นไทล์ ขับขี่ข้ามเนินด้วยความเร็ว 25.35 กม./ชม. ลดความเร็วลง 61.03%

4.3 เนินขนาด กว้าง 0.8 เมตร สูง 0.05 เมตร

ถนนในเขตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร 2 ทิศทาง ที่มีการติดตั้งเนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 0.8 เมตร สูง 0.05 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 เนินชะลอความเร็วในเขตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ขนาด กว้าง 0.8 เมตร สูง 0.05 เมตร

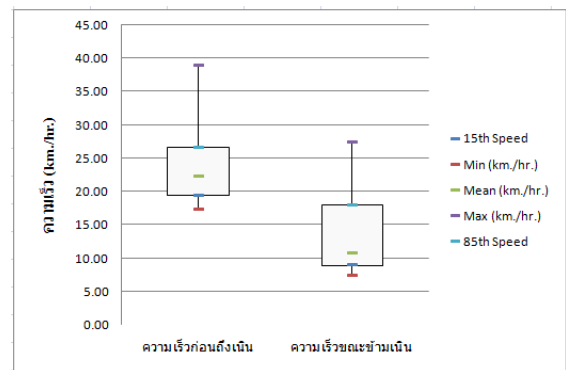
ผลการสำรวจความเร็วก่อนและขณะสัญจรผ่านเนินชะลอความเร็วดังแสดงในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่า ความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยความเร็วเฉลี่ยลดลงจากช่วงก่อนถึงเนินชะลอความเร็วถึง 51.70%

ตารางที่ 3 ความเร็วก่อนผ่านและขณะผ่านเนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 0.8 เมตร สูง 0.05 เมตร

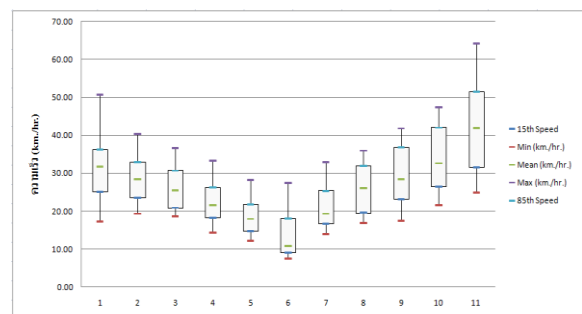
ราชภัฏมหาสารคาม		
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	เนินชะลอความเร็ว	
	ก่อนถึงเนิน	ขณะผ่านเนิน
จำนวนข้อมูล	41	27
Min (km./hr.)	17.30	7.42
Mean (km./hr.)	22.38	10.81
Max (km./hr.)	38.99	27.48
S.D	3.98	4.77
15th Speed	19.49	8.94

50th Speed	22.38	10.81
85th Speed	26.69	18.04
% Δ Speed	51.70	
Levene's Test for quality of Variances	F	1.70
	Sig.	0.196 > 0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	9.93
	P-Value	P=0.00 < 0.05

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (Variances) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีความแปรปรวนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P = 0.196 > 0.05$) และจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มพบว่า ข้อมูลความเร็วช่วงก่อนผ่านเนินชะลอความเร็ว มีค่าที่น้อยกว่าข้อมูลความเร็วขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็ว (S.D. $3.98 < 4.77$) แสดงให้เห็นว่าเนินชะลอความเร็วส่งผลให้ผู้ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลใช้ความเร็วที่แตกต่างกันในขณะที่ขับผ่านเนินชะลอความเร็ว

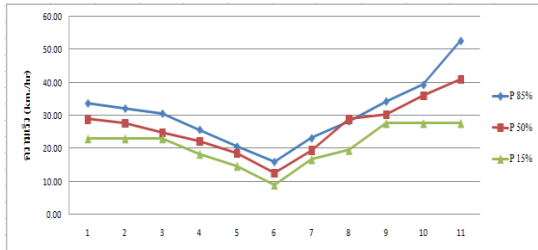


รูปที่ 12 เปรียบเทียบความเร็วก่อนและขณะผ่านเนินชะลอความเร็ว
ขนาด กว้าง 0.8 เมตร สูง 0.05 เมตร



รูปที่ 13 การกระจายตัวของข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ
ขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 0.8 เมตร สูง 0.05 เมตร

รูปที่ 13 แสดงให้เห็นถึงการกระจายความเร็วและกราฟหน้าตัดความเร็วขณะที่ยานพาหนะขับเคลื่อนชะลอความเร็ว ซึ่งจุดที่มีความเร็วต่ำที่สุดคือ ช่วงคร่อมเนินชะลอความเร็ว(จุดที่ 6)



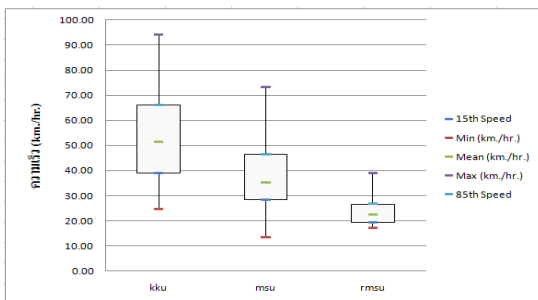
รูปที่ 14 กราฟหน้าตัดความเร็วของยานพาหนะขณะขับเคลื่อนชะลอความเร็วกว้าง 0.8 เมตร สูง 0.05 เมตร

เมื่อพิจารณาแยกกลุ่มผู้ขับขี่ตามความเร็วต้น พบว่า กลุ่มผู้ขับขี่ด้วยความเร็วต้นที่ 85 เปอร์เซ็นต์ใช้ความเร็ว 36.31 กม./ชม. ลดความเร็วลง 50.32% กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วงความเร็วที่ 50 เปอร์เซ็นต์ใช้ความเร็ว 31.86 กม./ชม. ลดความเร็วลง 66.07% กลุ่มผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วต้นในช่วงความเร็วที่ 15 เปอร์เซ็นต์ใช้ความเร็ว 25.13 กม./ชม. ลดความเร็วลง 64.42%

4.4 เปรียบเทียบความเร็ว

4.4.1 ความเร็วก่อนผ่านเนินชะลอความเร็ว

จากรูปการเปรียบเทียบการกระจายความเร็วดังแสดงในรูปที่ 15 และผลการวิเคราะห์ความความเร็วในช่วงก่อนผ่านเนินชะลอความเร็วดัง แสดงในตารางที่ 4 เห็นได้ว่า ค่าความแปรปรวนของความเร็วของยานพาหนะในช่วงก่อนผ่านเนินชะลอความเร็วทั้ง 3 ขนาด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และยังพบอีกว่ารถยนต์ส่วนบุคคลมีการใช้ความเร็วช่วงที่ขับเคลื่อนชะลอความเร็วที่แตกต่างกันทางสถิติ (P-value <0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 15 การกระจายข้อมูลความเร็วช่วงก่อนผ่านเนินชะลอความเร็ว

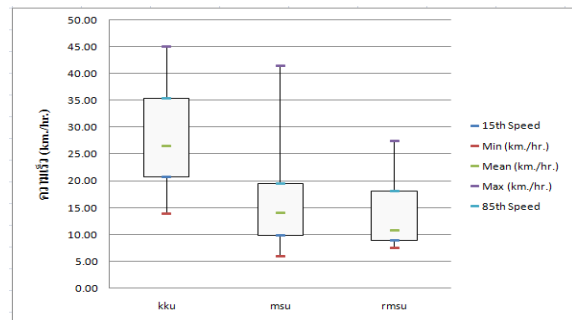
ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลช่วงก่อนผ่านเนินชะลอความเร็วทั้ง 3 ขนาด

Speed (km./hr)		kku-msu	kku-rmsu	msu-rmsu
Levene's Test for quality of Variances	F	20.44	40.54	23.17
	Sig.	0.00<0.05	0.00<0.05	0.00<0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	14.08	14.51	9.23
	P-Value	0.00<0.05	0.00<0.05	0.00<0.05

*kku = หน้าดีกรีการบิดมหาวิทยาลัยขอนแก่น, msu = หน้าหอพักทวิชัยมหาวิทยาลัยมหาสารคาม, rmsu = มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

4.4.2 ความเร็วขณะผ่านเนินชะลอความเร็ว

ผลการเปรียบเทียบการกระจายความเร็วแสดงในรูปที่ 16 และผลการวิเคราะห์ความความเร็วขณะผ่านเนินชะลอความเร็วดังแสดงในตารางที่ 5



รูปที่ 16 เปรียบเทียบการกระจายของความเร็วขณะขับเคลื่อนชะลอความเร็ว 3 ขนาด

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลขณะผ่านเนินชะลอความเร็วทั้ง 3 ขนาด

Speed (km./hr)		kku-msu	kku-rmsu	msu-rmsu
Levene's Test for quality of Variances	F	12.62	6.03	0.074
	Sig.	0.00<0.05	0.015<0.05	0.77>0.05
T-Test for Equality of Mean	T-Value	16.52	11.07	1.76
	P-Value	0.00<0.05	0.00<0.05	0.04<0.05

*kku = หน้าดีกรีการบิดมหาวิทยาลัยขอนแก่น, msu = หน้าหอพักทวิชัยมหาวิทยาลัยมหาสารคาม, rmsu = มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าความแปรปรวน (Variances) ของเนินที่ติดตั้งอยู่บนถนนที่ตัดผ่านหน้าคอกอิกรบติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นบนถนนสายหลัก (Arterial Road) กับถนนที่ตัดผ่านหน้าหอพักกันทรวิชัยในเขตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม และถนนในเขตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ซึ่งเป็นถนนสายรอง (Collector Road) พบว่าค่าความแปรปรวน (Variances) ของความเร็วของทั้งคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความแปรปรวน (Variances) ของเนินที่ติดตั้งอยู่บนถนนซึ่งเป็นถนนสายรอง (Collector Road) ด้วยกัน (เนินในเขตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม กับเนินในเขตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พบว่าค่าความแปรปรวน (Variances) ของความเร็วไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.77 > 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และยังพบอีกว่ารถยนต์ส่วนบุคคลมีการใช้ความเร็วช่วงที่ขับผ่านเนินชะลอความเร็วที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\text{-value} < 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลในพื้นที่ที่ทำการศึกษ ด้วยวิธีการทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ทดสอบด้วย t-test โดยทำการเปรียบเทียบความเร็วก่อนผ่านและขณะผ่านเนินชะลอความเร็วของทั้งสามพื้นที่พบว่าถนนที่ตัดผ่านหน้าหอพักกันทรวิชัย ซึ่งอยู่ในเขตมหาวิทยาลัยมหาสารคามมีการใช้ความเร็วที่ลดลงมากที่สุดคือ 60.06% ต่อมาคือ ถนนในเขตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามมีการใช้ความเร็วที่ลดลง 51.70% ซึ่งทั้งสองแห่งเป็นถนนประเภทเดียวกันคือ ถนนสายรอง (Collector Roads) แต่ถนนเส้นที่ตัดผ่านหน้าคอกอิกรบติ ซึ่งอยู่ในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นถนนสายหลัก (Arterial Roads) รถยนต์ส่วนบุคคลมีการใช้ความเร็วลดลงน้อยที่สุดคือ 48.55%

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Variances) ของรถยนต์ส่วนบุคคลช่วงก่อนขับผ่านเนินชะลอความเร็วและขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วทั้ง 3 ขนาดพบว่า เนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 10.5 เมตร สูง 0.075 เมตร ติดตั้งอยู่บนถนนในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นบนถนนสายหลัก (Arterial Road) และเนินชะลอความเร็วขนาด กว้าง 1.5 เมตร สูง 0.075 เมตร ติดตั้งอยู่บนถนนในเขตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งเป็นถนนสายรอง (Collector Road) มีความแปรปรวนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\text{-value} = 0.00 < 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบเนินที่ติดตั้ง

บนถนนสายรองด้วยกัน พบว่า มีความแปรปรวนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\text{-value} = 0.196 > 0.05$)

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าประเภทของถนนที่ทำการติดตั้งเนินชะลอความเร็วมีผลต่อประสิทธิภาพในการชะลอความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลขณะขับผ่านเนินชะลอความเร็วด้วยความเร็วแบบอิสระ (Free Flow) บนถนนเส้นนั้นๆ

นอกจากนั้น บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอข้อมูลความเร็วขณะยานพาหนะสัญจรผ่านเนินในรูปแบบกราฟหน้าตัดความเร็ว (Speed profile curve) ซึ่งเมื่อแบ่งกลุ่มผู้ขับขี่ในแต่ละกลุ่มมีลักษณะการชะลอความเร็วที่ค่อนข้างแตกต่างกัน ซึ่งจะได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้ในลำดับต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน (ศวปถ.) มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ (มสช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ (สสส.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ภายใต้โครงการการศึกษาและพัฒนาชุดความรู้ด้านวิศวกรรมจราจรเพื่อความปลอดภัยทางถนนในชุมชนชนบท ระยะที่ 1

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชูลีฟลี มามะและพิชัย ธานีธานนท์, 2548. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10. กาประชุมประสิทธิผลเบื้องต้นมาตรการการขยายการจราจรกรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จ.สงขลา (TRP 64). สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] ประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข, 2546. วิศวกรรมการทาง เล่มที่ 1. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น
- [3] สนช., 2548. เอกสารการอบรม การแก้ไขจุดเสี่ยงอันตราย. ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น
- [4] Austroad, 2008. Guide to road safety part 3 Speed limits and Speed management

การศึกษาความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์

A Study of Crash Risk of Motorcyclist

หมายเลขบทความ: SCS12-024

พัชรพงษ์ พิบูลย์¹, พิชัย ธานีรณานนท์²

Pacharapong Pibool, Pichai Taneerananon

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์: 086-9612362

E-mail: patt_charapong@hotmail.com

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 074-212499 โทรสาร 074-446519

E-mail: pichai.t@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจุดขัดแย้งและเพิ่มความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ซึ่งรวมถึงการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมของถนน เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ขับขี่ การวิจัยนี้แบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ ปี 2551 – 2552 เช่น บันทึกประจำวันของสถานีตำรวจนครหลวง กทม. สถานีตำรวจนครหลวงใหญ่ และโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่มีส่วนในการทำให้เกิดอุบัติเหตุ และข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ 2. ข้อมูลจากภาคสนาม ได้ทำการคัดเลือกสถานที่โดยพิจารณาจาก ความถี่ของอุบัติเหตุ เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณจราจร ความเร็ว ลักษณะทางกายภาพทั่วไป และการบันทึกข้อมูลพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้ขับขี่ โดยมีกรณีตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกปัจจัยที่มีส่วนในการทำให้เกิดอุบัติเหตุ 440 กรณี และแบ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ออกเป็น 3 ปัจจัยหลัก คือ ความผิดพลาดของคน 91% ความบกพร่องของถนน 39% และความบกพร่องของยานพาหนะ 18% จากการวิเคราะห์ทำให้เห็นบทบาทของทั้ง 3 องค์ประกอบอย่างชัดเจน และในหลาย ๆ อุบัติเหตุ สาเหตุหลักอาจถูกวิเคราะห์ว่าเป็นการขาดทักษะของผู้ขับขี่ แต่การขาดมาตรการทางด้านวิศวกรรม โดยเฉพาะทางด้านกายภาพและการจัดการจราจรที่เอื้ออำนวยในการขับขี่ก็มีผลต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่ จากผลการศึกษาพบว่า การจัดการการเคลื่อนที่บริเวณที่มีความขัดแย้งสูง 14 จุด ให้ลดลงเหลือ 6 จุด สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: คำสำคัญ 1, อุบัติเหตุจราจร 2, ความเสี่ยง 3, ช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์

Abstract

A study of crash risk of motorcyclists. The purpose is to reducing number of conflicts and the safety of motorcycle riders, including improving physical and environmental conditions of the road, which can lead to change in the behavior of the driver. This research is divided into two parts: 1) Data collection. The data were compiled from the responsible agency is during 2551 to 2552 including the Kho Hong Police Station, Hatyai Police Station, Songklanagarind Hospital, the information relating to the accidents and other basic information and. 2) Field survey. From the data analysis, Site selection was based on the frequency of accidents, traffic volume, and speed were obtained. Physical and environmental conditions of

the road and behavior of the riders were recorded. The 440 case studies were used to identify factors that contribute to the accidents, there are 3 main factors. Human errors which were involved in 91% of crashes road and vehicle to effects in 39% and 18% crashes respectively. Lack of skill of riders was often cited as a key risk element however, the lack of proper road engineering and traffic management can and have contributed to the occurrence of crashes. The study results show that the control of traffic movement at a location where there were 14 conflicts by reducing the number of conflicts down to 6 has greatly reduce the crash risk at thin location.

Keywords: Keyword 1, Traffic Accidents 2, Risk 3, Motorcycle Lane

1. บทนำ

ปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนนั้นเป็นปัญหาสำคัญของทุกประเทศทั่วโลก องค์การอนามัยโลก (WHO) ประมาณการว่า ในแต่ละปีมีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทั่วโลกกว่า 1.2 ล้านคน บาดเจ็บและพิการกว่า 50 ล้านคน ในจำนวนนี้เป็นเด็กและเยาวชนจำนวนมาก และอุบัติเหตุกว่าร้อยละ 90 เกิดกับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์และคนเดินถนน คิดเป็นความเสียหายทางเศรษฐกิจร้อยละ 1-1.5 ของรายได้รวม [3] โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาในภูมิภาคเอเชียซึ่งมีปริมาณการใช้รถจักรยานยนต์ค่อนข้างมาก ข้อมูลการใช้รถจักรยานยนต์ ในปี 2550 ของประเทศเหล่านี้มีดังนี้ ประเทศเวียดนาม มีการใช้รถจักรยานยนต์จำนวน 17,276,775 คัน ประเทศอินโดนีเซียจำนวน 23,055,832 คัน ประเทศไทยจำนวน 15,650,267 คัน และประเทศมาเลเซียจำนวน 7,732,925 คัน (International Motorcycle Manufacturers Association (IMMA)) รวมเฉพาะ 4 ประเทศดังกล่าวจำนวน 63,715,799 คัน ซึ่งนิยมใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทาง เนื่องจากราคาไม่แพง ฉะนั้นหากไม่มีการแก้ไขเรื่องการขับขี่รถจักรยานยนต์และการใช้ถนนอย่างปลอดภัย คาดว่าจะก่อให้เกิดปัญหาอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุที่เกิดจากรถจักรยานยนต์บนท้องถนน โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนาเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

ในประเทศไทยมีจำนวนรถจักรยานยนต์ ซึ่งมีตัวเลขจดทะเบียนถึง 2 ใน 3 ของรถทุกประเภท โดยในปี 2551 มี 16.36 ล้านคัน จากจำนวนการจดทะเบียนทั้งสิ้น 25.82 ล้านคัน ในจำนวนนี้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ 13.41 ล้านคัน คิดเป็นร้อยละ 81.99 ของจำนวนรถจักรยานยนต์ที่จดทะเบียนทั้งหมด [2] ในปี 2551 ประเทศไทยสูญเสียจากอุบัติเหตุจราจรคิดเป็น 243,000 ล้านบาท หรือคิดเป็นมูลค่าร้อยละ 2.8 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (จีดีพี) [2] และร้อยละ 82 เป็นการเสียชีวิตของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เมื่อเทียบกับการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรทั้งหมด 13,000 ราย [1] ซึ่งเห็นได้ชัดว่าผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มีอัตรา

การเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุที่สูงมากจำเป็นต้องหาแนวทางเพื่อศึกษาและพัฒนามาตรการทางวิศวกรรมเพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์

2. เนื้อหาบทความ

2.1 ระเบียบวิธีวิจัย

2.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. กล้องวิดีโอบันทึกภาพ
2. กล้องถ่ายรูป
3. เครื่องบันทึกเสียง
4. เรดาร์จับความเร็ว
5. เส้นริ้วสะท้อนแสง
6. เครื่องมือวัดระยะทาง

2.1.2 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 การสำรวจและเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูล แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่ 1 จะเป็นข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจากหน่วยงานที่รับผิดชอบคือข้อมูล จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ และลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลภาคสนามซึ่งเป็นข้อมูลทางด้านกายภาพและสภาพแวดล้อมของถนนโดยการออกสำรวจบริเวณถนนสายหลักและบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะพฤติกรรมและความเสี่ยงต่างๆของผู้ขับขี่โดยใช้วิธีการถ่ายภาพวิดีโอ

กิจกรรมที่ 2 รวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุ และรายละเอียดเส้นทาง

จากหน่วยงานที่รับผิดชอบ

โดยรวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จากเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล สถานีตำรวจ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อ

เป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอุบัติเหตุ จำแนกปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ เช่น ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ เช่น วันเวลาที่เกิดเหตุ อวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บ ลักษณะของอุบัติเหตุและสถานที่เกิดเหตุ เป็นต้น สภาพทั่วไปรถจักรยานยนต์ เช่น ขนาดของเครื่องยนต์ สภาพทั่วไปของรถ เป็นต้น และสถานที่เกิดเหตุ เช่น พื้นที่เกิดเหตุ ประเภทผิวถนน สภาพผิวถนน ลักษณะเส้นทาง ลักษณะการแล่นบนถนนและสภาพแวดล้อมที่เกิดเหตุ เป็นต้น

กิจกรรมที่ 3 คัดเลือกตำแหน่งสถานที่ทำการวิจัย

การคัดเลือกสถานที่

ในการคัดเลือกสถานที่ที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนามจะพิจารณาจาก ความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ และปริมาณการจราจรในถนนสายหลัก ส่วนบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ เช่น ที่กั๊บลวดทางแยก นั้นจะพิจารณาจาก ปริมาณการจราจร ลักษณะทางกายภาพ และสภาพแวดล้อมของถนน ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

กิจกรรมที่ 4 ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และปริมาณการจราจร

ตรวจสอบลักษณะของถนน และปริมาณการจราจรจะเก็บข้อมูลในส่วนของคุณลักษณะทางกายภาพทั่วไปบนผิวจราจรเช่น จำนวนช่องจราจร ลักษณะเส้นแบ่งช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจรและไหล่ทาง สภาพการจราจรของรถและปริมาณการจราจรในแต่ละช่วงเวลาของรถแต่ละชนิด และลักษณะสภาพแวดล้อมทั่วไปของถนน ว่ามีความเหมาะสมกับการขับขี่ของรถจักรยานยนต์หรือไม่

กิจกรรมที่ 5 สำรวจความเสี่ยง พฤติกรรมของผู้ขับขี่และความเร็ว

จะใช้กล้องวิดีโอในการบันทึกภาพพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในกระแสดำเนินการ และวัดความเร็วในการขับขี่

กิจกรรมที่ 6 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล และจากการสำรวจภาคสนามเพื่อหาแนวทางการแก้ไขเพื่อให้ผู้ขับขี่ปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

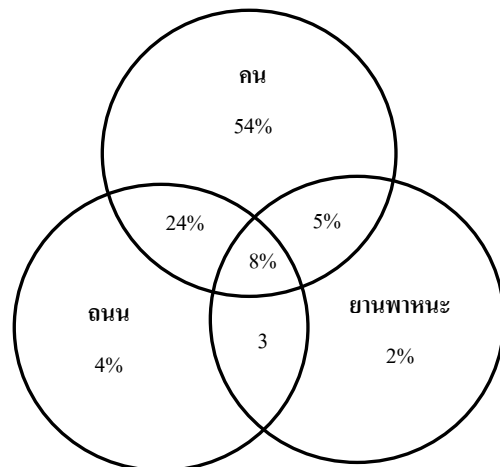
กิจกรรมที่ 7 สรุปผลการศึกษา

2.2 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

2.2.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่ออุบัติเหตุ

จะวิเคราะห์ผลการศึกษารอบด้าน (คน ยานพาหนะ และถนน) ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์จากบันทึกประจำวัน ของ สก.คองหงส์ และสกอ.หาดใหญ่ ในปี พ.ศ. 2551 – 2552 จำนวน 822 ครั้ง และในจำนวนนี้สามารถแบ่งเหตุการณ์อุบัติเหตุได้ จำนวน 440 เหตุการณ์ โดยนำเหตุการณ์มาวิเคราะห์ตามลำดับเหตุการณ์ถูกใช้ เพื่อหาสาเหตุของอุบัติเหตุและความเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงกันของปัจจัยต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงกันอย่างไร

ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัยหลักที่มีผลต่ออุบัติเหตุ (คน ถนนและยานพาหนะ) แสดงในรูปที่ 1 จากรูปจะเห็นว่า ความผิดพลาดของคนรวม 91% ความบกพร่องของถนนรวม 39% และความบกพร่องของยานพาหนะรวม 18% ผลจากการวิเคราะห์ทำให้เห็นบทบาทของคนอย่างชัดเจน แต่เมื่อพิจารณาในมุมกว้าง โดยเฉพาะในกรณีของอุบัติเหตุที่ผู้ใช้งานไม่สามารถสนองตอบกับสภาพแวดล้อมของถนนได้ ในหลายอุบัติเหตุ สาเหตุหลักอาจถูกวิเคราะห์ว่าเป็นการขาดทักษะในการขับขี่



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่ออุบัติเหตุ (ร้อยละ)

แต่จากสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากกว่านั้นแสดงว่าปัจจัยทั้งสามเกี่ยวข้องกัน และมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมของถนน ถ้านำมาตรการด้านวิศวกรรมมาปรับปรุงสภาพแวดล้อมของถนนให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่รถทุกประเภท เพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ขับขี่ก็อาจเป็นอีกวิธีที่สามารถลดการบาดเจ็บที่เกิดจากอุบัติเหตุได้

2.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความรุนแรงของอุบัติเหตุ

สถิติอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับจำนวน และความรุนแรงของอุบัติเหตุ ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ จากบันทึกประจำวัน ของ สภ.คอหงส์ และสภ.หาดใหญ่ ในปี พ.ศ. 2551 – 2552 จำนวน 822 ครั้ง และข้อมูลการบาดเจ็บ และการเสียชีวิตของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ จากกองเวชสถิติ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปี พ.ศ. 2551 – 2552 จำนวน 6,338 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และแสดงถึงแนวโน้มของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

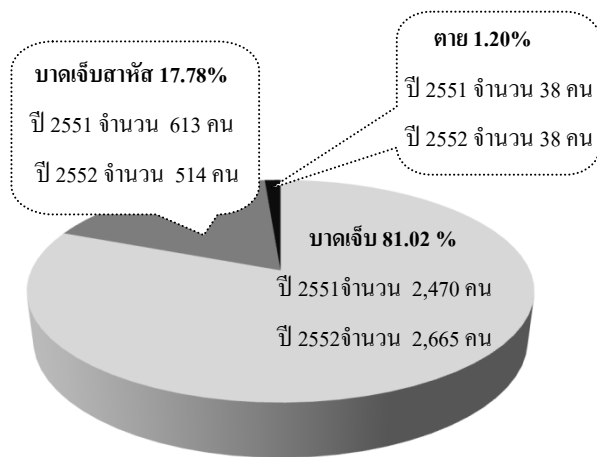
จากการนำข้อมูลอุบัติเหตุที่ได้มาทำการจำแนกตามประเภทยานพาหนะและคู่กรณีที่เกิดอุบัติเหตุกับรถจักรยานยนต์ จะได้ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า คู่กรณีที่มีการชนกันมากที่สุด คือ รถกระบะประมาณ 39.54% รองลงมา คือ รถจักรยานยนต์ประมาณ 25.06% และรถเก๋งประมาณ 20.19% ตามลำดับ และถ้าพิจารณาในภาพรวม คู่กรณีที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์นั้น เกือบ 2 ใน 3 (64%) จะเกิดการชนกับรถที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งทำให้อันตรายจากการบาดเจ็บของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่รุนแรงจากการชนมีความเสี่ยงมากกว่าคู่กรณีที่มีขนาดเล็กกว่า

ตารางที่ 1 ปริมาณการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ จำแนกอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นตามประเภทยานพาหนะที่เป็นคู่กรณีกับรถจักรยานยนต์

ชนิดรถที่เป็นคู่กรณีกับรถจักรยานยนต์	จำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุ ปี 2551		จำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุ ปี 2552		ร้อยละ
	รวมทั้งหมด	ตายในที่เกิดเหตุ	รวมทั้งหมด	ตายในที่เกิดเหตุ	
รถกระบะ	143	2	182	3	39.54
จักรยานยนต์	79		127		25.06
เก๋ง	72	1	94	1	20.19
เสียหลักพลิกคว่ำ	20		16		4.38
คนเดินเท้า	12		13		3.04
พ่วงข้าง	2		9		1.34
รถตู้	4		9		1.58
รถบรรทุก	7	1	9	1	1.95
รถตุ๊ก	3		7		1.22
รถสองแถว	2		3		0.61
วัตถุ	2		2	1	0.49
สัตว์	3		2		0.61
รวม	349	4	473	6	100.00

และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการจำแนกตามความเสียหายที่เกิดกับตัวบุคคล โดยแบ่งความเสียหายที่เกิดกับตัวบุคคลออกเป็น 3 กรณี คือ บาดเจ็บ บาดเจ็บสาหัส (ADMIT) และเสียชีวิต ซึ่งแสดงในรูปที่ 2 พบว่าการบาดเจ็บและเข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาลของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในภาพโดยรวมในปี 2552 สูงกว่าปี 2551 และคาดว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยได้รับบาดเจ็บประมาณ 80.99% บาดเจ็บสาหัส (ADMIT) ประมาณ 17.81% และเสียชีวิตประมาณ 1.2%

จากตารางที่ 2 เมื่อนำข้อมูลอุบัติเหตุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในปี 2551 และ 2552 มาทำการจำแนกตามอวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บ ทำให้พบว่าในกลุ่มของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ บริเวณอวัยวะที่เกิดการบาดเจ็บมากที่สุด คือ ศีรษะ คือประมาณ 24.85% รองลงมา คือ หัวเข่าและขาส่วนล่างประมาณ 8.54% และข้อเท้า และเท้าประมาณ 4.86% ตามลำดับ จะเห็นว่า ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ส่วนใหญ่เมื่อเกิดอุบัติเหตุแล้ว จะเกิดการบาดเจ็บในส่วนของอวัยวะที่สำคัญของร่างกาย ที่สามารถทำให้ถึงกับชีวิต หรือพิการได้



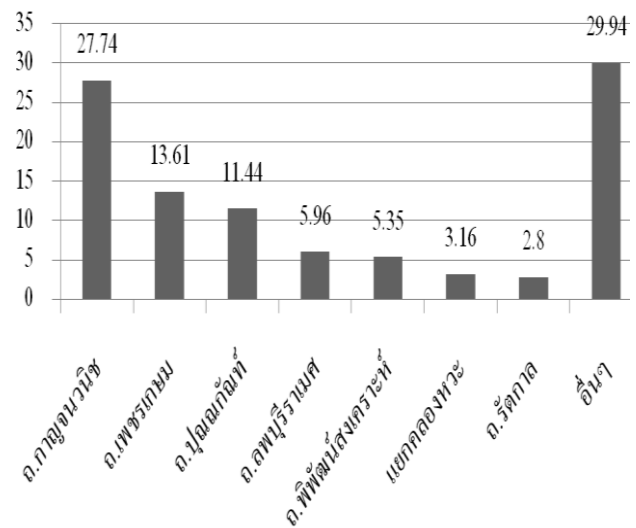
รูปที่ 2 ปริมาณความเสียหายของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปี 2551 และ 2552

ตารางที่ 2 จำนวนการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ใน ปี 2551 และ 2552 จำแนกตามอวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บ

อวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บ	จำนวนบุคคลที่ได้รับบาดเจ็บ			
	ปี 2551		ปี 2552	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ศีรษะ	773	24.77	780	24.94
คอ	14	0.45	6	0.19
อก	30	0.96	36	1.15
กระดูกเชิงกราน	35	1.12	44	1.41
หัวไหล่ และท่อนแขน ด้านบน	136	4.36	123	3.93
ข้อศอก และท่อนแขน ด้านล่าง	125	4.01	136	4.35
ข้อมือ และมือ	109	3.49	121	3.87
สะโพก และต้นขา	51	1.63	43	1.37
หัวเข่า และขาส่วนล่าง	257	8.23	277	8.86
ข้อเท้า และเท้า	137	4.39	167	5.34
ไม่ระบุอวัยวะ	1,454	46.59	1,484	47.45
รวม	3,121	100.00	3,217	100.00

2.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทาง หรือบริเวณที่มีความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ

จากการวิเคราะห์สถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนถนนในอำเภอหาดใหญ่ เพื่อนำไปพิจารณาหาบริเวณจุดเสี่ยงอันตราย หรือพื้นที่เสี่ยง ที่ได้จากกรรวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์จากบันทึกประจำวัน ของ สก.คอหงส์ และสก.หาดใหญ่ ในปี พ.ศ. 2551 – 2552 จำนวนอุบัติเหตุ 822 ครั้ง จากรูปที่ 3 พบว่าบริเวณถนนกาญจนาภิเษกเป็นพื้นที่ที่มีการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์มากที่สุดหรือเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์มากที่สุด และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์จำนวนอุบัติเหตุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เฉพาะบนถนนกาญจนาภิเษก ซึ่งแสดงในตารางที่ 4 พบว่าบริเวณช่วงหน้าสวนสาธารณะหาดใหญ่มีการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์มากที่สุด



รูปที่ 3 ร้อยละของการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ บนถนนเส้นต่างๆ ในเมืองหาดใหญ่ ปี พ.ศ. 2551 – 2552

2.2.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจราจรและความเร็วของรถจักรยานยนต์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอุบัติเหตุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนกาญจนาภิเษก ซึ่งเป็นถนน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง มีเกาะกลางถนนแบ่งทิศทางจราจรและมีทางเท้า 2 ข้างทาง จากการสำรวจปริมาณจราจรของรถจักรยานยนต์บนช่วงถนนกาญจนาภิเษก ทั้งทิศทางขาเข้าและขาออกเมืองอำเภอหาดใหญ่ จากการศึกษพบว่าช่วงที่มีการจราจรค่อนข้างหนาแน่นคือช่วงเวลาเช้า 08.00 – 09.00 น. และช่วงเวลาเย็น 17.00 – 18.00 น. และพบว่าในช่วงเวลาเช้า

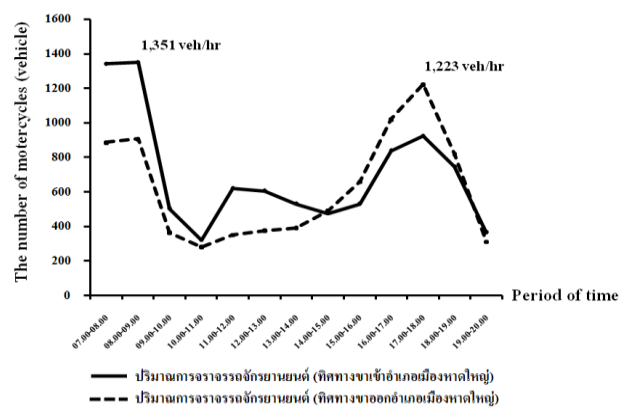
08.00 – 09.00 น. ทิศทางขาเข้ามีปริมาณจราจรสูงกว่าทิศทางขาออก และ
ช่วงเวลาเย็น 17.00 – 18.00 น. ทิศทางขาออกมีปริมาณจราจรสูงกว่า
ทิศทางขาเข้า โดยทิศทางขาเข้าและขาออกอำเภอหาดใหญ่มีปริมาณ
จราจรสูงสุดคือ 1,351 คัน/ชม. และ 1,223 คัน/ชม. ตามลำดับ ดังแสดงใน
รูปที่ 4 และ 5

ตารางที่ 3 ปริมาณการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ จำแนกตามที่เกิด
เหตุตามบริเวณต่างๆ บนถนนกาญจนาภิเษก ปี พ.ศ. 2551 – 2552

บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ	จำนวนครั้งของการเกิด อุบัติเหตุ (ครั้ง)			ร้อยละของการ เกิดอุบัติเหตุ
	ปี 2551	ปี 2552	รวม	
ช่วงหน้า				
สวนสาธารณะ	19	18	37	11.75
ช่วงหน้าโลตัส	14	12	26	8.25
ช่วงหน้าเทคนิค	10	13	23	7.30
ช่วงหน้าโลตัส	14	12	26	8.25
ช่วงหน้า รพ. ค่าย	11	11	22	6.98
ช่วงหน้าตลาดนัด	11	9	20	6.35
ช่วงหน้าไประณีย์	10	7	17	5.40
ถ.กาญจนาภิเษก - ธรรมานุญาติ	6	7	13	4.13
แยกคอหงส์	9	4	13	4.13
ถ.กาญจนาภิเษก - ปทุมกันท์	5	7	12	3.81
ช่วงกลับรถสนาม กอล์ฟหน้าค่าย	6	4	10	3.17
อื่นๆ	50	72	122	38.73

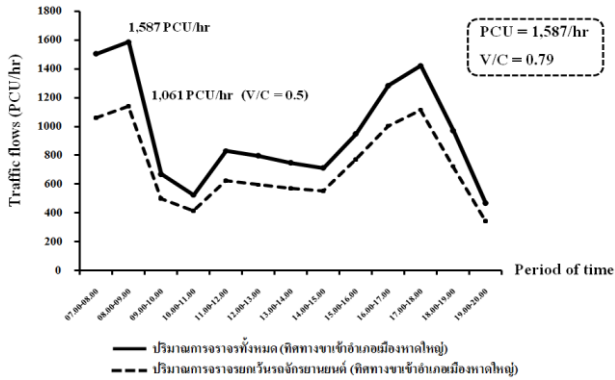


รูปที่ 4 ลักษณะทางกายภาพบนถนนกาญจนาภิเษก ทิศทางเข้า-ออก อำเภอ
หาดใหญ่

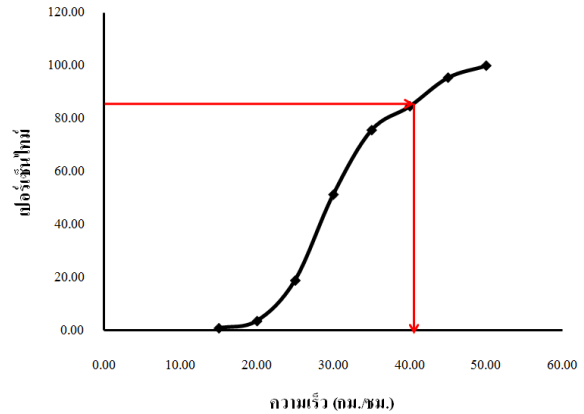


รูปที่ 5 ปริมาณรถจักรยานยนต์บนถนนกาญจนาภิเษก ในทิศทางเข้า – ออก
เมืองอำเภอหาดใหญ่

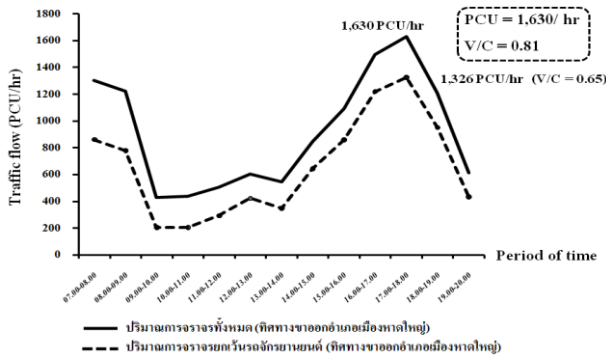
ปริมาณจราจรบนถนนกาญจนาภิเษกในทิศทางขาเข้าอำเภอ
หาดใหญ่ มีปริมาณจราจร 1,587 PCU/hr ค่า V/C เท่ากับ 0.79 และทิศทาง
ขาออกอำเภอหาดใหญ่ มีปริมาณจราจร 1,630 PCU/hr ค่า V/C เท่ากับ
0.65 ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7



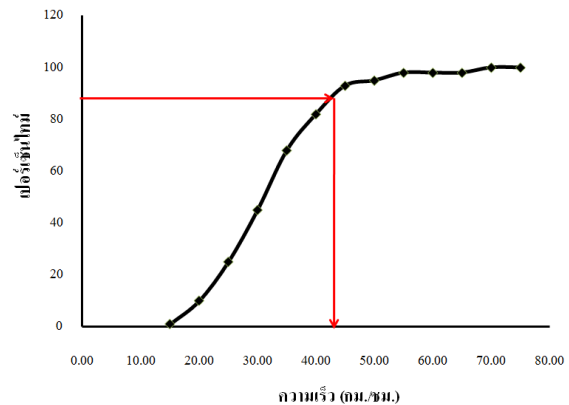
รูปที่ 6 ปริมาณจราจรบนถนนกาญจนาภิเษกทางเข้าอำเภอหาดใหญ่



รูปที่ 8 ผลรวมของการกระจายความถี่ของความเร็วของรถจักรยานยนต์ในทิศทางเข้าอำเภอหาดใหญ่



รูปที่ 7 ปริมาณจราจรบนถนนกาญจนาภิเษกทางออกอำเภอหาดใหญ่



รูปที่ 9 ผลรวมของการกระจายความถี่ของความเร็วของรถจักรยานยนต์ในทิศทางออกอำเภอหาดใหญ่

และได้ทำการศึกษาความเร็วของรถจักรยานยนต์แบบ Spot Speed โดยการอิงเรดาร์วัดความเร็วที่วิ่งผ่านจุดสำรวจบนทางถนนกาญจนาภิเษก ในทิศทางขาเข้า-ออกอำเภอหาดใหญ่ โดยแสดงผลในรูปกราฟผลรวมของการกระจายความถี่ ซึ่งแสดงในรูปที่ 8 และ 9 จากรูปพบว่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทม์ ของรถจักรยานยนต์ในทิศทางขาเข้าอำเภอหาดใหญ่ คือ 43 กม./ชม. และทิศทางขาออกอำเภอหาดใหญ่ คือ 44 กม./ชม.

2.2.5 แนวทางการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของถนนให้มีความเหมาะสมกับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

งานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกจุดกลับรถตรงบริเวณสนามกอล์ฟค่ายเสนาณรงค์บนถนนกาญจนาภิเษก ซึ่งอยู่ในช่วงที่ทำการศึกษาปริมาณจราจร และความเร็วไว้แล้วข้างต้น จากผลการศึกษาข้อมูลทางกายภาพ ปริมาณจราจร ความเร็ว และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ซึ่งสรุปรายละเอียดดังรูปที่ 10 และตารางที่ 5

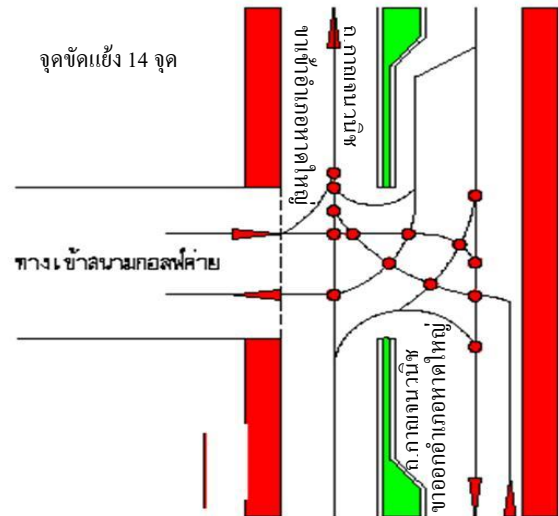


รูปที่ 10 ลักษณะทางกายภาพจุดกลับรถบริเวณสนามกอล์ฟ ค่ายเสนาณรงค์

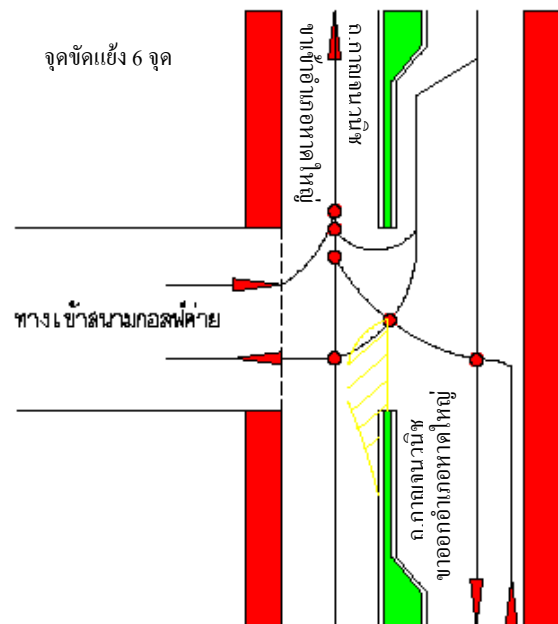
ตารางที่ 4 ผลการสรุปรายละเอียดอุบัติเหตุ และปริมาณการจราจรจุดกลับรถตรงบริเวณสนามกอล์ฟค่ายเสนาณรงค์บนถนนกาญจนวนิช

รายละเอียดสำคัญที่เกี่ยวข้อง	ผลสรุป
จำนวนอุบัติเหตุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ (ครั้ง/ปี)	6
ปริมาณการจราจร (คัน/ชม.)	1,351
ค่า V/C	0.79
ความเร็วของรถจักรยานยนต์ที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไคล์	44

และเมื่อทำการกำหนดจุดขัดแย้งจากการเคลื่อนที่ของรถบริเวณจุดกลับรถดังกล่าวพบว่า มีจุดขัดแย้งทั้งหมดจำนวน 14 จุด และเมื่อทำการสร้างเกาะชนิตีเส้นเพื่อตัดทิศทางการเคลื่อนที่ของรถที่เลี้ยวขวาออกจากสนามกอล์ฟค่ายเสนาณรงค์เพื่อเข้าสู่ถนนกาญจนวนิชทิศทางออกจากอำเภอหาดใหญ่ ทำให้จุดขัดแย้งลดลงเหลือ 6 จุด ดังแสดงในรูปที่ 11 และ 12



รูปที่ 11 จุดขัดแย้งการเคลื่อนที่ของรถบริเวณจุดกลับรถหน้าสนามกอล์ฟค่ายเสนาณรงค์



รูปที่ 12 จุดขัดแย้งการเคลื่อนที่ของรถบริเวณจุดกลับรถหน้าสนามกอล์ฟค่ายเสนาณรงค์ที่ปรับปรุงแล้ว

3. สรุปผล

จากความสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ พบว่าเกิดจากความผิดพลาดของคน 91% ความบกพร่องของถนน 39% และความบกพร่องของยานพาหนะ 18% จากความสัมพันธ์ทำให้เห็นบทบาทของ 3 องค์ประกอบอย่างชัดเจน และในหลายอุบัติเหตุสาเหตุหลักอาจถูกวิเคราะห์ว่าเป็นการขาดทักษะของผู้ขับขี่ที่มีผลต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่

ตรงบริเวณจุดกลับรถหน้าสนามกอล์ฟค่ายเสนาณรงค์บนถนนกาญจนาภิเษก อำเภอหาดใหญ่ มีปริมาณรถจักรยานยนต์สูงสุด 1,351 คัน/ชม. และ 1,223 คัน/ชม. ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ ไมล์ 44 กม./ชม. และ 43 กม./ชม. ในทิศทางเข้าและออกอำเภอหาดใหญ่ และอุบัติเหตุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ จำนวน 6 ครั้ง/ปี จากผลการศึกษาดังกล่าว เมื่อกำหนดจุดขัดแย้งจากการเคลื่อนที่ของรถบริเวณดังกล่าว มีจุดขัดแย้งรวม 14 จุด และเมื่อทำการปรับปรุงและจัดการจราจรให้เหมาะสม และเอื้ออำนวยต่อผู้ขับขี่สามารถลดจุดขัดแย้งเหลือ 6 จุด และลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างมีนัยสำคัญ

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ธานีรณานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาใช้เวลา ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการทำวิจัย และเขียนบทความ

ขอขอบพระคุณหน่วยเวชระเบียนสถิติ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลรายงานสถิติ ของผู้ป่วยภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปี 2551 และ 2552

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ตำรวจภูธร สภ. คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลบันทึกประจำวันของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เพื่อนำมาใช้ประกอบการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่อาสาสมัครมูลนิธิท่งเชียงต้ง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลรายงานการเกิดอุบัติเหตุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เพื่อนำมาใช้ประกอบการทำวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. ข้อมูลสถิติการเสียชีวิตของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ปี 2550. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2550.
- [2] กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก. สถิติการขนส่ง ปี 2551. กรุงเทพฯ: กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก. กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก, 2552.

- [3] องค์การอนามัยโลก (WHO). ข้อมูลสถิติอัตราการเสียชีวิต การบาดเจ็บและพิการจากอุบัติเหตุบนท้องถนน ปี 2551. องค์การอนามัยโลก (WHO), 2551.

Transport Energy Consumption Model for Thailand Provinces

Paper Identification number: SCS12-025

Tithiwach Tansawat¹, Jessada Pochan², Adam Mofadal³

¹School of Transportation Engineering,
Faculty of Engineering,
Asian Institute of technology,
Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand
Email: tithiwach@hotmail.com

²School of Transportation Engineering,
Faculty of Engineering,
Asian Institute of technology,
Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand
Email: mark_pochan@hotmail.com

³School of Transportation Engineering,
Faculty of Engineering,
Asian Institute of technology,
Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand
Email: amofaddal@hotmail.com

Abstract

The objective of this study is to formulate the transport energy consumption model in Thailand Provincial and to define the factors that affect to the amount of provincial energy consumption in Thailand. The study develops log-linear regression model and linear regression model using as independent variables transport energy consumption for Thailand provinces (in 1,000,000 liters). The models were developed using historical data in 2007. The cross sectional data include Gross Provincial Product (in 1,000,000,000 baht, billion), Total No. of Sedans that not more than 7 Pass (in 1,000 vehicle) and Total No. of Gas Stations all each province in Thailand. In order to eliminate appearance of outliers and influential observations in our data set, Bangkok data has been excluded from model development due to the remarkable variations in variables figures between Bangkok as federal territory and capital city with different socio – economic characteristics and the other rest provinces.

Keyword: transportation energy consumption, regression analysis, log-linear model, cross sectional data

1. Introduction

In Thailand almost the total amount of energy demand is mainly consumed by the transport sector. Population and economic development in Thailand provinces in the past few decades have caused a growing demand for personal travel and freight transport. People in the provinces have progressively changed their travel behavior by relying more on private vehicles, and using them more frequently than ever before for travelling. Moreover, the road network and public

transit are developed as well making higher demand of travelling. When incomes rise due to the economic growth, people are able to afford a vehicle or an additional vehicle for the convenience of themselves and their family members, in order to access various places at any time, instead of taking public transit, which is often limited in coverage area and service time. In good economic conditions, travel demand increases due to higher purchasing power and growing needs for entertainment and social activities. These cause an increase in the

amount of gasoline consumption from personal travel. For freight transport, the growing economy has stimulated more goods transport activities nationwide. It involves the transporting of goods from one location to other parts of the country as well as to the rest of the world, and vice versa. Thus, the number of freight trips has risen; therefore, we have also witnessed a large increase in the amount of diesel consumption. The combination of increases in personal travel and goods transport has resulted in a growth in transport energy consumption in Thailand, similar to the growing motorization trend in most developing countries in the world. According to the cross sectional data in 2007, the total energy consumption is 22,241.37 million liters.

However, population growth and economic development increase unequally in each province in Thailand cause the total amount of energy consumption in each province are unequal too. They have many factors that associate with the transport demand. Due to the cross sectional data in 2007, the big cities typically have more demand of energy than rural cities.

The amount of energy consumption is related to many factors. So, modeling all these factors in regression structure can make the government more understandable to the characteristics of the transport energy demand in each province. Accurate estimation of energy demands for each province perhaps the first and crucial step for the government to plan and develop the useful new policies for each province. Because of different in amount of individual provincial energy consumption parameters, the government has concerns about how to develop the country in the appropriate way for each province. Energy planning requires an understanding of the variables that affect to the amount of energy consumption. Accurate estimating tools are needed in order to correctly predict the provincial fuel demand of the country according to each province economic activities.

The objective of this study is to develop suitable provincial transport energy demand models for Thailand using a statistical approach and to identify the factors that affect the amount of provincial energy consumption in Thailand. In this study, a linear regression and log-linear regression analysis were developed to model provincial transport energy consumption, using Gross Provincial Product (in 1,000,000,000 baht, billion),

Total No. of Sedans that not more than 7 Pass (in 1,000 vehicle) and Total No. of Gas Stations all each province in Thailand. The input data in 2007 are used for the development of the models in this study.

2. Literature review

A perfect projection and forecasting techniques are essential for accurate investment planning in energy production, generation and distribution for each nation.

A wide range of modeling techniques have been utilized in transport energy projection worldwide, also the relationship between energy consumption and many socio - economic and demographic indicators has been very well studied and reviewed in energy economic context. In literature considerable efforts have been made for energy demand and consumption forecasting, part of them stated by A. Akinar et al.(2010) including Box - Jenkins models, regression models, econometric models, and artificial neural networks models, while these and other transport energy model structures has been summarized by Limanond et al.(2011) in a tabulation form as shown in table 1 covering all recent studies that developed energy demand models specific to the transport sector for a country or a city.

They are variety of techniques have been used which can be broadly classified into three groups. The first group uses the Long Range Alternative Energy Planning System or a "LEAP" models. LEAP is commercial software developed by the US Centre of the Stockholm Environment Institute in 1980, and has gained popularity as the most commonly used software packages for projecting future conditions and evaluating energy and environment polices. The second group is based on econometric approaches, including multiple linear regression, partial least square regression, time series (ARIMA), etc, while the third group is in the field of artificial intelligence, including artificial neural networks, ant colony optimization, generic algorithms, Bayesian combination, swarm intelligence and Meta - heuristic harmony search algorithm.

Transport energy demand models have various independent variables; Haldenbilen and Ceylan(2005 developed a genetic algorithm model with GDP, population and transport amount (vehicle - kilometer); Murat and Ceylan (2006) developed an ANN model with GDP, population

and transport amount (vehicle - kilometer) for Turkey's transport energy forecasting; Ceylan et al.(2008) developed a harmony search model with GDP, population and transport amount(vehicle - kilometer); Zhang et al.(2009) developed a partial least square regression model with GDP, urbanization rate, passenger transport amount(person - kilometer) and freight transport amount(ton - kilometer) for China's transport energy forecasting; Limanond et al.(2011) developed a log - linear regression and feed - forward neural network model with GDP, population, and number of vehicles registered for Thailand transport energy demand projection and Z.W.Geem(2011) developed artificial neural network model using GDP, population, oil price, number of vehicle registrations and passenger transport amount (person - kilometer) as predictors.

As we can see from table 1 the inputs of the transport energy demand models include a number of factors (predictors) depending on the methodology. In this study and according to the data set available multi linear regression technique capable of modeling provisional transport energy consumption in simplified mathematical expressions using fewer data. The chosen approaches require only less number of independent variables, and data concerning such variables are commonly available from the related government agencies Limanond et al. (2011). Details about linear regression analysis techniques we are explain in metrology.

Table 1 Summary of previous studies on transport energy modeling

Referenced study/study area	Dependent variables (Forecasting years)	Methodology	Independent variables (period of data used for model development)
Z.W.Geem (2011) /South Korea	Transport energy demand (2007 - 2025)	Artificial neural networks(ANN)	Gross domestic product, population, oil price, number of vehicle registration & passenger transport amount (1990 - 2007)
Limanond et al. (2011) /Thailand	Transport energy consumption (2010 - 2030)	Log - linear regression & feed - forward neural networks models	National gross domestic product, population and the numbers of registered vehicles (1998 - 2008)
Ceylan et al. (2008)/Turkey	Transport energy consumption (2006 - 2025)	Linear, exponential & quadratic expression through Harmonic search	Population, gross domestic product, vehicle kilometers (1970 - 2005)
Bose and Srinivaschary (1997)/Delhi, India	Passenger transport energy demand (1990 - 2010)	LEAP	Vehicle population, average distance traveled, occupancy level, along with people travel mode split, mode occupancy and fuel efficiency (1981-1989)
Dhakal (2003) /Kathmandu Valley, Nepal	Passenger transport energy demand (2005 - 2020)	LEAP	Vehicle population, annual average vehicle travel, fuel economy, occupancy rate (1998 - 2000)
Haldenbilen (2006)/Turkey	Transport energy demand (2004 - 2020)	Linear time series, polynomial time series, genetic algorithm	Year, gross domestic product, population, annual vehicle kilometers (1990 - 2003)
Haldenbilen and Ceylan (2005)/Turkey	Transport energy demand (2002 - 2020)	Linear, exponential and quadratic expression through Harmonic search	Population, gross domestic product, vehicle kilometers (1990 - 2000)
Mazraati and Alyousif	Aviation (jet) fuel demand	Log - linear model through ordinary	Gross domestic product, jet fuel price, urban population, passenger kilometers

(2009) /OECD and developing countries	(2006-2030)	least square technique	performed (1980 - 2005)
Mazraati and Faquih(2008)/ US and China	Aviation (jet) fuel demand (2008-2025)	Log - linear model through ordinary least square technique	Passenger kilometers performed, tones kilometers performed, price of jet fuel, average passenger load factor, consumer price index, gross domestic product, population (1990 - 2007)
Lu et al. (2009)/Taiwan	Road transport energy consumption (2007 - 2025)	Grey forecasting model , GM (1,1)	Road transport energy consumption (1990 - 2006)
Murat and Ceylan (2006)/Turkey	Transport energy demand (2002 - 2020)	Artificial neural networks ANN Log - linear model	Population, gross domestic product, vehicle kilometers (1970 - 2001)
Polemis (2006)/Greece	Gasoline and diesel demand		Per capita income, real energy price of gasoline and diesel and per capita vehicle fleet (1978 - 2003)
Shabbir and Ahmed (2010) /Rawalpindi and Islamabad, Pakistan	Urban passenger transport energy demand (2000- 2030)	LEAP	Vehicle population, average distance traveled, occupancy level, along with people travel mode split, mode occupancy and fuel efficiency (2000)
Yan and Crookes (2009)/China	Road Transport energy demand (2005 - 2030)	LEAP	Vehicle population, annual average vehicle travel, fuel economy (2000 - 2005)
Zachariadis and Kouvaritakis (2003)/10 countries in Central and Eastern Europe	Transport energy demand (2000- 2030)	Macro -economic and demographic forecast	Gross domestic product, population, real price of gasoline, car ownership, time - trend parameter, average vehicle kilometers, occupancy rate, new car fuel consumption, car renewal rate (1970 - 1999)
Zhang et al.(2009)/China	Transport energy demand (2010- 2020)	Partial least square regression	Gross domestic product, urbanization rate, passenger - turnover and freight - turnover (1990 - 2004)

This study considers various independent variables such as gross domestic product, population, the number of vehicle registration, the road length for projecting transport energy demand for Thailand provinces

These key independent variables has direct relation with provisional transport energy consumption, that is because GDP represent the trend of the national economic growth and the influence of it positively or negatively on road transport energy consumption, also the population size indicates the number of energy users; the more the people the more energy a nation will consume. Similarly the number of vehicle registration as well as the road length both has strong impact on road transport energy demand, since making trips by motorized vehicles in extended road network definitely require energy. In Thailand historical cross - sectional data for one year about GDP, population, number of vehicle registration, road length and transport fuel consumption is available in Thailand from different government organizations and agencies mainly ministry of cabinet affairs Central Bureau of Statistics (CBS) for population data, ministry of petroleum for road transport fuel consumption data, ministry of finance and national economy for GDP data, traffic police department for number of vehicle registration data, while the road length data has been brought from ministry of road and transport.

3. Methodology

3.1 linear Regression Model

Multiple regression analysis is an econometric technique used for investigating the relationship between a dependent variable, or the effect, and an array of independent variables, or the causes (Neter et al, 1996). This technique allows the researchers to analyze the associations among the related variables based on a proven statistical theory. In addition, the developed regression model can be used to estimate and forecast the dependent variable under future scenarios, for given projections of the independent variables. Regression analysis has been used in various fields of study, such as transportation engineering, marketing and business, and social science.

A linear multiple regression models simply take the form of

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (1)$$

Where: Y is a dependent variable

X_i is independent variables 1, 2, ..., n.

β_0 is a y-intercept of the regression equation.

$\beta_1 - \beta_n$ is the regression coefficient for the relevant independent variables 1 to n.

The regression coefficients of the model can be estimated using the ordinary least square method. The process tries to find the best set of the coefficients that minimizes the sum of squared errors between the predicted output (\hat{Y}_i) and the desired output (Y_i), as shown in Equation (2) (Neter et al, 1996):

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \text{min} \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \dots - \beta_{p-1} X_{i,p-1})^2 \quad (2)$$

Assumptions regarding the regression model:

1. each of the random error term ε_i has expectation zero
2. $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ are independent of each other
3. ε for a given setting of the independent variable x is normally distributed with a mean 0 and variance σ_ε^2 . The variance σ_ε^2 is constant for all settings of x .

Thus, the Transport energy consumption model for Thailand provinces in this study takes a form of:

$$(TOT) = \beta_0 + \beta_1 (GPP) + \beta_2 (SEDAN) + \beta_3 (TF) + \beta_4 (DN) + \beta_5 (DNE) + \varepsilon \quad (3)$$

Where:

TOT is Transport energy consumption for Thailand provinces in 10^6 liters

GPP is Gross Provincial Product in 10^9 baht

SEDAN is Total No. of Sedans that not more than 7 Pass in 10^3 vehicles

TF is Total No. of Gas Stations

DN is Dummy for adjustment of North (North = 1, another = 0)

DNE is Dummy for adjustment of North East (North East = 1, another = 0)

3.2 Log-linear Regression Model

A log-linear model is a model that simply analyzes the dependent and the independent variables in logarithm form. The estimated coefficients illustrate the elasticity of the dependent variable with respect to the independent variables. The general form of a log-linear regression equation can write as:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(X_1) + \dots + \beta_n \ln(X_n) + \varepsilon \quad (4)$$

Thus, the Transport energy consumption model for Thailand provinces in this study takes a form of:

$$\ln(TOT) = \beta_0 + \beta_1 \ln(GPP) + \beta_2 \ln(SEDAN) + \varepsilon \quad (5)$$

Where:

TOT is Transport energy consumption for Thailand provinces in 10^6 liters

GPP is Gross Provincial Product in 10^9 baht

SEDAN is Total No. of Sedans that not more than 7 Pass in 10^3 vehicles

3.3 Data Collection

The cross sectional historical data inventory in year 2007 was gathered for model development in this study. Data for the dependent variable, transport energy demand in units of megajoules was shown in the data.

The cross sectional data has been collected from different government departments. Total energy consumption data is given from department of energy. Total number of sedan registrations and

total number of motorcycles data is given from land transport department. Total fuel station is given from department of statistic.

Variables that are used for the analysis in table 2, 3

TOT is Transport energy consumption for Thailand provinces in 10^6 liters

GPP is Gross Provincial Product in 10^9 baht

SEDAN is Total No. of Sedans that not more than 7 Pass in 10^3 vehicles

TF is Total No. of Gas Stations

DC is Dummy for adjustment of Central (Central = 1, another = 0)

DN is Dummy for adjustment of North (North = 1, another = 0)

DNE is Dummy for adjustment of North East (North East = 1, another = 0)

DS is Dummy for adjustment of South (South = 1, another = 0)

Table 2 The example of summarizes the historical data for all variables used in the study.

NO.	REGION	PROV_NAM	GPP (10^9 baht)	SEDAN (10^3 veh.)
1	Central	Bangkok	2,217.00	1,974.75
2	Central	Samut Prakan	614.12	13.57
3	Central	Nonthaburi	111.12	47.09
4	Central	Pathum Thani	192.95	19.55
5	Central	Ayutthaya	337.83	27.06
6	Central	Ang Thong	20.84	9.24
7	Central	Lop Buri	70.24	28.90
8	Central	Sing Buri	22.14	8.46
9	Central	Chai Nat	26.35	8.66
10	Central	Saraburi	134.03	26.52
11	Central	Chon Buri	453.89	97.75
12	Central	Rayong	604.90	41.51
13	Central	Chanthaburi	38.21	20.12
14	Central	Trat	20.31	5.10
15	Central	Chachoengsao	210.53	17.64
16	Central	Prachin Buri	70.29	12.91
17	Central	Nakhon Nayok	16.95	8.31
18	Central	Sa Kaeo	29.52	6.23
19	Central	Ratchaburi	102.90	27.05
20	Central	Kanchanaburi	69.26	22.15
21	Central	Suphan Buri	58.00	20.69
22	Central	Nakhon Pathom	126.14	27.68
23	Central	Samut Sakhon	315.47	4.15

Table 2(Cont.) The example of summarizes the historical data for all variables used in the study.

NO.	TF (sta.)	DC	DN	DNE	DS	TOT(10^6 liters)
1	903	1	0	0	0	7,681.93
2	175	1	0	0	0	618.39
3	200	1	0	0	0	481.86
4	218	1	0	0	0	534.74
5	309	1	0	0	0	360.04
6	100	1	0	0	0	52.89
7	243	1	0	0	0	159.81
8	89	1	0	0	0	69.61
9	178	1	0	0	0	59.14
10	250	1	0	0	0	495.03
11	283	1	0	0	0	857.70
12	225	1	0	0	0	318.23
13	204	1	0	0	0	110.97
14	98	1	0	0	0	57.24
15	217	1	0	0	0	339.63
16	133	1	0	0	0	121.74
17	75	1	0	0	0	58.49
18	235	1	0	0	0	78.87
19	273	1	0	0	0	217.84
20	308	1	0	0	0	269.12
21	377	1	0	0	0	178.74
22	266	1	0	0	0	402.27
23	134	1	0	0	0	253.31

Table 3 Example of summarizes the historical data for all variables (in logarithm form).

NO.	REGION	PROV_NAM	ln (GPP) (10^9 baht)	ln(SEDAN) (10^3 veh.)
1	Central	Bangkok	7.70	7.59
2	Central	Samut Prakan	6.42	2.61
3	Central	Nonthaburi	4.71	3.85
4	Central	Pathum Thani	5.26	2.97
5	Central	Ayutthaya	5.82	3.30
6	Central	Ang Thong	3.04	2.22
7	Central	Lop Buri	4.25	3.36
8	Central	Sing Buri	3.10	2.14
9	Central	Chai Nat	3.27	2.16
10	Central	Saraburi	4.90	3.28
11	Central	Chon Buri	6.12	4.58
12	Central	Rayong	6.41	3.73
13	Central	Chanthaburi	3.64	3.00
14	Central	Trat	3.01	1.63
15	Central	Chachoengsao	5.35	2.87
16	Central	Prachin Buri	4.25	2.56
17	Central	Nakhon Nayok	2.83	2.12
18	Central	Sa Kaeo	3.39	1.83
19	Central	Ratchaburi	4.63	3.30
20	Central	Kanchanaburi	4.24	3.10
21	Central	Suphan Buri	4.06	3.03
22	Central	Nakhon Pathom	4.84	3.32
23	Central	Samut Sakhon	7.70	7.59

Table 3(Cont.) The example of summarizes the historical data for all variables used in the study (in logarithm form).

NO.	ln(TF) (sta.)	DC	DN	DNE	DS	ln(TO T) (10 ⁶ liters)
1	6.81	1	0	0	0	8.95
2	5.16	1	0	0	0	6.43
3	5.30	1	0	0	0	6.18
4	5.38	1	0	0	0	6.28
5	5.73	1	0	0	0	5.89
6	4.61	1	0	0	0	3.97
7	5.49	1	0	0	0	5.07
8	4.49	1	0	0	0	4.24
9	5.18	1	0	0	0	4.08
10	5.52	1	0	0	0	6.20
11	5.65	1	0	0	0	6.75
12	5.42	1	0	0	0	5.76
13	5.32	1	0	0	0	4.71
14	4.58	1	0	0	0	4.05
15	5.38	1	0	0	0	5.83
16	4.89	1	0	0	0	4.80
17	4.32	1	0	0	0	4.07
18	5.46	1	0	0	0	4.37
19	5.61	1	0	0	0	5.38
20	5.73	1	0	0	0	5.60
21	5.93	1	0	0	0	5.19
22	5.58	1	0	0	0	6.00
23	6.81	1	0	0	0	8.95

Bangkok's data was excluded from all provinces in simulation of regression model because Bangkok's data has the extreme difference in individual characteristic from other provinces.

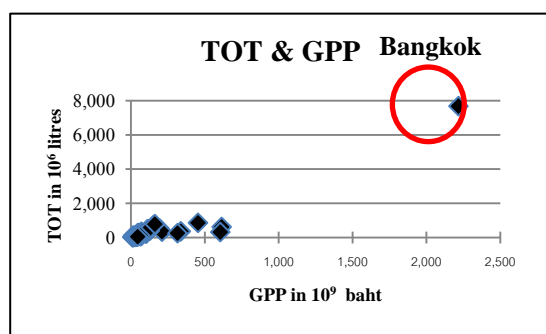


Fig 1 Represent relationship between TOT and GPP

From Fig 1, *Bangkok's data is considered to be an outlier. Hence, we exclude Bangkok's data in the model development

***Note:** Bangkok has different socio - economic characteristics in terms of gross domestic product,

population, vehicle registrations and transport energy demand.

4. Model Development

4.1 linear regression models

The linear regression models are computed using SPSS software. Table 4 summarizes the model results. The final model structure is composed of four independent variables form: Gross Provincial Product (in 1,000,000,000 baht, billion), Total No. of Sedans that not more than 7 Pass (in 1,000 vehicle) and Total No. of Gas Stations all each province in Thailand. All of independent variable are with a p-value of less than 0.05 (see the Model in Table 4).

Table 4 Results of linear model development

Variable	Model			
	β	t-stat	p-value	VIF
GPP	0.604	5.619	0.000	1.342
SEDAN	3.933	6.499	0.000	1.508
TF	0.319	3.712	0.000	1.597
DN	-96.630	-3.349	0.001	1.282
DNE	-82.023	-2.718	0.008	1.513
Constant	28.246	1.307	0.196	
r^2	0.772			
Adj. r^2	0.755			

* denotes significance at the 0.05 level

** denotes significance at the 0.01 level

The final linear model takes the form of:

$$\begin{aligned}
 (\text{TOT}) = & 28.246 + 0.604 (\text{GPP}) \\
 & + 3.933 (\text{SEDAN}) + 0.319 (\text{TF}) \\
 & - 96.630 (\text{DN}) - 82.023 (\text{DNE})
 \end{aligned} \quad (6)$$

Where:

TOT is Transport energy consumption for Thailand provinces in 10⁶ liters

GPP is Gross Provincial Product in 10⁹ baht

SEDAN is Total No. of Sedans that not more than 7 Pass in 10³ vehicles

TF is Total No. of Gas Stations

DN is Dummy for adjustment of North (North = 1, another = 0)

DNE is Dummy for adjustment of North East (North East = 1, another = 0)

The model has a high coefficient of correlation (r^2) of 0.772

The model has a high coefficient of correlation (r^2) of 0.772 this implies that for year

2007 national GPP information, SEDAN vehicles, total number of Gas stations, North and North East regions can explain the majority (77.2 percent) of the variability in transport energy consumption in Thailand provinces, while the remaining 32.8 percent of variability is left unknown. This shows that these five variables have a strong relationship with the energy used in transport in Thailand provinces.

When the national GPP rise, the economy prospers, which causes more people economic activity which will need extensive transportation in the nation; thus, it increases the use of fuel. The positive value of the GPP coefficient follows our commonsense assumption that GPP has a direct relationship with transport fuel consumption. The magnitude of the estimated coefficient indicates the elasticity of transport energy consumption with respect to GPP of 0.604. That is, for every 100 percent increase of GPP, transport energy demand is expected to rise by 60.4 percent holding the other variables equal to zero, this also reflects the strong relationship, and the same conclusion can be applied to the SEDAN vehicle & total number of Gas stations both with positive 3.93 and 0.319 estimated coefficients respectively, while the North and North East regions both has negatives estimated coefficients -96.63 and -82.023 respectively reflecting the variability among the regions characteristics

Multiple linear regression assumptions:

These include checking for the linearity assumption, normality assumption, presence of outliers and influential observations, multicollinearity and non - constant variance (heteroscedasticity) has been examined and verified using SPSS

4.2 log-linear regression models

The log-linear regression models are computed using SPSS software. Table 5 summarizes the model results. The final model structure is composed of five independent variables in a logarithm form: Gross Provincial Product (in 1,000,000,000 baht, billion), Total No. of Sedans that not more than 7 Pass (in 1,000 vehicle) and Total No. of Gas Stations all each province in Thailand. All of independent variable are with a p-value of less than 0.05 (see the Model in Table 5).

Table 5 Results of log-linear model development

Variable	Model			
	β	t-stat	p-value	VIF
GPP	0.617	8.609	0.000	1.892
SEDAN	0.392	5.136	0.000	1.892
Constant	1.377	6.534	0.000	
r^2	0.809			
Adj. r^2	0.804			

* denotes significance at the 0.05 level.

** denotes significance at the 0.01 level.

The final log-linear model takes the form of:

$$\ln(\text{TOT}) = 1.377 + 0.617 \ln(\text{GPP}) + 0.392 \ln(\text{SEDAN}) \quad (7)$$

Where:

TOT is Transport energy consumption for Thailand provinces in 10^6 liters

GPP is Gross Provincial Product in 10^9 baht

SEDAN is Total No. of Sedans that not more than 7 Pass in 10^3 vehicles

The model has a high coefficient of correlation (r^2) of 0.809. This implies that for year 2007 national GPP and total number of sedan vehicles information can explain the majority (80.9 percent) of the variability in transport energy consumption, while the remaining 19.1 percent of variability is left unknown. This shows that the national economy and the number of motorized vehicles have a strong relationship with the energy used in transport in Thailand provinces. When the national GPP and number of vehicles rise, the economy prospers, which causes more people activity as well as better transportation in the nation; thus, it increases the use of gasoline. The positive value of the GPP coefficient follows our commonsense assumption that GPP has a direct relationship with transport fuel consumption. The magnitude of the estimated coefficient indicates the elasticity of transport energy demand with respect to GPP of 0.617 That is, for every 100 percent increase of GPP, transport energy demand is expected to rise by 61.7 percent. Similarly, the positive value of the total Sedan number coefficient is also logical. The magnitude of the coefficient implies that for every 100 percent increase in the road length, road transport energy consumption is expected to increase by 39.2 percent.

It must be noticed that this kind of studies (at provisional level) has been conducted for the

first time in Thailand offering very good disaggregation concept for transport energy models development. Nevertheless, the study yields two models possibly can be used in estimating transport energy consumption in the future. Thailand Government at all levels should benefit from this study in preparing future plans and policies regarding transport fuel consumption in terms of budget allocations, storage capacities and prices subsidies scenarios.

5. Conclusion

This study develops a linear and log-linear regression models to estimate transport energy consumption in Thailand provinces. The models are developed based on One year cross sectional information about GPP, population, and number of Sedan vehicles and total gas stations. The final linear model composed of five independent variables these are gross provisional product the number of sedan vehicles, the total number of gas stations, the North and North East regions. The model capable to explain up to 77.2 percent of the variability in transport fuel demand, while the log-linear model comprises the two independent variables, gross provisional product and the total number of sedan vehicles. The model can explain up to 80.9 percent of the variability in road transport fuel demand. The two models can be used for estimating transport energy demand at provisional level in Thailand.

To summarize the findings in this study:

1. This study successfully develops a linear, log-linear regression models for estimating transport fuel consumption in Thailand.
2. The two models, using different approaches, has been developed including both two important predictor variables mainly GPP and SEDAN vehicles
3. Thailand Government at all levels should benefit from this study in preparing future plans and policies regarding transport fuel consumption in terms of budget allocations, storage capacities and prices subsidies scenarios.

In conclusion, there are a number of modeling techniques available that have been successfully developed to estimate energy consumption in many places. Each technique has its own advantages and disadvantages; the practitioner must select the techniques that are

appropriate to the available data, and serve the purposes of estimating. It should be emphasized that transport energy consumption is one of the crucial issues facing a government. It can represent a threat to the energy and economic security of a nation, if a government does not reposition itself adequately.

It should be noted that most modeling approaches are based on historical data. We must recognize this as a potential major risk in estimating errors, especially when the world is in a transitional phase as it is now. During transition, future circumstances are likely to be vastly different from the past. Thus, constant monitoring of issues is required. Our claim here is that policy makers have to regularly monitor the transition, revisit demand estimates and improve policies and budget plans to reflect the change.

6. References

- [1] BAL Labs. DSS for reducing trucks running empty kilometers. A research report (in Thai) , Burapha University, Chonburi, Thailand, 2007.
- [2] Bose RK, Srinivasachary V. Policies to reduce energy use and environmental emissions in the transport sector. *Energy Policy* 1997; 25 (14-15): 1137-1150.
- [3] Ceylan H, Ceylan H, Haldenbilen S, Baskan O. Transport energy modeling with meta-heuristic harmony search algorithm, an application to Turkey. *Energy Policy* 2008; 36: 2527-2535.
- [4] Chiang Mai University. The Project of Master Plan and Preliminary Design of Mass Transit System for Chiang Mai City. The final report (in Thai), prepared for the Office of Transport and Traffic Policy and Planning, Chiang Mai University, 2007.
- [5] CIM System. The Transport Data and Model Center (TDMC) III Project. The final report (in Thai), prepared for the Office of Transport and Traffic Policy and Planning, Bangkok, Thailand 2005.
- [6] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Thailand Energy Situation 2008. Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy; Bangkok 10330, Thailand, 2009.
- [7] Department of Land Transport. Number of Vehicle Registered in Thailand as of 31 December 2008. Department of Land Transport; Bangkok, Thailand, 2009.

- http://apps.dlt.go.th/statistics_web/vehicle.html. [accessed Apr 2010]
- [8] Dhakal S. Implications of transportation policies on energy and environment in Kathmandu Valley, Nepal. *Energy Policy* 2003; 31: 1493-1507.
- [9] Eau-Arporn B, Ubonwat J, Jarusiri V. Thailand Energy Outlook 2030 (BAU Case) Using LEAP Accounting Tools. *Energy Journal (In Thai)* 2008; 9: 1 – 12.
- [10] Fausett L. *Fundamentals of neural networks: Architectures, algorithms, and applications*. Upper Saddle River, NY: Prentice Hall, 1994.
- [11] Haldenbilen S. Fuel price determination in transportation sector using predicted energy and transport demand. *Energy Policy* 2006; 34: 3078-3086.
- [12] Haldenbilen S, Ceylan H. Genetic algorithm approach to estimate transport energy demand in Turkey. *Energy Policy* 2005; 33: 89-98.
- [13] Kartalopoulos SV. *Understanding neural networks and fuzzy logic: Basic concepts and applications*, New York, NY: IEEE Press, 1996.
- [14] Khon Kean University. *The Development of Master Plan and Engineering, Economics, Environmental Feasibility of Mass Transit Construction in Khon Kean*. The final report (in Thai), prepared for the Office of Transport and Traffic Policy and Planning, Khon Kean University, 2009.
- [15] Lu IJ, Lewis C, Lin SJ. The forecast of motor vehicle, energy demand and CO₂ emission from Taiwan's road transportation sector. *Energy Policy* 2009; 37: 2952-2961.
- [16] Mazraati M, Alyousif OM. Aviation fuel demand modeling in OECD and developing countries: impacts of fuel efficiency. *OPEC Energy Review* March 2009: 23-46.
- [17] Mazraati M, Faquih YO. Modelling aviation fuel demand: the case of the United States and China. *OPEC Energy Review* December 2008: 323-342.
- [18] Murat YS, Ceylan H. Use of artificial neural networks for transport energy demand modeling. *Energy Policy* 2006; 34: 3165-3172.
- [19] Neter J, Kutner MH, Nachtsheim CJ, Wasserman W. *Applied linear statistical models*. 4th Edition, Chicago, IL: IRWIN 1996.
- [20] Office of the National Economic and Social Development Board. *Quarterly Gross Domestic Product: Q4/2009 (1994-2009)*. Office of the National Economic and Social Development Board; Bangkok, Thailand.
- [21] Polemis ML. Empirical assessment of the determinants of road energy demand in Greece. *Energy Economics* 2006; 28: 385-403.
- [22] Shabbir R, Ahmad SS. Monitoring urban transport air pollution and energy demand in Rawalpindi and Islamabad using leap model. *Energy* 2010; 35: 2323-2332.
- [23] Sookwhan O. *Energy Demand Analysis and Forecasting in Transportation Sector*. Master Thesis (in Thai), Department of Energy Management Technology, King Mongkut Institute of Technology, Thonburi, Thailand, 1998.
- [24] Sorat T. *When Thailand aims to be a Transport Logistics Hubs of Indo-China and South China (in Thai)*. V-Serve Logistics; Bangkok, Thailand, 2006.
- [25] Suwannaporn C. *The Development of Goods and Service Transport*. A Technical Paper (in Thai), Fiscal Policy Office, Bangkok, Thailand, 2007.
- [26] <http://afmm2009.fpo.go.th/FPO/index2.php?mod=Content&file=contentview&contentID=CNT0003020&categoryID=CAT0000146>. [accessed Apr 2010]
- [27] Thirayoot Limanond^{*a}, Sajjakaj Jomnonkwao^a, Artit Srikaew^b. The projection of future transport energy demand of Thailand. *Energy Policy* 39(2011) 2754 – 2763
- [28] Yan X, Crookes RJ. Reduction potentials of energy demand and GHG emissions in China's road transport sector. *Energy Policy* 2009; 37: 658-668.
- [29] Zong Woo Geem, *Transport energy demand modeling of South Korea using artificial neural network*. *Energy Policy* 39(2011) 4644 - 4650
- [30] Zachariadis T, Kouvaritakis N. Long-term outlook of energy use and CO₂ emission from transport in Central and Eastern Europe. *Energy Policy* 2003; 31: 759-773.
- [31] Zhang M, Mu H, Li G, Ning Y. Forecasting the transport energy demand based on PLSR method in China. *Energy* 2009; 34: 1396-1400.

การศึกษาระยะทางการเดินทางรวมของยานพาหนะในจังหวัดขอนแก่น

Study of Vehicle Kilometers of Travel in Khon Kaen City

หมายเลขบทความ : SCS12-026

Jessadaporn Thuengnamlee¹, Thaned Satiennam² and Wichuda Satiennam³

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: thuengnamlee@gmail.com

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: sthaned@kku.ac.th

³ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: k.wichuda@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เป็นการศึกษาระยะทางการเดินทางรวมของยานพาหนะ (VKT) ของเมืองขอนแก่นในประเทศไทย ประเภทของยานพาหนะได้จัดหมวดหมู่ตามรถของกรมการขนส่งทางบก ระยะการเดินทางของยานพาหนะแต่ละยานพาหนะจะถูกสำรวจโดยการอ่านบันทึกของเครื่องวัดระยะทาง นอกจากนี้อายุและน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะได้สำรวจโดยการสัมภาษณ์ผู้ขับขี่ ระยะทางการเดินทางรวมของยานพาหนะและประเภทของเชื้อเพลิงที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย ผลการวิจัยที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับระยะทางการเดินทางรวมของยานพาหนะของกรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา

คำสำคัญ: ระยะการเดินทางรวม, การวิเคราะห์การถดถอย, ขอนแก่น

Abstract

The objective of this study is to study the vehicle kilometers of travel (VKT) of KhonKaen City in Thailand. The vehicle type was primarily classified in according to a vehicle classification of Department of Land Transport. The travel distance of each vehicle was surveyed by reading a record of odometer. Also, the age and fuel type of vehicle were surveyed by an interview of drivers. The VKT models by vehicle and fuel type were developed by applying a regression analysis. The results were compared with previous VKT studies of Bangkok and NakornRatchasima of Thailand.

Keywords: Kilometers of Travel, Regression Analysis, KhonKaen

1. บทนำ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาระยะเวลาการเดินทางรวมของยานพาหนะ (VKT) ประเภทต่างๆ ในเมืองขอนแก่น โดยทำการสำรวจและสร้างแบบจำลองหาระยะการเดินทางรวมของยานพาหนะ (VKT) โดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์หาระยะการเดินทางรวมของยานพาหนะประเภทต่างๆ ในเมืองขอนแก่นในอนาคต ซึ่งค่าดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้ประเมินปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและการปล่อยมลพิษทางอากาศจากภาคคมนาคมขนส่งในเมืองขอนแก่นได้อีกด้วย

1.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือ

- 1) เพื่อวิเคราะห์หาการเดินทางรวมของยานพาหนะที่อยู่ในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งอยู่ในรูปของ vkt โดยใช้แบบสำรวจการเดินทางรวมของพาหนะและใช้เครื่องอ่านวัดระยะทาง (odometer readings) ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งจะนำไปสร้างสมการ Parameter
- 2) เพื่อใช้ค่า vkt ประเมินค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

1.2 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบสภาพการจราจรใช้ถนนของจังหวัดขอนแก่นในปัจจุบันเทียบกับจังหวัดกรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครราชสีมา
- 2) สำรวจข้อมูลในรูปแบบสำรวจสอบถาม ในการใช้รถใช้ถนนของจังหวัดขอนแก่น
- 3) ประยุกต์ใช้โปรแกรม SSP for windows สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์การถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปโดยแบ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) และตัวแปรตาม (Dependent variable)

2.2 ชนิดของการวิเคราะห์การถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอยมีหลายชนิดขึ้นกับลักษณะของตัวแปรตามรูปแบบความสัมพันธ์และการกำหนดตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น) ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งการวิเคราะห์การถดถอยได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่ตัวแปรอิสระส่วนใหญ่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณส่วนตัวแปรตามเป็นจะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณเท่านั้นรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามสามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเชิงเส้น (Linear model)
2. การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear regression) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามสามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (non - Linear model)

2.3 ประเภทของการวิเคราะห์ความถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัวแปรกับตัวแปรอิสระตั้งแต่ 1 ตัวแปรขึ้นไปโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณการค่าของตัวแปรตามเมื่อได้ทราบค่าของตัวแปรอิสระแล้วโดยการวิเคราะห์ความถดถอยจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. การวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายนี้มีตัวแปรอิสระ X เพียงตัวแปรเดียวและมีตัวแปรตาม Y เพียงตัวเดียวเช่นกันข้อมูลตัวอย่างสามารถเขียนออกมาได้ในรูปของคู่อันดับ (X_i, Y_i) โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ถ้าสมมติว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมด $\mu_{Y/X}$ อยู่บนเส้นตรงตัวแปรตาม $Y_i = Y/X_i$ สามารถเขียนได้ด้วยตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายดังแสดงสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \epsilon \quad (1)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

β_0 คือ ค่าคงที่หรือระยะตัดแกน y

β_1 คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression

Coefficient) เป็นความชัน (Slope) ของเส้นถดถอย

ϵ คือ ตัวแปรสุ่ม

2. การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณจะต่างจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายคือจะมีตัวแปรอิสระ X หลายตัวแปรหรืออาจกล่าวได้ว่ามีตัวแปรอิสระหลายตัวที่มีอิทธิพลต่อ Y รูปแบบของสมการแสดงดังสมการ

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

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

β_0 คือ เป็นระยะตัดแกน y หรือค่าเริ่มต้นของเส้น

สมการถดถอย

$\beta_1 - \beta_n$ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ n

ในส่วนสมการ non-linear คือ สมการที่มีการกระจายของข้อมูลไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งรูปแบบของสมการจะเป็นแบบยกกำลัง และรูปแบบของสมการมีดังนี้

$$Y = \beta X^2 + E \quad (3)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

β คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย

E คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

โดยที่สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณนั้นจะเป็นการประมาณสมการความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ

2.4 ขนาดของตัวอย่าง

ในการปฏิบัติงานยานักที่จะเก็บข้อมูลได้จำนวนที่มีอยู่จริง ดังนั้นการหาขนาดของตัวอย่างจึงเป็นการหาจำนวนตัวอย่างที่จะใช้แทนจำนวนข้อมูลที่มีอยู่จริง และสมการที่ใช้หามีดังนี้

$$n = [p(1-p)N^3] / [(e/Z)^2(N-1) + p(1-p)N^2] \quad (4)$$

โดยที่ n = จำนวนประชากรทั้งหมด

Z = ระดับความเชื่อมั่น

P = สัดส่วนในประชากรของตัวแปรที่ศึกษา

3. วรรณกรรมทบทวน

Azevedo et al (2007) ได้ประมาณการระยะทางการเดินทางรวม (vkt) ในโปรตุเกสโดยใช้รูปแบบที่ได้พัฒนามาจากเครื่องวัดระยะทาง (odometer reading record) จากการศึกษาได้สะสมข้อมูลจากปริมาณยานยนต์ 5 ล้านคัน หรือ 67% ของยานยนต์ในปี 2006

การทำนายผลลัพธ์ของ ระยะการเดินทางรวม (vkt) สำหรับปี 2004 พบว่าระยะทางการเดินทางรวมของยานยนต์ขนาดเล็ก จะอยู่ที่ประมาณ 91.4% ในขณะที่ระยะทางการเดินทางโดยยานยนต์ขนาดใหญ่ จะอยู่ระหว่าง 8.6%

การประมาณการของค่า ระยะการเดินทางรวม (vkt) ในปี 2005 แสดงให้เห็นว่าระยะทางการเดินทางรวมบนถนนนานาชาติ เครือข่ายนั้นมีประมาณ 50.7% ของ ระยะการเดินทางรวม (vkt) นานาชาติ

ชนิดของยานยนต์ขนาดใหญ่ มีแนวโน้มเอนเอียงไปในการเดินทางบนเครือข่ายบนถนนนานาชาติถึง 65.4% ในขณะที่ยานยนต์ขนาดเล็กเดินทางบนเครือข่ายถนนนานาชาติถึง 50.5%

Corpuz et al. (2006) ได้พัฒนาแบบจำลองระยะการเดินทางรวม (vkt) สำหรับเมืองซิดนีย์ ในประเทศออสเตรเลีย โดยใช้สมการถดถอย โดยแบบจำลองได้ถูกพัฒนามาจากพื้นฐานของการเก็บข้อมูลของผู้ใช้รถในการเดินทาง ในช่วงระหว่างปี 1997-2004 จำนวน 16000 ของผู้ใช้รถในการเดินทาง ตัวแปรอิสระ ประกอบไปด้วย ระยะทางจากที่พักอาศัยไปยังศูนย์กลางของธุรกิจ การใช้พื้นที่ ชนิดของยานที่พกอาศัย ชนิดยานพาหนะของผู้ใช้รถ จำนวนผู้ที่มีใบขับขี่ในบ้าน ความหนาแน่นของบ้านเรือนโดยแบบจำลองที่ใช้เป็น สมการ multiple linear regression model $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$ จากการศึกษาพบว่า ตัวแปรอิสระ มีนัยสำคัญกับแบบจำลองถึง 95% ซึ่งประกอบไปด้วย ชนิดของยานพาหนะ ระยะทางจากที่พักอาศัยไปยังที่ทำงาน การใช้พื้นที่ ความหนาแน่นของบ้านเรือน การเข้าถึงในระบบขนส่ง

Cameron et al (2004) ได้ศึกษาแนวโน้มของค่าระยะเดินทางรวม (vkt) ในเมืองต่างๆ ช่วง 1960-1990 โดยพิจารณาไปยังการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มของผู้ใช้รถ การเพิ่มขึ้นของแนวโน้มของค่าระยะเดินทางรวม

(vkt) ในเมืองต่างๆ พบว่าผลลัพธ์มาจากการเติบโตของจำนวนประชากรในเมือง การเติบโตของรถยนต์ส่วนบุคคล และการเติบโตของจำนวนเจ้าของยานพาหนะ

Kumapley and Fricker (1999) วิธีการประมาณระยะการเดินทางที่ยานพาหนะใช้ในการเดินทาง มีอยู่หลายวิธีแล้วแต่วัตถุประสงค์และทรัพยากรที่มีอยู่ โดยสามารถสรุปได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ ดังนี้

1) วิธีการประมาณค่าจากการนับปริมาณจราจร วิธีการนี้ประมาณค่าระยะทางในการเดินทางของรถยนต์จากข้อมูลการจราจรจริงบนโครงข่ายถนน โดยติดตั้งเครื่องตรวจนับจำนวนยานพาหนะอัตโนมัติครอบคลุมโครงข่ายที่พิจารณา เมื่อได้จำนวนรถยนต์ในช่วงเวลาที่สนใจแล้วคูณด้วยระยะทางแต่ละช่วงถนนจะได้ปริมาณระยะทางในการเดินทางทั้งหมดของยานพาหนะในโครงข่ายถนนทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 1 วัน หรือ 1 ปี ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่น่าับจำนวนรถยนต์วิธีการนี้เป็นที่ยอมรับและใช้โดย Federal Highway Administration (FHWA)

2) วิธีการประมาณค่าโดยไม่ใช้ปริมาณจราจร วิธีการนี้เป็นวิธีการประมาณค่าระยะทางในการเดินทางของยานพาหนะโดยไม่นับปริมาณจราจร แต่จะใช้วิธีการทางอ้อม เช่น การหาปริมาณการเดินทางของรถยนต์จากอัตราการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ โดยใช้ความสัมพันธ์ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของสถานีบริการน้ำมัน หรือ จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางและตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้องอาศัยการเก็บข้อมูลโดยการสำรวจ วิธีการนี้ได้รับความนิยมเพราะมีความสะดวกและค่าใช้จ่ายน้อย

4. วิธีการศึกษา

ในส่วนวิธีการศึกษาจะใช้พื้นที่ในจังหวัดขอนแก่น โดยกำหนดประเภทของรถที่จะใช้ในการเก็บตัวอย่าง และมีขนาดตัวอย่างที่จะใช้ศึกษา

4.1 ประเภทของยานพาหนะที่จะใช้ศึกษา

ประเภทของยานพาหนะได้จัดหมวดหมู่ตามรถของกรมการขนส่งทางบก

ตารางที่ 1 ประเภทของยานพาหนะที่จะใช้ในการศึกษา

	ประเภทรถ	ภาพประกอบ
1	รถจักรยานยนต์	
2	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	
3	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	
4	รถยนต์บรรทุกทุกส่วนบุคคล (4 ล้อ)	
5	Taxi	
6	รถโดยสารสองแถว	
7	รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป)	
8	รถบัส	

4.2 ขนาดของตัวอย่าง

ในการปฏิบัติงานของนักที่จะเก็บข้อมูลได้จำนวนที่มีอยู่จริง ดังนั้นการหาขนาดของตัวอย่างจึงเป็นการหาจำนวนตัวอย่างที่จะใช้แทนจำนวนข้อมูลที่มีอยู่จริง

ตารางที่ 2 จำนวนยานพาหนะที่ต้องการของแต่ละประเภทในจังหวัด

ขอนแก่น

	ประเภทรถ	ที่ต้องการ	ที่ได้มา
1	รถจักรยานยนต์	456	387
2	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	454	406
3	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	423	110
4	รถยนต์บรรทุกทุกส่วนบุคคล (4 ล้อ)	455	161
5	Taxi	133	56
6	รถโดยสารสองแถว	446	75
7	รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป)	375	29
8	รถบัส	389	36

4.3 การเก็บข้อมูล

สัมภาษณ์ผู้ขับขี่ตามสถานีให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิงและสถานีขนส่งในเมืองขอนแก่น ซึ่งการสัมภาษณ์ข้อมูล ผู้สัมภาษณ์จะเป็นผู้บันทึกข้อมูลด้วยตัวเอง

4.4 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองจะเป็นการวิเคราะห์การถดถอยไม่เชิงเส้น เนื่องจากข้อมูลกระจุกกระจายไม่เป็นเชิงเส้นตรง ซึ่งจะใช้สมการรูปแบบยกกำลัง โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเดินทางรวมกับอายุของพาหนะ

5. อภิปรายผลการศึกษา

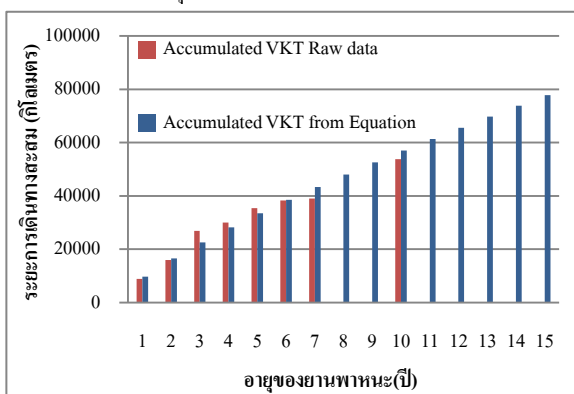
ในบทนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลระยะทางรวมของยานพาหนะที่ได้จากการสำรวจในรูปแบบการสอบถาม ซึ่งการรวบรวมข้อมูลในเบื้องต้นนั้นจะแบ่งตามประเภทของยานพาหนะ และอายุการใช้งาน ข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวมมานี้ได้มีการเก็บที่จังหวัดขอนแก่น ซึ่งจะนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับจังหวัดอื่นที่ได้ศึกษามาแล้ว

5.1 ข้อมูลระยะทางรวมที่ได้จากการเก็บที่จังหวัดขอนแก่น

จากการนำข้อมูลระยะทางรวมที่ได้จากการอ่านหน้าปัดของยานพาหนะที่ได้มีการสำรวจในจังหวัดขอนแก่น ข้อมูลที่ได้นั้นได้แบ่งออกเป็นประเภทของยานพาหนะ ซึ่งจะอธิบายไว้ดังต่อไปนี้

5.1.1 รถจักรยานยนต์

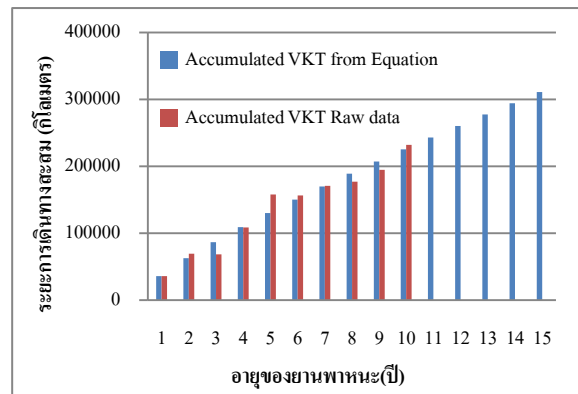
จำนวนกลุ่มตัวอย่างของยานพาหนะประเภทนี้คือ 387



รูปที่ 1 แสดงการประมาณระยะการเดินทางรวมของรถจักรยานยนต์. ในแต่ละปี แต่ละกลุ่มอายุมีจำนวนมากกว่า 10 คันขึ้นไป

5.1.2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน

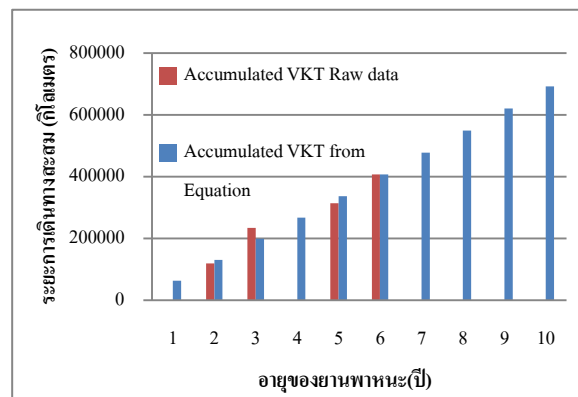
จำนวนกลุ่มตัวอย่างของยานพาหนะประเภทนี้คือ 406 คัน



รูปที่ 2 แสดงการประมาณระยะการเดินทางรวมของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน. ในแต่ละปี แต่ละกลุ่มอายุมีจำนวนมากกว่า 10 คันขึ้นไป

5.1.3 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน

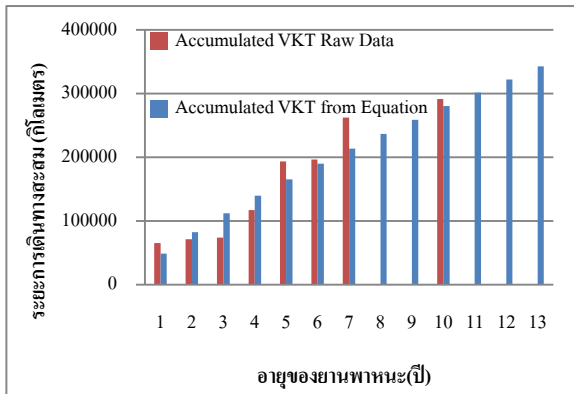
จำนวนกลุ่มตัวอย่างของยานพาหนะประเภทนี้คือ 110 คัน



รูปที่ 3 แสดงการประมาณระยะการเดินทางรวมของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน. ในแต่ละปี

5.1.4 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (4 ล้อ)

จำนวนกลุ่มตัวอย่างของยานพาหนะประเภทนี้คือ 161 คัน



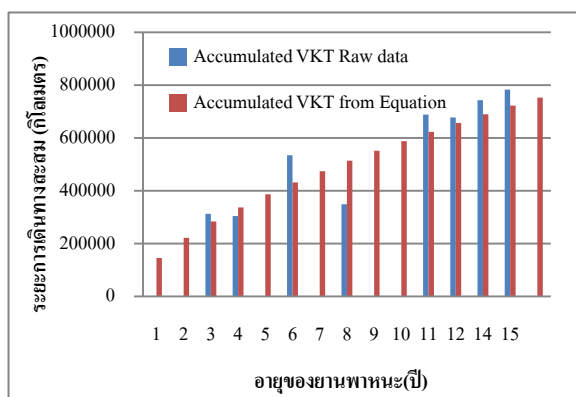
รูปที่ 4 แสดงการประมาณระยะการเดินทางรวมของรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (4 ล้อ) ในแต่ละปี แต่ละกลุ่มอายุมีจำนวนมากกว่า 10 คันขึ้นไป

5.1.5 รถแท็กซี่

จำนวนกลุ่มตัวอย่างของยานพาหนะประเภทนี้คือ 56 คัน ซึ่งถูกรวบรวมจากสถานที่ต่างๆ ในจังหวัดขอนแก่น ในกลุ่มตัวอย่างของรถแท็กซี่นี้จะไม่นำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ เนื่องจากจำนวนรถแท็กซี่ที่ได้จากการสำรวจนั้นมีจำนวนมากที่สุดอยู่ในช่วงอายุแค่ช่วงอายุเดียว จึงยากที่จะนำมาวิเคราะห์ได้

5.1.6 รถโดยสารสองแถว

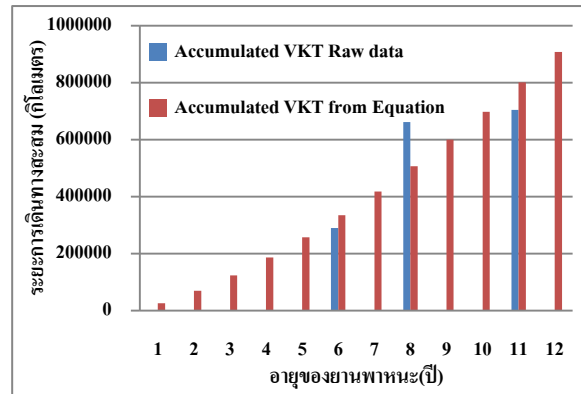
จำนวนกลุ่มตัวอย่างของยานพาหนะประเภทนี้คือ 75 คัน



รูปที่ 5 แสดงการประมาณระยะการเดินทางรวมของรถโดยสารสองแถว ในแต่ละปี แต่ละกลุ่มอายุมีจำนวนมากกว่า 5 คันขึ้นไป

5.1.7 รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป)

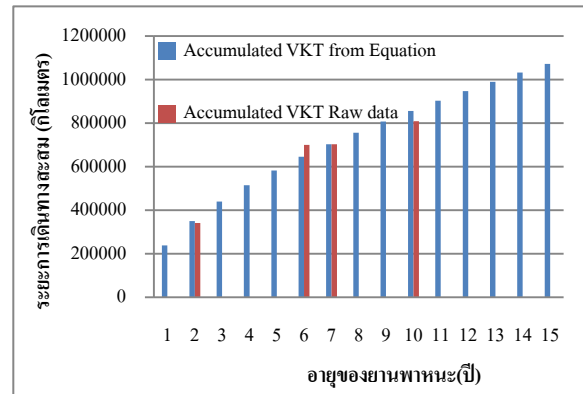
จำนวนกลุ่มตัวอย่างของยานพาหนะประเภทนี้คือ 29 คัน



รูปที่ 6 แสดงการประมาณระยะการเดินทางรวมของรถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป) ในแต่ละปี ที่แต่ละกลุ่มอายุมีจำนวนมากกว่า 5 คันขึ้นไป

5.1.8 รถบัส

จำนวนกลุ่มตัวอย่างของยานพาหนะประเภทนี้คือ 36 คัน



รูปที่ 7 แสดงการประมาณระยะการเดินทางรวมของรถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป) ที่แต่ละกลุ่มอายุมีจำนวนมากกว่า 4 คันขึ้นไป

5.2 วิเคราะห์ข้อมูลในจังหวัดขอนแก่น

ในส่วนนี้จะใช้วิธีทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง VKT สะสมและอายุของยานพาหนะ โดยใช้รูปแบบการวิเคราะห์ความ

ถดถอยพหุแบบยกกำลัง ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ โปรแกรม SPSS ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระยะทางรวมของยานพาหนะที่ใช้ใน
จังหวัดขอนแก่น

ประเภทรถ	สมการ	R ²
รถจักรยานยนต์	$VKT = 9,705.342X^{0.769}$	0.9735
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล ไม่เกิน 7 คน	$VKT = 36,331X^{0.793}$	0.9817
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล เกิน 7 คน	$VKT = 63,366.673X^{1.038}$	0.9514
รถยนต์บรรทุก ส่วนบุคคล (4 ล้อ)	$VKT = 48,375.539X^{0.763}$	0.8531
รถโดยสารสองแถว	$VKT = 145,021.570X^{0.608}$	0.8119
รถบรรทุกขนาดใหญ่	$VKT = 25,267.285X^{1.441}$	0.7777
รถบัส	$VKT = 238,680.400X^{0.555}$	0.9768

5.3 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้เป็นข้อมูลระยะการเดินทางสะสมของจังหวัดนครราชสีมา และกรุงเทพมหานคร ซึ่งจะนำระยะทางรวมสะสมนี้มาเปรียบเทียบกัน

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระยะทางรวมของยานพาหนะในจังหวัด
นครราชสีมา

ประเภทรถ	นครราชสีมา	
	สมการ	R ²
รถจักรยานยนต์	$VKT = 5,587.6960 x^{1.005}$	0.99
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (4 ล้อ)	$VKT = 76,386.16 x^{0.515}$	0.98
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล ไม่เกิน 7 คน	$VKT = 53,433.9 x^{0.595}$	0.97
รถบัส	$VKT = 111,552.9x - 4,655.13x^2$	0.95

รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป)	$VKT = 80,198.59 - 635.31x - 5.543x^3$	0.88
รถโดยสารสองแถว	$VKT = 94,509.91x^{0.743}$	0.98

ที่มา : Thirayoot Limanond (2009)

ตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระยะทางรวมของยานพาหนะใน

กรุงเทพมหานคร

ประเภทรถ	กรุงเทพมหานคร	
	สมการ	R ²
รถจักรยานยนต์	$VKT = 4,977.63 x^{0.898}$	0.99
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (4 ล้อ)	$VKT = 57,301.21x^{0.776}$	0.98
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล ไม่เกิน 7 คน	$VKT = 50,958.33x^{0.879}$	0.92
รถบัส	$VKT = 156,788.83 x^{0.628}$	0.96
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป)	$VKT = 132,967.169 x^{0.615}$	0.96
รถโดยสารสองแถว	$VKT = 156,545.64x^{0.643}$	0.99

ที่มา : Thirayoot Limanond (2009)

6. สรุปผล

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองของระยะเดินทางรวมในจังหวัดขอนแก่น โดยการใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ SPSS วิธีนี้จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อระยะการเดินทางรวม จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับจังหวัดนครราชสีมาและกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ได้ทำมาก่อนหน้านี้ จากการเปรียบเทียบระยะการเดินทางรวมเฉลี่ยแต่ละปีของจังหวัดขอนแก่นมีแนวโน้มระยะการเดินทางสะสมแต่ละปีใกล้เคียงกับจังหวัดนครราชสีมา แต่จะมีแนวโน้มที่ต่างออกไปจากกรุงเทพมหานคร ซึ่งเห็นได้จากตารางที่ 6 และตารางที่ 7 จากการวิเคราะห์แนวโน้มระยะการเดินทางสะสมแต่ละปีของจังหวัดขอนแก่นมีลักษณะใกล้เคียงกันเนื่องมาจากลักษณะเมืองมีลักษณะการเดินทางที่ใกล้เคียง ขนาดเศรษฐกิจใกล้เคียงกัน และที่ต่างจากกรุงเทพมหานครคือกรุงเทพมหานครเป็นเมืองขนาดใหญ่ มีประชากรเป็นจำนวนมาก เป็น

เมืองเศรษฐกิจ และความต้องการการเดินทางของประชากรมีมากกว่า
จังหวัดขอนแก่น

ตารางที่ 6 แสดงระยะการเดินทางรวมแต่ละปีของยานพาหนะ

ประเภทรถ	ระยะการเดินทางสะสมเฉลี่ยของแต่ละปี (กิโลเมตร)		
	ขอนแก่น	นครราชสีมา	กรุงเทพฯ
รถจักรยานยนต์	5,701	5,652	3,936
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	22,557	21,029	34,210
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	69,161	-	-
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (4 ล้อ)	28,030	25,004	34,211
รถโดยสารสองแถว	58,807	52,297	68,808
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป)	69,752	-	54,795
รถบัส	85,668	-	66,576

ตารางที่ 7 ระยะการเดินทางรวมแต่ละปีเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัด
ขอนแก่น

ประเภทรถ	ระยะทางรวมแต่ละปีเปรียบเทียบกับจังหวัดขอนแก่น (%)	
	นครราชสีมา	กรุงเทพฯ
รถจักรยานยนต์	0.86	30.96
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	6.77	51.66
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	-	-
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (4 ล้อ)	10.80	22.05
รถโดยสารสองแถว	11.07	17.01

รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป)	-	21.44
รถบัส	-	22.29

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนศ เสถียรนาม อาจารย์วิฑูรดา เสถียรนาม ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนาย ศุภกร อรัญเสน นายสมโภช เกศดาสุรัตน์ และนายกิตติภพ ศรีสะอาด ที่ช่วยในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ.ดร.กัลยา วานิชย์บัญชา, 2551. การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows กรุงเทพฯ: บริษัท ธรรมสาร.
- [2] Azevedo CL, Cardoso J (2007), Estimation of annual traffic volumes a model for Portugal, LNCE, Lisboa, Portugal
- [3] Limanond, T., 2009. An Analysis of Vehicle Kilometers of Travel of Major Cities in Thailand: Final Report of ATRANS Research Project 2009.
- [4] Cameron I et al. (2004), Trends in vehicle kilometer of travel in world cities, 1960-1990 : underlying driver and policy response, Transport Policy 11, pp 287-298, 2004.
- [5] Grace Corpuz et al. (2006). The Development of a Sydney VKT Regression Model. Proceeding on 29th Australasian Transport Research Forum. Australia.

Proposed Parking Facilities for the Local Heritage Site of Iloilo City

Paper Identification Number: SCS12-027

Paul Vincent LACSAO¹, Mary Earl Daryl GRIO², Jolly Mae SAN LUIS³, Razel DAVILA⁴

¹College of Engineering
Central Philippine University
Telephone 0939-825-3291
E-mail: kisuke_vince@yahoo.com

² Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering
Central Philippine University
Telephone: (033) 329-1971 local 1082
E-mail: medagriog@yahoo.com

³College of Engineering
Central Philippine University
Telephone 0946-740-3471
E-mail: jolly0310@yahoo.com

⁴College of Engineering
Central Philippine University
Telephone 0948-744-4174
E-mail: ghadavila@ymail.com

Abstract

Iloilo City is one of the Philippines' premiere cities. The city has 8,407 business establishments of which 1,182 were recently established. Every year, there is an estimated 11% of increase in the number of business establishments in the city. More business means more investors and consumers. The business transactions demand ample space for amenities such as parking facilities. The Downtown Central Business District (CBD) of Iloilo City is the proof of the economic activities of the city for the past decades. It is the main destination of people coming from Metro Iloilo-Guimaras region. Recently, it was declared as the Iloilo's Heritage Site inclusive of 26 buildings at least 75 years old. This heritage area is surrounded by a plaza, a university, a public market, private high schools, banks, restaurants, and retail businesses. This research is mainly focused on the design for a comprehensive parking facility for on-street and off-street parking for the local heritage zone of Iloilo City. A License Plate Survey was conducted in 23 areas to determine the parking characteristics of car owners, number of vehicles parked, turnover rate, and parking duration. An inventory of the road network and identification of open spaces for possible off-street parking were performed. The results of License Plate Survey showed that the average parking duration and turnover rate are 2.29 hr/veh and 0.296veh/space-hr respectively. Block 2-Guanco St has the longest parking duration of 5.42hr/veh and Block 5-Ortiz St and Block 5-Rizal St has the highest turnover rate of 0.393veh/space-hr. Seven (6) possible sites for off-street parking have been identified. Certain areas have been proposed as no parking zone.

Key Words: off-street parking, on-street parking, parking characteristics, turnover rate, parking duration

1. Introduction

1.1 Background and Rationale

A heritage site is a place or structure that has significant value to the cultural legacy of a city, town, or province. It carries the proof of the place's existence; past economic activities, and old traditions which are handed down from generation to generation. It conveys the identity and distinction of a place from among the other area. It will help improve the economic status of the area through tourism.

The City of Iloilo intends to preserve its cultural and historical value by giving importance to the heritage structures within its limits. The declared heritage site passes the following characteristics as described by the Local Cultural Heritage Conservation. (Local Cultural Heritage Conservation Ordinance of Iloilo City, Regulation Ordinance No. 00-054, Office of SanguniangPanglungsod, City of Iloilo, April 2000): (1) The old buildings, structures, or area in Iloilo City must speak of the culture and history of the Ilonggos. (2) These buildings must be part of our national history in general and regional history in particular. (3) The site must provide an evidence of history in particular. (4) The buildings, landmarks, plazas, and parks must be atleast 75 years or more in existence. (Local Cultural Heritage Conservation Ordinance of Iloilo City)

Iloilo City is located in the Island of Panay in Visayas Region of Philippines. It began as a fishing community and grew up to be one of the Philippine's premier cities. It was once considered as the "La Muy Leal y Noble Ciudad" which means "The Most Loyal and Noble City". Now it has 8,407 business establishments of which 1,182 are new.

Downtown Central Business District (CBD) of Iloilo City is declared as a heritage site. It is the main destination of people coming from Metro Iloilo-Guimaras region. It serves as a venue for economic activities for the traders in Iloilo River a long time ago. It is the representation of Iloilo's

historical past. At present, the district has 26 declared heritage buildings which are 75 years old or more around the area. It also holds annual festivals like Dinagyang and Chinese New Year. It is packed with buildings, vehicles, and pedestrian.



Figure 1.1 Map of Heritage Buildings

Source: ICCHCC

The declared heritage site is bounded by three main streets forming a triangle, namely: JM Basa (Call Real), Iznart and Rizal Street. It is surrounded by schools, markets, residences, banks, hotels, fast-food chains and restaurants, and other businesses. Because the declared heritage site and its surroundings cater to a lot of special events and socio-economic activities, there is a necessity for parking facilities.

1.2 Problem Definition

Parking as part of an urban transportation system is one of the crucial issues of government and private business owners. The paragraphs that follow describe the existing conditions of the declared heritage site.



Figure 1.2 Cars parked on JM Basa Street

The main road JM Basa Street has been used for parking by privately owned vehicles.

This main street is supposedly intended only for running on moving vehicles. On certain lengths of this street, the loading and unloading of passengers on roads are allowed. Thus, the parked vehicles decrease the width of the road and cause traffic congestion.

As shown in figure 1.6, the nonexistence of parking spaces allotted for motorcycles draws the motorcycle drivers to park beside the private vehicles. The parking spaces therefore are not fully maximized. Heavy and large-sized trucks were also spotted parking on side-street thereby narrowing the streets.

Other problems observed by the research groups were a) Unregulated on-street parking b) Absence of parking signs c) No lines drawn to separate the parking area into stalls d) illegal vendors occupying the spaces for curb-side or on-street parking, and e) no provision for separation of vehicle types,



Figure 1.6 Cars and Motorcycles share parking spaces in Iznart Street

1.3 General Objective

The primary objective of this study is to design a comprehensive parking facility, both for off-street and on-street parking, for the heritage site in Iloilo City.

1.4 Specific Objective

The following specific objectives were done to complete the primary research objective.

1. Made a road network inventory.
2. Determined the parking characteristics of vehicle.
3. Identified areas for off-street parking
4. Define areas and regulate on-street parking

1.5 Significance of the Study

The beneficiaries of this research include car owner or drivers, commuters on the riding public, the city government and the environment.

Car owners and drivers. Areas for off-street and on-street parking were identified to be able to organize parking vehicles. The organization of vehicles could maximize the use of parking areas and road lots.

Commuters on the Riding public. The drivers and passengers of moving vehicles will be able to move more freely on the streets and reach their destination because of decongestions.

City Government. The proposed regulation and parking fees will provide funds for the city for

future projects. It will also encourage private vehicle owners to use mass transit such as public utility jeeps as a mode of transportation.

Environment. An organized and planned urban transportation system will help minimize air pollution by reduction of traffic congestion.

1.6 Scope and Limitation

This research includes only the Downtown Central Business District in Iloilo City. It focuses on the proposed off-street and on-street parking facilities for the heritage site and its vicinity. The on-street parking facility considered passenger vehicles not more than 4.7 meter long and 1.7 meter wide. The off-street parking areas were located in identified vacant lots.

This research excludes the impact of the proposed parking facilities on the businesses and vendors at the Downtown Central Business District. Traffic flow analysis was not considered. Turnover rate and parking duration of vehicles is constant on weekdays.

2. Review of Related Literature

2.1 Parking Facilities

Parking facilities and programs are of considerable importance in traffic engineering. Most persons to urban and regional commercial centers are accessed primarily by cars. The viability of these areas depends on the availability of convenient parking facilities adjacent to or easily accessible to desired destinations, especially off-street parking facilities. And various aspects of the parking related index are introduced as follows. (1) Parking demand: the number of need park space in a given area at some time interval. (2) Parking capacity: the number of parking behaviour a given area can accommodate. Parking capacity includes planning capacity and actual capacity. Planning capacity is the total parking spaces in the study area and the actual capacity is the number of park space which can be accommodated in the actual parking management and operation. (3) Parking turnover: Average parking times of a parking space in a given time interval. (4) Parking space utilization: Average service efficiency of a parking space in a given time. (5) Average parking duration: Average parking time of a vehicle in a given time interval, D. Parking duration is the length of time individual car taken park space. This characteristic is a

distribution of individual values, and both the distribution and the average value are of great interest.

Many parking studies (Zhang, et al., 2005) stress on the establishing, the distribution of accumulation with time and to determine the peak accumulation and time at which it occurs. Of course, observed accumulation is limited by parking supply, and constrained demand cannot be directly observed. Here gives some optimal models and statistic data on parking demand and supply.

2.2 Off-street Parking

With limited land resource and restriction of the off-street parking facilities, it is impossible for the supply of the off-street parking facility to meet the growing parking requirement. Therefore, in the allocation of the off-street parking facilities, the major concern will be the efficiency of the facility. To reflect the critical decision criteria for the allocation of the off-street parking facilities, there are two types of goals are considered in this study. The first goal is to maximize the parking demand served by the parking facilities. The second goal is to minimize the total social cost. The major components of the social cost are: the construction cost, the operating cost, maintenance cost for the operators, the walking cost for the users, the anti-pollution cost of the noise reduction cost and die non-users, and penalty cost for the unsatisfied demand. (Chiu, 2005)

2.3 On-street parking

Parking is a critical component of transportation policy and management for any locale, but especially for the large central cities. The policies and management practices affecting parking lead to outcomes that, in turn, can affect land use, air quality, traffic congestion, travel behaviour, safety, and economic development, not to mention revenue lines. For example, policies that provide large amounts of unpriced parking may encourage automobile use, thereby increasing congestion. Effectively managing parking is an ongoing battle for the large central cities as they face competing, and sometimes contradictory, objectives along with an ever-increasing demand for space.

As mentioned by De Cerreno (2002) on-street parking is a key factor in promoting businesses in cities, particularly within central business districts. As a type of shared parking, on-street parking is an efficient means for allowing multiple users to each multiple destinations. On-street parking utilizes less land per space than off-street parking and provides easy access to businesses located on city streets. For pedestrians, on-street parking creates a buffer between moving traffic and individuals walking on the sidewalks, providing a measure of safety and reducing the level of perceived noise. Further, depending upon how on-street parking is situated on a street, it can also serve as a traffic calming device, thereby slowing vehicles and potentially reducing the number and severity of accidents.

3. Methodology

3.1 Data Collection

Road Network Inventory. Primary data were gathered by site investigation and documentation of observations and landmarks in the area. As seen in figure 3.1.

Vehicle Parking and On-street Parking Characteristics. A License Plate Survey was conducted to determine the parking duration and turnover rate of vehicles parked within the area of the study. The area for the survey was categorized by blocks and segments or street surrounding it. For Block 1 the areas for survey are Block 1-Iznart and Block 1-Aldeguer. JM Basa is a major road therefore it is not included in the survey. Please see figure 3.2.



Figure 3.1 Streets in the Heritage Site



Figure 3.2 Map of Blocks in CBD

A User Information Survey was conducted to determine the parking and travel characteristics of parkers within CBD with 248 sample size out of 1908 vehicles parked given 90% level of confidence was used.

Off-street Parking. The area was also inventoried for possible off-street parking facilities. Vacant lots, unused buildings, and etc were classified as a potential site for off-street parking. The sites were categorized as big and small parking areas. Areas that can accommodate more than 50

vehicles were considered as big parking areas and small if otherwise.

And all secondary and supporting data were collected by using every available reference. Data connected with the details and plans of Downtown CBD was obtained by seeking assistance from the sector of the government in line with the said data and private professionals.

3.2 Data Analysis

3.2.1 Parking Duration

Data for Parking Duration can be determined by the formula:

$$D = (30) \sum N_x(X)/N_T \quad (1)$$

where D is the average parking duration (hour/vehicle), N_x is the number of vehicles parked for X intervals, X is the number of time intervals the vehicles parked, time interval use is 30 minutes, and N_T is the total number of vehicles observed.

3.2.2 Parking Turnover Rate

Turnover Rate can be determined by the formula:

$$TR = N_T/(S)T_S \quad (2)$$

where TR is the turnover rate, N_T is the total number of vehicles observed, S is the number of parking slots, and T_S is the time of study in hours.

3.2.3 Parking Revenue

Parking Revenue can be determined by the formula:

$$R = (N)(PF_j) + \sum_i(i)(n_i)(PF_i) \quad (3)$$

where PF_j is the preset parking fee for the j time, i is the hourly increment, or fraction thereof, of vehicles parked more than j time, n_i is the number of vehicles for every hourly increment i , or fraction thereof, that parked more than j time, PF_i is the increment in parking fee for the hourly increment i greater than j time, R is the total parking revenue (in pesos). The rest of the variable are as previously defined.

4. Results and Discussions

4.1 Road Network Inventory

There are a total of 672 registered establishments located within the heritage area that affects the parking behaviour of vehicles. The table below shows the different business categories and the corresponding number of establishments registered. The retails/wholesale business dominates the market.

Table 4.1 Types of Establishments Registered Within the CBD

Type of Establishment	Total
Retailer/Wholesalers	237
Contractors	38
Essential	71
Banks/Financial	95
Lessor	84
Other Kinds	85
Café and Restaurant	37
Non-Stock	10
Insurance Company	5
Service	60
Amusement	17
Producers	4
Francise	6
Manufacturing	8

As shown in Figure 4.1, the most number of registered business establishments in CBD is located at JM Basa Street. Central Market, which is located at the intersection of Rizal, Iznart, Guanco, and Aldeguer Streets, is considered as another category because of the significantly varied businesses in it.

Passenger cars is the main mode of transportation used by people going to school, work, and other business transactions. Block 3-Guanco St has the most number of vehicles parked. Establishments such as central market, school, and mall is located within this area. (please refer to Figure 4.2)

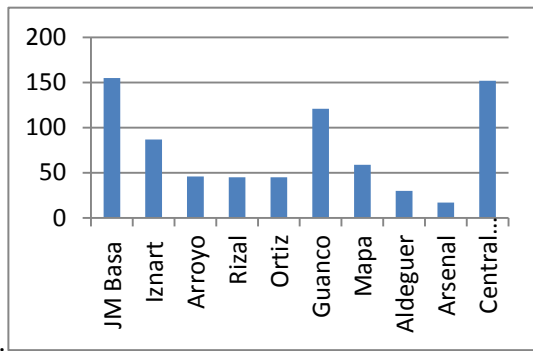


Figure 4.1 Number of Establishments Registered on Streets in CBD

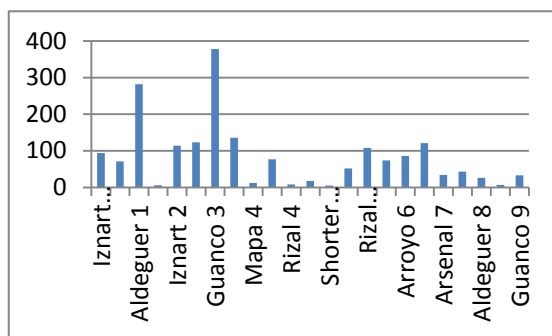


Figure 4.2 Number of Vehicles Parked in CBD

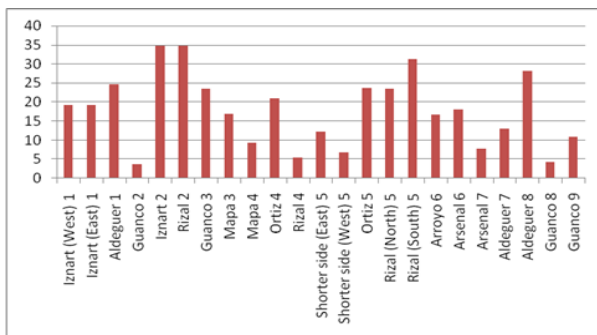


Figure 4.3 Turnover Rate (veh/sp-min)

Turnover rate or the use of vehicle over occupied space and time is shown in Figure 4.3. Block 2 Rizal and Iznart have the highest turnover rate which is 19.2 veh/sp-min. It was observed that most of the people going to this area deal with short-time business. Majority of the parker's trip purpose is to shop. Block 2 Guanco St. has the lowest turnover rate.

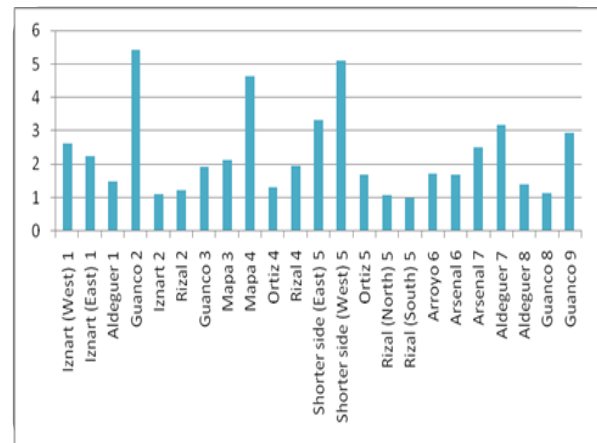


Figure 4.4 Parking Duration (hr/veh)

Parking duration or the time spent by the vehicle parked in the same area is shown in Figure 4.4. Block 2- Guanco has the highest rate of parking duration of 5.417 hr/veh. It was then observed that long-time businesses such as office, school, and etc., are within the area. The area where the least number of parking duration is in the Block 5 Rizal, both north and south.

4.2 Areas for Possible Off-street Parking

Figure 4.3.0 shows the areas for possible off-street parking. It was identified that there are six areas located within the CBD. The areas were categorized as big and small parking space. For big parking space, 150 vehicles in maximum can be accommodated and for small parking space, a maximum of 80 vehicles can occupy the area.

4.3 Parking Characteristics

User information survey was done to determine the parking characteristics of drivers parked in CBD. There were a total of 248 respondents who willingly participated in the survey and 77 refused to be interviewed.

The following pie charts show the trip origin and duration of stay. About 28% of the parked vehicles came from outside the city and about 38% of them stay for 1-3 hours.

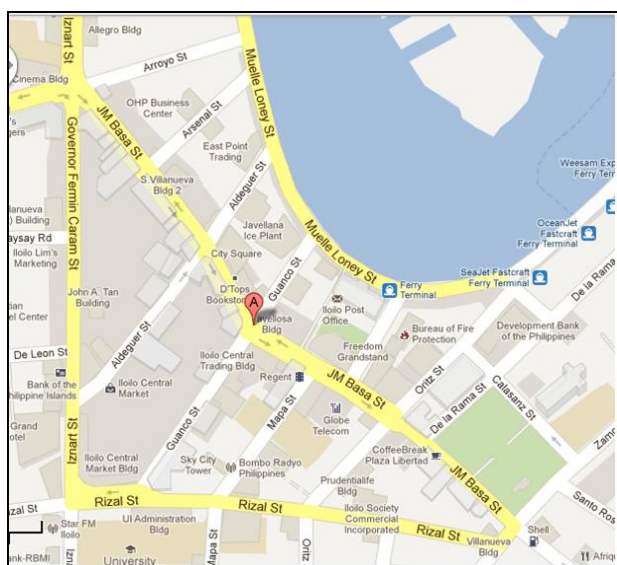


Figure 4.3.0 Areas for Possible Off-street Parking

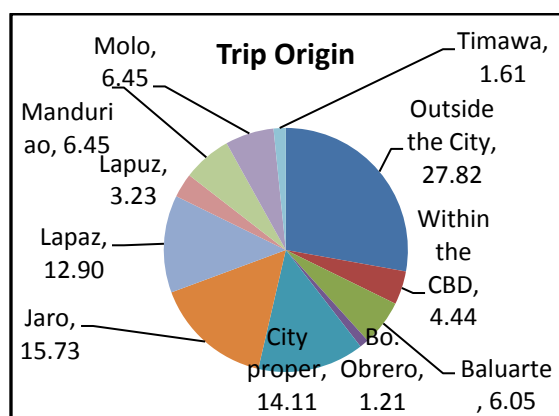


Figure 4.3.1

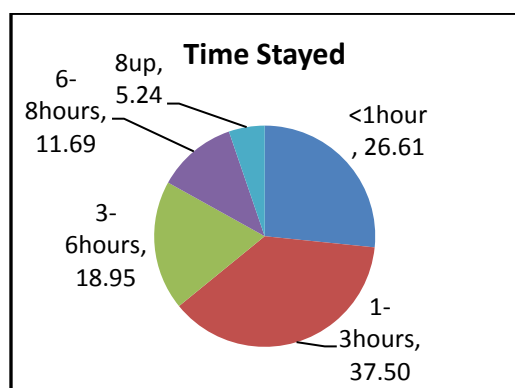


Figure 4.3.2 Duration of Stay

The following tables show the results of the user information survey conducted.

Table 4.3.1 Trip Purpose

Trip Purpose	School	Shop	Work	Home	Others
Total	8	89	83	2	66

Table 4.3.2 Mode of Transportation

Mode of Transportation	Car	Motorcycle	Others
Total	154	38	56

Table 4.3.4 Parking Fee

Flat Rate	Php 5	Php 10	Php 15	Php 15 up
Total	47	30	4	1

Table 4.3.5 Time Willing to Walk

Time Willing to Walk	1 min.	2-5 min.	5-10 min.	15 min.
Total	80	128	38	2

Table 4.3.6 Employment

Employment	Private	Government	Self-employed	Unemployed	Others
Total	100	17	82	25	24

Majority of the car owners parked are the shoppers and the workers. Most of them are using passenger or private cars. They are willing to pay a parking fee of Php 5.00 and can walk as long 2-5 min from the parking lot. Most of the parkers work in a private company.

5. Conclusions and Recommendations

All specific objectives in this research have been met in order to design the proposed parking facilities in the heritage site in Iloilo City. A road network inventory has been made, the parking characteristics of vehicles have been determined, and areas for on-street and off-street parking have been identified.

The road network inventory showed the areas with unregulated on-street parking and the lack of designated off-street parking. The parking characteristics of vehicles showed that the top reasons of people going to CBD are to shop and to work. The on-street parked vehicles are mostly due to short time business transactions. Possible off-street parking sites were identified to be used by vehicles that need to stay long such as business owners and employees.

Several observations have been noted by the research group. The on-street parking facilities are not properly labelled as to the type of vehicles. The number of privately owned vehicles parked on the main roads obviously adds to the traffic congestion in Iloilo City.

It is with these observations that certain recommendations are being made. On-street parking must be regulated as to the type of vehicle and parking duration. Parking fees must be implemented for both on-street and off-street parking. The owners of the privately owned vehicles then can opt to use public utility vehicles and thus reduce the volume of vehicles.

It is recommended that further studies are to be conducted on the feasibility of parking buildings that must be located a certain distance from the heritage site.

6. References

- [1] Local Cultural Heritage Conservation Ordinance of Iloilo City, Regulation *Ordinance No. 00-054*, Office of Sangguniang Panlungsod, City of Iloilo, April 2000
- [2] Xiuyuan ZHANG, et al (2005) PARKING DEMAND IN THE HIGH TECH BUSINESS DISTRICT OF URBAN, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 891 - 899, 2005
- [3] Hsien-Ming CHIU (2005) A LOCATION MODEL FOR THE ALLOCATION OF THE OFF-STREET PARKING FACILITIES, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, 1344-1353

- [4] Allison L. C. DE CERREÑO PH. D (2002) THE DYNAMICS OF ON-STREET PARKING IN LARGE CITIES, Rudin Center for Transportation Policy & Management, 1-3

การศึกษาพฤติกรรมและการเลือกรูปแบบการเดินทางเพื่อนำไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ:

กรณีศึกษาเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

A Study of Behavior and Mode of Travel for a Low Carbon Society:

A Case Study Hat Yai Municipality, Songkhla

หมายเลขบทความ : SCS12-028

นพวรรณ แท่นเล็ก¹, ปรมศวร์ เหลือเทพ², พิชัย ชานีรณานนท์³

Noppawan Thaenlek, Paramet Luatthep, Pichai Taneerananon

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่ สงขลา 90112

โทรศัพท์ 074-558789

E-mail: whiterose3530@gmail.com

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่ สงขลา 90112

โทรศัพท์ 074-558789

E-mail: paramet007@hotmail.com

³ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่ สงขลา 90112

โทรศัพท์ 074-558789

E-mail: 2007tao@gmail.com

บทคัดย่อ

เทศบาลนครหาดใหญ่เป็นศูนย์กลางทางการค้าและเศรษฐกิจที่สำคัญแห่งหนึ่งของภาคใต้ จากการขยายตัวอย่างต่อเนื่องของเศรษฐกิจและสังคม ทำให้ความต้องการในการเดินทางของประชาชนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเดินทางโดยรถส่วนตัว ส่งผลให้เกิดปัญหามากมายได้แก่ ปัญหาการจราจรติดขัด พื้นที่จอดรถไม่เพียงพอ การใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น และมลพิษทางอากาศจากท่อไอเสีย ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดสภาวะก๊าซเรือนกระจกและนำไปสู่ปัญหาโลกร้อนและภัยธรรมชาติต่างๆ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเดินทาง รูปแบบการเดินทาง ชนิดและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการเดินทางของตัวอย่างประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่โดยใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาสัดส่วนการเดินทางแต่ละรูปแบบในปัจจุบัน และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางในอนาคตหากมีการปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะ และคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเดินทางในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ คณะผู้วิจัยเชื่อว่าผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาชนทั่วไป และส่งผลให้เกิดความร่วมมือกันในการและพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อันจะนำไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำต่อไป

คำสำคัญ: สังคมคาร์บอนต่ำ, พฤติกรรมการเดินทาง, การปล่อยคาร์บอน

Abstract

Hat Yai municipality is one of the most important commercial centers in the southern Thailand. The continuous growth of economy and society has generated a large number of travel demands, especially those by private cars. Consequently, many problems arise, such as traffic congestion, lack of parking lots, increase in fuel consumption, and air pollution from vehicle emission, which is a significant source of the greenhouse gas leading to global warming and natural disasters. This research aims to investigate travel behavior and mode choice of a sample group in Hat Yai municipality, which is the study area, by conducting a questionnaire survey. Travel behavior and mode choice are analyzed based on the existing condition and the scenario in which public transport system is improved. The research also estimates the amount of carbon dioxide. The researchers believe that this paper would encourage government agencies, private sectors, and the general public to push for and develop a better public transport system in Hat Yai, which would lead to a low carbon society.

Keywords: Low Carbon Society, Travel Behavior, Carbon Emission

1. คำนำ

เทศบาลนครหาดใหญ่เป็นตัวอย่างเมืองเศรษฐกิจของภาคใต้ที่กำลังประสบปัญหาด้านการจราจรและมลพิษบนท้องถนน จากการที่ประชาชนส่วนใหญ่เลือกการเดินทางโดยรถยนต์ส่วนตัวมากกว่าการเดินทางโดยรถขนส่งสาธารณะ ส่งผลให้อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น [1] ซึ่งกิจกรรมต่างๆ โดยเฉพาะจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล [2] ของมนุษย์ได้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศถึงร้อยละ 80 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด [3] โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เป็นตัวการสำคัญของการเกิดปัญหาโลกร้อน [4] และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกถึงร้อยละ 57 [5]

หากมองถึงสาเหตุที่ทำให้ปริมาณรถส่วนตัวบนท้องถนนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเทศบาลนครหาดใหญ่เป็นพื้นที่ทางเศรษฐกิจที่สำคัญ จึงมีการเติบโตทั้งทางด้านเศรษฐกิจและประชากรอย่างต่อเนื่อง และรวดเร็ว [6] ทำให้ปริมาณความต้องการในการเดินทางและการขนส่งภายในพื้นที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ [7] แต่เพราะระบบการขนส่งสาธารณะที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการในการเดินทางของประชาชนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงเป็นตัวผลักดันให้ประชาชนส่วนใหญ่เลือกเดินทางโดยรถยนต์ส่วนตัวมากกว่าที่จะใช้รถขนส่งสาธารณะเพื่อตอบสนองปัจจัยด้านความสะดวก รวดเร็วและง่ายที่จะใช้บริการ

ดังนั้นจำเป็นต้องมีอย่างหนึ่งที่ควรมีการศึกษาพฤติกรรมการเดินทางและความต้องการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางของประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการหาวิธีที่ดีที่สุดในการรับมือกับปัญหาการจราจร และลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการเดินทางซึ่งเป็นตัวการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

1.1 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาพฤติกรรมและรูปแบบการเดินทาง ของตัวอย่างประชากรในพื้นที่ศึกษา
2. ศึกษาสัดส่วนและชนิดของรถที่มีอยู่ในปัจจุบัน และสัดส่วนที่เปลี่ยนไปของรถในอนาคต เมื่อระบบขนส่งสาธารณะภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ได้รับการปรับปรุง
3. ศึกษาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการเดินทางของตัวอย่างประชากรในพื้นที่ศึกษา
4. หาข้อดีของระบบขนส่งสาธารณะในปัจจุบันที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการของประชาชน

1.2 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษานี้คือ ข้อมูลพื้นฐานเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบสำหรับการเดินทางและการขนส่งสาธารณะในอนาคตของเทศบาลนครหาดใหญ่ซึ่งจะช่วยลดการใช้รถส่วนตัวและลดปริมาณการปล่อยคาร์บอน ไดออกไซด์จากท่อไอเสีย

1.3 สังคมคาร์บอนต่ำ

สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) หมายถึง การรับรู้ของชุมชนต่อการยอมรับเทคโนโลยีสะอาด เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงความสามารถในการปรับตัวเองเข้าสู่ธรรมชาติ โดยการรักษาและไม่รบกวนธรรมชาติ [8]

Yeon, H. K. และ Young, P. J. (2012) [9] ได้กล่าวถึงกลยุทธ์ที่สามารถลดความต้องการการใช้รถส่วนตัว และลดความแออัดของ

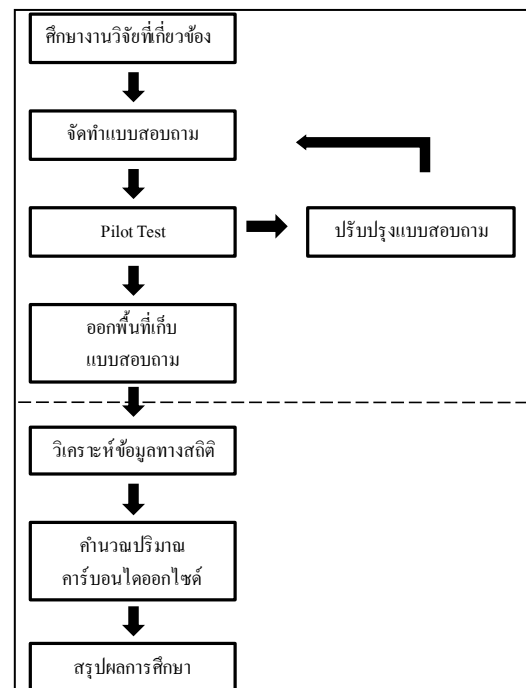
การจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน โดยเฉพาะผู้ที่เดินทางโดยรถส่วนตัวเพียงลำพังสามารถทำได้โดย การปรับปรุงประสิทธิภาพของการขนส่งสาธารณะ การปรับค่าโดยสารให้มีความเหมาะสม และง่ายต่อการเข้าถึงบริการ

1.4 Carbon Footprint (CF)

Carbon Footprint หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยการคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า [10]

Carbon Footprint หรือรอยเท้าคาร์บอน คือการวัดผลกระทบของผลิตภัณฑ์และบริการจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณ โดยใช้เป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงโอกาสในการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ซึ่งองค์กร Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ได้กำหนดค่า GWP ของก๊าซต่างๆ โดยการเปรียบเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะเวลาที่กำหนด เช่น 20, 100, 500 ปี ทั้งนี้โดยทั่วไปจะใช้ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่เวลา 100 ปี เช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP 100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม [11]

2. ขั้นตอนการศึกษา

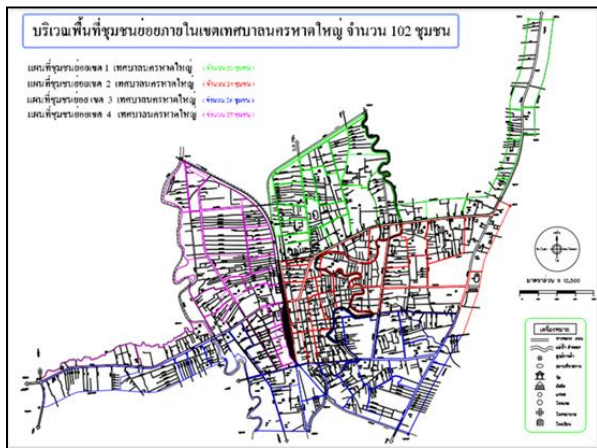


รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษา

การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ผล

การเก็บข้อมูล ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายโดยการสุ่มตามบ้านพัก สถานที่ราชการ หรือแหล่งชุมนุมชนทั่วไป ทั้งนี้กลุ่มเป้าหมายที่ทำการสำรวจจะเป็นประชากรที่อยู่ในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่

เทศบาลนครหาดใหญ่ แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 เขต จำนวน 102 ชุมชนมีประชากรทั้งหมด 157,161 คน [6]



รูปที่ 2 แผนที่แสดงอาณาเขตพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่
ที่มา: เทศบาลนครหาดใหญ่, 2554 [6]

ปริมาณตัวอย่างแบบสำรวจจะเฉลี่ยตามจำนวนประชากรในแต่ละชุมชนเพื่อให้การสำรวจเป็นไปอย่างทั่วถึงทุกพื้นที่ ซึ่งจำนวนของแบบสำรวจสามารถคำนวณได้จากสมการของ Yamane (1973)

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

โดยที่ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการสำรวจ
 N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด
 e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ในที่นี้ใช้ 5%

การวิเคราะห์ผล วิเคราะห์ผลทางสถิติ หาสัดส่วนการใช้รถแต่ละประเภท การใช้เชื้อเพลิง ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (คิดโดยการเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ที่เกิดจากการเผาไหม้ และข้อควรปรับปรุงของระบบขนส่งสาธารณะ

สมการการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ปริมาณเชื้อเพลิง} \times \text{ค่าแฟกเตอร์} \quad (2)$$

โดยใช้ค่า Emission Factor ดังนี้

ค่า Emission Factor ของน้ำมันดีเซล	2.7080	KgCO ₂ e
ค่า Emission Factor ของน้ำมันเบนซิน	2.1900	KgCO ₂ e
ค่า Emission Factor ของ LPG	2.8400	KgCO ₂ e
ค่า Emission Factor ของ CNG	2.2470	KgCO ₂ e

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554 [6]

ตัวอย่างการคำนวณ นาย ก ใช้รถส่วนตัวในการเดินทาง เดิมใช้น้ำมันดีเซล สัปดาห์ละ 1,000 บาท (เฉลี่ยค่าน้ำมันดีเซลราคาดีเซล 30 บาท)

แสดงว่า นาย ก ใช้น้ำมัน สัปดาห์ละ $1000/30 = 33$ ลิตร
หรือ 1,600 ลิตร/ปี

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นนาย ก ปล่อยก๊าซเรือนกระจก} &= 1,600 \text{ (l)} \times 2.7080 \text{ (KgCO}_2\text{e/l)} \\ &= 4,332.8000 \text{ KgCO}_2\text{e/ปี} \end{aligned}$$

ข้อดีของการใช้ปริมาณน้ำมันเป็นหลักในการพิจารณาจะสามารถสะท้อนให้เห็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างชัดเจน [12]

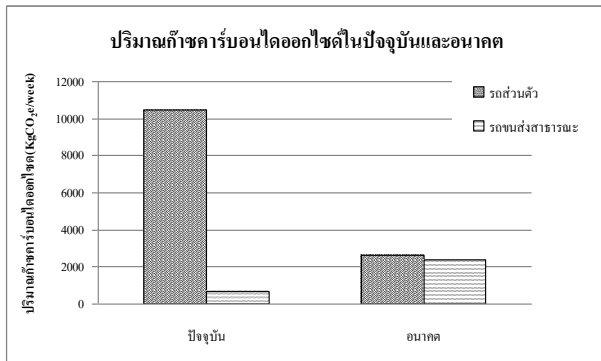
เมื่อสมมติว่ารถขนส่งสาธารณะในปัจจุบันได้รับการปรับปรุง จะกำหนดจำนวนผู้โดยสารสำหรับรถขนส่งสาธารณะดังนี้

สองแถว 1 คันรถ	รองรับผู้โดยสาร 12 คน
รถตุ๊กๆ 1 คันรถ	รองรับผู้โดยสาร 8 คน
รถตู้ 1 คันรถ	รองรับผู้โดยสาร 15 คน
รถบัส 1 คันรถ	รองรับผู้โดยสาร 45 คน
รถ Taxi 1 คัน	รองรับผู้โดยสาร 4 คน

3. ผลการศึกษา

3.1 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

เนื่องจากในปัจจุบันสัดส่วนการใช้รถส่วนตัวสูงกว่าการใช้รถขนส่งสาธารณะ (รูปที่ 7) ดังนั้นเมื่อนำปริมาณเชื้อเพลิง (หน่วยเป็นลิตร) ที่กลุ่มตัวอย่างใช้ในแต่ละสัปดาห์มาคำนวณตามสมการที่ 2 พบว่าในแต่ละสัปดาห์เทศบาลนครหาดใหญ่จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ถึง 11,136.6527 KgCO₂e/สัปดาห์ หรือ 534,559.3317 KgCO₂e/ปี แต่ถ้าสมมติให้รถขนส่งสาธารณะที่มีอยู่ในปัจจุบันได้รับการปรับปรุงให้สามารถตอบโจทย์ความต้องการของกลุ่มตัวอย่างได้มากขึ้น ปริมาณกลุ่มตัวอย่างที่สนใจเลือกใช้บริการรถขนส่งสาธารณะจะเพิ่มขึ้น ทำให้ลดการใช้รถส่วนตัวและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงเหลือเพียง 5,016.1060 KgCO₂e/สัปดาห์ หรือ 240,773.0880 KgCO₂e/ปี (รูปที่ 3)

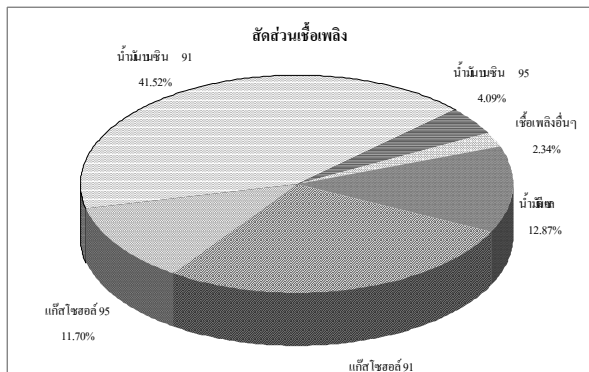


รูปที่ 3 เปรียบเทียบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปัจจุบันและอนาคต

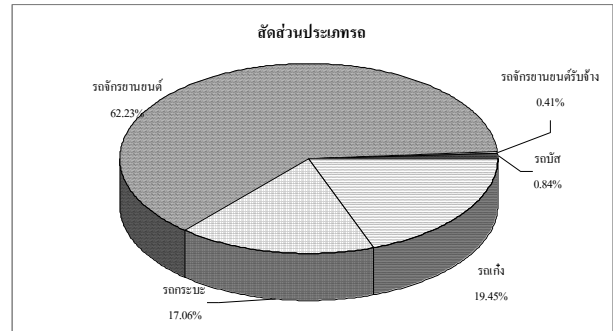
3.2 การใช้เชื้อเพลิง

จากการศึกษาพบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกใช้มากที่สุด ในปัจจุบันคือ น้ำมันเบนซิน 91 คิดเป็นร้อยละ 41.52 รองลงมาคือแก๊สโซฮอล์ 91 และน้ำมันดีเซลตามลำดับ (รูปที่ 4) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ใช้น้ำมันเบนซิน 91 และแก๊สโซฮอล์ 91 มีสัดส่วนการใช้มากที่สุด เนื่องจากรถที่ใช้ในเขตเทศบาลฯ ส่วนใหญ่เป็นรถจักรยานยนต์ และรถเก๋ง (รูปที่ 5)

เปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงระหว่างปัจจุบันและอนาคต เมื่อรถขนส่งสาธารณะได้รับการปรับปรุงพบว่า ปริมาณการบริโภคเชื้อเพลิงลดลงถึงร้อยละ 34.90 (รูปที่ 6) เนื่องจากปริมาณการใช้รถส่วนตัวลดลง และการใช้รถขนส่งสาธารณะเพิ่มมากขึ้น

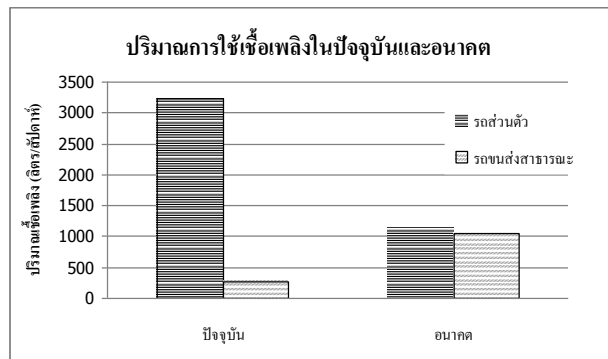


รูปที่ 4 สัดส่วนเชื้อเพลิงในปัจจุบัน



รูปที่ 5 สัดส่วนประเภทรถจดทะเบียน

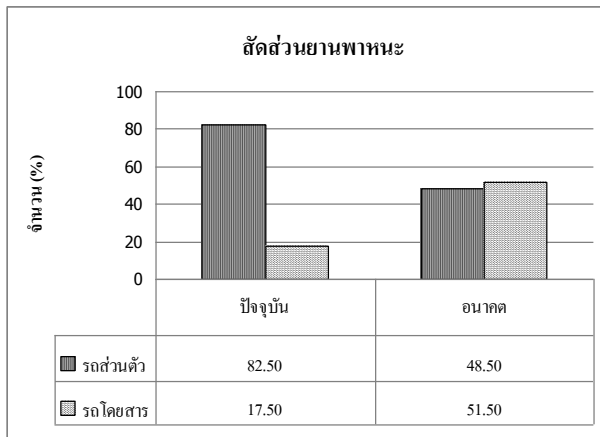
ที่มา: กลุ่มสถิติการขนส่งกองแผนงานกรมการขนส่งทางบก, 2555



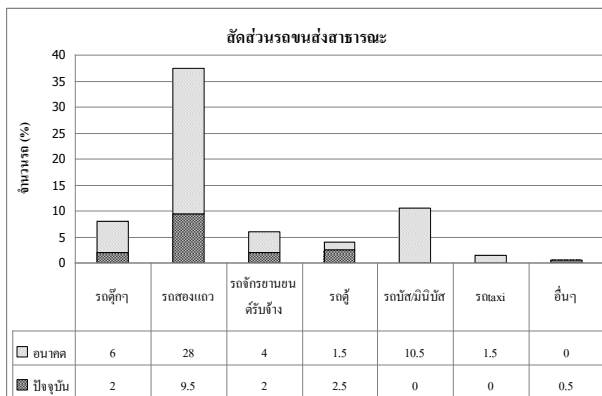
รูปที่ 6 เปรียบเทียบการบริโภคเชื้อเพลิงในปัจจุบันและอนาคต

3.3 สัดส่วนยานพาหนะ

จากการสำรวจพบว่าปัจจุบันมีการใช้รถส่วนตัวร้อยละ 82.50 รถขนส่งสาธารณะร้อยละ 17.50 และหากรถขนส่งสาธารณะได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น กลุ่มตัวอย่างจะหันมาใช้รถขนส่งสาธารณะเพิ่มมากขึ้น จากร้อยละ 17.50 เป็นร้อยละ 51.50 ทำให้ปริมาณรถส่วนตัวบนท้องถนนลดลงได้ถึงร้อยละ 34 (รูปที่ 7) และรถขนส่งสาธารณะที่นิยมใช้มากที่สุดคือ รถสองแถว เนื่องจากมีราคาที่เหมาะสม และสภาพรถยังอยู่ในเกณฑ์ดี รองลงมาคือ รถจักรยานยนต์รับจ้าง และรถตุ๊ก ตุ๊ก ตามลำดับ (รูปที่ 8)



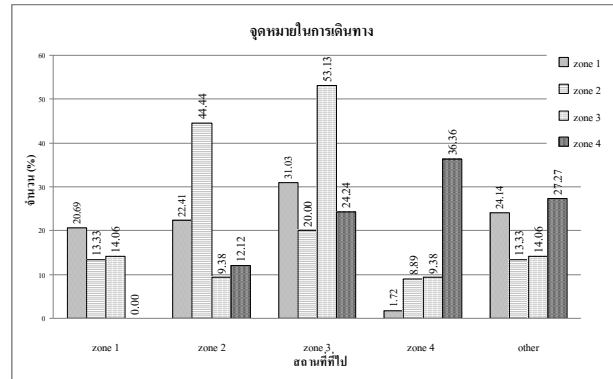
รูปที่ 7 สัดส่วนยานพาหนะ



รูปที่ 8 สัดส่วนรถขนส่งสาธารณะ

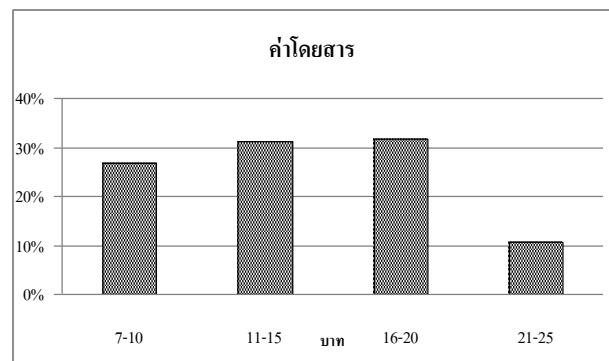
3.4 สถานการณ์และข้อควรปรับปรุงของรถขนส่งสาธารณะในปัจจุบัน

จากพื้นที่การศึกษาทั้ง 4 เขต พบว่ากลุ่มตัวอย่างจากแต่ละเขต มีจุดมุ่งหมายในการเดินทางไปยังพื้นที่ต่างๆดังกราฟ โดยพบว่า ส่วนใหญ่จะเดินทางภายในเขตของตนเอง และกลุ่มตัวอย่างจากเขต 4 นิยมเดินทางออกนอกพื้นที่เขตเทศบาลมากที่สุดดังนี้ (รูปที่ 9)

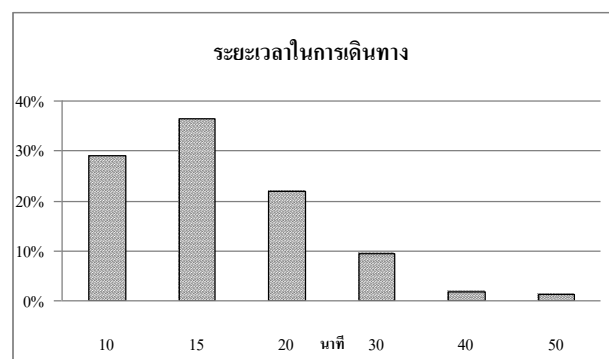


รูปที่ 9 จุดหมายในการเดินทาง

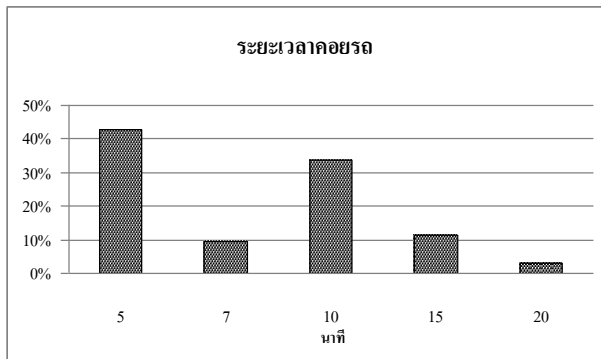
สำหรับการเดินทางภายในเขตเทศบาล พบว่า ค่าโดยสารที่กลุ่มตัวอย่างเต็มใจจ่ายได้สูงสุดอยู่ในช่วง 16-20 บาทต่อขา (รูปที่ 10) โดยใช้เวลาสำหรับการเดินทางสูงสุดที่ 15 นาที (รูปที่ 11) และให้เวลาสำหรับการรอคอยรถขนส่งสาธารณะได้มากที่สุดคือ 5 นาที (รูปที่ 12)



รูปที่ 10 ค่าโดยสารรถสาธารณะที่กลุ่มตัวอย่างเต็มใจจ่าย



รูปที่ 11 ระยะเวลาในการเดินทางนานที่สุดที่กลุ่มตัวอย่างยอมรับได้



รูปที่ 12 ระยะเวลาที่ผู้โดยสารคอยรถขนส่งสาธารณะ

ข้อควรปรับปรุงสำหรับรถขนส่งสาธารณะที่กลุ่มตัวอย่าง นิยมใช้บริการสูงสุด 3 อันดับแรก (รถสองแถว รถจักรยานยนต์รับจ้าง และรถตุ๊กตุ๊ก) ผลการสำรวจสามารถสรุปเป็น 3 ประเด็นย่อยสำคัญ ได้ ดังนี้

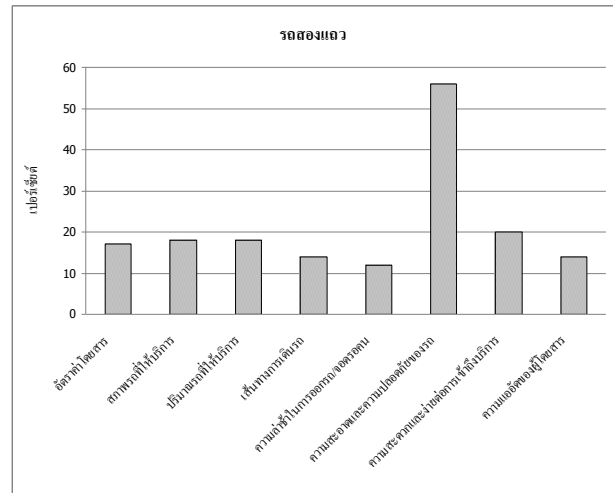
รถสองแถว (รูปที่ 13)

- ความสะอาดและความปลอดภัย (ร้อยละ 42.75)
โดยเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วน จะมีผู้โดยสารบางส่วนต้อง ยืนโหนราวภายในรถ
- ความสะดวกและง่ายต่อการเข้าถึงบริการ (ร้อยละ 15.27)
รถสองแถวในภาคใหญ่ จะวิ่งเฉพาะสายหลักรอบเมือง ซึ่งปัจจุบันพื้นที่เศรษฐกิจได้ขยายกว้างขึ้น เส้นทางวิ่งที่ไม่ครอบคลุมเป็นผลให้ประชาชนที่อยู่นอกเส้นทาง ยากต่อการใช้บริการ
- ปริมาณรถที่ให้บริการ (ร้อยละ 13.74)
หากอยู่นอกช่วงเวลาเร่งด่วน ปริมาณรถที่วิ่งให้บริการ จะน้อยมาก เป็นผลให้เสียเวลาเพื่อรอรถ

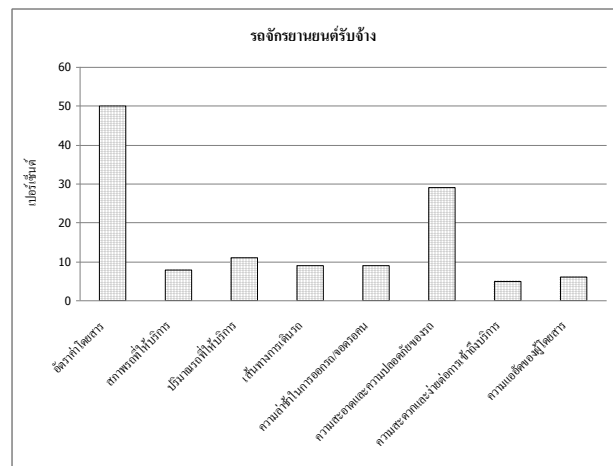
รถจักรยานยนต์รับจ้าง (รูปที่ 14)

- อัตราค่าโดยสาร (ร้อยละ 46.30)
มีอัตราที่ไม่แน่นอน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์แพง
- ความสะอาดและความปลอดภัยของรถ (ร้อยละ 26.85)
- คนขับมักใช้ความเร็วสูงและขับปาดหน้า ลัดเลาะ หรือ แทรกกระหว่างรถคันอื่นๆ
- ปริมาณรถที่ให้บริการ (ร้อยละ 10.19)

บางจุดมีปริมาณรถให้บริการน้อย ทำให้เสียเวลานาน ในการรอใช้บริการ



รูปที่ 13 ข้อควรปรับปรุงสำหรับรถสองแถว

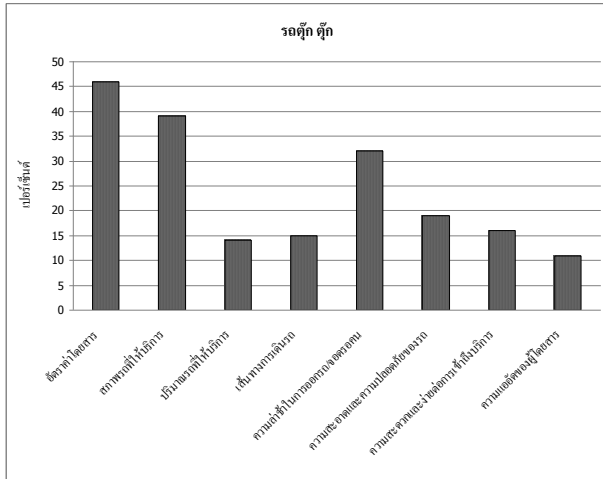


รูปที่ 14 ข้อควรปรับปรุงสำหรับรถจักรยานยนต์รับจ้าง

รถตุ๊ก ตุ๊ก (รูปที่ 15)

- อัตราค่าโดยสาร (ร้อยละ 45.10)
มีราคาที่ไม่แน่นอน ซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับคนขับรถ ซึ่ง อยู่ในเกณฑ์แพง
- สภาพรถที่ให้บริการ (ร้อยละ 38.24)
สภาพรถที่ให้บริการส่วนใหญ่ค่อนข้างเก่าถึงแก่มากร ทำให้ รู้สึกไม่ปลอดภัยและไม่สบายเมื่อใช้บริการ

- ความล่าช้าในการออกรถ/จอดรถโดยสาร (ร้อยละ 31.37)
คนขับรถจะใช้เวลานานในการจอดรถโดยสารซึ่งส่วนใหญ่จะรองคนกว่าผู้โดยสารเต็มคัน จึงจะออกรถหรือผู้โดยสารที่รอใช้บริการยอมจ่ายค่าโดยสารเพิ่มเพื่อชดเชยในส่วนของคนนั่งผู้โดยสารที่ว่าง



รูปที่ 15 ข้อควรปรับปรุงสำหรับรถตุ๊ก ตุ๊ก

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมและรูปแบบการเดินทางของตัวอย่างประชากรในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเดินทาง โดยคำนวณจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของรถแต่ละประเภท ผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเดินทางในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ปัจจุบันเท่ากับ 11.14 ตันCO₂/สัปดาห์ หรือ 534.56 ตันCO₂/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่มีระบบขนส่งสาธารณะได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเหลือเพียง 5.02 ตันCO₂/สัปดาห์หรือ 240.77 ตันCO₂/ปี ซึ่งลดลงถึงร้อยละ 45.04

ประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้คือ การนำเสนอสถานการณ์และข้อควรปรับปรุงของรถขนส่งสาธารณะในปัจจุบัน เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะที่มีอยู่ให้ดีขึ้น และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อันเป็นตัวการสำคัญของภาวะโลกร้อน

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเส้นทางการเดินทางขนส่งสาธารณะในปัจจุบันยังไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเดินทางของประชาชนในพื้นที่ ส่งผลให้ต้องรอนานเป็นเวลานาน ประชาชนส่วนใหญ่

จึงหันมาใช้รถส่วนตัวมากขึ้นเพื่อความสะดวกและรวดเร็ว ดังนั้นควรมีการศึกษาถึงเส้นทางการเดินทางขนส่งสาธารณะที่เหมาะสมและสอดคล้องกับพฤติกรรมการเดินทางของประชาชน อันจะทำให้ประชาชนหันกลับมาใช้รถขนส่งสาธารณะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรวิภา วีระพันธ์เทพา (เรียบเรียง) มุลนิธิ โลกลีเซีย, (2554) .15 เมืองรถดีมหาโหดที่สุดในโลก.
<http://www.greenworld.or.th/library/environment-article?page=1>
(สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2554)
- [2] กรุงเทพมหานคร, (2552) รายงานการประเมินกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พ.ศ.2552, กรุงเทพฯ
- [3] อัล กอร์, 2551. *An Inconvenient Truth* โลกร้อน ความจริงที่ไม่มีใครอยากฟัง, พิมพ์ครั้งที่ 5, มติชน, กรุงเทพฯ
- [4] กองนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, (2554) *สถิติพลังงานของประเทศไทย 2554*, กรุงเทพฯ
- [5] อุษา ศัตย์เชื้อ, แก๊สเรือนกระจกและแหล่งที่มา, 2550, ไทยยูดีวิวดอทคอม.
http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/lopburi/usa_s/global_warming/sec01p05.html (สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2554).
- [6] สำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่, 2554
- [7] กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, (2554) *สถานการณ์พลังงานในช่วงปี 2542-2554*, กรุงเทพฯ
- [8] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.), 2553. *สังคมคาร์บอนต่ำ*, Horizon Vol.1 #04 April-June 2010
- [9] Yeon, H. K. and Young P. J. (2010) Proactive National Transport Strategy for Low Carbon and Green Growth in Korea. *JOURNEYS May 2010* pp.8-15.
- [10] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2554_2. *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่น*, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท เอส.พี.ไทยเพรส จำกัด

- [11] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน),
2554_1 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, พิมพ์
ครั้งที่ 3. บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่งจำกัด (มหาชน)
- [12] วารสารบริหารธุรกิจ กระทรวงพลังงาน, (2554) การประเมินการ
ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการรีไซเคิล ของ
อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ

Transportation demand management: A solution to reduce congestion and towards a sustainable transportation in Hanoi city

Paper identification number: SCS12-029

Dinh Vu Hiep¹, Truong Hoang Hai², Dinh Van Hiep³

¹ Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE)

Tel & Fax: (+84-4) 3628-5578

Email: dinhvuhiep@gmail.com

² Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE)

Tel & Fax: (+84-4) 3628-5578

Email: haitruonghoang@gmail.com

³ Institute of Planning and Transportation Engineering (IPTE)

Tel & Fax: (+84-4) 3628-5578

Email: hiep.dinhv@gmail.com

Abstract

Urbanization has grown fast within the past decade, especially in large cities like Hanoi, Ho Chi Minh city and Da Nang city. The number of vehicle has been rapidly increased recently, especially for the private cars. As a consequence, traffic congestion has become the horrendous problems to cause a low quality of life for people in big cities in terms of travelling time delay, economic lost, air pollution, culture degradation, disturbance social activities. To solve these problems, a transportation demand management (TDM) scheme addresses a variety of issues such as mitigation of traffic congestions, reduction of energy consumption and exhaust gas emission in the transport sector. The TDM measure does not require too much change on transport infrastructure, but it considers in promotion of modal shift, demand suppression, demand dispersal and efficient use of road space. In Hanoi, TDM measures have been introduced such as reduction on-street parking, restrictions on cyclos and staggered commuting. The paper presents an overview of TDM measures which have been applied worldwide, and to identify its possibility for applying in each specific local situations. Then, the paper discuss on the traffic situation in Hanoi, evaluate the current implementation of TDM measures in order to identify appropriate measures. The findings may help city agencies in better applying the right TDM solution at the right situations and thus result in reducing the traffic congestion towards a sustainable transportation in Hanoi as well in other similar cities in Vietnam and Asian countries.

Keywords: Hanoi, Transportation Demand Management, Sustainable Transportation

Introduction

TDM is a new concept that began to gain wide recognition in the later 1990s. It focuses on the suppression of the traffic demand and does not require too much change on transport infrastructure.

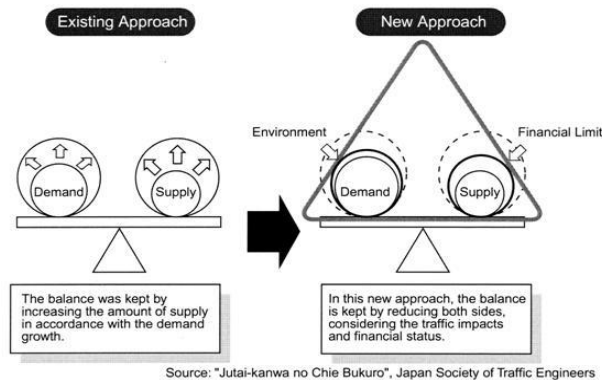


Fig. 1 Bike lane on street side of bus lane

The purpose of TDM is mitigation of traffic congestions, reduction of energy consumption and exhaust gas emission in the transport sector and so forth which involve changes in people's attitudes towards mobility.

TDM review

In the present study, TDM measures are classified in to four categories in term of the intended effects: (i) promotion of modal shift, (ii) suppression on demand, (iii) dispersal of demand and (iv) efficient utilization of available road space.

Solution "Promotion of Modal Shift" focuses on changing travelling method of transport participants through upgrading infrastructure for public transport, development of pedestrian and cycling facilities. The purpose of this solution is making more attraction for the new transport models, since then persuade passengers to change from private vehicles to new transport models. Infrastructure upgrade on public vehicles often concentrates on improvement of transit station, design the public transit routes from the suburbs to the central business district, and also building parking space near transit station to meet travelling demand of people to urban area by public transport.

Another method is development of pedestrian facilities such as sidewalks, crosswalks, universal designs, car-free malls. to create

convenient environment for pedestrians and a safe, comfortable feeling for them also. Development of cycling facilities attract bicycle users by focus on developing on lanes and bicycle parking space.



Fig. 1 Bike lane on street side of bus lane
(University Ave., Madison, Wisconsin, USA.)

This solution brings huge effectiveness: demand dispersal by many different forms of transportation, attracting passengers using public transport and non-polluting vehicles, thereby significantly reduce private means and vision to a sustainable transportation. However, these solutions are usually applied in middle-income or developed countries because these countries have convenient and consistent plan on traffic and construction, land reserve fund for traffic development, and financial capacity for those changes.

The second solution "Demand Suppression" focuses on travelling demand suppression of passengers by: increase on tax and private vehicle charge, congestion charge in peak hours (**Fig. 2**), higher parking charge in urban area, in addition, banning on lorries and encouraging tele-working measures. These solutions do not require infrastructure upgrade which does not cost too much. But, this needs to develop toll system and consensus from car users, logistic sector and public. Particularly, tele-working solution needs development of information technology infrastructure and an appropriate change of working method.



Fig. 2 Congestion charge zone

The third solution “Demand Dispersal” redistribute the demand in space or in time by concrete methods: congestion charge in region and hour by using Intelligent Traffic Information System (ITS) to transfer information to vehicles. This solution makes drivers drive on another route or run in another time to keep away from being tolled and congested. Another measure to redistribute traffic demand according time is to stagger commuting to offices and schools so that they can avoid a large amount of traffic demand accruing together at the same time. Meanwhile congestion charging and Intelligent Traffic Information System (ITS) require a developing and consistent information technology infrastructure, alternative work schedules need consensus from public and coordination between the management agencies and schools.

The last solution “Efficient use of road space”. Solutions here are designing of Lanes or roads for High Occupancy Vehicles (HOV), developing form of car sharing and pooling, using traffic calming measures, and restriction on para-transit vehicles. Solution “Lanes for HOV” is usually applied in developed countries which have good infrastructure plan, law system on fining non-HOV running on HOV lane. Car sharing and pooling means the people who have the same destination will share their journey, however an organization or company will be in charge of gathering the same demands for their routes. Another solution is Traffic calming. It refers to various design features and strategies intended to reduce vehicle traffic speeds and volumes on a particular roadway.

TDM in Hanoi, Vietnam

Vietnam, a country in Southeast Asia, has seen a fast growth of economy in the latest decade. Hanoi city is one of the two biggest city of Vietnam trends upward also. The rapid urbanization leading to fast growth of private vehicles, up to now there are 3.7 million motorcycles in Hanoi accounting for 1/8 of motors, and 380.000 cars accounting for 1/6 of cars over the country. The number of newly registered vehicle is constantly increase each year, 12-13% of motorcycles and 9-13% cars¹. The amount of personal vehicles is creating great pressure on urban transport infrastructure and is one of the major cause of congestion.



Fig. 3 Hanoians are so acquainted with congestion in peak hours

Hanoians are so acquainted with congestion in peak hours. Long line of vehicles queuing and slowly moving on each centimetre. Traffic congestion not only increases the travel time, fuel consumption, emissions but also reduces economic growth and convenience when joining traffic and disturbs social activities.

Though the large amount of vehicles is not the main cause, in a long time of development Hanoi authority does not pay attention to planning transportation and construction while the travelling demand is growing up quickly. This is shown in inappropriate distribution of manufactures, schools, hospitals.. excessive land use in restricted developing areas for building commercial centres, apartments and offices.. In 2010, land for traffic is only 6.4% meanwhile the standard is 20%. Hanoi authority also delayed the implementation of public

¹ Source: Hanoi Department of Transport

transport which has large carrier such as Metropolitan Rapid Transit, Light Rapid Transit and Bus Rapid Transit. Up to 2015, there is no urban railway going into operation and from now on to that time, private motorcycles and cars are still main vehicles.

Facing with the increasing traffic demand, Hanoi authority takes TDM measures such as restrictions on cyclos, staggered commuting and reduction on-street parking to make traffic more smoothly, and reduces congestion.

Cyclos are rude vehicles used for carrying people and goods. Before that, Cyclos drivers do not need driving license and most of them show poor consciousness of traffic law, as the result, violation on working time and traffic law is often taken place. That endangers transport participants and obstructs traffic low. In 2009, Hanoi authority issued Decision to limit cyclos, only licensing for some tourist businesses.



Fig. 4 Much of foreign visitors to Hanoi order to visit Old Quarter on cyclos

After that Hanoi scene does not see cyclos overloading or carrying over-sized cargo that occupy too much space of street. Instead, they only see cyclos serving tourists. However, in a short time, those phenomena reappear : improperly park, occupy space street, disorderly run.. which worsen the tourism image of Hanoi in the eyes of foreign tourists. In the middle of 2011, Hanoi traffic police's suggestion of banning cyclos from traveling on the capital city's streets has created a controversy among experts, travel firms and public opinions. According to travel firms, most of foreign visitors to Hanoi order to visit Old Quarter on

cyclos. Experts and most of public opinion think that cyclos is a part of Hanoi culture which they can not leave. Until now, Hanoi authority does not make any decision on whether to eliminate cyclos in tourism sector or not.

Another measure Hanoi take to reduce traffic congestion is changing working and schooling schedule from the early days of 2012. This measure focuses on changing schooling schedule of students and working schedules of workers in 12 districts of city to disperse traffic demand in times, to avoid gathering too much vehicles at the same time. Initial results are quite optimistic: the density of vehicles in peak hours at intersection decreases 5-15%, the average time of each journey reduces 10-15 minutes, public transport activities are more efficient. However, the efficiency of this method is not clearly, it just smooths congestion, not change traffic situation in Hanoi. For staggering the work and school hour, Hanoi seems to have little change on working hours of officers, they focus on changing schooling hour of students, meanwhile the biggest traffic volume mostly comes from officers not from students. Moreover, most of pupils in Hanoi have no means of transport or personal vehicles to schools, their parents still have to take them school and pick them up, so the change of schooling schedules have a big influence on daily life of Hanoian families.



Fig. 5 Parents pick up their kid at the school gate

In the early 2012, Hanoi strictly prohibit parking in the sidewalks, roadway in 267 streets. A mass of parking permits are revoked, many vehicles improperly parking are fined seriously and aggressively. Following aggressive moves by management agency, roadways and sidewalks in

many streets have become clear, regain space for road users and pedestrians. But in a long time of development, Hanoi does not develop parking lots, They default that roadways and sidewalk are parking places, as a result, when many streets are prohibited from being parked leading to nowhere for car parking.

The next TDM solution for Hanoi

The next TDM solution for Hanoi will be conduct is Park & Ride pilot project. This project create convenient parking place for transport participants to keep their individual vehicles, then use city's public vehicles to go to city centre and versa, which can reduce individual vehicle volume in the city centre, help save the road space, reducing the fuel consumption. But with the current conditions of Hanoi, Park & Ride project will encounter difficulties:

- The first difficulty is the habit of Hanoian in particular and of Vietnamese people in general. They shuttle children to school and buy food when they finish their work, and they can not do this when using public transport.
- The following is poor condition for pedestrian in Hanoi. They are suffering from humid and hot weather, dust and emission, daily activities of the households on the sidewalks, even there are no more sidewalks for pedestrian in many streets.
- Public transport infrastructures in the inner city is overwhelmed, it's difficult for them to undertake more demand now; moreover, bus journeys in urban area are also inconvenient, taxi rate is quite expensive and there is no form for public bike.
- The land withdrawal for parking lot have difficulties sometimes, it may take more money and time.
- This method is only suitable for those with fixed route, and less attractive to those who often have different journeys.

- The difficulty in changing perceptions and habits of people: give up private vehicles and switch to public transport.

For those above reasons, Hanoi should have detailed and accurate survey to determine the number of passengers using Park & Ride, and upgrade public transport infrastructure in inner city. The city should have activities to promote these kinds of public transport.

In transportation development planning of Hanoi city, authority determines that developing infrastructure is not a solution, the solution here is to develop public transport. And to do this, Hanoi still has a lot of work to do to reduce congestion in the inner city and move towards a sustainable transportation.

References

- [1] M.Arc Do Viet Chien. *Transportation Development Planning of Hanoi Capital – Issues and Solutions*.
- [2] TRAHUD II Project. *TDM – Park & Ride Pilot Project for Hanoi City*.
- [3] M. Pham Huu Son. *Transportation Planning of Hanoi Capital 2030, vision to 2050*.

ARE TRANSPORT DEMAND MANAGEMENT MEASURES APPLICABLE TO AIM SUSTAINABLE TRANSPORTATION IN HA NOI?

Paper Identification number: SCS12-030

GIANG THI PHUONG BUI

The Project for Traffic Safety Human Resource Development in Ha Noi,

Department of Transportation in Ha Noi, Viet Nam

16 Cao Ba Quat Street, Ha Noi, Viet Nam

Telephone (+84)123 407 6936

E-mail: gerbera1712@yahoo.com

Abstract

Along with the increasing rate of industrialization and motorization in developing cities like Ha Noi, sustainable transportation has been much taken into consideration. As a number of issues are addressed, for example, traffic congestion, accidents, etc caused by the booming number of cars and motorbikes and vehicle users with poor knowledge and awareness about traffic. Moreover, based on the traffic characteristics in Ha Noi such as limited road network capacity with many small narrow streets, it is tough to apply any transport measures affecting the road infrastructure. It is also because of political and social reasons. This paper argues Transport Demand Management (TDM) has become critical to aim sustainable transportation in Ha Noi the sense that it helps manage transportation system work more effectively rather than building new capacity. On the other hand, in practice, Ha Noi has been applying a variety of TDM measures but whether these measures can bring benefits to the city or not is still being questioned. For instance, regarding to vehicle use related measures, due to the fact that most of Vietnamese travel by motorbikes, it is not easy to achieve the modal shift from private to public transportation such as buses to ease congestion and in many cases, using public transportation is not the most beneficial option for travellers. Or if road pricing is applied, it easily causes the increase in other goods especially when Ha Noi is facing high inflation. This paper addresses the challenges of application of TDM measures and discusses several feasible measures to improve traffic conditions in Ha Noi in the near future.

Keywords: Transport Demand Management measures, transportation challenges in Ha Noi, sustainable transportation, public transportation.

1. Introduction

Transportation has become one of the critical issues in many developing countries such as Viet Nam. From sustainable point of view, a number of related issues are currently addressed, for instance, traffic congestion, traffic accidents, etc as transportation problems have been caused by the rapid urbanization, motorization and economic development. In Ha Noi, together with population growth, motorization has been making rapid progress with the increasing number of vehicle, in particular that of motorcycle. During the period of 2000-2010, the number of motorcycle increased from 1.82 to 4.04 million (See Figure 1)

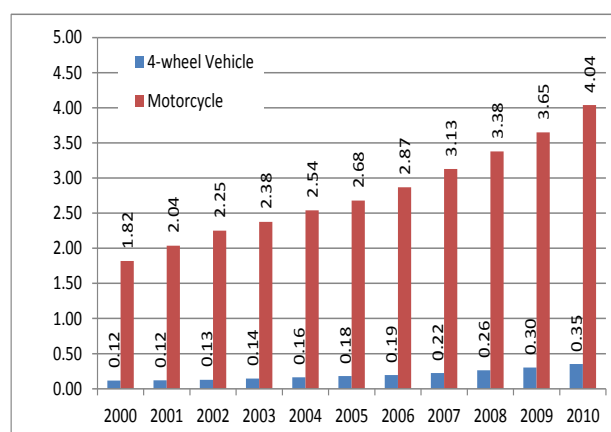


Fig. 1 Registered Vehicles in Ha Noi City (2000-2010) (million)

Source: Traffic Department, Ha Noi Police.

According to JICA Ha Noi Transport Study 1997 and JICA HAIDEP 2007, the number of trip (excluding walk trips) went up more than 2 times (from 3.1 million up to 6.5 million). Of which the number of trip by motorcycle increased more than 6 times in 2005 compared to 1995 (See Figure 2)

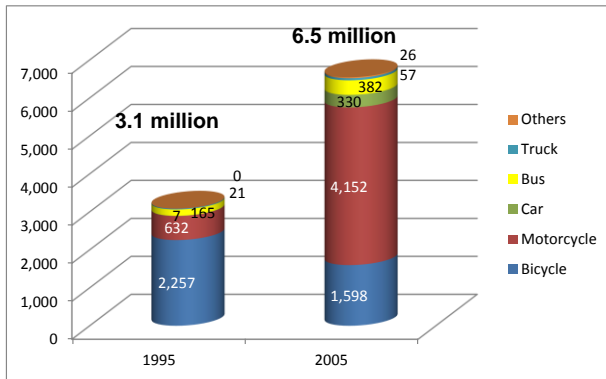


Fig. 2 Number of trips (000/day) excluding walk trips (1995 and 2005)

Source: JICA Ha Noi Transport Study 1997 and JICA HAIDEP 2007

In the context that the transportation infrastructure is still low and the growing population results in the increasing private vehicle usage such as motorcycles and cars, congestion in Ha Noi is getting worse and worse. In addition, the current public transportation service has not been able to meet people's demand both in terms of quality and quantity. Pursuant to the decision of Ha Noi city and as assigned by Ha Noi Department of Transportation, Ha Noi Urban Transport Management and Operation Center elaborated "The Study on Bus Passenger Public Transport Development by 2010 and Vision to 2020" in which a number of bus related violations are listed such as inefficient quantity, quality, vehicles and facilities, receiving money without tearing fare, not sell fare for passengers, skipping bus stop, stopping at wrong points, lack of information, etc. (See Figure 3)

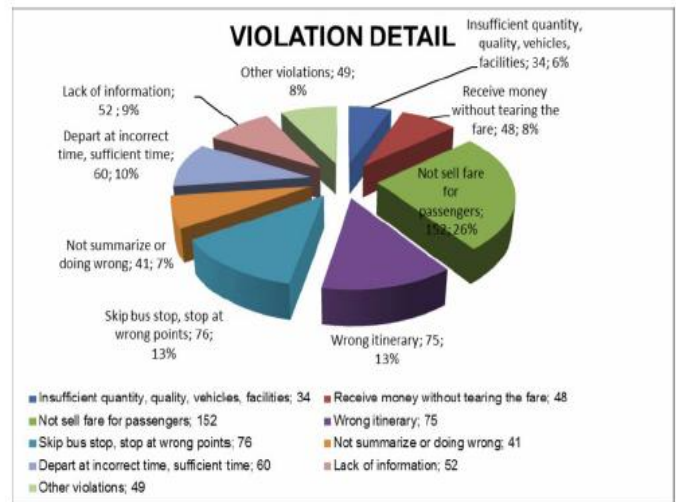


Fig.3 Detail of Violation

Source: The Study on Bus Passenger Public Transport Development by 2010 and Vision to 2020, Ha Noi Urban Transport Management and Operation Center, April 2010.

2. The application of TDM measures to tackle with transportation issues in Ha Noi

Based on the traffic characteristics in Ha Noi such as limited road network capacity with many small narrow streets, it is tough to apply any transport measures affecting the road infrastructure, for instance, new road construction, road widening, etc. That is because of political and social reasons and it also requires financial funding and time. Therefore, any measures from supply side approach are likely to be inapplicable, which results in the application from demand side one known as Transport Demand Management (TDM) measures. Regarding to traffic congestion, theoretically, it happens when traffic capacity is smaller than traffic demand, or in other words, the number of roads, the number of lanes as well as transportation facilities, etc don't satisfy the number of vehicles. TDM helps reduce traffic congestion in particular and improve traffic situation in general in developing cities like Ha Noi in the sense of more efficient traffic control, control of traffic demands by using the modal shift from private modes to public modes and transformation of people's travelling behaviors.

In practice, Ha Noi has been applying several TDM measures including staggered school hours and alternative work schedule, taxi

prohibition, road pricing, parking management and bus transportation improvement. Whether these measures can contribute to traffic congestion mitigation and traffic situation improvement or not is still now being questioned. Firstly, regarding to staggered school hours and alternative work schedule measure, since 1st February 2012, Ha Noi decided to adjust work and school time depending on 3 groups (group 1: students, pupils from universities, high school, vocational training school with school time starting before 7am and finishing after 7pm, group 2: pupils from kindergartens, primary schools with school time starting from 8am and finishing at 5pm, governmental officers start working from 8am to 5pm, group 3: commercial and services center (excluding banks and financial institutions) starts working from 9am and finishes at 7pm).^[1] According to the survey conducted by Ha Noi Socio-Economic Development Research Institute, this measure brings about both positive and negative impacts. On the one hand, serious congestion in some specific intersections have declined dramatically, for example, in Tay Son-Thai Ha- Chua Boc intersection, congestion time declined from 17.00-19.00 down to 17.30-18.30 (reducing more than 1 hour), in Truong Chinh-Giai Phong intersection, there is no congestion at peak hours. On the other hand, in some streets, there are not many changes and recently new congested section occurs, for instance, in the bottleneck of Truong Chinh-Ton That Tung intersection because traffic volume has not changed. Moreover, new partially congested locations are school gates as parents have to wait for picking up their children. Therefore, this measure, to some extent, brings about effectiveness in congestion reduction but it is only seen in some specific intersections in Ha Noi.

Secondly, to ensure orderly organized and urban scenery in Ha Noi, Department of Transportation have been coordinating with City Police to implement strict enforcement and fine illegal parking in specific streets and roads (3 groups: no parking services, no parking on street roads, parking is allowed using sidewalks but need 1.5 m reserves for pedestrians without any interferes to traffic flow). However, in practice, there are a number of illegal parking cases on street roads and sidewalks and the authorized enforcement and management is still not weak. Parking fee is not regulated and it diversifies in different parking areas. Parking becomes a big

burden for cars when they are not able to find parking locations as well. Even though the city government is trying to monitor parking activities, parking facilities haven't meet high parking demand from the local society. Besides, Ha Noi is calling investors for investing on parking facilities but from investors' point of view, it costs much money and time so insufficient parking facilities become more and more problematic when the number of motorbikes and cars are rapidly increasing. Therefore, even if road-users aware of parking their vehicles in legal locations, they cannot find them especially in areas with high traffic volume.

Thirdly, public transportation improvement is a key measure to achieve sustainable and effective transportation goal in developing cities like Ha Noi. In 2009, there were 60 city bus routes served by 983 buses transporting 413 million passengers (1.1 million passengers/day and approximately 10% of modal share).^[2] As can be seen from Figure 4, the major reason for bus usage is because it is cheap and convenient.

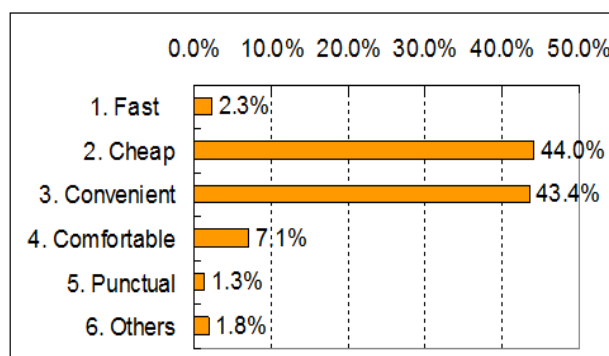


Fig. 4 Reasons for bus usage

Source: The Comprehensive Urban Development Programme in Ha Noi Capital City of the Socialist Republic of Vietnam (HAIDEP), March 2007.

However, from bus-users' point of view, a number of issues are much concerned such as lack of information on bus services, inappropriate environment at bus stops, overloaded and unsecured condition, bus fare subsidy, etc. Bus usage demand exceeds its supply from bus operators even when they are subsidized by the city government. To apply modal shift from private modes to public modes, it is necessary to help

people aware of the benefits of public transportation (such as bus) to mitigate traffic congestion and protect environment. According to Bus Transport Development Plan up to 2015 and 2020 by Ha Noi People's Committee, the objective is to develop public transport system into an advanced, effective, environment friendly system, to promote public transport use and make public service satisfy 15% and 20% of social demand by 2015 and 2020, respectively.

Table 1 Development Indicators for Public Bus System

Indicator	Unit	2011-2015	2016-2020
Number of bus routes	Route	91	98
Volume of Passenger	Mil/Day	2.14	2.73
Modal Share	%	15	20

Source: Ha Noi People's Committee, Bus Transport Development Plan up to 2015 and 2020.

Besides promoting public transport use, it is also essential to improve its level of service to make it more convenient and attractive to road-users. To do so, it requires close and effective cooperation between stakeholders (bus-user, bus operator and the government) in terms of identifying the most appropriate measures. Regarding to bus fare issue, consensus is not easy to be achieved because of different opinions from stakeholders. In fact, the city government is subsidizing the big amount of money, therefore, in the context of instable costs in fuel and wages, it should be taken into consideration to which level fare setting is.

Furthermore, other TDM measures such as taxi prohibition, road pricing are contributing to reduce vehicle's mobility in city centers and traffic congestion but they also affect, to some extent, the economic and social activities of people. In case of high inflation, it leads to indirect causes such as big cost burdens for enterprises and of course residents in the city.

3. Conclusion

The application of TDM has become critical and challenging to alleviate transportation

problems in Ha Noi. From the above analysis, whether these measures are applicable or not are still being questioned and they need investigating further. In the near future, Ha Noi is focusing on public transportation improvement to mitigate traffic congestion particularly and develop more effective transportation system generally. Evaluating the effectiveness of these measures is based on the benefit-cost analysis from socio-economic perspective by scientific methodology and collecting opinions from related stakeholders. In addition, not only these measures themselves but also their combinations should be taken into account to bring benefits to the community for sustainable goal.

4. Acknowledgements

I would like to give the most sincere thanks to my colleagues in The Project for Traffic Safety Human Resource Development in Ha Noi. They have given me a lot of valuable trainings and consultancy about transportation issues. I do hope to take the opportunity of participating in the 4th ATRANS Student Chapter Session 2012 to exchange ideas and information as well as build network with other participants in this field.

Endnotes

- [1] Ha Noi People's Committee. (2012). *Decision 315/QĐ-UBND*.
- [2] Ha Noi Urban Transport Management and Operation Center. (2009).

References

- [1] Almec Corporation. (2012). *The Project for Improving Public Transportation in Ha Noi*.
- [2] Almec Corporation, Nippon Koei Co, Yachiyo Engineering Co. (2007). *The Comprehensive Urban Development Programme in Ha Noi Capital City of the Socialist Republic of Vietnam (HAIDEP)*.
- [3] Ha Noi People's Committee, *Bus Transport Development Plan up to 2015 and 2020*.
- [4] Ha Noi Urban Transport Management and Operation Center. (2010). *The Study on Bus Passenger Public Transport Development by 2010 and Vision to 2020*.

ความร่วมมือในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่งและผู้ให้บริการขนส่ง SHIPPER AND CARRIER COLLABORATION IN TRUCK TRANSPORTATION

หมายเลขบทความ: SCS12-031

สุทธิพันธุ์ พรหมมา¹, มาโนช โลหเตปานนท์²

Sutthipun Promma¹, Manoj Lohatepanont²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 084-0080-369

E-mail: arkirawa@hotmail.com

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail: Manoj.L@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก ด้วยแนวคิดความร่วมมือในการขนส่งสินค้า และความร่วมมือในการบริหารจัดการขนส่งสินค้า งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเป็นกรณีศึกษาเกี่ยวกับบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่ง และบริษัทผู้ให้บริการขนส่งในการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก โดยมีขั้นตอนการทำงานวิจัยคือ ศึกษาการดำเนินงานขนส่งสินค้าในปัจจุบัน ศึกษาการวางแผนขนส่งสินค้า ศึกษาการประสานงานในการขนส่งสินค้า และสำรวจขั้นตอนการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้า วิเคราะห์ปัญหาในการขนส่งสินค้า และการทำงานร่วมกัน โดยศึกษาทั้ง 2 บริษัทและนำผลมาวิเคราะห์ร่วมกัน ผลที่ได้รับจากการศึกษานำมาสร้างรูปแบบความร่วมมือเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่ง ด้านการลดต้นทุนการขนส่งสินค้า และเพิ่มการใช้ประโยชน์ทรัพยากร แนวคิดความร่วมมือในการขนส่งนี้เป็นการพัฒนาการขนส่งสินค้าที่มีความยั่งยืนและเป็นการพัฒนาระดับความสัมพันธ์ระหว่างบริษัทที่ทำการค้าร่วมกันให้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ความร่วมมือในการขนส่ง, ความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้า, การขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก

Abstract

The objective of this paper is to develop ways to increase the efficiency of truck transportation using transport collaboration and collaborative transport management (CTM). The analysis steps are the studies of: transportation system, transportation planning, transportation coordination, surveying of inefficiency steps in transportation, problems in transportation and coordination with both the shippers and the carriers. The result of this study will lead to the collaboration model to increase the efficiency in transportation and reduce cost. This collaboration model will lead to the development of sustainable cargo delivery and better relationship of the shipper and carrier.

Keywords: collaboration, collaborative transport management (CTM), truck transportation

1. คำนำ

ปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจมีความรุนแรงมากขึ้นในด้านการค้าและการบริการ ดังนั้นการปรับปรุงการดำเนินงานทางด้านธุรกิจในทุกๆด้าน เพื่อลดต้นทุนในการดำเนินงาน เพิ่มระดับการให้บริการ และเพิ่มโอกาสทางการขายให้กับธุรกิจเป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญ การพัฒนาระบบการขนส่งให้มีประสิทธิภาพถือเป็นกลไกที่สำคัญของการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน การพัฒนาการขนส่งในปัจจุบันจะเน้นไปที่ขนส่งให้ทันตามเวลาที่กำหนด (On time) และ การลดเวลานำส่งสินค้า (Lead time) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการขนส่งของทั้งผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) และผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) และขณะเดียวกันลูกค้าเองก็สั่งสินค้าบ่อยขึ้น และมีปริมาณสินค้าที่ส่งลดลงเพื่อต้องการจะลดต้นทุนในการเก็บสินค้าคงคลัง ทำให้เกิดการขนส่งแบบเต็มไม่คัน (LTL) มากขึ้น ส่งผลกระทบอย่างมากต่อผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) ในการบริหารงานมีความยุ่งยากมากขึ้น และทำให้ต้นทุนในการดำเนินงานมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของต้นทุนการดำเนินงานของผู้ให้บริการขนส่งกระทบต่อต้นทุนผู้ว่าจ้างขนส่งด้วยเช่นกัน ดังนั้นการหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพที่มีความเหมาะสม และได้ประโยชน์ร่วมกันในทุกฝ่ายจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ การทำงานในปัจจุบันหลายๆประเทศได้มีการนำแนวคิดความร่วมมือ (collaboration) มาใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพระบบขนส่งเพราะว่าเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพและเป็นการพัฒนาระบบขนส่งอย่างยั่งยืน และในประเทศไทยเริ่มให้ความสนใจกับการนำแนวคิดความร่วมมือในการขนส่งสินค้ามาใช้ในการพัฒนาระบบขนส่งด้วยเช่นกัน แต่การพัฒนาความร่วมมือนั้นยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร อาจเป็นเพราะหลายๆองค์กรในประเทศไทยยังยึดติดกับแนวคิดและขั้นตอนการทำงานแบบเดิมๆที่ปฏิบัติมาในอดีตมีลักษณะการทำงานโดยลำพังไม่มีการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทำให้การพัฒนาประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าด้วยแนวคิดความร่วมมือยังไม่ประสบความสำเร็จ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาแนวคิดความร่วมมือในการขนส่งสินค้ามาใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพการขนส่งในปัจจุบัน การศึกษาที่ผ่านมาในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาความร่วมมือของผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) [1][3] และงานวิจัยที่ศึกษาความร่วมมือในการขนส่งสินค้าของบริษัผู้ว่าจ้าง (Shipper) [4][5][8][10] ซึ่งผลที่ได้คือกลุ่มความร่วมมือระหว่างบริษัทผู้ให้บริการขนส่งยังไม่ประสบความสำเร็จอาจเท่าที่ควร อาจเป็นเพราะโดยพื้นฐานของกลุ่มนี้เป็นบริษัทที่เป็นคู่แข่งกัน ส่วนการพัฒนาความร่วมมือระหว่างกลุ่มบริษัทผู้ว่าจ้างนั้นมีประสบความสำเร็จบางส่วน เป็นกลุ่มบริษัทผู้ว่าจ้างที่เป็นคู่ค้ากันส่วนบริษัทที่เป็นคู่แข่งนั้นก็ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจศึกษาความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง (Shipper) และผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) เพราะความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองบริษัทมีลักษณะเป็นคู่ค้าซึ่งมีโอกาสในการหาแนวทางพัฒนาความร่วมมือและนำผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ได้จริง

แล้วประสบความสำเร็จ รวมไปถึงสามารถขยายผลไปสู่การพัฒนาความร่วมมือในการขนส่งสินค้ากับองค์กรอื่น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสในการแข่งขัน

1.1 วัตถุประสงค์งานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาความร่วมมือในการขนส่งสินค้าระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) และผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Carrier) เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาความร่วมมือในการขนส่งสินค้าระหว่างผู้ว่าจ้าง (Shipper) ขนส่งและผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Carrier) โดยการสำรวจขั้นตอนการทำงานในการขนส่งสินค้าระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) และบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) ในการทำงานจริง

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

ในการดำเนินงานศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาบริษัทกรณีศึกษาในการทำงานจริง โดยศึกษาระบบการในการขนส่งสินค้า การวางแผนในการขนส่งสินค้า และการติดต่อประสานงานกันระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) ที่จ้างผู้ให้บริการขนส่งสินค้าในการส่งสินค้าไปยังลูกค้า และบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Carrier) ที่เป็นผู้ให้บริการขนส่งหลักกับผู้ว่าจ้างขนส่งที่ศึกษา ในการทำงานจริงบริษัทที่ทำการศึกษานี้เป็นบริษัทที่ผู้ผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่ผู้ว่าจ้างบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า และผู้ให้บริการขนส่งสินค้าอุปโภคบริโภคด้วยรถบรรทุกภายในประเทศ บริษัทกรณีศึกษานี้มี 2 บริษัทคือบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่งและบริษัทผู้ให้บริการขนส่งที่ทำงานด้วยกันอยู่ในปัจจุบัน

ผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) หมายถึง บริษัทผู้ว่าจ้างขนส่งหรือเจ้าของสินค้าที่ต้องการส่งสินค้า โดยจ้างบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเป็นผู้ขนส่งสินค้าให้ ได้แก่ ผู้ผลิต ผู้กระจายสินค้า ร้านค้าส่ง ร้านค้าปลีก

ผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) หมายถึง บริษัทผู้ให้บริการรับจ้างขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก มีรถบรรทุกในการให้บริการเป็นของตัวเอง

2. ระเบียบวิจัย

2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

การทำงานร่วมกันในโซ่อุปทาน (Supply chain Collaborative) เป็นการสร้างบทบาทใหม่สำหรับการจัดการโซ่อุปทาน ความหมายของการทำงานร่วมกันในโซ่อุปทาน คือ ตั้งแต่สองบริษัทขึ้นไปร่วมกันวางแผนและดำเนินงานร่วมกันเพื่อความสำเร็จที่ยิ่งมากกว่าดำเนินการเองโดยลำพัง การทำงานร่วมกันคือ การปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างบริษัทที่มีความอิสระต่อกันแต่บริษัทมีความเกี่ยวข้องกันในการใช้ทรัพยากรและความสามารถร่วมกันเพื่อการตอบสนองลูกค้าตาม

เป้าหมายของการทำงานร่วมกัน (Collaboration) [9] ระดับความสัมพันธ์ของการทำงานร่วมกัน (Collaboration) เป็นคุณลักษณะที่ประกอบขึ้นเป็นความสัมพันธ์นั้นมีพื้นฐานจากการแบ่งปันข้อมูลข่าวสาร การเปิดเผยและซื่อสัตย์ต่อกัน ความร่วมมือและการวางแผน การแบ่งปันผลกำไรและความเสี่ยงร่วมกันและสุดท้ายคือการมีเป้าหมายหรือกลยุทธ์ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน Kavesh และ Samani (2009) ได้แบ่งระดับความร่วมมือออกเป็น แบบผิวเผิน (Open Market Negotiations) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นผ่านตลาดราคาเป็นรากฐานที่สำคัญในการตัดสินใจสั่งซื้อหรือเรียกว่าแบบแขน (Arm's length) ต่อมาเป็นความสัมพันธ์ในระดับการปฏิบัติงานร่วมกัน (Cooperation) จะเป็นการจัดซื้อจัดหาจากผู้จัดส่งวัตถุดิบน้อยราย โดยจะมีสัญญาซื้อขายในระยะยาว ความสัมพันธ์ระดับนี้จะกลายเป็นลักษณะระหว่างหน่วยงานจัดซื้อของผู้ว่าจ้างขนส่งกับลูกค้า ความสัมพันธ์ระดับประสานงานร่วมกัน (Coordination) เป็นความสัมพันธ์ที่ต้องใช้ระยะเวลายาวในการทำดำเนินงานให้ประสบความสำเร็จเนื่องจากต้องมีการเชื่อมโยงระบบสารสนเทศที่สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างบริษัท สุดท้ายความสัมพันธ์ระดับการทำงานร่วมกัน (Collaboration) เป็นความสัมพันธ์ในระยะยาวที่มีการ วางแผนร่วมกัน ใช้เทคโนโลยีร่วมกัน เหมือนเป็นบริษัทเดียวกัน ไม่ซับซ้อนและง่ายในการพิจารณา

ความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้า (Collaborative Transportation Management, CTM) หรือ (CTM) ได้ประยุกต์และนำเสนอการทำงานรูปแบบใหม่โดยการร่วมมือกันบริหารจัดการจัดส่งสินค้า โดยมีกรมการนำแนวคิดของ CPFR มาใช้ในการบริหารจัดการขนส่ง ซึ่งกระบวนการของ CTM ที่คล้ายกับ CPFR คือกระบวนการประสานความร่วมมือในการวางแผนการพยากรณ์สินค้า และการเติมเต็มสินค้า เกิดการร่วมมือกันบริหารจัดการจัดส่งสินค้าที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล และระบบการเคลื่อนไหวที่ผู้ผลิตสินค้า และผู้ซื้อสินค้าร่วมมือกับผู้ให้บริการขนส่งเพื่อการดำเนินการได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ [9] โดยการจัดกระบวนการทำงานที่ไร้ประสิทธิภาพจากระบบการให้บริการขนส่งสินค้าคือการลดเวลารอคอย การรับขนส่งอย่างเต็มประสิทธิภาพของยานพาหนะ การลดการวิ่งเที่ยวเปล่าในขากลับ ลดการเกิดความผิดพลาดในการขนส่งที่คาดไม่ถึง การลดความผิดพลาดในการวางแผนและการสื่อสารที่ผิดพลาด โดยมีมุ่งประสานความร่วมมือในความสัมพันธ์ระหว่างผู้ซื้อ(ลูกค้า) ผู้ขาย(ผู้ว่าจ้างขนส่ง) ผู้ให้บริการขนส่ง และผู้ให้บริการโลจิสติกส์ภายนอก (3PL) เพื่อปรับปรุงการบริการประสิทธิภาพ และต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้า และกระบวนการจัดส่ง [9][10]

2.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

แนวทางความร่วมมือในการขนส่งสินค้า มีผู้ให้ความสนใจศึกษากันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เนื่องด้วยความร่วมมือในการ

ขนส่งสินค้าเป็นวิธีการที่พัฒนาประสิทธิภาพของการขนส่งสินค้าและเพิ่มผลประโยชน์ในระยะยาว ในหลายๆงานวิจัยทั้งในต่างประเทศและในประเทศได้มีการแนวคิดหรือวิธีในการพัฒนาความร่วมมือในการขนส่งสินค้า [1][9][10] ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สรุปองค์ประกอบของความร่วมมือต้องประกอบไปด้วยปัจจัยพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบพื้นฐานของความร่วมมือในการขนส่งสินค้า

แนวคิดความร่วมมือในการขนส่งสินค้าในประเทศไทยเริ่มมีการให้ความสนใจมากขึ้น งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาปัจจัย ปัญหาและความพร้อมในความร่วมมือโดยสำรวจกลุ่มผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) ด้วยการสัมภาษณ์ และเก็บแบบสอบถาม ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความร่วมมือคือ การแบ่งผลประโยชน์ การลงทุน และระบบการทำงานร่วมกัน ส่วนปัญหาที่พบมากที่สุดคือ ความเชื่อใจ วิธีการดำเนินงาน และบุคลากร [1][3][5] นอกเหนือจากงานวิจัยเชิงสำรวจมีการศึกษาความร่วมมือในการขนส่งสินค้าด้วยการศึกษาเป็นกรณีศึกษา [4] เช่น งานวิจัยของ น้าพล (2554) เป็นการศึกษาแบบการขนส่งแบบความร่วมมือระหว่างเจ้าของสินค้าโดยไม่ผ่านตัวกลาง: กรณีศึกษาความร่วมมือระหว่างบริษัทน้ำตาล และบริษัทค้าปลีกสมัยใหม่ การศึกษาของบริษัทน้ำตาลและบริษัทร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ ในการศึกษาที่น่าสนใจความร่วมมือมาใช้ในการพัฒนากระบวนการมาตรฐานในการขนส่งสินค้าแบบความร่วมมือระหว่างเจ้าของสินค้าอันเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาด้าน ไข่อุปทานระหว่างผู้ค้า โดยเก็บข้อมูลจริงจากกระบวนการทำงานที่พัฒนาขึ้นเป็นระยะเวลา 3 เดือน คือ การใช้รถขนส่งของบริษัทค้าปลีกที่ขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า เพื่อรับน้ำตาลหลังจากส่งสินค้าที่ร้านสาขาและนำน้ำตาลกลับไปยังศูนย์กระจายสินค้าแทนการส่งตรงจากโรงงานผู้ผลิตน้ำตาลไปยังร้านสาขาของผู้ค้าปลีก

กระบวนการมาตรฐานสำหรับการขนส่งในรูปแบบความร่วมมือระหว่างเจ้าของสินค้าที่พัฒนาขึ้นนั้น ลดเวลาเฉลี่ยของเวลารวมในการเข้ารับสินค้าลงเหลือต่ำกว่า 3 ชั่วโมง โดยลดจำนวนรถที่ใช้เวลาเกิน 3 ชั่วโมงในการรับสินค้าลง 20% และลดต้นทุนการขนส่ง 65% ซึ่งการขนส่งสินค้าระหว่างโรงงานน้ำตาล และศูนย์กระจายสินค้าด้วยรูปแบบความร่วมมือระหว่างเจ้าของสินค้านั้น ทำให้ต้นทุนรวมในการกระจายสินค้าผ่านศูนย์กระจายสินค้าอยู่ในระดับที่สามารถบริหารให้เกิดการกระจายสินค้าผ่านช่องทางนี้ได้ดียิ่งขึ้น

3. วิจัยดำเนินงานวิจัย

3.1 บริษัทกรณีศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เข้าไปศึกษากระบวนการขนส่งสินค้าของบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) และบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) เป็นการศึกษาการดำเนินงาน การวางแผนการขนส่ง และการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน ในการศึกษาการทำงานของทั้ง 2 บริษัทเกี่ยวกับงานด้านการขนส่งสินค้ามีระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ วันที่ 3 มกราคม 2555 ถึงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2555 พื้นที่ตั้งของบริษัททั้ง 2 อยู่ที่ดินคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี

3.2 วิธีเก็บข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลโดยศึกษาภายในบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่ง (shipper) และ บริษัทผู้ให้บริการขนส่ง (carrier) ที่ส่งสินค้าให้กับบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่งกรณีศึกษา โดยศึกษาการทำงานจริง ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการสังเกต ขั้นตอนการทำงาน การวางแผน การประสานงานระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่งและผู้ให้บริการขนส่งในระบบการขนส่งสินค้าที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ[9] และใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้จัดการที่ดูแลหน่วยงานขนส่งภายในทั้ง 2 บริษัท รวมทั้งสัมภาษณ์ผู้ทำงานหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าของบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่งและบริษัทผู้ให้บริการขนส่งถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทำงานขนส่งสินค้า และความคิดเห็นเกี่ยวกับความร่วมมือในการขนส่งสินค้าระหว่างกัน

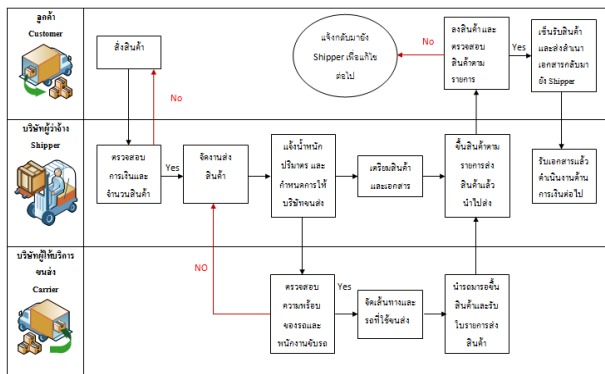
บริษัทผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) ที่เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้เป็นบริษัทผู้ผลิตสินค้าสำเร็จรูปประเภทสินค้าอุปโภคบริโภค ไม่มีรถขนส่งสินค้าเป็นของตัวเอง ใช้บริการบริษัทผู้ให้บริการขนส่งในการส่งสินค้าไปยังลูกค้าในพื้นที่ต่างๆทั่วประเทศ ปัจจุบันมีบริษัทผู้ให้บริการหลักที่ใช้บริการขนส่งสินค้าภายในประเทศใช้บริการบริษัทขนส่งสินค้าและที่มีเจ้าของเป็นคนไทย 5 บริษัทหลัก และรายย่อยอีก 5 บริษัท การคิดค่าขนส่งสินค้าบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่งจ่ายค่าขนส่งเป็นไปตามชนิดและขนาดของสินค้าของสินค้าซึ่งมีมากกว่า 300 ประเภทสินค้า มีลูกค้ามากกว่า

1000 รายทั่วประเทศ ต้นทุนค่าขนส่งมีมูลค่าประมาณ 5.1 ล้านบาทต่อเดือน

บริษัทผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) ที่เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้เป็นบริษัทผู้ให้บริการขนส่งหลักของบริษัทผู้ว่าจ้างกรณีศึกษาในครั้งนี้ให้บริการขนส่งสินค้าอุปโภคบริโภคด้วยรถบรรทุกให้บริการขนส่งทั้งประเทศ มีรูปแบบการขนส่งแบบส่งเต็มคัน (Truck load, TL) และไม่เต็มคัน (Less than truck load, LTL) โดยปริมาณขนส่งแบบให้กับบริษัทกรณีศึกษาจะเป็นแบบไม่เต็มคันจะอยู่ที่ทั้งหมดบางครั้งเท่านั้นที่มีการขนส่งแบบเต็มคัน พื้นที่ให้บริการขนส่งกับผู้ว่าจ้างกรณีศึกษาครั้งนี้คือ กาญจนบุรี ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม สระบุรี พระนครศรีอยุธยา ลพบุรี สมุทรสาคร สิงห์บุรี เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ มีรถบรรทุกให้บริการ 28 คัน เป็นรถ 4 ล้อ 8 คัน, รถ 6 ล้อ 16 คัน, รถ 10 ล้อ 4 คัน ปริมาณสินค้าที่ส่งให้กับบริษัทผู้ว่าจ้างคิดเป็นร้อยละ 13.78% ของลูกค้าที่ใช้บริการทั้งหมดเป็นผู้ให้บริการที่มีส่วนแบ่งในการขนส่งอันดับที่ 3 ค่าจ้างส่งสินค้าในการส่งสินค้าประมาณ 700,000 บาท

3.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

ในการพัฒนาความร่วมมือในการขนส่งสินค้าระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) และผู้ให้บริการในการขนส่งสินค้า (Carrier) จากการเข้าไปศึกษาในบริษัทกรณีศึกษาระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) และผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจะสำรวจระดับความสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกันระหว่างทั้ง 2 องค์กร มุมมองในการพัฒนาความร่วมมือ หลังจากนั้นสำรวจและวิเคราะห์ขั้นตอนในการขนส่งที่ไม่มีประสิทธิภาพ[9] และวิเคราะห์ปัญหาในการขนส่งสินค้าในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาผู้วิจัยได้เทคนิคผังรากไม้หรือผังต้นไม้ (Tree Diagram) [6] ประเภทการวิเคราะห์แบบ Why-Why Tree ร่วมกับแผนผังแสดงกระบวนการทำงานระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้างและบริษัทผู้ให้บริการขนส่งที่แสดงในรูปที่ 2 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่พบให้ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



ตารางที่ 1 มุมมองในการทำงานร่วมกันระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้าง (Shipper) และบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) กรณีศึกษา

การทำงานร่วมกัน	มุมมองเกี่ยวกับความร่วมมือ	
	Shipper	Carrier
ความสนใจในแนวคิดความร่วมมือ	ไม่ได้ให้ความสำคัญกับความร่วมมือ เพราะไม่เห็นผลประโยชน์ที่ตนเองได้รับ แต่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาความร่วมมือกับลูกค้าหรือผู้จัดส่งวัตถุดิบ	ให้ความสนใจกับแนวคิดความร่วมมือในการพัฒนาความร่วมมือ แต่ขาดแนวทางที่ชัดเจนและบุคลากร
ความไว้วางใจและเปิดใจ	ไม่เชื่อใจผู้ให้บริการขนส่ง กลัวนำข้อมูลไปเปิดเผยให้บริษัทอื่น	พร้อมให้ความร่วมมือกับลูกค้า
บุคลากรในการปฏิบัติงาน	มีบุคลากรพร้อมในการปฏิบัติงาน	บุคลากรไม่พร้อมในการปฏิบัติงาน
การแลกเปลี่ยนข้อมูล	ทั้ง 2 บริษัทไม่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันเพื่อใช้ในการบริหารจัดการ มีเพียงการแจ้งปริมาณสินค้าที่ต้องส่งต่อวันเท่านั้น และแจ้งปัญหาในการดำเนินงาน	
การวางแผนและตัดสินใจร่วมกัน	ทั้ง 2 บริษัทไม่มีการกำหนดแนวทางการทำงาน การวางแผนการทำงาน หรือ ร่วมกันตัดสินใจดำเนินงานกิจกรรมต่างๆในการขนส่งร่วมกัน	
ใช้ทรัพยากรและเทคโนโลยีร่วมกัน	ทั้ง 2 บริษัทมีใช้สถานที่ร่วมกันคือ บริษัทผู้ให้บริการพื้นที่ในบริษัทผู้ว่าจ้างเป็นสำนักงานในการบริหารงานส่งสินค้าเพื่อความสะดวกในการติดต่อสื่อสาร	

ที่มา: การสัมภาษณ์บริษัทกรณีศึกษา

รูปที่ 2 แผนผังแสดงกระบวนการทำงานในปัจจุบันระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้างและบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง
ที่มา: การสำรวจจากการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการทำงานจริงในการขนส่งสินค้าระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้าง (Shipper) และบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Carrier) เป็นระยะเวลา 1 เดือนตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม 2555 ถึง 3 กุมภาพันธ์ บริษัทผู้ว่าจ้างได้ส่งสินค้าโดยจ้างบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้าจำนวน 234 รายการ นับเป็นจำนวนเที่ยวได้ 91 เที่ยว ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบออกเป็นกราฟวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทั้ง 2 บริษัท และวิเคราะห์การทำงานระหว่างทั้ง 2 บริษัทที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ

4.1 ผลการสำรวจข้อมูลความสัมพันธ์และมุมมองในการทำงานร่วมกัน

ในการศึกษาการทำงานระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) และผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) ทั้ง 2 บริษัทมีความสัมพันธ์ในการทำงานเป็นพันธมิตรกัน (Partnership) มีระดับการทำงาน Cooperation ถือเป็นระดับการปฏิบัติงานร่วมกัน โดยพิจารณาจาก

1. การทำงานและการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกัน
2. มีทำสัญญาในการทำงานขนส่งสินค้าระหว่างกันระยะยาว
3. ติดต่อสื่อสารระหว่างกันโดยใช้โทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
4. มีการประชุมผลการดำเนินงานกันปีละ 1 ครั้ง และทุกครั้งที่เกิดปัญหาในการดำเนินงาน

จากการสัมภาษณ์ผู้จัดการที่ดูแลการขนส่งสินค้าของบริษัทผู้ว่าจ้าง และผู้ให้บริการขนส่งพบว่าทั้งสองบริษัทยังขาดปัจจัยหลายๆอย่างที่ควรมีในการทำงานร่วมกัน ซึ่งเป็นปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาความร่วมมือแสดงในตารางที่ 1 ในการทำงานระหว่างทั้ง 2 บริษัทผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ตามองค์ประกอบความร่วมมือที่รวบรวมจากงานวิจัยที่ผ่านมาและสรุปไว้ในตารางที่ 1

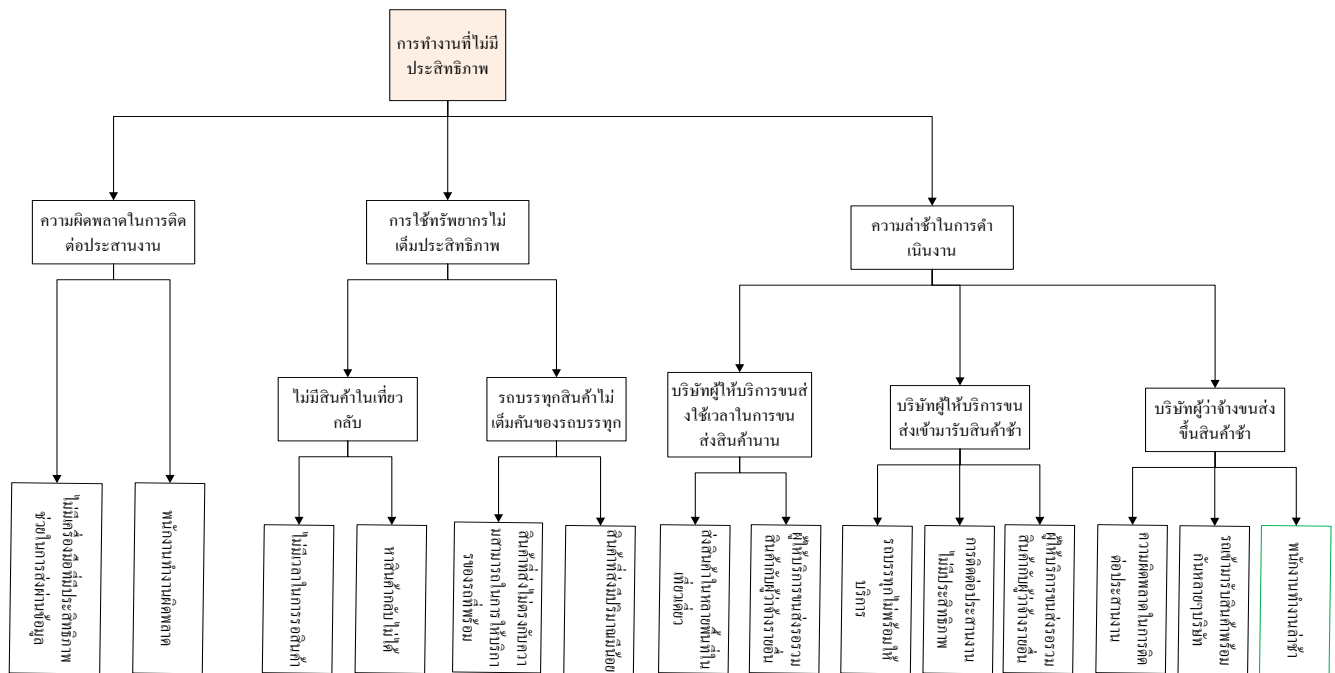
จากการศึกษาบริษัทกรณีศึกษาทั้ง 2 บริษัท ถึงแม้จะมีการทำงานที่มีความใกล้ชิดกันมาก แต่ระดับความสัมพันธ์ของทั้ง 2 บริษัทไม่ได้อยู่ในระดับของการทำงาน ซึ่งจากการสำรวจการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษาทั้ง 2 บริษัทผู้วิจัยได้พบการทำงานของทั้ง 2 บริษัทที่ยังไม่มีประสิทธิภาพทำให้เกิดปัญหาในการดำเนินงานส่งตามมา และส่งผลต่อต้นทุนในการดำเนินงานที่เพิ่มขึ้น ความยุ่งยากในการบริหารจัดการและระดับการให้บริการที่ลดลง ในการลดหรือกำจัดการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพเหล่านี้สามารถทำได้โดยการพัฒนาความร่วมมือของทั้ง 2 บริษัทให้อยู่ในระดับของการทำงานร่วมกัน (collaboration) [9][10]

4.2 ผลการสำรวจข้อมูลการดำเนินงานที่ไม่มีประสิทธิภาพในบริษัทกรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการทำงานจริงในการขนส่งสินค้าระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้าง ซึ่งระดับความสัมพันธ์ของทั้ง 2 บริษัทอยู่ในระดับ cooperation ยังไม่ถึงกับการทำงานร่วมกัน ส่งผลให้ทั้ง 2 บริษัทมีการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพในการขนส่ง[9] ได้แก่ ความล่าช้าในการ

ดำเนินงานของทั้ง 2 บริษัท การใช้ทรัพยากรที่ไม่มีเต็มประสิทธิภาพ และความผิดพลาดในการติดต่อสื่อสาร ทำให้เกิดปัญหาในการดำเนินงาน เช่น ส่งสินค้าไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด ความผิดพลาดในส่งสินค้า ความยุ่งยากในการบริหารงานขนส่ง ทำให้ทั้ง 2 บริษัทมีต้นทุนในการดำเนินงานที่เพิ่มขึ้น ระดับการให้บริการลดลง และใช้ทรัพยากรไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งการทำงานเหล่านี้เกิดขึ้นจากหลายๆสาเหตุในการดำเนินงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยเทคนิคผังก้างปลาหรือผังก้อนไม้ (Tree Diagram) มาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะหาแนวทางในการลดหรือกำจัดการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานด้วยแนวคิดความร่วมมือในการดำเนินงานให้มีความเหมาะสมกับทั้ง 2 องค์การแสดงไว้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แพนผังสาเหตุของปัญหาการขนส่งสินค้าที่ไม่ตรงตามเวลาที่กำหนดวิเคราะห์แบบ Why-Why Tree
ที่มา: บริษัทกรณีศึกษา

การทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในการขนส่งสินค้าระหว่างทั้ง 2 บริษัทจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพต้นไม้สรุปได้ดังนี้

1. ความล่าช้าในการดำเนินงาน

- บริษัทผู้ว่าจ้างขนส่งสินค้า 12 เที่ยว คิดเป็น 13.18 % ของจำนวนเที่ยวทั้งหมด **เกิดจาก** ไม่มีการจัดตารางในการขนส่งสินค้าที่ชัดเจน รถบรรทุกเข้ามารับสินค้าพร้อมกันหลายๆรายทำให้ต้องรอคิวในการขนส่งสินค้า ขาดการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ ไม่มีเครื่องมือช่วยในการตรวจนับสินค้า **ส่งผลต่อ** ส่งสินค้าไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด เพิ่มค่าใช้จ่ายในจ้างคนงานขนถ่ายสินค้า ความผิดพลาดในการดำเนินงาน และความยุ่งยากในการบริหารงาน

- บริษัทผู้ให้บริการขนส่งเข้ามารับสินค้า 10 เที่ยว คิดเป็น 10.2 % ของจำนวนเที่ยวทั้งหมด **เกิดจาก** ผู้ให้บริการขนส่งรอรวมสินค้าในการส่ง สินค้าที่ส่งมีน้อยเกินไป ไม่คุ้มค่าส่ง ขาดการติดต่อประสานงาน ไม่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สำคัญทำให้ไม่สามารถจัดเตรียมรถให้พร้อมในการให้บริการ หรือจัดรถบรรทุกไม่เหมาะสมกับงาน **ส่งผลต่อ** การส่งสินค้าไม่ตรงตามเวลาที่กำหนดระดับการให้บริการลดลง และต้นทุนในการบริหารจัดการเพิ่มขึ้นในการจัดเตรียมสินค้ารอส่ง

- บริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้าใช้เวลาในการขนส่งสินค้านาน **เกิดจาก** บริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้ารับสินค้าแล้วไปเก็บไว้ที่ศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรอรวมกับสินค้ารายอื่น หรือ ส่งสินค้าในหลายพื้นที่ใน

เที่ยวเดียว ขาดการวางแผนการขนส่งสินค้าร่วมกัน ขาดการประสานงาน เวลาในการเข้าไปส่งสินค้าต้องรอคิวลงสินค้านาน **ส่งผลให้** ส่งสินค้าไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด 4 รายการจาก 8 รายการที่ส่งสินค้าไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด

2. การใช้ทรัพยากรไม่มีเต็มประสิทธิภาพ

- บรรทุกทุกสินค้าไม่เต็มคันของรถบรรทุกมีจำนวน 18 เที่ยว คิดเป็น 19.78% ของจำนวนเที่ยวทั้งหมดผู้วิจัยคิดจากปริมาณสินค้าที่บรรทุกต่ำกว่า 80% ของความสามารถในการให้บริการของรถบรรทุก และไม่มีสินค้าในเที่ยวกลับ 100 % **เกิดจาก** การได้รับปริมาณสินค้าที่ไม่แน่นอนในแต่ละวันไม่สามารถประมาณการการใช้รถหรือเตรียมความพร้อมในการใช้รถให้เหมาะสมกับงานได้ ความคิดพลาดในการติดต่อประสานงาน ไม่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อเตรียมความพร้อมในการดำเนินงาน **ส่งผลต่อ** ส่งสินค้าไม่ตรงเวลาที่กำหนดเนื่องจากเข้าไปรับสินค้าช้า ใช้ทรัพยากรได้ไม่เต็มประสิทธิภาพของบริษัทผู้ให้บริการ และส่งผลทางอ้อมต่อต้นทุนค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้นจากการขอขึ้นราคาค่าขนส่งของบริษัทผู้ให้บริการ

3. ความผิดพลาดการติดต่อประสานงาน

- ความผิดพลาดในการสื่อสารงานด้านเอกสาร การส่งหรือรับข้อมูลคำสั่งส่งสินค้าผิดพลาดไม่ครบถ้วน การจดบันทึกที่ผิดพลาด ความสะเพร่า/หลงลืมของพนักงาน การให้หรือรับข้อมูลไม่ชัดเจน เกิดจากขาดเครื่องมือที่เชื่อมโยงข้อมูลระหว่างองค์กร ขาดรูปแบบมาตรฐานในการดำเนินงาน เช่น การจดบันทึกที่มีแบบฟอร์มเดียวกัน ในปัจจุบันโดยการติดต่อสื่อสารผ่านทางเอกสารที่จดด้วยลายมือผ่านทางโทรศัพท์ หรือการตะโกนบอกเนื่องจากสำนักงานบริษัทผู้ให้บริการกรณีศึกษาต้องอยู่ใกล้กับฝ่ายจัดส่งของบริษัทผู้ว่าจ้าง **ส่งผลต่อ** ความยุ่งยากการติดตามและตรวจสอบสินค้าระดับการให้บริการลดลง ความล่าช้าในการดำเนินงาน

- ความผิดพลาดในการติดต่อสื่อสารด้านการดำเนินงานและเวลา ไม่มีการกำหนดเวลาที่แน่นอนหรือตารางการเข้ามารับสินค้าที่ชัดเจนมีเพียงกำหนดวันในการเข้ามารับสินค้าบริษัทผู้ให้บริการขนส่งส่วนใหญ่เข้ามารับสินค้าในช่วงเย็นซึ่งทำให้เกิดปัญหาการรอคิวขึ้นสินค้า ไม่มีการแสดงข้อมูลตำแหน่งรถบรรทุกที่เข้ามารับสินค้า ส่งผลให้ ปัญหาการรอคิวขึ้นสินค้านาน ความล่าช้าในการขึ้นสินค้า ต้นทุนการจัดเตรียมสินค้า และการจ้างพนักงานขนถ่ายเพิ่มขึ้น

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังรากไม้หรือผังต้นไม้ (Tree Diagram) [6] ยืนยันให้เห็นว่าสาเหตุของปัญหาส่วนใหญ่นั้นเกิดจากการที่ 2 บริษัทการทำงานร่วมกันในการขนส่งสินค้า จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา [9][10] การนำแนวคิดความร่วมมือ (collaboration) และความร่วมมือในการบริหารงานขนส่งสินค้า (collaborative transport management (CTM)) มาใช้ในการดำเนินงาน

สามารถลดหรือกำจัดการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั้ง 2 บริษัทต้องพัฒนาความร่วมมือในการทำงานระหว่างกันให้มีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดมากขึ้นถึงระดับการทำงานร่วมกัน (Collaboration)

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการทำงานบริษัทผู้ว่าจ้าง (Shipper) และ บริษัทผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) กรณีศึกษา ทั้ง 2 บริษัทมีแนวโน้มที่จะสามารถพัฒนา ระดับความร่วมมือจากระดับ Cooperation ไปสู่ระดับ Collaboration (ความร่วมมือในการทำงาน) เนื่องจากทั้ง 2 บริษัทให้ความสนใจในการนำแนวคิดความร่วมมือมาใช้ในการพัฒนาระบบการขนส่งสินค้าถึงแม้ว่าบริษัทผู้ว่าจ้างจะไม่ได้ให้ความสำคัญมากกับการพัฒนาความร่วมมือกับบริษัทผู้ให้บริการขนส่งแต่ก็ถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีของการพัฒนาความร่วมมือ จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคผังรากไม้หรือผังต้นไม้ (Tree Diagram) การทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานขนส่งนั้นมาจากทั้ง 2 บริษัทขาดความร่วมมือในการดำเนินงาน ทั้ง 2 ฝ่ายยังทำงานโดยแยกกันบริหารจัดการและให้ความสำคัญกับงานของตนเองเป็นหลัก การศึกษาองค์ประกอบของความร่วมมือในการทำงานของทั้ง 2 บริษัทกรณีศึกษาพบว่าที่ยังขาดการแลกเปลี่ยนข้อมูล การวางแผนการดำเนินงานร่วมกัน บุคลากรในการดำเนินงาน แนวทางในการดำเนินงานที่ชัดเจน และแบ่งปันความเสี่ยงและผลประโยชน์ร่วมกัน ส่งผลต่อต้นทุนโดยรวมเพิ่มขึ้น ระดับการให้บริการลดลง และความยุ่งยากในการบริหารงานในกิจกรรมต่างๆ ในการพัฒนาความร่วมมือระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้างและบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้ากรณีศึกษา ผู้วิจัยเสนอแนวทางในการการดำเนินการเริ่มจากโดยผู้วิจัยอ้างอิงมาจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา ให้มีความเหมาะสมกับในบริษัทกรณีศึกษา

1. สร้างมุมมองให้บริษัทผู้ว่าจ้างและบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง มีความสนใจในการพัฒนาความร่วมมือ ร่วมทั้งผู้บริหารให้ความสนใจ การพัฒนาความร่วมมืออย่างจริงจัง ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นว่าทั้ง 2 การที่ทั้ง 2 ขาดความร่วมมือในการดำเนินงานนั้นส่งผลให้ทั้งสองบริษัทเกิดการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพซึ่งจะทำให้มีต้นทุนในการดำเนินงานเพิ่มขึ้น และระดับในการให้บริการลดลง ซึ่งแนวคิดความร่วมมือในการขนส่งนั้นสามารถลดหรือแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นได้เป็นการพัฒนาระบบขนส่งสินค้าในปัจจุบันอย่างมีประสิทธิภาพ

2. สร้างความสัมพันธ์ระหว่างกันโดยมีการประชุมกันระหว่างกันมากขึ้นมีการร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน และแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ใช้ในการบริหารจัดการ กำหนดตารางในการเข้ามารับสินค้าและขึ้นสินค้าให้มีความเหมาะสมเพื่อที่จะได้ไม่เกิดการรอคิวขึ้นสินค้า จัดรายการขนส่งสินค้าและปรับเปลี่ยนเวลานำส่งสินค้าให้เหมาะสมกับลูกค้าแต่ละ

รายละเอียดการใช้เวลาในการขนส่งสินค้าทางไกล บริษัทผู้ว่าจ้างขนส่งให้ข้อมูลการพยากรณ์ยอดขายในแต่ละเดือนหรือรายสัปดาห์ให้กับบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเพื่อที่บริษัทผู้ให้บริการขนส่งจะได้เตรียมความพร้อมในการจัดรถบรรทุกสินค้า บริษัทผู้ให้บริการขนส่งแจ้งความสามารถในการให้บริการกับบริษัทผู้ว่าจ้างเพื่อจัดเตรียมงานในการขนส่งสินค้าและรับงานให้มีความเหมาะสมกับความพร้อมในการให้บริการของบริษัทผู้ให้บริการเพิ่มการใช้ประสิทธิภาพรถบรรทุกและลดการเข้ามารับสินค้าของบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง ร่วมกันลงทุนในด้านเทคโนโลยีในการติดต่อประสานงานให้มีประสิทธิภาพเชื่อถือเทคโนโลยีระหว่างกันเพื่อลดความผิดพลาดในการดำเนินงาน มีการแจ้งเรื่องสำคัญต่างๆในการดำเนินงานระหว่างกันเพื่อร่วมกันวางแผนการดำเนินงานการขนส่งสินค้าและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกันซึ่งขั้นที่ 2 นี้ทำให้ทั้ง 2 บริษัทลดหรือกำจัดการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานที่แสดงในภาพที่ 3 ทั้งนี้ต้องมีการกำหนดข้อบังคับในการดำเนินงานที่มีความชัดเจน และหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละองค์กร

3. มีการวัดผลการดำเนินงานร่วมกันและประเมินผลการดำเนินงานหลังการมีการพัฒนาความร่วมมือ เพื่อกำหนดแนวทางในการดำเนินงานต่อด้วยการดำเนินงานเป็นที่น่าสนใจ เช่น เพิ่มการลงทุนด้านเทคโนโลยีให้มีความทันสมัย ขยายผลไปสู่ความร่วมมือกับองค์กรอื่นๆ หรือ ปรับเปลี่ยนวิธีการดำเนินงานด้วยการดำเนินงานยังไม่ดีเท่าที่ควร หรือ ยุติการพัฒนาความร่วมมือระหว่างกันถ้าเห็นว่าร่วมมือกันแล้วไม่เกิดผลประโยชน์ ทั้งนี้ความร่วมมือระหว่างกันจำเป็นต้องให้ความเชื่อใจระหว่างกันและเปิดใจรักษาความลับของบริษัทพันธมิตร

6. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเพียง 2 บริษัทที่ทำงานร่วมกันซึ่งยังไม่ครอบคลุมการทำงานของบริษัทผู้ว่าจ้างขนส่งและผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทั้งหมด ไม่สามารถสรุปได้ว่าการดำเนินงานร่วมกันระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่งและผู้ให้บริการขนส่งสินค้าในบริษัทอื่นๆมีลักษณะเหมือนกันกับบริษัทกรณีศึกษา บทความนี้แสดงให้เห็นเพียงตัวอย่างการทำงานระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่ง (Shipper) และ ผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier) กรณีศึกษาเท่านั้นเพื่อเป็นตัวอย่างในการพัฒนาความร่วมมือในการขนส่งสินค้าด้วยแนวคิดความร่วมมือการทำงาน (collaboration)

การพัฒนาความร่วมมือระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้างและบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า เพื่อใช้แก้ไขปรับปรุงการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในการขนส่งสินค้า ยังไม่บางขั้นตอนต้องอาศัยองค์กรอื่นให้ความร่วมมือถึงจะสำเร็จได้ ซึ่งเห็นได้ว่าการพัฒนาความร่วมมือเพียง 2 องค์กรยังไม่ครอบคลุมการดำเนินงานขนส่งสินค้าทั้งระบบ ดังนั้นการนำแนวคิดความร่วมมือในการขนส่งสินค้ามาพัฒนา

ระบบขนส่งให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดต้องมีการพัฒนาความร่วมมือทุกองค์กรในโซ่อุปทาน (supply chain)

เอกสารอ้างอิง

- [1] คมกฤษ วลีวงศ์, 2547. ปัญหาการสร้างความร่วมมือในการประกอบการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] ชุมพล มณฑาทิพย์กุล และ ช่อทิพย์ ลือไชยวุฒิ, 2551. การศึกษาศักยภาพของผู้ประกอบการขนส่งสินค้าไทย ในการประสานความร่วมมือกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขัน. การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทาน และโลจิสติกส์ ครั้งที่ 8.
- [3] รัชฎา จิระประพจน์, 2548. การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายในอุตสาหกรรมผู้ผลิตสี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัยจัดการและนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] นภาพล ลาวัลยะวัฒน์, 2554. รูปแบบความร่วมมือด้านการขนส่งระหว่างเจ้าของสินค้าโดยไม่ผ่านตัวกลาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ (สหสาขาวิชา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] ปิติกมล วิเชียร, 2548. ความพร้อมในการนำ CPFR มาใช้ของผู้จัดส่งสารเคมีแห่งที่ใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัยจัดการและนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [6] อริยาภรณ์ คุ่มทิพย์พัฒน์, 2553. การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการปรับปรุงด้านคุณภาพ กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมผลิตสบู่ก้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [7] Kaveh, N., and Samani, N.K. (2009) How Collaborative Logistics Management Increases Supply Chain Efficiency, Master thesis, Technology – Industrial Management University of Borås.
- [8] Min, S., et al. (2005) Supply chain collaboration: What's happening. International Journal of Logistics Management. Vol.16 No.2, pp. 237-256.

- [9] Sutherland, J. (2003) Collaborative Transportation Management:
Creating Value Through Increased Transportation Efficiencies.
Council of Logistics Management, and Chair, Collaborative
Transportation Management (CTM) Committee for VICS/CPFR.
- [10] Sutherland, J. (2006) Collaborative Transportation Management:
A Solution the current Transportation Crisis. CVCR White Paper
#0602.

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

The Physical Characteristics Analysis of the Road in Chiang Mai Municipality

หมายเลขบทความ: SCS12-032

วิชญะ ส่องแสง¹, พัชรพรรณ นันทวิสิทธิ์, ปรีดา พิชยาพันธ์³

Wichaya Songsaeng, Patcharapan Nanthavisit, Preda Pichayapan

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์. 084-483-6379

E-mail: aurkung147@gmail.com

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์. 087-249-2533

E-mail: smartaor@gmail.com

³ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์. 0-5394-4156 ต่อ 127

E-mail: preda@eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

จังหวัดเชียงใหม่เป็นเมืองศูนย์กลางความเจริญของภาคเหนือ ทำให้มีผู้คนจากหลากหลายที่เดินทางเข้ามาทำงานเรียนและท่องเที่ยว เป็นผลทำให้จังหวัดเชียงใหม่เกิดปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ทั้งยังส่งผลให้เกิดผลกระทบในด้านอื่นๆ ทั้งสภาพเศรษฐกิจ สภาพสังคม และสภาพสิ่งแวดล้อม ลักษณะทางกายภาพของถนนนั้นจะเอื้อถึงความสามารถของการใช้ทางของผู้ขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งจะมีส่วนในการจำกัดความเร็วของผู้ขับขี่หรือความคล่องตัวของการเคลื่อนยานพาหนะ การวิเคราะห์ในเรื่องลักษณะทางกายภาพของถนนนั้นสามารถนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์วางแผนสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจราจรของเทศบาลนครเชียงใหม่ได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลทางกายภาพของถนนในเขตเทศบาลเมือง คือ ความเร็วอิสระของถนน ความกว้างของถนน ลักษณะเกาะกลางของถนน จำนวนช่องจราจร จำนวนจุดเชื่อมทาง และความกว้างไหล่ทาง จากการสำรวจข้อมูลทางกายภาพของถนน พบว่า ถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่เป็นถนนประเภทหลายช่องจราจร หรือ Multilane ที่มีจำนวนช่องจราจรเท่ากับ 4 ช่องจราจร มีช่วงความเร็วอิสระเฉลี่ยอยู่ในช่วงความเร็ว 50 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนส่วนใหญ่ไม่มีเกาะกลางถนน มีจำนวนจุดเชื่อมทาง (Access Point) อยู่ระหว่าง 4 ถึง 6 จุด มีความกว้างของช่องจราจร 3 เมตร ความกว้างไหล่ทางเฉลี่ยที่ 1-1.5 เมตร ข้อมูลดังกล่าวนี้ได้นำมาจัดทำให้อยู่ในฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถจัดเก็บข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลข้อมูลได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว

คำสำคัญ: ลักษณะทางกายภาพของถนน, เทศบาลนครเชียงใหม่, ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

Abstract

Chiang Mai is a center of modernization in the Northern region. People travel a lot in Chiang Mai resulting in traffic congestion especially during the rush hour. This traffic problem affects the economy, the society and the environment. The physical characteristics of the road affect driver's speed and vehicle's mobility. The physical characteristic analysis of the road provides the relevant data which would help Chiang Mai Municipality or other related organizations to plan or manage traffic system in Chiang Mai for the future. This research has conducted to survey the physical characteristics of the road, free flow speed, lane width, types of median, numbers of lane and numbers of access point. The result of the survey reveals that most lanes are 4 lanes, most types of median are undivided medians, the average of free flow speed is 50-60 km/h, there are 4 to 6 access points averagely, the average shoulder width is 1-1.5 m., and the average lane width is around 3 meters. This information is put and provided in Geographic Information System (GIS) database because GIS can systematically store information and effectively analyze data and display results.

Keywords: Physical characteristic of road, Chiang Mai Municipality, Geographic Information System (GIS)

1. บทนำ

จังหวัดเชียงใหม่เป็นเมืองศูนย์กลางความเจริญของภาคเหนือ ทำให้งานจราจรที่มีอยู่ในท้องที่ ผู้พวยพที่เข้ามาทำงาน นักเรียน และนักศึกษา มีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งทำให้เกิดการเดินทางเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้จังหวัดเชียงใหม่เกิดปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนรวมถึงปัญหาจราจรอื่นๆ ทั้งยังส่งผลให้เกิดผลกระทบในด้านสภาพเศรษฐกิจ สภาพสังคม และสภาพสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุอีกด้วย

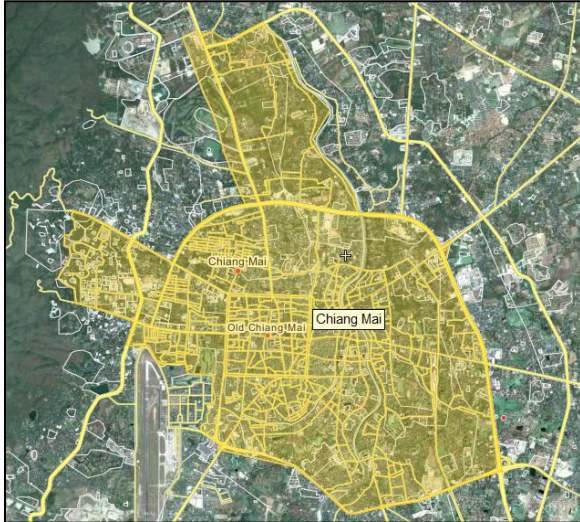
จากสถิติอุบัติเหตุจราจรในจังหวัดเชียงใหม่มีจำนวนสูงขึ้นเรื่อยๆ ในปี 2552 มีอุบัติเหตุที่ได้รับแจ้ง 2,397 ครั้ง ปี 2553 มีอุบัติเหตุที่ได้รับแจ้ง 3,202 ครั้ง ในปี 2554 มีอุบัติเหตุที่ได้รับแจ้ง 3,901 ครั้ง (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ) ซึ่งสาเหตุของอุบัติเหตุการจราจรอาจมีสาเหตุจะลักษณะทางกายภาพที่เป็นได้ ผู้ศึกษาจึงต้องการที่จะศึกษาข้อมูลทางกายภาพของถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ในสภาพปัจจุบัน ซึ่งลักษณะทางกายภาพของถนนบางอย่างนั้นมีผลต่อความสามารถของการใช้ทางของผู้ขับขี่ยานพาหนะ เช่น ถ้าถนนแคบผู้ขับขี่จะรู้สึกอึดอัด ซึ่งมีส่วนในการจำกัดความเร็วของผู้ขับขี่หรือความคล่องตัวของการเคลื่อนยานพาหนะ แต่จะผู้ขับขี่จะขับขี่ด้วยความระมัดระวังมากขึ้น เป็นต้น มีผลต่อปัญหาการจราจร เช่น ความกว้างของถนนกว้างน้อยเกินไปหรือไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น มีผลต่อปัญหาอุบัติเหตุ เช่น ลักษณะของเกาะกลางอาจเป็นอุปสรรคทำให้เกิดอุบัติเหตุ จำนวนจุด access point ที่มากเกินไป เป็นต้น จากนั้นทำรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพให้อยู่ในรูปแบบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์หรือ Geographic Information System (GIS) เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถจัดเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลข้อมูลได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว และใช้เป็นฐานข้อมูลกลางสำหรับการวิเคราะห์และวางแผนระบบ

การจราจรในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาระบบขนส่งและจราจรให้มีประสิทธิภาพ และลดปัญหาการจราจรให้มากที่สุด

การจัดทำงานวิจัยนี้เพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ และทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานหน่วยงานต่างๆ เพื่อสร้างฐานข้อมูลกลางให้อยู่ในรูปแบบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System (GIS) และเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวางแผน วิเคราะห์ และพัฒนาระบบจราจรในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ในอนาคต

2. พื้นที่ทำการสำรวจข้อมูล

เขตเทศบาลนครเชียงใหม่มีพื้นที่ประมาณ 40 ตารางกิโลเมตร ดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยแขวงต่างๆจำนวน 4 แขวง ได้แก่ แขวงนครพิงค์ แขวงศรีวิชัย แขวงกาวิละ และแขวงเม็กราช นอกจากนั้นแล้วยังประกอบไปด้วยตำบลต่างๆ อีก 14 ตำบล ได้แก่ ตำบลป่าตัน ตำบลฟ้าฮ่าม ตำบลหนองป่าครั่ง ตำบลท่าศาลา ตำบลหนองหอย ตำบลป่าแดด ตำบลสุเทพ ตำบลช้างเผือก ตำบลวัดเกต ตำบลช้างคลาน ตำบลช้างม้อย ตำบลหายยา ตำบลพระสิงห์ และ ตำบลศรีภูมิ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้กำหนดถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่เพื่อเป็นขอบเขตในการศึกษาวิเคราะห์ระดับการให้บริการ คือ ถนนห้วยแก้ว ถนนสุเทพ ถนนเลียบคลองชลประทาน ถนนบุญเรืองฤทธิ์ ถนนช้างเผือก ถนนแก้ววรุฒ ถนนเจริญเมือง ถนนช้างคลาน ถนนรัตนโกสินทร์



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาเขตเทศบาลนครเชียงใหม่
ที่มา: <http://wikimapia.org>

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสำรวจข้อมูลและประเมินผล

3.1 ความเร็วอิสระ Free Flow Speed

ความเร็วของยานพาหนะบนท้องถนนในเมืองได้รับอิทธิพลจาก 3 ปัจจัยหลัก คือ

1. สภาพแวดล้อมของถนน
2. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างยานพาหนะและการควบคุมของคนขับ
3. อุปกรณ์ควบคุมการจราจร

ผลจากปัจจัยเหล่านี้ มีผลต่อคุณภาพของการให้บริการของถนน รวมถึงลักษณะทางกายภาพของถนน และสิ่งอำนวยความสะดวก กิจกรรมของการใช้สอยที่ดินริมถนน และที่อยู่อาศัยเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงจำนวนและความกว้างของถนน ชนิดของเกาะกลางของถนนระยะห่างทางจากทางแยกจนถึงสัญญาณไฟจราจร จำนวนของที่จอดรถ จำนวนผู้ใช้งานทางเดินเท้าและการจำกัดความเร็ว และมีผลต่อการเลือกใช้ความเร็วของคนขับ กล่าวคือ เมื่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนขับและการควบคุมของการจราจร ไม่ได้มีผลต่อการใช้ความเร็ว ความเร็วที่คนขับพึงปรารถนาที่จะใช้จะถูกเรียกว่า ความเร็วอิสระ (Free Flow Speed) ซึ่งค่าความเร็วอิสระนี้จะเป็ค่าเฉลี่ยของความเร็วในกระแสจราจร ซึ่งเมื่อกระแสจราจรมีความหนาแน่นมาก จะส่งผลให้ค่าความเร็วอิสระมีค่าน้อย หรือในกรณีที่เป็นระบบการจราจร มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ก็จะส่งผลต่อค่าความเร็วอิสระเช่นกัน โดยทั่วไปแล้วการสำรวจหาค่าความเร็วอิสระของถนนในเมืองมักจะสังเกตบริเวณจุดกึ่งกลางของช่วงถนนที่ทำการสำรวจ

3.2 การเก็บข้อมูลความเร็วอิสระในเขตเมือง

เป็นการหาความเร็วอิสระของกระแสจราจร โดยใช้ test car ซึ่งวิธีการหาค่าความเร็วอิสระนั้นมีเงื่อนไข คือ ทำการสำรวจข้อมูลความเร็วในช่วงเวลาที่มีปริมาณรถน้อยกว่า 200 veh/hr/lane การวิ่งของรถสำรวจความเร็ว ควรวิ่งในเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการติดไฟแดงจำนวนครั้งในการวิ่งรถสำรวจขึ้นอยู่กับค่าความผันแปรของข้อมูล ซึ่งโดยมากจะแนะนำที่ 6-12 ครั้ง

3.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ ระบบ GIS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษานี้ จะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและรายละเอียดของข้อมูลนั้นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ ซึ่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อการจัดเก็บ การจัดการ การจัดทำ การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อแก้ปัญหาการวางแผนที่ซับซ้อน และปัญหาในการจัดการ

3.4 มาตรฐานชั้นทาง กรมทางหลวง

กรมทางหลวงได้ออกมาตรฐานชั้นทางในเขตเมือง เพื่อเป็นแนวทางให้หน่วยงานนำไปออกแบบให้เหมาะสม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานชั้นทาง ถนนในเขตเมือง กรมทางหลวง

ความเร็วที่ใช้ออกแบบ	60 kph (ทางราบ)
ประเภทผิวจราจร	ชั้นสูง
ความกว้างช่องจราจร	3-3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางหรือทางเท้า	2.5 เมตร

ที่มา : http://www.doh.go.th/showlist.aspx?c_id=5&sc_id=

3.5 มาตรฐานชั้นทาง กรมทางหลวงชนบท

ตามประกาศกรมทางหลวงชนบท เรื่อง มาตรฐานและลักษณะของทางหลวง ที่จอดรถ ระยะแนวคันไม้ และเสาพาดสายเดียวกับทางหลวงท้องถิ่น ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนพิเศษ 158 ง 18 ตุลาคม 2550 ได้ออกมาตรฐานชั้นทางของทางหลวงท้องถิ่นในเขตเมือง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มาตรฐานชั้นทางของถนนในเขตเมือง กรมทางหลวงชนบท

	ชั้นพิเศษ	ชั้น1	ชั้น2	ชั้น3	ชั้น4
ผิวจราจร หรือแอส ฟัลต์	คอนกรีต หรือแอส ฟัลต์	คอนกรีต หรือแอส ฟัลต์	คอนกรีต หรือแอส ฟัลต์	คอนกรีต หรือแอส ฟัลต์	คอนกรีต หรือแอส ฟัลต์
ความกว้าง ไหล่ทาง	≥ 2.5 เมตร	≥ 2.0 เมตร	≥ 1.5 เมตร	≥ 1.0 เมตร	-
จำนวนช่อง จราจร	3 ช่องต่อ ทิศทาง	2 ช่องต่อ ทิศทาง	2 ช่องต่อ ทิศทาง	1 ช่องต่อ ทิศทาง	1 ช่องต่อ ทิศทาง
ความกว้าง ช่องจราจร	≥ 3.25 เมตร	≥ 3.25 เมตร	≥ 3.25 เมตร	≥ 3.00 เมตร	≥ 3.00 เมตร
ความเร็วที่ ออกแบบ	90 kph	90 kph	90 kph	60 kph	50 kph

3.6 มาตรฐานการออกแบบถนนในเขตเมือง โดยกรมส่งเสริม การปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย

กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย
กำหนดมาตรฐานการออกแบบถนนไว้ดังตารางที่ 3
ตารางที่ 3 มาตรฐานการออกแบบถนนในเขตเมือง โดยกรมส่งเสริมการ
ปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย

	ชั้น1	ชั้น2	ชั้น3	ชั้น4
ผิวจราจร	คอนกรีตหรือ แอสฟัลต์	คอนกรีตหรือ แอสฟัลต์	ลูกรังหรือ วัสดุที่ดีกว่า	ลูกรังหรือ วัสดุที่ดีกว่า
ความกว้าง ไหล่ทาง	≥ 3.0 เมตร	≥ 2.0 เมตร	≥ 1.5 เมตร	≥ 1.5 เมตร
จำนวน ช่องจราจร	≥ 6	≥ 4	-	-
ความกว้าง ช่องจราจร	≥ 3.00 เมตร	≥ 3.00 เมตร	≥ 3.00 เมตร	≥ 3.00 เมตร
ความกว้าง ผิวจราจร	18 เมตร	12 เมตร	6 เมตร	5 เมตร

ที่มา: http://www.thailocaladmin.go.th/work/e_book/eb1/1_6.pdf

4. ขั้นตอนและการดำเนินงาน

1. ศึกษารวบรวมข้อมูล ระเบียบวิธีการสำรวจและเก็บข้อมูล
และข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง
2. การสำรวจภาคสนาม เป็นการสำรวจลักษณะทางกายภาพ
ของท้องถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยมีแผนที่ภาพถ่ายทาง
อากาศ ช่วยในการสำรวจหาตำแหน่งต่างๆ ในการเก็บข้อมูล

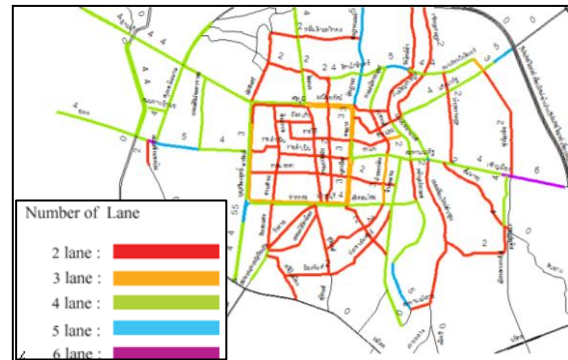
3. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม เพื่อ
สังเคราะห์ข้อมูลในส่วนของลักษณะทางกายภาพของถนนในเขต
เทศบาลนครเชียงใหม่และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสำรวจทั้งหมด
จัดทำในรูปแบบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หรือ Geographic
Information System (GIS) โดยใช้โปรแกรม ArcGIS9.2

5. ผลการสำรวจข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพของถนนมีดังต่อไปนี้

5.1 จำนวนช่องจราจร

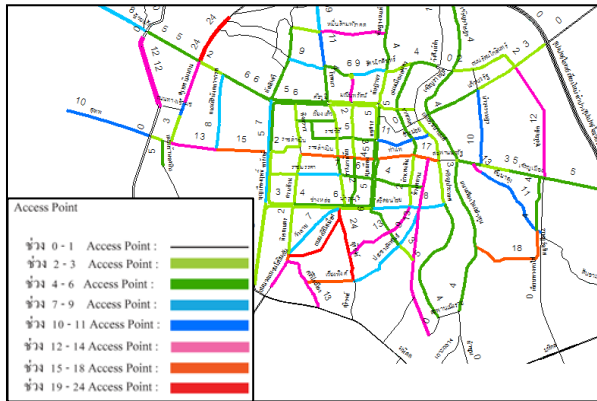
จำนวนช่องจราจรในบางช่วงถนนจะมีจำนวนไม่เท่ากัน อาทิ
เช่น จำนวนเลนของถนนในช่วงที่เจอทางแยกหรือทางเบี่ยงเข้าถนนเส้น
อื่น จะทำให้การใช้ความเร็วในช่วงถนนนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงอาจ
ลดลงหรือเพิ่มขึ้น เป็นต้น ผลการสำรวจดังรูปที่ 2 จำนวนช่องจราจรใน
เขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ส่วนใหญ่มี 4 ช่องจราจร (เส้นสีเขียว)
รองลงมาคือเส้นสีแดงมีจำนวนช่องจราจร 2 ช่องจราจร



รูปที่ 2 การแสดงผลข้อมูลจำนวนช่องจราจรโดยใช้ ArcGIS 9.2

5.2 จุดเชื่อมทาง (Access Point)

ในช่วงระหว่างทางแยกที่ทำการสำรวจจุดเชื่อมทางเข้าออก ผล
การสำรวจดังรูปที่ 3 มีจำนวนจุดทางเชื่อมอยู่ที่ 4 ถึง 6 จุดของทาง
ประเภท Multilane (เส้นสีเขียวเข้ม) และสำหรับประเภท Two way จะมี
จำนวนจุดทางเชื่อมอยู่ที่ 2 ถึง 3 จุด (เส้นสีเขียวอ่อน)



รูปที่ 3 การแสดงผลข้อมูลจุดเชื่อมต่อทางโดยใช้ ArcGIS 9.2

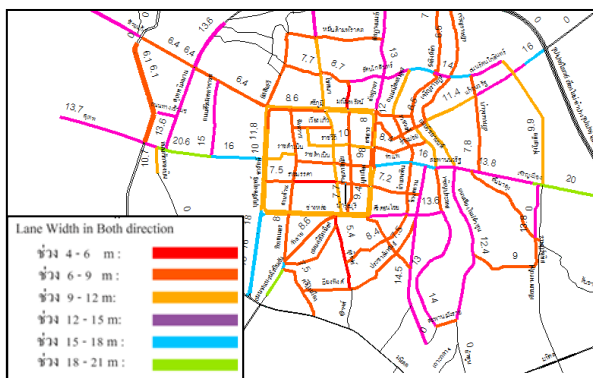
5.3 ความกว้างของถนน (Lane width)

ถนนที่มีจำนวนช่องจราจร 2 ช่องจราจร มีความกว้าง (รวมความกว้างสองทิศทาง) จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6 ถึง 9 เมตร

ถนนที่มีจำนวนช่องจราจร 3 ช่องจราจร มีความกว้าง (รวมความกว้างสองทิศทาง) จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9 ถึง 12 เมตร

ถนนที่มีจำนวนช่องจราจร 4 ช่องจราจร มีความกว้าง (รวมความกว้างสองทิศทาง) จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12 ถึง 15 เมตร

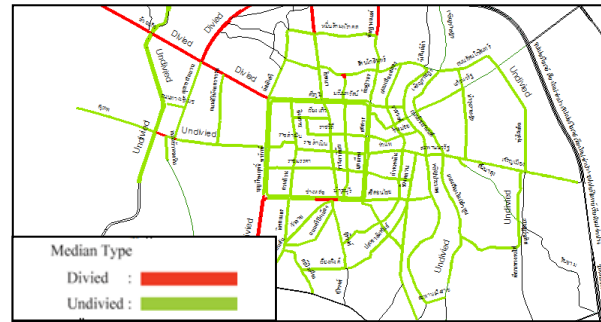
ค่าเฉลี่ยความกว้างต่อหนึ่งช่องจราจรมีค่า 3.00 เมตร ผลการสำรวจดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การแสดงผลข้อมูลความกว้างถนนโดยใช้ ArcGIS 9.2

5.4 ประเภทเกาะกลางถนน (Median Type)

ถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ไม่มีเกาะกลางถนน ซึ่งทำการแบ่งช่องจราจรโดยการขีดสีตีเส้น ผลการสำรวจดังรูปที่ 5 เส้นสีเขียวอ่อนแสดงเส้นทางที่ไม่มีเกาะกลางถนน



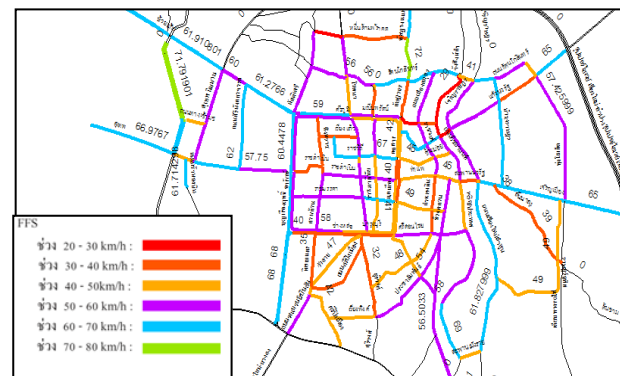
รูปที่ 5 การแสดงผลข้อมูลประเภทเกาะกลางถนนโดยใช้ ArcGIS 9.2

5.5 ความเร็วอิสระ (Free Flow Speed)

สำหรับถนนที่มีจำนวนช่องจราจร 2 และ 4 ช่องจราจรมีความเร็วอิสระเฉลี่ยอยู่ในช่วง 50 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

สำหรับถนนที่มีจำนวนช่องจราจรเท่ากับ 3 ช่องจราจรมีความเร็วอิสระเฉลี่ยอยู่ในช่วง 40 ถึง 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

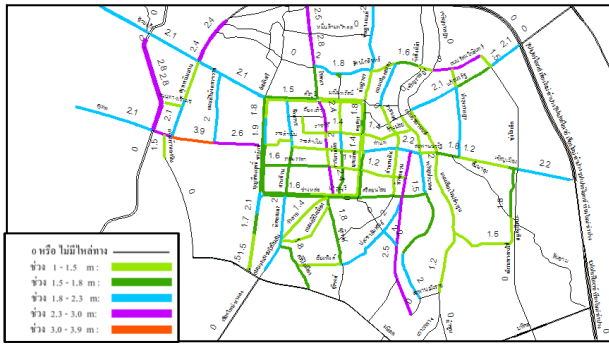
จากการสำรวจในพื้นที่เขตเทศบาลนครเชียงใหม่ผลการสำรวจดังรูปที่ 6 พบว่ามีความเร็วอิสระอยู่ในช่วง 50 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (เส้นสีม่วง)



รูปที่ 6 การแสดงผลข้อมูลความเร็วอิสระโดยใช้ ArcGIS 9.2

5.6 ความกว้างของไหล่ทาง

ความกว้างของไหล่ทางโดยเฉลี่ยมีความกว้าง 1 - 1.5 เมตร ผลการสำรวจแสดงในรูปที่ 7 จะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่เป็นสีเขียวอ่อนหมายถึงความกว้าง 1 - 1.5 เมตร



รูปที่ 7 การแสดงผลข้อมูลความกว้างไหล่ทางโดยใช้ ArcGIS 9.2

จากข้อมูลการสำรวจลักษณะทางกายภาพของถนน ลักษณะเหล่านี้ มีผลต่อการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมจราจร เช่น การวิเคราะห์ระดับการให้บริการเพราะยิ่งถนนใดมีความเร็วมาก แสดงว่าสภาพการจราจรที่ความเร็วยังสูงเท่าหรือเกือบเท่าความเร็วอิสระ มีสภาพการจราจรแบบไหลอิสระ (Free flow) การขับขึ้นของรถคันใด ๆ ก็ตามได้โดยไม่ต้องหยุดจากการมีรถอื่นในกระแสจราจรทำให้ระดับการให้บริการดีขึ้นแต่หากถนนเส้นใดมีความเร็วในการขับขึ้นต่ำลงด้วยความเร็วพอสมควรและต้องหยุดแล้วไปหยุดแล้วไปเรื่อยเรื่อยอดแออัดมากทำให้ระดับการให้บริการลดลง เป็นต้น

จำนวนของช่องจราจรโดยส่วนมากในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่มี 4 ช่องจราจร แสดงว่าการจัดให้รองรับการจราจรปริมาณมาก และรองรับการเปลี่ยนช่องจราจรได้

จุดเชื่อมทางที่มีในแต่ละส่วนของถนนมีจำนวนมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้หากมีจุดเชื่อมทางเข้าถนนมาก จำนวนยานพาหนะจะมากและเป็นไปอย่างหนาแน่น การขับขึ้นจะถูกจำกัดความเร็วลง

ความกว้างของถนนเป็นตัวกำหนดความเร็วของยานพาหนะ เพราะยิ่งความกว้างถนนมากพื้นที่การใช้สอยก็ยิ่งมาก สามารถรองรับปริมาณรถได้มาก คนขับมีอิสระในการเลือกใช้ความเร็วตามต้องการ มีอิสระสูงในการขับขึ้นในกระแสจราจร

เกาะกลางถนนถือว่าเป็นสิ่งที่ใช้กำหนดการขับขึ้นได้อย่างหนึ่งคือหากถนนใดมีเกาะกลางแบ่งทิศทางของการเคลื่อนที่พาหนะ จะทำให้พาหนะไม่สามารถเลี้ยวกลับทิศทางขับขึ้นในทางตรงกันข้ามได้ ทำให้การเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไปความหนาแน่นจราจรอาจมากขึ้น(สำหรับบางช่วงที่มีจุดกลับรถ) และความกว้างของถนนก็จะถูกลดขนาดลงตามด้วย

ความเร็วอิสระทำให้ทราบถึงความสามารถของถนนว่ารถสามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วสูงสุดเท่าไร สามารถนำไปประเมินผลระดับการให้บริการต่อไป

ความกว้างของไหล่ทางถ้ามีพื้นที่ของไหล่ทางได้ตามมาตรฐานหรือมีความกว้างเพียงพอ นั่นคือการออกแบบเพื่อให้การขับขึ้นได้สะดวกขึ้น รวมถึงยังให้อาคารจราจรยาน รถจักรยานยนต์ คนเดินเท้าสามารถใช้ทางได้

6. สรุปและเปรียบเทียบผล

จากการสำรวจข้อมูลถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่พบว่า เป็นถนนประเภทหลายช่องจราจร หรือ Multilane ที่มีจำนวนช่องจราจรเท่ากับ 4 ช่องจราจรมีช่วงความเร็วอิสระเฉลี่ยอยู่ในช่วงความเร็ว 50 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนส่วนใหญ่จะมีเกาะกลางประเภทไม่มีเกาะกลางถนน (Undivided) มีจำนวนจุดเชื่อมทาง (Access Point) อยู่ระหว่าง 4 ถึง 6 จุดมีความกว้างของช่องจราจรหนึ่งช่องจราจรกว้าง 3 เมตร ความกว้างไหล่ทาง 1-1.5 เมตร

จากการสำรวจข้อมูลสามารถนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของหน่วยงานต่างๆ คือ กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท(ทางชั้น3) กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย ดังแสดงในตารางที่ 4 ข้อมูลที่จะนำมาเปรียบเทียบคือ ความกว้างผิวจราจร ความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทาง และ จำนวนช่องจราจร

ความกว้างผิวจราจร กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท ไม่มี การกำหนดเกณฑ์ไว้ ส่วนกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 18 เมตร ผลการเก็บข้อมูลถนนในเขตเทศบาลมีความกว้าง 12-15 เมตร หากเทียบกับเกณฑ์ของกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น ถือว่าต่ำกว่ามาตรฐาน

ความกว้างช่องจราจร กรมทางหลวงกำหนดกว้าง 3-3.5 เมตร กรมทางหลวงชนบทและกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นกำหนดไม่น้อยกว่า 3 เมตร ผลการเก็บข้อมูลในเขตเทศบาล ได้ความกว้างเฉลี่ย 3.00 เมตร ถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์ทั้ง 3 หน่วยงาน

ความกว้างไหล่ทาง กรมทางหลวงกำหนดกว้าง 2.5 เมตร กรมทางหลวงชนบท กำหนดไม่น้อยกว่า 1 เมตร กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กำหนดไม่น้อยกว่า 3 เมตร แต่ไม่ควรน้อยกว่า 1.5 เมตร ผลการเก็บข้อมูลในเขตเทศบาล ได้ความกว้างเฉลี่ย 1-1.5 เมตร ผ่านเกณฑ์ของกรมทางหลวงชนบท

จำนวนช่องจราจร กรมทางหลวงและกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย ไม่ได้กำหนดจำนวนช่องจราจรไว้ กรมทางหลวงชนบทกำหนดไม่น้อยกว่า 1 ช่องต่อทิศทาง ผลการสำรวจข้อมูลถนนในเขตเทศบาลมี 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง ผ่านเกณฑ์ของกรมทางหลวงชนบท

จากข้อมูลลักษณะทางกายภาพที่ได้ทำการสำรวจ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากหน่วยงานอื่นๆ พบว่า ค่าลักษณะทางกายภาพโดยรวมยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของหน่วยงานอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นผล

เนื่องจากเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ตั้งอยู่บนเขตเมืองเก่า จึงเป็นผลมีความกว้างผิวจราจรที่แคบ เพราะไม่ได้มีการวางแผนความกว้างของผิวทางจราจรแต่ในอดีต ดังนั้น หากจะมีการปรับขยายถนนให้ตรงตามมาตรฐานหน่วยงานต่างๆ อาจส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ประชาชนโดยตรง ซึ่งสิ่งที่สามารถทำได้คือ การคิดเส้นแบ่งช่องจราจรให้ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งอาจจะกระทบต่อความกว้างของไหล่ทางที่จะต้องแคบลง แต่ก็เพียงพอสำหรับการสัญจรของยานพาหนะ

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะทางกายภาพ

	กรมทางหลวง	กรมทางหลวงชนบท	กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น	ผลการเก็บข้อมูล
ความกว้างผิวจราจร	-	-	ไม่น้อยกว่า 18 เมตร	12-15 เมตร
ความกว้างช่องจราจร	3-3.5 เมตร	ไม่น้อยกว่า 3 เมตร	ไม่น้อยกว่า 3 เมตร	3.00 เมตร
ความกว้างไหล่ทาง	2.5 เมตร	ไม่น้อยกว่า 1 เมตร	ไม่น้อยกว่า 3 เมตร แต่ไม่ควรน้อยกว่า 1.5 เมตร	1-1.5 เมตร
จำนวนช่องจราจร	-	ไม่น้อยกว่า 1 ช่องต่อทิศทาง	-	2 ช่องต่อทิศทาง

7. ข้อเสนอแนะ

ลักษณะทางกายภาพของถนนนั้นสามารถนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์วางแผนสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจราจรของเทศบาลนครเชียงใหม่ได้ เช่น การวางแผนการขยายถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ การวางแผนจัดการจราจร การสร้างมาตรการควบคุมการจราจรในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประกาศกรมทางหลวงชนบท เรื่อง มาตรฐาน และลักษณะของทางหลวง ที่จอดรถ ระยะแนวคันไม้ และเสาพาดสายเดียวกับทางหลวงท้องถิ่น. 18 ตุลาคม 2550. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 124 ตอนพิเศษ 158 ง.
- [2] มาตรฐานชั้นทาง กรมทางหลวง. (ออนไลน์). http://www.doh.go.th/showlist.aspx?c_id=5&sc_id=. (วันที่สืบค้น 15 มกราคม 2555)
- [3] มาตรฐานถนน ทางเดิน และทางเท้า กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย. (ออนไลน์). http://www.thailocaladmin.go.th/work/e_book/eb1/1_6.pdf. (วันที่สืบค้น 15 มกราคม 2555)

- [4] Greenberg, H. (1959) An Analysis of Traffic Flows, *Operations Research Society of America*, Washington DC, Vol.7.
- [5] Greenshields, B. (1934) A Study of Traffic Capacity, *Proceeding of the Highway Research Board*, Transportation Research Board, Washington DC.
- [6] Roger P.R., Elena S.P. and William R.M. (2004) *Traffic Engineering*, Third Edition. Peason Education, Print in the United State of America.
- [7] Transportation Research Board. (2000) *Highway Capacity Manual*. National Research Council, Washington D.C.

**การวิเคราะห์ต้นทุนและความสูญเสียจากการขนส่งสินค้าเกษตร
กรณีศึกษา ผักกะหล่ำปลี จังหวัด เชียงใหม่**

**COST AND WASTE ANALYSIS OF AGICULTURAL PRODUCTS TRANSPORTATION:
CASE STUDY OF CABBAGE IN CHAING-MAI AREA**

หมายเลขบทความ: SCS12-033

ชุตินพงศ์ มัธยมกุล¹, สมพงษ์ สิริโสภณศิลป์²

Chutipong Muttayakul, Sompong Sirisoponsilp

¹ นิสิตปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Email: ab_be_am@hotmail.com

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Email: sompong.si@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักกะหล่ำปลีของผู้ผลิตและผู้ค้าส่ง อีกทั้งศึกษากิจกรรมการขนส่งผักกะหล่ำปลีเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นในกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการคิดคำนวณต้นทุนรวมเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการขนส่งในแต่ละกรณี ประกอบด้วยกรณีที่มีบรรจุภัณฑ์และไม่มีบรรจุภัณฑ์ขณะทำการขนส่งผักกะหล่ำปลี ซึ่งทั้ง 2 กรณีนี้มีความแตกต่างในด้านความเสียหายของผลผลิตและอัตราประโยชน์ในการใช้รถ ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อกำไรและต้นทุนที่ต่างกัน ตลอดจนศึกษาวิธีลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น ผลจากการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างระหว่างต้นทุนและความสูญเสียของผักกะหล่ำปลีที่เกิดขึ้นจากการขนส่งผักกะหล่ำปลีแบบไม่มีบรรจุภัณฑ์ กับ การขนส่งผักกะหล่ำปลีแบบมีการบรรจุภัณฑ์

คำสำคัญ: ความสูญเสีย, การขนส่ง, การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว, ต้นทุนรวม

Abstract

The purpose of this research is to study the post-harvesting managing process of cabbage manufacturers and contributors, and the transportation activity of cabbage, in order to analyze the capital cost and the total anticipated waste. During the case study, calculation of Total Cost is conducted as the methodology to analyze the capital according to each transporting activity; classified as two; 1) with packaging during the transportation and 2) without packaging during the transportation. These two are found different in bringing about the results of vehicle damage and utilities, which affect the varying capital and interest. Also, this research aims to seek for the appropriate ways to decrease the mentioned damage. After the study, it is found, in accordance with both with-packaging and without-packaging transporting activities, that there are directly differences in the proportion between their capital cost and waste.

Keyword: waste, transportation, post-harvesting managing process, Total Cost

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม สินค้าเกษตรถือได้ว่าเป็นภาคส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดรายได้หลักอย่างหนึ่งเข้าสู่ประเทศอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการสร้างมาตรฐานให้แก่สินค้าเกษตรจึงมีความสำคัญ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าทั้งภายในและต่างประเทศ การขนส่งสินค้าถือเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพสินค้า เนื่องจากการขนส่งที่มีประสิทธิภาพต้องไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย และเสื่อมคุณภาพของสินค้าเมื่อถึงจุดหมายปลายทาง การนำระบบโลจิสติกส์มาใช้ในการจัดการสินค้า เป็นการช่วยสร้างมาตรฐานสินค้าเกษตรให้ดียิ่งขึ้น โดยในการดำเนินการเกี่ยวกับระบบโลจิสติกส์ภาคการเกษตรนั้น จะเน้นในเรื่องการลดความเสียหายของสินค้าเกษตรก่อนถึงตลาดปลายทางเพื่อให้มีปริมาณตรงตามความต้องการที่ถูกต้อง ซึ่งเน้นในเรื่องกระบวนการด้านการจัดการที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนการผลิต เช่น การคัดแ่งส่วนที่เน่าเสียก่อนจะทำการขนส่งไปยังตลาดปลายทาง การบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยรักษาคุณภาพของสินค้าไม่ให้เสียหายเนื่องจากปัจจัยสภาพแวดล้อมระหว่างการขนส่ง และการขนส่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิจนถึงมือผู้ที่เกี่ยวข้องในภาคการเกษตรในแต่ละขั้นตอน อาจจะมีรูปแบบการขนส่งที่มีความเหมาะสม แต่ส่วนใหญ่แล้วการขนส่งสินค้าเกษตรภายในประเทศก็ยังใช้รูปแบบการขนส่งทางถนนเป็นหลักโดยมุ่งเป้าหมายปลายทางอย่างรวดเร็ว และสามารถลดต้นทุนการผลิตทั้งเกษตรกร ผู้ค้า ผู้ประกอบการ และผู้บริโภค แน่นอนว่าการขนส่งสินค้าก็ต้องการที่จะบรรทุกในปริมาณมากเพื่อให้ได้รายได้ที่มากตาม เนื่องจากราคาต่อกิโลกรัมของผลผลิตทางการเกษตรนั้นค่อนข้างต่ำ ทำให้มีการบรรทุกในปริมาณที่มาก จากการศึกษาราคาต่อกิโลกรัมที่เกษตรกรขายได้ พบว่า ในปี พ.ศ. 2553 ผักกะหล่ำปลีมีราคาขายเฉลี่ย 5.34 บาทต่อกิโลกรัม (ระบบสารสนเทศการผลิตด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร) ซึ่งเป็นราคาที่ต่ำกว่าผักชนิดอื่นๆเมื่อเปรียบเทียบราคา (บาทต่อกิโลกรัม) อีกทั้งผักกะหล่ำปลียังมีปริมาณของผลผลิตที่สูงอีกด้วย ประกอบกับน้ำหนักต่อหัวกะหล่ำปลีค่อนข้างมาก ขนาดใหญ่ ทำให้ต้องมีการบรรทุกในปริมาณที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อก่อให้เกิดรายได้มากที่สุด ส่งผลกระทบให้เกิดความเสียหายเนื่องจากการบรรทุกที่ตามมา

ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาวเคราะห์ต้นทุนและความสูญเสียจากการขนส่งสินค้าเกษตร โดยวิธีการกำจัดความสูญเสียอันเนื่องมาจากกระบวนการจากการขนส่งผักกะหล่ำปลี ที่ส่งผลต่อความเสียหายของผักกะหล่ำปลี เพื่อประโยชน์แก่เกษตรกรผู้เพาะปลูก ผู้ค้า ผู้ขนส่งและผู้ซื้อ โดยการศึกษานี้จะทำการสำรวจข้อมูลจากระดับพื้นที่เพาะปลูก ขนส่งมายังร้านค้าปลีก

1.1 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผู้ผลิตและผู้ค้าส่งผักกะหล่ำปลี
2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาต้นทุนและความสูญเสียรวมในกระบวนการขนส่งผักกะหล่ำปลีจากกรณีศึกษา
3. เพื่อศึกษาวิธีการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขนส่งผักกะหล่ำปลี

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เลือกทำการศึกษากการขนส่งผักกะหล่ำปลีกรณีศึกษาของมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้มากที่สุดในประเทศไทย ประมาณ 26 ล้านต้นต่อปี (ระบบสารสนเทศการผลิตด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร ปี 53) โดยโครงการหลวงเป็นองค์กรที่มีการรับผลผลิตมาจากเกษตรกรที่เพาะปลูกผักกะหล่ำปลี แล้วนำมาคัดแ่ง ถัดเกรดและบรรจุภัณฑ์ เพื่อทำการกระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีกปลายทาง ดังนั้นการศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์ต้นทุนรวมและความสูญเสียจากการขนส่งผักกะหล่ำปลีระหว่างรถที่มีการบรรจุภัณฑ์ผักกะหล่ำปลีกับ รถที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ผักกะหล่ำปลีของเกษตรกรจากนั้นเปรียบเทียบต้นทุนและความสูญเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งหาการใช้ประโยชน์ของรถเกษตรกร

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ต้นทุนค่าขนส่ง หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือบริการ ความต้องการที่แตกต่างกันของลูกค้าทำให้มีค่าขนส่งที่แตกต่างกัน รวมไปถึง ระยะทาง ปริมาณสินค้าหรือบริการ ยานพาหนะที่ใช้ในกระบวนการขนส่ง

ต้นทุนการขนส่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ และ ต้นทุนแปรผัน โดยมีรายละเอียดดังนี้ (พรชัย, 2545)

ต้นทุนคงที่ (Fix Cost) หมายถึง ต้นทุนที่จำนวนรวมคงที่ไม่ผันแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมการขนส่ง ประกอบไปด้วย

- ต้นทุนการซื้อรถบรรทุกในการขนส่ง
- ต้นทุนภาษีป้ายทะเบียนรถ
- ต้นทุนประกันภัย
- ต้นทุนค่าใช้จ้างสำนักงาน

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) หมายถึง ต้นทุนที่จำนวนรวมผันแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมการขนส่ง ประกอบไปด้วย

- ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

- ต้นทุนค่าน้ำมันหล่อลื่น
- ต้นทุนค่าบำรุงรักษาขบวนรถบรรทุก
- ต้นทุนค่าจ้างพนักงานขับรถและพนักงานผู้ช่วย

Idah, Ajisegiri และ Yisa (2007) ได้ทำการศึกษาการจัดการและการขนส่งผักและผลไม้ในประเทศไนจีเรีย งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินยานพาหนะต่างๆ และบรรจุภัณฑ์ใช้ในการกระจายผักและผลไม้สด ซึ่งผลที่ได้จากการสำรวจโดยแบบสอบถามเพื่อประเมินยานพาหนะ พบว่า รถบรรทุกขนาด 10 ล้อมีโครงเหล็กสูงด้านข้างเป็นรถที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากบรรจุสินค้าได้มาก และมีการระบายอากาศได้ดี ส่วนผลที่ได้จากการสำรวจโดยแบบสอบถามเพื่อประเมินบรรจุภัณฑ์ใช้ในการกระจายผักและผลไม้สด พบว่า ตะกร้าหรือเข่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้ แต่การบรรจุด้วยตะกร้าหรือเข่งนี้ก็ยังส่งผลกระทบต่อความเสียหายของผู้ขนส่งได้จากการปรับปรุงลดแรงกดทับเนื่องจากน้ำหนักโดยใช้ไม้กันระหว่างชั้นของผลผลิต

Saichol (1988) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนก่อนการบรรจุหีบห่อผักสดลงในภาชนะบรรจุภัณฑ์ ณ แหล่งผลิต โดยใช้กรณีศึกษาโครงการหลวงห้วยลึก จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อแสดงถึงผลดีของการคัดแต่งก่อนการบรรจุในภาชนะ กล่าวคือ จากการคัดแต่งใบทั้งก่อนบรรจุนั้นจะช่วยลดทั้งน้ำหนักของผักขนาดขนส่ง ได้ปริมาณผลผลิตสูงสุดขณะขนส่งมากกว่าการไม่คัดแต่งใบก่อนขนส่ง ลดต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์ อีกทั้งยังช่วยลดจำนวนแรงงานในการคัดแต่ง ณ จุดคัดและบรรจุภัณฑ์ปลายทาง

จากผลการทดลองพบว่า หั้วผักกาดที่มีการคัดแต่งใบและห่อด้วยฟิล์มแบบยืดบรรจุในลังพลาสติกแบบพับได้ มีความเสียหายทางกายภาพน้อยกว่าหั่วผักกาดที่มีการคัดแต่งใบห่อด้วยหนังสือพิมพ์บรรจุในลังพลาสติกแบบพับได้ ส่วนหั่วผักกาดที่บรรจุในลังสานไม้ไผ่แล้วห่อด้วยหนังสือพิมพ์ โดยไม่มีการคัดแต่งใบก่อน มีความเสียหายทางกายภาพมากที่สุด

ระบบ Lean Logistics หมายถึง ระบบบริหารจัดการให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าแบบทันที โดยเน้นประสิทธิภาพสูงสุด ระบบจะมุ่งเน้นการไหลของงานเป็นหลัก โดยกำจัดความสูญเสีย ต่างๆของงานและเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า ความสูญเสียของงานประกอบด้วยความสูญเสีย 7 ประการ (Shingo และ Ohno) ได้แก่ เนื่องจาก การผลิตที่มากเกินไป, จากการเก็บวัสดุคงคลัง, จากการขนส่ง, จากการเคลื่อนไหว, จากกระบวนการผลิต, จากการรอคอย, จากการผลิตของเสีย

Hines และ Rich (2000) ได้กล่าวถึงเครื่องมือ Value Stream Mapping ว่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการค้นหาเพื่อระบุ ส่วนที่ดำเนินการแล้วเปล่าประโยชน์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการใช้เวลาที่มาก

เกินไป ต้นทุนที่สูง รวมไปถึงคุณภาพของสินค้าและบริการที่ต่ำด้วย โดยสามารถแบ่งลักษณะกิจกรรมออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

- กิจกรรมเพิ่มคุณค่า (Value-Add Activities)
- กิจกรรมไม่เพิ่มคุณค่า (Non Value-Add Activities)
- กิจกรรมไม่เพิ่มคุณค่าที่จำเป็น (Necessary but Non Value Added Activities)

Villarreal และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาการจัดการความสูญเสียที่เกิดจากการขนส่ง โดยกรณีศึกษาการกระจายสินค้าอาหารแช่แข็ง ภายในประเทศเม็กซิโก ประกอบด้วยโครงข่ายจากโรงงานผลิตไปส่งยังศูนย์กระจายสินค้ากลาง และส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้าระดับภูมิภาค จากนั้นส่งสินค้าไปยังร้านค้าปลีกเป็นลำดับสุดท้าย ซึ่งจะพิจารณาเพียงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศเม็กซิโกเท่านั้น

บริษัทมีกลยุทธ์ที่จะมุ่งไปที่เป้าหมายการลดค่าใช้จ่ายที่สำคัญตลอดการดำเนินการ โดยเฉพาะต้นทุนในการกระจายสินค้าที่เพิ่มขึ้นให้ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 10 ความสูญเสียที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ของกองรถบรรทุกต่ำ พบว่ามีการขนส่งสินค้า ส่วนเกิน 2 คัน หลังจากมีการกำหนดงานใหม่จึงกำหนดให้วิ่งในพื้นที่ภูมิภาคอื่นแทน ความสูญเสียที่เกิดจากเวลารอคอยที่โรงงานผลิตนาน เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการรอคอยภาชนะสูง และการใช้ประโยชน์ในการบรรจุที่ต่ำของภาชนะ เป็นต้น ดังนั้นทางบริษัทจึงมีการปรับปรุงพัฒนาความสูญเสียดังกล่าว เช่น การลดเวลารอคอยที่โรงงานผลิตโดยมีการประสานงานระหว่างโรงงานและผู้ขนส่ง กำหนดเวลาการมาถึงของภาชนะบรรจุเปล่า การพัฒนาความสามารถของบรรจุภัณฑ์

จากการลดการสูญเสียที่กล่าวไป ปัจจุบัน จำนวนเที่ยวของผู้รับจ้างขนส่งลดลงจากร้อยละ 78 เหลือเพียงร้อยละ 21 โดยเป็นผลมาจากการลดเวลารอคอยภาชนะบรรจุ และการจัดการยานพาหนะส่วนเกิน

3. วิจัยดำเนินงานวิจัย

3.1 วิธีการเก็บข้อมูล

ใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและบันทึกจากเอกสาร ในส่วนของความเสียหายของผักกะหล่ำปลีจากการขนส่งได้ทำการเก็บข้อมูลโดยการชั่งน้ำหนัก ณ ศูนย์คัดบรรจุผลผลิตโครงการหลวงทุ่งหลวง

3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว จากนั้นได้วิเคราะห์กิจกรรมที่เกิดขึ้นตั้งแต่แปลงปลูกผักของเกษตรกร จนกระทั่ง เกษตรกรผู้เพาะปลูกมาส่งผักกะหล่ำปลีและทำการคัดคัด

แต่ง ณ ศูนย์คัดสรรจูนนิธิโครงการหลวงทุ่งหลวง เพื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้น รายละเอียดของกิจกรรมของเกษตรกรรมดังนี้

3.2.1 กิจกรรมการเพาะปลูก

เกษตรกรซื้อปัจจัยการผลิตจากศูนย์คัดสรรจูนนิธิโครงการหลวงทุ่งหลวงไป ทำการเตรียมดินเพื่อเพาะปลูก ดูแลรักษาผลผลิต เก็บเกี่ยวผลผลิต

3.2.2 กิจกรรมการขนย้ายผลผลิต

เกษตรกรจะจ้างบุคคลในพื้นที่เพื่อมาช่วยในการเก็บเกี่ยวผักกะหล่ำปลีในเวลาเช้า และลำเลียงผักกะหล่ำปลีขึ้นสู่รถบรรทุกกระบะ 4 ล้อที่จอดรอบริเวณไหล่ทาง

3.2.3 กิจกรรมการขนส่งมายังศูนย์คัดสรรจูน

เกษตรกรเดินทางมาส่งผลผลิตยังศูนย์คัดสรรจูนนิธิโครงการหลวงทุ่งหลวง โดยมีเจ้าหน้าที่ในการคัดคัดแต่ง และชั่งน้ำหนักต่อไปซึ่งในการศึกษานี้ได้คำนวณต้นทุนรวมของเกษตรกร โดยแบ่งเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน อันประกอบไปด้วย ต้นทุนแปรผัน ได้แก่ ต้นทุนการเพาะปลูก ต้นทุนการจัดซื้อปัจจัยการผลิต ต้นทุนการขนย้ายผลผลิต ส่วนต้นทุนค่าขนส่งมายังศูนย์คัดสรรจูนจะแบ่งเป็นต้นทุนคงที่กับต้นทุนแปรผัน ต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเสื่อมราคารถ ค่าภาษีรถ ค่าประกันภัยรถ เป็นต้น ส่วนต้นทุนแปรผัน ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าบำรุงรักษารถ เป็นต้น การคำนวณต้นทุนรวมดังกล่าวจะกำหนดให้อยู่ในรูปของหน่วยบาทต่อเดือนเพื่อความสะดวกในการคำนวณต้นทุนในขั้นตอนต่อไป โดยรายละเอียดการคำนวณจะแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\text{Total Cost} = \text{Production Cost} + \text{Procurement Cost} + \text{Material Handling Cost} + \text{Transport Cost} + \text{Package Cost} \quad (1)$$

Total Cost = ต้นทุนรวม (บาท)

Production Cost = ต้นทุนการเพาะปลูก (บาท)

Procurement Cost = ต้นทุนการจัดซื้อปัจจัยการผลิต (บาท)

Material Handling Cost = ต้นทุนการขนย้าย (บาท)

Transport Cost = ต้นทุนค่าขนส่ง (บาท)

Package Cost = ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ (บาท)

จากสมการดังกล่าวสามารถแสดงการคำนวณของต้นทุนแต่ละประเภทได้ดังนี้ หน่วย (บาท / กิโลกรัม)

$$\text{ต้นทุนการเพาะปลูก} = (\text{ค่ายากำจัดศัตรูพืช} + \text{ค่าปุ๋ย} + \text{ค่ายากำจัดวัชพืช}) / (\text{ขนาดพื้นที่เพาะปลูก} \times \text{จำนวนผลผลิตต่อไร่}) \quad (2)$$

$$\text{ต้นทุนการจัดซื้อปัจจัยการผลิต} = (\text{ระยะทางไป-กลับ} \times \text{ราคาน้ำมัน} \times \text{จำนวนเที่ยว}) / (\text{อัตราการใช้เชื้อเพลิง} \times \text{ขนาดพื้นที่เพาะปลูก} \times \text{จำนวนผลผลิตต่อไร่}) \quad (3)$$

$$\text{ต้นทุนการขนย้าย} = (\text{จำนวนแรงงาน} \times \text{ค่าจ้างต่อครั้ง}) / \text{จำนวนผลผลิตต่อไร่} \quad (4)$$

$$\text{ต้นทุนค่าขนส่ง} = \text{ค่าเสื่อมราคารถ} + \text{ค่าภาษี} + \text{ค่าประกันภัย} + \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} + \text{ค่าบำรุงรักษา} \quad (5)$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคารถ} = (\text{มูลค่ารถ} - \text{ราคาซาก}) / (\text{อายุการใช้งาน} \times \text{จำนวนเที่ยวที่ส่งผักกะหล่ำปลี} \times \text{จำนวนผลผลิตต่อเที่ยว}) \quad (6)$$

$$\text{ค่าภาษี} = \text{ต้นทุนต่อเดือน} / (\text{จำนวนเที่ยวที่ส่งผักกะหล่ำปลี} \times \text{จำนวนผลผลิตต่อเที่ยว}) \quad (7)$$

$$\text{ค่าประกันภัย} = 62.5 \text{ บาทต่อเดือนต่อคัน} / (\text{จำนวนเที่ยวที่ส่งผักกะหล่ำปลี} \times \text{จำนวนผลผลิตต่อเที่ยว}) \quad (8)$$

$$\text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} = (\text{ราคาน้ำมัน} \times \text{ระยะทางไป-กลับ} \times \text{จำนวนเที่ยว}) / (\text{อัตราการใช้เชื้อเพลิง} \times \text{จำนวนเที่ยวที่ส่งผักกะหล่ำปลี} \times \text{จำนวนผลผลิตต่อเที่ยว}) \quad (9)$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = (\text{ค่าสึกหรอยาง} + \text{ค่าน้ำมันเครื่อง} + \text{ค่าผ้าเบรก} + \text{ค่าใช้จ่ายซ่อมแซมอื่นๆ}) / (\text{จำนวนเที่ยวที่ส่งผักกะหล่ำปลี} \times \text{จำนวนผลผลิตต่อเที่ยว}) \quad (10)$$

การศึกษานี้จะแบ่งประเภทรถบรรทุกผักกะหล่ำปลีของเกษตรกรออกเป็น 2 กรณี เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนรวมและความสูญเสียที่เกิดขึ้น ทั้งความเสียหายของผักกะหล่ำปลีและเวลาในการใช้ประโยชน์รถ โดยจะแบ่งเป็น กรณีที่รถบรรทุกกระบะขนาด 4 ล้อขนส่งผักกะหล่ำปลีแบบไม่ใส่บรรจุภัณฑ์ (เรียงหมอน) และกรณีที่

รถบรรทุกกระบะขนาด 4 ล้อ ขนส่งผักกะหล่ำปลีแบบใส่บรรจุภัณฑ์ กรณีที่ใส่บรรจุภัณฑ์นี้จะมีทั้งลังพลาสติกและถุงพลาสติกใส ซึ่งโดยส่วนใหญ่เกษตรกรไม่นิยมใส่บรรจุลังพลาสติกเนื่องจากคิดว่าถ้าบรรจุในลังพลาสติกจะมีปริมาณน้ำหนักที่ต่ำ หากมีการบรรจุภัณฑ์จะทำให้ส่วนของต้นทุนรวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากในงานวิจัยนี้จากการสำรวจข้อมูลพบว่า เกษตรกรได้นำลังพลาสติกของศูนย์คัดบรรจุกลับไปเพื่อบรรจุผักกะหล่ำปลีแล้วนำกลับมาส่งคืนในวันต่อไปที่มีการส่งผักกะหล่ำปลีให้กับศูนย์คัดบรรจุ มีเพียงเกษตรกร 1 รายที่บรรจุผักกะหล่ำปลีในถุงพลาสติกมาส่งยังศูนย์คัดบรรจุ จากนั้นจะเปรียบเทียบเวลาในช่วงการคัดคัดแต่งและลำเลียงกะหล่ำปลีขึ้นรถบรรทุกกระบะ 4 ล้อของทั้ง 2 กรณีเพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างทางด้านเวลา

ส่วนสุดท้ายจะทำการศึกษาการใช้ประโยชน์ของรถกระบะบรรทุก 4 ล้อของเกษตรกรเพื่อนำมาคิดคำนวณค่าเสื่อมราคาของตัวรถจากการไม่ได้ใช้งานของเกษตรกร

4. ผลการสำรวจและดำเนินงานวิจัย

จากการเก็บข้อมูล เกษตรกร 6 รายพบว่าแต่ละรายมีต้นทุนในแต่ละส่วนไม่เท่ากัน พร้อมทั้งความสูญเสียของผักกะหล่ำปลีที่ไม่เท่ากัน โดยจะแบ่งเป็นกรณีไม่มีบรรจุภัณฑ์ในการขนส่งและมีบรรจุภัณฑ์ในการขนส่งผักกะหล่ำปลี ซึ่งจะแสดงให้เห็นข้อมูลทั่วไปของส่วนเกษตรกรดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร
ไม่มีบรรจุภัณฑ์ในการขนส่ง

เกษตรกร	จำนวน (คัน)	จำนวนเที่ยว ต่อวัน	ระยะทาง (กิโลเมตร)	เวลาที่ ใช้ เดินทาง (ชั่วโมง)	เวลาที่ ใช้ ขึ้น ของ (ชั่วโมง)
A	1	1	28	1	5
B	2	1	40	2	5
C	1	1	5	0.25	5
D	1	1	6	0.33	3
E	1	1	7	0.33	5
F	1	1	35	2	3

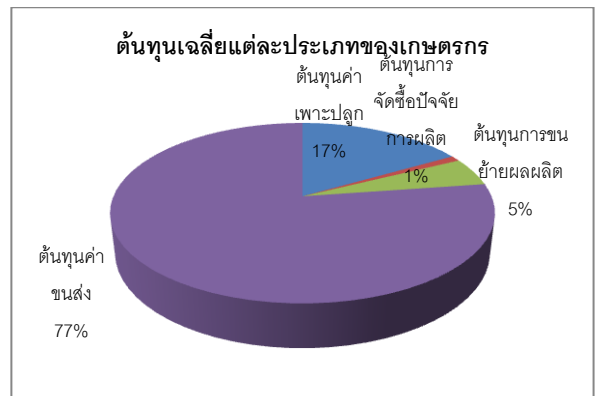
จากตารางพบว่า เกษตรกร B มีระยะทางห่างจากศูนย์คัดบรรจุผลผลิตโครงการหลวงทุ่งหลวงมากที่สุด โดยเกษตรกรรายนี้มีการใช้รถบรรทุกกะหล่ำปลีจำนวน 2 คัน และเกษตรกร C อยู่ใกล้มาก

ที่สุด จำนวนเวลาที่ใช้ในการขึ้นของประมาณ 3-5 ชั่วโมง โดยทุกรายมีการส่งผักกะหล่ำปลี 1 เที่ยวต่อวัน

เมื่อทำการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรทั้ง 6 ราย ทำให้ทราบถึงต้นทุนในส่วนต่างๆที่กล่าวไปในบทก่อน ซึ่งข้อมูลการเพาะปลูกได้ถูกไต่ถามไต่สวนที่ประวัติของเกษตรกรจากศูนย์คัดบรรจุผลผลิตโครงการหลวง การคำนวณต้นทุนรวมจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี

4.1 กรณีรถบรรทุกกระบะ 4 ล้อไม่มีบรรจุภัณฑ์กะหล่ำปลี

ต้นทุนที่ได้นำมาคำนวณเป็นต้นทุนเฉลี่ยจากเกษตรกรทั้ง 6 รายที่อยู่ในพื้นที่ห่างจากศูนย์คัดบรรจุผลผลิตโครงการหลวงทุ่งหลวงระยะทางจาก 1-40 กิโลเมตร ประกอบด้วยต้นทุนการเพาะปลูก ต้นทุนการจัดซื้อปัจจัยการผลิต ต้นทุนค่าขนย้ายผักกะหล่ำปลี และต้นทุนค่าขนส่ง จะไม่มีต้นทุนในส่วนของการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งผลที่ได้จะแสดงดังตารางด้านล่างต่อไปนี้

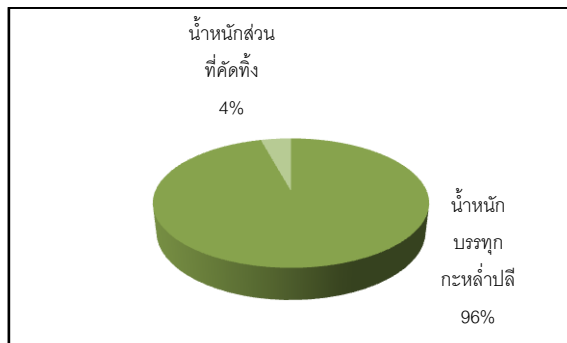


รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงสัดส่วนต้นทุนแต่ละประเภท (บาท/กิโลกรัม)

จากแผนภูมิมองรวมสามารถทำให้ทราบว่าต้นทุนขนส่งเป็นต้นทุนที่มีผลอย่างมากต่อการเพาะปลูกและค้าขายของเกษตรกรถึงร้อยละ 77 ของต้นทุนรวมทั้งหมด

ตารางที่ 2 แสดงน้ำหนักบรรทุกทุกกะหาล่าปี้
และน้ำหนักส่วนที่คีดทิ้งของเกยตรกรแต่ละราย

เกยตรกร	น้ำหนักบรรทุก กะหาล่าปี้ (กิโลกรัม)	น้ำหนักส่วนที่คีด ทิ้ง (กิโลกรัม)	คีดเป็น เปอร์เซ็นต์
A	2066.00	99.50	4.82
B	2145.50	96.50	4.50
	2192.50	78.50	3.58
C	1675.50	49.00	2.92
D	1889.00	56.00	2.96
E	1745.50	56.50	3.24
F	1629.50	154.50	9.48



รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงสัดส่วนระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกะหาล่าปี้
กับ น้ำหนักส่วนที่คีดทิ้ง

จากแผนภูมิวงกลมดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า ส่วนผักกะหาล่าปี้ที่คีดทิ้งมีเพียงร้อยละ 4 โดยเฉลี่ยที่เกิดจากความเสียหายจากการขนส่งผักกะหาล่าปี้ทั้งหมดของเกยตรกร 6 ราย

จากตารางพบว่า เกยตรกรราย F มีความเสียหายของผักกะหาล่าปี้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเกยตรกรแต่ละราย และมีน้ำหนักบรรทุกต่ำที่สุด จากการแสดงผลในรูปแบบตารางที่ผ่านมาเป็นเพียงจำนวน 1 เทียวต่อเดือนเมษายน พ.ศ.2555 แต่จะมีเกยตรกรบางรายขนส่งกะหาล่าปี้โดยไม่ได้รับบรรจุในลังพลาสติกได้แก่ เกยตรกร B D ด้วยรถ 2 คัน คันแรกส่ง 3 วัน และคันที่สองส่ง 2 วัน วันละเทียวทั้ง 2 คัน ส่วนเกยตรกรราย D ส่ง 2 วัน วันละเทียว ซึ่งจะแสดงน้ำหนักบรรทุกทุกและส่วนที่คีดทิ้งของกะหาล่าปี้ให้เห็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แสดงน้ำหนักบรรทุกและจำนวนวันที่มาส่งของเกยตรกร
ราย B และ D

เกยตรกร	คันที่	น้ำหนักบรรทุกผักกะหาล่าปี้(กิโลกรัม)		
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
B	1	2145.50	2605.00	2571.50
	2	2192.50	2283.50	-
D	1	1816.50	1889.00	1851.00

ตารางที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนที่คีดทิ้งของผักกะหาล่าปี้
เกยตรกรราย B และ D

เกยตรกร	คันที่	เปอร์เซ็นต์ส่วนที่คีดทิ้ง		
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
B	1	4.50	6.14	2.06
	2	3.58	4.31	-
D	1	2.06	2.96	3.00

เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นของเกยตรกรประกอบด้วย เวลาการเก็บเกี่ยว เวลาลำเลียงผักกะหาล่าปี้จากแปลงสู่รถกระบะ 4 ล้อ เวลาการขึ้นของ เวลาในการเดินทาง เวลาในการคีดคีดแต่งกะหาล่าปี้ ที่กล่าวมานี้เป็นเวลาที่เกิดในกระบวนการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งส่งมอบผลผลิต เวลาเก็บเกี่ยว ลำเลียงและขึ้นของโดยเฉลี่ยของเกยตรกรทั้ง 6 รายประมาณ 4 ชั่วโมง 25 นาที เวลาที่ใช้มากที่สุดคือเวลาช่วงการขึ้นของเนื่องจากต้องจัดเรียงผลผลิตในกระบะรถบรรทุก 4 ล้อ ส่วนเวลาที่เกยตรกรมารอคอยการคีดคีดแต่งใช้เวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 20 นาทีเนื่องจากรวมเวลาในการพักของพนักงานคีดแต่ง ซึ่งจะแสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 แสดงเวลาแต่ละกิจกรรมของเกยตรกรทั้ง 6 ราย

เกยตรกร	เวลา (ชั่วโมง)		
	เก็บเกี่ยว+ลำเลียง+ขึ้นของ	เวลาเดินทาง	เวลาคีดคีดแต่ง
A	5	1	2.82
B	5	2	2.74
	5	2	2.50
C	5	0.25	2.33
D	3	0.33	1.65
E	5	0.33	2.99
F	3	2	1.99

4.2 กรณีรถบรรทุกกระบะ 4 ล้อที่มีบรรจุภัณฑ์กะหล่ำปลี

เนื่องจากกรณีนี้มีความยากในการจัดเก็บข้อมูลเนื่องจากต้องจ้างเกษตรกรให้มีการนำกะหล่ำปลีบรรจุลงพลาสติกขณะขนส่งเป็นรายคนทำให้ได้ข้อมูลเกษตรกร 5 รายประกอบด้วย เกษตรกร A D C E และ F โดยเกษตรกร A D C E บรรจุลงพลาสติกส่วนเกษตรกร F บรรจุลงพลาสติก เกษตรกรราย E และ F มีการคัดคัดแต่งหลังจากการขนส่งส่วนที่เหลือมีการคัดคัดแต่งก่อนการขนส่ง เกษตรกรทุกรายขนส่งแบบมีบรรจุภัณฑ์จำนวน 1 เทียว ในกรณีนี้ ต้นทุนที่มีความแตกต่างจากกรณีแรก ได้แก่ ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ ต้นทุนความเสียหายของผักกะหล่ำปลี อร์รถประโยชน์ทางด้านเวลาการใช้รถที่อาจจะส่งผลต่อต้นทุนค่าขนส่ง กรณีนี้ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ของเกษตรกรราย A C D E ไม่เสียเนื่องจากมีการรับลงพลาสติกกลับไปในวันที่มาส่งผักส่วนเกษตรกรราย F มีการใส่ถุงบรรจุภัณฑ์เอง ราคาถุงพลาสติกทั้งหมด 180 บาท เป็นต้นทุนของเกษตรกรราย F ส่วนเกษตรกรที่บรรจุลงพลาสติกสามารถใส่ได้เพียง 60 ลังเท่านั้น เนื่องจากทำให้รถเกิดการสั่นไหวขณะขับขึ้นเพราะความสูงของลัง ต่อไปจะแสดงสมการที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนความเสียหายของผักกะหล่ำปลีกับต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์ในหน่วย (บาท/กิโลกรัม)

ต้นทุนความเสียหายของผักกะหล่ำปลี = (จำนวนผลผลิตที่คัดทิ้ง x ราคาซื้อขายของผลผลิต ณ เวลานั้น) / จำนวนผลผลิตต่อเที่ยว (11)

ต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์ = ราคาบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดที่ใช้ต่อเที่ยว / จำนวนผลผลิตต่อเที่ยว (12)

ตารางที่ 6 แสดงน้ำหนักบรรทุกกะหล่ำปลีและส่วนที่คัดทิ้งในกรณีเกษตรกรมีการขนส่งผักกะหล่ำปลีแบบมีบรรจุภัณฑ์

เกษตรกร	น้ำหนักบรรทุกกะหล่ำปลี (กิโลกรัม)	ตัดแต่งและคัดเกรด		น้ำหนักส่วนที่คัดทิ้ง (กิโลกรัม)
		ก่อนส่ง	หลังส่ง	
A	952.00	/	-	-
C	906.50	/	-	-
D	922.00	/	-	-
E	883.00	-	/	115.50
F	1565.50	-	/	174.00

4.3 การเปรียบเทียบต้นทุนความเสียหายของผักกะหล่ำปลีและต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์ระหว่างทั้ง 2 กรณี

จากการคำนวณตามสมการที่ (11) และ (12) พบว่า ต้นทุนค่าความเสียหายผักกะหล่ำปลีของเกษตรกรราย A C D ในส่วนของการขนส่งผักกะหล่ำปลีแบบบรรจุภัณฑ์นั้น ไม่มีเนื่องจากมีการคัดคัดแต่งก่อนส่ง ส่วนการขนส่งผักกะหล่ำปลีแบบมีบรรจุภัณฑ์ของเกษตรกรราย E และ F ที่มีการคัดคัดแต่งกะหล่ำปลีหลังจากการขนส่ง นั้นพบว่ามีต้นทุนค่าความเสียหายที่สูงกว่าไม่มีการบรรจุภัณฑ์ โดยจะเปรียบเทียบดังตารางต่อไปนี้ กำหนดให้ราคาซื้อขาย 4 บาท/กิโลกรัม

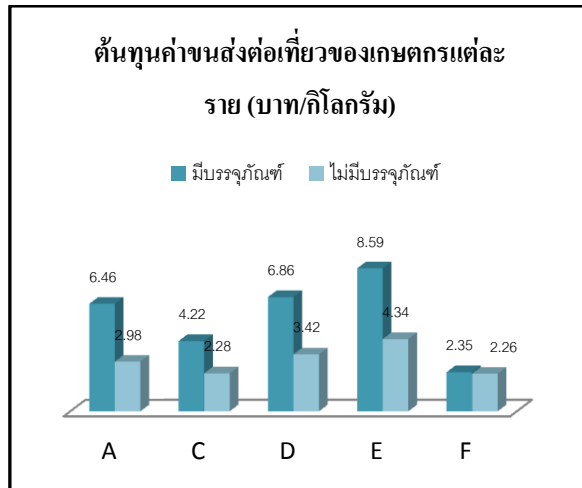
ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนความเสียหายและต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์ระหว่าง 2 กรณีของเกษตรกรแต่ละราย

เกษตรกร	ต้นทุนความเสียหาย (บาท/กิโลกรัม)		ต้นทุน ค่าบรรจุภัณฑ์ (บาท/กิโลกรัม)
	มีบรรจุภัณฑ์	ไม่มีบรรจุภัณฑ์	
A	-	0.19	-
C	-	0.12	-
D	-	0.11	-
E	0.52	0.13	-
F	0.44	0.38	0.11

ต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์มีราย F เพียงรายเดียว ส่วนรายอื่นมีการขึ้นลงพลาสติกของศูนย์คัดบรรจุผลผลิตโครงการหลวงทุ่งหลวงไปใช้ในการบรรจุผักกะหล่ำปลีระหว่างการขนส่ง

4.4 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่งระหว่างทั้ง 2 กรณี

จากการคำนวณตามสมการ (5) พบว่ากรณีที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ระหว่างขนส่งผักกะหล่ำปลี มีต้นทุนค่าขนส่งต่อเที่ยวต่อวันที่สูงกว่ากรณีที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ระหว่างขนส่งผักกะหล่ำปลี เนื่องจากมีปริมาณน้ำหนักบรรทุกที่ต่ำกว่า โดยจะแสดงการเปรียบเทียบดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 3 แผนภูมิแสดงต้นทุนค่าขนส่งต่อเที่ยวระหว่างมีบรรจุกัญท์ และไม่มีบรรจุกัญท์ของเกษตรกรแต่ละราย

4.5 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ขึ้น-ลงผักกะหล่ำปลีของเกษตรกรระหว่างทั้ง 2 กรณี

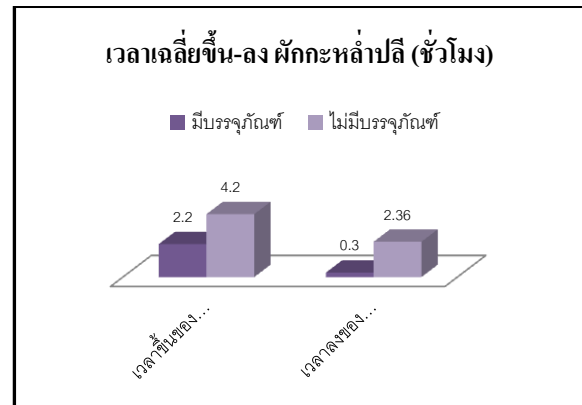
เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมของเกษตรกรที่มีการขนส่งแบบบรรจุกัญท์ในกรณีคัดคั้งก่อนบรรจุลงพลาสติกจะสามารถลดเวลาในการคัดบรรจุหรือเวลาที่รอคอยบริเวณศูนย์คัดบรรจุลงได้ เนื่องจากมีเพียงการขนย้ายลงพลาสติกลงซึ่งน้ำหนัก ไม่มีการคัดคั้งแต่ง ส่วนเกษตรกรราย E ไม่ได้คัดคั้งแต่งทำให้ต้องเสียเวลาในการคัดคั้งแต่งอีกทั้งปริมาณผักกะหล่ำปลีที่บรรจุลงพลาสติกก็มีปริมาณน้อย เกษตรกรราย F นั้นเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเสียหายพบว่าการความเสียหายจากการขนส่ง 11 % อีกทั้งยังเสียเวลาในการคัดคั้งแต่ง

ตารางที่ 8 แสดงเวลาที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรมของเกษตรกรกรณีขนส่งกะหล่ำปลีแบบมีบรรจุกัญท์

เกษตรกร	เวลาที่เก็บเกี่ยว+ขึ้นของ (ชั่วโมง)	เวลาลงของ (ชั่วโมง)	เวลาใช้ตัดแต่ง (ชั่วโมง)
A	2.00	0.25	-
C	2.00	0.25	-
D	2.00	0.33	-
E	2.00	0.33	2
F	3.00	0.33	2

จากตารางด้านบนแสดงเวลาดังกล่าวพบว่า เวลาเฉลี่ยในช่วงของการขึ้นของประมาณ 2 ชั่วโมงเนื่องจากลดเวลาในการจัด

เลียงกะหล่ำปลีท้ายกระบะรถบรรทุก 4 ล้อ ส่วนเวลาที่ใช้ในการลงของโดยเฉลี่ย 17 นาทีต่อไปจะเป็นการแสดงแผนภาพเพื่อเปรียบเทียบเวลาขึ้น-ลง ผักกะหล่ำปลี เฉลี่ยของเกษตรกรทั้ง 5 ราย ระหว่างการขนส่งแบบมีบรรจุกัญท์ กับ การขนส่งแบบไม่มีบรรจุกัญท์

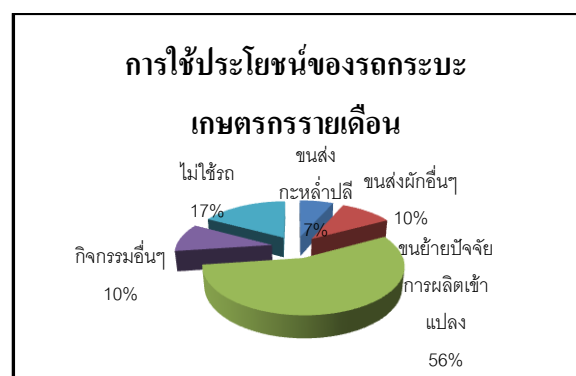


รูปที่ 4 แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยขึ้น-ลง ผักกะหล่ำปลีระหว่างมีบรรจุกัญท์กับไม่มีบรรจุกัญท์ของเกษตรกรทั้ง 5 ราย

จากแผนภาพด้านบน พบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ขึ้น-ลงผักกะหล่ำปลีของเกษตรกรทั้ง 5 รายกรณีมีบรรจุกัญท์ผักกะหล่ำปลีระหว่างขนส่งน้อยกว่ากรณีไม่มีบรรจุกัญท์ผักกะหล่ำปลีระหว่างขนส่งถึง 2 ชั่วโมง

ส่วนต่อไปจะกล่าวถึงการใช้ประโยชน์ของรถกระบะ โดยได้จำแนกเป็นดังนี้

- การใช้รถในส่วนของการส่งผักกะหล่ำปลีไปขาย
- การใช้รถในส่วนของการส่งผักชนิดอื่นๆ
- การใช้รถในส่วนของการขนย้ายปัจจัยการผลิตไปยังแปลง
- การใช้รถในกิจกรรมอื่นๆ
- ไม่มีการใช้รถ (จอดทิ้งไว้)



รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้รถของเกษตรกรทั้ง 6 ราย

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรทั้ง 6 รายโดยตรงพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้ประโยชน์จากการเดินทางไปยังแปลงผักที่เพาะปลูก ซึ่งสูงถึงร้อยละ 56 ของการใช้รถในกิจกรรมที่กล่าวทั้งหมด ในบางครั้งมีการขนย้ายพวกปุ๋ย สารเคมีฆ่าแมลงไปด้วย ส่วนการส่งผักกะหล่ำปลีนั้นมีส่วนที่น้อยเนื่องจากผลผลิตมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวนาน ดังนั้นเกษตรกรจึงมีการเพาะปลูกผักชนิดอื่นๆ ด้วย

5. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า การขนส่งกะหล่ำปลีในแบบที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ และการขนส่งผักกะหล่ำปลีในแบบที่มีบรรจุภัณฑ์ มีความแตกต่างทางด้านต้นทุนรวมทั้งใช้ ความเสียหายของผลผลิต เวลาที่ใช้ในการขึ้นของ เวลาในการคัดคัดแต่ง ซึ่งในกรณีที่ขนส่งแบบไม่มีบรรจุภัณฑ์พบว่า ความเสียหายต่อผลผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 4 ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด เกษตรกรอาจจะยอมรับความสูญเสียในส่วนนี้ได้ ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการบรรจุภัณฑ์ผักกะหล่ำปลีขณะทำการขนส่ง แต่เมื่อดูเฉพาะรายเกษตรกรพบว่า มีบางรายผลผลิตเสียหายถึงร้อยละ 9.48 ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด อาจจะเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ระยะทาง สภาพถนน คุณภาพผลผลิตไม่สวยงาม เป็นต้น โดยในส่วนของต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในกิจกรรมนั้น พบว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ ต้นทุนค่าขนส่งร้อยละ 77 ของต้นทุนรวม เนื่องจากสภาพถนนที่ลาดชัน ทำให้เกิดค่าซ่อมแซมที่สูง ในแง่ทางด้านต้นทุนพบว่า ต้นทุนของการขนส่งแบบไม่มีบรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างกับต้นทุนของการขนส่งแบบบรรจุภัณฑ์ในด้านของต้นทุนค่าความเสียหายของผักกะหล่ำปลี ต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ อีกทั้งปริมาณน้ำหนักบรรทุกที่แตกต่างกัน โดยถ้าไม่บรรจุกะหล่ำปลีในลังพลาสติกสามารถบรรจุกะหล่ำปลีได้อีก 1 เท่า โดยประมาณของการมีบรรจุภัณฑ์ การบรรจุผักกะหล่ำปลีในลังพลาสติกสามารถใส่ได้เพียง 60 ถึง 15 กิโลกรัม ทางด้านเวลา มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงเวลาการขึ้นของ และลงของ โดยเวลาที่มีความแตกต่างกันประมาณ 2 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การจัดการคัดแต่งแล้วบรรจุภัณฑ์ก่อนการขนส่ง

5.1 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นเพียงผลการวิเคราะห์เบื้องต้น ยังขาดข้อมูล ต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์ในหลายประเภทบรรจุภัณฑ์ เช่น ใช้ตะกร้าไม้ ไม้บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น นำไปสู่การคำนวณต้นทุนรวมของกิจกรรมนี้ เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบต้นทุนความเสียหายของผักกะหล่ำปลีว่ามีความเหมาะสมที่จะบรรจุภัณฑ์หรือไม่ อีกทั้งอาจจะมี การสมมติให้มีการจัดการประโยชน์ของการใช้รถให้เหมาะสม เช่น เมื่อมีการบรรจุภัณฑ์ป้องกันความเสียหายแก่ผลผลิตทำให้ผลผลิตไม่เกิดความเสียหายสำหรับเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงศูนย์คัดบรรจุ

อาจจะมีการคัดคัดแต่งแล้วสามารถวิ่งรถในหลายเที่ยวเพื่อส่งผลผลิตได้ เนื่องจากผลผลิตมีปริมาณน้อย ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับต้นทุนค่าขนส่งด้วยว่าคุ้มหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตที่เสียหาย ในส่วนสุดท้ายการใช้ประโยชน์ของรถสามารถนำมาคำนวณเป็นค่าเสื่อมของการใช้รถได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์คัดบรรจุมูลนิธิโครงการหลวงทุ่งหลวงในการใช้สถานที่ในการจัดเก็บข้อมูลสัมภาษณ์เกษตรกรในเชิงลึกที่เป็นสมาชิกของโครงการหลวง และข้อมูลทางด้านเอกสารใบบันทึกประวัติการเพาะปลูกของเกษตรกร (GAP) ตลอดจนเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงทุ่งหลวงทุกท่านที่เอื้อเฟื้อเวลาในการสอบถามข้อมูล การชั่งน้ำหนัก การคัดคัดแต่ง ผักกะหล่ำปลี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง.กรมส่งเสริมการเกษตร ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร.[ออนไลน์].2554. แหล่งที่มา:http://production.doae.go.th/report/report_main_plant_01_A.php [2554, สิงหาคม 28]
- [2] โครงการหลวง, การตลาด. [ออนไลน์].แหล่งที่มา: <http://www.royalprojectthailand.com/general/project-plan/marketing/marketing-content.html>[2554, กรกฎาคม 10]
- [3] จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันการขนส่ง. โครงการจัดทำรูปแบบ (MODEL) ตลาดกลางภาครัฐ, (มีนาคม 2551)
- [4] ดวงฉวี โกมารทัต. การบริหารต้นทุน, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554
- [5] นราธิป ธนศิธาตา. ต้นทุนฐานกิจกรรมและการวัดประสิทธิภาพการใช้รถบรรทุกสำหรับการขนส่งแบบเต็มคัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552
- [6] พรชัย ท้วมปาน. โครงสร้างต้นทุนการขนส่งอ้อย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [7] รุจิร พนมยงค์ และคณะ. [ออนไลน์].2548.แหล่งที่มา: logisticscorner.com/index.php?view=article&catid...id...[2554, กันยายน 17]
- [8] สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, Quality of work life through productivity. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:<http://www.thaitextile.org/data/17.doc>[2554, กันยายน 16]

- [9] Caixeta-Filho, Losses in the transportation of fruits and vegetables: A Brazilian Case Study. International Journal of logistics (1999):325-341.
- [10] Idah, Ajisegiri and Yisa. Fruits and Vegetables Handling and Transportation in Nigeria. Assumption University Journal of Technology (January 2007):175-183.
- [11] Prabhu, Ramesh and Other. Value stream mapping of truck operations: A Case Study. SouthAsian Journal of Management 2(April 2008):108-115.
- [12] Saichol and Peeradet. Effect of shipping containers on physical damage of head lettuce shipped from production site to terminal market. Thai Journal of Agricultural science 21(April 1988):157-166
- [13] Saichol. Prepackaging of head lettuce at production site. Thai Journal of Agricultural science 22(October 1989):323-328
- [14] Somjate. Postharvest management of fruit and vegetable in the Asia-Pacific region, Packaging and transportation of fruits and vegetables for better marketing, pp.43-48.Tokyo: Asian Productivity Organization, 2006.
- [15] Vanee, Singh and Other. Effect of truck vibration during transport on damage to fresh produce shipment in Thailand. Journal of Applied Packaging Research (January 2009):27-38
- [16] Villarreal, Garcia and Rosas. Eliminating transportation waste in food distribution: A Case Study. Transportation Journal (2009):72-77.

Optimal Road Pricing with Congestion and Fund Procurement

Paper Identification number: SCS12-034

Hidenori IKESHITA¹, Hisayoshi MORISUGI², Atsushi FUKUDA³

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

²Department of Transportation Engineering and Socio Technology,
College of Science and Technology, Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax +81-47-469-5355
E-mail: morisugi.hisayoshi@nihon-u.ac.jp

³Department of Transportation Engineering and Socio Technology,
College of Science and Technology, Nihon University
Telephone +81-47-469-5355, Fax +81-47-469-5355
E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

Abstract

This paper discussed the optimal road pricing, which maximizes social surplus under a user equilibrium condition with imperfect substitution assumption for route choice in a transportation network with many nodes and links. So far several attempts to integrate road pricing theory as economic measure and transportation network equilibrium analysis have been made but they are inconsistent with the economic theory. First, we took account of the marginal cost of funding from road pricing. In general, congestion pricing is based on the principle of marginal cost pricing which equal to the difference between marginal social and marginal private cost. In this study, we defined the social welfare function which consists of a sum of indirect utility function as consumers' surplus and road pricing revenue as producer's surplus. Following this definition, we formulated the user behaviour maximizing a quasi-linear utility with imperfect substitution between any route as defined the consumer's utility function of the road user's under the constraint of budget and time. Then we get the demand function and the indirect utility function. Regarding consumer's utility function, we could derive the equilibrium condition in the same manner as stochastic user equilibrium with fixed transport demand and revealed the objective function. And then, we derived optimal road pricing for first best and distorted second best world. Finally, our formulation could derive an optimal road pricing level with considering the public welfare loss of fiscal resources procurement and road congestion.

Keywords: Road pricing, Congestion, Procurement of funds, social surplus, user equilibrium

1. Introduction

Road pricing is widely recognized among policy-maker and planners in many countries to relieve road congestion, which offers important economic benefits. Road pricing is direct charges levied for the use of busy roads and is to cover the public cost of building and maintaining roadway infrastructure. These road pricing schemes have been proposed, implemented to relieve road congestion in many cities, for example, Singapore,

Hong Kong and London and also been investigating the policy experience with road pricing schemes. [1] But in reality, the problem is how to determine the toll charge and is where to obtain financing of road infrastructure.

To this end, from a practical perspective, efficient pricing models are considered for introduction on congested urban road networks. In addition, much research has focused on empirical aspects, policy experiences and environmental

issues of road pricing. However, transportation network equilibrium analysis, which has been done as a practice, is inconsistent with the economic theory of road pricing. And few researchers have addressed the problem of the toll charge level with financing of road infrastructure in a simple network.

The purpose of this study is to discuss and formulate the optimal road pricing which maximizes social surplus under a user equilibrium condition in a transportation network with many nodes and links and show that in our formulation could derive an optimal road pricing level with considering the public welfare loss of fiscal resources procurement and road congestion.

2. Methodology

As a practical aspect of road pricing policy analysis, the model requires to clearly state a charge system of road pricing and to clarify the transportation network model of the road supply-side. From the theoretical aspect, road pricing is an application of theories concerning internalization of an external diseconomy to road congestion and it is one of typical amalgamations of economic theories and practical problems. [2] In the majority of the road pricing studies employ a model of road transportation equilibrium problem for example, Mun [3] and Yang et al. [4] Those models have generality and practicality, but it is necessary to develop the model under theoretical individual behaviour, or equivalently, behavioural theory of micro-economics. To address this problem, we formulated the user behaviour to derive the optimal road pricing in a transportation network with many nodes and links.

2.1 Outline of Model

This study assumed that the condition of optimal road pricing level as shown in below.

1. The planner may impose the toll fee of each link to road users.
2. Road users implement traffic volume assignment of path flow to maximize their utility.
3. Road users recognize the impact of their behaviour has on traffic congestion.
4. The link duration is described as a monotonically increasing convex function of link traffic volume.
5. Total demand (trip distribution) is not limited.

As mentioned above conditions, we formulate optimal road pricing level which is applied under conditions of network equilibrium.

First, we formulate the formula for efficient optimal road pricing level which maximizes social surplus. That is, we defined the social surplus which consists of a sum of indirect utility function as consumers' surplus and road pricing revenue as producer's surplus. Then, we defined the consumer's utility function of the road user's under the constraint of budget and time. And then we will find that our formulation could derive an optimal road pricing level with considering road congestion and the public welfare loss of fiscal resources procurement.

2.2 Model

2.2.1 Social Welfare Function

A social welfare function is defined as shown in equation(1). This is the sum of indirect utility function as consumer's surplus and welfare loss of taxpayer which is a construction cost minus toll charge revenue as producer's surplus.

$$W = V + MCF[I - P_a x_a] \quad (1)$$

where MCF is marginal cost of fund procurement and is a negative value. The issues of pricing, there is considered between construction cost of a link and its toll charge. The construction cost of the link is I , and its fund comes from toll charge revenue of link a . For the time being, fuel tax is not treated in this study. And it is assumed that toll charge revenue of each link use for its construction cost.

As mentioned above condition, optimal road pricing level which maximizes social welfare function W is satisfied the equation(2).

$$\frac{\partial W}{\partial P_a} = \frac{\partial V}{\partial P_a} - MCF \left(x_a + P_a \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right) = 0 \quad (2)$$

where $\left(x_a + P_a \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right)$ means that the marginal revenue of link a . To identify function V , we will derive the consumer's utility function V in the next section.

2.2.2 Consumer's Utility Function

First, we defined the consumer's utility function V of the road user's is given by

$$\max_{z, f_k^{rs}, l} V = z + u(f_{k=1}^{rs=1}, f_{k=2}^{rs=1}, \dots, f_{k=n(m)}^{rs=m}, l) \quad (3)$$

and the constraint of budget and time are subject to

$$z + \sum_{rs=1}^m \sum_{k=1}^n P_k^{rs} f_k^{rs} = wL + y \quad (4)$$

$$l + \sum_{rs=1}^m \sum_{k=1}^n t_k^{rs}(\bar{f}) f_k^{rs} + L = T \quad (5)$$

where P_k^{rs} is the price P of the route k between OD pair rs , w is the wage rate, L is the labour hours, y is asset income, t_k^{rs} is the duration of the path k between the OD pair rs (Function of path flow traffic volume vector \bar{f}) and T is the total time available. And \bar{f} is path flow traffic volume vector for equilibrium, which given condition for road users. That is, it assumed that they disregard the impact their traffic has on others traffic condition. This treatment is described the externality of road congestion.

Let f_k^{rs} , P_k^{rs} and $t_k^{rs}(\bar{f})$ denotes the flow on path k between OD pair rs and x_a the flow on link a . The relationship between link flows and path flows can be expressed by

$$x_{a'} = \sum_{rs} \sum_k \delta_{a',k}^{rs} f_k^{rs} \quad (6)$$

$$P_k^{rs} = \sum_{a'} \delta_{a',k}^{rs} P_{a'} \quad (7)$$

$$t_k^{rs}(\bar{f}) = \sum_{a'} \delta_{a',k}^{rs} t_{a'}(\bar{x}_{a'}) \quad (8)$$

where $\delta_{a',k}^{rs}$ is equal to 1 if link a is on path k and 0 otherwise, a' is all link which including link a and $x_{a'}$ of $t_{a'}(\bar{x}_{a'})$ is total traffic volume which is given from viewpoint of individual.

To obtain the demand function and indirect utility function from above conditions, we apply a Lagrange's method of undetermined multipliers as

$$\begin{aligned} L = & z + u(f_{k=1}^{rs=1}, f_{k=2}^{rs=1}, \dots, f_{k=n(m)}^{rs=m}, l) \\ & + \lambda \left(wT + y - z - wl - \sum_a (P_a + wt_a(\bar{x}_a)) x_a \right) \\ & + \sum_{a'} \mu_{a'} \left(x_{a'} - \sum_{rs=1}^m \sum_{k=1}^n \delta_{a',k}^{rs} f_k^{rs} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

By evaluating the first order derivative of the Lagrangian with respect to the decision variables, we have the following first order optimality conditions:

$$\frac{\partial L}{\partial z} = 1 - \lambda = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial l} = \frac{\partial u(f_{k=1}^{rs=1}, f_{k=2}^{rs=1}, \dots, f_{k=n(m)}^{rs=m}, l)}{\partial l} - \lambda w = 0 \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial f_k^{rs}} = & \frac{\partial u(f_{k=1}^{rs=1}, f_{k=2}^{rs=1}, \dots, f_{k=n(m)}^{rs=m}, l)}{\partial f_k^{rs}} \\ & - \sum_{rs=1}^m \sum_{k=1}^n \mu_{a'} \delta_{a',k}^{rs} = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_a} = -\lambda (P_a + t_a(\bar{x}_a)) + \mu_{a'} = 0 \quad (13)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = wT + y - z - wl - \sum_a (P_a + t_a(\bar{x}_a)) x_a = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu_{a'}} = x_{a'} - \sum_{rs=1}^m \sum_{k=1}^n \delta_{a',k}^{rs} f_k^{rs} = 0 \quad (15)$$

From above first order conditions, path flow demand function f_k^{rs} and leisure demand function l , we obtain

$$f_k^{rs} = f_k^{rs}(1, w, P_k^{rs} + wt_k^{rs}(\bar{f})) \quad (16)$$

$$l = l(1, w, P_k^{rs} + wt_k^{rs}(\bar{f})). \quad (17)$$

Then, the indirect utility function V , we get

$$V = wT + y + v(1, w, P_k^{rs} + wt_k^{rs}(\bar{f})). \quad (18)$$

In general, it is noted that to be true the Roy's identity of indirect utility function V , we obtain

$$-\frac{\partial V}{\partial (P_k^{rs} + wt_k^{rs}(\bar{f}))} = f_k^{rs}(1, w, P_k^{rs} + wt_k^{rs}(\bar{f})). \quad (19)$$

Following above consumer's utility function, we derive the equilibrium condition in the same manner as stochastic user equilibrium with fixed transport demand.

3. Optimal Road Pricing on a Link

We derive the optimal road pricing level of link a which to maximize the previously mentioned social welfare function W . First, we derived the first-best pricing in the case where road user no choice of a tolled route and the second-best pricing in the case where road users can choose between a tolled and untolled route.

3.1 First-best Pricing

First-best pricing formulation, we get

$$\begin{aligned}
 dw &= \sum_a \frac{\partial W}{\partial P_a} dP_a \\
 &= \sum_a \left(\frac{\partial V}{\partial P_a} - MCF \left(x_a + \sum_{a' \neq a} \left(P_{a'} \frac{\partial x_{a'}}{\partial P_a} \right) \right) \right) dP_a \\
 &= \left(-x_a \left(1 + w \frac{\partial t_a(x_a)}{\partial x_a} \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right) - \sum_{a' \neq a} x_{a'} \left(w \frac{\partial t_{a'}(x_{a'})}{\partial x_{a'}} \frac{\partial x_{a'}}{\partial P_a} \right) \right) dP_a \\
 &\quad - MCF \left(x_a + \sum_{a' \neq a} \left(P_{a'} \frac{\partial x_{a'}}{\partial P_a} \right) \right) dP_a \\
 &\quad - MCF \left(\frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right) P_a dP_a \\
 \therefore P_a &= \frac{\left(-x_a \left(1 + w \frac{\partial t_a(x_a)}{\partial x_a} \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right) - \sum_{a' \neq a} x_{a'} \left(w \frac{\partial t_{a'}(x_{a'})}{\partial x_{a'}} \frac{\partial x_{a'}}{\partial P_a} \right) \right)}{MCF \frac{\partial x_a}{\partial P_a}} \\
 &\quad - MCF \left(x_a + \sum_{a' \neq a} \left(P_{a'} \frac{\partial x_{a'}}{\partial P_a} \right) \right) \quad (20)
 \end{aligned}$$

If the marginal cost of public fund equal to minus one, optimal pricing level P_a , we obtain

$$P_a = w \frac{\partial t_a(x_a)}{\partial x_a} x_a \quad (22)$$

This study assumes that the network consisting of many links and many nodes. Therefore, optimal road pricing has considered necessary that all link information. However, the equation (22) is implied that optimal road pricing level on each link could levied by observed traffic volume and how durations change depending on traffic volume. It coincides with the simplest optimal pricing solution of a simple link.

3.2 Second-best Pricing

In this study, second-best is to optimize pricing levels and other links were a set price level. Second-best pricing formulation, we get

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial W}{\partial P_a} &= \frac{\partial V}{\partial P_a} - MCF \left(x_a + P_a \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right) \\
 &= -x_a \left(1 + w \frac{\partial t_a(x_a)}{\partial x_a} \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right) \\
 &\quad - \sum_{a' \neq a} x_{a'} \left(w \frac{\partial t_{a'}(x_{a'})}{\partial x_{a'}} \frac{\partial x_{a'}}{\partial P_a} \right) \\
 &\quad - MCF \left(x_a + P_a \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right) \\
 \therefore P_a &= - \frac{\left[x_a \left(1 + w \frac{\partial t_a(x_a)}{\partial x_a} \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \right) + \sum_{a' \neq a} x_{a'} \left(w \frac{\partial t_{a'}(x_{a'})}{\partial x_{a'}} \frac{\partial x_{a'}}{\partial P_a} \right) \right]}{MCF} - x_a \frac{\partial x_a}{\partial P_a} \quad (23)
 \end{aligned}$$

If the marginal cost of public fund equal to minus one, optimal pricing level P_a , we obtain

$$\begin{aligned}
 P_a &= w \frac{\partial t_a(x_a)}{\partial x_a} x_a \\
 &\quad - \sum_{a' \neq a} x_{a'} \left(P_{a'} - w \frac{\partial t_{a'}(x_{a'})}{\partial x_{a'}} x_{a'} \right) \frac{\frac{\partial x_{a'}}{\partial P_a}}{\frac{\partial x_a}{\partial P_a}} \quad (24)
 \end{aligned}$$

On equation (25) second term is all the other link pricing level $P_{a'}$ adjust the link a pricing level to minimize distorted which has lost touch with social marginal cost. In this case needs information on all links.

4. Conclusion

In this study, we formulated the optimal road pricing level on network equilibrium conditions.

First, we defined the consumer's utility function as road users, and then we derived demand function and indirect utility function. We confirmed the formulated user behaviour on user equilibrium condition between existing equilibrium models. That is, in this study, it assumed that road user accepted the road congestion as externality and disregards the impacts on other effects.

Next, we derived the first-best and second-best efficient pricing formulation to maximize social welfare. As a result, first-best pricing is only related to traffic volume of target link. And second-best is considering to minimize distorted which has lost touch with social marginal cost.

References

- [1] A. Anas and R. Lindsey (2011) Reducing Urban Road Transportation Externalities: Road Pricing in Theory and Practice, *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol.5, Issue 1, pp.66-88
- [2] Kenzo TAKEUCHI (1997) ROAD PRICING: Problems and Its Future From an Economist's Viewpoint, *IATSS Research*, Vol.21, No.2, pp. 91-99.
- [3] Se-il Mun (2005) Theory of Traffic Congestion and Policy (交通混雑の理論と政策), Toyo Keizai (in Japanese).
- [4] Hai Yang and Hai-Jun Huang (2005) Mathematical and Economic Theory of Road Pricing, Elsevier Science.

แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบริเวณที่ลาดชัน

ACCIDENT PREDICTION MODEL IN MOUNTAINOUS AREAS

หมายเลขบทความ: SCS12-035

เมษา ทิพเวช¹, ทิพย์สุดา กุ่มพันธ์², รัฐพล ภูบุบผาพันธ์³

Mesa Thipwet, Thipsuda Kumphun, Rattaphol Pueboobpaphun

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

E-mail: Mayzatopping@gmail.com

² สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

E-mail: Thipsuda_tai@hotmail.com

³ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

E-mail: Rattaphol@sut.ac.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตและพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ โดยใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุและข้อมูลปริมาณจราจรย้อนหลัง 6 ปี โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณจราจร ลักษณะทางกายภาพของถนน ปัจจัยทางด้านความลาดชันของช่วงถนนและปัจจัยทางความลาดชันก่อนและหลังช่วงที่เกิดอุบัติเหตุ ในการศึกษาที่ใช้รูปแบบจำลองการถดถอยพหุคูณและทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) พบว่า ตัวแปรตอบสนองมีการกระจายที่สูง (Overdispersion Effect) ส่งผลให้ข้อมูลอุบัติเหตุไม่เหมาะสมกับวิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ครั้งนี้จึงใช้แบบจำลองทวินามเชิงลบทวินามเชิงลบ มาสร้างแบบจำลองโดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองอุบัติเหตุที่พิจารณาเพียงความลาดชันของช่วงถนนกับแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน โดยใช้ค่าการทดสอบภาวะสารูปสนธิ (Goodness of Fit) และค่าการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation) เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ผลการศึกษาพบว่าแบบคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตที่พิจารณาถึงความลาดชันภายนอกช่วงถนน เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด ได้แก่ความลาดชันหลังช่วงถนน 500 เมตร รองลงมาคือระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งและรัศมีโค้งราบต่ำสุดตามลำดับ ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ ได้แก่ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนและความลาดชันก่อนถึงช่วงที่เกิดอุบัติเหตุ 100 เมตรและปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตได้แก่ ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนและความลาดชันหลังช่วงถนน 400 เมตร

คำสำคัญ: แบบจำลองการถดถอยแบบพหุคูณ, แบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ, ทางลาดชัน, การกระจายของตัวแปรตอบสนอง, การทดสอบภาวะสารูปสนธิ

Abstract

The purpose of this study is to study what are the possibility factors that can cause accidents which included injuries and fatal accidents in order to develop the predicting the workplace injuries by referring the accident statistic records in the last six years. The study will contain extensive related to the possibility factors that can cause accidents. The dependent variable are total accident, injury and fatality independent variable composes AADT, road geometry, vertical grade of section and vertical grade out of section.

The Poisson Regression Model was developed accident prediction model and Overdispersion Test. The result of Overdispersion Test was the dependent variable that is Overdispersion Effect. The Negative Binomial Regression Model was selected for developing accident prediction model in case interested vertical grade of section and vertical grade out of section. Goodness of Fit and Model Validation used for fit Model.

According to the study, the possibility factors that can cause accidents, it was that accident prediction model interested vertical grade out of section. After vertical grade out of section 500 Meters, the differences of vertical alignment and radius of horizontal curve that affects the total accident. The Maximum vertical grade and radius of horizontal curve which were affect the Injury and Maximum vertical grade, vertical grade out of section 400 Meters was caused the fatality.

Keywords: Poisson Regression Model, Negative Binomial Regression, Mountainous areas, Overdispersion, Goodness of Fit

1. บทนำ

องค์ประกอบของการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เกิดขึ้นบริเวณทางลาดชันในอดีต นอกจากลักษณะภูมิประเทศ ปัจจัยทางด้านเรขาคณิตและความลาดชันของจุดเกิดเหตุ ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงแล้ว เส้นทางที่มีลักษณะเป็นทางลาดลงอย่างต่อเนื่องก่อนถึงจุดเกิดเหตุ อาจเป็นแนวโน้มที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงอีกด้วย การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางลาดชันในครั้งนี้ จึงพิจารณาถึงความลาดชันที่ลาดลงต่อเนื่องก่อนถึงจุดเกิดเหตุด้วย

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

(ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย, 2552) ได้รายงานวิจัยของ Chueh ซึ่งทำการพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุที่โดยอาศัยวิธีการแบบ Multi linear regression โดยนำปัจจัยต่างๆ ซึ่งได้แก่ ประเภทเกาะกลางถนน ระดับถนน ความเร็วเฉลี่ย กำลังแนวราบมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้น อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ตัวแปรตาม ซึ่งหมายถึง จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น จะอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า มีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งในกรณีของการเกิดอุบัติเหตุ นั้น ไม่ได้มีลักษณะเป็นไปตามการกระจายตัวแบบดังกล่าว นอกเหนือจากนั้น แบบจำลองนี้ยังไม่ได้ผลลัพธ์ของจำนวนอุบัติเหตุที่เป็นค่าลบ รวมไปถึงผลลัพธ์ที่มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งหมายความว่า จะไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในช่วงถนนนั้นอย่างแน่นอน ดังนั้น Chueh จึงสรุปว่า แบบจำลองสถิติที่มีความเหมาะสมใน

การวิเคราะห์ข้อมูล คือ แบบจำลองถดถอยแบบพัวซองและแบบจำลองถดถอยแบบทวินามเชิงลบ

(ปฏิวัติ, 2550) พัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนถนนสองช่องจราจร รวบรวมข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจำนวน 3 ปี โดยพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดผู้บาดเจ็บ ในการศึกษานี้ได้อาศัยแบบจำลองถดถอยพัวซอง โดยแบ่งความยาวช่วงถนนละ 1 กิโลเมตร มีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ องศาโค้งราบเฉลี่ยต่อกิโลเมตร ร้อยละทางลาดชันเฉลี่ย ความกว้างไหล่ทาง ความกว้างผิวทาง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร การมีทางแยก ความเร็วออกแบบ และระยะมองเห็นไม่เพียงพอ ผลการวิจัยพบว่า จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร มีอิทธิพลสูงสุดต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด ร้อยละทางลาดชัน มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต และความกว้างผิวทางที่แคบ มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ

(กฤษณ์, 2546) ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับความปลอดภัย พบว่าอุบัติเหตุร้อยละ 65 เกิดขึ้นบริเวณทางโค้ง ส่วนใหญ่เป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถคันเดียวและเกิดขึ้นในลักษณะไถลออกนอกเส้นทาง โดยสันนิษฐานว่าเกิดจากการขับเร็วเกินกำหนด และผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความปลอดภัยบนถนน โดยสำรวจกายภาพของถนน พบว่า มี 6 ปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุโดยตรงของอุบัติเหตุได้แก่ ได้แก่ ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบไม่สอดคล้องกับความเร็วใช้งานของยานพาหนะ ตำแหน่งของทางเชื่อมอยู่ในระยะมองเห็นปลอดภัยไม่เพียงพอ สภาพผิวทางลื่น ทางเชื่อมบริเวณโค้งมีความลาดชัน ช่วงถนนก่อนเข้าโค้งมี

ลักษณะเป็นทางตรงที่มีความลาดลงเป็นระยะทางยาว และโค้งในแนวราบที่มีรัศมีโค้งสั้นอยู่บริเวณจุดต่ำสุดของโค้งแนวดิ่งหาย

(Fu, Guo, Yuan, Feng, & Ma, 2011) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ โดยใช้พื้นที่ศึกษาลักษณะเป็นทางลาดลงบริเวณเขตภูเขาในประเทศจีน โดยแบ่งความยาวช่วงถนนจากปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี(AADT) แบ่งความยาวออกเป็น 6 ช่วง ช่วงละ 13 8.75 6.88 8.80 14.80 และ 33.20 กิโลเมตรตามลำดับ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ความยาวช่วงถนน ความลาดชันเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนน ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน จำนวนอุบัติเหตุของแต่ละช่วงถนนและอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่อปีต่อกิโลเมตร จากนั้นนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความสูงจากระดับน้ำทะเลและจำนวนอุบัติเหตุเปรียบเทียบกับระยะทางในแต่ละช่วงถนนเพื่อดูการกระจายตัวของการเกิดอุบัติเหตุ พบว่ามีจำนวนอุบัติเหตุมีความสัมพันธ์กับความสูงจากระดับน้ำทะเล คือ เมื่อผู้ขับขี่ขับรถไปในระยะทางที่เพิ่มขึ้น จำนวนอุบัติเหตุก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ผู้วิจัยจึงได้ทำการหาค่าความลาดชันเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนทั้งหมด 6 ช่วง และในแต่ละช่วงถนนทำการหาความลาดชันเฉลี่ยในทุกๆ 1 2 3 4 และ 5 กิโลเมตรก่อนช่วงถนนที่มีการเกิดอุบัติเหตุด้วย ผลการศึกษาพบว่า ความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนนที่ 2 และ 3 กิโลเมตรของทั้ง 6 ช่วงถนนมีค่าสูงสุดและจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุและความลาดชันเฉลี่ยโดยใช้การพยากรณ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและทำการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สัน ทำให้ทราบว่าถ้าความลาดชันเฉลี่ยมีค่ามากจะส่งผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้นด้วย

(Wang, Quddus, & Ison, 2009) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วน M25 ในประเทศอังกฤษ แบ่งช่วงถนนได้ 70 ช่วง โดยแบ่งช่วงถนนจากทางเชื่อม(ทางแยก)หนึ่งถึงทางเชื่อม(ทางแยก)หนึ่งโดยศึกษา 2 กรณี กรณีแรกศึกษาถึงจำนวนผู้เสียชีวิตรวมถึงผู้บาดเจ็บสาหัสด้วย ส่วนอีกกรณี ศึกษาถึงจำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย การศึกษานี้ได้อาศัยแบบจำลองพัวของ ผลศึกษาพบว่า ความยาวช่วงถนน จำนวนช่องจราจร รัศมีโค้งต่ำสุดและความลาดชัน เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตหรือจำนวนผู้บาดเจ็บสาหัส และจำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางลาดชัน

3.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดจำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิต

3.3 เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุดโดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคาดการณ์ที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงกับแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน

4. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจากการรวบรวมของสำนักงานความปลอดภัย กรมทางหลวง แขวงทางหลวงปทุมธานี หมวดการทางกบินทร์บุรีและสถานีตำรวจวังขอนแดง ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2549 จนถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2554 รวมทั้งสิ้น 6 ปี พื้นที่ศึกษา 15 กิโลเมตร แบ่งความยาวช่วงถนนที่เท่ากันยาวช่วงละ 1 กิโลเมตร พบว่ามีข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งสิ้น $15 \times 6 = 90$ ชุด โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือข้อมูล 75 ชุดนำไปเพื่อหาปัจจัยและพัฒนาแบบจำลอง(Model Calibration)และข้อมูลอีก 15 ชุดเป็นข้อมูลเพื่อใช้ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง(Validation Model) ข้อมูลอุบัติเหตุจะถูกนำมาเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุและพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ โดยข้อมูล 75 ชุดจะนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองและแยกข้อมูลทดสอบ 15 ชุดเพื่อทดสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง

5. หลักการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและตัวแปรที่ใช้ศึกษา

5.1 หลักการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุได้กำหนดให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิตเป็นตัวแปรตาม และตัวแปรที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ จะถูกแสดงในตารางที่ 1 โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระได้ดังสมการที่ 1

$$Y = \text{Exp} (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n) \quad (1)$$

โดยที่

Y = จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตร จำนวนผู้บาดเจ็บเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตรและจำนวนผู้เสียชีวิตเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตร

β_0 = ค่าคงที่ของตัวแบบจำลอง

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ = ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองการถดถอยแบบพัวของและแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ กล่าวคือ เมื่อค่าเฉลี่ยของ

จำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงมีค่าเท่ากับค่าความแปรปรวนจะวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซอง (Poisson Regression Model) แต่เมื่อค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงไม่เท่ากันหรือค่าความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) จะวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แบบจำลองทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model)

5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

5.2.1 ตัวแปรตาม

ACC = จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด(ครั้งต่อปีต่อกิโลเมตร)

INJ = จำนวนผู้บาดเจ็บ(รายต่อปีต่อกิโลเมตร)

FATA = จำนวนผู้เสียชีวิต(รายต่อปีต่อกิโลเมตร)

5.2.1 ตัวแปรอิสระ

AADT = ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี
(พันคันต่อปี)

HV = สัดส่วนรถหนัก(เปอร์เซ็นต์)

DS = ความเร็วออกแบบสูงสุด(กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

RAHC = รัศมีโค้งราบต่ำสุด(เมตร)

LANE = จำนวนช่องจราจร(ช่องจราจร)

HC = จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร(กิโลเมตร-1)

VC = จำนวนโค้งโค้งต่อกิโลเมตร(กิโลเมตร-1)

VG = ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน(เปอร์เซ็นต์)

MAXVG = ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน(เปอร์เซ็นต์)

DIFVG = ระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง(เมตร)

BFVG_{1,2,3,4,5} = ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 100 เมตรถึง 500 เมตร(เปอร์เซ็นต์)

AFVG_{1,2,3,4,5} = ความลาดชันหลังช่วงถนน 100 เมตรถึง 500 เมตร(เปอร์เซ็นต์)

6. ผลการศึกษ

6.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์

ในการศึกษานี้จึงอาศัยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation) มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ หากพบว่าตัวแปรอิสระใดมีความสัมพันธ์กันสูง จะไม่นำตัวแปรนั้นมาพิจารณาพร้อมกัน เนื่องจากถ้านำตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงอาจส่งผลให้แบบจำลองมีค่าประมาณพารามิเตอร์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่มีความสำคัญทางสถิติหรือเครื่องหมายพารามิเตอร์ไม่ตรงกับความเป็นจริง ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่า ความเร็วสัมพันธ์กับรัศมีโค้งราบ ปัจจัยที่มีความลาดชันของ

ช่วงถนนมีความสัมพันธ์กัน และความลาดชันนอกช่วงถนนมีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นในการพิจารณาตัวแปรเพื่อพัฒนาแบบจำลองจึงไม่นำตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงเข้าพิจารณาพร้อมกัน แต่จะเลือกตัวแปรที่ทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด

6.2 การทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test)

ในการพัฒนาแบบจำลอง เริ่มจากการพัฒนารูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองและทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) พบว่า การกระจายของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) รูปแบบการถดถอยแบบพัวซองไม่เหมาะสมต่อการนำมาคาดการณ์อุบัติเหตุและความรุนแรงของทั้ง 2 กรณีคือแบบจำลองคาดการณ์ที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนและไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน ผลการทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Test)

	พิจารณาความชันนอกช่วงถนน			ไม่พิจารณาความชันนอกช่วงถนน		
	ACC	INJ	FAT	ACC	INJ	FAT
Deviance	135.82	683.45	206.66	216.61	793.45	232.64
DF	71	72	71	72	71	72
Deviance/DF	1.91	9.49	2.91	3.00	11.17	3.23

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าทดสอบ Deviance/ Degree of Freedom (DF) มีค่ามากกว่า 1 ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองไม่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาแบบจำลอง เนื่องจากการกระจายตัวของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) แนวทางแก้ปัญหา คือ นำรูปแบบจำลองทวินามเชิงลบมาพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุแทนแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซอง

6.3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

สร้างแบบจำลองโดยใช้รูปแบบการถดถอยแบบทวินามเชิงลบและวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการทดสอบภาวะสารูปดี (Goodness of Fit) เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าสถิติทดสอบภาวะสารูปสนธิ (Goodness of Fit)

Deviance และ ค่า Person Chi-Square คือ ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวแปรตอบสนองมาก ทำให้แบบจำลองคลาดเคลื่อนจากค่าความเป็นจริงมาก จากการเปรียบเทียบพบว่า ทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน มีค่าน้อยกว่าหรือคลาดเคลื่อนน้อยกว่า แบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน

ค่า Log Likelihood ค่าแสดงที่ให้ทราบว่า แบบจำลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้ดีเพียงใด ถ้าค่า Log Likelihood มีค่าสูง แสดงว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดี จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน มีค่ามากกว่าหรือ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วง

ค่า Akaike's Information Criterion (AIC) คือ ค่าการพิจารณาแบบจำลองที่สูงที่สุดในการทำนาย ถ้าแบบจำลองมีค่า AIC น้อยๆ แบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้สูงสุด จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน มีค่า AIC น้อยกว่า หรือ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำนายได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน ดังนั้นแบบจำลองที่พิจารณาถึงความชันนอกช่วงจึงเหมาะสมต่อการนำไปคาดการณ์

6.4 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation)

ในการทดสอบนี้ทำได้โดย แทนค่าข้อมูลที่แยกทดสอบ แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำนายและค่าของข้อมูลจริง โดยผลของตัวแปรตามจะมีค่าเป็นค่าเฉลี่ย ดังนั้นทดสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองจึงเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิต

แบบจำลอง	ค่าเฉลี่ยข้อมูลทดสอบ	ผลการทำนาย	
		พิจารณา	ไม่พิจารณา
Accident	1.867	1.808	1.008
Injury	6.200	6.688	6.607
Fatality	1.733	1.737	1.485

ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์

	พิจารณาความชันนอกช่วงถนน			ไม่พิจารณาความชันนอกช่วงถนน		
	ACC	INJ	FAT	TOT	INJ	FAT
Deviance	65.276	150.892	81.068	86.515	160.632	84.465
Pearson Chi-Square	62.519	222.088	186.121	93.515	295.848	201.551
Log-Likelihood	-94.889	-153.92	-70.625	-105.52	-158.79	-72.324
AIC	197.778	313.855	147.250	219.051	321.594	150.648

จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 1.867 ครั้ง แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.808 ครั้ง ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.008 ครั้ง

แสดงผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 6.200 ราย แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 6.688 ราย ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 6.607 ราย

แสดงผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 1.733 ราย แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.737 ราย ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.485 ราย

จากการตรวจสอบความเที่ยงตรงของทุกแบบจำลองพบว่าแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีพิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน มีความแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริงของข้อมูลแยกทดสอบมากกว่าแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน

7. สรุปผลการศึกษา

การคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมจะพิจารณาจากผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation) และค่าสถิติที่ได้จากการทดสอบภาวะสารูปสนธิ (Goodness of Fit) สรุปได้ว่าแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน คือ แบบจำลองที่เหมาะสมต่อการทำนายจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวน

ผู้เสียชีวิต โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ แสดงได้ดังนี้

แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด

$$Y_{(ACC,NB)} = \text{Exp}^{(-1.145 - 0.003RAHC + 0.014DIFVG + 0.316AFVG5)} \quad (2)$$

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนอุบัติเหตุสูงสุดคือ ความลาดชันหลังช่วงถนน 500 เมตร รองลงมาคือ ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง และรัศมีโค้งราบต่ำสุดตามลำดับ จากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยความลาดชันนอกช่วงถนน มีอิทธิพลมากกว่าปัจจัยทางความลาดชันของช่วงถนน คือ ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง จากปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนอุบัติเหตุ สรุปได้ว่า ทิศทางการจราจรที่มุ่งหน้าสู่จังหวัดปราจีนบุรี ที่ระยะ 500 เมตรก่อนถึงช่วงถนน เส้นทางมีลักษณะเป็นทางที่ลาดลงก่อนเข้าสู่ช่วงถนน ประกอบกับในช่วงถนนมีระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งที่มีการเปลี่ยนแปลงมากและโค้งมีลักษณะที่แคบ จึงส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุในช่วงถนนมากขึ้นด้วย

แบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บ

$$Y_{(Injury,NB)} = \text{Exp}^{(-5.495 + 1.084MAXVG - 0.422BFVG1)} \quad (3)$$

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บที่สูงที่สุดคือ ความลาดชันสูงสุดในช่วงถนน รองลงมาคือ ความลาดชันก่อนช่วงถนน 100 เมตร พบว่าปัจจัยในช่วงถนนส่งผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บมากกว่า สรุปได้ว่า ทิศทางการจราจรที่มุ่งสู่จังหวัดนครราชสีมา เมื่อความลาดชันก่อนถึงช่วงถนน 100 เมตร มีค่าต่ำจนกระทั่งติดลบ หมายถึง ความลาดชันมีลักษณะเป็นทางลาดลง ประกอบกับความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนที่มีค่าสูง ทั้งความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 100 เมตรและความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน จึงส่งผลให้จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุเกิดการบาดเจ็บมากขึ้นด้วย

แบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิต

$$Y_{(Fatal,NB)} = \text{Exp}^{(-7.357 + 0.796MAXVG + 0.414AFVG4)} \quad (4)$$

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตที่สูงที่สุดคือ ความลาดชันสูงสุดในช่วงถนน รองลงมาคือ ความลาดชันหลังช่วงถนน 400 เมตร พบว่าปัจจัยในช่วงถนนส่งผลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตมากกว่า สรุปได้ว่า ทิศทางการจราจรที่มุ่งสู่จังหวัดนครราชสีมา เมื่อความลาดชันก่อนถึงช่วงถนน 400 เมตร มีค่าสูง ส่งผลให้ในทิศทางที่มุ่งหน้าสู่จังหวัดปราจีนบุรีมีค่าต่ำจนกระทั่งติดลบ หมายถึง ความลาดชันมีลักษณะเป็นทางลาดลง ประกอบกับความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนที่มีค่าสูง ทั้งความลาดชันก่อนหลังช่วงถนน 400 เมตรและความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน จึงส่งผลให้จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุเสียชีวิตในช่วงถนนมากขึ้นด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

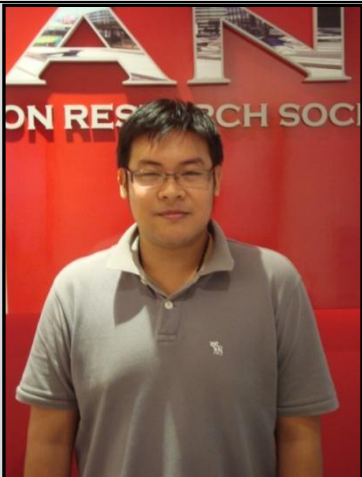


ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. รัฐพล ภูบุบผาพันธ์ ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

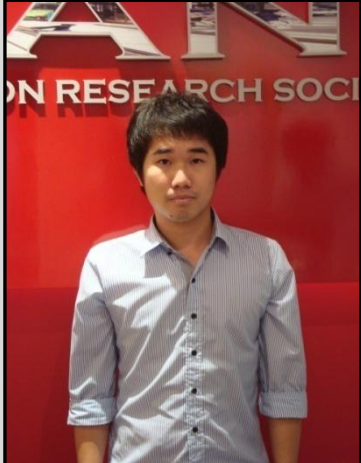


- [1] ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย. (2552). การพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ. โครงการต่อเนื่องศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย เพื่อพัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนน.
- [2] ปฏิวัติ, ฤทธิเดช. (2550). แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุและจัดลำดับการปรับปรุงถนนบนถนน 2 ช่องจราจรในเขตนอกเมือง กรณีศึกษา จังหวัดนครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [3] กฤษณ์, เจ็ดวรรณะ. (2546). ปัญหาความปลอดภัยบริเวณทางโค้งอันตรายในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] Fu, Rui, Guo, Yingshi, Yuan, Wei, Feng, Hongyun, & Ma, Yong. (2011). The correlation between gradients of descending roads and accident rates. *Safety Science*, 49(3), 416-423. doi: 10.1016/j.ssci.2010.10.006
- [5] Wang, Chao, Quddus, Mohammed A., & Ison, Stephen G. (2009). Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 798-808. doi: 10.1016/j.aap.2009.04.002

Profile of Student Chapter Committee Members 2012




5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	Mr. Donyarit Settasuwicha PhD Student President	Prince of Songkla University Cell. 089-702-9073 E-mail: choke_ce9@hotmail.com Advisor : Dr. Paramet Luathep
	Ms. Auearree Jensupakarn Master Student Secretary	Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 08-749-1486 E-mail: aurarree@hotmail.com Advisor : Assoc. Prof. Dr. Thirayoot Limanond
	Mr. Suharit Madmek Master Student Secretary	Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 083-706-5993 E-mail: Massek.stb@gmail.com Advisor : Asst. Prof. Dr. Thirayoot Limanond



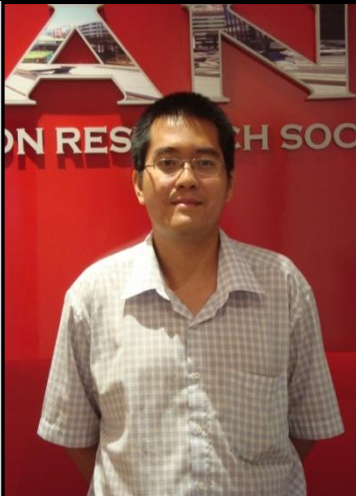
5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATrans Affiliation	University/Institute/Advisor
	Mr. Attaphon Panyanatum Master Student Vice-President of Organizing Committee	Kasetsart University (KU) Cell. 082-541-6314 E-mail: maxkub_@windowlive.com Advisor : Asst. Prof. Dr. Saroch Boonsiripant
	Mr. Kittiroop Kaveerat Master Student Vice-President of Scientific Committee	King Mongkut's University of Technology Thunburi (KMUTT) Cell. 082-541-6314 E-mail: poomfrontin@hotmail.com Advisor : Asst. Prof. Dr. Viroat Srisurapanon
	Mr. Pariwat Rodnual Master Student Secretary Vice-President of Organizing Committee	Kasetsart University (KU) Cell. 083-508-2804 E-mail: nong_pariwat31@hotmail.com Advisor : Asst. Prof. Dr. Saroch Boonsiripant

5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	<p>Mr. Chaovarid Boonchui Master Student</p> <p>Secretary Vice-President of Organizing Committee</p>	<p>Kasetsart University (KU) Cell. 089-658-9021 E-mail: pure_rikku@hotmail.com</p> <p>Advisor : Dr. Saroch Boonsiripant</p>
	<p>Mr. Attaphon Panyanatum Master Student</p> <p>Secretary Vice-President of Scientific Committee</p>	<p>King Mongkut's University of Technology Thunburi (KMUTT) Cell. 087-121-9250 E-mail: chalathip_dw@hotmail.com</p> <p>Advisor : Asst. Prof. Dr. Viroat Srisurapanon</p>
	<p>Mr. Tharadol Punlop Master Student</p> <p>Secretary Vice-President of Scientific Committee</p>	<p>Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 086-992-1142 E-mail: dee.storm88@gmail.com</p> <p>Advisor : Asst. Prof. Dr. Thirayoot Limanond</p>

5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATrans Affiliation	University/Institute/Advisor
	Mr. Santosh Baral Master Student Member of Scientific Committee	Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 087-513-5011 E-mail: santosh.boyzone@gmail.com Advisor : Asst. Prof. Dr. Thirayoot Limanond
	Mr. Napong Subanpong Master Student Member of Scientific Committee	Asian Institute of Technology (AIT) Cell. 085-025-0674 E-mail: tm_ars@hotmail.com, Advisor : Asst. Prof. Dr. Thirayoot Limanond
	Mr. Napon Srisakda Master Student Member of Organizing Committee	Chulalongkorn University (CU) Cell. 085-034-6844 E-mail: napon-pon@hotmail.com Advisor : Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti


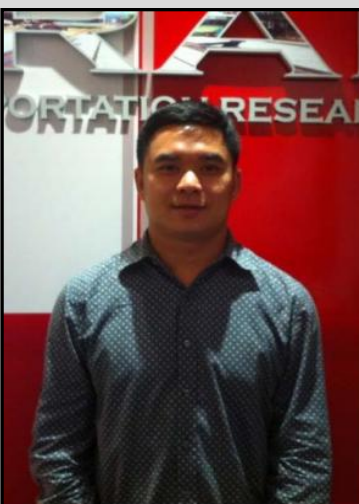
5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATrans Affiliation	University/Institute/Advisor
	<p>Ms. Kamonwan Pranamornkit Master Student</p> <p>Member of Scientific Committee</p>	<p>King Mongkut's University of Technology Thunburi (KMUTT) Cell. 086-017-9179 E-mail: katrang_2nz@hotmail.com</p> <p>Advisor : Asst. Prof. Dr. Viroat Srisurapanon</p>
	<p>Ms. Kanokwan Wangsa Master Student</p> <p>Member of Organizing Committee</p>	<p>Khon Kaen University (KKU) Cell. 083-740-9921 E-mail: ayumi_dna@hotmail.com</p> <p>Advisor : Assoc. Prof. Dr. Chulaporn Sota</p>
	<p>Mr. Wachira Wijitpongsa Master Student</p> <p>Member of Organizing Committee</p>	<p>Chiang Mai University (CMU) Cell. 087-314-0051 E-mail: admin_koh@msn.com</p> <p>Advisor : Dr. Preda Pichayapan</p>


5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATrans Affiliation	University/Institute/Advisor
	<p>Ms. Patcharapan Nanthavisit Master Student</p> <p>Member of Organizing Committee</p>	<p>Chiang Mai University (CMU) Cell. 087-249-2533 E-mail: smartaor@gmail.com</p> <p>Advisor : Dr. Preda Pichayapan</p>
	<p>Ms. Ratchadaporn Thisachai Master Student</p> <p>Member of Organizing Committee</p>	<p>Chiang Mai University (CMU) Cell. 086-861-6276 E-mail: kungking.ratcha@gmail.com</p> <p>Advisor : Dr. Preda Pichayapan</p>
	<p>Mr. Punchachoke Jittrapirom Master Student</p> <p>Member of Organizing Committee</p>	<p>Chiang Mai University (CMU) Cell. 084-611-8945 E-mail: jtt.ponypoud@gmail.com</p> <p>Advisor : Dr. Preda Pichayapan</p>




5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATRANS Affiliation	University/Institute/Advisor
	<p>Ms. Wanwisa Tarachuen Master Student</p> <p>Member of Scientific Committee</p>	<p>Naresuan University (NU) Cell. 085-401-7465 E-mail: wanwisa.tara@gmail.com</p> <p>Advisor : Dr. Dussadee Satirasetthavee</p>
	<p>Ms. Krairung Pornanan Master Student</p> <p>Member of Scientific Committee</p>	<p>Naresuan University (NU) Cell. 087-196-0306 E-mail: apple_harukaze@hotmail.com</p> <p>Advisor : Dr. Dussadee Satirasetthavee</p>
	<p>Mr. Wutthichai korrakotkamjon Master Student</p> <p>Member of Organizing Committee</p>	<p>Naresuan University (NU) Cell. 085-867-8898 E-mail: nutta_udon@yahoo.com</p> <p>Advisor : Dr. Dussadee Satirasetthavee</p>

5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATrans Affiliation	University/Institute/Advisor
	<p>Mr. Piyapong Suwanno Master Student</p> <p>Member of Scientific Committee</p>	<p>Prince of Songkhla University (PSU) Cell: 089-879-3546 E-mail: bank_civile@hotmail.com</p> <p>Advisor : Dr.Paramet Luathep</p>

5th ATRANS Symposium: 4th ATRANS Student Chapter Session
List of Student Chapter Committee Member 2012

Student Chapter Committee	ATrans Affiliation	University/Institute/Advisor
	<p>Ms. Jaturaporn Jaruwatjanakul Master Student</p> <p>Mentor</p>	<p>Kasetsart University (KU) Cell. 084-633-3437 E-mail: zombies_spd@hotmail.com</p> <p>Advisor : Asst. Prof. Dr. Varameth Vichiensan</p>
	<p>Mr. Weerapong Chompoonut Master Student</p> <p>Mentor</p>	<p>Chulalongkorn University (CU) Cell. 087-749-1486 E-mail: kaka_zaaa@hotmail.com</p> <p>Advisor : Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti</p>
	<p>Mr. Nuttachart Nantamart Master Student</p> <p>Mentor</p>	<p>Chulalongkorn University (CU) Cell. 081-773-6279 E-mail: nutta_udon@yahoo.com</p> <p>Advisor : Assoc. Prof. Dr. Sorawit Narupiti</p>

