



การวิเคราะห์ความเปราะบางเนื่องจากภัยพิบัติของโครงข่ายถนนในเมืองหาดใหญ่  
Vulnerability Analysis of Disaster Affected Road Network in Urban Hat Yai

ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ  
Piyapong Suwanno

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Engineering in Civil Engineering  
Prince of Songkla University  
2556  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ความเปราะบางเนื่องจากภัยพิบัติของโครงข่ายถนนในเมืองหาดใหญ่  
 ผู้เขียน นาย ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ  
 สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมการขนส่ง)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....  
 (ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ  
 (ศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ธานีรณานนท์)

.....กรรมการ  
 (ผศ.ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

.....กรรมการ  
 (ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

.....กรรมการ  
 (ดร.นุกุล สุขสุวรรณ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
 ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมการ  
 ขนส่ง)

.....  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่าผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเองและขอแสดงความขอบคุณ  
บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ลงชื่อ.....

(ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นายปิยะพงศ์ สุวรรณโณ)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อนและ  
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายปิยะพงศ์ สุวรรณโณ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ความเปราะบางเนื่องจากภัยพิบัติของโครงข่ายถนนในเมืองหาดใหญ่  
ชื่อผู้เขียน นาย ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ  
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมการขนส่ง)  
ปีการศึกษา 2555

### บทคัดย่อ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ประเทศไทยเผชิญกับภัยพิบัติหลายรูปแบบทั้งจากธรรมชาติ และมนุษย์ โดยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความรุนแรงและสร้างความเสียหายต่อชุมชนมากขึ้น ทำให้ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องมีการปรับตัวและเตรียมพร้อมรับมือ เพื่อบรรเทาความเสียหายจากภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เหตุการณ์อุทกภัยใหญ่ในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ เมื่อปี พ.ศ. 2543 และ 2553 เป็นตัวอย่างภัยพิบัติที่สร้างความเสียหายต่อประชาชนและระบบเศรษฐกิจของท้องถิ่นเป็นอย่างมาก แนวทางหนึ่งในการเตรียมพร้อมรับมือภัยพิบัติ คือ การวิเคราะห์หาตำแหน่งจุดเปราะบางภายในโครงข่ายถนน เพื่อหลีกเลี่ยงหรือเพิ่มความสามารถของจุดดังกล่าวสำหรับการวางแผนเส้นทางอพยพในช่วงสถานการณ์วิกฤติเมื่อเกิดภัยพิบัติ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งจุดเปราะบางเนื่องจากภัยพิบัติของโครงข่ายถนนภายในเมืองหาดใหญ่ซึ่งประกอบด้วยงาน 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการสร้างแบบจำลองการเดินทางของโครงข่ายถนนภายในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยเน้นการเดินทางของรถส่วนบุคคลเป็นหลัก ส่วนที่ 2 เป็นการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้วิเคราะห์หาตำแหน่งจุดเปราะบาง (ถนนช่วงวิกฤติ หรือ Critical Link) โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ค่าดัชนีเชิงศักยภาพของการเข้าถึง (Potential Accessibility Index) ในการประเมินศักยภาพของการเข้าถึงศูนย์อพยพภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งหากช่วงถนนใดถูกตัดขาดหรือความจุถนนลดลงเนื่องจากภัยพิบัติ แล้วทำให้ค่าดัชนีดังกล่าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จะถือว่าเป็นช่วงถนนวิกฤติ จากผลการศึกษา พบว่า ตำแหน่งถนนช่วงถนนวิกฤติอันดับต้นๆ เป็นช่วงถนนที่รองรับปริมาณการจราจรที่หนาแน่น และมีความจุสำรองเหลือน้อย นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของระดับความรุนแรงจากภัยพิบัติ และปริมาณความต้องการในการเดินทางต่อตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ โดยพบว่า ตำแหน่งของช่วงถนนวิกฤติมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ และปริมาณความต้องการในการเดินทาง ส่วนที่ 3 ผู้วิจัยได้สมมติสถานการณ์จำลองของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ได้แก่ ปัญหาการจอดรถซ้อนคัน อุบัติเหตุจราจร และการซ่อมบำรุงทาง และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไม่บ่อยครั้ง ได้แก่ อุทกภัย การประท้วง และการก่อการร้าย เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากภัยรูปแบบต่างๆ จากผลการศึกษาพบว่า เหตุการณ์ข้างต้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีการเข้าถึงพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนให้กับหน่วยงานท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องในการวางแผนบริหารจัดการเพิ่มความสามารถหรือหลีกเลี่ยงช่วงถนนวิกฤติ สำหรับวางแผนเส้นทางอพยพเพื่อเตรียมพร้อมรองรับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

<b>Thesis Title</b>	Vulnerability Analysis of Disaster Affected Road Network in Urban Hat Yai
<b>Author</b>	Mr. Piyapong Suwanno
<b>Major Program</b>	Civil Engineering (Transportation)
<b>Academic Year</b>	2012

### **Abstract**

For the past several years, Thailand has faced with various forms of disasters from both natural and man-made causes, which tend to increase in magnitude in the future. As a result, people and concerned authorities have to adapt and prepare for proactive disaster preparedness that will help relief effects caused by future disasters. The major floods in Hat Yai district in 2000 and 2010 were crucial disasters that profoundly affected the city in terms of people's livelihood and economy. One approach of potential proactive disaster preparedness plans is to identify the critical locations in road networks in order to avoid or improve them for evacuation route planning.

This research aims to identify the critical locations affected by disasters in Hat Yai road network. Three major tasks are conducted in the research. The first task is to develop traffic and transportation model of Hat Yai road network. Private vehicles are the main focus in the study. The second task is to apply the model developed from the previous task to identify the critical locations using the potential accessibility index to measure the vulnerability of road section in accessing the evacuation centers of Hat Yai municipality. If a road section is cut off or its capacity is degraded by a disaster and, consequently, the network performance is decreased that section is classified as the critical location. The result shows that the critical links are those serving high traffic volume and their reserve capacities are quite low. The researcher also conducts sensitivity analysis. The results reveal that the critical locations are sensitive to the levels of the travel demand and the severity of disasters. In the last task, the researcher assumes several scenarios for recurrent situations (on-street double parking problem, traffic accidents, road maintenance), and non-recurrent situations (flood, demonstration, terrorist attack), representing different kinds of disasters. The results show that those situations significantly affect the potential accessibility index.

The researcher hopes that the results from the research would be fundamental data for local authorities to improve or avoid the critical links for proactive disaster preparedness planning in the future.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และหน่วยงานต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางการทำวิจัย และเป็นพี่ปรึกษาในการทำวิจัยตลอดมา

คณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ดร.นุกูล สุขสุวรรณ ผศ.ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล และศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ธาณินรณานนท์ ที่ให้ข้อเสนอแนะที่มีค่าและเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คุณนาคยา จิงเจริญธรรม นักวิชาการศึกษานานาชาติ พิเศษ สถานีวิจัยสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับคำปรึกษาการประมวลผลข้อมูลสารสนเทศศาสตร์

คุณภานุพงศ์ ยศแก้ว วิศวกรซอฟต์แวร์ บริษัทซีเกท เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน) ที่อนุเคราะห์เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หาค่าดัชนีเชิงศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

คุณกฤษณะ ศีรีวัลย์ นายช่างอิเล็กทรอนิกส์ 6 ฝ่ายคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้คอมพิวเตอร์ สำหรับประมวลผลข้อมูลจากแบบจำลองการเดินทาง

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนอุดหนุน และส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท ปีการศึกษา 2553

ขอกราบขอบพระคุณครูอาจารย์ทั้งในอดีต และปัจจุบันที่ได้ให้การอบรม สั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ซึ่งส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถมาถึงจุดสำเร็จของชีวิตระดับหนึ่ง

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความรัก อบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษา และช่วยเหลือด้านต่างๆ จนประสบความสำเร็จเช่นวันนี้

ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ.....	(5)
Abstract.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(8)
รายการตาราง.....	(11)
รายการรูป.....	(12)
<b>บทที่ 1</b> .....	<b>1</b>
<b>บทนำ</b> .....	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	5
<b>บทที่ 2</b> .....	<b>6</b>
<b>ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b> .....	<b>6</b>
2.1 การวิเคราะห์ความต้องการการเดินทาง.....	6
2.2 การวิเคราะห์การเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง (Trip Generation Analysis).....	9
2.3 การวิเคราะห์การกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Analysis).....	10
2.4 การวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Analysis).....	11
2.5 การวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment Analysis).....	12
2.6 การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน.....	13
2.7 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง.....	16
<b>บทที่ 3</b> .....	<b>19</b>
<b>วิธีการวิจัย</b> .....	<b>19</b>
3.1 การรวบรวมและสำรวจข้อมูล.....	19
3.1.1 ข้อมูลประชากรและพื้นที่การศึกษา.....	19
3.1.2 ข้อมูลโครงข่ายถนน.....	20
3.1.3 ข้อมูลสภาพการจราจร.....	22
3.1.4 ข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมการเดินทาง.....	24
3.2 การพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง.....	27
3.3 การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน.....	27
3.4 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงโครงข่ายถนนเชิงนโยบาย.....	27



## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 .....	28
<b>การพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง .....</b>	<b>28</b>
4.1 การสร้างแบบจำลองการเดินทาง .....	28
4.1.1 การสร้างแบบจำลองโครงข่ายการเดินทาง .....	28
4.1.2 การสร้างตารางข้อมูลจำนวนการเดินทาง (OD Matrix) .....	28
4.1.3 การวิเคราะห์การกระจายการเดินทาง .....	29
4.2 การปรับเทียบแบบจำลองกับข้อมูลทางด้านจราจร (Model Calibration) .....	33
4.3 การวิเคราะห์สภาพการจราจรในเมืองขนาดใหญ่ในปัจจุบัน .....	34
4.3.1 ปริมาณการจราจรในการเดินทาง .....	34
4.3.2 ค่า Volume-Capacity Ratio (V/C) ของโครงข่ายถนน .....	35
4.3.3 ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง .....	36
บทที่ 5 .....	38
<b>การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน .....</b>	<b>38</b>
5.1 การแจกแจงจำนวนการเดินทางด้วยโปรแกรม SATURN .....	38
5.2 ผลการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน .....	40
5.2.1 การประเมินศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่ .....	42
5.2.2 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ .....	43
5.2.3 ความอ่อนไหวของช่วงถนนวิกฤติกับระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ .....	45
5.3 ผลการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนโดยสถานการณ์จำลอง .....	49
5.3.1 การจอดรถซ้อนคัน .....	49
5.3.2 การเกิดอุบัติเหตุการจราจร .....	50
5.3.3 การก่อการร้าย .....	51
บทที่ 6 .....	52
<b>สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>52</b>
6.1 การพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง .....	52
6.2 การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน .....	53
6.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการปรับปรุงโครงข่ายถนน .....	55
6.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต .....	56
<b>บรรณานุกรม .....</b>	<b>57</b>
<b>ภาคผนวก ก ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่ศึกษา .....</b>	<b>60</b>
<b>ภาคผนวก ข จำนวนการเกิดการเดินทางและการดึงดูดการเดินทาง .....</b>	<b>68</b>
<b>ภาคผนวก ค ผลการสำรวจปริมาณการจราจรที่ทางแยกและช่วงถนนในพื้นที่ศึกษา .....</b>	<b>73</b>
<b>ภาคผนวก ง การสร้างแบบจำลองโครงข่ายถนนด้วยโปรแกรม Emme .....</b>	<b>80</b>

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก จ การแปลงแบบจำลองการเดินทางจากโปรแกรม Emme ไปยัง โปรแกรม SATURN .....	94
ภาคผนวก ฉ บทความวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ .....	108
ประวัติผู้เขียน.....	131

## รายการตาราง

ตารางที่ 2.1	แบบจำลองการพยากรณ์การเดินทางในปัจจุบัน.....	7
ตารางที่ 2.2	ดัชนีชี้วัดความแปรปรวนที่นิยมใช้และยอมรับในต่างประเทศ .....	14
ตารางที่ 2.3	การเปรียบเทียบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์การเดินทาง .....	17
ตารางที่ 3.1	ค่า PCU ของยานพาหนะของรถประเภทต่างๆ .....	22
ตารางที่ 3.2	ค่าเฉลี่ยอัตราการเดินทางจากการสำรวจพฤติกรรมของตัวอย่างประชากร .....	26
ตารางที่ 6.1	ช่วงถนนวิกฤติของระดับความรุนแรงของภัยพิบัติและปริมาณความต้องการการเดินทาง .....	54

## รายการรูป

รูปที่ 1.1	จำนวนภัยพิบัติทางธรรมชาติระหว่าง ค.ศ. 1975-2011.....	1
รูปที่ 1.2	ความเสียหายทางเศรษฐกิจจากผลของภัยพิบัติทางธรรมชาติ ค.ศ. 1975-2011 .....	2
รูปที่ 1.3	จำนวนประชากรในประเทศต่างๆที่ประสบอุทกภัย .....	3
รูปที่ 1.4	มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศต่างๆ จากอุทกภัย .....	3
รูปที่ 2.1	การวิเคราะห์การเดินทางแบบ 4 ขั้นตอน (4-Step Analysis).....	8
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการวิจัย.....	19
รูปที่ 3.2	ขอบเขตพื้นที่การศึกษา .....	20
รูปที่ 3.3	โครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา.....	21
รูปที่ 3.4	จุดสำรวจปริมาณการจราจร.....	23
รูปที่ 3.5	PHF รวมทุกแยกเวลาช่วงเช้า.....	23
รูปที่ 3.6	PHF รวมทุกแยกเวลาช่วงบ่าย .....	24
รูปที่ 3.7	การจำแนกตัวอย่างแบบสอบถามตามเขตพื้นที่ .....	25
รูปที่ 3.8	จำแนกตามรูปแบบการเดินทางของอำเภอหาดใหญ่.....	26
รูปที่ 4.1	โครงสร้างการพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง.....	29
รูปที่ 4.2	ฟังก์ชันเวลาในการเดินทางสำหรับถนนที่มีจำนวนช่องจราจรที่แตกต่างกัน .....	30
รูปที่ 4.3	จำนวนการเกิดและการดึงดูดการเดินทางในพื้นที่ต่างๆ .....	31
รูปที่ 4.4	เวลาในการเดินทางจากสนามบินหาดใหญ่สู่ตลาดกิมหยง.....	32
รูปที่ 4.5	ผลการเปรียบเทียบปริมาณการเดินทางรถยนต์ส่วนบุคคล .....	33
รูปที่ 4.6	ปริมาณการจราจรของโครงข่ายถนนภายในเมืองหาดใหญ่ .....	34
รูปที่ 4.7	ค่า Volume-Capacity Ratio ในโครงข่ายถนนภายในเมืองหาดใหญ่ .....	36
รูปที่ 4.8	ความเร็วเฉลี่ยช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าในโครงข่ายถนนภายในเมืองหาดใหญ่.....	37
รูปที่ 5.1	ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนแบบดั้งเดิม .....	38
รูปที่ 5.2	ขั้นตอนการทำงานพื้นฐานของโปรแกรม SATURN .....	40
รูปที่ 5.3	ตำแหน่งถนนที่ถูกตัดขาดและจุดปลายทางที่พิจารณา.....	41
รูปที่ 5.4	การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่เนื่องจากถนนถูกตัดขาด .....	42
รูปที่ 5.5	ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในการเข้าถึงเขตพื้นที่ 1.....	43
รูปที่ 5.6	ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในการเข้าถึงเขตพื้นที่ 2.....	44
รูปที่ 5.7	ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในการเข้าถึงเขตพื้นที่ 3.....	44
รูปที่ 5.8	ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในการเข้าถึงเขตพื้นที่ 4.....	45
รูปที่ 5.9	ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ กรณีความต้องการเดินทางสูงและระดับความรุนแรง ของภัยพิบัติที่น้อย.....	46
รูปที่ 5.10	ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติกรณีความต้องการเดินทางปานกลางและระดับความรุนแรง ของภัยพิบัติที่น้อย .....	46

## รายการรูป (ต่อ)

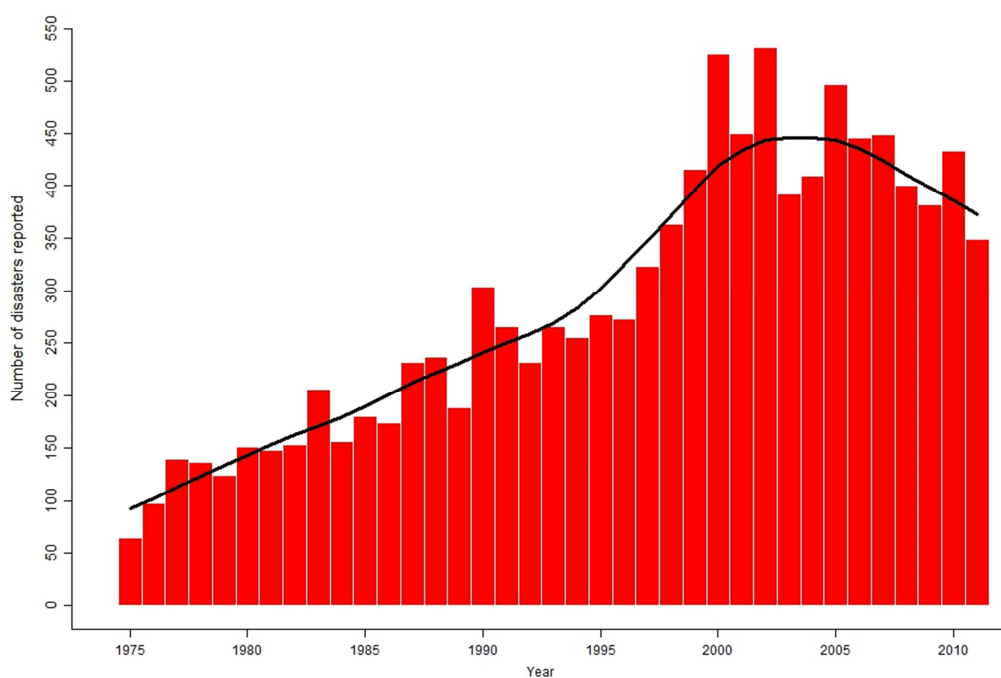
รูปที่ 5.11 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติกรณีความต้องการเดินทางต่ำและระดับความรุนแรงของภัยพิบัติที่น้อย .....	47
รูปที่ 5.12 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติกรณีความต้องการเดินทางสูงและระดับความรุนแรงของภัยพิบัติที่มาก.....	47
รูปที่ 5.13 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติกรณีความต้องการเดินทางปานกลางและระดับความรุนแรงของภัยพิบัติที่มาก.....	48
รูปที่ 5.14 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติกรณีความต้องการเดินทางต่ำและระดับความรุนแรงของภัยพิบัติที่มาก.....	48
รูปที่ 5.15 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ กรณีการจอดรถซ้อนคัน .....	49
รูปที่ 5.16 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ กรณีหลังเกิดอุบัติเหตุ.....	50
รูปที่ 5.17 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ กรณีการก่อการร้าย.....	51
รูปที่ ค.1 TM 1 แยกเกาะหมี .....	74
รูปที่ ค.2 TM 2 แยกปีกซี.....	74
รูปที่ ค.3 TM 3 แยกคองหงส์.....	74
รูปที่ ค.4 TM 4 แยกเพชรเกษมตัดราชบุรียินดี .....	75
รูปที่ ค.5 TM 5 แยกสยามนครินทร์.....	75
รูปที่ ค.6 TM 6 แยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ .....	75
รูปที่ ค.7 TM 7 แยกวัดโคกนาว .....	76
รูปที่ ค.8 TM 8 แยกถนนกาญจนวนิชย์ตัดปทุมฉัตร .....	76
รูปที่ ค.9 TM 9 แยกคลองเรียน .....	76
รูปที่ ค.10 TM 10 แยกราชบุรียินดีตัดศรีภูวนาท.....	77
รูปที่ ค.11 TM 11 แยกถนนเพชรเกษมตัดราชบุรีอุทิศ .....	77
รูปที่ ค.12 TM 12 แยกคลองหว่า .....	77
รูปที่ ค.13 TM 13 แยกสนามบินใน .....	78
รูปที่ ค.14 TM 14 แยกควนลัง.....	78
รูปที่ ค.15 TM 15 แยกเพชรเกษมตัดลพบุรีราเมศวร์.....	78
รูปที่ ค.16 MB 1-4 รอบๆ วงเวียนน้ำพุ.....	79
รูปที่ ค.17 MB 5 และ 6 ช่วงถนนนิพัทธ์อุทิศ 2 และ 3 .....	79
รูปที่ ง.1 ข้อมูลโครงข่ายถนนในโปรแกรม Arc Map.....	81

## บทที่ 1

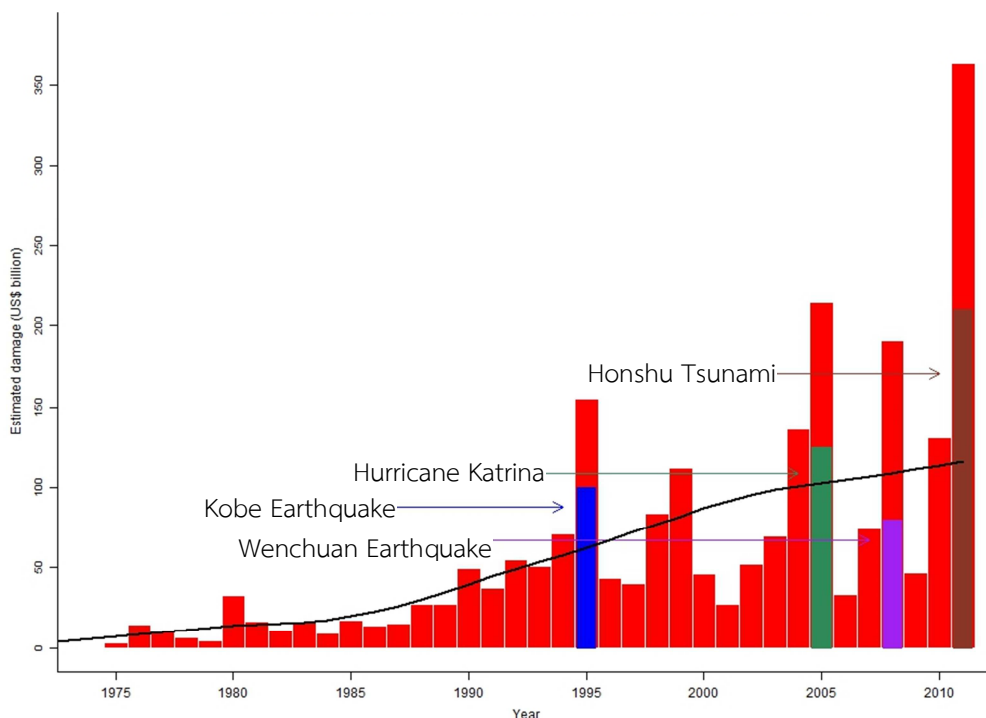
### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญภัยพิบัติต่างๆ มากมาย ที่เป็นภัยคุกคามการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ CRED (2011) ได้จำแนกภัยพิบัติออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Natural Disasters) เช่น อุทกภัย แผ่นดินไหว สึนามิ เป็นต้น และภัยพิบัติที่เกิดจากมนุษย์หรือที่มนุษย์เกี่ยวข้อง (Man-Made Disaster or Human-Related) เช่น การประท้วง การก่อการร้าย เป็นต้น จากข้อมูลสถิติของ CRED พบว่า ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาจำนวนภัยพิบัติ และความเสียหายที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 1.1 เห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ปี ค.ศ. 1975 ถึง ปี ค.ศ. 2003 และหลังจากนั้นก็เริ่มลดลง แต่มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจไม่ได้ลดลงตามจำนวนของภัยพิบัติที่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 1.2 ตัวอย่าง เช่น ปี พ.ศ.2548 สึนามิที่ประเทศญี่ปุ่นสร้างความเสียหายเป็นมูลค่าที่มากกว่า 309,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ

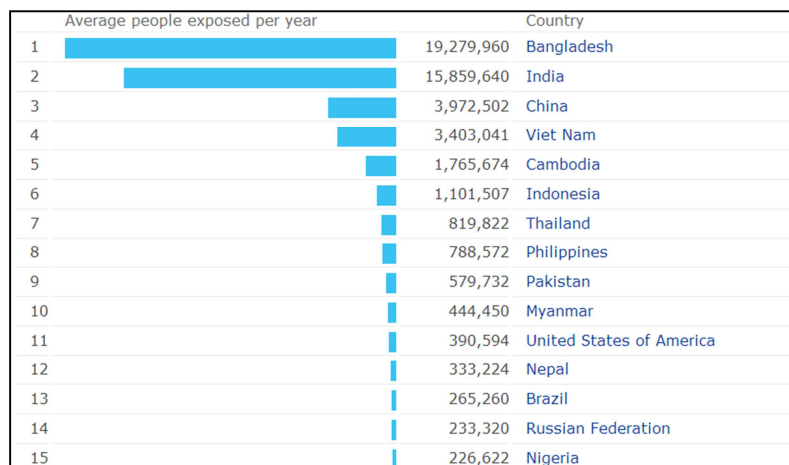


รูปที่ 1.1 จำนวนภัยพิบัติทางธรรมชาติระหว่าง ค.ศ. 1975-2011  
ที่มา: CRED (2011)

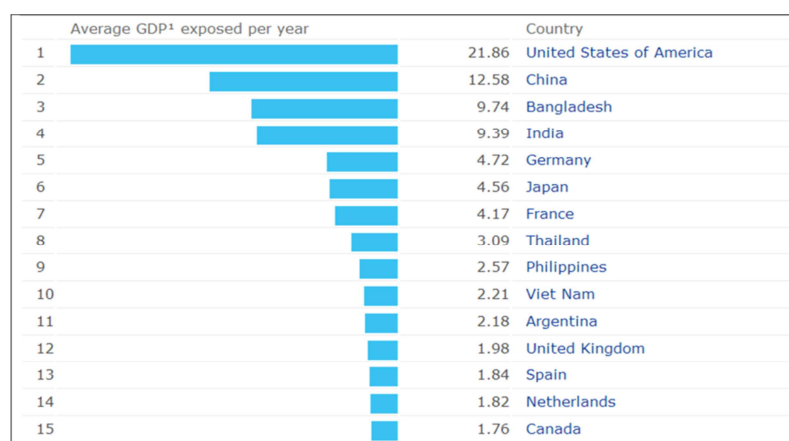


รูปที่ 1.2 ความเสียหายทางเศรษฐกิจจากผลของภัยพิบัติทางธรรมชาติระหว่าง ค.ศ. 1975-2011  
ที่มา: CRED (2011)

สำหรับประเทศไทย เหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นมีหลายรูปแบบทั้งจากธรรมชาติ และมนุษย์ จากข้อมูลในอดีตที่ผ่านมา (UNISDR, 2009) ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นเมื่อพิจารณาในเชิงเศรษฐกิจ พบว่า ปัญหาอุทกภัยมีผลกระทบมากที่สุด เนื่องจากมีความถี่ของการเกิดค่อนข้างบ่อยครั้งมากที่สุด จากรูปที่ 1.3 คนไทยต้องประสบกับอุทกภัยสูงเป็นอันดับที่ 7 ของโลก จาก 162 ประเทศ และได้รับความเสียหายทางเศรษฐกิจจากอุทกภัยมากเป็นอันดับที่ 8 ของโลก ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นสอดคล้องกับกรณีมหาอุทกภัยปลายเดือนกรกฎาคม 2554 ซึ่งเกิดขึ้นในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา อันเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมสำคัญของประเทศ และครอบคลุมบางส่วนของกรุงเทพมหานคร เหตุการณ์ดังกล่าวสร้างความเสียหายต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจของไทยในวงกว้างทั้งทางตรง (ภาค การเกษตร อุตสาหกรรม และการบริการ) และทางอ้อม (การเข้าถึงบริการหรือแหล่งวัตถุดิบในการผลิตลำบาก เนื่องจากเส้นทางคมนาคมขนส่ง และระบบโลจิสติกส์ถูกตัดขาดไม่สะดวก) นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีภัยพิบัติรูปแบบอื่นๆ เช่น ภัยจากการคมนาคมและขนส่ง (เช่น อุบัติเหตุจลาจลและขนส่ง) ภัยจากการก่อวินาศกรรม (เช่น การก่อวินาศกรรมในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้) และภัยจากการชุมนุม (เช่น การประท้วงช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2553)



รูปที่ 1.3 จำนวนประชากรในประเทศต่างๆที่ประสบอุทกภัย  
ที่มา:UNISDR (2009)



<sup>1</sup>: In billions US\$

รูปที่ 1.4 มูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศต่างๆ จากอุทกภัย  
ที่มา:UNISDR (2009)

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่เศรษฐกิจของภาคใต้ และเคยประสบเหตุการณ์อุทกภัยใหญ่ในปี พ.ศ. 2543 และพ.ศ. 2553 เหตุการณ์ดังกล่าว ทำให้ประชาชนได้รับความเดือดร้อนจากปัญหาการขาดแคลนอาหาร อันเนื่องมาจากเส้นทางการคมนาคมสายสำคัญถูกตัดขาด ทำให้การกระจายสินค้าจากแหล่งผลิตไปสู่มือประชาชนไม่สามารถทำได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงข่ายถนนมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ นอกจากปัญหาอุทกภัย พื้นที่อำเภอหาดใหญ่ยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติรูปแบบอื่น เช่น เหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ชายแดนภาคใต้ ปัญหาอุบัติเหตุจากรถ จากเหตุการณ์เหล่านี้ทำให้ต้องมีการเตรียมพร้อมรับมือ เพื่อบรรเทาความรุนแรงและลดความเสียหายกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้น แนวทางหนึ่งในการเตรียมพร้อมเพื่อรองรับภัยพิบัติ คือ การวางแผนเพื่อหาเส้นทางในโครงข่ายถนน สำหรับการอพยพในสถานการณ์วิกฤติ โดยเส้นทางดังกล่าว ควรหลีกเลี่ยงช่วงถนนที่อาจวิกฤติ และส่งผลกระทบต่อผู้เดินทางในโครงข่ายถนน



งานวิจัยนี้มีเป้าหมาย เพื่อประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability Analysis) ในการหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยใช้ค่าดัชนีเชิงศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่ (Potential Accessibility Index) เป็นตัวชี้วัดความเปราะบางของช่วงถนน หากช่วงถนนใดถูกตัดขาดเนื่องจากภัยพิบัติแล้วทำให้ค่าดัชนีเชิงศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่สำคัญลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ถือว่าเป็นช่วงถนนวิกฤติ ผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผน เพื่อหาเส้นทางสำหรับการเดินทาง และการอพยพเนื่องจากภัยพิบัติต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยในครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนภายใต้สถานการณ์วิกฤติจากเหตุภัยพิบัติ โดยมีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ดังนี้

- 1) เพื่อพัฒนาแบบจำลองการเดินทางของผู้ใช้รถส่วนบุคคล ในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
- 2) เพื่อนำวิธีวิเคราะห์หาความเปราะบาง (Vulnerability Analysis) มาใช้ในการหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ (Critical Link) ของโครงข่ายถนน ในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
- 3) เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในการปรับปรุงโครงข่ายถนนที่มีอยู่ให้มีความสามารถรองรับสถานการณ์วิกฤติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยได้กำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและการวิจัย โดยสรุปดังนี้

- พื้นที่ศึกษาครอบคลุมโครงข่ายถนนหลักภายในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
- รูปแบบการเดินทางเน้นศึกษารถยนต์ส่วนบุคคลเป็นหลัก
- การหาช่วงถนนวิกฤติไม่ครอบคลุมถึงการหาที่ตั้งของจุดอพยพและรูปแบบการอพยพที่เหมาะสม
- ผู้วิจัยพัฒนาแบบจำลองการเดินทางของพื้นที่ศึกษา โดยใช้แบบจำลองแบบ 4 ขั้นตอน (รายละเอียดกล่าวในบทที่ 3)
- ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา โดยประยุกต์ใช้ดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ ซึ่งเป็นที่นิยมและยอมรับ มาเป็นตัวชี้วัดความเปราะบางของช่วงถนน ส่วนขั้นตอนการวิจัยความเปราะบางยังคงใช้วิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม (รายละเอียดกล่าวในบทที่ 4)
- ผู้วิจัยได้สมมติสถานการณ์จำลองการเกิดภัยพิบัติได้แก่ การก่อการร้าย และการเกิดอุบัติเหตุได้แก่ การจอดรถซ้อนคัน และการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อวิเคราะห์ค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่และนำค่าที่ได้มาสรุปแนวทางในการปรับปรุงโครงข่ายถนน

#### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

จากงานวิจัยประโยชน์ที่ได้รับมีดังนี้

- 1) ได้แบบจำลองการเดินทางภายในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
- 2) ได้ทราบตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ (Critical Link) ของโครงข่ายถนน ในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
- 3) ได้แนวทางในการปรับปรุงโครงข่ายถนนที่มีอยู่ให้มีความสามารถรองรับสถานการณ์วิกฤติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอออกเป็น บท โดยบทที่ 2 เป็นการทบทวนทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับวิธีการวิจัยในบทที่ 3 โดยเริ่มจากการพัฒนาแบบจำลองการเดินทางในบทที่ 4 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของโครงข่ายถนนในบทที่ 5 และนำมาสรุปผลการศึกษาและเสนอข้อเสนอแนะในบทที่ 6

## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การวิเคราะห์ความต้องการการเดินทาง

การวิเคราะห์ความต้องการการเดินทางอาจแบ่งได้ 6 ขั้นตอน (วิโรจน์ รุโจปการ, 2544) โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

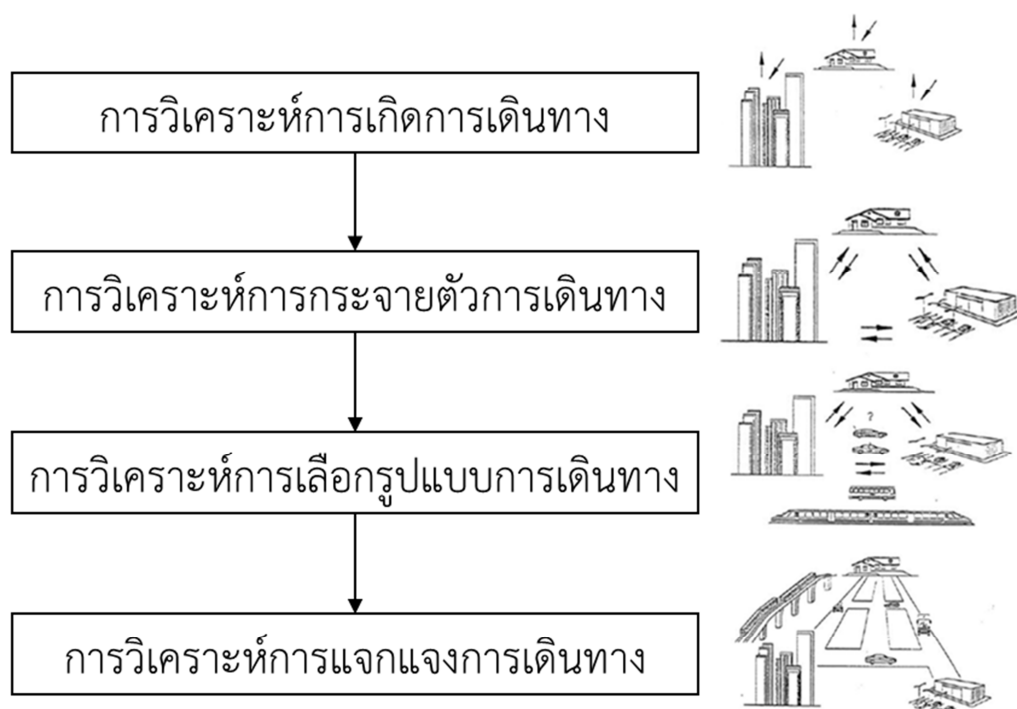
- 1) การกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ความต้องการการเดินทาง ต้องกำหนดให้ชัดเจนเช่น
  - ช่วงเวลาที่วิเคราะห์ต้องชัดเจน เพราะจะส่งผลกระทบต่อลักษณะของข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์และเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์
  - พื้นที่ศึกษาสำหรับวิเคราะห์ เพราะเป็นสิ่งที่กำหนดประเภทของการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่หรือระหว่างพื้นที่
  - หน่วยของจำนวนการเดินทางในช่วงเร่งด่วนต่อวันหรือต่อปี
- 2) การเลือกวิธีวิเคราะห์ความต้องการการเดินทาง โดยส่วนมากแล้วจะขึ้นอยู่กับปัญหาที่จะวิเคราะห์ และการกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์ ดังที่ได้กล่าวข้างต้น วิธีการวิเคราะห์ความต้องการการเดินทางที่ใช้กันในปัจจุบันสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1
- 3) การรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โดยทั่วไป แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท
  - ข้อมูลในอดีตที่มีการเก็บรวบรวมไว้แล้ว ได้แก่ พฤติกรรมการเดินทาง สถานะทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น โครงสร้างรายได้ อายุ เพศ ของประชากร เป็นต้น
  - ข้อมูลในอนาคตเป็นข้อมูลสถานะทางเศรษฐกิจและสังคม กิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่และระบบขนส่ง ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ข้อมูลเหล่านี้นำไปใช้เป็นตัวแปรในแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ความต้องการการเดินทางที่เกิดขึ้นในอนาคตตามกรอบของเวลาที่ทำกรวิเคราะห์
- 4) การสร้างแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษากับตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความต้องการการเดินทางนั้น เช่น จำนวนประชากร รายได้ การจ้างงาน เป็นต้น
- 5) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ก่อนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจากขั้นตอนก่อนหน้านี ไปใช้พยากรณ์จำนวนการเดินทาง จะต้องนำแบบจำลองมาตรวจสอบความถูกต้องเสียก่อน วิธีการในการตรวจสอบแบบจำลองคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว คือ ตัวแปรทำนาย (Predictor Variable) และเรียกตัวแปรอีกตัวว่าตัวแปรเกณฑ์ (Criterion Variable)

ตารางที่ 2.1 แบบจำลองการพยากรณ์การเดินทางในปัจจุบัน

Travel Forecasting Model	Model Characteristics				
	Choice Variables	Exogenous Variables	Endogenous Variables	Parameter Estimation	Computing Platform
Four-Step Sequential Procedure (Trip-based)	Trips: Number by Purpose, O/D, Mode, Route	Networks: Highway, Transit Activity Locations	Link Flows; Link Times/Costs Given Choices; Solved With "Feedback"	Survey Data; Studies External to The Model	Mainly PCs; Commercial Software Systems
Activity Analysis (Activity-based)	activities: Type, Location, Duration Trips: Time-of-Day, O/D, Mode	networks: Highway, Transit Activity Locations	Link Flows; Link Times/Costs given Choices; Solved with "Feedback"	Survey Data; Studies External to The Model	Not Described
TRANSIMS (routing module) (activity-based)	Trips: Routes by 15 Min. Time Periods	Networks: Highway	Link Flows; Link Times Solved with "Feedback"	Not Described	Networked UNIX Workstations
Combined Network Equilibrium Model (Equilibrium.-based)	Trips: O/D, Mode, Route, Time Period (For given Os and Ds by Purpose)	networks: highway, transit activity locations	Link Flows; Link Times/Costs in Equilibrium with Choices	Survey of Travel Choices; Consistent with Predicted Network Times/Costs	PCs and UNIX Workstations; Emme/2 Macros and Research Codes

ที่มา: Boyce (1997)

6) การพยากรณ์ความต้องการการเดินทางที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน (สุรเมศวร์, 2551) เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ที่ง่ายมีลำดับชั้น โดยผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนหนึ่งจะถูกใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าสำหรับขั้นตอนถัดไปดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การวิเคราะห์การเดินทางแบบ 4 ขั้นตอน (4-Step Analysis)  
ที่มา: วิโรจน์ (2544)

- ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์การเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง (Trip Generation Analysis) เป็นการคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่และจำนวนการเดินทางที่ดึงดูดเข้าสู่แต่ละพื้นที่ การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ จะทำให้ทราบจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นและมุ่งเข้าสู่แต่ละพื้นที่ย่อย
- ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์การกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Analysis) เป็นการคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดที่แต่ละพื้นที่ย่อยนั้น มีจุดต้นทางและปลายทางที่ใด
- ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Analysis) ใช้คาดการณ์สัดส่วนของการเลือกใช้รูปแบบการเดินทางประเภทต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาของการเดินทางทั้งหมด ที่เกิดขึ้นระหว่างจุดต้นและทางปลายทางในแต่ละพื้นที่ย่อย
- ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment Analysis) ใช้คาดการณ์จำนวนการเดินทางของแต่ละรูปแบบ การเดินทางที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างจุดต้นทางปลายทางของแต่ละพื้นที่ย่อยในพื้นที่ศึกษา

## 2.2 การวิเคราะห์การเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง (Trip Generation Analysis)

การวิเคราะห์การเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง คือการวิเคราะห์ที่ใช้ในการประมาณจำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ย่อย (Zone) ซึ่งตั้งอยู่ภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อการเดินทาง ได้แก่ ตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น จำนวนประชากร รายได้ของประชากร จำนวนยานพาหนะ เป็นต้น และลักษณะการใช้ที่ดิน เช่น พื้นที่ใช้สอย อาคาร มูลค่าที่ดิน ความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ เป็นต้น

การเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง สามารถจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการเดินทาง (Trip Purposes) ซึ่งขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการเดินทางของผู้เดินทาง ได้แก่ การเดินทางไปโรงเรียน การเดินทางไปทำงาน การเดินทางไปซื้อสินค้า การเดินทางเพื่อพบปะญาติมิตรเพื่อนฝูง และสันทนาการ เป็นต้น นอกจากนี้ การเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง สามารถจำแนกตามสถานที่เกิดการเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง คือ 1) การเดินทางที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย (Home Based Trips, HB) คือ การเดินทางที่เกี่ยวข้องการเดินทางมีปลายข้างใดข้างหนึ่งเป็นที่พักอาศัย และ 2) การเดินทางที่ไม่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย (Non Home Based Trips, NHB) คือ การเดินทางที่ไม่มีปลายข้างใดข้างหนึ่งเป็นที่พักอาศัยเลย

ในการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางที่พิจารณาภาพรวมของแต่ละพื้นที่ย่อย โดยทั่วไปจะกำหนดให้จุดศูนย์กลางของพื้นที่ย่อยนั้นๆ เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดการเดินทางหรือเป็นจุดสิ้นสุดที่ดึงดูดการเดินทาง จุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อยเป็นตำแหน่งที่ถูกสมมติให้เป็นศูนย์กลางของกิจกรรมทั้งหมดของพื้นที่ย่อยนั้นๆ โดยการกำหนดจุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อยต้องให้สัมพันธ์กับโครงข่ายถนน เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ โดยควรสมมติให้จุดศูนย์กลางของแต่ละพื้นที่ย่อยเชื่อมต่อกับถนนด้วยเส้นเชื่อมต่อสมมติ (Centroid Connector)

วิธีการที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง (วิโรจน์, 2544) ได้แก่

1) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) คือ การวิเคราะห์ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ โดยค่าตัวแปรตาม คือ จำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง และตัวแปรอิสระ คือ ข้อมูลสภาพทางเศรษฐกิจ สังคมหรือการใช้พื้นที่ ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนยานพาหนะต่อครอบครัวและจำนวนการจ้างงาน เป็นต้น

2) วิธีการวิเคราะห์อัตราการเดินทาง (Trip Rate Analysis) เป็นการวิเคราะห์ที่อ้างอิงจากอัตราการสร้างการเดินทางเฉลี่ยและอัตราการดึงดูดการเดินทางเฉลี่ยของพื้นที่สำคัญๆ ในชุมชนซึ่งเป็นสถานที่หลักที่ก่อให้เกิดกิจกรรมการเดินทาง

3) วิธีการแบ่งกลุ่มวิเคราะห์ของ FHWA เป็นวิธีการคำนวณอัตราการเดินทาง โดยสมมติให้มีการแบ่งกลุ่มย่อยไปอีกในลักษณะความสัมพันธ์แบบกราฟ เช่น รายได้เฉลี่ยพื้นที่ต่อครัวเรือน ทำให้ทราบจำนวนครัวเรือนตามลักษณะการครอบครองยานพาหนะ รายได้เฉลี่ยพื้นที่ต่อครัวเรือน ทำให้ทราบจำนวนการเดินทางของแต่ละครัวเรือน และรายได้เฉลี่ยพื้นที่ต่อครัวเรือน ทำให้ทราบการเกิดการเดินทางตามวัตถุประสงค์ เป็นต้น

โดยสรุป การวิเคราะห์การเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง แต่ละวิธีมีข้อเด่นและข้อด้อยที่ต่างกักันกล่าวคือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เป็นวิธีการที่รวดเร็วแต่มีความยุ่งยากในการคาดการณ์ตัวแปรอิสระ สำหรับปีอนาคต เนื่องจากตัวแปรมีหลายตัว และจากการศึกษาของ JICA (1990) พบว่า การใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น มีข้อด้อยประการสำคัญ คือ การเดินทางต่างๆ ที่ได้จากการสำรวจและนำมาเปรียบเทียบไม่สะท้อนว่าสัมพันธ์กับพื้นที่อาศัย ส่วนวิธีการวิเคราะห์อัตราการเดินทาง เป็นการเปรียบเทียบการเดินทางต่อคนตามลักษณะประชากรแต่ละพื้นที่ สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับรูปแบบการใช้พื้นที่ประเภทต่างๆ ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาอย่างละเอียดในทุกจังหวัดของประเทศไทย สำหรับวิธีการแบ่งกลุ่มวิเคราะห์ของ FHWA เป็นวิธีการที่รู้ได้ทันที ถ้ามีข้อมูลเพียงตัวหนึ่งตัวใดสามารถนำไปเทียบกับกราฟได้ แต่สำหรับประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลกราฟที่สามารถอ้างอิงได้ ดังนั้นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการวิเคราะห์อัตราการเดินทาง เนื่องจากง่ายต่อการวิเคราะห์ เพราะมีตัวแปรไม่ซับซ้อนกล่าวคือ ได้จากการสุ่มตัวอย่างประชากรตามเขตการปกครองก็สามารถได้อัตราการเดินทางเฉลี่ยของพื้นที่นั้นๆ ได้

### 2.3 การวิเคราะห์การกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Analysis)

การวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง เป็นการคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นที่ย่อยทั้งหมด การกระจายการเดินทางจะแปรผกผันกับระยะทางหรือค่าใช้จ่ายระหว่างพื้นที่ย่อย ค่าของการกระจายการเดินทางสามารถนำเสนอได้ ในรูปแบบตารางเมตริกซ์ของค่าคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างจุดต้นทางถึงปลายทาง

ในการสร้างตารางการกระจายตัวของการเดินทางให้ใกล้เคียงกับการกระจายตัวจริงในพื้นที่ศึกษา หรือมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการเดินทางใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยจริงในพื้นที่ศึกษา มีวิธีการสร้างตารางการกระจายตัวของการเดินทางที่นิยม (วิโรจน์, 2544) ได้แก่

1) วิธีอัตราการขยายแบบเดียว (Growth Factor) เป็นวิธีการหาการกระจายตัวของการเดินทางจากอัตราการเติบโตที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต มีข้อมูลจากการสำรวจการเดินทางในปัจจุบันของแต่ละจุดต้นทางถึงปลายทางในพื้นที่ศึกษา และมีการคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นในอนาคต สามารถทำการหาจำนวนการเดินทางของแต่ละจุดต้นทางถึงปลายทางได้ โดยเริ่มจากการหาอัตราการขยายตัวของการเดินทาง ได้จากสัดส่วนจำนวนการเดินทางในปีเป้าหมายกับจำนวนการเดินทางปัจจุบัน จากนั้นนำอัตราการขยายตัวที่ได้มาคูณกับจำนวนการเดินทางปัจจุบัน ได้เป็นจำนวนการเดินทางที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

2) วิธีอัตราการขยายแบบคู่ (Furness Method) เป็นวิธีที่พัฒนาจากอัตราการขยายแบบเดียว เพื่อให้สามารถทำการปรับค่าจำนวนการเดินทางได้ทั้งจุดต้นทางและจุดปลายทาง (ผลรวมในแนวแถวและสดมภ์) แต่ยังคงอาศัยหลักการของการหาอัตราการเติบโตที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต วิธีการคำนวณสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก เป็นการหาอัตราการขยายตัวจากจำนวนการเดินทางที่กำหนดไว้ในแต่ละจุดต้นทาง ขั้นตอนต่อมาทำการหาอัตราการขยายตัวจากจำนวนการเดินทางที่กำหนดไว้ในแต่ละจุดปลายทางจากค่าที่ได้จากขั้นตอนแรก และขั้นตอนสุดท้าย เป็นการคำนวณซ้ำทั้งสองขั้นตอนแรกไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ค่าผลรวมของจำนวนการเกิดการเดินทางและดึงดูดการเดินทางที่ใกล้เคียงกัน

3) วิธีแรงโน้มถ่วง (Gravity Method) เป็นวิธีการหาการกระจายตัวของการเดินทางจากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเดินทางและระยะทางในการเดินทาง เพื่อนำมาสร้างตารางจำนวนการเดินทางระหว่างจุดต้นทางและปลายทางหรือ OD Trip Matrix ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างตารางการเดินทางประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นจำนวนการเกิดการเดินทางและการดึงดูดการเดินทางสำหรับแต่ละพื้นที่ ส่วนที่ 2 เป็นต้นทุนในการเดินทางระหว่างพื้นที่ โดยสามารถหาได้จากการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางระหว่างแต่ละพื้นที่ (Shortest Path) เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทาง และส่วนสุดท้าย คือ ตารางค่า Deterrence Function ซึ่งแสดงถึงความอ่อนไหวของต้นทุนของการเดินทางที่ส่งผลต่อจำนวนการเดินทาง เมื่อกระจายการเดินทางลงตารางเมตริกซ์แล้วใช้ Furness Method ในการปรับค่าจากตาราง Deterrence Function ของแต่ละคู่ของจุดต้นทาง และปลายทาง โดยที่ทำการแทนค่าต้นทุนในการเดินทางระหว่างจุดต้นทาง และปลายทางนั้น ตามค่าในตารางต้นทุนลงไปในการสมการของ Deterrence Function หลังจากนั้นทำการปรับสัดส่วนจำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ต่างๆ ให้สอดคล้องกับจำนวนการเกิดและการดึงดูดการเดินทางของแต่ละพื้นที่

โดยสรุปวิธีการวิเคราะห์แต่ละประเภทมีข้อเด่นข้อด้อยที่แตกต่างกัน กล่าวคือ วิธีอัตราขยายตัวมีข้อด้อยหลายประการ คือ ไม่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีการคำนวณอัตราความเชื่อมั่นก่อนและตารางการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อยมีค่าเท่ากับศูนย์อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ (Bruton,1975) ส่วนวิธีแรงโน้มถ่วงประยุกต์ใช้ง่าย แต่ต้องพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ เพราะการเดินทางบางประเภทไม่ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างพื้นที่ ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์วิธีแรงโน้มถ่วงมาพิจารณาข้อมูลอัตราการเดินทางของแต่ละเขตพื้นที่ ที่ได้จากการสำรวจตามวัตถุประสงค์การเดินทาง

## 2.4 การวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Analysis)

การวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทาง เป็นการศึกษาสัดส่วนของประเภทการขนส่ง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจลักษณะการกระจายตัวการเดินทาง ที่ผู้เดินทางเลือกในพื้นที่และข้อจำกัดของเศรษฐกิจสังคมของผู้เดินทางนั้น โดยทั่วไปรูปแบบการเดินทาง แยกกระหว่างการเดินทางด้วยรถส่วนบุคคลและระบบขนส่งสาธารณะ ซึ่งเรียกแบบจำลองนี้ว่า Binary Logit Model (BNL) แต่ถ้ารูปแบบการเดินทางมีมากกว่า 2 รูปแบบ เรียกแบบจำลองนี้ว่า Multinomial Logit Model (MNL) การเลือกรูปแบบการเดินทางมีความสัมพันธ์กับแรงดึงดูดของแต่ละรูปแบบการเดินทาง ซึ่งแต่ละรูปแบบมีแรงดึงดูดที่แตกต่างกันออกไป โดยแรงดึงดูดของรูปแบบการเดินทางนั้นๆ สะท้อนออกมาในรูปของต้นทุนการเดินทางโดยรวมของต้นทุนค่าใช้จ่าย เช่น ค่าน้ำมันค่าบำรุงรักษา ค่าโดยสาร เป็นต้น และต้นทุนทางด้านเวลาที่แสดงในรูปของ มูลค่าของเวลา เช่น เวลาในการเดินทาง เป็นต้น

จากการศึกษารูปแบบการเดินทางภายในอำเภอหาดใหญ่ ของงานวิจัยเมื่อเร็วๆ นี้ของ ประเมศวร์และคณะ (2556) พบว่า ผู้คนส่วนใหญ่ร้อยละ 85.94 นิยมเดินทางด้วยรถส่วนบุคคล มีเพียงร้อยละ 14.06 ที่ใช้รถสาธารณะ โดยผลดังกล่าวมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับงานศึกษาในอดีตของ สนข (2552) พบว่า มีสัดส่วนการใช้รถส่วนบุคคลต่อรถสาธารณะ เท่ากับ 76.60:23.40 ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงพิจารณาสร้างแบบจำลองการเดินทาง สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลเท่านั้น



## 2.5 การวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment Analysis)

การวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทาง เป็นการพิจารณาทั้งด้านอุปสงค์ (Demand) และด้านอุปทาน (Supply) ของโครงข่ายการเดินทาง โดยการกระจายตัวของจำนวนการเดินทางในแต่ละทิศทางตามรูปแบบการเดินทางที่สามารถแสดงในรูปของต้นทุนในการเดินทาง เช่น เวลาในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และความสะดวกรบาย เป็นต้น และด้านอุปทาน (Supply) เป็นการพิจารณาถนนในแต่ละช่วงถนน (Link) ซึ่งมีความสอดคล้องกับฟังก์ชันต้นทุนในการเดินทางที่อยู่ในรูปของ ระยะทาง ปริมาณการจราจร และความจุถนน

การแจกแจงการเดินทาง เป็นการวิเคราะห์การเลือกเส้นทางในการเดินทาง เพื่อหาเส้นทางในการเดินทางที่มีต้นทุนในการเดินทางต่ำที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยการหาจุดสมดุล (Equilibrium) ของต้นทุนในการเดินทางของแต่ละช่วงถนนในโครงข่ายถนน โดยต้นทุนในการเดินทางส่วนหนึ่งอยู่ในรูปของเวลาที่ใช้ในการเดินทาง โดยวิธีการวิเคราะห์สามารถแบ่งได้ดังนี้ (วีโรจน์, 2544)

1) All or Nothing เป็นวิธีแจกแจงจำนวนการเดินทางบนโครงข่ายถนนโดยเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยไม่พิจารณาสภาพจราจรติดขัด ผู้เดินทางยังคงพิจารณาเส้นทางเดิมที่สั้นที่สุด เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด วิธีการนี้ขัดกับข้อเท็จจริง คือ โครงข่ายถนนที่มีปริมาณการจราจรที่สูงๆ ทำให้ระยะเวลาการเดินทางเพิ่มขึ้น เมื่อเดินทางเห็นสภาพจราจรหนาแน่นจึงตัดสินใจเปลี่ยนเส้นทางเดินทางใหม่ วิธีการ All or Nothing เหมาะกับเส้นทางที่สภาพจราจรไม่ติดขัด

2) Wardrop's Equilibrium เป็นวิธีที่มีการพิจารณาถึงสภาพการจราจรที่ติดขัดซึ่งพยายามหาจุดสมดุลของปริมาณการจราจรในโครงข่ายถนน โดยมีแนวคิดที่ว่า ภายใต้สภาพการจราจรที่มีการจัดตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุลในโครงข่ายถนนที่มีความแออัดจะไม่มีบุคคลใดสามารถลดต้นทุนการเดินทางได้ โดยการเปลี่ยนเส้นทาง ซึ่งวิธีการนี้อาศัยหลักการที่ทำให้โครงข่ายถนนเกิดความสมดุลโดยที่ผู้เดินทางจะพยายามเลือกเส้นทางที่มีต้นทุนในการเดินทางต่ำที่สุด

3) Probit Stochastic User Equilibrium (SUE) Assignment เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นจากวิธี Wardrop's Equilibrium เพื่อลดข้อจำกัดของการรับรู้เกี่ยวกับต้นทุนในการเลือกเส้นทางของผู้เดินทาง เนื่องจากผู้เดินทางแต่ละคนไม่สามารถที่จะมีข้อมูลที่สมบูรณ์ประกอบการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางได้ จึงทำให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ดังนั้นได้มีการนำหลักการของความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทางโดยมีสมมติฐานว่า ผู้เดินทางจะรับรู้ข้อมูลว่าเส้นทางในการเดินทางทุกเส้นทางที่เชื่อมโยงระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทางนั้น มีเวลาในการเดินทางที่เท่ากัน ทุกเส้นทางจึงมีโอกาสที่จะถูกเลือกโดยผู้เดินทางอย่างเท่าเทียมกัน วิธีการนี้จะคำนึงถึงการรับรู้ ประสบการณ์ และความพึงพอใจของผู้เดินทางในการพิจารณาเลือกเส้นทางที่แตกต่างกันไปของผู้เดินทางแต่ละคน ซึ่งจะต่างกับวิธี Wardrop's Equilibrium ที่มีสมมติฐานว่าผู้เดินทางแต่ละคนนั้นพิจารณาปัจจัยในการเลือกเส้นทางเหมือนกัน

โดยสรุปการวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทาง เป็นวิธีที่เกี่ยวข้องกับผลวิเคราะห์ของสภาพการจราจร ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่มีความสัมพันธ์กับความจุถนน (Capacity) ปริมาณการจราจร (Flow) ความเร็วจราจร (Traffic Flow Speed) ในโครงข่ายที่เป็นผลมาจากต้นทุนในการเดินทาง ในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธี Probit Stochastic User Equilibrium (SUE) Assignment เพราะงานวิจัยนี้ พิจารณาการรับรู้ถึงต้นทุนในการเลือกเส้นทางของผู้เดินทางบนช่วงถนนได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ

## 2.6 การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

การวิเคราะห์ความเปราะบาง คือ การระบุตำแหน่งหรือจัดลำดับขององค์ประกอบภายในโครงข่ายถนนที่มีความเปราะบางจากการติดขัดของช่วงถนนในโครงข่าย ซึ่งใช้แนวคิดของการเข้าถึง (Accessibility) การใช้กิจกรรมของกลุ่มหรือบุคคล (เช่น การจ้างงาน การศึกษา การค้าและการพาณิชย์) ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ทั้งในและรอบเมืองโดยใช้ระบบการขนส่งในการเข้าถึงที่นั้นๆ

Taylor (2006) ได้อธิบายหลักการของการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนไว้ว่าเป็นการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการหาผลกระทบจากการล้มเหลว (Failure) หรือเสื่อมสภาพ (Degraded) ขององค์ประกอบภายในโครงข่ายถนน เช่น ช่วงถนน หรือ ทางแยก ต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย (Network Performance)

Berdica (2002) เป็นผู้ริเริ่มนำการวิเคราะห์ความเปราะบางมาประยุกต์ใช้กับโครงข่ายถนน โดยการศึกษาผลกระทบจากการด้อยประสิทธิภาพ (Degradation) หรือ การติดขัด (Disruption) ของช่วงถนนภายในโครงข่ายต่อประสิทธิภาพรวมของโครงข่าย (Network Performance) ซึ่งการด้อยประสิทธิภาพหรือการติดขัดของช่วงถนนในสถานการณ์ปกติ อาจมีสาเหตุมาจาก ความแออัดของการจราจร อุบัติเหตุจราจร การปิดซ่อมแซมถนน เป็นต้น ส่วนช่วงสถานการณ์วิกฤติอาจมีสาเหตุมาจาก อุทกภัย ดินถล่ม การจลาจล เป็นต้น

จากงานวิจัยการศึกษาความเปราะบางของโครงข่ายถนนจากอุทกภัยกรณีศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (ปรเมศวร์และคณะ, 2556) สามารถจำแนกงานวิจัยด้านการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มงานวิจัยที่เน้นการให้คำนิยามและหาดัชนีความเปราะบางของโครงข่าย ตลอดจนการนำคำนิยามและดัชนีความเปราะบางที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้กับโครงข่ายถนนจริงที่มีขนาดใหญ่ (Berdica and Mattsson, 2007; D'Este and Taylor, 2003; Jenelius, 2009; Taylor, 2008; Taylor and D'Este, 2007; Taylor *et al.*, 2006) โดยดัชนีชี้วัดที่นิยมใช้และเป็นที่ยอมรับในต่างประเทศสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

2) กลุ่มงานวิจัยที่เน้นการพัฒนากระบวนการ (Algorithm) ในการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนจริงที่มีขนาดใหญ่ (Taylor and D'Este, 2007; Taylor *et al.*, 2006; Murray-Tuite and Mahmassani, 2004; Luathep *et al.*, 2011)

ตารางที่ 2.2 ดัชนีชี้วัดความเปราะบางที่นิยมใช้และยอมรับในต่างประเทศ

ดัชนี	คำอธิบาย	สมการทั่วไป
เชิงกายภาพ (Topology)	พิจารณาจาก ระยะทางของจุดที่ สนใจในโครงข่าย	$A_{ij} = \min \sum_a d_{aij} c_a$ <p>โดยที่ <math>c_a</math> คือ ระยะเวลาเดินทางหรือค่าใช้จ่ายบนช่วงถนน <math>a</math>, <math>\delta_{aij} = 1</math> ถ้า <math>a</math> อยู่บนเส้นทางที่สั้นที่สุดจาก <math>i</math> ไป <math>j</math>, นอกนั้น <math>\delta_{aij} = 0</math></p>
เชิงระยะทาง-เวลา (Space-Time)	พิจารณาพฤติกรรม การเดินทางจาก ข้อจำกัดของเวลากับ ระยะทาง	$A'_{ij} = A_{ij} \text{ if } T \geq t_{ij} + t_j, A'_{ij} = 0$ <p>โดยที่ <math>d_{ij}</math> คือระยะทางจาก <math>i</math> ไป <math>j</math>, <math>v_{ij}</math> คือ ความเร็วเฉลี่ย ของการเดินทาง, <math>t_{ij} = d_{ij}/v_{ij}</math> คือเวลาของการ เดินทาง, <math>T</math> คือ เวลาทั้งหมดที่มี, <math>T_j</math> คือ เวลาที่ต้องการที่ปลายทาง</p>
เชิงศักยภาพของการเข้าถึง (Potential Accessibility)	พิจารณาจากช่องทาง ในการเข้าถึงทั้งหมด โดยถ่วงน้ำหนักด้วย ฟังก์ชันค่าใช้จ่าย	$A_{ij} = O_j f(C_{ij})$ <p>โดยที่ <math>O_j</math> คือ จำนวนช่องทางในการเข้าถึงจุด และ <math>C_{ij}</math> คือ เวลาหรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่าง <math>i</math> และ <math>j</math></p>
เชิงอรรถประโยชน์ของ พฤติกรรม (Behavioral Utility)	พิจารณาจาก ประโยชน์ที่แต่ละคน ได้รับจากทางเลือก ต่างๆ	$I_n = \ln \sum_{r \in R_n} e^{V_m}$ <p>โดยที่ <math>I_n</math> คือ ค่าของสมการอรรถประโยชน์, <math>V_m</math> ค่าตัวแปรdeterministic ของทางเลือก <math>r</math> ใน เซตของทางเลือก <math>R_n</math></p>
เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic)	พิจารณาจากการ เปลี่ยนแปลงของ อุปสงค์ส่วนเกินซึ่งเกิด จากการเปลี่ยนแปลง ของระบบ	$(\Delta E(CS)) = \frac{1}{\alpha} \left[ \ln \left( \sum_{j=1}^j e^{I_j} \right) - \ln \left( \sum_{j=1}^0 e^{I_j} \right) \right]$ <p>โดยที่ <math>\Delta E(CS)</math> คือ ค่าความคาดหวังการเปลี่ยนแปลงของ อุปสงค์ส่วนเกินระหว่าง 2 กรณี (1 และ 0), logsums แต่ละพจน์ เป็นค่ารวมของอรรถประโยชน์ แต่ละคนภายใต้แต่ละกรณี, <math>\alpha</math> คือ ค่าติลลของสัมประสิทธิ์ของเวลาการ เดินทางหรือค่าใช้จ่ายในสมการอรรถประโยชน์</p>

ที่มา: Taylor (2008)

งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกค่าดัชนีเชิงศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่ (Potential Accessibility) มาการประยุกต์สำหรับการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติได้ จากตารางที่ 2.2 สมการทั่วไปของดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ ใช้ประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่าง 2 พื้นที่ คือ  $i$  และ  $j$  เท่านั้น ส่วนการประเมินศักยภาพในการเข้าถึงระหว่างพื้นที่ต้นทาง  $i$  จากทุกพื้นที่ปลายทาง  $j \in J$  โดยที่  $J$  เป็นเซตของพื้นที่ปลายทาง ในเขตพื้นที่ศึกษาสามารถคำนวณได้จากดัชนีศักยภาพการเข้าถึงแบบรวม (Taylor, 2008) มีสมการดังนี้

$$AI_i = \frac{\sum_j O_j f(c_{ij})}{\sum_i O_j} \quad (2.1)$$

จากสมการที่ (2.1) ประเมศวร์และคณะ (2556) ได้ทำการประยุกต์ดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทาง โดยประเมินความสามารถในการเดินทางเข้าสู่พื้นที่  $i$  ของพื้นที่ปลายทาง  $j$  มีสมการดังนี้

$$AI_i = \frac{\sum_j q_{ij} f(c_{ij})}{\sum_j q_{ij}} \quad (2.2)$$

$$AI_i = \frac{\sum_j q_{ij} / \sum_{k \in K} f_{ij}^k c_{ij}^k}{\sum_j q_{ij}} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $AI_i$  คือ ดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทาง  $i$   
 $q_{ij}$  คือ ปริมาณการเดินทางระหว่าง  $i$  และ  $j$   
 $f_{ij}^k, c_{ij}^k$  คือ ปริมาณการเดินทางและค่าใช้จ่าย (เวลาของการเดินทาง) บนเส้นทาง  $k$  ในเซตของเส้นทาง  $K_{ij}$  ที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่  $i$  และพื้นที่  $j$

จากสมการที่ (2.3) ได้พิจารณาการเลือกเส้นทางของผู้เดินทางโดยใช้ผลคูณระหว่าง  $f_{ij}^k$  และ  $c_{ij}^k$  แทนฟังก์ชัน  $f(C_{ij})$  และพิจารณาใช้ค่า  $q_{ij}$  แทนค่า  $O_j$  เป็นจำนวนช่องทางในการเข้าถึงพื้นที่ในสมการ (2.1) เพื่อพิจารณาจำนวนการเดินทางที่มีผลต่อศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ และเมื่อพิจารณาจากพจน์  $q_{ij} / \sum_{k \in K_{ij}} f_{ij}^k c_{ij}^k$  ซึ่งเป็น ส่วนกลับของค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายหรือเวลาในการเดินทางระหว่าง 2 พื้นที่ จะทำให้ความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ลดลง

## 2.7 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างแบบจำลองการเดินทางและการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโครงข่ายถนน ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์และแสดงผล ได้แก่ โปรแกรม Arc Map โปรแกรม Emme และ โปรแกรม SATURN โดยมีรายละเอียดของแต่ละโปรแกรดังนี้

### 1) โปรแกรม Arc Map

โปรแกรม Arc Map เป็นโปรแกรมจัดการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ที่นำเสนอเกี่ยวกับ รูปทรง และตำแหน่งจากพื้นโลกจริง ถูกนำเสนอในรูปแบบของ จุด (Point) เส้น (Line) และรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attributes Data) เป็นข้อมูลที่อธิบายถึงคุณลักษณะของข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลเชิงพฤติกรรม (Behavior Data) หมายถึงการกำหนดเงื่อนไขหรือลักษณะของข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนดตามสภาพแวดล้อมจริงของข้อมูลนั้นๆ โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ เป็นฐานข้อมูลแล้วถูกนำมาเสนอผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา (Dynamic) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูล การแสดงผลทาง GIS ก็แสดงออกมา เป็นผลที่เปลี่ยนแปลงได้ทันที

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์โปรแกรม Arc Map มาใช้ในการสร้างฐานข้อมูลโครงข่ายถนนคือ โปรแกรม Arc Map ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ 3 ชนิดด้วยกัน คือ 1) ข้อมูลจุด (Point) ประกอบด้วยค่าพิกัด XY หนึ่งคู่ นับได้ว่า เป็นรูปแบบของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ไม่มีมิติ (Zero Dimensional Objects) เช่น จุดทางแยก (Node) 2) ข้อมูลเส้น (Line) ประกอบด้วยค่าพิกัด XY ของจุดเริ่มต้นและค่าพิกัด XY ของจุดสิ้นสุด เช่น ช่วงถนน(Link) 3) ข้อมูลพื้นที่ (Area or Polygon) ประกอบด้วยค่าพิกัด XY ชุดหนึ่ง ซึ่งจุดเริ่มต้น เป็นจุดเดียวกับจุดสิ้นสุด ใช้แสดงแทนวัตถุที่มีสองมิติ (Two-dimensional Spatial Objects)

### 2) โปรแกรม Emme

ในการสร้างแบบจำลองการเดินทาง ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองการเดินทางมีจำนวนมาก ได้แก่ ข้อมูลโครงข่ายถนน เช่น จำนวนช่องจราจร ปริมาณการจราจร ความเร็ว เป็นต้น และข้อมูลพฤติกรรมการเดินทาง เช่น ข้อมูลอัตราการเดินทาง รูปแบบการเดินทาง เป็นต้น ทำให้การวิเคราะห์นั้นมีความยุ่งยาก และใช้เวลาในการประมวลผลนาน ดังนั้น จำเป็นต้องประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยลดความยุ่งยากและเวลา จากการศึกษางานวิจัยด้านการจราจรและขนส่งที่ผ่านมา โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ได้แก่ โปรแกรม Emme โปรแกรม Transplan และ โปรแกรม Trips โดยแต่ละโปรแกรมมีคุณสมบัติเฉพาะรวมทั้งข้อเด่น และข้อด้อยที่แตกต่างกันออกไป ดังสรุปในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์การเดินทาง

หลักเกณฑ์	Emme	Transplan	Trips
แบบจำลองการวิเคราะห์โครงข่ายขนส่งสาธารณะ	การคำนวณโครงข่ายและตารางการเดินทางยอมให้ผู้ใช้งานใช้ฟังก์ชันที่ซับซ้อน	สามารถวิเคราะห์ได้รวมทั้งสามารถใช้แบบจำลอง Logit	สามารถวิเคราะห์ได้และสามารถจำลองโครงสร้างค่าโดยสารในแบบจำลอง
แบบจำลองความแออัด (Congestion Modeling)	สามารถทำได้	ไม่มีเครื่องมือโดยตรงในการวิเคราะห์แบบจำลองความแออัด	แบบจำลองความแออัดได้มีการพัฒนาจากขบวนการวิเคราะห์ทางแยก
แบบจำลองการประมาณตารางการเดินทาง	สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทั้งยานพาหนะส่วนบุคคลและระบบขนส่งสาธารณะ	สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทั้งยานพาหนะส่วนบุคคลและระบบขนส่งสาธารณะ	สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทั้งยานพาหนะส่วนบุคคลและระบบขนส่งสาธารณะ
ขอบเขตของการวิเคราะห์	ทำการวิเคราะห์แบบจำลองได้ทุกประเภทยกเว้นแบบจำลองระดับทางแยก	ทำการวิเคราะห์แบบจำลองได้ทุกประเภทยกเว้นแบบจำลองระดับทางแยก	ทำการวิเคราะห์แบบจำลองได้ทุกประเภท
การแสดงผลกราฟฟิก	ดีมาก	ดี	ดีมาก
หน่วยงานที่ใช้งานโปรแกรม	มีใช้อยู่ในวงจำกัด	มีใช้อยู่ในวงจำกัด	ได้รับการยอมรับหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและมหาวิทยาลัยต่างๆ
การเชื่อมโยงกับ GIS	เชื่อมโยงจาก ASCII ไฟล์	เชื่อมโยงจาก Database	เชื่อมโยงจาก ASCII ไฟล์

ที่มา: MVA Asia et al (1998)

จากตารางที่ 2.3 พบว่า โปรแกรม Emme เป็นแบบจำลองที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ทั้งแบบจำลองความแออัด (Congestion Modeling) การวิเคราะห์โครงข่ายสาธารณะและมีการแสดงผลกราฟฟิกที่ดี และมีความยืดหยุ่นสูงสามารถพยากรณ์จำนวนการเดินทาง และลักษณะการเดินทางโดยใช้การวิเคราะห์การเดินทางแบบ 4 ขั้นตอน อีกทั้งยังช่วยให้สามารถจำลองสถานการณ์ต่างๆ และสามารถทดสอบทางเลือกต่างๆ ได้มากขึ้น อีกทั้ง เป็นโปรแกรมด้านการวางแผน และจัดการระบบคมนาคมขนส่งที่ได้รับการยอมรับจากหน่วยงานต่างๆ

### 3) โปรแกรม SATURN

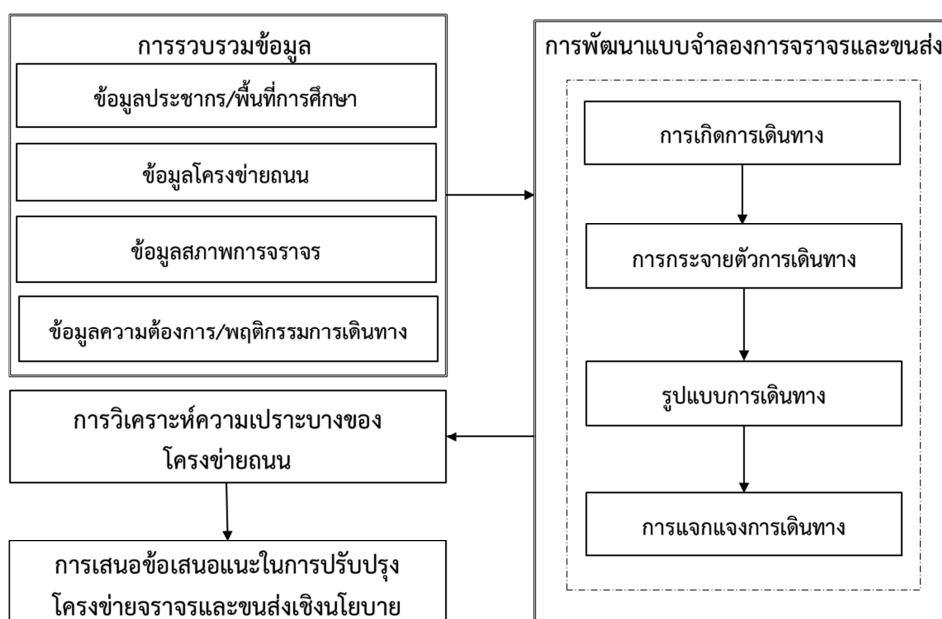
โปรแกรม SATURN (Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks) เป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองสภาพการจราจรหนาแน่นได้ พร้อมกันนี้สามารถคำนวณหาตารางการเดินทาง (OD Trip Matrix) สามารถรับข้อมูลโครงข่ายแล้วแจกแจงปริมาณการจราจรให้แก่เส้นทางต่างๆ โดยเริ่มจากข้อมูลที่ป้อนเข้า 2 ประเภท คือ ข้อมูล Trip Matrix ซึ่งเปรียบเสมือนอุปสงค์ (Demand) และข้อมูล Network ซึ่งเปรียบเสมือนอุปทาน (Supply) เลือกใช้วิธีการแจกแจงปริมาณการจราจรแบบ Probit Stochastic User Equilibrium (SUE) Assignment

การประยุกต์ใช้โปรแกรม SATURN ในการวางแผนจัดการปัญหาด้านการขนส่งในประเทศไทย ได้แก่ Sangarnathan (1986) ประยุกต์ใช้โปรแกรม SATURN ในการคำนวณและปรับปรุง OD Trip Matrix ของโครงข่ายถนนบริเวณใจกลางกรุงเทพมหานครได้ผลปรับเทียบทางสถิติที่น่าเชื่อถือ May, A.D. et al. (1993) ใช้โปรแกรม SATURN สร้างแบบจำลองการจราจรของโครงข่ายถนนในกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่น ซึ่งเป็นการเดินทางเดียว พบว่า การเปลี่ยนแปลงทิศการไหลไม่สมดุล และนำข้อมูลเหล่านี้ไปประยุกต์ในการเดินทางแบบสองทางทำให้สภาพจราจรดีขึ้น และทรงศักดิ์ รวีรังสรรค์ (2540) ทำการปรับปรุงระบบการจราจรทางเดียว (One-Way) ของเมืองหาดใหญ่ เพื่อให้สภาพการไหลของการจราจรดีขึ้น โดยใช้โปรแกรม SATURN ในการจำลองสภาพจราจรและวิเคราะห์เปรียบเทียบ สภาพการจราจรที่เสนอให้ปรับปรุงกับสภาพปัจจุบัน พบว่า ความเร็วในการเดินทางเร็วขึ้นและเวลาในการเดินทางลดลง ส่งผลให้สภาพการจราจรไม่ติดขัด

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนโดยแบ่งออกเป็นหลายกรณีศึกษา ซึ่งรายละเอียดได้อธิบายในบทที่ 5 ส่วนการวิเคราะห์ปัญหาการแจกแจงจำนวนการเดินทางบนโครงข่ายถนนใช้โปรแกรม Emme นั้นยุ่งยาก เนื่องจากต้องทำการแจกแจงปริมาณการจราจรทุกช่วงถนนด้วยมือ ดังนั้นโปรแกรมที่จะช่วยในการแจกแจงจำนวนการเดินทาง คือ โปรแกรม SATURN โดยใช้ Batch File ในการเขียนคำสั่งให้โปรแกรมทำงานอย่างต่อเนื่อง รายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 5

### บทที่ 3 วิธีการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปขั้นตอนการวิจัย ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งจำแนกออกเป็น 4 หัวข้อหลักๆ ประกอบด้วย 1) การรวบรวมและสำรวจข้อมูล 2) การพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง 3) การวิเคราะห์ความเปราะบาง และ 4) การข้อเสนอแนะในการปรับปรุงโครงข่ายถนนเชิงนโยบาย โดยมีแนวทางของการดำเนินงานในแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

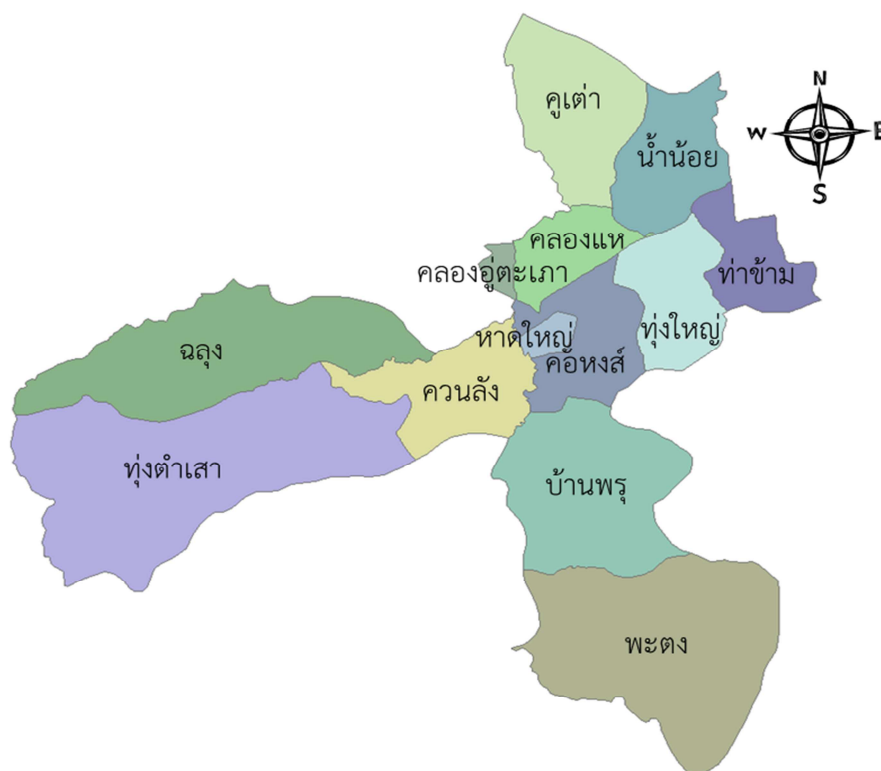
#### 3.1 การรวบรวมและสำรวจข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมและสำรวจข้อมูลต่างๆ ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน คือ ข้อมูลประชากรและพื้นที่ศึกษา ข้อมูลโครงข่ายถนน ข้อมูลสภาพการจราจร ข้อมูลความต้องการการเดินทางและข้อมูลพฤติกรรมการเดินทาง อธิบายโดยละเอียดดังนี้

##### 3.1.1 ข้อมูลประชากรและพื้นที่การศึกษา

ข้อมูลประชากรในอำเภอหาดใหญ่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานทะเบียนราษฎร์ เทศบาลนครหาดใหญ่ปี พ.ศ. 2554 และสำนักงานคณะกรรมการ การเลือกตั้งประจำจังหวัดสงขลา 2554 โดยอำเภอหาดใหญ่มีพื้นที่ 852.796 ตารางกิโลเมตร แบ่งเขตการปกครอง เป็น 13 ตำบล 93 หมู่บ้านดังรูปที่ 3.2 โดยประกอบด้วย ตำบลหาดใหญ่ ตำบลควนลัง ตำบลคูเต่า ตำบลคอหงส์ ตำบลคลองแห ตำบลคลองอู่ตะเภา ตำบลฉลุง ตำบลทุ่งใหญ่ ตำบลทุ่งตำเสา ตำบลท่าข้าม ตำบลน้ำน้อย ตำบลบ้านพรุ และตำบลพะตง





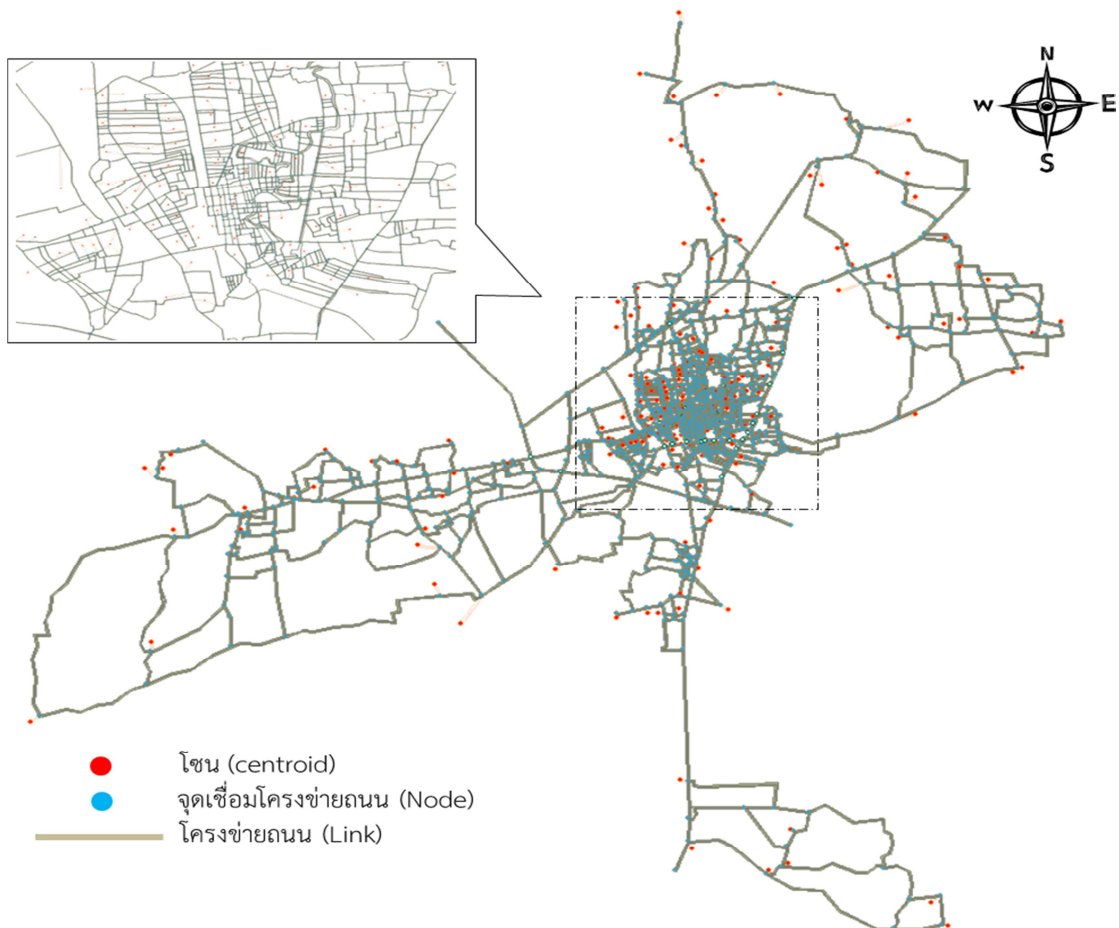
รูปที่ 3.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

ผู้วิจัยได้แบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่สำหรับที่อยู่อาศัย (Residential Zone) ซึ่งใช้ในการคาดการณ์จำนวนการเดินทาง (Trip Production) ที่ออกจากพื้นที่ และเป็นพื้นที่กิจกรรมหลัก (Major Activity Zone) เช่น ห้างสรรพสินค้า สถานศึกษา และสถานีรถไฟหาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งการแบ่งประเภทพื้นที่ดังกล่าวมีประโยชน์ในการประมาณ จำนวนการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) มายังพื้นที่นั้น (แสดงในภาคผนวก ก) โดยข้อมูลประชากรพิจารณาแบ่งเป็น 16 เขตพื้นที่หลัก โดยมี 4 เขตพื้นที่หลักอยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ในแต่ละเขตพื้นที่หลักสามารถแบ่งออก เป็นเขตพื้นที่ย่อย (Zone) โดยอ้างอิงจากข้อมูลชุมชนหรือหมู่บ้านจากเทศบาล จำนวน 194 Zones ส่วนพื้นที่กิจกรรมหลักมีจำนวน 17 Zones ในการศึกษานี้ได้แบ่งพื้นที่ทั้งหมดเป็น 211 Zones

### 3.1.2 ข้อมูลโครงข่ายถนน

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ข้อมูลโครงข่ายถนนได้ทำการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ด้านเส้นทางคมนาคม (กระทรวงคมนาคม, 2550) มีลักษณะเป็นแผนที่โครงข่ายถนนทั้งประเทศ มีมาตราส่วน และพิกัดที่ถูกต้อง จำนวนช่องจราจร ทิศทาง ความยาวของแต่ละช่วงถนน ซึ่งข้อมูลโครงข่ายถนนข้างต้นใช้โปรแกรม Arc Map ในการแก้ไขข้อมูลเลือกเฉพาะถนนในพื้นที่ศึกษาเท่านั้น โดยเน้นถนนสายหลัก และสายรองที่สำคัญ แต่ไม่พิจารณาซอยที่มีปริมาณการจราจรต่ำ ซึ่งไม่มีผลต่อความถูกต้องของแบบจำลองการเดินทางที่พัฒนาขึ้น เนื่องจากปริมาณการจราจรบนซอยถูกนำมารวมไว้บน

ถนนสายหลัก และสายรองที่สำคัญ จากนั้นนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลในการสร้างโครงข่ายถนนสำหรับนำเข้าโปรแกรม Emme สำหรับสร้างแบบจำลองการเดินทาง และตรวจสอบความถูกต้องของโครงข่ายถนนเปรียบเทียบกับโครงข่ายถนนที่มีในปัจจุบันต่อไป



รูปที่ 3.3 โครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา

รูปที่ 3.3 แสดงข้อมูลโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย ช่วงถนน (Link) 4,659 ช่วง ถนน จุดเชื่อมต่อโครงข่ายถนน (Node) 1,482 จุด และโชน (Centroid) 211 โชน ซึ่งช่วงถนนเหล่านี้ถูกนำไปสร้างแบบจำลองการเดินทาง ที่สร้างขึ้นตามฟังก์ชันการทำงานของระยะเวลาการเดินทางบนช่วงถนน

### 3.1.3 ข้อมูลสภาพการจราจร

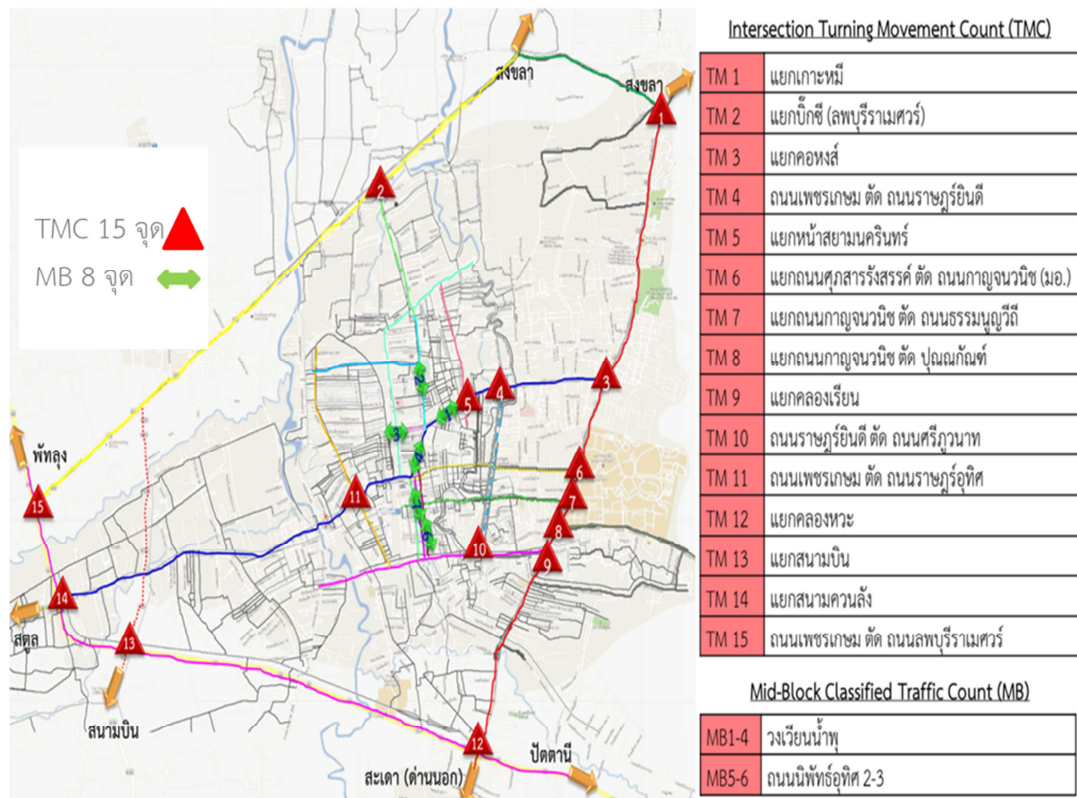
ในการพัฒนาแบบจำลองการเดินทางของโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา ส่วนที่สำคัญที่สุดคือ ข้อมูลปริมาณการจราจรบนถนนสายสำคัญ งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งข้อมูลปริมาณการจราจรออกเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณถนนสายหลักนอกเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณการจราจรบนทางหลวงเฉลี่ยรายวัน (Average Annual Daily Traffic หรือ AADT) จากรายงานปริมาณการจราจรบนทางหลวง (กรมทางหลวง, 2555) และปริมาณการจราจรบนถนนสายหลักภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งได้สำรวจเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2555 ใน 2 ช่วงเวลา คือ 7:15-9:15 น. และ 15:15-18:15 น. โดยแบ่งออกเป็นปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (Junction Turning Movement Count, TM) จำนวน 15 ทางแยก และบนช่วงถนน (Mid-Block Classified Traffic Count, MB) จำนวน 6 ช่วง ดังรูปที่ 3.4 และแสดงรายละเอียดปริมาณการจราจรในภาคผนวก ค

เนื่องจากยานพาหนะที่อยู่บนถนนมีหลายประเภท ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งขนาด น้ำหนัก และความคล่องตัว ทำให้เกิดการติดขัดของสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน เช่น รถบรรทุก รถพ่วง มักมีความเร็วต่ำ และใช้พื้นที่ของถนนมากกว่ารถยนต์ส่วนบุคคล ดังนั้นผู้วิจัยได้จำแนกยานพาหนะ เป็น 10 ประเภท โดยแต่ละประเภทถูกกำหนดให้อยู่ในหน่วยเทียบเท่าของรถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car Unit: PCU) ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานก่อน แล้วจึงรวมปริมาณการจราจรที่มีหน่วยเป็น PCU จากยานพาหนะทุกประเภทเข้าด้วยกัน โดยหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคลมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่า PCU ของยานพาหนะของรถประเภทต่างๆ

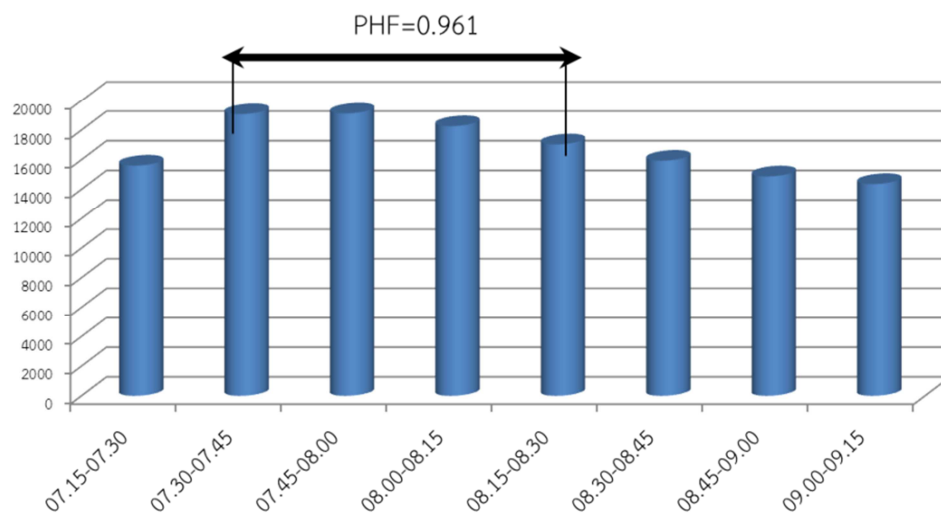
ชนิดของยานพาหนะ	ค่า PCU
รถจักรยานยนต์	0.333
รถยนต์ส่วนบุคคล/รถปิคอัพส่วนบุคคล/รถตู้	1.0
รถบรรทุกเล็ก 4 ล้อ	1.0
รถบรรทุกกลาง 6 ล้อ	1.5
รถบรรทุกใหญ่ 10 ล้อ/รถบรรทุกพ่วง/รถบรรทุกกึ่งพ่วง	2.5
รถตู้กึ่งตู้	1.0
รถตู้โดยสาร	1.0
รถสองแถว	1.0
รถโดยสารขนาดกลาง	1.5
รถโดยสารขนาดใหญ่	2.1

ที่มา:กรมทางหลวง (2555)

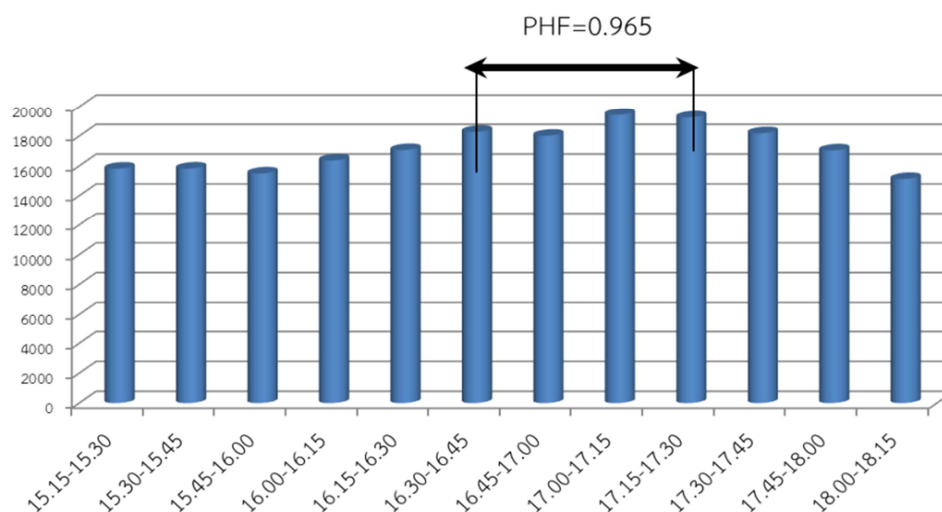


รูปที่ 3.4 จุดสำรวจปริมาณการจราจร

จากข้อมูลปริมาณการจราจรที่ทำการเก็บในช่วงเช้า และบ่ายทำให้ทราบค่า Peak Hour Factor, PHF จากรูปที่ 3.5 พบว่า ค่า PHF รวมทุกแยกในเวลาช่วงเช้า มีค่าเท่ากับ 0.961 ส่วนในรูปที่ 3.5 พบว่า ค่า PHF รวมทุกแยกในเวลาช่วงบ่าย มีค่า 0.965



รูปที่ 3.5 PHF รวมทุกแยกเวลาช่วงเช้า



รูปที่ 3.6 PHF รวมทุกแยกเวลาช่วงบ่าย

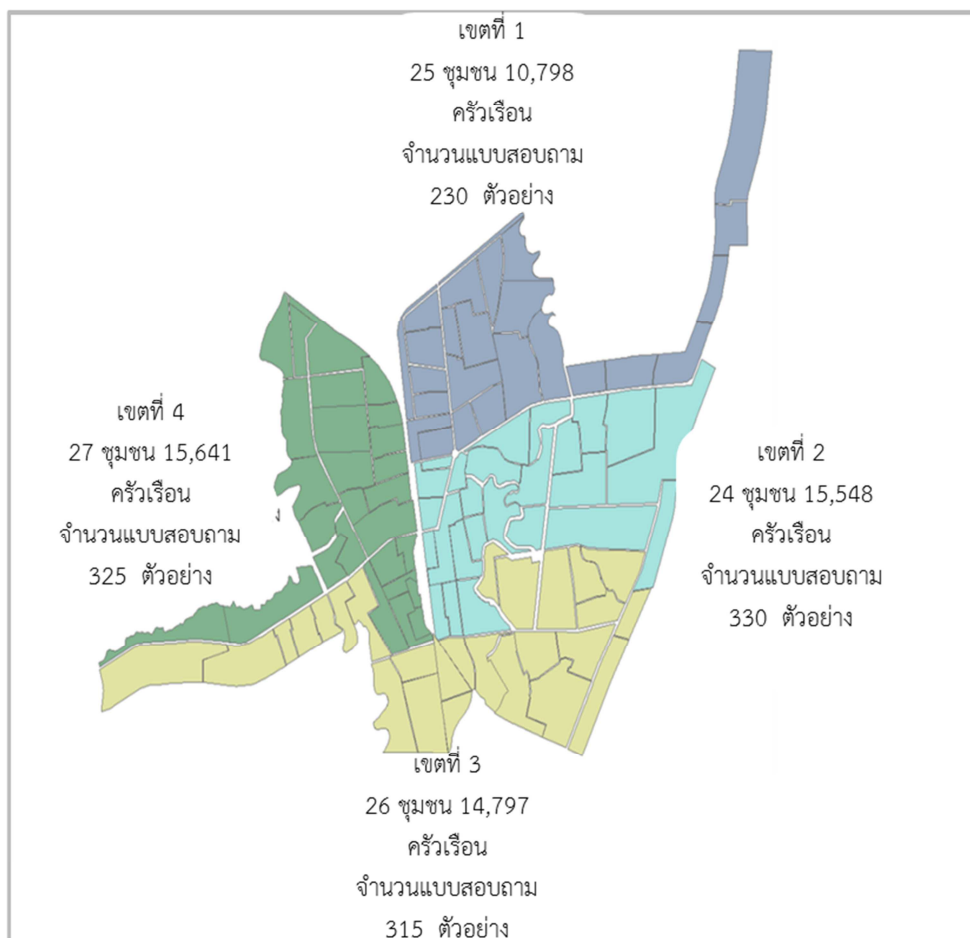
### 3.1.4 ข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมการเดินทาง

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของประชากรในพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ที่สำรวจโดย ประเมศวร์และคณะ (2556) ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง สิงหาคม 2555 จำนวนตัวอย่าง 1,600 ตัวอย่าง จากจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 56,784 ครัวเรือน โดยได้แบ่งพื้นที่สัมภาษณ์ตัวอย่างครัวเรือน ออก เป็น 4 เขตพื้นที่ ดังรูปที่ 3.7 จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปประเด็นที่สำคัญได้ดังนี้

#### 1) ข้อมูลทั่วไป

- จำนวนสมาชิกในครัวเรือนมีเฉลี่ยต่อครัวเรือนในเขตที่ 1 ถึง เขตที่ 4 มีค่าเท่ากับ 3.32, 3.25, 3.42 และ 3.19 คน/ครัวเรือน ตามลำดับ และจากการหาค่าเฉลี่ยจากทุกเขต พบว่า มีค่าเท่ากับ 3.29 คน/ครัวเรือน
- การครอบครองยานพาหนะในครัวเรือน พบว่า รถจักรยานยนต์ เป็นยานพาหนะที่มีการครอบครองสูงสุดทั้ง 4 เขต คือ 1.24 คัน/ครัวเรือน 1.10 คัน/ครัวเรือน 1.12 คัน/ครัวเรือน และ 1.30 คัน/ครัวเรือน ตามลำดับ รองลงมา คือ รถยนต์เก๋ง สำหรับ เขต 2 (0.36 คัน/ครัวเรือน) เขต 3 (0.40 คัน/ครัวเรือน) เขต 4 (0.34 คัน/ครัวเรือน) และรถกระบะ สำหรับ เขต 1 (0.42 คัน/ครัวเรือน)

ข้อมูลในหมวดนี้ เป็นประโยชน์ต่อการคำนวณหาจำนวนประชากรทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งอาจแตกต่างจากข้อมูลประชากรที่รายงานตามทะเบียนราษฎร์ เป็นประโยชน์ประกอบการสร้างแบบจำลองการเดินทางในส่วนของการเลือกรูปแบบการเดินทาง รวมทั้ง เป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับวางแผนการเดินทาง และอพยพให้สอดคล้องกับสมาชิกแต่ละกลุ่มในครัวเรือนต่อไป



รูปที่ 3.7 การจำแนกตัวอย่างแบบสอบถามตามเขตพื้นที่  
ที่มา:ปรเมศวร์และคณะ (2556)

## 2) ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางในช่วงปกติ

จากการศึกษาคนทั่วไปเดินทางออกจากบ้าน เพื่อไปทำกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละวันไม่เกิน 2 ครั้ง (Trips) แล้วเดินทางกลับบ้าน จากผลการสำรวจกลุ่มตัวอย่างในภาพรวม พบว่า คนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77.28) ก่อให้เกิดการเดินทาง 2 ครั้ง คือ เดินทางออกจากบ้าน เพื่อไปทำกิจกรรมในสถานที่ 1 แล้วต่อไปยังสถานที่ 2 ก่อนกลับบ้าน ส่วนร้อยละ 22.72 ก่อให้เกิดการเดินทางเพียง 1 ครั้ง คือ เดินทางออกจากบ้าน เพื่อไปทำกิจกรรมในสถานที่ 1 แล้วเดินทางกลับบ้าน

จากข้อมูลในตารางที่ 3.2 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่แบ่งออกเป็น 4 เขต โดยแต่ละเขตมีค่าอัตราการเดินทางแตกต่างกันไป ส่วนพื้นที่นอกเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ได้จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยของเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ทั้ง 4 เขต ซึ่งข้อมูลอัตราการเดินทางนำไปใช้หาการเกิดการเดินทาง (Production Trips) และการดึงดูดการเดินทาง (Attraction Trips) ของแต่ละพื้นที่ย่อย ส่วนอัตราการเดินทางของพื้นที่กิจกรรมหลัก 8.13 เทียบเดินทาง/100 ตารางเมตร (ปพน, 2543)

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยอัตราการเดินทางจากการสำรวจพฤติกรรมของตัวอย่างประชากร

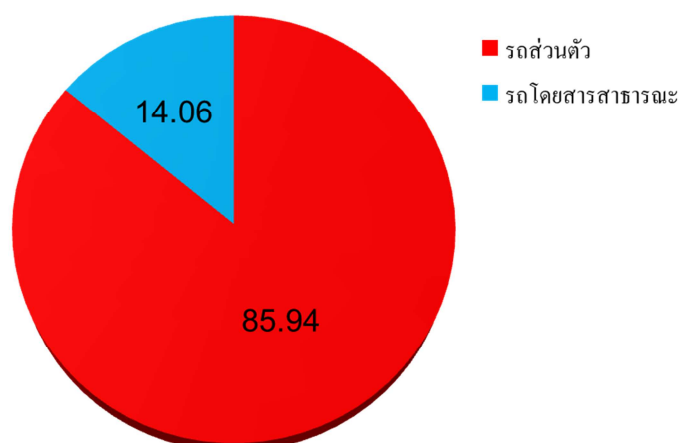
พื้นที่การเดินทาง	อัตราการเดินทาง (ครั้งต่อนาที)
เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ที่ 1	1.14
เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ที่ 2	1.21
เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ที่ 3	1.07
เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ที่ 4	0.77
นอกเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	1.05
พื้นที่กิจกรรมหลัก	8.13 เทียบเดินทาง/100 ตารางเมตร.*

\*ที่มา: ปพน (2543)

จากข้อมูลในตารางที่ 3.2 นำไปหาอัตราการเดินทางของแต่ละพื้นที่ย่อย โดยการนำจำนวนประชากรของแต่ละเขตพื้นที่ย่อยไปคูณกับอัตราการเดินทางของเขตพื้นที่ย่อยนั้น (ภาคผนวก ก.)

### 3) รูปแบบการเดินทาง

สำหรับรูปแบบการเดินทางของประชากรในอำเภอหาดใหญ่ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้รถส่วนบุคคลเป็นหลัก คิดเป็นร้อยละ 85.94 ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณารูปแบบการเดินทางเฉพาะรถรถยนต์ส่วนบุคคลเท่านั้น



รูปที่ 3.8 จำแนกตามรูปแบบการเดินทางของอำเภอหาดใหญ่  
ที่มา:ปรเมศวร์และคณะ (2556)

### 4) การสำรวจจำนวนคนบนรถ (Occupancy)

จากการสำรวจจำนวนคนบนรถภายในเมืองหาดใหญ่ โดยผู้วิจัย พบว่า มีจำนวนคนบนรถเฉลี่ย 1.83 คน/คัน โดยจำนวนคนบนรถที่ได้จากการสำรวจนี้ จะใช้เป็นค่าที่เปลี่ยนจากจำนวนคนเดินทาง เป็นจำนวนรถยนต์

### 3.2 การพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง

การพัฒนาแบบจำลองการเดินทางในอำเภอหาดใหญ่ โดยผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์การเดินทางแบบ 4 ขั้นตอน ซึ่งเป็นการคาดการณ์ปริมาณความต้องการการเดินทาง และการกระจายตัวของผู้เดินทางไปยังรูปแบบการเดินทางประเภทต่างๆ และบนเส้นทางการเดินทางต่างๆภายในโครงข่ายถนน โดยพิจารณาการเดินทางด้วยรูปแบบรถยนต์ส่วนบุคคล ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทำให้ทราบภาพรวมของการเดินทาง และประสิทธิภาพของระบบขนส่งภายในโครงข่ายถนนในปัจจุบัน ซึ่งผู้วิจัยอธิบายละเอียดในบทที่ 4

### 3.3 การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน มุ่งเน้นที่จะหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ (Critical Link) ที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ แล้วส่งผลให้ระดับการให้บริการรวมของโครงข่ายลดลงมากที่สุด ซึ่งตำแหน่งที่ได้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการออกแบบปรับปรุงโครงข่ายถนน เพื่อรองรับเหตุภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ นำค่าดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ มาวิเคราะห์หาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติบนโครงข่ายถนนภายในเมืองหาดใหญ่ โดยค่าดัชนีดังกล่าว บอกถึงระดับการเข้าถึงพื้นที่ปลายทาง เมื่อพิจารณาถนนช่วงหนึ่งช่วงใดถูกตัดขาดหรือเสียหายส่งผลกระทบต่อ การเข้าถึงพื้นที่นั้นๆ ซึ่งแตกต่างกันไป และหากช่วงถนนช่วงใดช่วงหนึ่งส่งผลกระทบต่อ การเข้าถึงพื้นที่มากถนนช่วงนั้นถือว่ามีความวิกฤติ ซึ่งอธิบายโดยละเอียดในบทที่ 5

ช่วงถนนวิกฤติ คือ ถนนช่วงที่มีความเสี่ยงหรือโอกาสที่ได้รับผลกระทบ อันเป็นผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อความสามารถในการรับมือของโครงข่ายถนนนั้น เช่น ระดับการให้บริการ (Level of Service) เวลาเดินทางรวม (Total Travel Time) การเข้าถึงพื้นที่ (Accessibility) เป็นต้น งานวิจัยครั้งนี้ใช้การเข้าถึงพื้นที่ เพื่อระบุว่าช่วงถนนไหนมีความวิกฤติโดยใช้ผลต่างระหว่างการเข้าถึงถนนช่วงปกติกับช่วงถนนที่ทำการลดประสิทธิภาพ จากนั้นทำการจัดอันดับว่าถนนช่วงใดที่ส่งผลกระทบต่อระดับการเข้าถึงมากที่สุดถือว่ามีความวิกฤติ ซึ่งรายละเอียดอธิบายในบทที่ 5

### 3.4 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงโครงข่ายถนนเชิงนโยบาย

ผู้วิจัยได้ทำการยกตัวอย่างสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการให้บริการของโครงข่ายถนนลดลงในรูปแบบสถานการณ์จำลอง (Scenarios) และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาเชิงนโยบาย ซึ่งอธิบายโดยละเอียดในบทที่ 6 ต่อไป



## บทที่ 4

### การพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง

ในการพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง มีขั้นตอน 3 ส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้คือ 1) การสร้างแบบจำลองการเดินทาง จากข้อมูลโครงข่ายถนนและข้อมูลด้านจำนวนการเดินทาง 2) การเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อให้สะท้อนถึงสภาพการเดินทางของโครงข่ายถนนในปัจจุบัน และ 3) การวิเคราะห์สภาพการจราจรในเมืองขนาดใหญ่ ในปัจจุบัน โดยโครงสร้างและรายละเอียดของแบบจำลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

#### 4.1 การสร้างแบบจำลองการเดินทาง

ในการสร้างแบบจำลองการเดินทาง ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์และแสดงผลต่างๆ ได้แก่ โปรแกรม Emme และโปรแกรม SATURN โดยโปรแกรมเหล่านี้ช่วยลดความยุ่งยากในการคำนวณ และเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการวางแผนการขนส่ง อีกทั้งยังช่วยให้สามารถจำลองสถานการณ์ต่างๆ ได้มากขึ้น โดยมีโครงสร้างการพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ส่วนรายละเอียดกล่าวในหัวข้อถัดไป

##### 4.1.1 การสร้างแบบจำลองโครงข่ายการเดินทาง

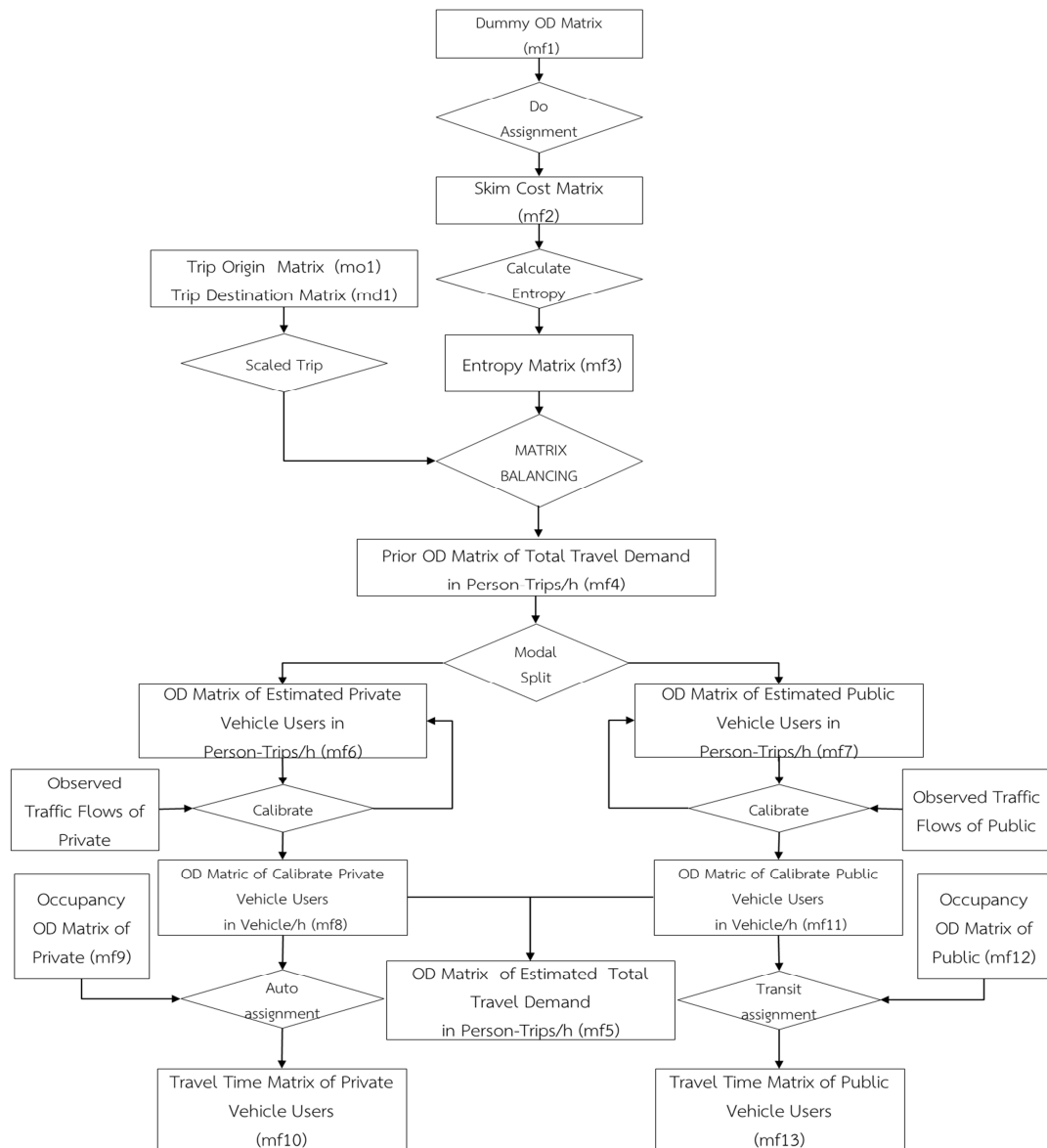
การสร้างแบบจำลองการเดินทาง โดยใช้โปรแกรม Emme โดยอ้างอิงข้อมูลโครงข่ายถนนจากฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (กระทรวงคมนาคม, 2550) โดยรายละเอียดอธิบายในภาคผนวก ก

##### 4.1.2 การสร้างตารางข้อมูลจำนวนการเดินทาง

การสร้างตารางข้อมูลจำนวนการเดินทาง เป็นการคาดการณ์ตารางจำนวนการเดินทางระหว่างแต่ละพื้นที่ย่อย (Origin-Destination Trip Matrix หรือ OD Matrix) ขึ้นมา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) นำข้อมูลอัตราการการเดินทางในตารางที่ 3.2 มาคูณจำนวนประชากรในตารางที่ ก.1 ของภาคผนวก ก ทำให้ได้ตารางข้อมูลจำนวนการเกิดการเดินทาง (Trip Production, mo1) และตารางข้อมูลจำนวนการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction, md1) ดังแสดงในตารางที่ ข.1 ของภาคผนวก ข

2) การปรับค่าผลรวมของจำนวนการเกิดการเดินทางทั้งหมด (Total Productions) และผลรวมของจำนวนการดึงดูดการเดินทางทั้งหมด (Total Attractions) ให้เท่ากัน เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง (Trip Distribution) ต่อไป



รูปที่ 4.1 โครงสร้างการพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง

#### 4.1.3 การวิเคราะห์การกระจายการเดินทาง

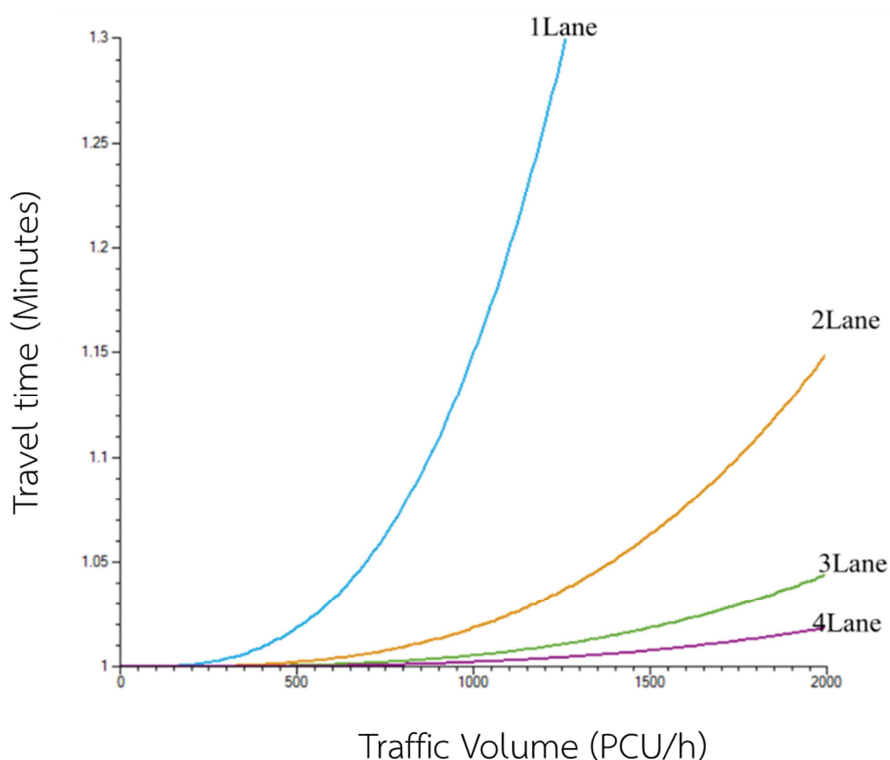
การวิเคราะห์การกระจายการเดินทางประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างตารางการเดินทางสมมติ (Dummy OD Matrix, mf1) ขั้นตอนแรก ผู้วิจัยกำหนดค่าการเดินทางระหว่างพื้นที่ให้มีค่าเท่ากัน จากนั้นทำการแจกแจงการเดินทาง (Traffic Assignment) ด้วยวิธีจุดสมดุล (Probit Stochastic Equilibrium assignment) ตามฟังก์ชันของระยะเวลาการเดินทางบนช่วงถนน ซึ่งสามารถอธิบายด้วยแบบจำลองระยะเวลาการเดินทางของ Bureau of Public Road หรือ BPR Function (Daganzo, 1977) ดังสมการที่ (4.1)

$$fd = \left( \frac{el1 \times 60}{length} \right) \times \left( 1 + 0.15 \times \left( \frac{volau}{1000 \times lanes} \right) \right)^3 \quad (4.1)$$

เมื่อ	fd	คือ	ระยะเวลาการเดินทางบนช่วงถนน j มีหน่วยเป็นนาที (min)
	el1	คือ	ความเร็วอิสระ (Free Flow Speed) มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง (Km/h)
	length	คือ	ความยาวของช่วงถนน มีหน่วยเป็น กิโลเมตร (Km)
	volau	คือ	ปริมาณการจราจรบนช่วงถนน มีหน่วยเป็น คันต่อชั่วโมง (PCU/h)
	lanes	คือ	จำนวนช่องจราจรของช่วงถนน

สมการที่ (4.1) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเดินทางบนช่วงถนน (fd) กับปริมาณการจราจร (Volau) และจำนวนช่องจราจร (Lanes) ดังรูปที่ 4.2 และมาสร้างตารางต้นทุนในการเดินทางระหว่างพื้นที่ (Skim Cost Matrix, mf2) หรือเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางระหว่างแต่ละพื้นที่ (Shortest Path) ของโครงข่ายถนนที่ยังไม่มีปริมาณการจราจร ซึ่งถูกใช้เป็นค่าความต้านทานในการเดินทาง (Impedance) ของการกระจายตัวของการเดินทาง และทำการสร้างตารางต้นทุนในการเดินทางระหว่างพื้นที่



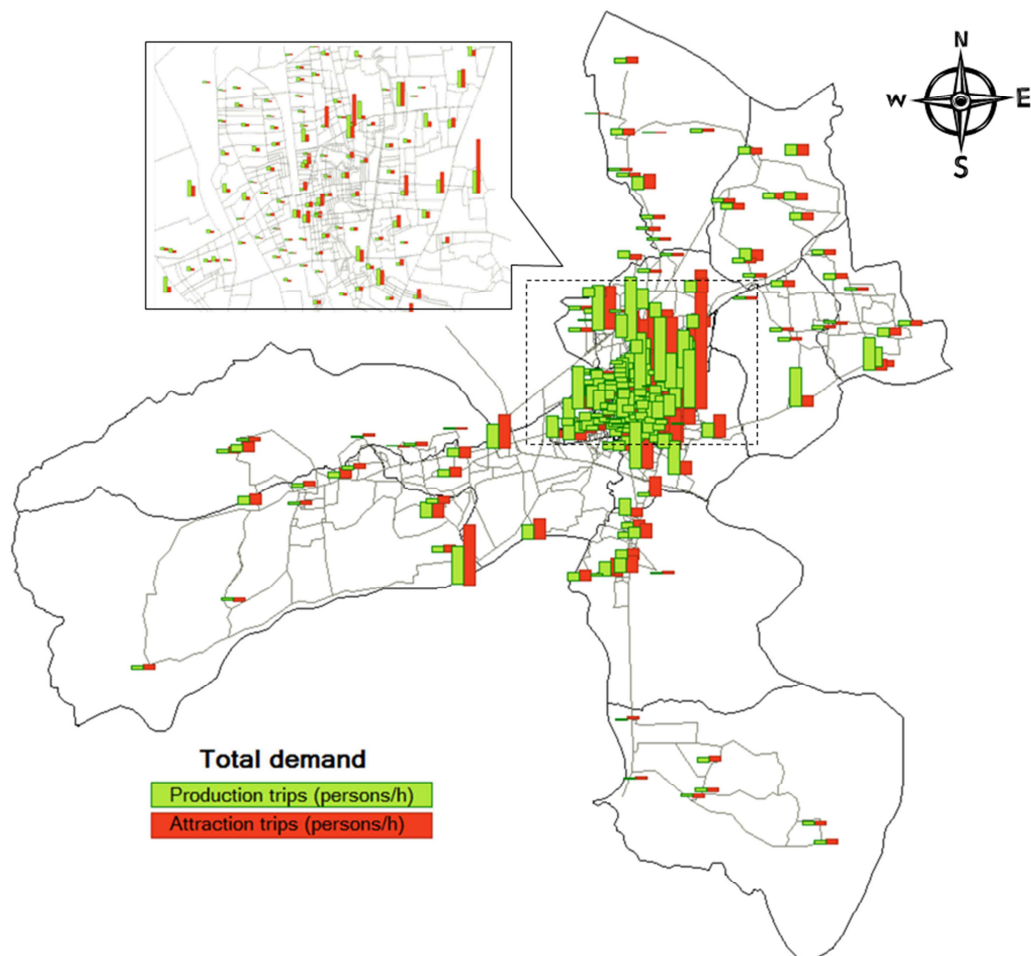
รูปที่ 4.2 ฟังก์ชันเวลาในการเดินทางสำหรับถนนที่มีจำนวนช่องจราจรที่แตกต่างกัน  
ที่มา: Inro (2012)

2) ทำตารางการกระจายตัวของการเดินทาง (trip distribution) หรือตาราง Entropy Matrix (mf3) ขึ้นมา โดยใช้สมการที่ (4.2)

$$Entropy = \exp(-\theta \times mf 2) \quad (4.2)$$

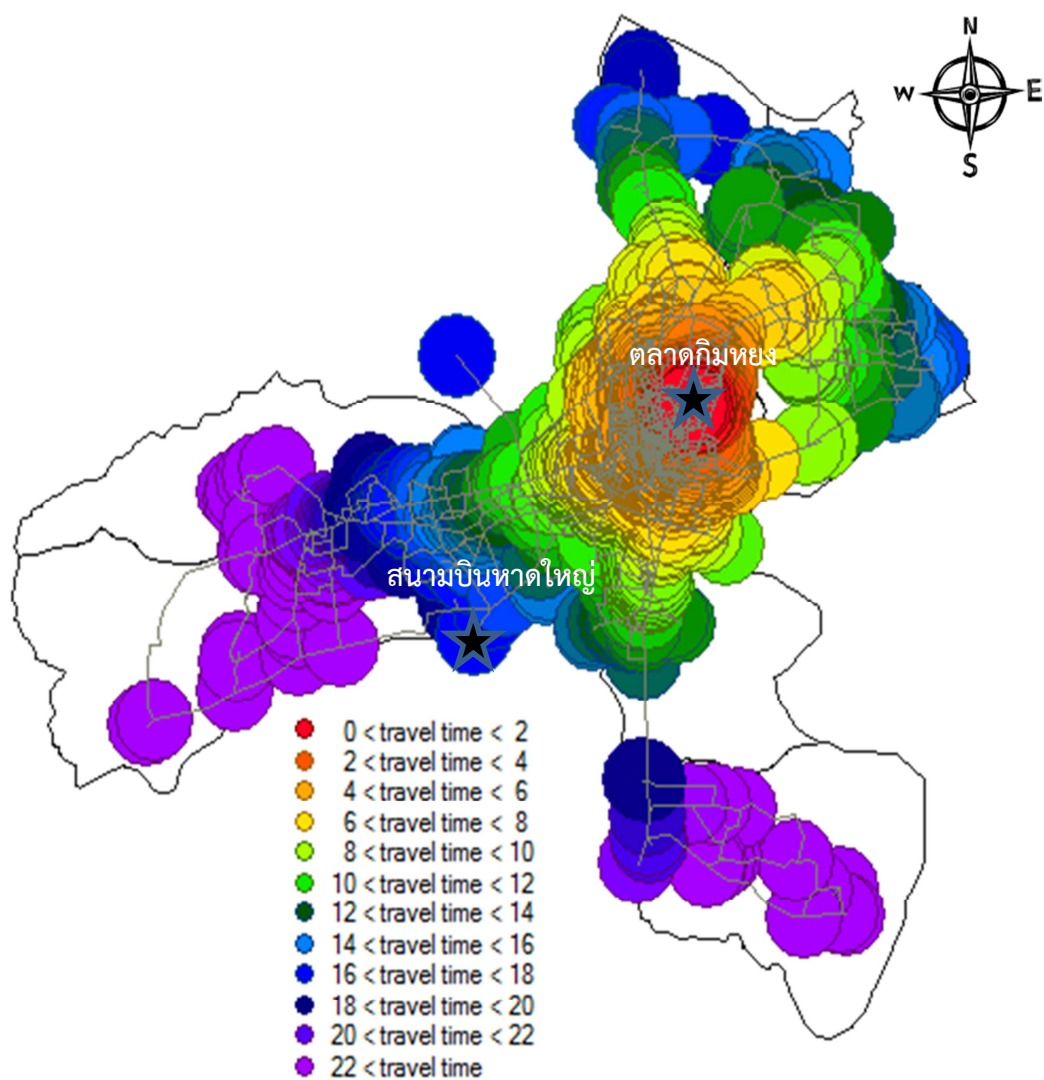
เมื่อ mf2 คือ Skim Cost Matrix  
 $\theta$  คือ ส่วนกลับของระยะเวลาเดินทางเฉลี่ยของโครงข่ายถนนทั้งหมด (ค่าเฉลี่ยของ Skim Cost Matrix)

3) นำตาราง Entropy Matrix (mf3) มาปรับสัดส่วน หรือ Matrix Balancing ให้สอดคล้องกับตารางจำนวนการเกิดการเดินทาง (mo1) และจำนวนการดึงดูดการเดินทาง (md1) ทำให้ได้ตาราง Prior OD Matrix of Total Travel Demand (mf4) โดยจำนวนการเกิดและการดึงดูดของการเดินทางสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 ส่วนเวลาของการเดินทางเข้ามายังภายในอำเภอหาดใหญ่ที่ได้จากตารางจำนวนการเดินทางสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 จำนวนการเกิดและการดึงดูดการเดินทางในพื้นที่ต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 แสดงว่า ปริมาณความต้องการการเดินทางของประชากรในเมืองหาดใหญ่ที่บริเวณใจกลางเมือง เป็นจุดที่มีปริมาณความต้องการการเดินทางเข้า และออกนอกพื้นที่สูง เนื่องจากเป็นจุดที่มีศักยภาพต่อการเกิด และการดึงดูดให้มีการเดินทาง เช่น ย่านการค้า ตลาดห้างสรรพสินค้า เป็นต้น และลักษณะการกระจายตัวของที่ทำงานหรือสถานศึกษามีอิทธิพลต่อความถี่ในการเดินทางที่สูงสุด เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ไม่ว่าจะอาศัยอยู่บริเวณใดมีการเดินทางมาทำงาน และศึกษาในบริเวณใจกลางเมือง ซึ่งการกระจุกตัวของแหล่งงานและสถานศึกษาส่งผลกระทบต่อการสะสมปริมาณการจราจรภายในเมือง และค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่สูง รายละเอียดนำเสนอในหัวข้อ 4.3



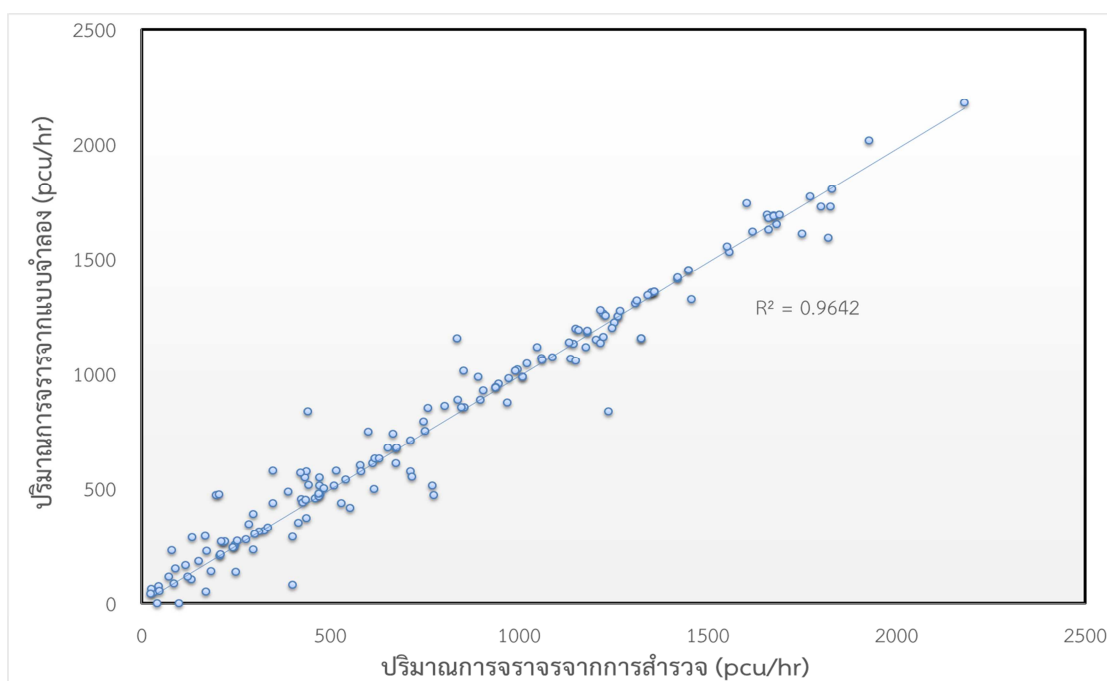
รูปที่ 4.4 เวลาในการเดินทางจากสนามบึงหาดใหญ่สู่ตลาดกิมหยง

รูปที่ 4.4 แสดงเวลาในการเดินทาง (Travel Time) ซึ่งเป็นเวลาทั้งหมดที่ใช้สัญจรจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางที่กำหนดไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้เขตย่านการค้าตลาดกิมหยง เป็นศูนย์กลางเมือง พบว่า ระยะเวลาในการเดินทางมีความสัมพันธ์กับระยะทางในการเดินทางเข้าสู่ตัวเมือง โดยได้ทำการเปรียบเทียบกับเวลาในการเดินทางจริง ซึ่งเริ่มจากบริเวณสนามบินหาดใหญ่ เดินทางไปบริเวณตลาดกิมหยงใช้เวลาประมาณ 20 นาที ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากแบบจำลอง

## 4.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลทางด้านจราจร (Model Calibration)

หลังจากได้ตารางจำนวนการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทางแบบ Gravity Model แล้วขั้นตอนต่อไป คือ การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้วิธีการทางสถิติ ซึ่งมีหลักการพื้นฐาน คือ การหาความสัมพันธ์ของจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงว่ามีความใกล้เคียงกับจำนวนการเดินทางที่ได้จำลองขึ้นหรือไม่ โดยค่าทางสถิติที่มักนำมาวิเคราะห์ คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Determination,  $R^2$ )

สำหรับการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลทางด้านจราจร เพื่อหาตารางจำนวนการเดินทางของอำเภอหาดใหญ่จากตาราง Prior OD Matrix of Total Travel Demand ผู้วิจัยได้แบ่งรูปแบบการเดินทางออกเป็น 2 กลุ่ม คือ การเดินทางด้วยรถส่วนบุคคลคิดเป็นร้อยละ 85.94 และรูปแบบการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะคิดเป็นร้อยละ 14.06 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาของแต่ละรูปแบบมาทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง เพื่อให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองในรูปของปริมาณการจราจรมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลปริมาณการจราจรจริงบนช่วงถนน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะรถส่วนบุคคล โดยพบว่า ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9642 ซึ่งถือว่ามีค่าสูงมาก สำหรับการปรับแต่งแบบจำลองการเดินทางของเมืองขนาดนี้ ซึ่งแสดงถึงความใช้ได้จริงของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น



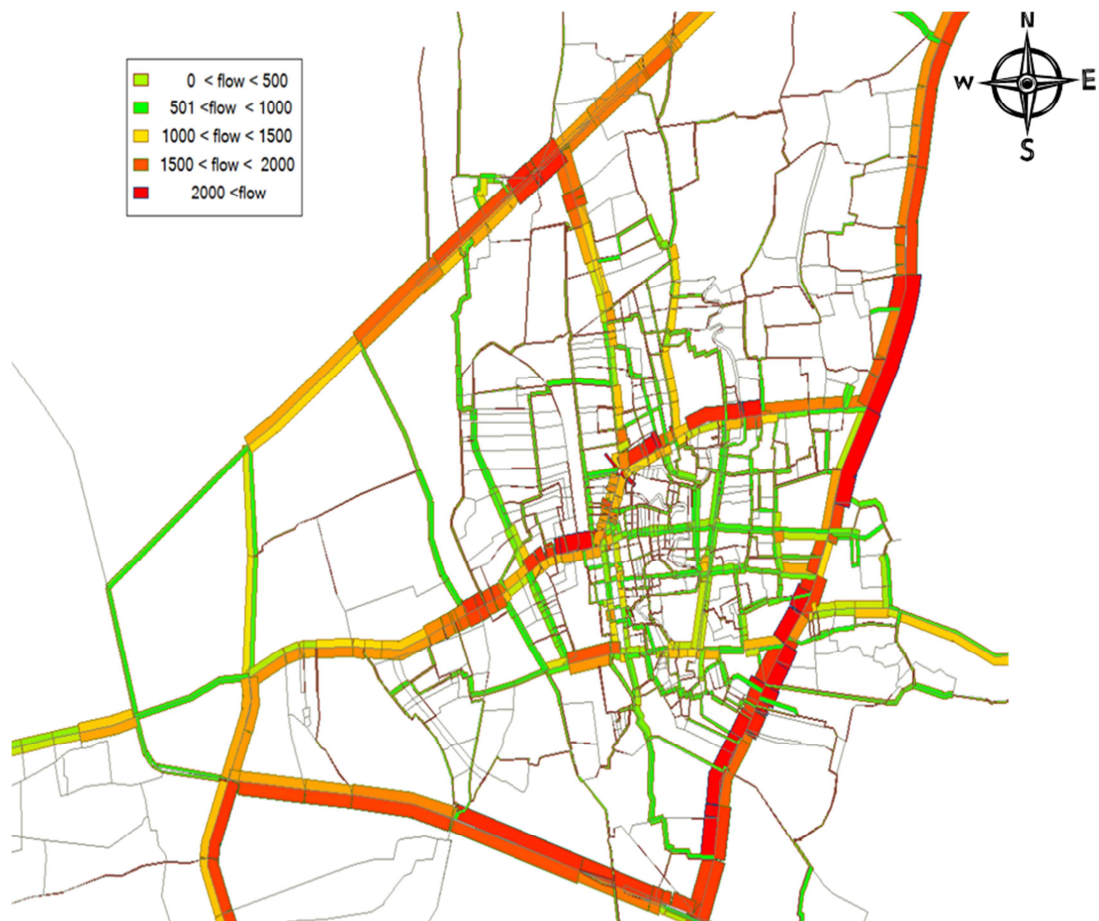
รูปที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการเดินทางรถยนต์ส่วนบุคคล

### 4.3 การวิเคราะห์สภาพการจราจรในเมืองหาดใหญ่ในปัจจุบัน

ในการวิเคราะห์สภาพการจราจร ตัวแปรที่นิยมใช้บอกลักษณะของสภาพการจราจร ได้แก่ ปริมาณการจราจร (Traffic Volume) ค่า Volume-Capacity Ratio (V/C) และความเร็วของยานพาหนะ

#### 4.3.1 ปริมาณการจราจรในการเดินทาง

ปริมาณการจราจรแสดงถึงจำนวนยานพาหนะบนช่องจราจรในทิศทางที่กำหนด มีหน่วยเป็นคันต่อชั่วโมง (PCU/h) จากรูปที่ 4.6 หลังจากทำการแจกแจงจำนวนการเดินทางลงบนโครงข่ายถนนเรียบร้อยแล้ว ระดับของปริมาณการจราจรสามารถแสดงได้โดยใช้สีในการบ่งบอกระดับความแออัดของปริมาณการจราจร ซึ่งสะท้อนถึงสภาพลักษณะการจราจรในปัจจุบันในช่วงเวลาเร่งด่วน



รูปที่ 4.6 ปริมาณการจราจรของโครงข่ายถนนภายในเมืองหาดใหญ่

ถนนสายนอกเมือง ได้แก่ ถนนสายเอเชียมีปริมาณการจราจรที่สูงในช่วงแยกสนามบินถึงแยกคลองหระ และปริมาณการจราจรเริ่มกระจายตัวเข้าไปในเมืองหาดใหญ่ ไปจังหวัดปัตตานี และอำเภอสะเดา ตามลำดับ ส่วนถนนลพบุรีราเมศวร์ พบว่า มีปริมาณการจราจรที่สูงมาก โดยเฉพาะบริเวณแยกบึกซี จากนั้นก็จะเริ่มกระจายตัวเข้าไปในเมืองหาดใหญ่และไปอำเภอเมืองสงขลา

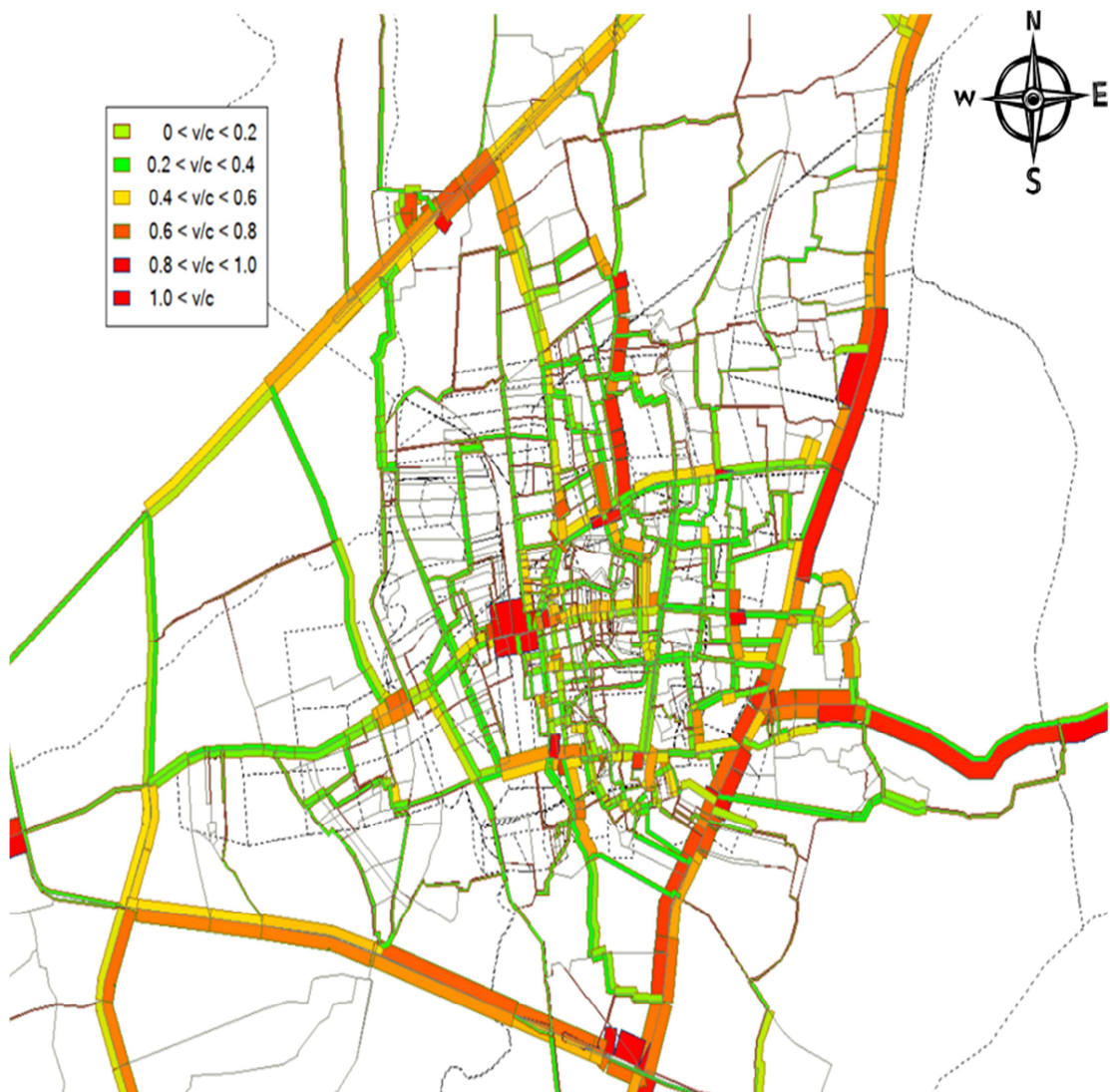
ถนนในเมือง ได้แก่ ถนนเพชรเกษม เริ่มมีปริมาณการจราจรอยู่ในระดับค่อนข้างสูง จากแยกควนลังถึงทางแยกตัดถนนราษฎร์อุทิศ ซึ่งมีค่าปริมาณการจราจรอยู่ระหว่าง 1,000-1,500 คันต่อชั่วโมง และเมื่อถึงช่วงขึ้นสะพานข้ามทางรถไฟ มีความหนาแน่นมากกว่า 2,000 คันต่อชั่วโมง เนื่องมาจากปริมาณการจราจรที่มาสวมทบจากถนนราษฎร์อุทิศประกอบกับจำนวนช่องจราจรที่ลดลงบริเวณสะพาน และเมื่อลงสะพานข้ามทางรถไฟมา ปริมาณการจราจรเริ่มกระจายตัวไปในส่วนต่างๆ ของเมืองหาดใหญ่ แต่ส่วนใหญ่แล้วยังวิ่งไปยังวงเวียนน้ำพุ ต่อมาบริเวณแยกคอกหงส์ถึงแยกคลองหระ (ถนนกาญจนาภิเษย์) พบว่า มีปริมาณการจราจรสูงทั้งสองทิศทางเนื่องจาก เป็นถนนที่ตัดผ่านเมืองหาดใหญ่ไปอำเภอเมืองสงขลา นอกจากนี้ยังมีถนนสายสำคัญในตัวเมือง เช่น ถนนราษฎร์ยินดี ถนนศรีภูวนาท พบว่า มีปริมาณการจราจรค่อนข้างสูงอีกด้วย

#### 4.3.2 ค่า Volume-Capacity Ratio (V/C) ของโครงข่ายถนน

ค่า V/C เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณการจราจรและความจุของถนนที่แตกต่างกันไป โดยค่า V/C บอกลถึงความแออัดของการจราจรที่เพิ่มขึ้นไปด้วยตามระดับ โดยจากผลการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรบนถนนเส้นต่างๆ ในโครงข่ายถนนภายในเมืองหาดใหญ่รูปที่ 4.6 พบว่า ค่า V/C ที่ได้จากแบบจำลองค่อนข้างมีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงของค่า V/C ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้าที่ทำการสำรวจบนช่วงถนนสายต่างๆ

จากการสำรวจในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้า พบว่า มีช่วงถนนนอกเมืองระดับค่า V/C ค่อนข้างต่ำ มีการเคลื่อนตัวของยานพาหนะด้วยความเร็วอิสระ ค่า V/C เริ่มสูงขึ้นช่วงถนนก่อนเข้าเมืองแสดงถึงความเร็วในการเดินทางเริ่มลดลงแต่ยังคงสามารถเคลื่อนที่ได้อิสระ และเมื่อถึงทางแยกเข้าเมืองได้แก่ แยกคลองหระ แยกคอกหงส์ แยกสนามบิน และแยกบึกซี ปริมาณการจราจรเริ่มมีความแออัดขึ้น เนื่องจากความต้องการเดินทางมุ่งสู่ตัวเมืองหาดใหญ่ ส่วนปริมาณการจราจรภายในเขตพื้นที่เมืองหาดใหญ่ชั้นในได้แก่ บนช่วงถนนศุภสารรังสรรค์ ช่วงใกล้ตลาดกิมหยง มีค่า V/C ที่สูงเนื่องจากเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมการค้าขาย และจากสาเหตุการจอดรถข้างทางทำให้ความจุของถนนลดลงประกอบกับมีจำนวนปริมาณการจราจรสูง เป็นสาเหตุให้เกิดสภาพการจราจรที่ติดขัดเกิดแถวคอยที่ยาว

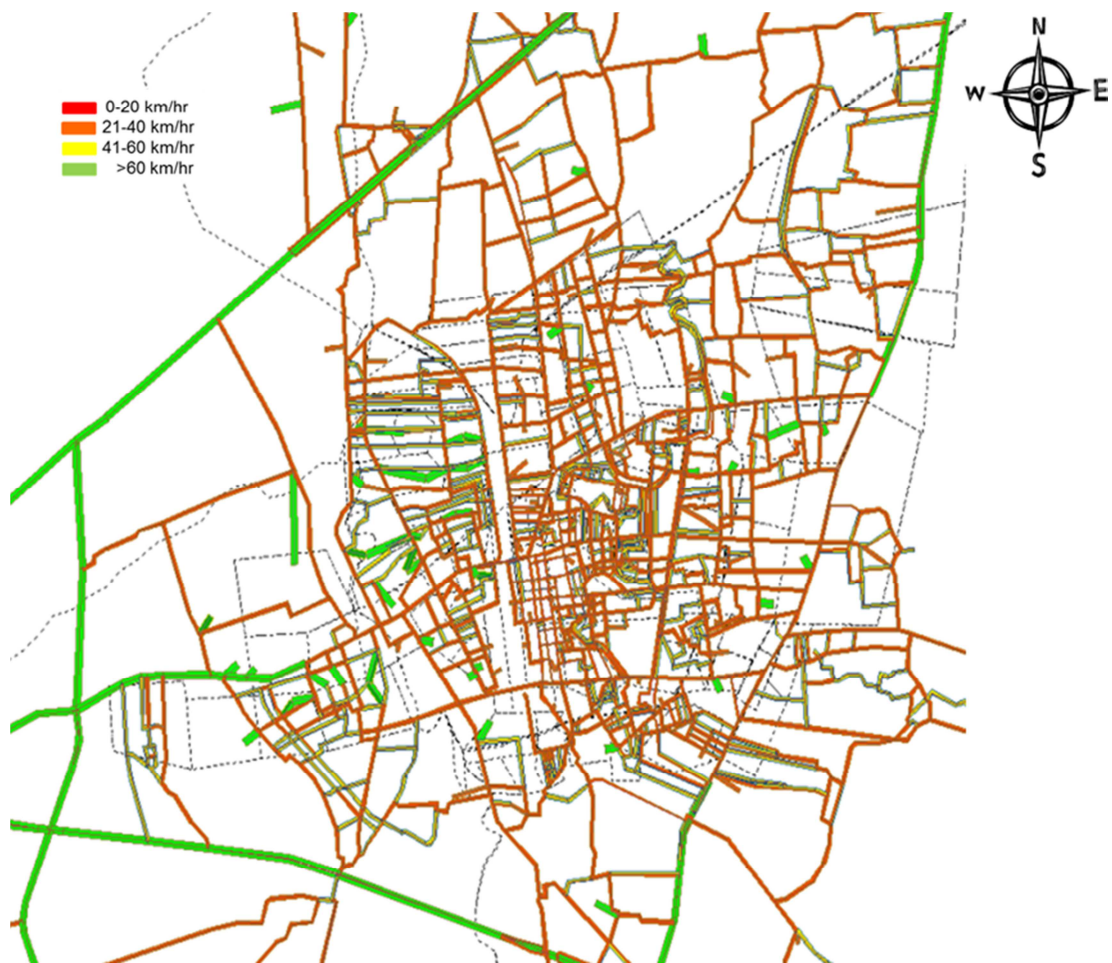




รูปที่ 4.7 ค่า Volume-Capacity Ratio ในโครงข่ายถนนภายในเมืองหาดใหญ่

#### 4.3.3 ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง

ความเร็วเฉลี่ย เป็นค่าที่ใช้อธิบายความคล่องตัวในการเดินทางจากรูปที่ 4.8 เมื่อทำการประเมินสภาพการจราจรจากความเร็วเฉลี่ยบนช่วงถนนในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน พบว่า ถนนบริเวณนอกเมืองสายหลักๆ เช่น ถนนสายเอเชีย ถนนเพชรเกษม และถนนลพบุรีราเมศวร์ มีการใช้ความเร็วเฉลี่ยที่สูงกว่าถนนภายในใจกลางเมือง โดยจากความสัมพันธ์ของ V/C กับความเร็วเฉลี่ยในช่วงชั่วโมงของถนนพบว่า ถนนนอกเมืองส่วนใหญ่มีค่าความเร็วเฉลี่ยมากกว่า 50 กม./ชม.(ระดับ V/C อยู่ระหว่าง 0.2-0.6) และถนนในเมืองส่วนใหญ่มีความเร็วเฉลี่ยระหว่าง 20-30 กม./ชม.(ระดับ V/C อยู่ระหว่าง 0.7-0.8) และยังมีอีกหลายช่วงถนนที่ความเร็วค่อนข้างต่ำโดยมีความเร็วต่ำกว่า 20 กม./ชม.(ระดับ V/C อยู่ระหว่าง 0.8-1.0) เป็นสาเหตุที่เกิดปัญหาการจราจรติดขัด ซึ่งถนนที่มีปัญหาการจราจรติดขัดส่วนใหญ่แล้วเป็นถนนที่มีจุดดึงดูดการเดินทาง (สถานที่ราชการ สถานศึกษาและตลาด) เช่น ถนนนิพัทธ์อุทิศ 1, 2 และ 3 รวมถึงถนนเสน่หานุสรณ์ เป็นต้น

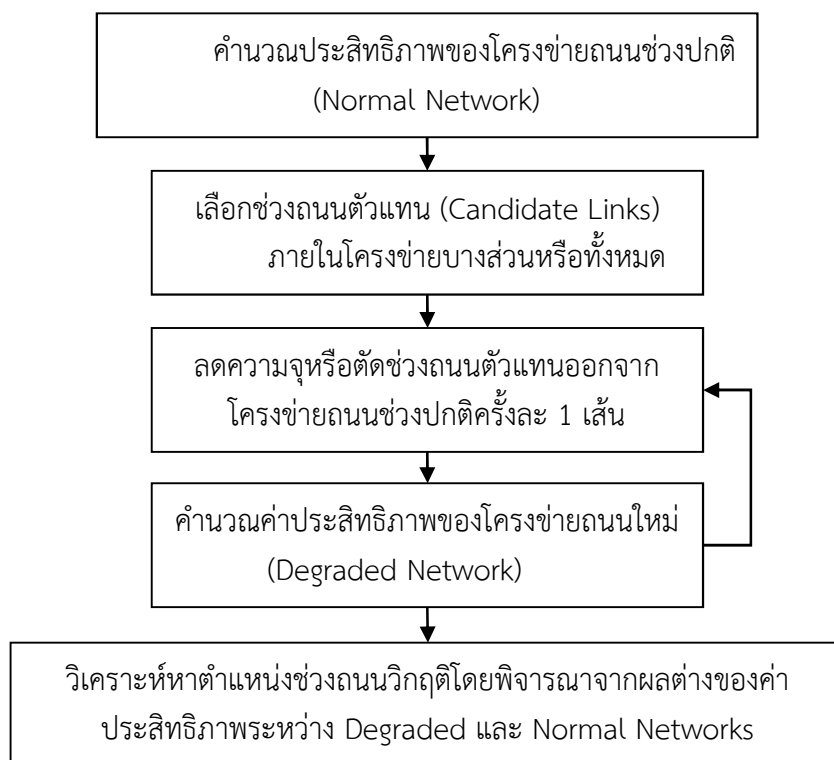


รูปที่ 4.8 ความเร็วเฉลี่ยช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าในโครงข่ายถนนภายในเมืองหัดใหญ่

## บทที่ 5

### การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน เพื่อหาตำแหน่งวิกฤติ (Critical Link หรือ Critical Location) ซึ่งเป็นช่วงถนนที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติหรือสาเหตุที่ทำให้ความสามารถของด้านการจราจรลดลง แล้วส่งผลให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนลดลงมากที่สุด ตำแหน่งวิกฤติไม่เพียงบ่งชี้จุดเปราะบางของโครงข่ายถนน แต่ยังมีประโยชน์ต่อการวางแผนปรับปรุง และออกแบบโครงข่ายถนนในอนาคต ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ดัชนีเชิงศักยภาพของการเข้าถึง (Potential Accessibility) มาวัดความเปราะบางของโครงข่ายถนน และนำกระบวนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนแบบดั้งเดิม (Traditional Approach) มาหาตำแหน่งวิกฤติของโครงข่ายถนน ซึ่งมีขั้นตอนโดยสรุป ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนแบบดั้งเดิม

จากรูปที่ 5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนแบบดั้งเดิมสามารถอธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้

1) คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของโครงข่ายถนน (Network Performance) เช่น เวลาหรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางทั้งหมดของโครงข่ายถนนปกติ (Normal Network) โดยคำนวณค่าดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทาง ( $A_i$ ) ตามสมการที่ (2.3) ซึ่งค่า  $f_{ij}^k$  และ  $c_{ij}^k$  ได้มาจากการแก้ปัญหาการแจกแจงปริมาณการจราจร (Traffic Assignment Problem) อธิบายในหัวข้อ 5.1

2) เลือกช่วงถนน (Candidate Links) ภายในโครงข่ายถนนทั้งหมด และทำการลดความจุหรือตัดช่วงถนน  $a$ ,  $a \in A'$  ( $A'$  คือ เซตของช่วงถนนทั้งหมดของโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา) ออกจากโครงข่ายถนนเดิมครั้งละ 1 เส้น เราเรียกโครงข่ายถนนใหม่ที่มีประสิทธิภาพลดลงว่า Degraded Network ซึ่งการนำข้อมูลโครงข่ายถนนมาลดประสิทธิภาพนั้นจะแบ่งตามระดับความต้องการการเดินทาง

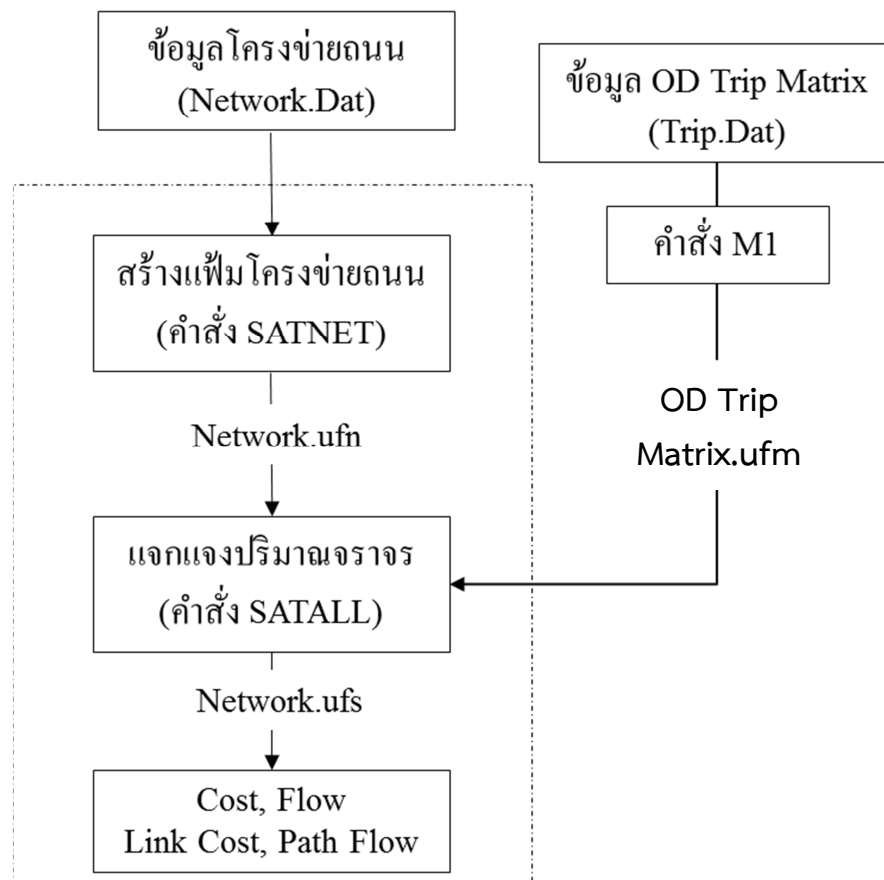
3) คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของ Degraded Network โดยกำหนดสัญลักษณ์ เป็น  $A_i^o$  และทำขั้นตอนดังกล่าวจนครบทุกช่วงถนน

4) วิเคราะห์หาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติโดยพิจารณาจากผลต่างสัมพัทธ์ (Taylor, 2008) ในรูปของ  $\Delta RAI = 1 - A_i^o / A_i^0$  โดย  $A_i^o$  และ  $A_i^0$  คือ ดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทางของ Degraded Network และ Normal Network ตามลำดับ โดยช่วงถนนจะมีความวิกฤติเมื่อผลต่างสัมพัทธ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

### 5.1 การแจกแจงจำนวนการเดินทางด้วยโปรแกรม SATURN

เนื่องจากช่วงถนนมีจำนวนมาก ในขั้นตอนการลดความจุหรือตัดช่วงถนนตัวแทนออกจากโครงข่ายถนนช่วงปกติครั้งละ 1 เส้นนั้นต้องใช้เวลานานมาก ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรม SATURN มาช่วยแจกแจงจำนวนการเดินทาง โดยเมื่อนำข้อมูลความต้องการการเดินทาง และข้อมูลโครงข่ายถนน (ข้อมูลในสถานการณ์ปกติ) ออกจากโปรแกรม Emme ขั้นตอนต่อไปทำการลงรหัส (Code) ข้อมูลความต้องการการเดินทาง (Trip Matrix) และข้อมูลโครงข่ายถนน (Network) มีรายละเอียดการ Code อธิบายในภาคผนวก จ

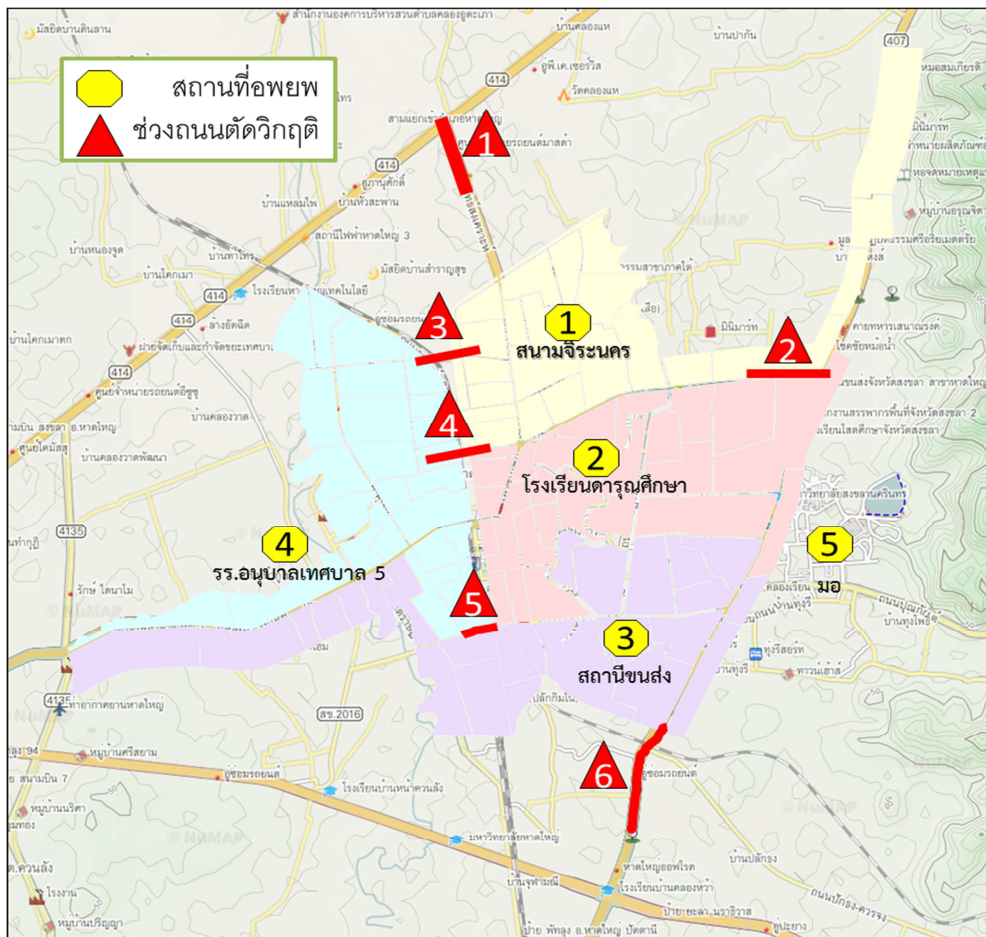
เมื่อทำการ Code เสร็จสิ้นหรือรูปแบบให้ตรงกับโครงสร้างของโปรแกรม SATURN ทำให้ได้ข้อมูล Network.DAT กับ Trips.DAT จากนั้นทำการแปลง Network.DAT เป็น Network.UFN โดยใช้ SATNET และทำการแปลง Trips.DAT เป็น Trips.UFM โดยใช้ M1 จากนั้นนำ Network.UFN กับ Trips.UFM ไปแจกแจงจำนวนการเดินทางกับ SATALL ทำให้ได้ข้อมูล Cost, Cost Link, Flow และ Path Flow ค่าเหล่านี้จะนำไปหาค่าดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ต่อไป โดยที่ขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 5.2 สำหรับการแจกแจงจำนวนการเดินทาง ซึ่งรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถศึกษาได้จากคู่มือโปรแกรม SATURN



รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการทำงานพื้นฐานของโปรแกรม SATURN

## 5.2 ผลการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

การศึกษาวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนครั้งนี้ได้จำลองการเกิดสถานการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายถนน โดยมีสมมติฐาน คือ ทุกช่วงถนนมีโอกาสได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติเท่าๆ กัน โดยให้ถนนสายสำคัญที่เชื่อมระหว่างเมืองหาดใหญ่ขึ้นในกับชั้นนอก ถูกตัดขาด ดังรูปที่ 5.3 ประกอบด้วย 1) แยกบึงชี 2) สามแยกคองหงส์ 3) สะพานสังจกุล 4) สะพานข้ามรางรถไฟ 5) อุโมงค์ลอดรางรถไฟ และ 6) สะพานเข้าเมืองทิดไต้ ส่วนจุดปลายทางที่สำคัญพิจารณาจากพื้นที่ที่ใช้ในการอพยพจากอุทกภัย (เทศบาลนครหาดใหญ่, 2554) ประกอบด้วย 1) สนามจิระนคร เป็นสถานที่อพยพของเขตพื้นที่ 1 2) โรงเรียนดรุณศึกษา เป็นสถานที่อพยพของเขตพื้นที่ 2 3) สถานีขนส่ง เป็นสถานที่อพยพของเขตพื้นที่ 3 4) โรงเรียนอนุบาลเทศบาล 5 เป็นสถานที่อพยพของเขตพื้นที่ 4 และได้เพิ่มมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นสถานที่อพยพเพิ่มเติม

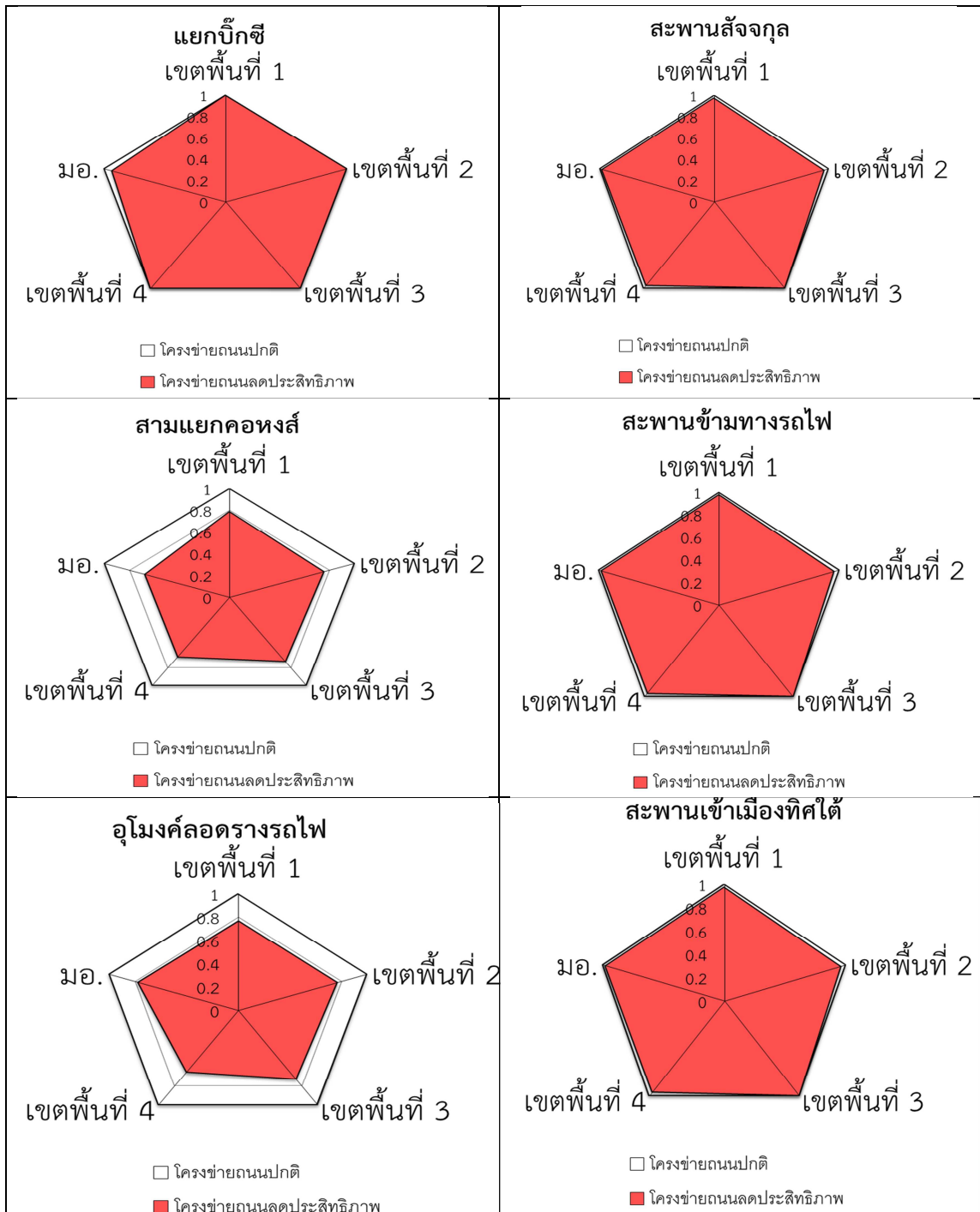


รูปที่ 5.3 ตำแหน่งถนนที่ถูกตัดขาดและจุดปลายทางที่พิจารณา

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลในการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน เป็น 3 หัวข้อหลักได้แก่ 1) การประเมินศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่ 2) ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ 3) ความอ่อนไหวของช่วงถนนวิกฤติกับระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ

### 5.2.1 การประเมินศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่

ในการประเมินศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่ คือ การนำดัชนีเชิงศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่ ปลายทางก่อน และหลังจากการลดความจุของช่วงถนนมาพิจารณาเปรียบเทียบสัดส่วนว่า ช่วงถนน เหล่านั้นมีผลต่อค่าศักยภาพของการเข้าถึงแตกต่างกันอย่างไร ดังแสดงในรูปที่ 5.4

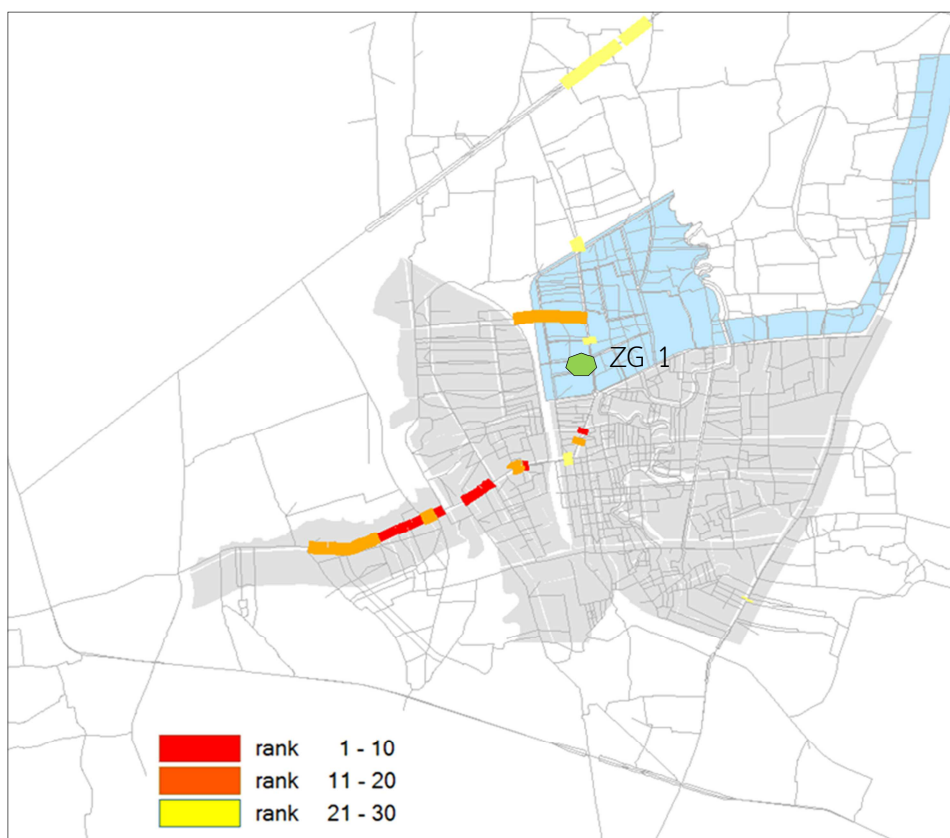


รูปที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่เนื่องจากถนนถูกตัดขาด

จากรูปที่ 5.4 พบว่า ค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่จุดปลายทางมีค่าที่แตกต่างกันไปตามช่วงถนนที่ถูกตัดขาด โดยถนนที่มีความสำคัญมากทำให้ค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่จุดปลายทางแต่ละพื้นที่ลดลงมาก คือ อุโมงค์ลอดทางรถไฟ และแยกคอกหงส์ ส่วนถนนช่วงอื่นๆ มีผลต่อค่าดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ค่อนข้างน้อย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่มีหลายปัจจัยได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายถนนที่มีเส้นทางมากกว่า 2 เส้นทางในการไปยังจุดปลายทางที่พิจารณา เมื่อเราทำการตัดช่วงถนนนั้นทำให้ความต้องการการเดินทางเลือกไปเส้นทางอื่น จึงมีผลโดยรวมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่น้อย และเมื่อพิจารณาจำนวนการเดินทางที่ผ่านช่วงถนน และความจุสำรองที่เหลือของช่วงถนน พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีศักยภาพการเข้าถึง

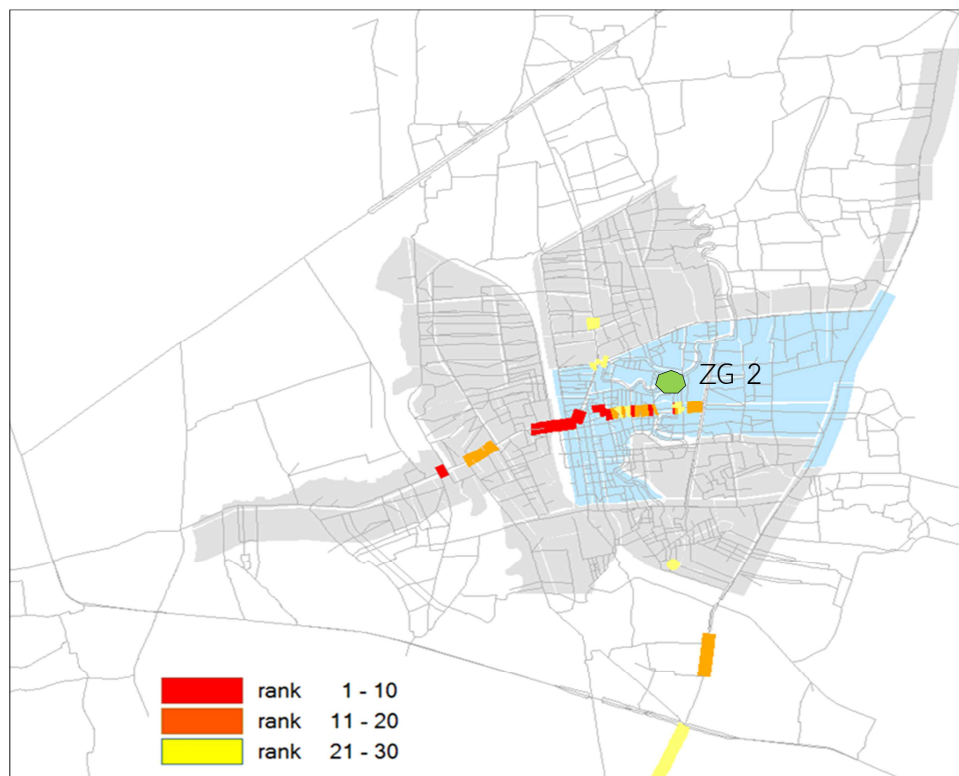
### 5.2.2 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ

สำหรับการวิเคราะห์หาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตินั้นได้พิจารณา 30 อันดับที่มีความวิกฤติของช่วงถนนในการเข้าถึงแต่ละพื้นที่ปลายทาง โดยได้ใช้การวิเคราะห์ตามขั้นตอนในรูปที่ 5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนแบบดั้งเดิม โดยแสดงผลได้ดังรูปที่ 5.5 ถึง รูปที่ 5.8 น้อย โดยพิจารณาความสามารถที่ประชาชนสามารถเข้าถึงศูนย์อพยพในแต่ละกลุ่มพื้นที่ (Zone Group, ZG) ทั้ง 4 กลุ่มภายในเขตเทศบาล ซึ่งพบว่า ถนนช่วงที่วิกฤติเป็นเส้นทางที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น หรือมีความจุสำรองถนนเหลืออยู่

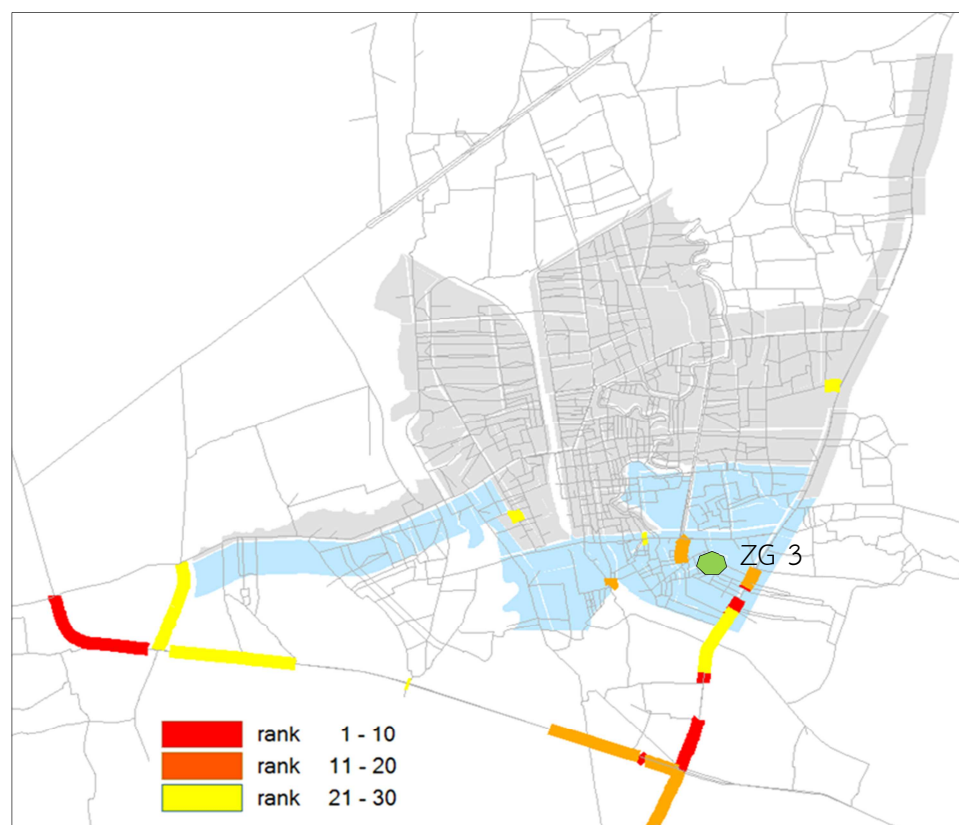


รูปที่ 5.5 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในการเข้าถึงเขตพื้นที่ 1

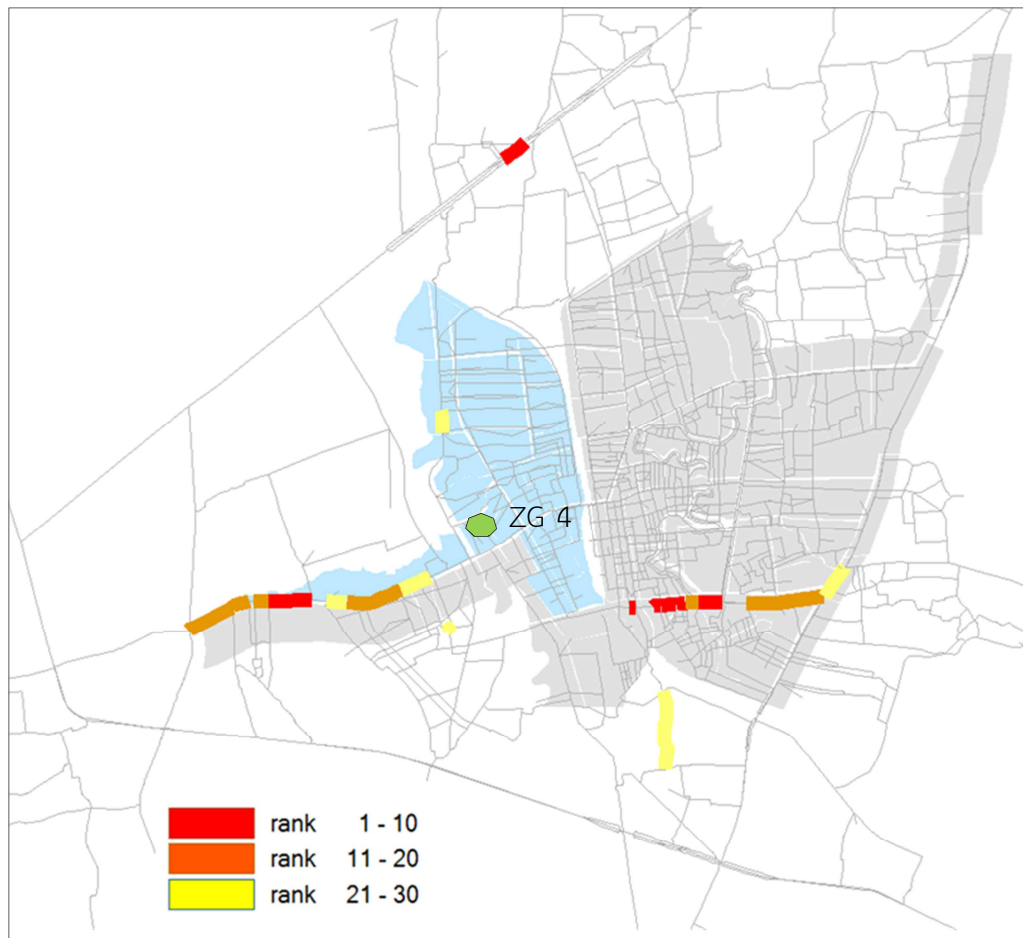




รูปที่ 5.6 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในการเข้าถึงเขตพื้นที่ 2



รูปที่ 5.7 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในการเข้าถึงเขตพื้นที่ 3

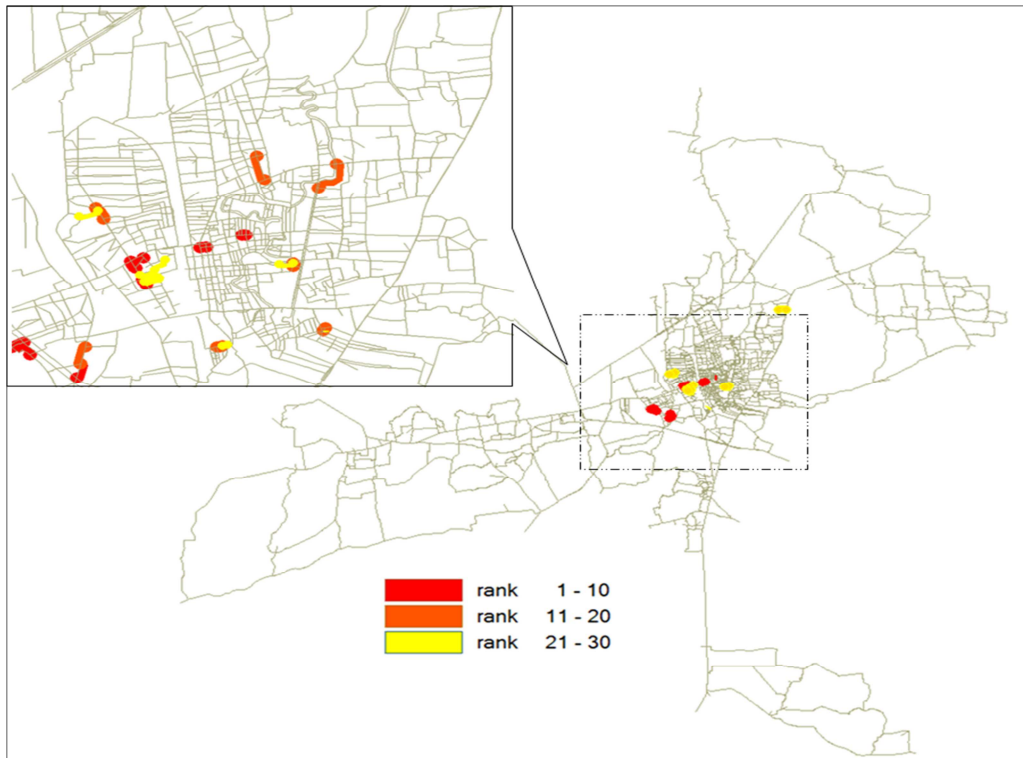


รูปที่ 5.8 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติของโครงข่ายถนนในการเข้าถึงเขตพื้นที่ 4

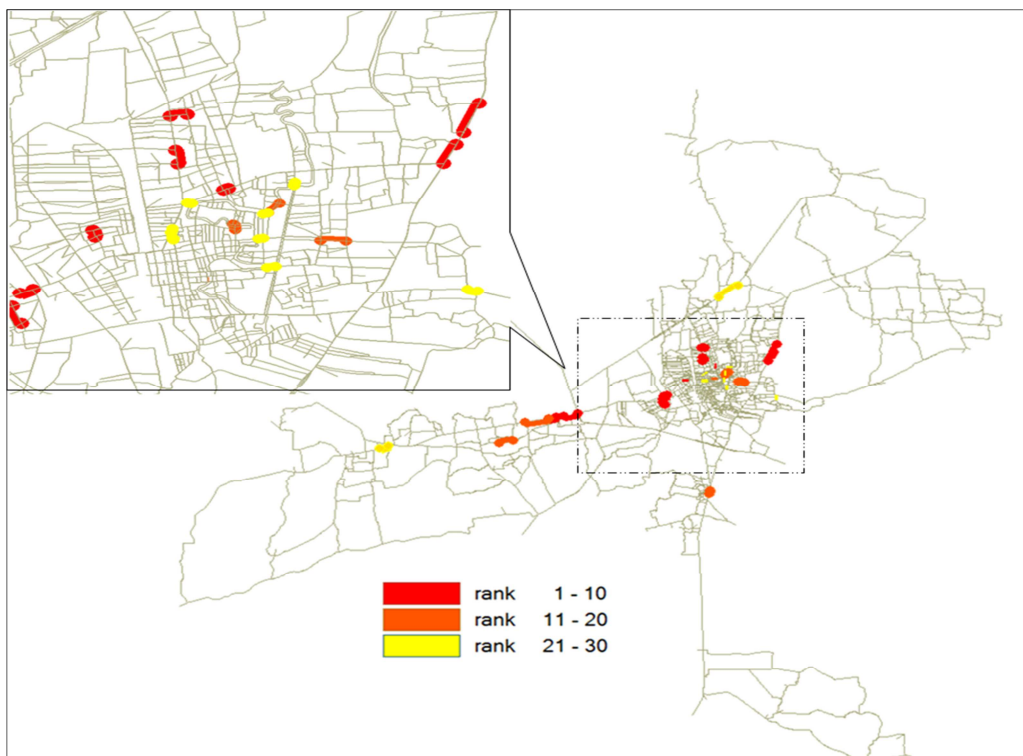
### 5.2.3 ความอ่อนไหวของช่วงถนนวิกฤติกับระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของช่วงช่วงถนนวิกฤติกับระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ และปริมาณความต้องการการเดินทาง โดยผู้วิจัยเลือกพิจารณาจุดปลายทางที่เป็นศูนย์กลางการค้าของเมืองหาดใหญ่ และได้สมมติสถานการณ์ระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ ซึ่งมีผลต่อความจุของช่วงถนนออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ความรุนแรงของภัยพิบัติทำให้ความจุของถนนลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง และกรณีที่ 2 ความรุนแรงของภัยพิบัติมากทำให้ช่วงถนนถูกตัดขาด และแต่ละกรณีได้พิจารณาระดับความต้องการการเดินทาง เป็น 3 ระดับ คือ สูง กลาง และต่ำ ผลการวิเคราะห์หาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติดังแสดงในรูปที่ 5.9

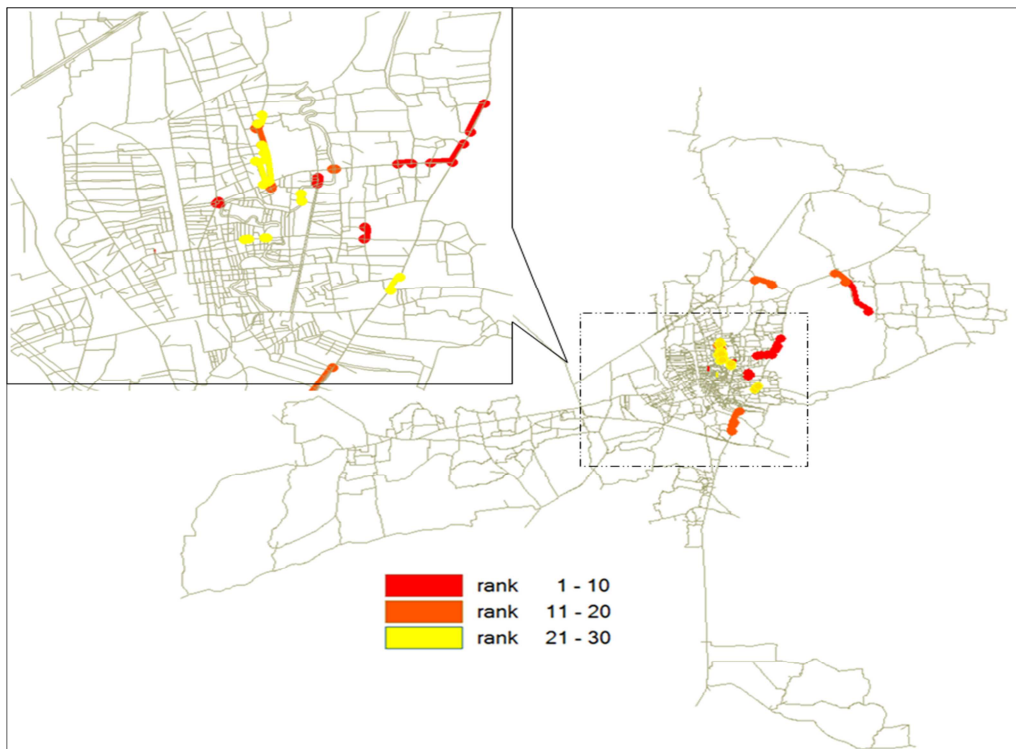
หากพิจารณารูปที่ 5.9 พบว่า ความต้องการการเดินทางที่สูงมีผลต่ออันดับความวิกฤติของช่วงถนน ส่วนการลดความจุของโครงข่ายถนนมีแนวโน้มที่เหมือนกับกรณีความต้องการเดินทาง ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ และปริมาณความต้องการการเดินทาง ซึ่งช่วงถนนที่มีความวิกฤติ 30 อันดับแรกส่วนมาก พบว่า อยู่ใกล้บริเวณในเมืองหาดใหญ่ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความต้องการการเดินทาง



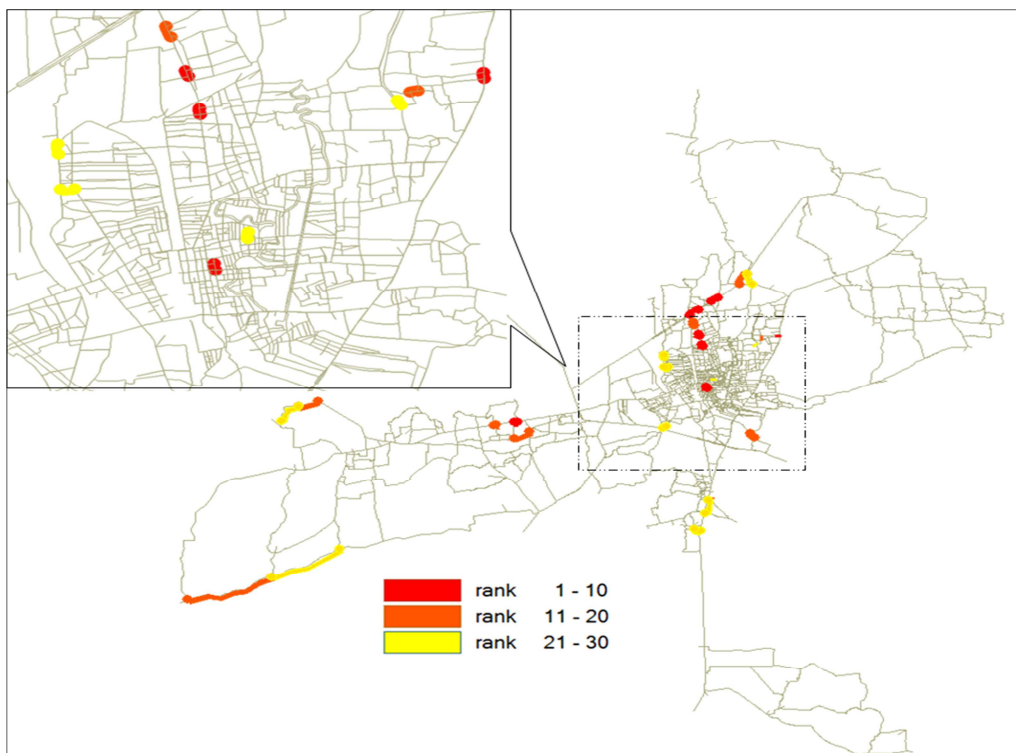
รูปที่ 5.9 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตการณ์ความต้องการเดินทางสูง  
และระดับความรุนแรงของภัยพิบัติน้อย



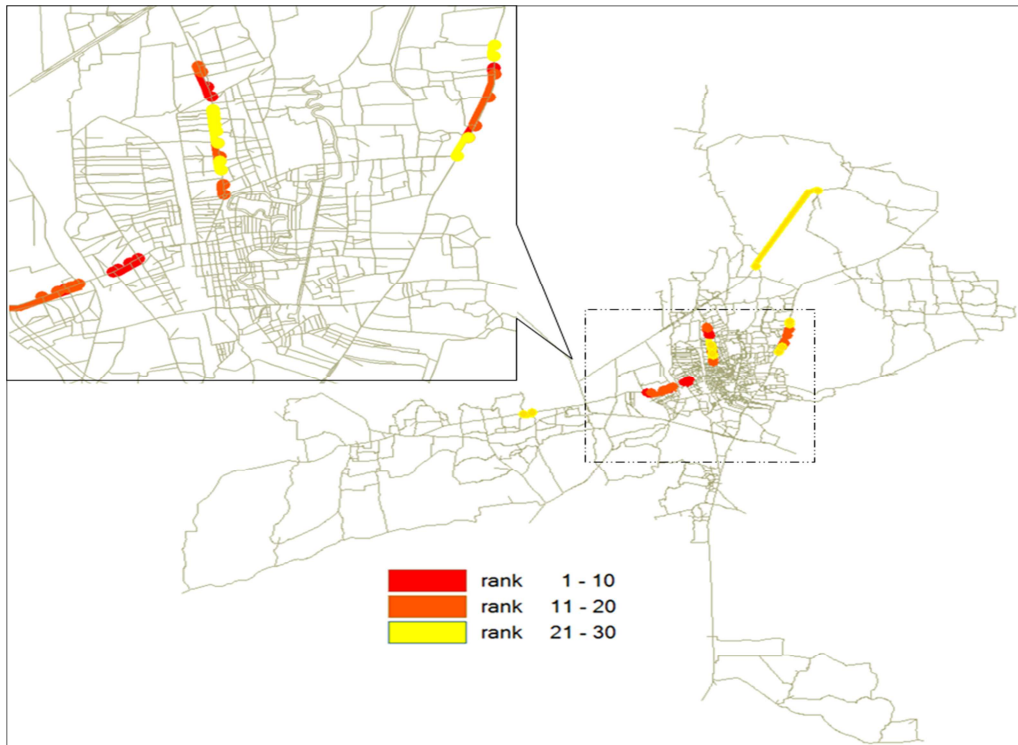
รูปที่ 5.10 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตการณ์ความต้องการเดินทางปานกลาง  
และระดับความรุนแรงของภัยพิบัติน้อย



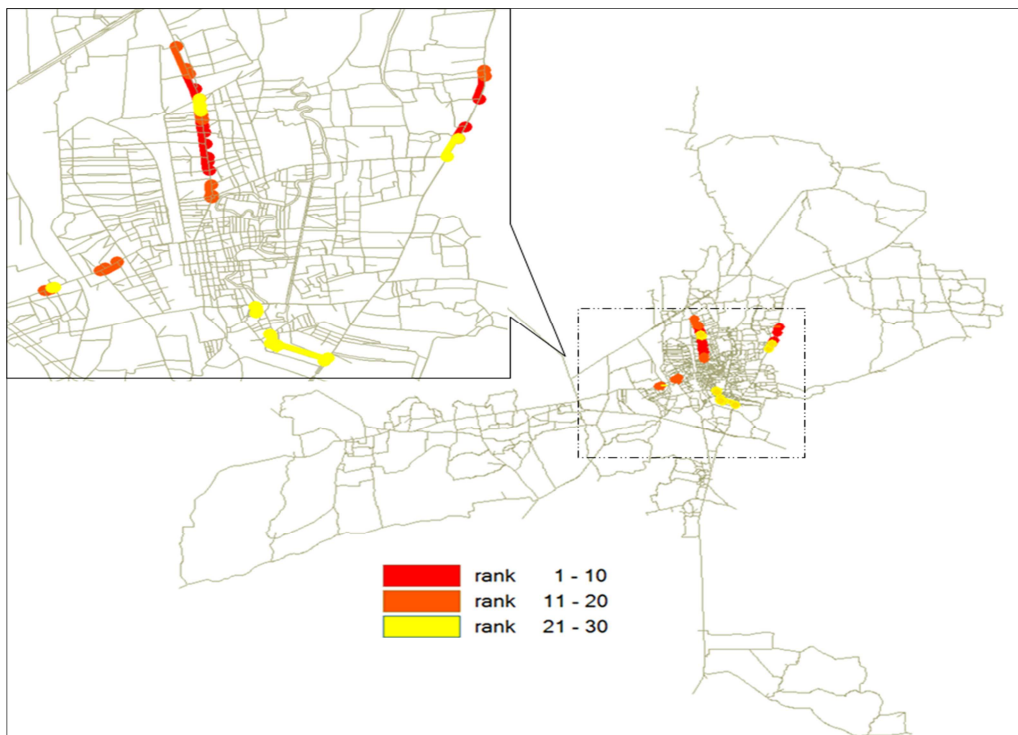
รูปที่ 5.11 ตำแหน่งช่วงถนนวิฤตกรรมีความต้องการเดินทางต่ำ  
และระดับความรุนแรงของภัยพิบัติที่น้อย



รูปที่ 5.12 ตำแหน่งช่วงถนนวิฤตกรรมีความต้องการเดินทางสูง  
และระดับความรุนแรงของภัยพิบัติมาก



รูปที่ 5.13 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตการณ์ความต้องการเดินทางปานกลาง  
และระดับความรุนแรงของภัยพิบัติมาก



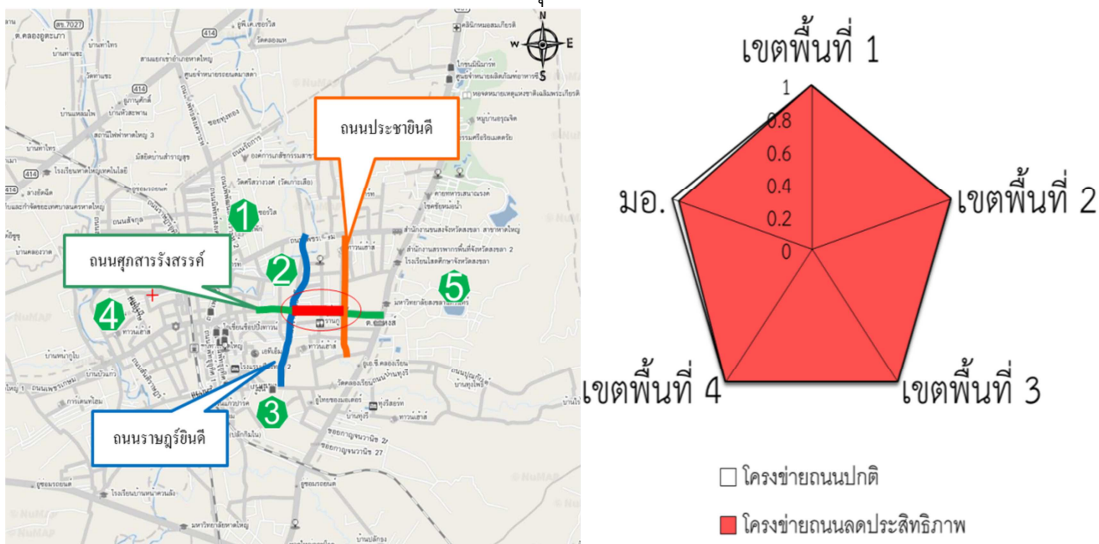
รูปที่ 5.14 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตการณ์ความต้องการเดินทางต่ำ  
และระดับความรุนแรงของภัยพิบัติมาก

### 5.3 ผลการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนโดยสถานการณ์จำลอง

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่เกิดขึ้นในเมืองหาดใหญ่ เป็นจำนวนมาก เช่น ห้างสรรพสินค้า คอนโดมิเนียม และบ้านจัดสรร เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดึงดูดการเดินทาง ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงกับโครงข่ายถนน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบว่าโครงข่ายถนนจะสามารถรับรองปริมาณการจราจรที่คาดว่าจะเพิ่มในอนาคตได้หรือไม่ ซึ่งการวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อโครงข่ายถนนนั้นผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรได้แก่ ปัญหาการจอดรถซ้อนคัน การเกิดอุบัติเหตุจราจร และการก่อการร้าย โดยใช้ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่มาประเมินความสามารถของโครงข่ายถนน

#### 5.3.1 ปัญหาการจอดรถซ้อนคัน

ในปัจจุบันเมืองหาดใหญ่ก็ประสบกับปัญหาความไม่เพียงพอของพื้นที่จอดรถ โดยเฉพาะจุดจอดรถข้างทาง ทำให้ผู้ขับขี่ต้องจอดรถซ้อนคัน เป็นสาเหตุให้ความสามารถในการรับรองปริมาณการจราจรของช่วงถนนนั้นลดลง เพื่อจะให้เห็นชัดว่าจุดจอดรถซ้อนคันมีผลกระทบต่อความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจร ผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์ขึ้น โดยเลือกช่วงถนนศุภสารรังสรรค์แยกที่ตัดกับถนนราษฎร์ยินดีถึงแยกที่ตัดกับถนนประชานิติ ดังรูปที่ 5.15 โดยพิจารณาวงแหวนเข้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จากนั้นทำการลดความจุของถนนลงเหลือครึ่งหนึ่ง จากนั้นก็ทำการแจกแจงจำนวนการเดินทาง (Traffic Assignment) ของช่วงถนนนั้น และหาค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ ต่อจากนั้นทำการเปรียบเทียบกับค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ในช่วงปกติ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ เปลี่ยนแปลงบริเวณจุดปลายทางของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



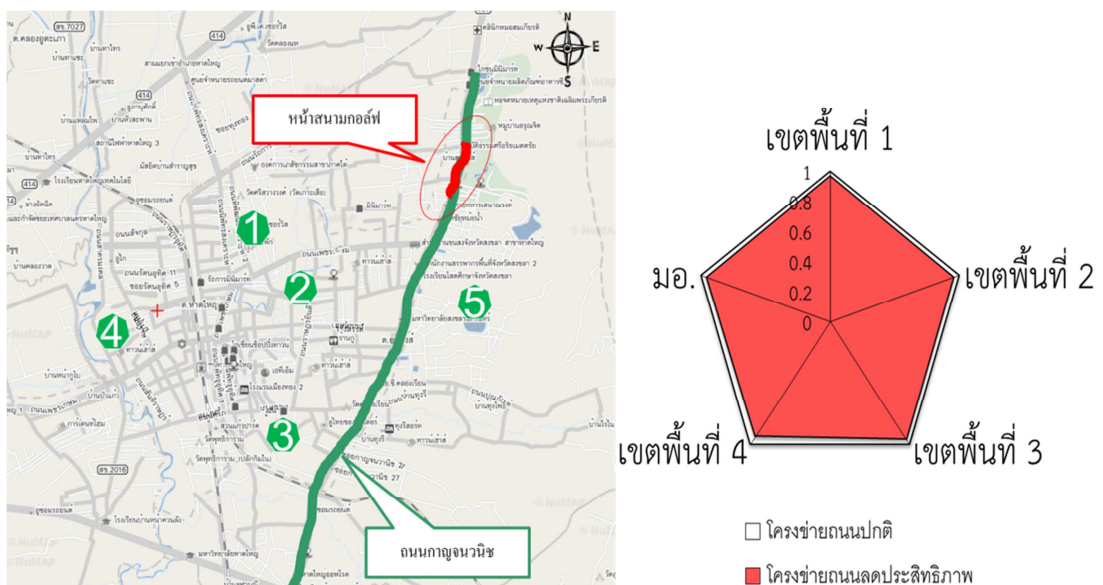
รูปที่ 5.15 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ กรณีการจอดรถซ้อนคัน

รูปที่ 5.15 พบว่า ปัญหาการจอดรถซ้อนคันในช่วงถนนที่มีปริมาณการจราจรที่สูงในช่วงเร่งด่วน ส่งผลต่อการเข้าถึงพื้นที่อย่างเห็นได้ชัดเจน โดยค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเสนอแนวทางการแก้ปัญหาการจอดรถซ้อนคันช่วงถนนใดๆ ต่อไปในอนาคตได้

### 5.3.2 การเกิดอุบัติเหตุการจราจร

ปัจจุบันอุบัติเหตุจราจรทางถนน เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิต และทรัพย์สิน หากมองปัจจัยของการเกิดอุบัติเหตุ ถนนนั้นถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ เช่น จำนวนช่องถนน จุดกลับรถ เป็นต้น ซึ่งหลังจากการเกิดอุบัติเหตุแล้วก็จะส่งผลทำให้สภาพจราจรบริเวณนั้นแออัด และการเคลื่อนตัวของยานพาหนะลำบาก เพราะความสามารถในการรับรองปริมาณการจราจรลดลง

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้จำลองสถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุบริเวณช่วงถนนที่มีปัญหาการจราจรหนาแน่นหรือมีปัญหาการจราจรติดขัด และบริเวณจุดที่มีปัญหาอุบัติเหตุการจราจรบ่อยครั้งเพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ กรณีหลังเกิดอุบัติเหตุ โดยทำการลดความจุของถนนเหลือร้อยละ 80 ซึ่งเป็นผลกระทบมาจากการเกิดอุบัติเหตุ จากนั้นก็ทำการแจกแจงจำนวนการเดินทาง (Traffic Assignment) ของช่วงถนนนั้น และหาค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ ต่อจากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ในช่วงปกติ โดยสถานการณ์จำลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกช่วงถนนกาญจนาภิเษกบริเวณหน้าสนามกอล์ฟของค่ายเสนาณรงค์ซึ่งมีการเกิดของอุบัติเหตุบ่อยครั้ง จากนั้นทำการจำลองสถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุรถชนขึ้นดังรูปที่ 5.16



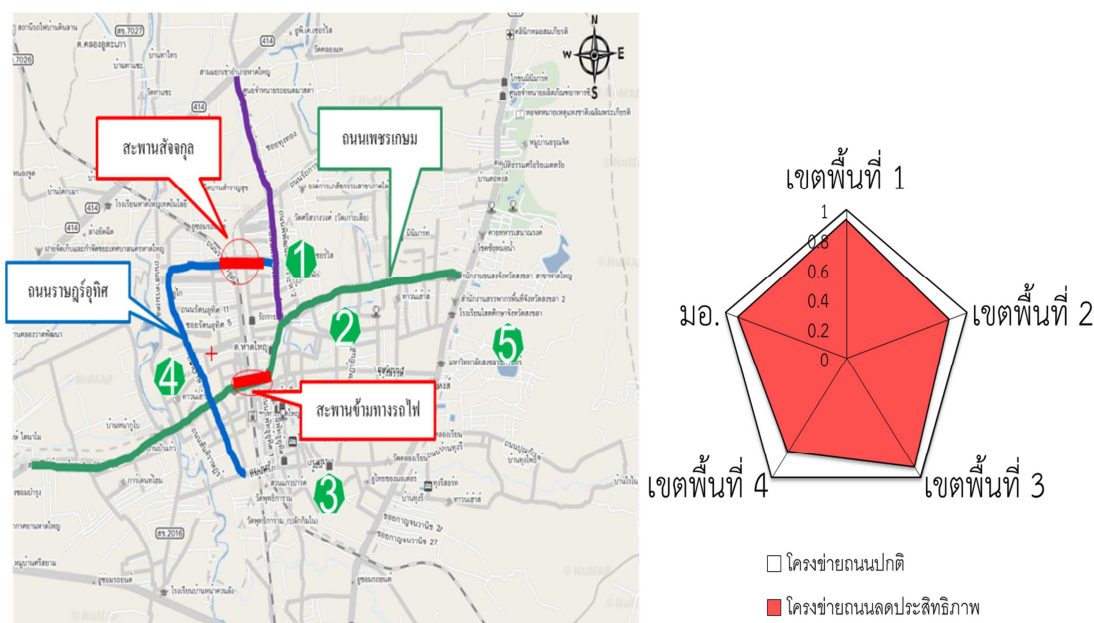
รูปที่ 5.16 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ กรณีหลังเกิดอุบัติเหตุ

รูปที่ 5.16 พบว่า การเกิดอุบัติเหตุบริเวณหน้าสนามกอล์ฟส่งผลต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ในทุกเขตพื้นที่ที่มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากถนนกาญจนาภิเษกเป็นเส้นทางสายหลักในการเดินทางเข้าเมืองหาดใหญ่ และเป็นถนนที่มีปริมาณจราจรที่สูง จากปัญหาการเกิดอุบัติเหตุ การจราจรนี้ ส่งต่อผู้ใช้รถใช้ถนนเกิดความไม่สะดวกในการเดินทาง ซึ่งค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่นี้ สามารถนำมาใช้ในการวางแผนและวางมาตรการ นโยบายในการควบคุมและเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านการจราจรต่อไปได้

### 5.3.3 การก่อการร้าย

การก่อการร้าย เป็นปัญหาสำคัญอีกปัญหาหนึ่งของประเทศไทยในปัจจุบัน โดยการก่อการร้ายนั้นมีหลายรูปแบบ เช่น ใช้กำลังประทุษร้ายหรือกระทำการใดอันก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและกระทำการใดๆ อันก่อให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงแก่โครงสร้างพื้นฐาน เป็นต้น

จากเหตุการณ์ความไม่สงบสุขในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ที่ลุกลามมาถึงพื้นที่ในอำเภอหาดใหญ่บ่อยครั้ง ทำให้ต้องตระหนักถึงมาตรการในการรับมือหากเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการจำลองสถานการณ์การก่อการร้ายขึ้น โดยทำการเลือกตัดช่วงถนนสำคัญออกจากโครงข่าย แล้วทำการแจกแจงปริมาณการจราจร จากนั้นนำไปหาค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ในช่วงปกติ โดยได้จำลองเหตุการณ์หากเกิดการก่อการร้ายที่ทำให้สะพานสัจจกุลกับสะพานข้ามทางรถไฟไม่สามารถสัญจรได้พร้อมๆ กัน ดังรูปที่ 5.17



รูปที่ 5.17 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ กรณีการก่อการร้าย

รูปที่ 5.17 พบว่า ค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ของทุกเขตพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะเขตพื้นที่ 4 ที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เพราะช่วงถนนที่ทำการเลือกนั้น เป็นช่วงถนนที่อยู่บนถนนสายหลักในการเดินทางเข้าออกเมืองหาดใหญ่ และมีปริมาณการจราจรที่สูง โดยในกรณีที่ตัดช่วงสะพานสัจจกุลออกเพียงหนึ่งสะพาน พบว่า ค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่เปลี่ยนแปลงน้อยมาก สาเหตุมาจากผู้เดินทางเปลี่ยนหรือเลือกเดินทางไปเส้นทางช่วงสะพานข้ามรถไฟและถนนศรีภูวนารถ ในทางกลับกันหากเราตัดช่วงถนนทั้ง 2 พร้อมๆ กันย่อมมีผลการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเส้นทางในการเดินทางของไปยังเขตพื้นที่ 4 เหลือเพียงเส้นทางเดียวคือ ถนนศรีภูวนารถ ทำให้ผู้เดินทางเปลี่ยนหรือเลือกเดินทางไปยังพื้นที่อื่นๆ



## บทที่ 6

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 การพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง

- 1) ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง ประกอบด้วย
  - ข้อมูลประชากรได้จาก สำนักงานทะเบียนราษฎร เทศบาลนครหาดใหญ่ 2554 และ สำนักงานคณะกรรมการ การเลือกตั้งประจำจังหวัดสงขลา 2554
  - ข้อมูลโครงข่ายถนน GIS ได้จาก กระทรวงคมนาคม และทำการแก้ไขเลือกช่วงถนนที่มีความสำคัญ โดยสรุปข้อมูลโครงข่ายถนนประกอบด้วย ช่วงถนน 4,659 ช่วงถนน จุดเชื่อมต่อโครงข่ายถนน 1,482 จุด และ 211 โชน
  - ข้อมูลจราจรได้จากการสำรวจปริมาณการจราจรในช่วงโมงเร่งด่วนบาย และเข้า จำนวน 15 ทางแยก และ 10 ช่วงถนน
  - ข้อมูลอัตราการเดินทางได้จากงานวิจัยการศึกษาความเปราะบางของโครงข่ายถนน จากภัยพิบัติ กรณีศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
- 2) การวิเคราะห์จำนวนการเดินทางโดยใช้หลักแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนได้แก่
  - แบบจำลองการเกิดการเดินทาง ใช้วิธีการวิเคราะห์อัตราการเดินทาง
  - แบบจำลองการกระจายการเดินทาง ใช้วิธีการแรงโน้มถ่วง
  - แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางพิจารณาการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล
  - แบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง ใช้วิธี Probit Stochastic User Equilibrium (SUE) Assignment
- 3) ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยใช้ปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจกับปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9642
- 4) สภาพการจราจรที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองการเดินทาง พบว่า
  - บริเวณใจกลางเมืองมีปริมาณความต้องการการเดินทางออก และเข้าจากพื้นที่ที่สูง
  - ถนนเพชรเกษมมีปริมาณการจราจรอยู่ในระดับค่อนข้างสูงจากแยกควนลังถึงทางแยกตัดถนนราษฎร์อุทิศ
  - ปริมาณการจราจรบนถนนเพชรเกษมช่วงขาเข้า และออกช่วงขึ้นสะพานข้ามทางรถไฟ มีความหนาแน่นสูง
  - ปริมาณการจราจรบนถนนกาญจนาภิเษกที่มาจากแยกคลองหะเพื่อมุ่งหน้าเข้าเมืองมีความหนาแน่นสูงมากทั้งสองทิศทาง
  - ถนนลพบุรีราเมศวร์ มีปริมาณการจราจรที่สูงมากบริเวณแยกคลองแห
  - การจราจรภายในเขตพื้นที่เมืองหาดใหญ่ชั้นใน บนถนนศุภสารรังสรรค์ ช่วงใกล้ตลาดกิมหยง มีความแออัดค่อนข้างสูง
  - ช่วงถนนนอกเมืองระดับค่า V/C สูงแต่ระดับความเร็วเฉลี่ยก็สูงเนื่องจากมีความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรสูง

## 6.2 การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนใช้วิธีแบบดั้งเดิมโดยเริ่มจากการคำนวณประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนช่วงปกติ เป็นโครงข่ายถนนที่ได้จากขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองจากโปรแกรม Emme ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยนำโปรแกรม SATURN มาช่วยวิเคราะห์การแจกแจงจำนวนการเดินทางของโครงข่ายถนนที่ลดประสิทธิภาพ ตามระดับความต้องการการเดินทาง จากนั้นทำการแจกแจงจำนวนการเดินทางของทุกกรณี ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลค่าใช้จ่าย และจำนวนการเดินทางของแต่ละคู่ OD โดยขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 4 วัน จากนั้นนำข้อมูลค่าใช้จ่าย และจำนวนการเดินทางของแต่ละคู่ OD มาหาค่าศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่จากช่องทางในการเข้าถึงทั้งหมดของจุดปลายทางที่พิจารณา

งานวิจัยนี้ได้คำนวณเปรียบเทียบค่าศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่ระหว่างกรณีปกติกับกรณีที่ช่วงถนนถูกตัดขาด โดยสมมติให้ถนนสายสำคัญที่เชื่อมระหว่างเมืองขนาดใหญ่ขึ้นในกับชั้นนอกถูกตัดขาดมาวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนคือ

1) การประเมินค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่จุดปลายทางมีค่าที่แตกต่างกันไปตามถนนที่ถูกตัดขาด โดยถนนที่มีความสำคัญมากจะทำให้ค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่จุดปลายทางลดลงมาก ในทางกลับกันหากค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่จุดปลายทางลดลงน้อย หมายความว่าถนนที่ถูกตัดขาดไม่ส่งผลต่อการเข้าถึงพื้นที่นั้นมาก นอกจากนี้ จากการประเมินค่าศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่จุดปลายทางสามารถสรุปได้ดังนี้

- ถนนช่วงที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ปลายทางโดยรวมมาก คือ อุโมงค์ลอดทางรถไฟ และสามแยกคอหงส์
- ถนนช่วงแยกบึงขี้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ถนนช่วงสะพานสัจจุศลส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ 2 (โรงเรียนดารุณศึกษา)
- ตำแหน่งสามแยกคอหงส์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ 4 (โรงเรียนอนุบาลเทศบาล 5) และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ถนนช่วงสะพานข้ามทางรถไฟส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ 2 (โรงเรียนดารุณศึกษา)
- ถนนช่วงอุโมงค์ลอดทางรถไฟส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ 4 (โรงเรียนอนุบาลเทศบาล 5)
- ถนนช่วงสะพานเข้าเมืองที่คใต้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ 2 (โรงเรียนดารุณศึกษา)

2) การวิเคราะห์หาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ปริมาณการจราจรอยู่ในระดับที่สูงมาก และช่วงถนนจะถูกตัดขาดเมื่อเกิดภัยพิบัติ ผลการวิเคราะห์ช่วงถนนวิกฤติ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ช่วงถนนที่มีความวิกฤติการเข้าถึงเขตพื้นที่ 1(สนามจิระนคร) คือ ช่วงถนนเพชรเกษมบริเวณใกล้ช่วงแยกถนนเพชรเกษมตัดกับถนนราษฎร์อุทิศ และสะพานสังจกุล
- ช่วงถนนที่มีความวิกฤติการเข้าถึงเขตพื้นที่ 2 (โรงเรียนดารุณศึกษา) คือ ช่วงถนนสะพานข้ามทางรถไฟ และช่วงถนนศุภสารรังสรรค์
- ช่วงถนนที่มีความวิกฤติการเข้าถึงเขตพื้นที่ 3 (สถานีขนส่ง) คือ ช่วงถนนกาญจนวนิชตั้งแต่แยกคลองหะถึงสะพานเข้าเมืองทิวทัศน์ และบริเวณรอบนอก คือ แยกสนามบิน
- ช่วงถนนที่มีความวิกฤติการเข้าถึงเขตพื้นที่ 4 (โรงเรียนอนุบาลเทศบาล 5) คือ ช่วงถนนศรีสุวรรณารัตตรงบริเวณห้างไดอาน่า และบริเวณถนนเพชรเกษมนอกเมือง บริเวณแยกควนลังถึงตลาดเกษตร

3) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ และปริมาณความต้องการการเดินทางต่อการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ช่วงถนนวิกฤติของระดับความรุนแรงของภัยพิบัติและปริมาณความต้องการการเดินทาง

ความต้องการการเดินทาง	ระดับความรุนแรง 100 %	ระดับความรุนแรง 50 %
สูง	ช่วงถนนวิกฤติอยู่บริเวณถนนกลางใจเมือง ซึ่งได้แก่ ถนนศุภสารรังสรรค์ ช่วงถนนเพชรเกษมก่อนขึ้นสะพานข้ามรถไฟ ช่วงแยกถนนเพชรเกษมตัดกับถนนราษฎร์อุทิศ	ช่วงถนนวิกฤติ พบว่า กระจายตัวอยู่บริเวณนอกเมือง และช่วงแยกก่อนเข้าเมืองได้แก่ บริเวณแยกบึงชี ช่วงถนนลพบุรีราเมศวร์ตัดกับถนนกาญจนาภิเษมที่ไปแยกเกาะหมี่ ช่วงถนนทางไปสนามบินหาดใหญ่
ปานกลาง	ช่วงถนนวิกฤติอยู่บริเวณรอบเมือง และถนนในเมืองได้แก่ ช่วงถนนกาญจนวนิช ช่วงแยกคอกหงส์ ถนนรัชการ ถนนนิพัทธ์ สงเคราะห์ 1	ช่วงถนนวิกฤติอยู่บนถนนสายหลักที่มุ่งสู่กลางใจเมืองได้แก่ ถนนเพชรเกษมบริเวณแยกควนลัง ถนนนิพัทธ์สงเคราะห์ 1 และช่วงถนนกาญจนวนิช
ต่ำ	ช่วงถนนวิกฤติอยู่บริเวณช่วงถนนรอบเมือง และในเมืองบางส่วน ได้แก่ ช่วงถนนกาญจนวนิชช่วงแยกคอกหงส์ วงเวียนน้ำพุ ถนนราษฎร์ยินดีบริเวณใกล้ทางแยกตัดกับถนนเพชรเกษม ช่วงถนนกาญจนวนิชช่วงแยกคอกหงส์	ช่วงถนนวิกฤติอยู่บริเวณถนนเข้าเมืองได้แก่ ถนนเพชรเกษมบริเวณแยกควน ถนนนิพัทธ์สงเคราะห์ 1 ช่วงถนนกาญจนวนิช และช่วงถนนกาญจนวนิชบริเวณก่อนลงสะพานเข้าเมืองทิวทัศน์

จากผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนข้างต้นสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) จำนวนการเดินทาง และความจุสำรองของช่วงถนนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเข้าสู่พื้นที่ปลายทาง
- 2) ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติโดยเฉพาะอันดับต้นๆ เป็นช่วงถนนที่รองรับปริมาณการจราจรที่หนาแน่น และมีความจุสำรองเหลือน้อย
- 3) ระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ และปริมาณความต้องการการเดินทางมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งช่วงถนนวิกฤติ

### 6.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการปรับปรุงโครงข่ายถนน

งานวิจัยนี้ได้ยกตัวอย่างปัญหาที่ส่งผลการเข้าถึงพื้นที่ ได้แก่ ปัญหาพื้นที่จอดรถ ปัญหาอุบัติเหตุและปัญหาการก่อการร้าย โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

- 1) ปัญหาการจอดรถซ้อนคัน
  - รณรงค์ให้ประชาชนใช้ระบบขนส่งสาธารณะเพื่อลดปัญหาพื้นที่จอดรถ
  - กำหนดช่วงเวลาในการจอดรถให้สอดคล้องกับปริมาณการจราจร เช่น ห้ามจอดรถข้างถนนในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน
  - กำหนดฝั่งถนนเฉพาะสำหรับจอดรถ เช่น กำหนดฝั่งถนนที่มีปริมาณการจราจรที่น้อยให้สามารถจอดรถได้
  - ออกแบบที่จอดรถให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสม เช่น การจอดแบบขนานกับขอบทาง และการจอดแบบทำมุม
  - จัดพื้นที่สำหรับไว้จอดรถโดยเฉพาะ
  - คิดค่าบริการจอดรถ
  - ห้ามจอดรถซ้อนคัน
- 2) ปัญหาอุบัติเหตุ
  - ควบคุมความเร็วในช่วงถนนที่ลำดับความวิกฤติที่สูงๆ เพื่อการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในระดับหนึ่งส่งผลต่อสภาพถนน
  - การทำป้ายบอกถึงช่วงถนนที่มีความวิกฤติ
  - ลดจุดขัดแย้งของถนน เช่น การปิดจุดกลับรถที่มีอุบัติเหตุบ่อย
  - ขยายช่องทางช่วงถนนที่มีความวิกฤติสูง
  - ป้องกันสิ่งกีดขวางการมองเห็นหรือวิสัยทัศน์ของผู้ขับขี่ เช่น ป้ายโฆษณา
- 3) ปัญหาการก่อการร้าย
  - จากปัญหาการก่อการร้ายในปัจจุบันยากที่จะมีมาตรการป้องกันได้ แต่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ช่วงถนนที่มีความวิกฤติ เช่น สะพาน เป็นประโยชน์ และเป็นข้อมูลสนับสนุนในการวางแผนหาเส้นทางการเดินทาง และอพยพต่อไป

#### 6.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1) ข้อมูลด้านประชากร เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่มีผลทั้งต่อความถูกต้องแม่นยำ และความน่าเชื่อถือของแบบจำลองการเกิดการเดินทาง ซึ่งข้อมูลด้านประชากรในอำเภอหาดใหญ่ของ งานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลจากสำมะโนประชากรที่รวบรวม จากทะเบียนราษฎรเท่านั้นยังไม่ครอบคลุม ประชากรแฝง

2) ควรสำรวจข้อมูลพื้นที่จริงเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เช่น จำนวนช่องจราจร ความกว้าง หรือความยาวของช่วงถนน และทิศทางการเดินทาง เป็นต้น

3) ข้อมูลปริมาณการจราจรของช่วงถนนที่นำมาปรับเทียบคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 5 ถือว่ายังค่อนข้างน้อย เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ และควรนำความเร็วจากสำรวจของช่วงถนนมาใช้ในการปรับเทียบด้วย เพื่อให้แบบจำลองนั้นใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

4) ลักษณะของโครงข่ายถนนของเมืองหาดใหญ่มีเส้นทางที่เชื่อมต่อกันไปยังสถานที่ต่างๆ หลายเส้นทาง ในการใช้ค่าดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่พิจารณาจุดปลายทางบางจุดหลังจากทำการตัดช่วงถนน พบว่า ค่าดัชนีมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก งานวิจัยในอนาคตควรนำค่าดัชนีอื่นมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ

5) ในการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนครั้งนี้ทำการตัดช่วงถนนช่วงปกติที่ละช่วง ดังนั้นหากพิจารณาลดความจุหรือตัดช่วงถนนตัวแทนออกจากโครงข่ายถนนช่วงปกติหลายๆ ช่วง หรือการเปลี่ยนจากการตัดช่วงถนนที่ละช่วงมาเป็นการตัดที่ละจุดเชื่อมต่อแล้ว ก็สามารถอธิบายความวิกฤติของถนนได้เช่นกัน

6) งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการหาค่าดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ด้วยโปรแกรม C-Sharp (C#) ซึ่งในการประมวลผลได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มี CPU Intel Core i5 ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7 จำนวน 14 เครื่อง ช่วยกันคำนวณค่าดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ ใช้เวลาคำนวณประมาณ 98 ชั่วโมง (ประมาณ 4 วัน) หากใช้คอมพิวเตอร์ 1 เครื่องในการประมวลผลจะใช้เวลาประมาณ 1381 ชั่วโมง (57 วัน) ดังนั้นควรพัฒนาโปรแกรมหรือ Algorithm สำหรับการประมวลผลที่เร็วขึ้น

## บรรณานุกรม

- กรมทางหลวง. 2555. รายงานปริมาณการจราจรบนทางหลวง  
กระทรวงคมนาคม. 2550. ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ด้านเส้นทางคมนาคม  
เทศบาลนครหาดใหญ่. 2554. คู่มือพร้อมรับสถานการณ์อุทกภัย  
ทรงศักดิ์ รวีรังสรรค์. 2540. การใช้โปรแกรม SATURN ในการศึกษาการเดินทางเดียวในเมือง  
หาดใหญ่. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ปพน ไชยเศรษฐ. 2543. การเกิดการเดินทางจากศูนย์การค้าเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล.  
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปรเมศวร์ เหลือเทพ ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ และพิชัย ชานีรณานนท์. 2556. การศึกษาความเปราะบาง  
ของโครงข่ายถนนจากภัยพิบัติ กรณีศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. การประชุม  
วิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18 ณ โรงแรมดิเอ็มเพลส เชียงใหม่ วันที่ 8-10  
พฤษภาคม 2556
- วิโรจน์ รุโงปการ. 2544. การวางแผนการขนส่งเขตเมือง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. 2551. วิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สำนักงานคณะกรรมการ การเลือกตั้งประจำจังหวัดสงขลา. 2554. จำนวนประชากร และผู้มีสิทธิ  
เลือกตั้ง Available Online: [www.http://songkhla.ect.go.th](http://songkhla.ect.go.th) (สืบค้นเมื่อวันที่ 20  
พฤศจิกายน 2554)
- สำนักงานทะเบียนราษฎร เทศบาลนครหาดใหญ่. 2552. ข้อมูลประชากร Available Online:  
[www.hatyacity.go.th](http://www.hatyacity.go.th) (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2553)
- สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). 2552. การศึกษาจัดทำระบบขนส่งมวลชน  
เมืองหาดใหญ่และเชื่อมโยงเมืองสงขลา
- Atkins Planning Consultants Ltd. 2006. SATURN 10.6 User Manual.
- Berdica, K., Mattsson, L. 2007. Vulnerability: A model-based case study of the road  
network in Stockholm. In: Murray AT, Grubestic TH (eds) Critical infrastructure:  
Reliability and vulnerability. Springer, Heidelberg, pp. 81-106.
- Bruton, M.J. 1975. Introduction to Transportation Planning. New Edition. The Built  
Environment, Hutchinson, D.C.
- Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). 2011. Natural disasters  
reported from 1975 to 2011. Université Catholique de Louvain, Brussels,  
Belgium.
- David Boyce. 1997. A Practitioner's Guide to Urban Travel Forecasting, Models,  
Department of Civil and Materials Engineering University of Illinois at Chicago.

- Daganzo, C.F., Sheffi, Y., 1997. On Stochastic Models of Traffic Assignment. *Transportation Science*, 11(3), 253–274.
- D'Este GM, Taylor MAP. 2003. Network vulnerability: An approach to reliability analysis at the level of national strategic transport networks. In: Bell MGH, Y. I (eds) *The network reliability of transport*. Pergamon, Oxford, pp. 23-44.
- Inro Inc. 2012. *Emme Prompt Manual Version 3.4.1*, Westmount, Montréal Canada
- Japan International Cooperation Agency (JICA). 1990. *Study on Medium to Long Term Improvement/Management Plan of Road Transport in Bangkok (SIMR)*, MAIN Report, Bangkok Metropolitan Administration (BMA)
- Jenelius, E. 2009. Network structure and travel patterns: Explaining the geographical disparities of road network vulnerability. *Journal of Transport Geography*. 17, 234-244.
- K. Berdica. 2002. *TraVIS for Roads - Examples of Road Transport Vulnerability Impact Studies*, PhD thesis, KTH, Sweden, 2002.
- Luathep, P. Sumalee, A. Ho, H.W. and Kurauchi, F. 2011. Large-scale road network vulnerability analysis: a sensitivity analysis based approach. *Transportation*. 38, 799-817.
- May, A.D. Phiu-Nual, K. Montgomery, F O. Paksarsawan, S. Van Vuren, T. 1993. Application of SATURN in Bangkok. *Traffic Engineer and Control*. pp 20-27
- MVA Asia, Comsis Corporation, Padeco, Genie Engineering Consultant, Asian Engineering Consultant. 1998. *Urban Transport Database and Model Development Project (UTDM)*, Final Report Volume 2. Office of the Commission for the Management of Land Traffic (OCMLT), Bangkok
- Murray-Tuite, P., Mahmassani, H. 2004. Methodology for Determining Vulnerable Links in a Transportation Network. *Journal of the Transportation Research Board*. 1882, 88-96.
- Sangarnathan Vijayakumar. 1986. *An Application of SATURN Computer Model for Estimation of Trip Matrices for Bangkok's Two-way and On-way Traffic Networks*. The sis for the degree of Mater of Engineering Asian Institute of Technology.
- 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.

- Taylor M.A.P., D'Este G.M. 2007. Transport network vulnerability: A method for diagnosis of Critical locations in transport infrastructure systems. In: Murray A.T., Grubestic T.H. (eds) Critical infrastructure: Reliability and vulnerability; Springer, Heidelberg, 9-30.
- 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.
- UN International Strategy for Disaster Reduction Geneva, UNISDR. 2009. Information Management Unit. Switzerland.



ภาคผนวก ก  
ข้อมูลชุมชนและประชากรในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลชุมชนและประชากรของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ชื่อชุมชน	รหัส Zone	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัวเรือน (หลัง)
เทศบาลนคร หาดใหญ่	หน้าสวนสาธารณะ	3	0.64	1236	418
	ทักษิณเมืองทอง	1171	0.18	1038	350
	สุภาพอ่อนหวาน	1172	0.16	1433	485
	หน้าค่ายเสนาณรงค์	1213	0.23	1679	567
	ภาสว่าง	1291	0.13	672	275
	อู่ ท.ส.	1810	0.08	564	232
	พรแม่สอน	1891	0.2	1387	479
	กอบกาญจนศึกษา	1881	0.21	1123	388
	แม่ลิเตา	1889	0.28	1569	542
	คลองเตย	1536	0.25	1472	508
	โรงปูน	1937	0.02	770	267
	อนุสรณ์อาจารย์ทอง	2422	0.12	1371	473
	สามัคคี	1950	0.16	1250	430
	หน้า รพ. ศิครินทร์	1963	0.15	1423	468
	เกาะเสือ	1970	0.17	1676	552
	หลังสนามกีฬากลาง	1994	0.17	1883	622
	หลังรร.หาดใหญ่วิทยาลัย	2013	0.1	1592	549
	ศรีนิล	2037	0.12	1534	530
	หมัดยาแม่ะ	2049	0.13	976	255
	ป้อม 6	2058	0.15	1511	488
	หน้าสนามกีฬากลาง	2084	0.12	1335	362
	โรงเรียนชาตรี	2203	0.12	1524	436
	ศิครินทร์	2228	0.16	1664	494
	รถการ	2242	0.17	1313	390
	ริมทางรถไฟ	2243	0.16	801	238
	มุสลิม	658	0.03	1136	217
	หอนาฬิกา	2245	0.07	1332	562
	ตลาดคอมแพล็กซ์	2246	0.05	1147	514
	บ้านพักรถไฟ	2247	0.1	984	478
	ศาลเจ้าพ่อเสือ	2248	0.08	730	414
ตลาดใหม่	2249	0.18	2135	1262	

พื้นที่ศึกษา	ชื่อชุมชน	รหัส Zone	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัวเรือน (หลัง)
	กิมหยงสันติสุข	2250	0.11	2289	969
	พระเสนาหา	2251	0.12	1365	730
	ป้อม 4	2252	0.07	1090	481
	แสงศรี	2253	0.04	1310	493
	สวนศิริ	2244	0.05	989	361
	จิรนคร	2319	0.24	1522	593
	ท่งเซียเซียงตึ๊ง	2255	0.12	2591	1041
	ประชาธิปไตย	2256	0.11	1358	582
	สามชัย	2257	0.11	1314	546
	หน้ารร.หาดใหญ่วิทยาลัย	2258	0.08	1159	705
	ชุมอุทิศ	2259	0.09	694	298
	โรงพยาบาลกรุงเทพ	2260	0.12	1377	622
	บ้านจำ	2261	0.1	2048	819
	द्रุณศึกษา	2262	0.21	1650	1141
	กลางนา	2263	0.19	2333	765
	หน้าโรงเรียนโสตศึกษา	1566	0.5	2325	930
	หัวนาหัก	2264	0.39	1460	1025
	ริมควน	2265	0.28	3300	1558
	คลองระบายน้ำที่1	2266	0.25	2005	541
	เทศาพัฒนา	2269	0.15	1622	647
	ตลาดพ่อพรหม	2270	0.15	2170	693
	ศาลาลุงทอง	2272	0.15	877	326
	หลังที่ว่าการอำเภอ	2267	0.15	1513	484
	บ้านหาดใหญ่	2271	0.19	839	247
	ท่าเคียน	2273	0.22	960	300
	ดิแลนด์-ไทยเจริญ	2275	0.16	1374	419
	ปลักกิริม	2276	0.22	1508	414
	จันทร์ประทีป	2277	0.16	616	226
	จันทร์วิโรจน์	2274	0.15	1366	489
	รัตนวิบูลย์	2278	0.16	1105	517
	จันทร์นิเวศน์	2279	0.19	2050	997
	ทุ่งเสา	2280	0.21	2678	1145

พื้นที่ศึกษา	ชื่อชุมชน	รหัส Zone	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัวเรือน (หลัง)
	อู่ญี่ปุ่น	2281	0.18	2492	1041
	ชนสง	2282	0.25	1022	433
	หน้าวัดคลองเรียน	2283	0.2	1171	785
	ซีกิมหยง	2284	0.16	1375	645
	ละม้ายสงเคราะห์	2285	0.22	1062	355
	คลองเรียน	2286	0.22	1062	355
	บ้านร่มเย็น	2287	0.16	1883	673
	ทุ่งรี	2288	0.16	605	245
	ตลาดคลองเรียน	2289	0.21	950	422
	สามแยกคลองเรียน	2290	0.16	440	147
	ผาสุก-เคียงดาว	2291	0.19	1616	693
	ท่าไทร	2292	0.25	1181	353
	สถานีอุตะเกา	2293	0.19	543	253
	ต้นโด	2294	0.21	1816	599
	หน้าโรงเหล้าสรรพสามิต	2295	0.27	977	411
	สัจจุล	2296	0.21	1915	769
	รัชมังคลาภิเษก	2297	0.15	1554	419
	บ้านฉาง	2298	0.15	2274	809
	สามทหาร	2299	0.18	1046	288
	บางหัก	2107	0.22	1696	667
	เกาะเลียบ	2301	0.21	3186	1041
	รัตนอุทิศ	2302	0.13	2316	618
	สถานี 2	2303	0.17	3196	739
	มงคลहरธา	2304	0.17	2164	1261
	บ้านกลาง	2305	0.15	792	271
	โชคสมาน	2306	0.15	3422	964
	หน้าอำเภอ	2307	0.19	1431	747
	ราษฎร์อุทิศ	2308	0.17	1962	936
	วัดโคกสมานคุณ	2309	0.21	2042	668
	ไทยโฮเต็ล	2310	0.2	1384	658
	หน้าสถานีรถไฟ	2311	0.17	866	350
	หลังโรงพัก	2312	0.14	2008	660

พื้นที่ศึกษา	ชื่อชุมชน	รหัส Zone	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัวเรือน (หลัง)
	หลังอุรุไท	2313	0.14	733	278
	ประชาราษฎร์อุทิศ	2314	0.16	1044	401
	แฟลตเคหะใหม่	2315	0.13	1267	365
	แฟลตเคหะเก่า	2316	0.14	634	301
	วัดหาดใหญ่ใน	2317	0.25	2309	715
	สถานีขนส่งหาดใหญ่ใน	2318	0.24	147	100
ตำบลทุ่งตำเสา	บ้านทุ่งตำเสา	2331	12.74	1911	433
	บ้านหูแร่	2332	8.29	2297	700
	บ้านนาแสน	2333	6.44	1386	381
	บ้านไฮ้ะ	2334	8.15	971	302
	บ้านนายสี	2335	7.58	821	202
	บ้านพรุชบา	2336	13.02	2839	656
	บ้านท่าหมอไชย	2337	10.58	1002	250
	บ้านวังพา	2338	29.8	1409	343
	บ้านทุ่งเลียบ	2339	10.45	1453	531
	บ้านเกาะม่วง	2340	7.44	1357	414
ตำบลทุ่งใหญ่	บ้านห้วยอนถนน	2341	2.46	449	97
	บ้านทุ่งใหญ่	2342	6.27	1147	247
	บ้านนายด่าน	2343	4.24	638	167
	บ้านพรุเตาะนอก	2344	3.96	601	156
	บ้านพรุเตาะใน	2345	13.83	604	545
	บ้านทุ่งงาย	2346	7.97	1312	314
ตำบลท่าข้าม	แม่เตย	2351	3.94	893	277
	คลองจิก	2350	4.58	1038	322
	ท่าข้าม	2353	2.5	565	176
	บ้านปึก	2349	2.64	598	186
	หนองบัว	2354	4.68	1061	329
	หินเกลี้ยง	2348	6.32	1432	445
	เขากลอยออก	2347	3.78	855	266
	เขากลอยตก	2352	6.24	1414	439
ตำบลพะตง	บ้านคลองตง	2325	9.27	514	94
	บ้านควนเนียง	2330	15.48	761	157

พื้นที่ศึกษา	ชื่อชุมชน	รหัส Zone	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัวเรือน (หลัง)
	บ้านปลักเต	2329	18.44	888	187
	บ้านคลองนุ้ย	2326	22.49	1072	228
	บ้านควนขี้แร่ต	2327	16.08	946	163
	บ้านทุ่งปรือ	2328	17.56	1064	178
	บ้านคลองประตู่	2324	7	515	71
บ้านพรุ	เขตการปกครองเขต1	1322	1.51	1825	1404
	เขตการปกครองเขต2	2355	1.12	1354	1041
	เขตการปกครองเขต3	2356	1.24	1499	1153
	เขตการปกครองเขต4	2357	1.75	2115	1627
	เขตการปกครองเขต5	2358	2.8	3384	2603
	เขตการปกครองเขต6	2359	1.72	2079	1599
	เขตการปกครองเขต7	2360	2.6	3142	2417
	เขตการปกครองเขต8	2361	2.1	2538	1952
	เขตการปกครองเขต9	2362	2.62	3166	2436
	เขตการปกครองเขต10	2363	0.51	616	474
คลองอู่ตะเภา	บ้านหัวบ้านนอก	170	6.8	608	172
	บ้านกลาง	2364		362	116
	บ้านท่าแซ	2365		595	169
	บ้านหนองบัว	2366		872	229
ฉลุง	บ้านโคกขี้เหล็ก	2367	44.09	2376	512
	บ้านม่วงค่าย	2373	27.04	1468	314
	บ้านท่าแร่ – หลุมหัวล้าน	2368	11.63	571	135
	บ้านหัวจักร – ทุ่งริน	2370	7.92	356	92
	บ้านไร่อ้อย	2372	18.95	885	220
	บ้านสวนพลู	2374	7.49	346	87
	บ้านฉลุง	2371	17.31	908	201
คูเต่า	บ้านบางโหนด	2369	1.27	728	145
	บ้านบางโหนดใน	2382	0.48	184	55
	บ้านแหลมโพธิ์	2381	2.54	1346	289
	บ้านเกาะนก	2383	1.17	172	133
	บ้านควน	2384	3.06	1443	348
	บ้านคูเต่า	2385	1.7	763	193

พื้นที่ศึกษา	ชื่อชุมชน	รหัส Zone	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัวเรือน (หลัง)
	บ้านดอน	2390	4.86	3254	553
	บ้านใต้	2387	2.33	961	265
	บ้านหัวควาย	2388	1.98	872	226
	บ้านบางโหลง	2389	1.62	828	184
ตำบลน้ำน้อย	บ้านน้ำน้อยนอก	2393	7.33	2012	649
	บ้านน้ำน้อย	2395	2.39	657	212
	บ้านน้ำน้อยใน	2394	3.04	834	269
	บ้านบนเขา	2402	3.06	840	271
	บ้านท่านางหอม	2397	5.24	1438	464
	บ้านปอโพธิ์	2401	7.56	2074	669
	บ้านท่าจีน	2399	4.29	1178	380
	บ้านกลางนา	2396	4.61	1265	408
	บ้านโคกหาร	2398	4.6	1262	407
	บ้านบนเขา	2400	5.08	1395	450
ตำบลควนลัง	บ้านทุ่งควนจีน	15	66.78	1868	1041
	บ้านม่วงค่อม	2417		2997	1187
	บ้านวังหลัง	2418		2433	790
	บ้านควนลัง	2419		7074	2694
	บ้านบางแพบ	2421		8507	3567
	บ้านหน้าควน	2420		14676	6294
ตำบลคลองแห	บ้านเกาะหมี่	2403	24.53	2923	944
	บ้านหนองทราย	2404		650	182
	บ้านทุ่งน้ำ	2405		666	145
	บ้านท่าช้าง	2413		488	125
	บ้านทุ่งปราบ	2411		603	188
	บ้านหนองนายซู้	2410		1317	439
	บ้านปากกัน	2412		1826	677
	บ้านคลองเตย	2409		7384	3521
	บ้านคลองแห	2408		2143	906
	บ้านหนองบัว	2407		1502	483
	บ้านท่าไทร	2406		6954	2887
เทศบาลคอหงษ์	บ้านปลักธง	2414	14.82	1193	805

พื้นที่ศึกษา	ชื่อชุมชน	รหัส Zone	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวน ประชากร (คน)	จำนวน ครัวเรือน (หลัง)
(นอกเหนือจาก พื้นที่เทศบาลนคร หาดใหญ่)	บ้านทุ่งโดน	2415		4126	2040
	บ้านคลองหะ	2416		5806	2835

ที่มา:สำนักงานทะเบียนราษฎร์ เทศบาลนครหาดใหญ่ (2552)



ภาคผนวก ข  
จำนวนการเกิดการเดินทางและการตั้งจุดการเดินทาง

ตารางที่ ข.1 แสดงจำนวนการเกิดการเดินทางและการตั้งจุดการเดินทาง

รหัส Zone	การเกิดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	การตั้งจุดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	รหัส Zone	การเกิดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	การตั้งจุดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)
3	70.452	63.407	2049	55.632	50.069
15	98.07	88.263	2058	86.127	77.514
75	256	320	2084	68.486	76.095
170	26.25	23.63	2098	270	300
368	104.625	116.25	2107	65.296	58.766
549	157.5	291.667	2203	78.181	86.868
658	68.728	61.855	2228	85.363	94.848
690	314.967	583.272	2242	67.357	74.841
715	54.432	100.8	2243	41.091	45.657
1171	59.166	53.249	2244	59.835	53.851
1172	81.681	73.513	2245	162.527	180.586
1213	86.133	95.703	2246	62.454	69.394
1232	241.445	447.12	2247	59.532	53.579
1291	38.304	34.474	2248	44.165	39.749
1322	95.808	86.228	2249	116.251	129.168
1420	348.75	387.5	2250	124.636	138.485
1536	83.904	75.514	2251	82.583	74.324
1566	126.596	140.663	2252	65.945	59.351
1810	32.148	28.933	2253	79.255	71.33
1827	450	833.333	2255	156.756	141.08
1881	57.61	64.011	2256	82.159	73.943
1889	89.433	80.49	2257	79.497	71.547
1891	79.059	71.153	2258	63.108	70.12
1937	43.89	39.501	2259	41.987	37.788
1950	71.25	64.125	2260	74.978	83.309
1963	73	81.111	2261	123.904	111.514
1970	95.532	85.979	2262	99.825	89.843
1994	96.598	107.331	2263	141.147	127.032
2013	81.67	90.744	2264	88.33	79.497
2037	87.438	78.694	2265	176.55	158.895
2266	107.268	96.541	2297	59.829	53.846

รหัส Zone	การเกิดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	การดึงดูดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)
2267	80.946	72.851
2269	86.777	78.099
2270	116.095	104.486
2271	44.887	40.398
2272	46.92	42.228
2273	51.36	46.224
2274	73.081	65.773
2275	73.509	66.158
2276	80.678	72.61
2277	32.956	29.66
2278	59.118	53.206
2279	109.675	98.708
2280	143.273	128.946
2281	133.322	119.99
2282	49.209	54.677
2283	62.649	56.384
2284	73.563	66.206
2285	56.817	51.135
2286	56.817	51.135
2287	100.741	90.666
2288	32.368	29.131
2289	45.743	50.825
2290	23.54	21.186
2291	86.456	77.81
2292	45.469	40.922
2293	20.906	18.815
2294	69.916	62.924
2295	37.615	33.853
2296	73.728	66.355
2332	120.593	108.533
2333	72.765	65.489
2334	50.978	45.88

รหัส Zone	การเกิดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	การดึงดูดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)
2298	87.549	78.794
2299	40.271	36.244
2301	122.661	110.395
2302	89.166	80.249
2303	110.741	123.046
2304	83.314	74.983
2305	30.492	27.443
2306	131.747	118.572
2307	55.094	49.584
2308	75.537	67.983
2309	78.617	70.755
2310	53.284	47.956
2311	52.507	58.341
2312	77.308	69.577
2313	28.221	25.398
2314	40.194	36.175
2315	48.78	43.902
2316	24.409	21.968
2317	88.897	80.007
2318	5.66	5.094
2319	92.081	82.873
2324	27.038	24.334
2325	26.985	24.287
2326	56.28	50.652
2327	49.665	44.699
2328	55.86	50.274
2329	46.62	41.958
2330	39.953	35.957
2331	100.328	90.295
2362	166.237	149.614
2363	32.359	29.123
2364	31.92	28.728

รหัส Zone	การเกิดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	การดึงดูดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)
2335	43.103	38.792
2336	149.048	134.143
2337	52.605	47.345
2338	73.973	66.575
2339	76.283	68.654
2340	71.243	64.118
2341	23.573	21.215
2342	60.218	54.196
2343	33.495	30.146
2344	31.553	28.397
2345	31.71	28.539
2346	68.88	61.992
2347	44.914	40.422
2348	75.173	67.656
2349	31.401	28.261
2350	54.505	49.055
2351	46.893	42.204
2352	74.222	66.799
2353	29.689	26.72
2354	55.685	50.117
2355	71.063	63.957
2356	78.677	70.809
2357	111.036	99.933
2358	177.658	159.892
2359	109.133	98.22
2360	164.968	148.471
2361	133.244	119.919
2399	61.845	55.661
2400	73.238	65.914
2401	108.88	97.992
2402	44.105	39.695
2403	153.458	138.112

รหัส Zone	การเกิดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	การดึงดูดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)
2365	19.005	17.105
2366	31.238	28.114
2367	45.78	41.202
2368	77.07	69.363
2369	47.67	42.903
2370	29.978	26.98
2371	18.165	16.349
2372	18.69	16.821
2373	124.74	112.266
2374	46.463	41.816
2376	378.225	700.416
2381	9.66	8.694
2382	38.22	34.398
2383	70.665	63.599
2384	9.03	8.127
2385	75.758	68.182
2386	40.058	36.052
2387	50.453	45.407
2388	45.78	41.202
2389	43.47	39.123
2390	170.835	153.752
2393	105.625	95.062
2394	43.78	39.402
2395	34.503	31.053
2396	66.402	59.762
2397	75.516	67.964
2398	66.239	59.615
2451	71.85	133.056
2452	77.941	144.336
2453	180	333.333
2404	34.125	30.713
2405	34.965	31.469

รหัส Zone	การเกิดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	การดึงดูดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	รหัส Zone	การเกิดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)	การดึงดูดการ เดินทาง (เที่ยวต่อวัน)
2406	365.085	328.577	2417	157.343	141.608
2407	78.855	70.97	2418	127.733	114.959
2408	112.508	101.257	2419	371.385	334.247
2409	387.66	348.894	2420	370.49	333.441
2410	69.143	62.228	2421	446.618	401.956
2411	31.658	28.492	2422	78.147	70.332
2412	95.865	86.279	2443	112.5	208.333
2413	25.62	23.058	2445	228.614	423.36
2414	62.633	56.369	2446	208.944	386.934
2415	216.615	194.954	2450	248.599	460.368
2416	304.815	274.334			

หมายเหตุ:รหัส Zone เป็นรหัสของตำแหน่งที่ระบุโดยโปรแกรม Emme

ภาคผนวก ค  
ผลการสำรวจปริมาณการจราจรที่ทางแยกและช่วงถนนในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ ค.1 TM 1 แยกเกาะหมี่



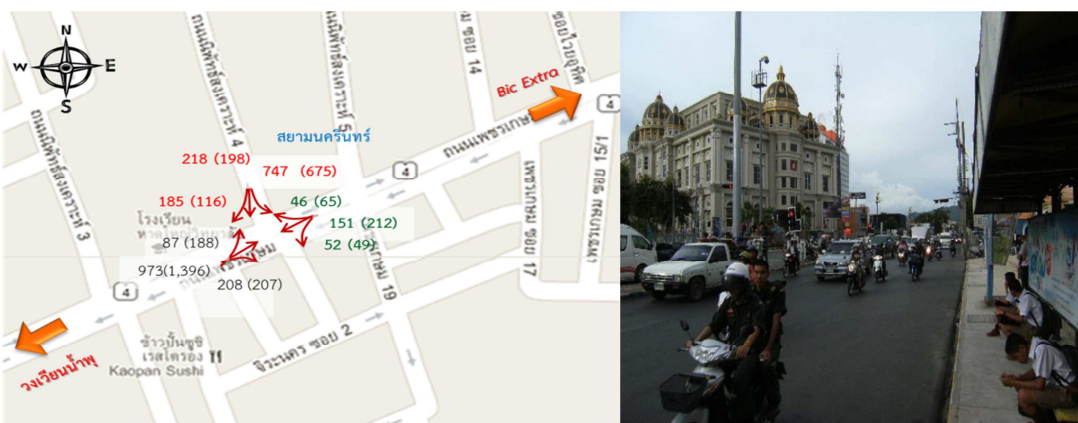
รูปที่ ค.2 TM 2 แยกบึงชี



รูปที่ ค.3 TM 3 แยกคองหงส์



รูปที่ ค.4 TM 4 แยกเพชรเกษมตัดราษฎร์ยินดี



รูปที่ ค.5 TM 5 แยกสยามนครินทร์

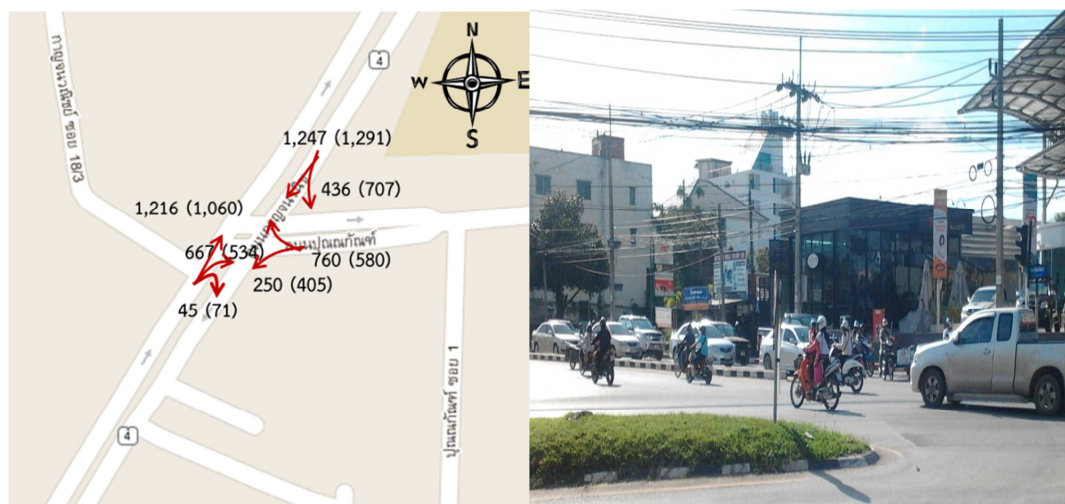


รูปที่ ค.6 TM 6 แยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์





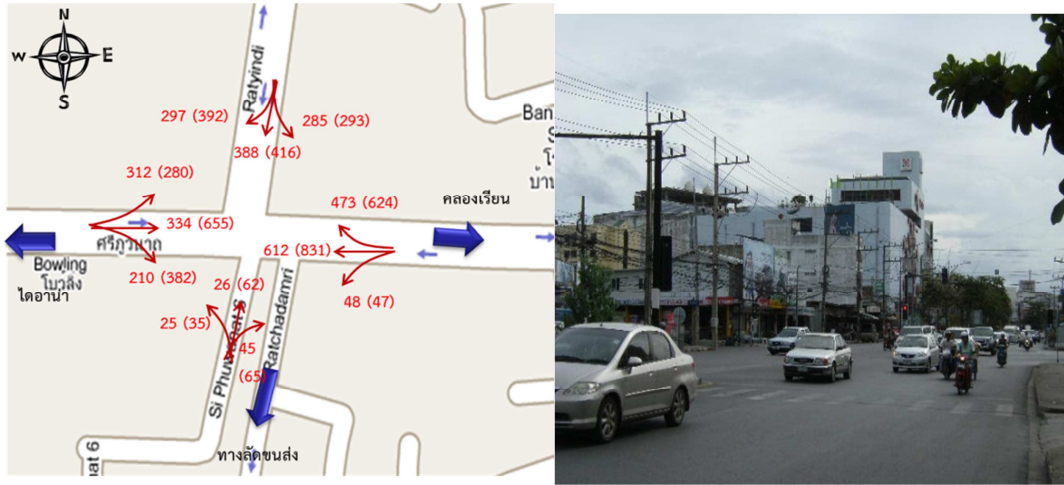
รูปที่ ค.7 TM 7 แยกวัดโคกนาว



รูปที่ ค.8 TM 8 แยกถนนกาญจนวนิชย์ตัดปทุมณกัณฑ์



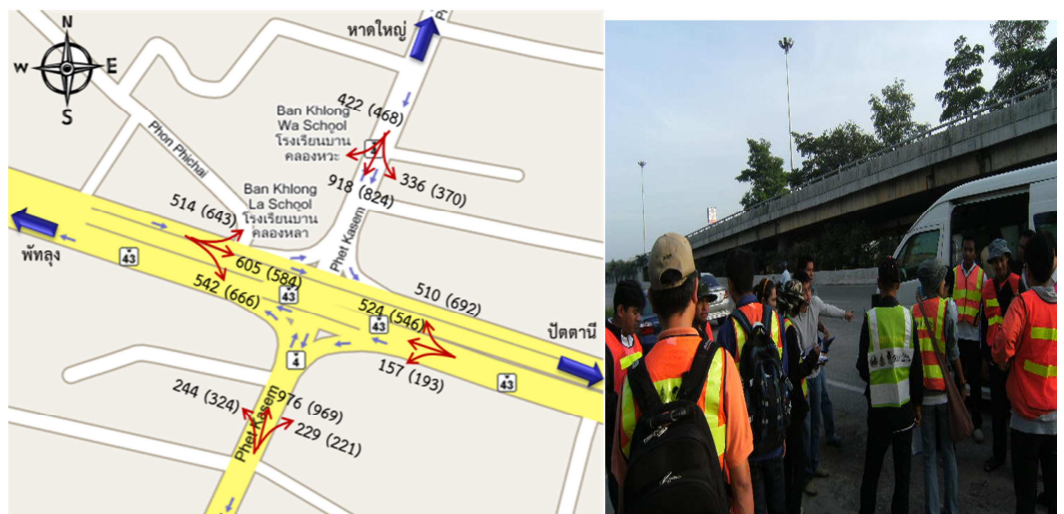
รูปที่ ค.9 TM 9 แยกคลองเรียน



รูปที่ ค.10 TM 10 แยกราษฎร์ยินดีตัดศรีสุวรรณนาท



รูปที่ ค.11 TM 11 แยกถนนเพชรเกษมตัดราษฎร์อุทิศ



รูปที่ ค.12 TM 12 แยกคลองหว่า



รูปที่ ค.13 TM 13 แยกสนามบินไน



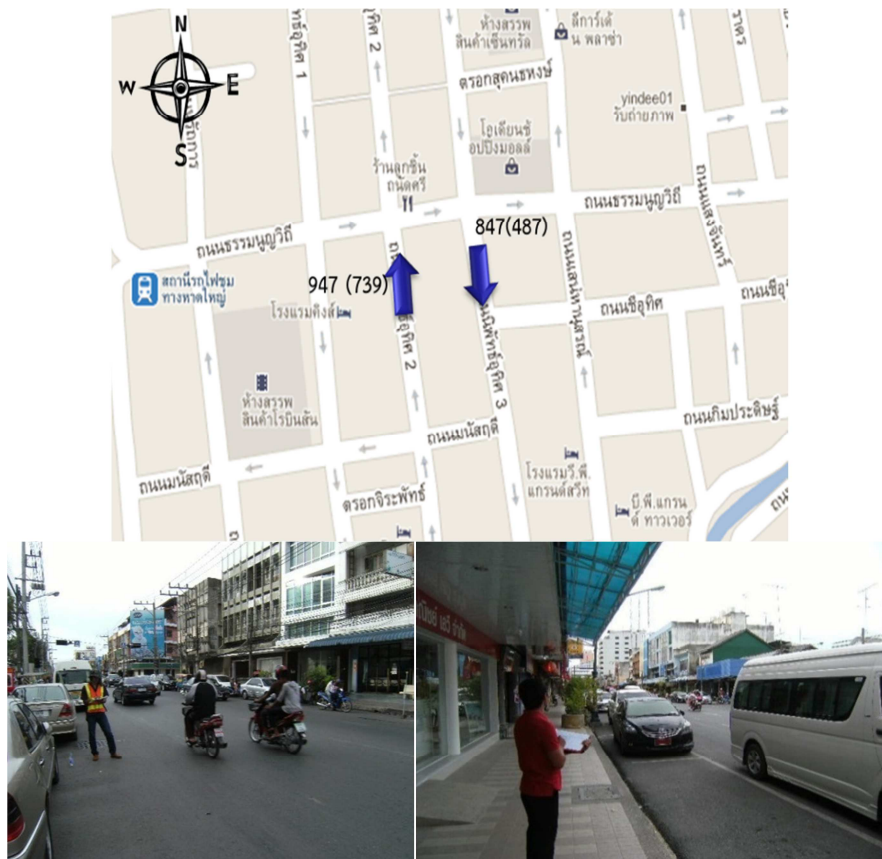
รูปที่ ค.14 TM 14 แยกควนลัง



รูปที่ ค.15 TM 15 แยกเพชรเกษมตัดลพบุรีราเมศวร์



รูปที่ ค.16 MB 1-4 รอบๆ วงเวียนน้ำพุ

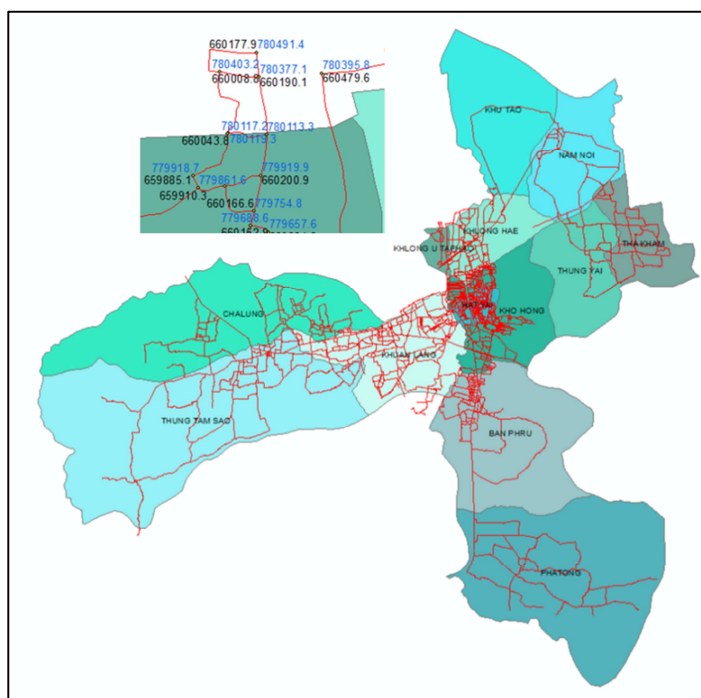


รูปที่ ค.17 MB 5 และ 6 ช่วงถนนนิพัทธ์อุทิศ 2 และ 3

ภาคผนวก ง  
การสร้างแบบจำลองโครงข่ายถนนด้วยโปรแกรม Emme

## 1. การสร้างฐานข้อมูลพื้นฐานของโครงข่ายถนนด้วยโปรแกรม Arc Map

ข้อมูลโครงข่ายถนนเดิม (Shape File) เป็นข้อมูลที่ยังไม่สมบูรณ์ ต้องมีการปรับปรุงและแก้ไขข้อมูลให้เป็นไปตามรูปแบบที่มาตรฐานเพื่อนำเข้าโปรแกรม Emme ต่อไป ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Arc Map ในการปรับปรุงข้อมูลโดยได้เพิ่มข้อมูลพิกัด XY Coordinate ของจุด (Point) ข้อมูล Inode และ Jnode ของเส้นหรือช่วงถนน (Link) และทำการลบช่วงถนนที่อยู่นอกเขตพื้นที่การศึกษาออก ดังแสดงในรูปที่ ค 1



รูปที่ ง.1 ข้อมูลโครงข่ายถนนในโปรแกรม Arc Map

## 2. การสร้างฐานข้อมูลพื้นฐานของโครงข่ายถนนด้วยโปรแกรม Emme

### 1. ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม Emme

ในการวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายการจราจรและขนส่งขนาดใหญ่ ประกอบไปด้วย แผนที่แสดงโครงข่ายถนน ประเภทถนน และระยะทาง รูปแบบการเดินทาง ความจุของยานพาหนะแต่ละประเภท และเส้นทางเดินรถโดยสารสาธารณะ เป็นต้น จากตัวแปรที่กล่าวมาการคำนวณผลลัพธ์ของแบบจำลองด้วยมือคงเป็นเรื่องไม่สะดวก และมีความผิดพลาดมาก เพราะเป็นการวิเคราะห์ที่มีความยุ่งยาก และใช้เวลานาน ดังนั้น จำเป็นต้องมีโปรแกรมเพื่อช่วยลดขั้นตอน และระยะเวลาในการวิเคราะห์

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Emme ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบหลักของโปรแกรมออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก

1) Network data ประกอบด้วย

- Mode เป็นส่วนที่แสดงถึงรูปแบบในการเดินทาง (ยานพาหนะ) ที่ต้องการใส่ข้อมูลลงในแบบจำลอง ซึ่งในโปรแกรม Emme แบ่งออกเป็น 4 ประเภทได้แก่ ได้แก่ Auto Mode, Transit Mode, Auxiliary Transit Mode, Auxiliary Auto Mode
- Node and Centroid เป็นส่วนที่แสดงถึงจุดที่เป็นส่วนสำหรับการเชื่อมต่อ และจุดที่แสดงโชนของการเดินทาง
- Link เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง node กับ Node และ Centriod Connector เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่าง Centroid กับ Node
- Turn แสดงถึงจุดเลี้ยวหรือกลับรถ Transit vehicle แสดงถึงประเภทของยานพาหนะที่เป็นระบบโดยสารสาธารณะ
- Transit Line แสดงถึงเส้นทางการให้บริการของระบบโดยสารสาธารณะ

2) Matrix เป็นข้อมูลในลักษณะของตารางการเดินทาง เช่น ตารางแสดงจำนวนการเกิดการเดินทาง (Trip Generation) ตารางแสดงจำนวนการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) ตารางการกระจายตัวของการเดินทาง (Trip Distribution) เป็นต้น

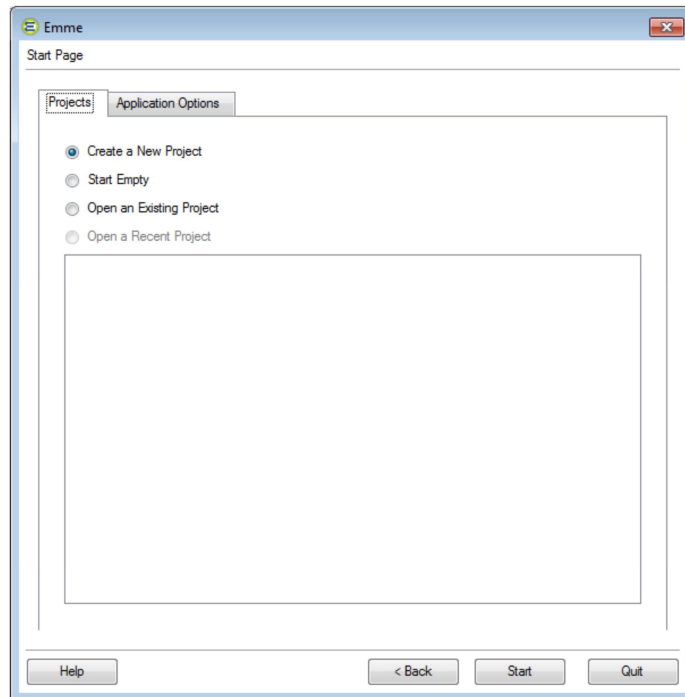
3) Functions เป็นการกำหนดคุณลักษณะของปัจจัยต่างๆ ในโครงข่าย เช่น Auto Volume Delay, Turn Penalty, Transit Time, Auto Demand, Transit Demand, User

## 2.1 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม Emme

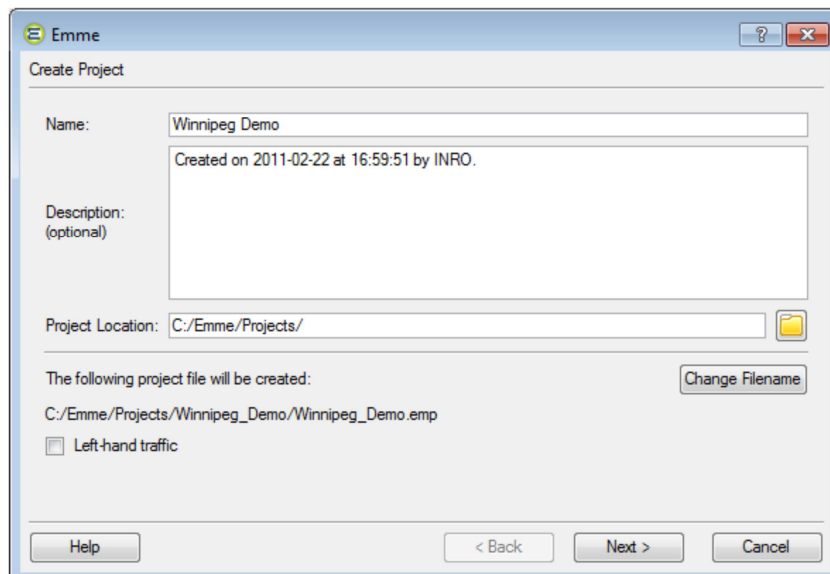
1) เปิดโปรแกรม Emme จะได้นหน้าต่างโปรแกรม Emme ปรากฏขึ้นมา และทำการใส่รหัสลงในช่อง Enter your initials (maximum 4 characters): INRO จากนั้นคลิก Next



2) จากหน้าต่าง Start Page จะปรากฏขึ้นมาทำการเลือก Create a New Project จากนั้นคลิก Start

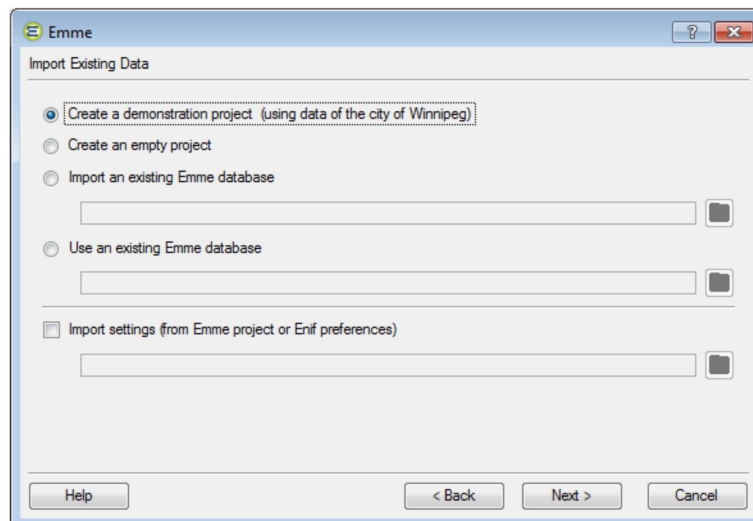


3) จากหน้าต่าง Create Project จะปรากฏขึ้น ใส่ชื่อของโครงการลงในช่อง Name และคลิกเลือก Left-hand traffic (กรณีการเดินทางหรือจราจรฝั่งซ้ายของถนน) จากนั้นคลิก Next



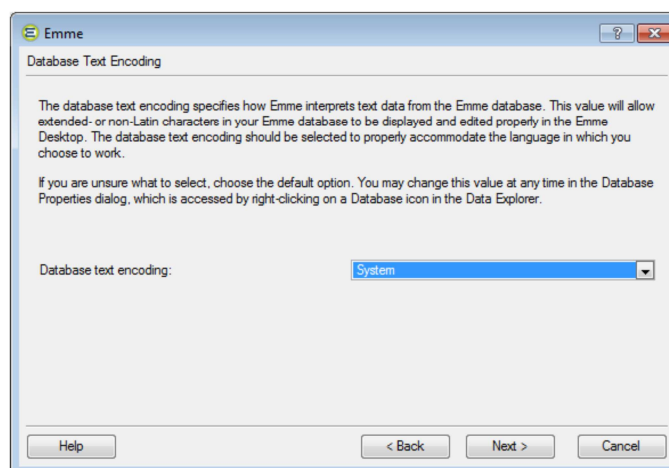


4) หลังจากหน้าต่าง Import Existing Data ปรากฏขึ้น เลือก Create an Empty Project จากนั้นคลิก Next



- เลือก Create a demonstration project (using data of the city of Winnipeg) กรณีที่ต้องการเลือกใช้ข้อมูลตัวอย่างที่มากับโปรแกรม
- Create an empty project กรณีต้องการสร้างโปรเจกต์ขึ้นมาใหม่
- Import an existing Emme database: กรณีที่ต้องการเรียกข้อมูลที่ได้เคยทำไว้ในโปรเจกต์ที่เคยทำมาก่อนแล้ว เข้ามาใช้ในโปรเจกต์ที่สร้างขึ้นใหม่
- Using an existing Emme database: กรณีที่ต้องการเรียกข้อมูลที่ได้เคยทำไว้ก่อนแล้ว
- Import settings (from Emme project or Enif preferences): กรณีที่ต้องการเรียกโปรเจกต์ที่ได้เคยทำไว้ก่อนแล้ว

5) จากหน้าต่าง Database Text Encoding จะปรากฏขึ้นเลือกเป็น System จากนั้นคลิก Next



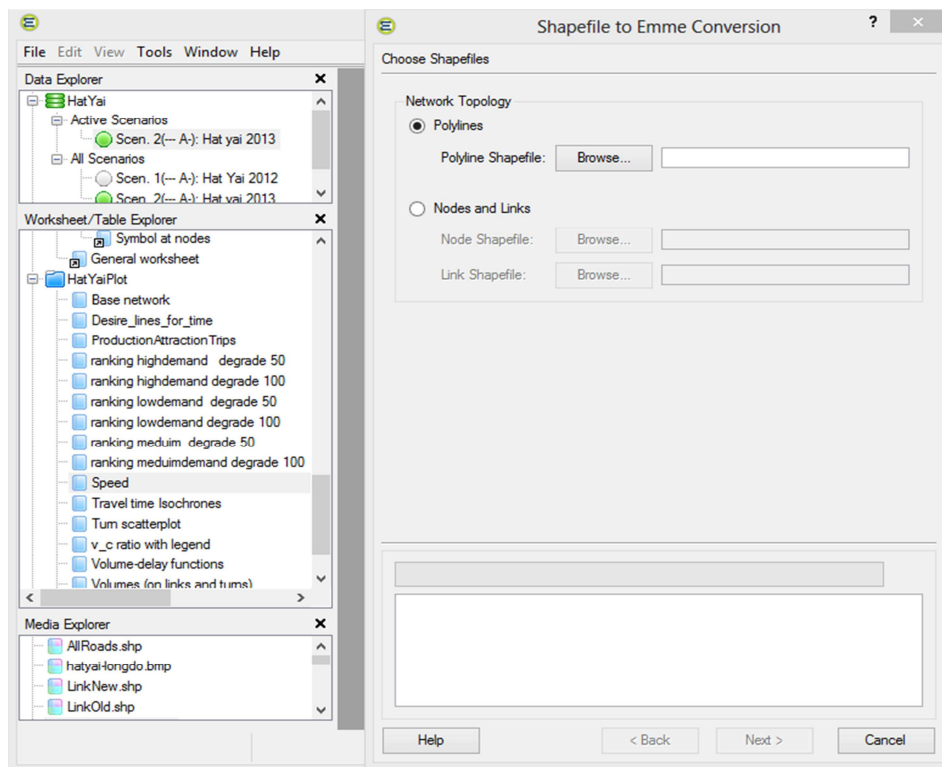
6) จากหน้าต่าง Database Text Encoding ทำการใส่ชื่อลงในช่อง Database title และตั้งค่าพื้นฐานของโปรเจคที่ต้องการสร้างขึ้น

7) หน้าต่าง Database Initialization จะปรากฏขึ้น ทำการตั้งค่าหน่วยของข้อมูล (Database units) และใส่ชื่อ Scenario ในช่อง Lengths of 1 user coordinate unit เป็นการตั้งค่าหน่วยความยาวของแต่ละช่วงถนน (1 กิโลเมตรต่อ 0.001 เมตร) จากนั้นคลิก Next

8) หน้าต่าง Summary จะปรากฏขึ้น จากนั้นคลิก Create

## 2.2 การเรียกข้อมูลจากไฟล์ GIS

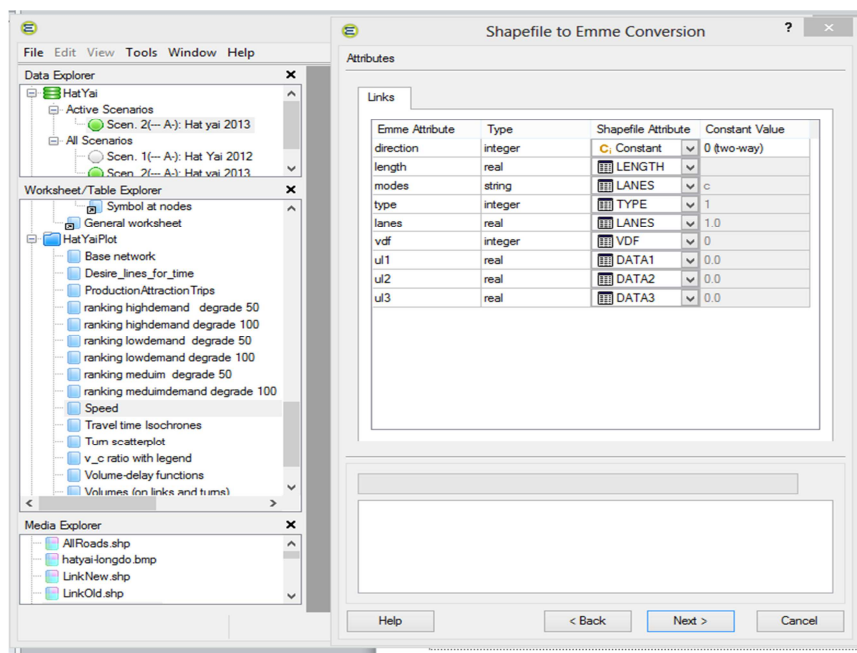
1) ไปที่ Tools เลือก Shapefile to Emme Conversion คลิก Polyline Shapefile เลือกที่อยู่ของ Shapefile ที่เก็บไว้ จากนั้นคลิก Next



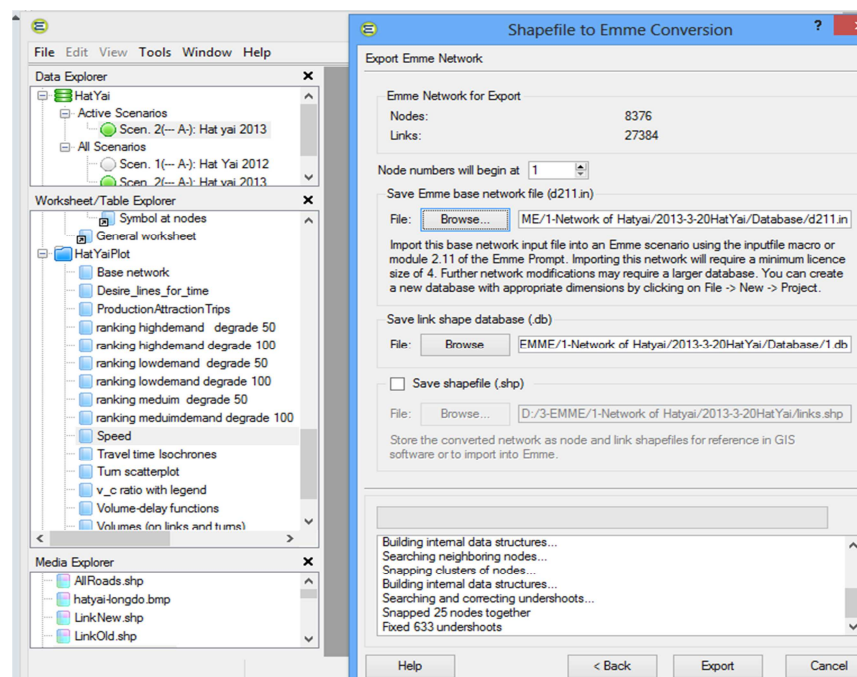
2) ที่หน้าต่าง Attribute เลือก Attribute ให้ตรงกับข้อมูลของโปรแกรม Emme

- ข้อมูลความยาว (Length)
- รูปแบบของยานพาหนะ (Modes)
- ประเภทของถนน (Type)
- จำนวนเลน (Lanes)
- U1
- U2
- U3

เมื่อเลือกเสร็จแล้วคลิก next และในหน้าต่าง Connectivity ตี๊กที่ช่อง Compute nodes at line crossings จากนั้นคลิก next ได้หน้าต่าง Link length Options คลิก next



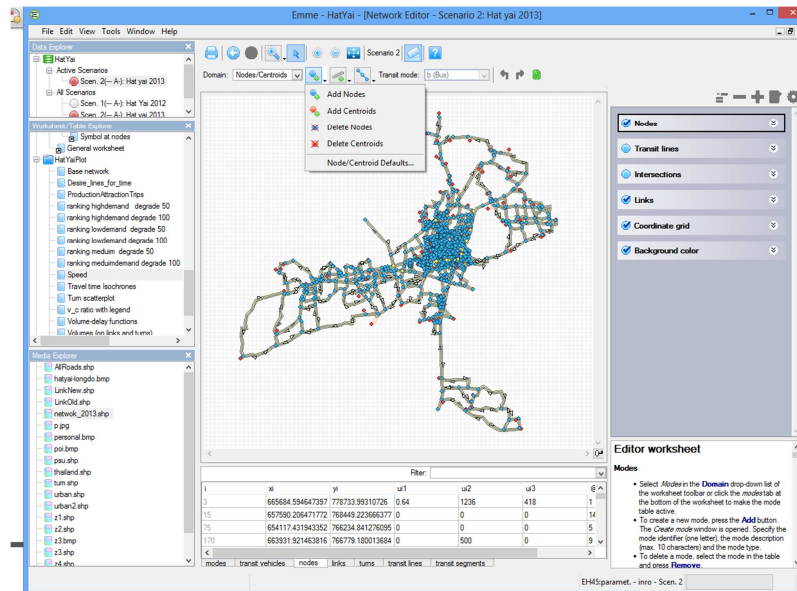
3) ทำการสร้างไฟล์ที่มีชื่อว่า d211.in และ 1.db เก็บไว้ใน Folder Database จากนั้นในหน้าต่าง Export Emme Network ที่ช่อง Save Emme base network เลือกไฟล์ d211.in สำหรับบันทึกข้อมูลโครงข่ายถนนที่ได้จาก Shapefile และในช่อง Save link shape database เลือก 1.db สำหรับบันทึก Scenario ที่ 1 จากนั้นคลิก Export และ Finish



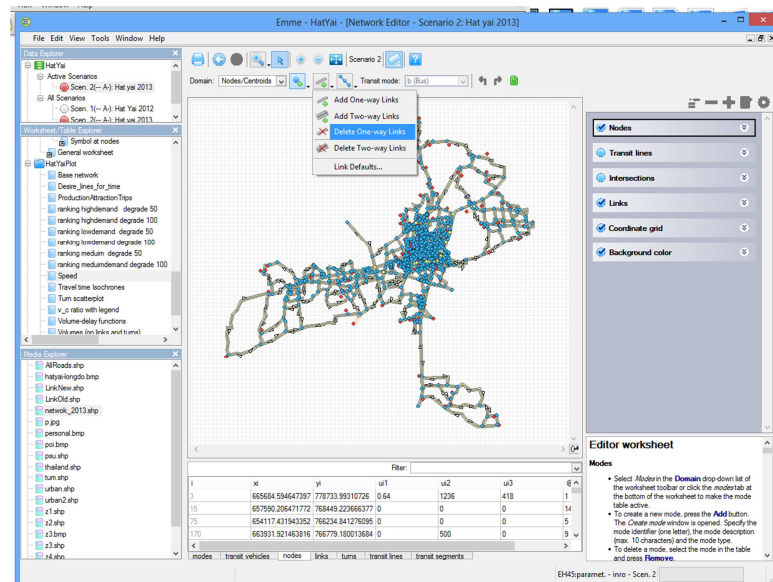
4) ไปที่ Prompt Console เรียกไฟล์โครงข่ายของถนนที่บันทึกในไฟล์ d211.in โดยใช้คำสั่ง คำสั่ง ~<inputfile d211.in

## 2.3 การแก้ไขข้อมูลโครงข่ายถนน

### 1) การเพิ่มหรือลด Node



### 2) การสร้างและลบ Link



### การกำหนดค่าเริ่มต้น

- Length ระยะทางของช่วงถนนที่สร้างขึ้น ควรกำหนดค่าเริ่มต้นเป็น auto เนื่องจากเมื่อทำการ สร้างช่วงถนนแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณระยะทางให้อัตโนมัติ
- Type ประเภทถนนที่ต้องการแสดงแทนด้วยช่วงถนนที่สร้างขึ้น
- Modes รูปแบบการเดินทางที่สามารถเดินทางผ่านบนช่วงถนนที่สร้างขึ้น

- Lanes จำนวนช่องจราจรของช่วงถนนที่สร้างขึ้น
  - vdf ฟังก์ชัน volume delay function ของช่วงถนนที่สร้างขึ้น
  - ul1, ul2, ul3: ฟังก์ชัน อื่นๆ ของช่วงถนนที่สร้างขึ้น
- Add One-way Links กรณีที่ต้องการสร้างช่วงถนนที่มีจราจรเป็นแบบทิศทางเดียว
- Add Two-way Links กรณีที่ต้องการสร้างช่วงถนนที่มีจราจรเป็นแบบสองทิศทาง

### 3. การสร้างตารางข้อมูลจำนวนการเดินทาง (OD Matrix)

3.1 ทำการสร้าง Batch File ของข้อมูลจำนวนการเกิดการเดินทาง (Trip Production) และจำนวนการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) โดยบันทึกชื่อไฟล์เป็น d311.in และ d312.in ตามลำดับพร้อมด้วยนำมาโครชื่อว่า inputfile.mac ไว้ในไฟล์เตอร์ database

t matrices m matrix=mo1 produc 0 trip product person/h	t matrices m matrix=md1 attrac 0 trip attrac person/h
3 all: 70.452	all 3:63.407
15 all: 98.07	all 15:88.263
75 all: 256	all 75:320
170 all: 26.25	all 170:23.63
368 all: 104.625	all 368:116.25
549 all: 157.5	all 549:291.667
658 all: 68.728	all 658:61.855
690 all: 314.967	all 690:583.272
715 all: 54.432	all 715:100.8
1171 all: 59.166	all 1171:53.249
1172 all: 81.681	

3.2 การใส่ข้อมูล จาก Batch File ที่ได้สร้างไว้ข้างต้น ผ่าน Prompt Console พิมพ์  
~<inputfile.mac d312.in (~<inputfile.mac ชื่อ batch file.in)

3.3 ได้ตารางแสดงจำนวนการเกิดการเดินทางและ จำนวนการดึงดูดการเดินทาง (เรียกดูได้จาก File> New> Table> Matrix table)

#### 4 การปรับค่า Production กับ Attraction

เนื่องจากผลรวมของจำนวนการเกิดการเดินทาง และการดึงดูดการเดินทางไม่เท่า ดังนั้นทำการปรับค่าผลรวมของจำนวนการเกิดการเดินทาง และจำนวนการดึงดูดการเดินทางให้เท่ากัน สามารถทำได้ในหน้าต่าง Prompt console มีขั้นตอนดังนี้

##### 4.1 ผลรวมของจำนวนการเกิดการเดินทาง

###### 3.21 MATRIX CALCULATIONS

Select: 1= matrix calculations

Save result? Y

Result matrix

Enter: Matrix=ms1 (ms01: Total Productions)

Enter: Algebraic expression=19500.938 (ผลรวมของการเกิดการเดินทาง)

Constraint matrix

Enter: Matrix=

Select: List device<2= Printer

##### 4.2 ผลรวมจำนวนการดึงดูดการเดินทาง

###### 3.21 MATRIX CALCULATIONS

Select: 1= matrix calculations

Save result? Y

Enter: Matrix=ms1 (ms02: Total Attraction)

Enter: Algebraic expression=20750.973 (ผลรวมของการดึงดูดการเดินทาง)

Constraint matrix

Enter: Matrix=

Select: List device

2= Printer

4.3 ทำการปรับค่าจำนวนการเกิดการเดินทาง และจำนวนการดึงดูดการเดินทางให้เท่ากัน จากผลรวมเราทำการปรับผลรวม Trip Origin (mo1) ให้เท่ากับ Destination Trips (md1) ดังนี้

###### 3.21 MATRIX CALCULATIONS

Select: 1= matrix calculations

Save result?y

Result matrix

Enter: Matrix=mo1

mo01: produc trip product person/h

Change header information? n

Enter: Algebraic expression  
 mo1\*20750.973/19500.938  
 =  
 Submatrix?n  
 Select: List device  
 2= Printer

## 5 การวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง (Trip Distribution)

การสร้างตาราง Skim Cost Matrix เพื่อเป็นค่าความเสียหายในการเดินทาง (Impedance) ของการกระจายตัวของการเดินทางมีขั้นตอนดังนี้

5.1 สร้าง Dummy OD Matrix (mf1) กำหนดให้เท่ากับ 1 จาก MATRIX CALCULATIONS

1) ทำการหา Shortest Path ในโครงข่ายถนนที่ยังไม่มีปริมาณการจราจร

5.11 PREPARE SCENARIO1 FOR STANDARD AUTO OR TRANSIT ASSIGNMENT

Select: Type of assignment

1=fixed demand auto assignment

Select: 1=single class assignment on auto mode

Select: Source for additional auto volumes

1=no additional volumes

Demand in persons

Enter: Matrix=mf1

mf01: Skim cost Matrix

Vehicle occupancy in persons/veh (optional)

Enter: Matrix=

Additional demand in auto equivalents (optional)

Enter: Matrix=

Matrix to hold travel times (optional)

Enter: Matrix (mf) = mf2

mf02: skim matrix (impedance) matrix

Change header information?n

Enter: Max. number of iterations (100)=100

Enter: Stopping criterion for best relative gap (0.100 %) [, relative gap ( 0)]=

Enter: Stopping criterion for normalized gap (excess avg time)( 0.0500min)=

2) ทำการคำนวณตารางเวลาในการเดินทาง ดังนี้

5.21 STANDARD AUTO ASSIGNMENT

Select: List device

2= Printer



5.2 ทำการสร้าง Entropy Matrix (mf3) เพื่อเตรียมไว้สำหรับการวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง (Trip Distribution) ลงตารางเมตริกซ์ดังนี้

$$mf3 = \exp\left(-\frac{1}{\text{average}(mf2)}\right) mf2$$

### 3.21 MATRIX CALCULATIONS

Select: 1= matrix calculations

Save result?y

Result matrix

Enter: Matrix=mf3

mf03: Calculate Entropy

Change header information?n

Enter: Algebraic expression

= exp (-.067615 \* mf2)

Constraint matrix

Enter: Matrix=

Submatrix?n

Select: List device

2= Printer

5.3 MATRIX BALANCING ทำการปรับค่าจำนวนการเกิดการเดินทาง และจำนวนการดึงดูดการเดินทาง โดยอาศัยหลักการคำนวณแบบ Furness Method โดยผลที่ได้เป็นการกระจายตัวของจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นของ แต่ละคู่จุดต้นทาง-ปลายทาง (OD Matrix) ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

### 3.22 MATRIX BALANCING

Select: 1= matrix two-dimensional balancing

Matrix two-dimensional balancing

Matrix to be balanced

Enter: Matrix=mf3

mf03: Calculate Entropy

Totals on origins

Enter: Matrix (ms mo)= mo1

mo01: Produc Trip product person/h

Totals on destinations

Enter: Matrix (ms md)= md1

md01: Attrac Trip Attrac person/h

```

Submatrix?n
Total on origins =                20751
Total on destinations =           20751
Relative difference on totals =    0
Constraint matrix
  Enter: Matrix=
Select: List device
      2= Printer
iteration  1  maximum current error on totals =  20.8948
iteration  2  maximum current error on totals =   .20232
iteration  3  maximum current error on totals =   .01924
iteration  4  maximum current error on totals =    0
      1 pages sent to print file.
      End of two-dimensional balancing
Select: 1= save balanced matrix
Save balanced matrix
  Enter: Matrix (mf)= mf4
mf04: prior total demand matrix in person-trips/h.
Do you want to initialize it?n
Select: List device
      2= Printer

```

## 6 การแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment)

ทำการแจกแจงการเดินทาง และทำการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ มาโครชื่อ demadj4.mac โดยไปเข้าไปใน promp Consolec แล้วพิมพ์

โดยที่ ~<demadj <count/turn> <gpq> <dpq> <iter> <relgap> <normgap> <gstep>

count: Link attribute containing link counts (@com55/up1 )

<gpq>: Demand matrix to be adjusted (mf6)

<dpq>: Temporary matrix of type mf which is used to hold the gradient (mf99)

<iter>: Number of iteration stopping criteria used in assignment (1000)

<relgap>: Relative gap stopping criteria used in assignment. (0.00001)

<normgap>: Normalized gap stopping criteria used in assignment (0.00001)

<gstep>: Number of gradient steps to be performed (100)

ตัวอย่าง ~<demadj4.mac @com55/up1 mf6 mf99 1000 0.00001 0.00001 10

ภาคผนวก จ

การแปลงแบบจำลองการเดินทางจากโปรแกรม Emme ไปยัง โปรแกรม SATURN

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำลดความจุหรือตัดช่วงถนนตัวแทนออกจากโครงข่ายถนนช่วงปกติครั้งละ 1 เส้นแล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนใหม่ ทำให้จำนวนครั้งในการแจกแจงปริมาณการจราจรมีมาก หากใช้โปรแกรม Emme แจกแจงปริมาณการจราจรทำให้เกิดความยุ่งยากและเสียเวลา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้โปรแกรม SATURN ช่วยในการแจกแจงปริมาณการจราจรเนื่องจากโปรแกรม SATURN สามารถเขียนคำสั่งใน Batch File ให้โปรแกรมทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

โดยข้อมูลจากแบบจำลองการเดินทางในโปรแกรม Emme และโปรแกรม SATURN มีโครงสร้างของข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนั้นต้องมีการแปลงข้อมูลจากโปรแกรม Emme เป็นโปรแกรม SATURN ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

## 1. การนำออก (Export) ข้อมูลแบบจำลองการเดินทางจากโปรแกรม Emme

- ข้อมูล OD Trip Matrix เข้าไปที่ promp Consolec แล้วพิมพ์ ~<exportmat
- ข้อมูลโครงข่ายถนน เข้าไปที่ promp Consolec แล้วพิมพ์ ~<emme2shp

## 2. การสร้างข้อมูลแบบจำลองการเดินทางด้วยโปรแกรม SATURN

### 2.1 ข้อมูลโครงข่ายถนนด้วยโปรแกรม SATURN

การนำข้อมูลโครงข่ายถนนลงในแฟ้มข้อมูลของ SATURN ต้องใส่เป็นรหัส (Code) ตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นแบบ Fixed Column ดังนั้นการใส่ข้อมูลจึงต้องให้ตรงตำแหน่งที่กำหนด และต้องเว้นช่องว่าง (Space) ตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ทุกประการ

ข้อมูลสำหรับใช้ใน Sanet แบ่งได้ 11 ส่วน โดยห้าส่วนแรกเป็นส่วนบังคับ อีกหกส่วนที่เหลือให้ผู้เลือกใช้ตามต้องการ ได้แก่

#### 1 การกรอกข้อมูลเกี่ยวกับคำสั่ง OPTION

เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 2 ด้วยคำสั่ง "&OPTION" แล้วตามด้วย Parameters ในบรรทัดถัดไป และจบลงด้วยคำสั่ง "&END" ส่วน Parameters ที่ใช้ในคำสั่ง &OPTION มีดังนี้

- UDDATE = T ถ้าเป็นการปรับปรุงโครงข่ายถนนที่มีอยู่ในแฟ้มข้อมูลเก่า ค่าที่กำหนดไว้ (Default) คือ F
- PASSQ = T ถ้ายานพาหนะที่จอดรอคิวที่ทางแยกสามารถข้ามผ่านทางแยกได้หมด ในคาบเวลาที่ผ่านไป (previous time period) ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- Plod = T ถ้าต้องการแจกแจงจำนวนการเดินทางจากข้อมูลที่ป้อนเข้าไปให้ตรงอยู่บนโครงข่ายถนน ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- UPFILE = ชื่อแฟ้ม ระบุชื่อแฟ้มข้อมูลที่ใช้ในการปรับปรุง ใช้ในกรณีที่
- UPFILE = T ค่าที่กำหนดไว้ คือ ว่างเปล่า (Blank)

#### 2 หัวเรื่องของโครงข่ายถนน (Network Title)

ให้พิมพ์ชื่อ/หัวเรื่องที่บันทึกเป็นภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกิน 80 ตัวอักษร โดยให้เริ่มพิมพ์ได้ตั้งแต่คอลัมน์ที่ 2

### 3 การกรอกข้อมูล parameter

เริ่มต้ด้วยคอลัมน์ที่ 2 โดยคำสั่ง “&PARAME” แล้วจบลงด้วยคำสั่ง”&END” ส่วน Parameters ที่ใช้ภายใต้คำสั่ง &PARAME ในแฟ้มข้อมูลโครงข่ายถนนแบ่งได้ 4 ประเภทคือ Logical Parameter, Integer Parameter, Real Parameter และ Character Parameter

#### 1) Logical Parameter

- AMY=T ถ้าต้องการให้การแจกแจงการจราจร โดย fixed เวลาในการเดินทางเป็นอิสระ ค่าที่กำหนดไว้ (Default) คือ F
- AUTOX =T: ถ้าต้องการให้โปรแกรมจัดรหัสของ External Stimulation Nodes โดยอัตโนมัติ ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- AUTOZ =T: ถ้าต้องการให้โปรแกรมจัดรหัสของ External Zone ตามตัวเลขที่เป็นชื่อของ External Stimulation Nodes ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- BEAKER =T ถ้าต้องการให้ค่าความจุในการระบายรถสำหรับ Stimulation Link ถูกกำหนดโดยอัตโนมัติ ตามการเลี้ยวที่ออกจาก Link นั้น ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- COMPAR =T ถ้าต้องการให้เปรียบเทียบปริมาณการจราจรที่ออกจากการวนเวียนของ SATASS/SATSIM เปรียบเทียบกับครั้งแรก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนด Convergence ของทั้งโมเดล ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- DIDDLE =T ถ้าต้องการให้แต่ละการแจกแจงปริมาณการจราจร เริ่มต้นจากปริมาณการจราจรที่ได้รับการแจกแจงคราวก่อน
- DIDDLE =F ถ้าต้องการให้เริ่มด้วยการแจกแจงปริมาณการจราจร แบบ All-or-nothing ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- DUTCH =T ถ้าต้องการให้ชื่อของ Buffer Network บรรจุได้ถึง 8 ตัวอักษร
- DUTCH =F ถ้าต้องการให้ชื่อของ Buffer Network เพียง 5 ตัวอักษร ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- EXPERT=T ถ้าต้องการให้พิมพ์ผลการคำนวณ เพื่อให้ผู้ที่เชี่ยวชาญในโปรแกรม SATURN แล้วเป็นผู้อ่าน ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- EZBUS = T ถ้าต้องการลงรหัสข้อมูลเส้นทางรถโดยสารแบบ Free format
- EZBUS = F ถ้าต้องการลงรหัสข้อมูลเส้นทางรถโดยสารแบบ Fixed Column format ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- FOZZY =T ถ้าต้องการให้โปรแกรม interpolate ตำแหน่งของ Node ที่ได้เชื่อมต่อกันในข้อมูลเส้นทางรถโดยสาร ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- LEFTDR =T ถ้าระบบการเดินรถเป็นแบบขับชิดซ้าย ค่าที่กำหนดไว้ คือ T
- MTFLOW =T ถ้าต้องการให้เปรียบเทียบปริมาณการจราจรที่ได้รับการแจกแจง กับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจ ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- PRINT =T ถ้าต้องการให้พิมพ์ข้อมูลโครงข่ายถนนลงในแฟ้มข้อมูลที่มีส่วนขยาย “LPN” ค่าที่กำหนดไว้ คือ F

- PRINTF =T ถ้าต้องการให้พิมพ์ปริมาณการจราจรในโครงข่ายถนนที่ได้รับการแจกแจง ปริมาณการจราจรโดยใช้โปรแกรมย่อย SATASS ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- PRSFD =T ถ้าต้องการให้พิมพ์ค่า flow-delay parameters สำหรับทุกการเลี้ยวที่ จำลองโดย SATSIM ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- ROSIE =T ถ้าต้องการให้คำนวณ time-flow curves สำหรับการเลี้ยวใน shared lanes ตาม function ของ total shared flow ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- SAVEIT =T ถ้าต้องการให้บันทึกค่าใช้จ่ายในการเดินทางในรูปของแฟ้มข้อมูล “UFA” สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ย่อยต่อไป ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- SHANDY =T ถ้าต้องการให้ตรวจสอบระยะทางของช่วงถนนที่ใส่ไว้ในแฟ้มข้อมูลกับ ระยะที่คำนวณจาก Co-ordinates ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- SPEEDS=T ถ้าต้องการใช้ Travel speed ในการ code ข้อมูล (กม./ชม.)
- SPEEDS=T ถ้าต้องการใช้ Travel speed ในการ code ข้อมูล (วินาที) ค่าที่กำหนดไว้ คือ F โดยที่ อิทธิพลของ SPEEDS ไม่ครอบคลุมถึง Buffer records
- SUZIE =T ถ้าต้องการให้การแจกแจงปริมาณการจราจรตามทฤษฎีของ Probit Stochastic User Equilibrium (SUE)
- SUZIE =F ถ้าต้องการให้การแจกแจงปริมาณการจราจรตามทฤษฎีของ Wardrop’s Equilibrium ค่าที่กำหนดไว้ คือ F
- SUZIEQ =T ใช้ในกรณีที่ได้กำหนดให้ SUZIE =T โดยต้องการให้พิมพ์ตัวเลขบอกความ แตกต่างของค่าใช้จ่ายในเส้นทาง กับค่าต่ำสุดของการเดินทางที่สั้นที่สุด ค่าที่กำหนดไว้ คือ T

## 2) Integer Parameter

- IFCC =1 สำหรับการป้อนข้อมูลเข้า Centroid Connector ใน Buffer network เพื่อ ระบุว่าแบบ One-way
- IFCC =2 สำหรับการป้อนข้อมูลเข้า Centroid Connector ใน Buffer network เพื่อ ระบุว่าแบบ two-way ค่าที่กำหนดไว้ คือ 1
- IFRL = 1 สำหรับการป้อนข้อมูลเข้า Centroid Connector ใน real buffer links เพื่อระบุว่าแบบ One-way
- IFRL =2 สำหรับการป้อนข้อมูลเข้า Centroid Connector ใน real buffer links เพื่อ ระบุว่าแบบ two-way ค่าที่กำหนดไว้ คือ 2
- IROCKY= จำนวน sector ในหนึ่งโซน
- IROCKY= 0 : ถ้าไม่ต้องการใช้ ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0
- ISTOP = จำนวนคิดเป็นร้อยละ ใช้ในการทดสอบ Convergence ในการวนรอบของ SATASS/SATSIM ค่าที่กำหนดไว้ คือ 85
- KNOBS = จำนวนข้อมูลพิเศษ ซึ่งรวมถึงข้อมูล buffer records ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0
- KPHMIN = ค่าความเร็วต่ำสุดบน Stimulation links ค่าที่กำหนดไว้ คือ 10 กม./ชม.

- KPHMAX = ค่าความเร็วสูงสุดบน Stimulation links ค่าที่กำหนดไว้ คือ 100 กม./ชม.
- KOB= 0 กำหนดประเภทของการกระจายค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบ Rectangular
- KOB= 1 กำหนดประเภทของการกระจายค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบ Normal
- KOB= 2 กำหนดประเภทของการกระจายค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบ Modified Normal ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0
- KOMBI =ตัวเลขแสดงจำนวนครั้ง เพื่อระบุให้หาค่าเฉลี่ยของการแจกแจงปริมาณการจราจร หลังจากโปรแกรมย่อย SATASS/SATSIM ทำงานแบบวนเวียน
- KOMBI =0 ถ้าไม่ต้องการ ใช้ค่าเฉลี่ย ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0
- KORN = ค่าควบคุมที่ใช้ในการสุ่มตัวเลข เพื่อใช้ใน Probit Stochastic User Equilibrium ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0
- LCY = ความยาวช่วงเวลาของรอบสัญญาณไฟจราจร (วินาที) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 75
- LRTP = ค่าช่วงเวลาของเวลาที่ใช้ในการหาความล่าช้าแบบ random ที่ทางแยกติดสัญญาณไฟจราจร ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0
- LTP = ช่วงเวลาของการจำลองการจราจร (นาทีก) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 30
- MAST = ระบุจำนวนครั้งที่ต้องการวนเวียนการทำงานของ SATASS/SATSIM ค่าที่กำหนดไว้ คือ 5
- MAXZN = ตัวเลขแสดงจำนวนโซนสูงสุดที่ใช้ ค่าที่กำหนดไว้ คือ 500
- MCCS = จำนวนชุดข้อมูลการสำรวจปริมาณการจราจรแยกประเภท มีค่า 1 ถึง 6 ค่าที่กำหนดไว้ คือ 1
- MODET =0 ถ้าต้องการให้พิมพ์ข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์
- MODET = ค่าที่ไม่เป็นศูนย์ ถ้าต้องการให้มีรายงานความก้าวหน้า ในระหว่างการประมวลผลโปรแกรม
- MODET = ค่าติดลบ ถ้าต้องการให้รายงานผลออกทางจอภาพเท่านั้น
- MODET = ค่าบวก ถ้าต้องการให้รายงานผลออกทั้งทางจอภาพ และเครื่องพิมพ์ ค่าที่กำหนดไว้ คือ 1
- MINRED = เวลาไฟแดงที่น้อยที่สุด ใช้ เพื่อเป็นตัวตรวจสอบกับ SATNET (วินาที) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 10
- MINSAT = ปริมาณการจราจรทิศทางเลี้ยวที่อิมตัว (pcu/hr) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 500
- NITA = ค่าสูงสุดที่ต้องการคำนวณซ้ำ (iterations) ในโปรแกรมย่อย SATSIM ค่าที่กำหนดไว้ คือ 6
- NOMADS= จำนวนประเภทผู้ใช้ถนนที่ต้องการจัดแบ่ง ค่าที่กำหนดไว้ คือ 1
- NOPD = ค่าที่ไม่เป็นศูนย์ เพื่อระบุกับ Platoon Dispersion ทั้งหมดระหว่างทางแยกที่พิจารณา ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0
- NUC = จำนวนหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งใช้ในการแบ่งรอบสัญญาณในการจำลองการจราจร (ค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 25) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 15

- NUCMIN = จำนวนหนึ่งหน่วยเวลาดำสุด ซึ่งใช้ในการแบ่งรอบสัญญาณในการจำลองการจราจร (ค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 25) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 15
  - NOTUK = 1 สำหรับกรณีใช้กฎจราจรของประเทศอื่นที่ไม่ใช่สหราชอาณาจักร
  - NOTUK = 0 สำหรับกรณีใช้กฎจราจรของสหราชอาณาจักร ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0
- 3) Real Parameter
- ALEX = ค่าความยาวเฉลี่ยของยานพาหนะ (pcu/hr) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 5.75
  - BCRP = ตัวเลขยกกำลังที่ใช้ในการหา speed-flow curves ใน buffer Network ค่าที่กำหนดไว้ คือ 5.0
  - BUSPCU = เลขที่ใช้คูณ เพื่อแปลงปริมาณการจราจรของรถโดยสารเป็นปริมาณการจราจรในหน่วยรถส่วนบุคคล ค่าที่กำหนดไว้ คือ 3.0
  - CAPMIN = ค่าความจุต่ำสุด สำหรับการเลี้ยงที่ทางแยกประเภทที่ติดตั้งป้ายให้ทาง (pcu/hr) ค่าที่กำหนดไว้คือ 30.0
  - DEFCAP = ค่าความจุที่ External Stimulation Nodes ภายนอกต่อช่องจราจร (pcu/hr) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 1250
  - GAP = ค่า Gap ต่ำสุดของการจราจรที่ทางแยก (วินาที) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 50
  - GAPM = ค่า Gap สำหรับการรวมเข้า (Merging) ของยานพาหนะ (วินาที) (pcu/hr) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 3.0
  - GAPR = ค่า Gap สำหรับการเข้าวงเวียน (วินาที) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 4.0
  - GONZO = ตัวเลขที่ใช้ในการคูณขยาย Trip Matrix สำหรับป้อนเข้า SATASS ค่าที่กำหนดไว้ คือ 1.0
  - PPK = ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง โดยแปลงจากระยะทางที่ใช้ (บาท/กม.) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0.0
  - PPM = ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง โดยแปลงเวลาที่ใช้เดินทาง (บาท/นาที) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 1.0
  - SUET = ค่าที่ใช้ในการบอกความผันแปรของค่าใช้จ่ายในการเดินทางในการแจกแจงการเดินทางแบบ Probit Stochastic User Equilibrium ค่าที่กำหนดไว้ คือ 0.2
  - TAX = จำนวนยานพาหนะที่สามารถหยุดรอในบริเวณกลางทางแยกที่ติดสัญญาณไฟ และสามารถระบายออกได้หมด เมื่อสิ้นสุดสัญญาณไฟเขียว (pcu) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 2.0
  - TDEL = ค่าความล่าช้าที่ยอมให้เกิดขึ้นในทางโทของทางแยกที่เป็นประเภท Priority หรือวงเวียน (วินาที) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 3
  - XYUNIT = ค่าความละเอียดของตัวเลขที่บอกพิกัดของ Node/Zone ค่าที่กำหนดไว้ คือ 1.0
- 4) Character Parameter
- FILGIS = ชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการใช้ใน GIS ค่าที่กำหนดไว้ คือ ช่องว่าง (Blank) สำหรับบรอกข้อความ



- FILTIJ = ชื่อเพิ่มข้อมูลที่ UFM Trip Matrix ใช้ในการแจกแจงปริมาณการจราจร ค่าที่กำหนดไว้ คือ ช่องว่าง (Blank) สำหรับกรอกข้อความ
- XYFORM = รูปแบบ (Format) ที่ใช้ในการบอกพิกัด (x,y) ค่าที่กำหนดไว้ คือ 215

#### 4 ข้อมูลการจำลองโครงข่ายถนน (Stimulation Network Data)

เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1 ด้วยหมายเลข Record “1” หรือ “1111” ในคอลัมน์ที่ 1 ถึง 5 ข้อมูลของ Internal Nodes มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ

##### 1) RECORD TYPE 1 (NODE DATA) มีกฎเกณฑ์ดังนี้

- Column ที่ 1-5 ใส่หมายเลข Node
- Column ที่ 6-10 จำนวน Links ที่เข้าสู่ Node ที่กำลังพิจารณา
- Column ที่ 11-15 ใส่รหัสบอกประเภทของ Node ซึ่งมี 6 ประเภท คือ
  - External Node รหัสที่ใช้ คือ 0
  - Priority Junctions รหัสที่ใช้ คือ 1
  - Roundabouts (ban U-turns) รหัสที่ใช้ คือ 2
  - Traffic Signals รหัสที่ใช้ คือ 3
  - Dummy nodes รหัสที่ใช้ คือ 4
  - Roundabouts with U-turns รหัสที่ใช้ คือ 5
- Column ที่ 16-20 เวลาในการเดินทางรอบวงเวียน (วินาที) หรือ จำนวนจังหวะสัญญาณไฟ
- Column ที่ 21-25 Relative offset (วินาที) หรือ max. round about capacity (pcu/hr)
- Column ที่ 26-30 Cycle time ของ Node นี้ (วินาที)
- Column ที่ 31-35 Number of time units per cycle
- Column ที่ 36-40 สิบเท่าของ GAP สำหรับทางแยกที่ไม่ติดสัญญาณไฟ (สิบวินาที)
- Column ที่ 41-45 สิบเท่าของ GAP สำหรับการ Merge (สิบวินาที)

##### 2).RECORD TYPE 2 (LINK AND TURN DATA) มีกฎเกณฑ์ดังนี้

- Column ที่ 1-5 Link stacking capacity
- Column ที่ 6-10 Node ที่อยู่ตอนบน
- Column ที่ 11 ใส่เครื่องหมาย \* ถ้าต้องการใช้ speed-flow curve
- Column ที่ 12-15 จำนวนช่องจราจรของช่วงถนนนี้ ใส่ 0 ถ้าเป็นถนนเดินรถทางเดียว
- Column ที่ 16-20 Travel time (วินาที) หรือ average link speed (กม./ชม.)
- Column ที่ 21-25 ความยาวของช่วงถนนนี้ (เมตร)
- Column ที่ 26-35 ข้อมูลชุดแรกของการเลี้ยว
- Column ที่ 26-30 Saturation flow (pcu/hr) ใส่เลข 0 สำหรับกรณีที่ห้ามเลี้ยว
- Column ที่ 31 Turn Priority Maker
- Column ที่ 32 Turn Priority Maker Modifier

- Column ที่ 33 ช่องจราจรแรกที่ใช้เลีย่ว
  - Column ที่ 35 ช่องจราจรสุดท้ายที่ใช้เลีย่ว
  - Column ที่ 36-45 ข้อมูลชุดที่สองของการเลีย่ว
  - Column ที่ 75 ช่องจราจรสุดท้ายที่ใช้เลีย่วของชุดข้อมูลชุดที่ห้า
- 3) RECORD TYPE 3 (SIGNAL DATA) มีกฎเกณฑ์ดังนี้
- Column ที่ 11-15 ช่วงเวลาของ stage ของสัญญาณไฟ (วินาที)
  - Column ที่ 16-20 Inter-green (วินาที)
  - Column ที่ 21-25 จำนวน node ที่ได้สัญญาณไฟเขียว
  - Column ที่ 26-30 A-node สำหรับ first green
  - Column ที่ 31-35 C-node สำหรับการเลีย่วครั้งนี้
  - Column ที่ 36-40 A-node ชุดที่สอง
  - Column ที่ 41-45 C-node ชุดที่สอง
  - Column ที่ 71-75 C-node ชุดที่ห้า

#### 5 ข้อมูลตัวเชื่อมจุดศูนย์ถ่วงของโชน

เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1 ด้วยหมายเลข Record “2” หรือ “2222” ในคอลัมน์ที่ 1 ถึง 5 โดยจุดศูนย์ถ่วงทุกจุด ต้องมีตัวเชื่อมต่ออย่างน้อย 1 ตัว และไม่มากกว่า 6 ตัว โดยมีกฎเกณฑ์ในการบันทึกข้อมูลดังนี้

- Column ที่ 1-5 หมายเลขโชน หรือหมายเลขจุดศูนย์ถ่วง
- Column ที่ 6-10 หมายถึง Node ต้นทางของช่วงถนนช่วงแรก
- Column ที่ 11-15 หมายถึง Node ปลายทางของช่วงถนนช่วงแรก
- Column ที่ 16-20 หมายถึง Node ต้นทางของช่วงถนนที่สอง (ถ้ามี)
- Column ที่ 21-25 หมายถึง Node ปลายทางของช่วงถนนที่สอง (ถ้ามี)

#### 6 ข้อมูลโครงข่ายถนน/ช่วงถนน รอบนอก

เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1 ด้วยหมายเลข Record “3” หรือ “3333” ในคอลัมน์ที่ 1 ถึง 5 มีรูปแบบการ code ข้อมูลดังนี้

##### 1) RECORD 1 มีกฎเกณฑ์ดังนี้

- Column ที่ 1 ใส่ตัวอักษร “C” ถ้าต้องการอ้างอิงถึงโชน
- Column ที่ 2-5 หมายเลข Node ต้นทาง
- Column ที่ 6 หมายเลข Node ที่อยู่ตรงกลาง
- Column ที่ 7-10 หมายเลข Node ปลายทาง
- Column ที่ 11-15 เวลาในการเดินทาง (วินาที) หรือความเร็ว (กม./ชม.) ในสภาพ free-flow
- Column ที่ 16-20 เวลาในการเดินทาง (วินาที) หรือความเร็ว (กม./ชม.) ในขณะเต็มความจุ(at capacity)

- Column ที่ 21-25 ความจุของช่วงถนน (pcu/ชม.)
  - Column ที่ 28 ตัวบ่งบอกว่าเป็นถนนเดินรถทางเดียว/สองทาง
  - Column ที่ 29 ใส่ตัวอักษร “S” ถ้าใช้ความเร็วเป็นตัวนิยาม ถ้าใส่ตัวอักษรอื่นใช้เวลาในการเดินทางในการคำนวณ
  - Column ที่ 31-35 ระยะทางของช่วงถนน (เมตร)
  - Column ที่ 36-40 ใส่ตัวเลขยกกำลังที่ใช้ใน Flow-delay curve ใส่จุดทศนิยมในตำแหน่งที่ 39
  - Column ที่ 43-45 Link Index มีค่า 0-999
- 2) RECORD 2 (Optional) มีกฎเกณฑ์ดังนี้
- Column ที่ 1-10 ข้อมูลพิเศษขั้นแรกของ Link A-B ใส่จุดทศนิยมใน Column ที่ 8
  - Column ที่ 11-20 ข้อมูลพิเศษขั้นที่สองของ Link A-B ใส่จุดทศนิยมใน Column ที่ 18

7 ข้อมูลการเลี้ยว และช่วงถนนที่ถูกจำกัดการใช้ถนน สำหรับยานพาหนะบางประเภท เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1 ด้วยหมายเลข Record “4” หรือ “4444” ในคอลัมน์ที่ 1 ถึง 5

- Column ที่ 1-5 Node ต้นทาง
- Column ที่ 6-10 Node ปลายทาง
- Column ที่ 11-15 Node ที่อยู่ตรงกลาง ใส่เลข 0 หรือ เว้นว่าง สำหรับกรณีของ Links
- Column ที่ 16-20 ban/penalty indicator สำหรับผู้ใช้ถนน class 1
- Column ที่ 21-25 ban/penalty indicator สำหรับผู้ใช้ถนน class 2

8 พิกัดของ Node และ/หรือ โชน

เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1 ด้วยหมายเลข Record “5” หรือ “5555” ในคอลัมน์ที่ 1 ถึง 5 มีรูปแบบการ code ข้อมูลพิกัดมีดังนี้

- Column ที่ 1 ใส่ตัวอักษร “C” ถ้าข้อมูลทีใส่ในคอลัมน์ที่ 2 ถึง 5 เป็นหมายเลขโชน ใส่ตัวอักษร “S” ถ้าข้อมูลเป็น sector หรือเว้นว่าง ถ้าเป็น Real Node
- Column ที่ 2-5 หมายเลข Node, โชน หรือ sector
- Column ที่ 6-10 ค่าพิกัด x (เลขจำนวนเต็ม)
- Column ที่ 11-15 ค่าพิกัด y (เลขจำนวนเต็ม)
- Column ที่ 16-20 สำหรับโชนต้องสอดคล้องกับ Sector Number สำหรับ Buffer Nodes ใช้ประเภททางแยก 1 ถึง 5 เช่นเดียวกับที่ใช้ใน stimulation Nodes

### 9 เส้นทางรถโดยสารประจำทาง

เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1 ด้วยหมายเลข Record “6” หรือ “6666” ในคอลัมน์ที่ 1 ถึง 5 มีรูปแบบการ code ข้อมูลมีดังนี้

- Column ที่ 2-5 ใส่ชื่อเส้นทาง
- Column ที่ 6 ใส่ตัวอักษร “T” ถ้าเส้นทางโดยสารเป็นแบบสองทาง เว้นว่าง ถ้าเส้นทางโดยสารเป็นแบบทางเดียว
- Column ที่ 7-10 ความถี่ในการปล่อยรถต่อชั่วโมง
- Column ที่ 11-15 จำนวน node ที่รถโดยสารวิ่งผ่าน
- Column ที่ 16-20 จำนวน node แรก ที่รถโดยสารวิ่งผ่าน
- Column ที่ 21-25 หมายเลข node ที่สอง ที่รถโดยสารวิ่งผ่าน (ได้ถึง 13 nodes)

### 10 ข้อมูลปริมาณการจราจรบนช่วงถนน/ตามทิศทางการเลี้ยว

เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1 ด้วยหมายเลข Record “7” หรือ “7777” มีรูปแบบการ code ข้อมูลมีดังนี้

- Column ที่ 1-5 Node ต้นทาง
- Column ที่ 6-10 Node ปลายทาง
- Column ที่ 11-15 Node ที่อยู่ตรงกลางทางแยก ใส่เลข 0 หรือ เว้นว่าง สำหรับกรณีที่เป็นข้อมูลของช่วงถนน
- Column ที่ 16-20 ปริมาณการจราจร (pcu/hr) ค่าที่1
- Column ที่ 21-25 ปริมาณการจราจร (pcu/hr) ค่าที่2 (ขึ้นอยู่กับ M CCS)
- Column ที่ 25-30 ปริมาณการจราจร (pcu/hr) ค่าที่3 (ขึ้นอยู่กับ M CCS)

### 11 ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการเดินทาง สำหรับกรณีที่มีการแบ่งประเภทผู้ใช้ถนน

เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1 ด้วยหมายเลข Record “8” หรือ “8888” ในคอลัมน์ที่ 1 ถึง 5 รูปแบบการ code ข้อมูลมีดังนี้

- Column ที่ 1-5 ใส่ User class number โดยเริ่มจาก 1 ถึงค่าที่กำหนดใน parameter NOMADS
- Column ที่ 6-10 จำนวนของ “Stacked” matrix level ซึ่งประกอบด้วย trip สำหรับ User Class นี้
- Column ที่ 11-15 ตัวคูณที่ใช้คูณ Trip matrix
- Column ที่ 16-20 มูลค่าของเวลาในหน่วย บาทต่อนาที ใส่จุดทศนิยมในคอลัมน์ที่ 18
- Column ที่ 22-25 มูลค่าของค่าใช้จ่ายที่ใช้กับข้อมูลพิเศษชุดที่หนึ่งของ Buffer link
- Column ที่ 31-35 มูลค่าของค่าใช้จ่ายที่ใช้กับข้อมูลพิเศษชุดที่สองของ Buffer link

## 2.2 ข้อมูล OD Trip Matrix

แฟ้มข้อมูล OD Trip Matrix ที่ใช้ในโปรแกรม SATURN ต้องลง code ข้อมูลให้ถูกต้องตามรูปแบบ หรือกฎเกณฑ์ และต้องให้ตรงตำแหน่งที่กำหนดไว้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้  
RUN ชื่อหัวเรื่อง (กรอกเป็นภาษาอังกฤษ)

&PARAM

KARD = T

PRINT = T

TOTALS = T

MPNEXT = T

NROWS = ตัวเลขบอกจำนวนแถวของ Trip Matrix

NCOLS = ตัวเลขบอกจำนวนคอลัมน์ของ Trip Matrix

MTYPE = 3

MODET = 1

&END

กรอกชื่อ/ขนาด Matrix

กรอกข้อมูล OD Trip Matrix

คำอธิบาย

บรรทัดที่ 1 เริ่มพิมพ์ตัว R ในคอลัมน์ที่ 1 และเริ่มพิมพ์ชื่อโครงการ ในคอลัมน์ที่ 5

บรรทัดที่ 2 เริ่มพิมพ์ & ในคอลัมน์ที่ 2

บรรทัดที่ 3 กำหนดค่า Parameter KARD = T เพื่อให้โปรแกรมสร้าง Matrix จากแฟ้มข้อมูล

บรรทัดที่ 4 กำหนดค่า Parameter PRINT = T เพื่อให้โปรแกรมพิมพ์ Matrix ผลลัพธ์ทีละ element

บรรทัดที่ 5 กำหนดค่า Parameter TOTALS = T เพื่อให้โปรแกรมพิมพ์ค่ารวมในแนวตั้งและแนวนอนของ Output Matrix

บรรทัดที่ 6 กำหนดค่า Parameter MPNEXT = T เพื่อบอกว่าให้ใช้ Matrix Parameter ตามที่ปรากฏข้างล่างนี้

บรรทัดที่ 7 ระบุจำนวนแถวของ Trip Matrix ใน Parameter NROWS

บรรทัดที่ 8 ระบุจำนวนคอลัมน์ของ Trip Matrix ใน Parameter NCOLS

บรรทัดที่ 9 กำหนดค่า Parameter MTYPE = 3 เพื่อให้เก็บข้อมูลไว้ในรูป Real Matrix

บรรทัดที่ 10 กำหนดค่า Parameter MODET = 1 เพื่อให้แสดงผลสรุปของข้อมูลทาง terminal

บรรทัดที่ 11 จบคำสั่งเกี่ยวกับ Parameter โดยเริ่มพิมพ์ & ในคอลัมน์ที่ 2

บรรทัดที่ 12 เริ่มพิมพ์ชื่อ/ขนาด Matrix ในคอลัมน์ที่ 2

บรรทัดที่ 13 ลงรหัสข้อมูล OD Trip Matrix โดยใช้ format ซึ่งต้องกรอกข้อมูลที่ละ 5 คอลัมน์ต่อหนึ่งชุดข้อมูล เริ่มต้นในคอลัมน์ที่ 1-5 ด้วยหมายเลขโซนที่เป็น Origin แล้วตามด้วยจำนวน Trip ที่ไปโซนต่างๆ ลงในคอลัมน์ที่ 6-10 , 11-15, 71-75 ตามลำดับ จนกว่าหมดข้อมูล โดยต้องกรอกเป็นเลขจำนวนเต็ม และต้องจัดให้ข้อมูลชิดขวาสุดของแต่ละชุด

### 3. ตัวอย่างข้อมูลแบบจำลองการเดินทาง

#### 3.1 ข้อมูลโครงข่ายถนน

&OPTION

&END

HAtyai NETWORK

&PARAM

SUZIE = T

SUZIEQ = T

KOB = 2

KORN = 0

NITA = 200

SUBFIX = F

PIJAKP = T

SUET = 0.10

SAVEIT = T

GONZO = 1.5, &END

3333

C 3 1646 100 50 4000 1S 186 3.0 7

C2285 506 100 50 4000 1S 132 3.0 7

C2286 1650 100 50 4000 1S 40 3.0 7

4 37 40 20 2000 1S 370 3.0 2

4 183 40 20 2000 1S 80 3.0 2

4 515 40 20 2000 1S 460 3.0 2

4 580 40 20 1000 1S 630 3.0 2

9999

5555

C23166201973891

C23176044174205

C23146183973923

6283975711

7609978635

7535778802

6395676077

9999

9999

### 3.2 ข้อมูล OD Trip Matrix

&PARAM

MPNEXT = T

LONG = T

NROWS = 211

NCOLS = 211

&END

TRIPS PPH 0

Hatyai AM TRIP MATRIX (211 X 211 PAIRS)

3	0.587058	0	0	0.104974	0.343975	35.22817	0.023085
	2.073515	0.335409	0.132568	0.528273	0.197251	7.711156	0.206192
	0.387017	2.960763	0.437486	0.341861	0.160295	24.15679	0.248545
	0.442452	0.360512	0.207054	0.323616	0.3977	0.449293	0.508693
	0.416984	0.348328	14.36427	0.342957	0.3383	0.972235	0.219607
	0.394292	0.429795	0.351185	0.215698	0.020267	0.065831	18.42662
	0.264926	3.423384	2.146761	0.45492	0.247342	0.45996	0.02584
	1.163368	0.616172	0.487821	8.316317	4.81219	0.133841	0.797042
	0.175212	0.295208	1.423073	0	0.426061	0.340696	0.347935
	0.468241	0.11508	0.193654	0.695842	0.232253	0.720221	0.244236
	0.104969	0.613721	0.751079	0.663972	0.941133	1.121178	0.901202
	1.136116	0.901145	3.122482	5.869274	1.843673	3.518173	0.864352
	1.65707	0.169394	0.07717	0.263927	0.134576	0.268256	0.230049
	0.319503	0.152414	0.432364	0.32449	0.486714	0.379941	0.099305
	0.3638	0.237195	0.92053	0.21323	0.530382	0.175613	0.214593
	0.075184	0.208088	0.127899	0.127178	0.367426	0	1.010622
	0.099088	0.096843	0.181075	0.131654	0.152017	0.149912	0.13057
	0	0.258865	0.144976	0.099081	0	0.265312	0.084006
	0.000128	0.000111	0.163547	0.199318	0.483591	0.251435	0.252948
	0.247946	0.332735	0.269545	0.527915	0.22696	0.418542	0.367103
	0.445434	0.22142	0.378091	0.29232	0.319715	0.439262	0.689861
	0.420443	0.712405	0.545375	0.649293	0.126151	0.15527	0.092495
	0.152124	0.132764	0.132564	0.089913	0.07014	0.050331	0.046456
	0.217783	0.11906	3.714607	0.031316	0.211261	0.233235	0.030537
	0.259663	0.144047	0.184156	0.179489	0.173224	0.638756	0.874742
	0.36257	0.288621	0.497666	0.449223	0.456731	0.408387	0.299465



**ภาคผนวก ฉ**  
**บทความวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ**

- 1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโครงข่ายถนนเนื่องจากอุทกภัย  
กรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
- 2) การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติ  
กรณีศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา



## การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยอุทกภัย

กรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

### Vulnerability Analysis of Road Network due to Flood A Case Study of Hat Yai District, Songkhla Province

หมายเลขบทความ: SCS12-001

ปิยะพงษ์ สุวรรณโณ<sup>1</sup>, ปรมศร์ เหลือเทพ<sup>2</sup>, พิชัย ธาเนeraanานนท์<sup>3</sup>

Piyapong SUWANNO, Paramet LUATHEP, Pichai TANEERANANON

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์: 0-9879-3546 E-mail: bank\_civile@hotmail.com

<sup>2</sup> อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail: Paramet007@hotmail.com

<sup>3</sup> ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail: breathsife@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันภัยพิบัติได้กลายเป็นภัยคุกคามที่คนไทยต้องเผชิญและปรับตัว จากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา นับเป็นภัยพิบัติที่สร้างความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจของท้องถิ่นเป็นอย่างมาก หากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีการวางแผนมาตรการและแนวทางการจัดการภัยพิบัติที่มีประสิทธิภาพ เช่น การเพิ่มความสามารถหรือเพิ่มเส้นทางสำรองของโครงข่ายถนนจะช่วยบรรเทาความสูญเสียจากภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม คำถามที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการวางแผนคือ ถนนช่วงไหนที่จะวิกฤตและส่งผลกระทบต่อโครงข่ายถนนมากที่สุดหากเกิดภัยพิบัติ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability analysis) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตของโครงข่ายถนน โดยเลือกโครงข่ายในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นกรณีศึกษา การศึกษานี้ใช้เวลาการเดินทางรวม (Total Travel Time, TTT) เป็นดัชนีชี้วัดความเปราะบางของช่วงถนนในโครงข่ายถนน หากช่วงถนนใดถูกตัดขาดจากภัยพิบัติแล้วทำให้เวลาการเดินทางรวมเพิ่มขึ้น จะถือว่าช่วงถนนวิกฤต คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิธีการที่นำเสนอจะเป็นเครื่องมือสำคัญชิ้นหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนค้ำพื้นที่อื่นๆ ของประเทศ เพื่อรองรับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

**คำสำคัญ:** การวิเคราะห์ความเปราะบาง, โครงข่ายถนน, เวลาการเดินทางรวม, ภัยพิบัติ



**Abstract**

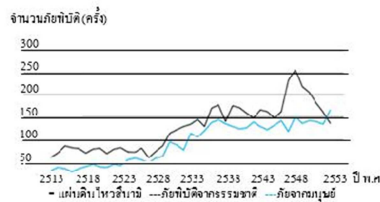
Disasters have become a threat that Thai people have to face and adapt. The big floods in Hat Yai district, Songkhla province during the past two years caused a lot of local economic impacts. If relevant agencies have planned for effective policies and measures against disasters, for example, the improvement 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,

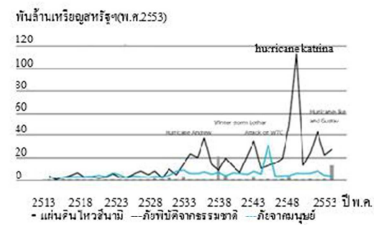
**1. บทนำ**

ปัจจุบัน โลกกำลังเผชิญภัยพิบัติต่างๆมากมาย ที่เป็นภัยคุกคามการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ Center for Research on the Epidemiology of Disasters [1] ได้จำแนกภัยพิบัติออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Natural Disaster) เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว ไซนามิ 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 เป็นปีแรกที่จำนวนการเกิดภัยพิบัติธรรมชาติสูงกว่าภัยพิบัติที่เกิดจากน้ำมือของมนุษย์ และมูลค่าความสูญเสียรูปที่ 2 พบว่า มูลค่าความเสียหายภัยธรรมชาติมีค่าสูงกว่าภัยพิบัติที่เกิดจากมนุษย์เห็นได้ชัดเจน 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)

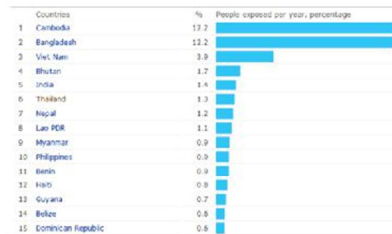
สำหรับประเทศไทย ได้เกิดภัยพิบัติน้ำท่วมขึ้นหลายครั้ง ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จากข้อมูล[3]ที่รวบรวมข้อมูลด้านภัยธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีความเสี่ยงจะประสบอุทกภัยสูงเป็นอันดับที่ 6 ของโลก ดัง

**รูปที่ 3** และเสี่ยงที่จะได้รับความเสียหายทางเศรษฐกิจจากอุทกภัย มากเป็นอันดับที่ 9 ของโลก ดัง**รูปที่ 4** นอกจากนี้ จากตัวอย่างเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ.2554 ส่งผลให้ถนนเพชรเกษมถนนสายหลักถูกตัดขาด ทำให้การขนส่งสินค้าทางถนนมายังภาคใต้ต้องหยุดกว่าสัปดาห์ และกรณีน้ำท่วมใหญ่ในภาคกลางรวมทั้งกรุงเทพมหานคร เมื่อปลายปี 2554 ทำให้ถนนสายสำคัญ รางรถไฟ ไฟฟ้าและประปา ถูกตัดขาดส่งผลให้โครงข่ายโลจิสติกส์ของประเทศหยุดชะงัก เกิดการขาดแคลนอาหาร น้ำ ไฟฟ้า และพลังงาน จากตัวอย่างข้างต้น แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายถนนเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของภาคเศรษฐกิจและสังคม

ดังนั้นมีความจำเป็นต้องอย่างยิ่งสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนเตรียมการ เพิ่มความสามารถหรือเพิ่มเส้นทางสำรองของ

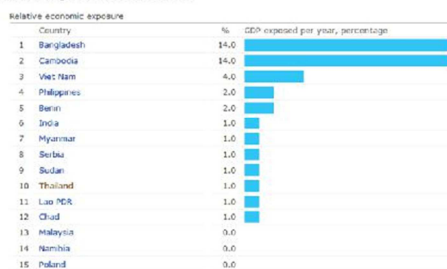
โครงข่ายถนนในปัจจุบันแต่ค่าลมที่เกิดขึ้นในชนช่วงไหนที่จะวิกฤตและส่งผลกระทบต่อโครงข่ายถนนมากที่สุดหากเกิดภัยพิบัติ การศึกษานี้เป็นศึกษาและวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability Analysis) ของโครงข่ายถนนเพื่อหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต

บทความนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 7 หัวข้อ ได้แก่ หัวข้อที่ 2 กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งอยู่ในขอบเขตการศึกษาในหัวข้อที่ 3 โดยนำทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ 5 มาประยุกต์ใช้ สำหรับวิธีการวิจัยในหัวข้อที่ 6 บอกถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเพื่อนำไปสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะหัวข้อสุดท้าย



รูปที่ 3 อันดับความเสี่ยงต่ออุทกภัยทั่วโลก

ที่มา: [www.preventionweb.net](http://www.preventionweb.net)



รูปที่ 4 อันดับความเสี่ยงทางเศรษฐกิจไทยจากอุทกภัยทั่วโลก

ที่มา: [www.preventionweb.net](http://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

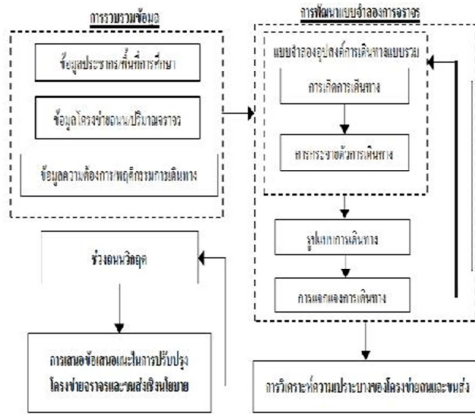
พื้นที่การศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ พื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ดังรูปที่ 5



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 แต่ไม่ครอบคลุมถึงการหาที่ตั้งของจุดอพยพและรูปแบบการอพยพที่เหมาะสม

**4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดแนวทางที่ถูกต้องของงานวิจัย โดยการค้นคว้าข้อมูลและรวบรวมทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองและการนำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายแบบจำลอง โดยแบ่งสามารถดังนี้

**4.1 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายการขนส่งและจราจร**

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

**4.1.1 การเกิดการเดินทาง**

การเกิดการเดินทาง (Trip generation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ศึกษากับตัวแปรต่างๆ ที่เป็น

ปัจจัยของการเดินทาง วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ อัตราการเดินทาง (Trips Rate) เป็นการสร้างแบบจำลองโดยอ้างอิงจากอัตราการสร้างการเดินทางเฉลี่ยและอัตราการดึงดูดการเดินทางเฉลี่ยของพื้นที่ โดยการนำค่าอัตราการเดินทางที่ได้มากคูณกับจำนวนประชากรแต่ละพื้นที่

**4.1.2 การกระจายการเดินทาง**

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

$$T_{ij} = \frac{P_i(A_i F_j)}{\sum_i (A_i F_j)} \tag{1}$$

$$F_j = C_{ij}^{-\alpha} \tag{2}$$

โดยที่

- $T_{ij}$  การเดินทางจากพื้นที่ย่อย  $i$  ไปยังพื้นที่ย่อย  $j$
- $A_j$  การดึงดูดการเดินทางของพื้นที่ย่อย  $j$
- $P_i$  การสร้างการเดินทางของพื้นที่ย่อย  $i$
- $F_j$  ปัจจัยด้านการเดินทางจากพื้นที่ย่อย  $i$  ไป  $j$
- $C_{ij}$  ฟังก์ชันทั่วไปของค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากพื้นที่ย่อย  $i$  ไป  $j$
- $\alpha$  พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบ

เมื่อกระจายการเดินทางตารางเมตริกซ์แล้วจะใช้ 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  
 $\bar{d}$  ทหารการเดินทาง โดยเฉลี่ยในพื้นที่นั้นๆ  
 $q_{OD}$  ค่า Entropy ของการเดินทางระหว่างเขตพื้นที่  
 ย่อย  
 $d_{OD}$  ระยะทางระหว่างพื้นที่  $o$  ไป  $D$

**4.1.3 การเลือกรูปแบบการเดินทาง**

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

**4.1.4 การแจกแจงการเดินทาง**

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

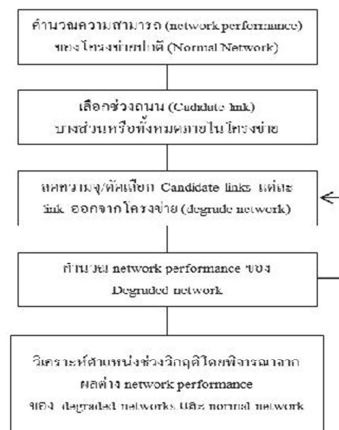
$$t_a(x_a, s_a) = t_a^0 + b_a \left( \frac{x_a}{y_a \cdot s_a} \right)^{n_a} \quad (4)$$

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) ของถนนที่มีความเต็ม โดยภัยพิบัติจากธรรมชาติหรือมนุษย์

**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

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรม SATURN ในการแจกแจงปริมาณการเดินทาง (Run assignment) ของโครงข่ายถนนโดยวิธี SUE เพื่อคำนวณหาปริมาณจราจรบนช่วงถนน (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

$x_a$  ปริมาณจราจรบนช่วงถนน a

## 5. วิธีการวิจัย (Methodology)

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

### 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 และพิจารณาพื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดึงดูดการเดินทาง (Trip attraction) มายังพื้นที่นั้นด้วย ส่วนอีก 15 พื้นที่ย่อย พิจารณาเป็นพื้นที่กิจกรรมหลัก (Major activity zone) เช่น ห้างสรรพสินค้า สถานศึกษา และสถานรถไฟหาดใหญ่ เป็นต้น โดยสรุปการศึกษาแบ่งพื้นที่ออกเป็น 207 พื้นที่ย่อย

#### 5.1.2 ข้อมูลโครงข่ายถนนและปริมาณจราจร

ข้อมูลโครงข่ายถนนจะเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูล GIS ของกระทรวงคมนาคม โดยเน้นถนนสายหลักและสายรองที่สำคัญแต่จะไม่พิจารณาซอยที่มีปริมาณจราจรต่ำเนื่องจากไม่มีผลต่อความถูกต้องของแบบจำลองการเดินทางที่พัฒนาขึ้น โดยปริมาณจราจรบนซอยจะถูก

นำมารวมไว้บนถนนสายหลักและรองที่สำคัญ ข้อมูลโครงข่ายถนนที่ใช้ในแบบจำลองการเดินทางประกอบด้วย จำนวนจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทาง (Node) ทั้งหมด 2,246 จุด จำนวนเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทางหรือลิงค์ทั้งสิ้น 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 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูล โดยวิธีการสัมภาษณ์ผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ปริมาณความต้องการในการเดินทางออก (Trip origin) และเข้า (Trip destination) จุดศูนย์กลางพื้นที่ต่างๆ ภายในเขตอำเภอหาดใหญ่ และสถานที่ที่เป็นแหล่งกิจกรรมหลัก เช่น ห้างสรรพสินค้า มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และโรงเรียน จากการศึกษาของศูนย์วิจัยและพัฒนาการจราจรและขนส่ง (TDRC) [9] พบว่า อัตราการเดินทางเท่ากับ 0.18 ครั้งต่อวัน คิดตารางที่ 1. จากข้อมูลอัตราการเดินทางนำไปใช้หาการสร้างการเดินทาง (Production trips) และการดึงดูดการเดินทาง (Attraction trips) ของแต่ละพื้นที่ย่อยและสำหรับรูปแบบการเดินทางของประชากรในอำเภอหาดใหญ่ใช้ระดับส่วนนต์เป็นหลักคิดเป็นร้อยละ 76.60 ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณารูปแบบการเดินทางเฉพาะระดับส่วนนต์เท่านั้น

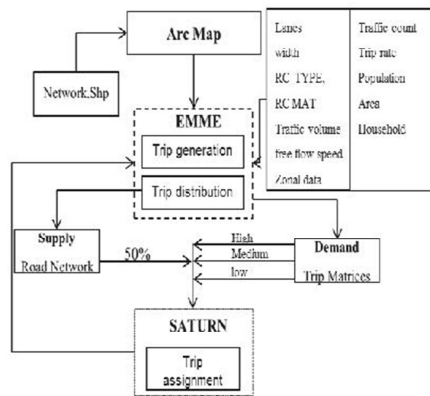
ตารางที่ 1 อัตราการเดินทางต่อวันในเมืองหาดใหญ่

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: สำนักงานโยธาและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (สนข) 2552

5.2 การพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่ง

ในการพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่งจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์และแสดงผลต่างๆ ได้แก่โปรแกรม EMME และ โปรแกรม 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) เป็นค่าการณัตราปริมาณการเดินทางระหว่างแต่ละพื้นที่ย่อย (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 ของข้อมูลปริมาณการเกิดการเดินทางบนที่ชื่อไฟล์เป็น d211.in ไว้ในโฟลเดอร์ Database แล้วทำการใส่ข้อมูลปริมาณการเกิดการเดินทางใน Batch file ที่ได้สร้างไว้ข้างต้น ทำให้ได้ตารางแสดงปริมาณการเกิดการเดินทาง (เรียกได้จาก File> New> Table> Matrix table) 2) ตารางข้อมูลปริมาณการดึงดูดการเดินทาง (Trip attraction) ใส่ข้อมูลปริมาณการดึงดูดการเดินทางโดยวิธี Input matrices interactively โดยเริ่มจากเปิดหน้าต่าง Prompt console ทำการตั้ง Matrix (md1) ขึ้นมาใหม่เพื่อรองรับข้อมูลปริมาณการดึงดูดการเดินทาง 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 (เรียกได้จาก File> New> Table> Matrix table) 3) การปรับค่า (Scaled trip attraction) คือทำการรวมปริมาณการเกิดการเดินทางทั้งหมด (Total productions) และปริมาณการดึงดูดการเดินทางทั้งหมด (Total attractions) ทำการปรับค่าปริมาณการเกิดการเดินทางและปริมาณการดึงดูดการเดินทางให้เท่ากัน จากนั้นตอนข้างต้นจะได้ผลรวมของปริมาณการเกิดการเดินทางและปริมาณการดึงดูดการเดินทางที่เท่ากัน สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง (Trip distribution)

5.2.4 การวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง





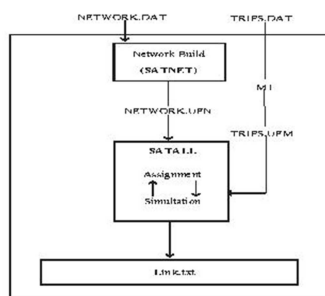
การวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง (Trip distribution) ด้วยวิธี Gravity model มีขั้นตอนดังนี้

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

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

5.2.5 การแจกแจงการเดินทาง

การแจกแจงการเดินทาง (Trip assignment) เป็นการกระจายอุปสงค์การเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยต่างๆ ตามทฤษฎี SUE Assignment โดยใช้โปรแกรม SATURN การแจกแจงปริมาณการจราจรให้แก่เส้นทาง มีขั้นตอนดังรูปที่ 11 โดยทำการ Code ข้อมูล Trip matrix (demand) และข้อมูล network (supply) เป็นข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม EMME ทำการ Code เงื่อนไขหรือรูปแบบให้ตรงกับ โครงสร้างของ โปรแกรม SATURN ซึ่งจะได้อัข้อมูล NETWORK.DAT กับ TRIPS.DAT จากนั้นทำการแปลง NETWORK.DAT เป็น NETWORK.UFN โดยใช้ SATNET และทำการแปลง TRIPS.DAT เป็น TRIPS.UFPM โดยใช้ M1 จากนั้นนำ NETWORK.UFN กับ TRIPS.UFPM ไปแจกแจงปริมาณการจราจรกับ SATALL ทำให้ได้ Link.txt ซึ่งเป็นเวลาในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง

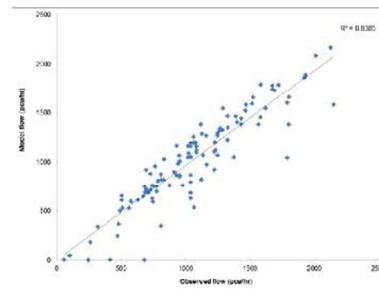


รูปที่ 10 ขั้นตอนการทำงานพื้นฐานของโปรแกรม SATURN

5.2.6 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลทางด้าน

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

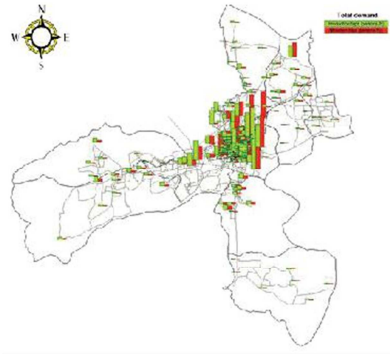
รูปที่ 11 ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่ได้สำรวจกับปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลอง ในช่วงโมงเร่งด่วนเช้า (AM Peak Hour) และข้อมูลจากภาคสนาม (แนวถนน) กับ ปริมาณจราจร ซึ่งเป็นผลจากการประมาณการของแบบจำลอง (แนวตั้ง) โดยพบว่า ค่า R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.835 ซึ่งถือว่ามีความสูงมากสำหรับการปรับแต่งแบบจำลองการเดินทาง



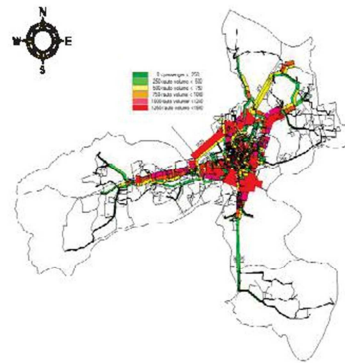
รูปที่ 11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการเดินทาง

5.3 การจราจรในอำเภอภาคใหญ่ในปัจจุบัน

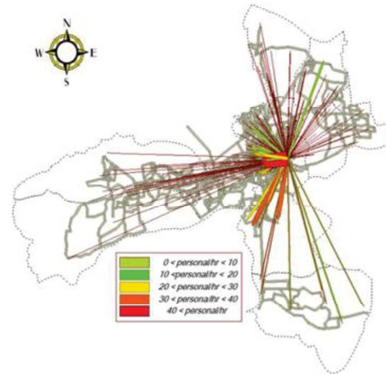
ปริมาณจราจรที่ได้จากการแจกแจงความต้องการในการเดินทางโดยใช้แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นไปยังถนนเส้นต่างๆ ของอำเภอภาคใหญ่สะท้อนถึงสภาพลักษณะการจราจรในปัจจุบัน ดังรูปที่ 13 ถึงรูปที่ 19



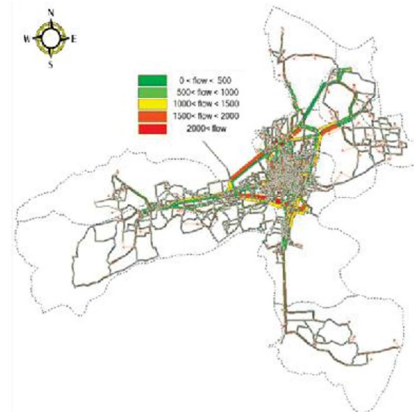
รูปที่ 12 ปริมาณการเกิดและการตั้งคูการเดินทาง



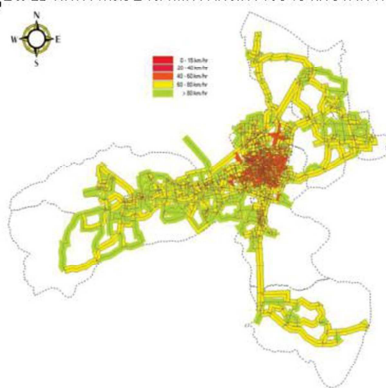
รูปที่ 15 ปริมาณของรถยนต์ในโครงข่ายถนน



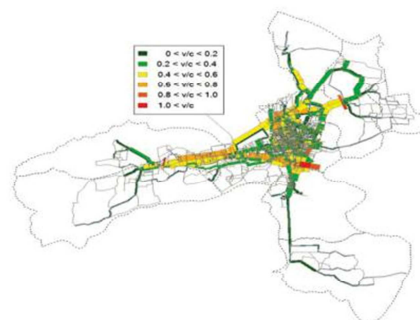
รูปที่ 13 ทิศทางและปริมาณการเดินทางของอำเภอภาคใหญ่



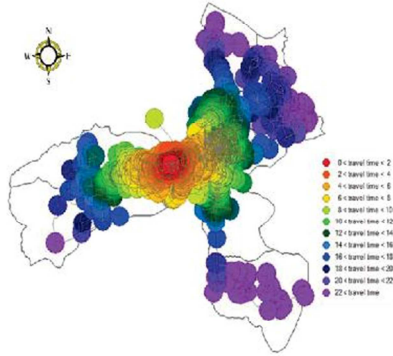
รูปที่ 16 ระดับการจราจรในโครงข่ายถนน



รูปที่ 14 ความเร็วเฉลี่ยในโครงข่ายระบบการเดินทาง



รูปที่ 17 ปริมาณการจราจรต่อความจุในโครงข่ายถนน



รูปที่ 18 Isochrones ของระยะเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน

จากสภาพจราจรในอำเภอหาคใหญ่ดังรูปที่ 15 ถึง

รูปที่ 18 พบว่า ถนนในพื้นที่ใจกลางเมืองและถนนเส้นหลักในการเข้าออกเมือง เป็นเส้นทางที่มีความเสี่ยงต่อการเพิ่มขึ้นของความต้องการของการจราจร โดยเฉพาะในบริเวณใจกลางเมืองหาคใหญ่ซึ่งมีลักษณะ โครงข่ายจราจรที่แออัดและช่องจราจรที่แคบ

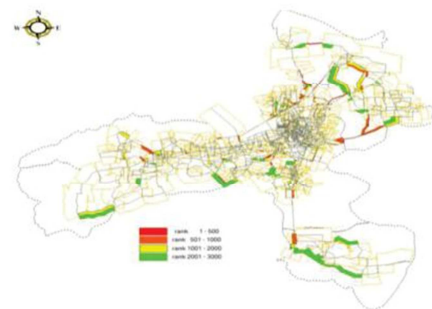
**6. การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน**

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

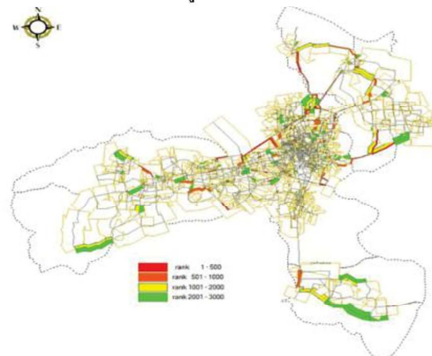
ตารางที่ 2 กรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงข่ายถนน

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%

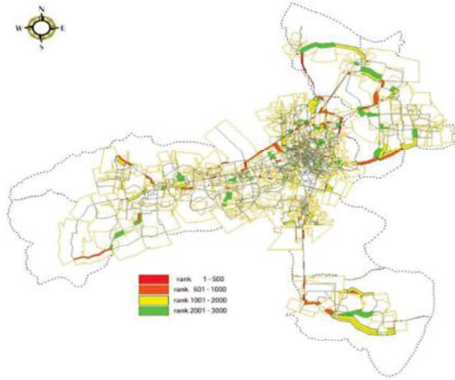
จากกรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงข่ายถนนในตารางที่ 2 ทำการหาเวลาเดินทางรวม (Total Travel Time, TTT) ของแต่ละกรณี แล้วมาลบกับเวลาเดินทางรวมของโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพปกติแล้วนำผลต่างมาจัดอันดับ Link ที่ส่งผลกระทบต่อเวลาเดินทางรวมของทั้งระบบจากมากไปหาน้อย Link สูงๆ พบว่า มีความเสี่ยงสูงจากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สามารถแสดงกรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครง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



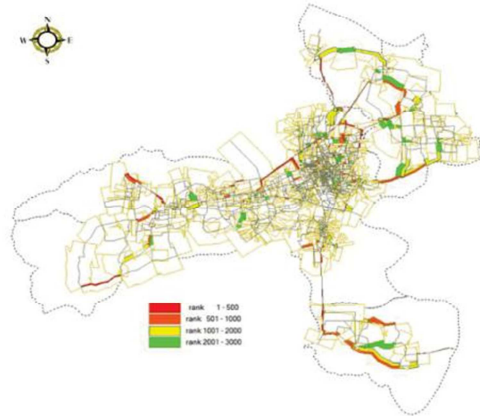
รูปที่ 19 กรณีศึกษาที่ 1



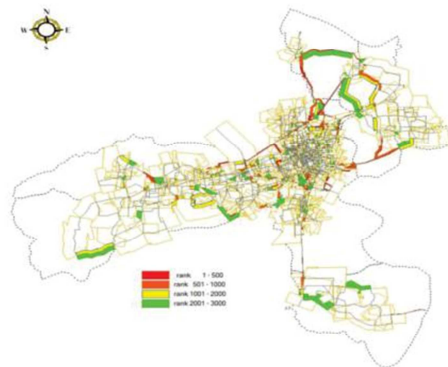
รูปที่ 20 กรณีศึกษาที่ 2



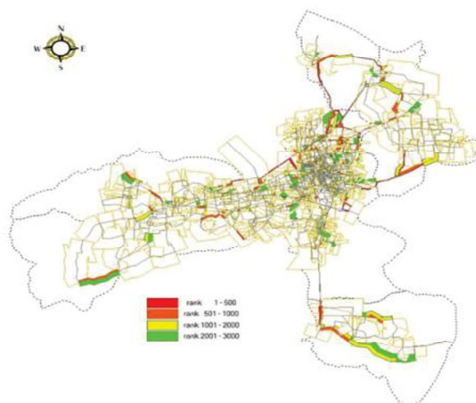
รูปที่ 21 กรณีศึกษาที่ 3



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) มีผลต่ออันดับความวิกฤตของช่วงถนนสายหลักเข้าเมือง เช่น ถนนสายเอเชียตรงบริเวณแยกทางเข้าสามมบิน ถนนลพบุรีราเมศวร์บริเวณสามแยกทางเข้าบึงซีหาคใหญ่ ถนนเพชรเกษมบริเวณสี่แยกคลองหะ เป็นต้น และความต้องการในการเดินทางต่ำ (กรณีที่ 3 และ กรณีที่ 6) มีผลต่ออันดับความวิกฤตของช่วงถนนนอกเมือง เช่น ถนนเพชรเกษมบริเวณบ้านพรุ ถนนกาญจนาภิเษยบริเวณตำบลน้ำน้อย เป็นต้น ส่วนการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนน (กรณีที่มีความต้องการในการเดินทางระดับเดียวกันแต่ประสิทธิภาพโครงข่ายต่างกันเช่น กรณีที่ 1 กับ 3 กรณีที่ 2 กับ 5 เป็นต้น) มีแนวโน้มที่เหมือนกับกรณีความต้องการในการเดินทาง คือ การลดประสิทธิภาพมีผลต่อลำดับความวิกฤตของโครงข่ายถนน โดยหากมีการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนมาก จะพบถนนช่วงขาเข้าในเมืองมีความวิกฤตที่เพิ่มมากขึ้นและหากการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนที่น้อย พบว่า ถนนนอกเมืองมีลำดับความวิกฤตตามไปด้วย และสังเกตได้ว่ากรณีที่มีการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนหรือระดับความต้องการเดินทางที่ระดับต่างๆ จุดหรือช่วงถนนวิกฤตจะเป็นช่วงถนนเดียวกัน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าถนนช่วงเหล่านั้นมีความวิกฤตหรืออ่อนไหวได้ง่ายต่อการเกิดเหตุการณ์ที่ลดความสามารถของช่วงถนนนั้น



## 7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยสามารถวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนและระบบช่วงถนนที่มีความวิกฤตที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานโครงข่ายได้ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำช่วงถนนที่มีความวิกฤตเพื่อไปกำหนดการวางแผนมาตรการและแนวทางการจัดการภัยพิบัติที่มีประสิทธิภาพเพื่อยกระดับหรือเพิ่มความแข็งแรงของถนน เช่น การเพิ่มระดับถนนก่อนระดับน้ำท่วมสูงสุดที่คาดการณ์ไว้หรือเพิ่มความจุความจราจรของถนน การสร้างถนนบายพาสใหม่หรือเส้นทางขนาน หรือเพื่อการพัฒนาวิธีการสำหรับการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเป็นรูปแบบของการตรวจประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนที่คล้ายกับการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน

## 8. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณนายตา จิ่งเจริญธรรม เจ้าหน้าที่สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับคำปรึกษาการจัดการฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยคนที่ 1 ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้ที่มีอุปการะทุกคนที่ให้การอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

## 9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Jcoffset 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](http://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 รายงานแผนแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนเมืองภาคใหญ่





## การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติ กรณีศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา Vulnerability Analysis of Road Network due to Disasters: A Case Study of Hat Yai District, Songkhla Province

ปรเมศร์ เหลือเทพ<sup>1</sup>, ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ<sup>2</sup> และ พิชัย ธานีรัตนานนท์<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

E-mail: <sup>1</sup> paramet007@hotmail.com, <sup>2</sup> bank\_civile@hotmail.com, <sup>3</sup> breathislife@hotmail.com

### บทคัดย่อ

เหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีหลายรูปแบบทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์ และมีแนวโน้มที่จะเกิดมากขึ้นในอนาคต ส่งผลให้ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องมีการปรับตัวและเตรียมพร้อมเพื่อรองรับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้น จากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาในปี พ.ศ. 2543 และ 2553 เป็นตัวอย่างภัยพิบัติที่สร้างความเสียหายแก่ประชาชนและระบบเศรษฐกิจของท้องถิ่นเป็นอย่างมาก แนวทางหนึ่งในการรองรับภัยพิบัติ คือ การวางแผนเส้นทางอพยพในช่วงสถานการณ์วิกฤตเมื่อเกิดภัยพิบัติ โดยควรหลีกเลี่ยงช่วงถนนที่อาจวิกฤตและส่งผลกระทบต่อผู้เดินทางในโครงข่ายถนน บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability analysis) ในการหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตของโครงข่ายถนนในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยประยุกต์ใช้ดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ (Potential accessibility index) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโครงข่าย หากช่วงถนนถูกตัดขาดหรือถูกทำให้ความจุลดลงเนื่องจากภัยพิบัติใดๆ แล้วทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จะถือว่าเป็นช่วงถนนวิกฤต คณะผู้วิจัยเชื่อว่าวิธีการที่นำเสนอในบทความนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ของประเทศ เพื่อวางแผนรองรับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

**คำสำคัญ:** การวิเคราะห์ความเปราะบาง, ดัชนีการเข้าถึงพื้นที่, ช่วงถนนวิกฤต, ภัยพิบัติ, หาดใหญ่

### Abstract

In Thailand, disasters have occurred in various forms from both natural and man-made causes and tend to increase in the future. As a result, people and concerned authorities have to adapt and prepare for disasters that may occur. Major floods in Hat Yai district, Songkhla province, in 2000 and 2010 are crucial disasters that profoundly affect the city in terms of people's livelihood and economy. One approach for disaster preparedness is to provide evacuation route(s) that should avoid the critical road sections effecting major impacts to travelers in the network during disasters. This paper aims to apply a concept of vulnerability analysis to identify critical locations of the road network in Hat Yai district, Songkhla province. In the paper, a potential accessibility index is applied to evaluate the network

performance. If a road section is cut off or its capacity is degraded by a disaster and, consequently, the network performance is decreased significantly, that section is classified as the critical location. The authors believe that the concept proposed in the paper could be applied to other areas in preparedness planning for disasters that may occur in the future.

**Keywords:** vulnerability analysis, accessibility index, critical locations, disasters, Hat Yai

### 1. ที่มาและความสำคัญ

เหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีหลายรูปแบบทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์ และมีแนวโน้มที่จะเกิดมากขึ้นในอนาคต เหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาในปี พ.ศ. 2543 และ 2553 นับเป็นตัวอย่างหนึ่งของภัยพิบัติทางธรรมชาติที่สร้างความเสียหายแก่ประชาชนและเศรษฐกิจของท้องถิ่นเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ พื้นที่อำเภอหาดใหญ่ยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยในรูปแบบอื่นๆ เช่น อุบัติเหตุจากรถ หรือแม้แต่ภัยจากความไม่สงบ ด้วยเหตุดังกล่าวทำให้ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องมีการปรับตัวและเตรียมพร้อมเพื่อรองรับภัยพิบัติต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น

แนวทางหนึ่งในการเตรียมพร้อมเพื่อรองรับภัยพิบัติ คือ การวางแผนเพื่อหาเส้นทางในโครงข่ายถนนสำหรับกาอพยพในสถานการณ์วิกฤต โดยเส้นทางดังกล่าวควรหลีกเลี่ยงช่วงถนนที่อาจวิกฤตและส่งผลกระทบต่อผู้เดินทางในโครงข่าย

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability analysis) ในการหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต (Critical links) ของโครงข่ายถนน โดยเลือกโครงข่ายถนนในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นกรณีศึกษา และนำดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ (Potential accessibility index) มาประยุกต์ใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (ความเปราะบางหรือความอ่อนแอ) ของโครงข่ายจากภัยพิบัติใดๆ หากช่วงถนนใดถูกตัดขาดหรือถูกทำให้ความจุลดลงแล้วทำให้ค่าประสิทธิภาพของโครงข่าย (บทความนี้ใช้ดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ที่สำคัญ เช่น จุดรวมพลหรือศูนย์อพยพ) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ช่วงถนนนั้นจะถือว่าเป็นตำแหน่งวิกฤต ผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการหาเส้นทางอพยพต่อไป



บทความนี้ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้ หัวข้อที่ 2 เป็นการทบทวนนิยามและดัชนีชี้วัดความเปราะบางของโครงข่ายถนน วิธีการศึกษาอธิบายในหัวข้อที่ 3 ส่วนหัวข้อที่ 4 นำเสนอและอภิปรายผลการศึกษา หัวข้อที่ 5 เป็นการสรุปผลการศึกษาและเสนอข้อเสนอแนะ

**2. นิยามและดัชนีชี้วัดความเปราะบางของโครงข่ายถนน**

โดยทั่วไปการวิเคราะห์ความเปราะบาง เป็นกระบวนการที่ประกอบด้วย การระบุตำแหน่ง ตำแหน่งประสิทธิภาพของระบบ และจัดลำดับความเปราะบาง ขององค์ประกอบในระบบที่ศึกษา ซึ่งอาจมีความเปราะบางจากปัจจัยภายในหรือภายนอก [1] โดยผลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) ของระบบ เพื่อตอบคำถามในประเด็นต่างๆ เช่น จุดเปราะบางที่พบจะทำให้ระบบล้มเหลวหรือไม่ หรือ หากระบบล้มเหลวจะมีความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินอะไรบ้างและสามารถยอมรับได้หรือไม่ เป็นต้น [2]

การวิเคราะห์ความเปราะบางได้นำมาใช้ในงานต่างๆ เช่น โครงสร้างพื้นฐานของโรงงานไฟฟ้า [1] ระบบประปา [3] ระบบการติดต่อสื่อสาร [4] รวมทั้งโครงข่ายการคมนาคมและขนส่ง [5-11]

Berdica [5] ได้ริเริ่มให้นิยามของความเปราะบางของโครงข่ายถนน (Road network vulnerability) ไว้ว่าเป็นความเปราะบางของโครงข่ายถนนจากอุบัติเหตุการล้ม (Incidents) ที่ส่งผลให้ระดับการให้บริการในโครงข่ายลดลง ต่อมา Taylor [10] ได้อธิบายหลักการของการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนไว้ว่าเป็นการวิเคราะห์ที่เกี่ยวเนื่องกับการหาผลกระทบจากการล้มเหลว (Failure) หรือเสื่อมสภาพ (Degraded) ขององค์ประกอบภายในโครงข่ายถนน เช่น ช่วงถนน หรือ ทางแยก ต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย (Network performance)

สาเหตุที่ทำให้องค์ประกอบภายในโครงข่ายถนนล้มเหลวหรือเสื่อมสภาพนั้นมีหลายประการ ในช่วงสถานการณ์ปกติ ช่วงถนนอาจมีความจุลดลงหรือถูกตัดขาดได้จากความแออัดของสภาพการจราจร อุบัติเหตุจราจร หรือ การซ่อมบำรุงทาง เป็นต้น ในช่วงสถานการณ์ไม่ปกติ อาจมีสาเหตุมาจากภัยพิบัติทางธรรมชาติหรือที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว การประท้วง การจลาจล เป็นต้น

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า งานวิจัยในต่างประเทศหลายฉบับได้มีการให้คำนิยามและดัชนีชี้วัดความเปราะบางของโครงข่ายถนน สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ดัชนีชี้วัดความเปราะบางของโครงข่ายถนน

ดัชนี	คำอธิบาย	สมการทั่วไป
เชิงกายภาพ (Topology)	พิจารณาจากระยะทางของจุดที่สนใจในโครงข่าย	$A_{ij} = \min \sum \delta_{aj} c_a$ โดย $c_a$ คือ ระยะเวลาเดินทางหรือค่าใช้จ่ายช่วงถนน $a$ , $\delta_{aj} = 1$ ถ้า $a$ อยู่บนเส้นทางที่สั้นที่สุดจาก $i$ ไป $j$ , นอกจากนั้น $\delta_{aj} = 0$
เชิงระยะทาง-เวลา (Space-time)	พิจารณาพฤติกรรมการเดินทางจากข้อจำกัดของเวลากับระยะทาง	$A'_{ij} = A_{ij}$ ถ้า $T \geq t_{ij} + t_j$ มิฉะนั้น $A'_{ij} = 0$ โดย $d_{ij}$ คือ ระยะทางจาก $i$ ไป $j$ , $v_{ij}$ คือ ความเร็วเฉลี่ยของการเดินทาง, $t_{ij} = d_{ij}/v_{ij}$ คือ เวลาของการ

ดัชนี	คำอธิบาย	สมการทั่วไป
		เดินทาง, $T$ คือ เวลาทั้งหมดที่ไม่มี, $t_j$ คือ เวลาที่ต้องการที่ปลายทาง
เชิงศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ (Potential accessibility)	พิจารณาจากช่องทางในการเข้าถึงทั้งหมด โดยถ่วงน้ำหนักด้วยฟังก์ชันค่าใช้จ่าย	$A_{ij} = O_j f(C_{ij})$ โดย $O_j$ คือ จำนวนช่องทางในการเข้าถึงจุด $j$ , $C_{ij}$ คือ เวลาหรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่าง $i$ และ $j$
เชิงอรรถประโยชน์ของพฤติกรรม (Behavioral utility)	พิจารณาจากประโยชน์ที่แต่ละคนได้รับจากทางเลือกต่างๆ	$I_n = \ln \sum_{r \in R_n} e^{V_r}$ โดย $I_n$ คือ ค่าของสมการอรรถประโยชน์, $V_r$ ค่าันประ deterministic ของทางเลือก $r$ ในเซตของทางเลือก $R_n$
เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic)	พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ส่วนเกินซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระบบ	$(\Delta B(CS))$ $= \frac{1}{\alpha} \left[ \ln \left( \sum_{j=1}^m e^{d_j} \right) - \ln \left( \sum_{j=1}^m e^{d_j'} \right) \right]$ โดย $\Delta B(CS)$ คือ ค่าความคาดหวังการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ส่วนเกินระหว่าง 2 กรณี (1 และ 0), Logsums แต่ละพจน์เป็นค่ารวมของอรรถประโยชน์แต่ละกรณีภายใต้แต่ละกรณี, $\alpha$ คือ ค่าคิดลบของสัมประสิทธิ์ของเวลาการเดินทางหรือค่าใช้จ่ายในสมการอรรถประโยชน์

ที่มา: ดัดแปลงจาก [10]

**3. วิธีการศึกษา**

**3.1 พื้นที่ศึกษา**

คณะผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของโครงข่ายถนนภายในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่ศึกษา (ดังรูปที่ 1) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 853 ตารางกิโลเมตร โดยประกอบด้วย 1) เทศบาลนครหาดใหญ่ 2) ตำบลคลองหอยโข่ง 3) ตำบลคูเต่า 4) ตำบลนบไทย 5) ตำบลท่าข้าม 6) ตำบลทุ่งใหญ่ 7) ตำบลคลองแห 8) ตำบลดง 9) ตำบลคลองสียัด 10) ตำบลควนลัง 11) ตำบลคลองขุดเก่า 12) ตำบลทุ่งตึก 13) ตำบลบ้านพรุ และ 14) ตำบลพะตง และมีประชากรในทะเบียนราษฎร ณ ปี พ.ศ. 2555 ประมาณ 378,000 คน [12]

หาดใหญ่ เป็นเมืองที่มีความสำคัญแห่งหนึ่งของภาคใต้ฝั่งตะวันออก ไม่เพียงแต่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจและการค้าชายแดนยังเป็นเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญโดยเฉพาะกลุ่มนักท่องเที่ยวชาวมาเลเซียและสิงคโปร์ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ส่วนหนึ่งของอำเภอหาดใหญ่ตั้งอยู่บนลุ่มน้ำอยู่ตะเลาะที่มีความเสี่ยงต่อการถูกน้ำท่วม นอกจากนี้พื้นที่ดังกล่าวยังมีความเสี่ยงต่อภัยคุกคามต่อความมั่นคง ด้วยเหตุดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงเลือกอำเภอหาดใหญ่เพื่อเป็นพื้นที่ศึกษาความเปราะบางของโครงข่ายถนนจากภัยพิบัติดังกล่าว





รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาอำเภอขนาดใหญ่ จังหวัดสงขลา



รูปที่ 2 โครงข่ายถนนของพื้นที่ศึกษา

3.2 การสร้างแบบจำลองการเดินทางบนโครงข่ายถนน

คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลโครงข่ายถนน และสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรและความเร็วของการเดินทางบนโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองการเดินทางบนโครงข่ายถนน โดยเน้นถนนสายหลักและสายรองที่สำคัญ แต่ไม่พิจารณาโครงข่ายย่อยที่มีปริมาณการจราจรน้อยเนื่องจากปริมาณการจราจรบนโครงข่ายย่อยดังกล่าวได้ถูกนำมารวมไว้บนถนนสายหลักและสายรองที่พิจารณาแล้ว นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลประชากรและพื้นที่ศึกษา และได้สุ่มสำรวจข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของตัวอย่างประชากรโดยใช้แบบสอบถามจำนวน 2,000 ตัวอย่าง ส่วนหนึ่งของข้อมูลที่ได้พบว่าผู้คนส่วนใหญ่ร้อยละ 85.94 นิยมเดินทางด้วยรถส่วนบุคคล (รถจักรยานยนต์ รถเก๋ง และรถกระบะ) มีเพียงร้อยละ 14.06 ที่ใช้รถสาธารณะ (รถจักรยานยนต์รับจ้าง รถตุ๊กๆ รถสองแถว รถตู้ และรถโดยสารประจำทาง) โดยผลดังกล่าวมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับงานศึกษาในอดีต [13] ซึ่งมีสัดส่วนการใช้รถส่วนบุคคลต่อสาธารณะเท่ากับ 76.60 : 23.40 ดังนั้น ในบทความนี้คณะผู้วิจัยจึงสร้างแบบจำลองการเดินทางบนพื้นฐานของแบบจำลองการเดินทางแบบ 4 ชั้นตอนบนโครงข่ายถนนที่พิจารณาแล้วส่วนบุคคลเท่านั้น โดยใช้โปรแกรม Emme version 4.0.3 [14] แบบจำลองที่พัฒนาตั้งรูปที่ 2 ประกอบด้วย 4,659 ช่วงถนน (Links) 1,482 จุดต่อ (Nodes) และ 211 โซน (Zones)

ในการพัฒนาแบบจำลองการเดินทางบนโครงข่ายถนน คณะผู้วิจัยได้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบค่าปริมาณการจราจรและความเร็วบนช่วงถนนที่ได้จากแบบจำลองและการสำรวจ (จำนวน 250 ช่วงถนน หรือ คิดเป็นร้อยละ 5 ของช่วงถนนทั้งหมด) โดยพบว่า มีค่า R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.964 ซึ่งเป็นที่น่าพอใจอย่างยิ่ง

3.3 การวิเคราะห์ความประปรายของโครงข่ายถนน

เนื่องจากคณะผู้วิจัยมุ่งเน้นนำเสนอการวิเคราะห์ความประปรายของช่วงถนนและหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตภายในโครงข่ายถนนหากเกิดภัยพิบัติใดๆ โดยประเมินความประปรายจากความสามารถในการรองรับปริมาณการเดินทางเพื่อเข้าถึงพื้นที่จุดรวมพลหรือศูนย์อพยพที่หน่วยงานท้องถิ่นกำหนดขึ้น ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเลือกดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ [15] ในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ในพื้นที่เขตเมือง [6, 7] มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

อย่างไรก็ตาม ดัชนีดังกล่าวเป็นสมการทั่วไปที่ใช้ประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่าง 2 พื้นที่ คือ *i* และ *j* เท่านั้น ส่วนการประเมินศักยภาพในการเข้าถึงระหว่างพื้นที่ต้นทาง *i* จากทุกพื้นที่ปลายทาง *j* ∈ *J* โดยที่ *J* คือ เซตของทุกพื้นที่ปลายทาง *j* ในขอบเขตพื้นที่ศึกษา สามารถคำนวณได้จากดัชนีการเข้าถึงแบบรวม (Integral accessibility) [10] ซึ่งเป็นผลรวมของดัชนีศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่และมีความดังนี้

$$AI_i = \frac{\sum_j O_j f(C_{ij})}{\sum_j O_j} \tag{1}$$

คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้สมการที่ (1) เพื่อนำเสนอดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทาง (Destination accessibility index) ซึ่งจะใช้ในการประเมินความสามารถในการเดินทางจากพื้นที่ต่างๆ *i* ไปยังพื้นที่จุดรวมพลหรือศูนย์อพยพ *j* ได้ดังสมการต่อไปนี้

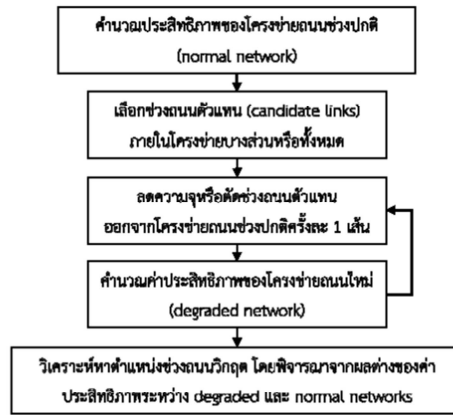
$$AI_j = \frac{\sum_i q_i f(C_{ij})}{\sum_i q_i} = \frac{\sum_i q_i / \sum_{k \in K_0} f_{ij}^k c_{ij}^k}{\sum_i q_i} \tag{2}$$

โดย  $A_{ij}$  คือ ดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทาง  $j$   
 $q_{ij}$  คือ ปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่  $i$  และ  $j$   
 $f_{ij}^k$  และ  $c_{ij}^k$  คือ ปริมาณการเดินทางและค่าใช้จ่าย (หรือเวลา) บนเส้นทาง  $k$  ในเขตของเส้นทาง  $K_{ij}$  ซึ่งเชื่อมต่อยระหว่าง  $i$  และ  $j$

ในสมการที่ (2) คณะผู้วิจัยได้พิจารณาการเลือกเส้นทางของผู้เดินทางโดยใช้ผลคูณระหว่าง  $f_{ij}^k$  และ  $c_{ij}^k$  แทนฟังก์ชัน  $f(C_{ij})$  นอกจากนี้ ได้พิจารณาใช้ค่า  $q_{ij}$  แทนค่า  $O_j$  ซึ่งเป็นจำนวนช่องทางในการเข้าถึงพื้นที่ในสมการดั้งเดิม เพื่อพิจารณาปริมาณการเดินทางซึ่งมีผลต่อศักยภาพในการเข้าถึงพื้นที่ และเมื่อพิจารณาพจน์  $q_{ij} / \sum_{k \in K_{ij}} f_{ij}^k c_{ij}^k$  ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายหรือเวลาในการเดินทางระหว่าง 2 พื้นที่ สามารถบอกเป็นยี่สิบได้ว่า หากค่าใช้จ่ายหรือเวลาในการเดินทางระหว่าง 2 พื้นที่ใดๆ เพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ลดลง

สำหรับการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนในบทความนี้ คณะผู้วิจัยได้พิจารณาใช้ขั้นตอนแบบดั้งเดิม (Traditional approach) ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีสมมติฐาน คือ ทุกช่วงถนนมีโอกาสได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติเท่าๆ กัน ซึ่งในที่นี้คือ ความจุถนนที่ลดลง หรือ ถนนถูกการตัดขาด อย่างไรก็ตาม สมมติฐานดังกล่าวสามารถยกเลิกได้หากมีการศึกษาความน่าจะเป็นของการเกิดภัยพิบัติต่างๆ และผลกระทบที่มีต่อความสามารถของช่วงถนนในแต่ละพื้นที่

จากรูปที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางเริ่มจากการคำนวณค่าประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนในช่วงปกติ (เรียกโครงข่ายถนนช่วงนี้ว่า Normal network) โดยคำนวณค่าดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทาง ( $A_{ij}$ ) ดังสมการที่ (2) ซึ่งค่า  $f_{ij}^k$  และ  $c_{ij}^k$  หาได้จากกรแก้ปัญหาการแจกแจงของการจราจร (Traffic assignment problem) หลังจากนั้น จึงเลือกช่วงถนนตัวแทน (Candidate links) ภายในโครงข่ายบางส่วนหรือทั้งหมด และลดความจุหรือตัดช่วงถนนตัวแทน  $o \in A'$  ( $A'$  คือ เซตของช่วงถนนตัวแทนทั้งหมด) ออกจากโครงข่ายถนนเดิมครั้งละ 1 เส้น (เรียกโครงข่ายถนนใหม่ที่มีประสิทธิภาพลดลงว่า Degraded network) ต่อมาคำนวณค่าประสิทธิภาพของ Degraded network โดยกำหนดสัญลักษณ์เป็น  $A_{ij}^o$  และทำขั้นตอนดังกล่าวจนครบทุกช่วงถนนตัวแทนที่เลือกไว้ ขั้นตอนสุดท้าย คือ การวิเคราะห์หาค่าแห่งช่วงถนนวิกฤต โดยพิจารณาจากผลแตกต่างสัมพัทธ์ (Relative difference) ซึ่งแนะนำโดย [10] ในรูปของ  $\Delta RAI = 1 - A_{ij}^o / A_{ij}$  โดยที่  $A_{ij}^o$  และ  $A_{ij}$  คือ ดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทางของ Degraded network และ Normal network ตามลำดับ ช่วงถนนจะวิกฤตเมื่อผลแตกต่างสัมพัทธ์มีค่าแตกต่างกันมากอย่างน้อยสำคัญ



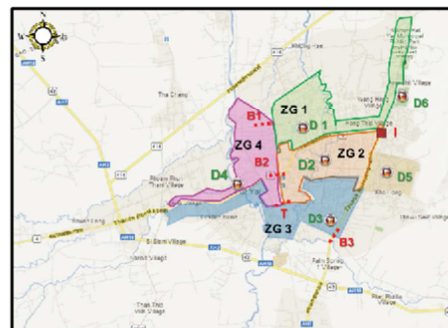
รูปที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

#### 4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

คณะผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การประเมินศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่ 2) ตำแหน่งของช่วงถนนวิกฤต และ 3) ความอ่อนไหวของระดับความรุนแรงของภัยพิบัติและปริมาณความต้องการในการเดินทางต่อตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต

##### 4.1 การประเมินศักยภาพของการเข้าถึงพื้นที่

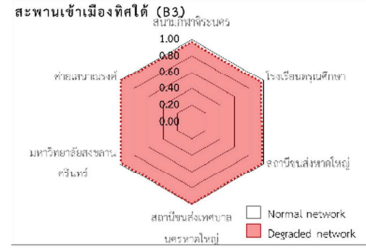
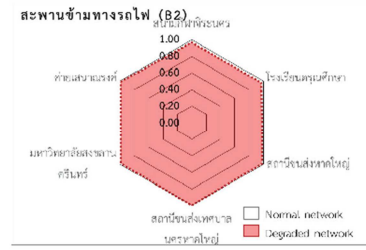
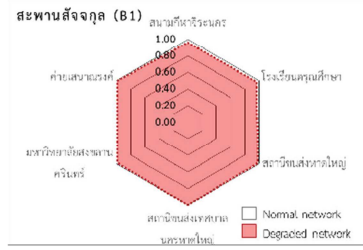
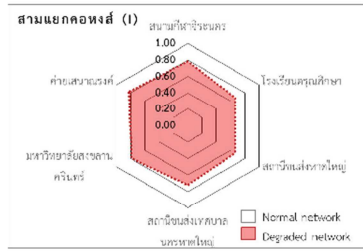
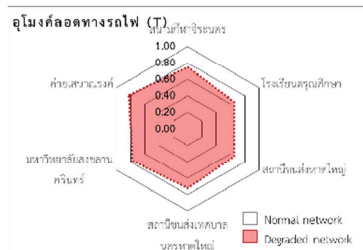
การทดสอบในส่วนแรก คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ที่นำเสนอในสมการที่ (2) ในการประเมินศักยภาพการเข้าถึงศูนย์อพยพหลักๆ ภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่เมื่อถนนสายสำคัญที่เชื่อมระหว่างเขตเมืองหาดใหญ่ชั้นในกับชั้นนอกมีความเสี่ยงถูกตัดขาด ดังรูปที่ 4 ตำแหน่งที่พิจารณาประกอบด้วย 1) สะพานสิงกุล (B1) 2) สะพานข้ามทางรถไฟ (B2) 3) สะพานเข้าเมืองที่ตัดได้ (B3) 4) อุโมงค์ลอดทางรถไฟ (T) และ 5) สามแยกคอหงส์ (I) ส่วนศูนย์อพยพที่พิจารณา 6 จุด ประกอบด้วย 1) สนามกีฬาจิระนคร (D1) 2) โรงเรียนครุศึกษา (D2) 3) สถานีขนส่งหาดใหญ่ (D3) 4) สถานีขนส่งเทศบาลนครหาดใหญ่ (D4) 5) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (D5) และ 6) ศาลาเสนาณรงค์ (D6) ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงแต่ละพื้นที่เมื่อถนนแต่ละเส้นถูกตัดขาดแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 ตำแหน่งถนนที่ถูกตัดขาดและจุดปลายทางที่พิจารณา

จากรูปที่ 5 พบว่า ค่าศักยภาพการเข้าถึงศูนย์อพยพเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปตามตำแหน่งถนนที่ถูกตัดขาด โดยตำแหน่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพในการเข้าถึงศูนย์อพยพเป็นอย่างมาก คือ อุโมงค์ลอดทางรถไฟและสามแยกคอหงส์ โดยส่งผลต่อการเข้าถึงศูนย์อพยพโรงเรียนครูมศึกษา สถานีขนส่งหาดใหญ่ สถานีขนส่งเทศบาลนครหาดใหญ่ สนามกีฬาจรเข้ นครวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และค่ายเสนาณรงค์ ในขณะที่คล้ายกันตามลำดับ ส่วนสะพานสังจกุล สะพานข้ามทางรถไฟ สะพานเข้าเมืองที่ตัดได้ การถูกตัดขาดของอุโมงค์ลอดทางรถไฟและสามแยกคอหงส์ ส่งผลค่อนข้างน้อย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในรายละเอียด พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ข้างต้นขึ้นอยู่กับปริมาณการเดินทางที่ผ่านช่วงถนนและความจุสำรอง (Reserve capacity) ที่เหลือของช่วงถนนที่พิจารณา



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการเข้าถึงศูนย์อพยพ

4.2 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต

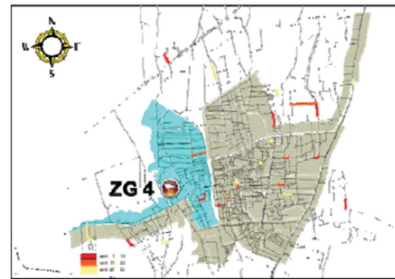
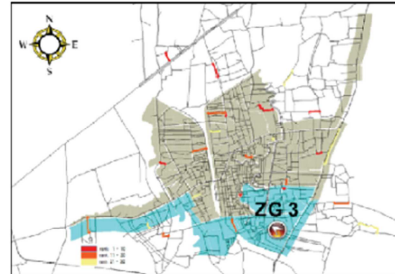
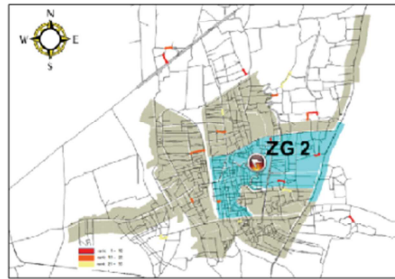
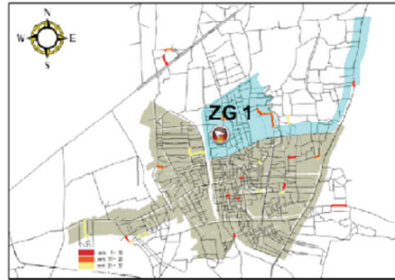
การทดสอบส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์หาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยคณะผู้วิจัยได้กำหนดให้ปริมาณการจราจรอยู่ในระดับที่สูงมากและช่วงถนนจะถูกตัดขาดเมื่อเกิดภัยพิบัติ และวิเคราะห์ความเปราะบางตามขั้นตอนที่อธิบายในรูปที่ 3 โดยพิจารณาความสามารถที่ประชาชนสามารถเข้าถึงศูนย์อพยพในแต่ละกลุ่มพื้นที่ (Zone Group, ZG) ทั้ง 4 กลุ่มภายในเขตเทศบาล

ผลการวิเคราะห์ช่วงถนนวิกฤต 30 อันดับแรกของแต่ละกลุ่มพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่า ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตโดยเฉพาะอันดับต้นๆ เป็นช่วงถนนที่รองรับปริมาณการจราจรที่หนาแน่นและมีความจุสำรองเหลือน้อย

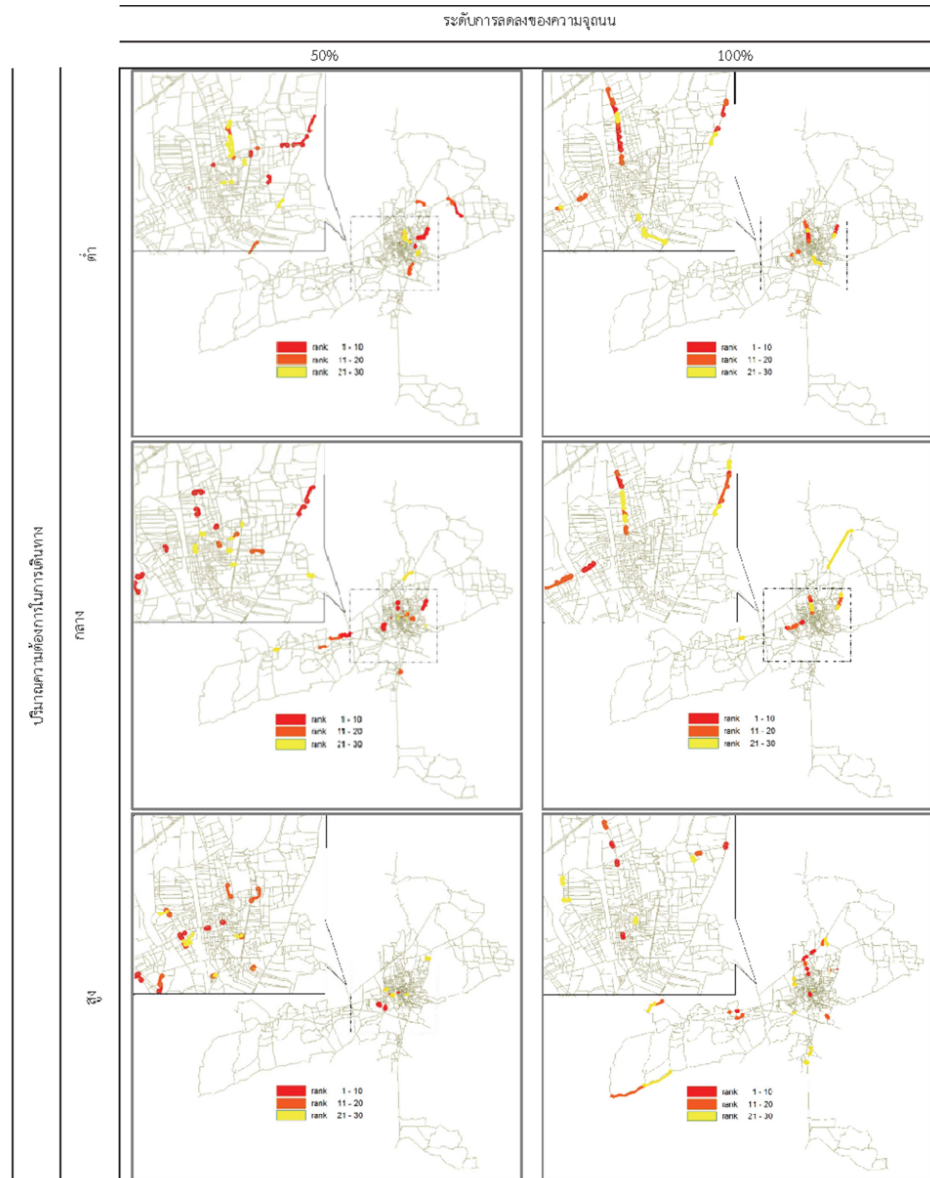
4.3 ความอ่อนไหวของระดับความรุนแรงของภัยพิบัติและปริมาณความต้องการในการเดินทางต่อตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต

การทดสอบในส่วนสุดท้าย คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ของระดับความรุนแรงของภัยพิบัติและปริมาณความต้องการในการเดินทางต่อการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต โดยสมมติให้ระดับความรุนแรงของภัยพิบัติซึ่งส่งผลกระทบต่อระดับการลดลงของความจุถนนมี 2 ระดับ คือ 50% (ความจุถนนลดลงครึ่งหนึ่ง) และ 100% (ถนนถูกตัดขาด) ส่วนปริมาณความต้องการในการเดินทางมี 3 ระดับ คือ สูง (เพิ่มขึ้น 2 เท่า) กลาง (ปกติ) และต่ำ (ลดลง 2 เท่า) ผลจากการวิเคราะห์หาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต 20 อันดับแรกภายในโครงข่ายถนนทั้งหมดของแต่ละสถานการณ์จำลองดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งในภาพรวมพบว่า ตำแหน่งของช่วงถนนวิกฤตมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความรุนแรงของภัยพิบัติและปริมาณความต้องการในการเดินทาง ดังนั้น ในการวางแผนเส้นทางอพยพจึงควรหลีกเลี่ยงตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต ควรมีความระมัดระวังอย่างสูงรับขั้นตอนของการ

คาดการณ์ปริมาณการเดินทางและระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ  
เพื่อให้การระบุตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์  
วิกฤตจากภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้นมากที่สุด



รูปที่ 6 ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตในโครงข่ายถนนของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 7 ความอ่อนไหวของตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต

## 5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน โดยนำเสนอดัชนีการเข้าถึงพื้นที่ปลายทางและใช้กระบวนการแบบดั้งเดิมในการวิเคราะห์ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตในเขตอำเภอเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

การวิเคราะห์ที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการประเมินศักยภาพในการเข้าถึงศูนย์อพยพหากถนนสายสำคัญภายในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ถูกตัดขาด ซึ่งพบว่าปริมาณการเดินทางและความจุสำรองของช่วงถนนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเข้าถึงศูนย์อพยพ ส่วนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ตำแหน่งของช่วงถนนวิกฤตภายในเขตเทศบาลเช่นกัน โดยพบว่า ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตโดยเฉพาะอันดับต้นๆ เป็นช่วงถนนที่รองรับปริมาณการจราจรที่หนาแน่นและมีความจุสำรองเหลือน้อย ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการทดสอบในส่วนที่ 1 และสอดคล้องกับผลการศึกษาของต่างประเทศในอดีต ส่วนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตซึ่งพบว่า ระดับความรุนแรงของภัยพิบัติและปริมาณความต้องการในการเดินทางมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต ดังนั้นในการประเมินตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตควรระมัดระวังในการคาดการณ์ปริมาณการเดินทางและระดับความรุนแรงของภัยพิบัติเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความเปราะบางมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นมากที่สุด

อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความนี้จะประโยชน์และเป็นข้อมูลสนับสนุนในการวางแผนหาเส้นทางการเดินทางและอพยพที่เหมาะสมในช่วงสถานการณ์วิกฤต หรือการวางแผนในระยะยาวเพื่อปรับปรุงโครงข่ายถนนให้มีความยืดหยุ่น (resilience) สามารถรองรับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

การวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาในประเด็นต่างๆ เพิ่มเติม เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของภัยพิบัติต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความจุถนน การพัฒนากระบวนการหาช่วงถนนวิกฤตที่รวดเร็วกว่าการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม ตลอดจนการกำหนดค่าผลต่างสัมพัทธ์ที่ยอมรับได้

## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้ ได้รับทุนสนับสนุนประเภททุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2555

## เอกสารอ้างอิง

- [1] U.S. Department of Energy. "Vulnerability Assessment Methodology, Electric Power Infrastructure." 2002.
- [2] G.H. Baker. "A Vulnerability Assessment Methodology for Critical Infrastructure Facilities." 2005.
- [3] Kansas Department of Health and Environment (KDHE). "Simplified Vulnerability Assessment Tool for Drinking Water." 2003.
- [4] Y. Danfeng and Y. Fangchun. "Vulnerability Analysis of Intelligent Network System", *International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing*, 2009, pp. 282-285.

- [5] K. Berdica. "TraVIS for Roads - Examples of Road Transport Vulnerability Impact Studies," PHD thesis, KTH, Sweden, 2002.
- [6] G.M. D'Este and M.A.P. Taylor. "Network vulnerability: an approach to reliability analysis at the level of national strategic transport networks," in *The network reliability of transport*, M. G. H. Bell and Y. IIDA, Eds., Pergamon, 2003, pp. 23-44.
- [7] M.A.P. Taylor, S.V.C. Sekhar, and G.M. D'Este. "Application of Accessibility Based Methods for Vulnerability Analysis of Strategic Road Networks". *Networks and Spatial Economics*, 6(3), pp. 267-291, 2006.
- [8] K. Berdica and L. Mattsson. "Vulnerability: a model-based case study of the road network in Stockholm," in *Critical Infrastructure: Reliability and Vulnerability*, A.T. Murray and T.H. Grubestic, Eds., Springer, 2007, pp. 81-106.
- [9] M.A.P. Taylor and G.M. D'Este. "Transport Network Vulnerability: a Method for Diagnosis of Critical Locations in Transport Infrastructure Systems," in *Critical Infrastructure: Reliability and Vulnerability*, A.T. Murray and T.H. Grubestic, Eds., Springer, 2007, pp. 9-30.
- [10] M.A.P. Taylor. "Critical Transport Infrastructure in Urban Areas: Impacts of Traffic Incidents Assessed Using Accessibility-Based Network Vulnerability Analysis". *Growth and Change*, 39(4), pp. 593-616, Dec. 2008.
- [11] E. Jenelius. "Large-Scale Road Network Vulnerability Analysis," Ph.D, Division of Transport and Location Analysis, Department of Transport Science, KTH, Sweden, 2010.
- [12] สำนักงานอำเภอหาดใหญ่. ข้อมูลประชากร. [www.hatyai-sk.go.th](http://www.hatyai-sk.go.th)
- [13] INRO Inc., "Emme Promt Manual Version 4.0." 2012.
- [14] W.G. Hansen. "How Accessibility Shapes Land Use". *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), pp. 73-76, 1959.
- [15] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). "การศึกษาจัดทำระบบขนส่งมวลชนเมืองหาดใหญ่และเชื่อมโยงเมืองสงขลา." 2552.



การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18  
18<sup>th</sup> National Convention on Civil Engineering



ประกาศนียบัตรรับรองการนำเสนอบทความ

ประกาศนียบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติ

กรณีศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ปรมศวรร เทลือเทพ ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ และ พิชัย ชานีรณานนท์

ได้ถูกนำเสนอ

ในงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18

ระหว่างวันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556

ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่

(นายสุวัฒน์ เขแก้วรีทา)

นายกวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์นิเวศน์ นันทจิต)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5310120015	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2552

## ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2553

## การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

- 1) ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ ประเมศวร์ เหลือเทพ และพิชัย ธานีรณานนท์ “การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากอุทกภัย กรณีศึกษา อำเภอลำดวน จังหวัดสงขลา” 5<sup>st</sup> ATRANS SYMPOSIUM STUDENT CHAPTER SESSION AUGUST 24-25, 2012 BANGKOK THAILAND
- 2) ประเมศวร์ เหลือเทพ ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ และพิชัย ธานีรณานนท์ “การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติ กรณีศึกษาอำเภอลำดวน จังหวัดสงขลา” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18 วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556 ณ โรงแรมดิเอ็มเพลส เชียงใหม่