การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเนื่องจากภัยพิบัติ กรณีศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

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

หมายเลขบทความ: SCS12-001

ปิยะพงศ์ สุวรรณโณ[1], ปรเมศวร์ เหลือเทพ[2], พิชัย ธานีรณานนท์[3]

Piyapong SUWANNO, Paramet LUATHEP, Pichai TANEERANANON

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์. 0-9879-3546 E-mail: bank_civile@hotmail.com

[2] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
E-mail: Paramet007@hotmail.com

[3] ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
E-mail: breathislife@hotmail.com

บทคัดย่อ

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

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความเปราะบาง,โครงข่ายถนน, เวลาการเดินทางรวม, ภัยพิบัติ

Abstract

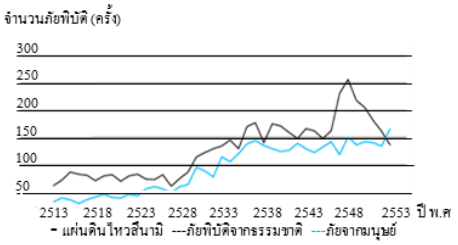
Disasters have become a threat that Thai people have to face and adapt. The big floods in Hat Yai district, Songkhla province during the past two years caused a lot of local economic impacts. If relevant agencies have planned for effective policies and measures against disasters, for example, the improvement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

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

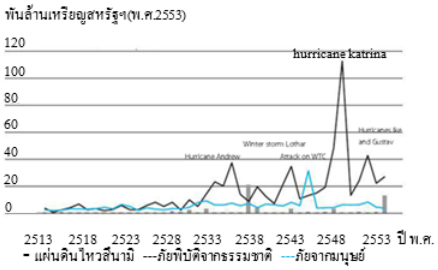
1. บทนำ

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

รูปที่ 1 พบว่า จำนวนภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 ถึง พ.ศ. 2553 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยปี พ.ศ. 2553 เป็นปีแรกที่จำนวนการเกิดภัยพิบัติธรรมชาติสูงกว่าภัยพิบัติที่เกิดจากน้ำมือของมนุษย์ และมูลค่าความสูญเสียดังรูปที่ 2 พบว่า มูลค่าความเสียจากภัยธรรมชาติมีค่าสูงกว่าภัยพิบัติที่เกิดจากมนุษย์เห็นได้ชัดเจน 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 ได้เกิดภัยพิบัติน้ำท่วมขึ้นหลายครั้งในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จากข้อมูล[3]ที่รวบรวมข้อมูลด้านภัยธรรมชาติแสดงให้เห็นว่า 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 แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายถนนเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆของภาคเศรษฐกิจและสังคม

ดังนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนเตรียมการ เพิ่มความสามารถหรือเพิ่มเส้นทางการอพยพของ

โครงข่ายถนนในปัจจุบัน แต่คำถามที่เกิดขึ้นถนนช่วงไหนที่จะวิกฤตและส่งผลกระทบต่อโครงข่ายถนนมากที่สุดหากเกิดภัยพิบัติ การศึกษานี้เป็นศึกษาและวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability Analysis) ของโครงข่ายถนนเพื่อหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต

บทความนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 7 หัวข้อ ได้แก่ หัวข้อที่ 2 กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งอยู่ในขอบเขตการศึกษาในหัวข้อที่ 3 โดยนำทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหัวข้อที่5มาประยุกต์ใช้ สำหรับวิธีการวิจัยในหัวข้อที่ 6 บอกถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครข่ายถนนเพื่อนำไปสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะหัวข้อสุดท้าย

	Countries	%	People exposed per year, percentage
1	Cambodia	12.2	
2	Bangladesh	12.2	
3	Viet Nam	3.9	
4	Bhutan	1.7	
5	India	1.4	
6	Thailand	1.3	
7	Nepal	1.2	
8	Lao PDR	1.1	
9	Myanmar	0.9	
10	Philippines	0.9	
11	Benin	0.9	
12	Haiti	0.8	
13	Guyana	0.7	
14	Belize	0.6	
15	Dominican Republic	0.6	

รูปที่ 3 อันดับความเสี่ยงต่ออุทกภัยทั่วโลก

ที่มา: www.preventionweb.net

Relative economic exposure

	Country	%	GDP exposed per year, percentage
1	Bangladesh	14.0	
2	Cambodia	14.0	
3	Viet Nam	4.0	
4	Philippines	2.0	
5	Benin	2.0	
6	India	1.0	
7	Myanmar	1.0	
8	Serbia	1.0	
9	Sudan	1.0	
10	Thailand	1.0	
11	Lao PDR	1.0	
12	Chad	1.0	
13	Malaysia	0.0	
14	Namibia	0.0	
15	Poland	0.0	

รูปที่ 4 อันดับความเสี่ยงทางเศรษฐกิจไทยจากอุทกภัยทั่วโลก

ที่มา: www.preventionweb.net

2. วัตถุประสงค์

การศึกษานี้เน้นการประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนโดยมีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ดังนี้

1.) เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจราจรและขนส่งภายในเขตอำเภอหาดใหญ่จังหวัดสงขลา

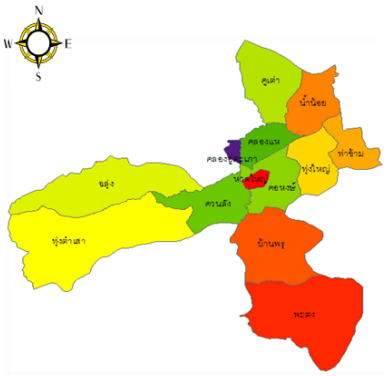
2.) เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ความเปราะบาง (Vulnerability analysis) ในการหาตำแหน่งช่วงถนนวิกฤต (Critical link) ของโครงข่ายถนนภายในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ภายใต้สถานการณ์วิกฤต

3.) เพื่อเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการบริหารจัดการและแนวทางในการออกแบบปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายถนนที่มีอยู่ให้มีความคงทน (Robustness) สามารถรองรับสถานการณ์วิกฤตที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 พื้นที่การศึกษา

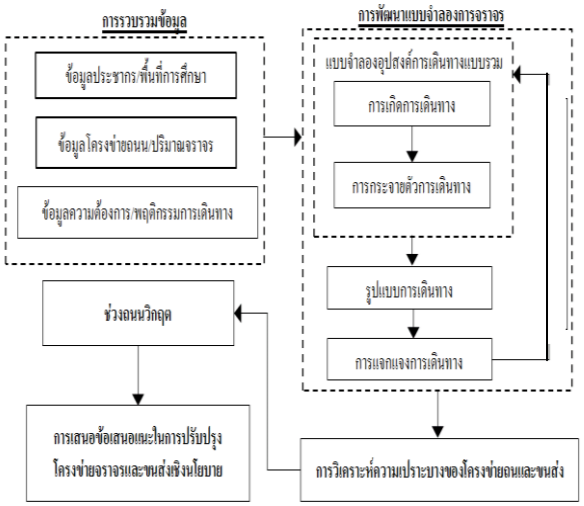
พื้นที่การศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ พื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษานี้ คณะผู้วิจัยกำหนดขอบเขตขั้นตอนการศึกษา ดังรูปที่ 6 ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูล การพัฒนาแบบจำลองการขนการจราจร การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน และการเสนอข้อแนะในการวิจัย ซึ่งจะอธิบายโดยละเอียดในหัวข้อที่ 5



รูปที่ 6 ขั้นตอนการศึกษา

3.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานการวิจัยนี้จะเน้นผลกระทบเนื่องจากภัยพิบัติที่มีต่อประสิทธิภาพของ โครงข่ายถนนเพื่อใช้ศึกษาหาช่วงถนนวิกฤตและเส้นทางอพยพที่เหมาะสม แต่ไม่ครอบคลุมถึงการหาที่ตั้งของจุดอพยพและรูปแบบการอพยพที่เหมาะสม

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดแนวทางที่ถูกต้องของงานวิจัย โดยการค้นคว้าข้อมูลและรวบรวมทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองและการนำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายแบบจำลองโดยแบ่งสามารถดังนี้

4.1 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายการขนส่งและจราจราจร

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

4.1.1 การเกิดการเดินทาง

การเกิดการเดินทาง (Trip generation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ศึกษากับตัวแปรต่างๆ ที่เป็นปัจจัยของการเดินทาง วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ อัตราการเดินทาง (Trips Rate) เป็นการสร้างแบบจำลองโดยอ้างอิงจากอัตราการสร้างการเดินทางเฉลี่ยและอัตราการดึงดูดการเดินทางเฉลี่ยของพื้นที่ โดยการนำค่าอัตราการเดินทางที่ได้มาคูณกับจำนวนประชากรแต่ละพื้นที่

4.1.2 การกระจายการเดินทาง

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

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

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

โดยที่

T_j การเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไปยังพื้นที่ย่อย j

A_j การดึงดูดการเดินทางของพื้นที่ย่อย j

p_i การสร้างการเดินทางของพื้นที่ย่อย i

F_i ปัจจัยต้านการเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไป j

C_{ij} ฟังก์ชั่นทั่วไปของค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไป j

α พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบ

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

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

โดยที่

$\bar{d}$ ทางการเดินทางโดยเฉลี่ยในพื้นที่นั้นๆ

q_{OD} ค่า Entropy ของการเดินทางระหว่างแต่พื้นที่ย่อย

d_{OD} ระยะทางระหว่างพื้นที่ O ไป D

4.1.3 การเลือกรูปแบบการเดินทาง

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal split) มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายพฤติกรรมของการตัดสินใจในการเข้าใจถึงพฤติกรรมการเดินทางและสามารถวางแผนปรับปรุงประสิทธิภาพของการจราจรและขนส่ง ในรูปของแบบจำลองโลจิท (Logit model) ที่ประกอบด้วยฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ (Utility theory) ของรูปแบบการเดินทางแต่ละประเภทที่พิจารณา ในการศึกษานี้พิจารณารถยนต์ส่วนบุคคลเท่านั้นไม่ขออธิบายรายละเอียดแบบจำลอง

4.1.4 การแจกแจงการเดินทาง

การแจกการเดินทาง (Trip assignment) เป็นการวิเคราะห์การเลือกเส้นทางในการเดินทางเพื่อหาเส้นทางในการเดินทางที่มีต้นทุนในการเดินทางต่ำที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดย การหาจุดสมดุล (Equilibrium) ของต้นทุนในการเดินทางของแต่ละลิงค์ในโครงข่าย โดยต้นทุนในการเดินทางส่วนหนึ่งอยู่ในรูปของเวลาที่ใช้ในการเดินทาง โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Stochastic User Equilibrium (SUE) assignment เป็นวิธีการจัดสรรการจราจรที่ใช้ในกรณีที่ใช้สำหรับโครงข่ายถนนที่มีจราจรหนาแน่นมีหลักการดังนี้ คือ การจราจรจะจัดการตัวเองในโครงข่ายที่มีจราจรหนาแน่น (Congested network) จนทำให้เส้นทางที่ ผู้ขับขี่แต่ละคนเลือกใช้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ส่วนเส้นทางที่ไม่ได้ใช้สูงกว่าค่าต่ำสุด สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองระยะเวลาการเดินทางแบบ Bureau of Public Road [5] ดังสมการ 4

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

โดยที่

t_a ระยะเวลาเดินทางบนถนน a

x_a ปริมาณจราจรบนถนน a

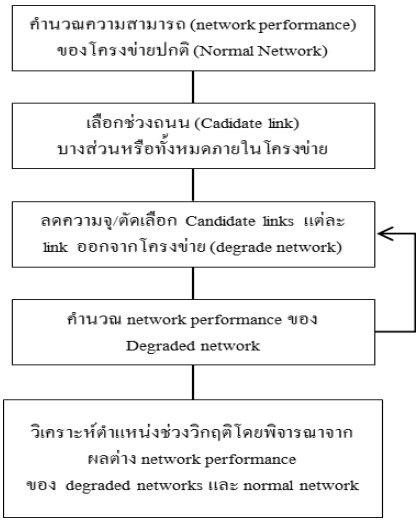
t_a^0 ระยะเวลาเดินทางแบบไม่ติดขัด (free-flow travel time) บนถนน a

b_a และ n_a พารามิเตอร์ของ BPR ฟังก์ชั่นของถนน

s_a ความสามารถ (Capacity) ของถนนที่มีความเสื่อมโดยภัยพิบัติจากธรรมชาติหรือมนุษย์

4.2 การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

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



รูปที่ 7 วิธีการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนแบบดั้งเดิม

1.) คำนวณความสามารถหรือระดับการให้บริการโครงข่าย (Network performance) ของโครงข่ายถนนปกติ (Normal)

2.) เลือกช่วงถนน (Candidate links) บางส่วนหรือทั้งหมดภายในโครงข่ายต่อมาลดความจุ/ตัด Candidate link แต่ละ Link ออกจากโครงข่ายเดิมเรียกโครงข่ายใหม่ที่มีความสามารถลดลงว่า Degraded network

3.) จากนั้นคำนวณ Network performance ของ Degraded network จนครบทุก Link สุดท้ายวิเคราะห์ตำแหน่งช่วงถนนวิกฤตโดยพิจารณาจากผลต่าง Network performance ของ Degraded network และ Normal network ช่วงถนนจะถูกจัดว่ามีความวิกฤตเมื่อผลต่าง Network performance มีค่ามาก

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

$$TTT=\sum_{"a} x_a t_a(x_a) \quad (5)$$

โดยที่

TTT เวลาการเดินทางรวมของทั้งหมดของ a

t_a ระยะเวลาเดินทางบนช่วงถนน a

x_a ปริมาณจราจรบนถนนช่วงถนน a

5. วิธีการวิจัย (Methodology)

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ มีขั้นการลำดับการวิจัยดังนี้

5.1 การรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เน้นข้อมูลทุติยภูมิที่มีการรวมรวบไว้ก่อนแล้วจากงานวิจัยจากสถาบันการศึกษา สำนักงานสถิติแห่งชาติ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นต้น เพื่อลดเวลาและค่าใช่จ่ายในการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลเหล่านั้นประกอบไปด้วย

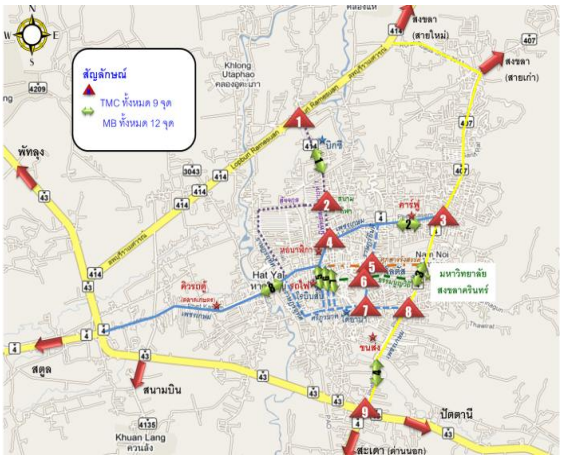
5.1.1 ข้อมูลประชากรและพื้นที่การศึกษา

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

5.1.2 ข้อมูลโครงข่ายถนนและปริมาณจราจร

ข้อมูลโครงข่ายถนนจะเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูล GIS ของกระทรวงคมนาคม โดยเน้นถนนสายหลักและสายรองที่สำคัญแต่จะไม่พิจารณาซอยที่มีปริมาณการจราจรต่ำเนื่องจากไม่มีผลต่อความถูกต้องของแบบจำลองการเดินทางที่พัฒนาขึ้น โดยปริมาณจราจรบนซอยจะถูกนำมารวมไว้บนถนนสายหลักและรองที่สำคัญ ข้อมูลโครงข่ายถนน ที่ใช้ในแบบจำลองการเดินทางประกอบด้วย จำนวนจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทาง (Node) ทั้งสิ้น 2,246 จุด จำนวนเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทางหรือลิงค์ ทั้งสิ้น 6,402 เส้น

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



รูปที่ 8 จุดสำรวจปริมาณจราจรแยกประเภทบนช่วงถนนในหาดใหญ่

5.1.3 ข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมการเดินทาง

ข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมการเดินทาง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลโดยวิธีการสัมภาษณ์ผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ปริมาณความต้องการในการเดินทางออก (Trip origin) และเข้า (Trip destination) จุดศูนย์กลางพื้นที่ต่างๆ ภายในเขตอำเภอหาดใหญ่ และสถานที่ที่เป็นแหล่งกิจกรรมหลัก เช่น ห้างสรรพสินค้า มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และโรงเรียน จากการสำรวจของศูนย์วิจัยและพัฒนาการจารและขนส่ง (TDRC) [9] พบว่า อัตราการเดินทางเท่ากับ 0.18 ครั้งต่อวัน ดังตารางที่ 1. จากข้อมูลอัตราการเดินทางนำไปใช้หา การสร้างการเดินทาง (Production trips) และการดึงดูดการเดินทาง (Attraction trips) ของแต่ละพื้นที่ย่อยและสำหรับรูปแบบการเดินของประชากรในอำเภอหาดใหญ่ใช้รถส่วนยนต์เป็นหลักคิดเป็นร้อยละ 76.60 ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณารูปแบบการเดินทางเฉพาะรถส่วนยนต์เท่านั้น

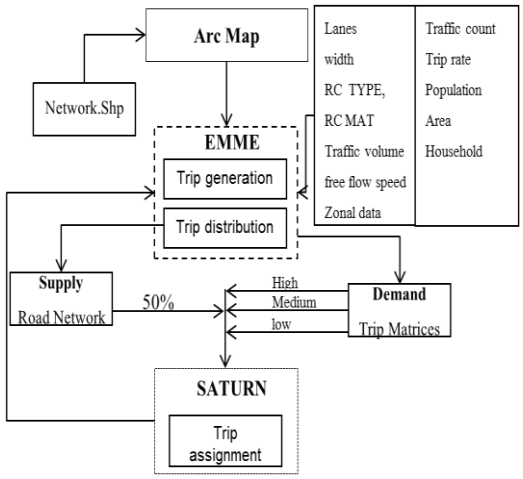
ตารางที่ 1 อัตราการเดินทางต่อวันในเมืองหาดใหญ่

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

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม (สนข) 2552

5.2 การพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่ง

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



รูปที่ 9 โครงสร้างในการพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่ง

5.2.1 การสร้างฐานข้อมูลของโครงข่ายถนน

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

5.2.4 การวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง

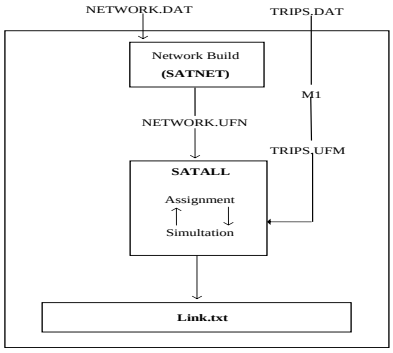
การวิเคราะห์การกระจายตัวการเดินทาง (Trip distribution) ด้วยวิธี Gravity model มีขั้นตอนดังนี้

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

2) การปรับค่าปริมาณการเกิดการเดินทางและปริมาณการดึงดูดการเดินทาง (Matrix balancing) เป็นสร้างการกระจายตัวของระยะเวลาในการเดินทางให้ใกล้เคียงกับการกระจายตัวจริงในกรณีศึกษาต้องคำนึงถึงปริมาณการสร้างและดึงดูดการเดินทางของแต่ละพื้นที่อีกด้วย จึงใช้วิธีคำนวณแบบ Furness method เพื่อปรับปริมาณการเกิดและการดึงดูดการเดินทางในอำเภอหาดใหญ่

5.2.5 การแจกแจงการเดินทาง

การแจกแจงการเดินทาง (Trip assignment) เป็นการกระจายอุปสงค์การเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยต่างๆ ตามทฤษฎี SUE Assignment โดยใช้โปรแกรม SATURN การแจกแจงปริมาณการจราจรให้แก่เส้นทางมีขั้นตอนดังรูปที่ 11 โดยทำการ Code ข้อมูล Trip matrix (demand) และข้อมูล network (supply) เป็นข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม EMME ทำการ Code เงื่อนไขหรือรูปแบบให้ตรงกับโครงสร้างของโปรแกรม SATURN ซึ่งจะได้ข้อมูล 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 ไปแจกแจงปริมาณจราจรกับ SATALL ทำให้ได้ Link.txt ซึ่งเป็นเวลาในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง

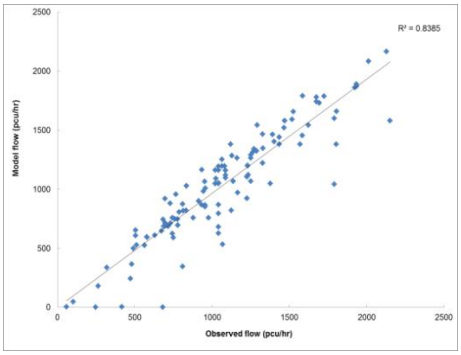


รูปที่ 10 ขั้นตอนการทำงานพื้นฐานของโปรแกรม SATURN

5.2.6 ผลการปรับเทียบแบบจำลองกับข้อมูลทางด้าน

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

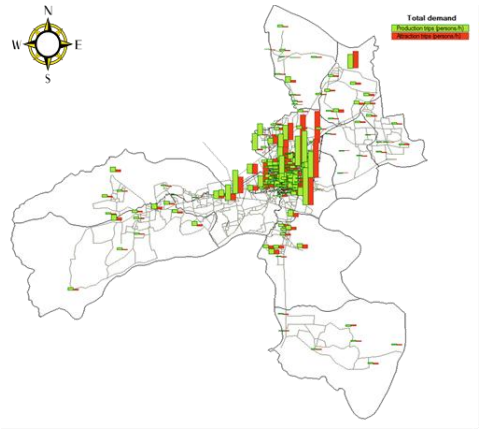
รูปที่ 11 ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่ได้สำรวจกับปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลอง ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (AM Peak Hour) และข้อมูลจากภาคสนาม (แนวนอน) กับ ปริมาณจราจรซึ่งเป็นผลจากการประมาณการของแบบจำลอง (แนวตั้ง) โดยพบว่า ค่า R^2 เท่ากับ 0.835 ซึ่งถือว่ามีค่าสูงมากสำหรับการปรับแต่งแบบจำลองการเดินทาง



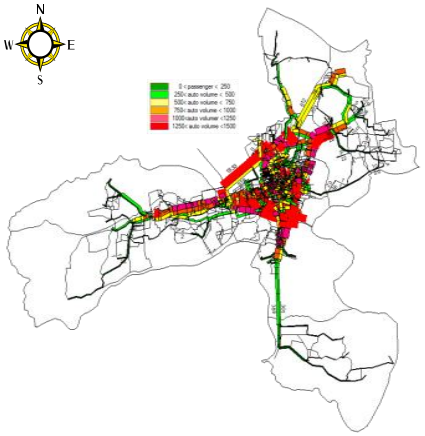
รูปที่ 11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการเดินทาง

5.3 การจราจรในอำเภอหาดใหญ่ในปัจจุบัน

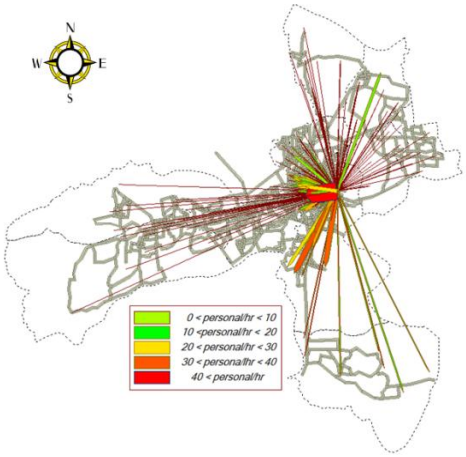
ปริมาณจราจรที่ได้จากการแจกแจงความต้องการในการเดินทางโดยใช้แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นไปยังถนนเส้นต่างๆ ของอำเภอหาดใหญ่สะท้อนถึงสภาพลักษณะการจราจรในปัจจุบัน ดังรูปที่ 13 ถึง รูปที่ 19



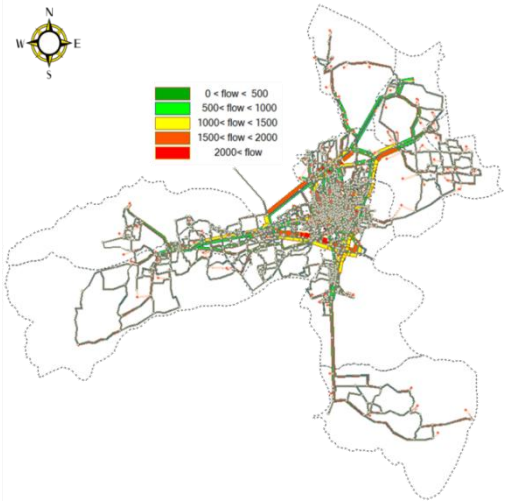
รูปที่ 12 ปริมาณการเกิดและการดึงดูดการเดินทาง



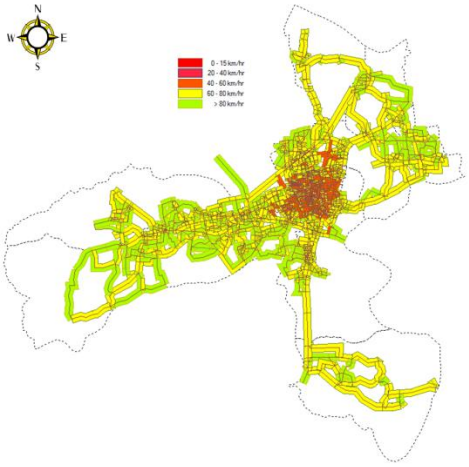
รูปที่ 15 ปริมาณของรถยนต์ในโครงข่ายถนน



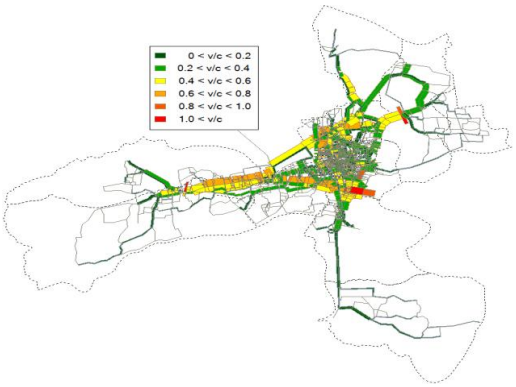
รูปที่ 13 ทิศทางและปริมาณการเดินทางของอำเภอหาดใหญ่



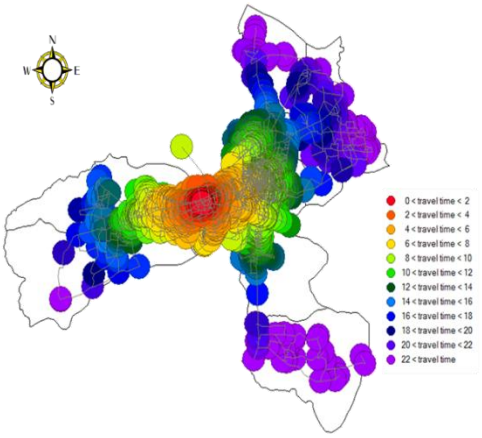
รูปที่ 16 ระดับการจราจรในโครงข่ายถนน



รูปที่ 14 ความเร็วเฉลี่ยในโครงข่ายระบบการเดินทาง



รูปที่ 17 ปริมาณการจราจรต่อความจุในโครงข่ายถนน



รูปที่ 18 Isochrones ของระยะเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน

จากสภาพจราจรในอำเภอหาดใหญ่ดังรูปที่ 15 ถึง

รูปที่ 18 พบว่า ถนนในพื้นที่ใจกลางเมืองและถนนเส้นหลักในการเข้าออกเมือง เป็นเส้นทางที่มีความเสี่ยงต่อการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของการจราจร โดยเฉพาะในบริเวณใจกลางเมืองหาดใหญ่ซึ่งมีลักษณะโครงข่ายจราจรที่แออัดและช่องจราจรที่แคบ

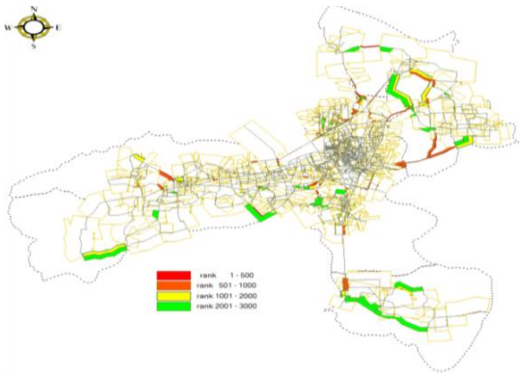
6. การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนน

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

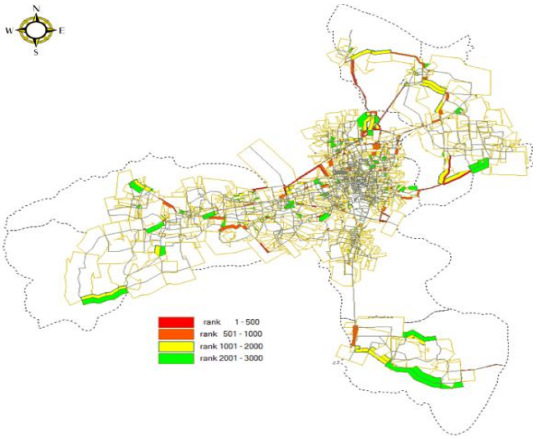
ตารางที่ 2 กรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงข่ายถนน

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

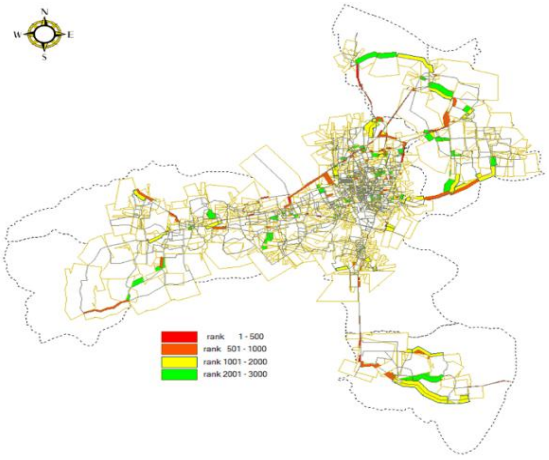
จากกรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงข่ายถนนในตารางที่ 2 ทำการหาเวลาเดินทางรวม (Total Travel Time, TTT) ของแต่ละกรณี แล้วมาลบกับเวลาเดินทางรวมของโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพปกติแล้วนำผลต่างมาจัดอันดับ Link ที่ส่งผลกระทบต่อเวลาเดินทางรวมของทั้งระบบจากมากไปหาน้อย Link สูงๆ พบว่า มีความเสี่ยงสูงจากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สามารถแสดงกรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครง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



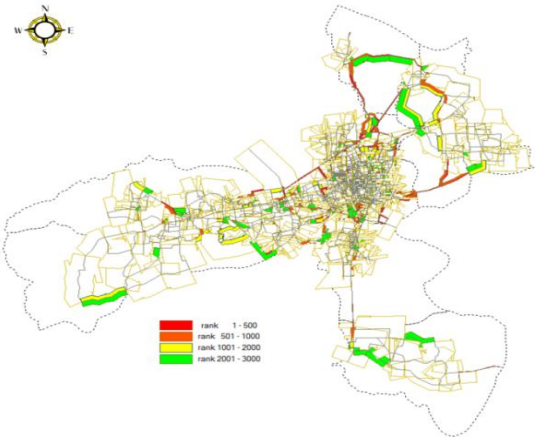
รูปที่ 19 กรณีศึกษาที่ 1



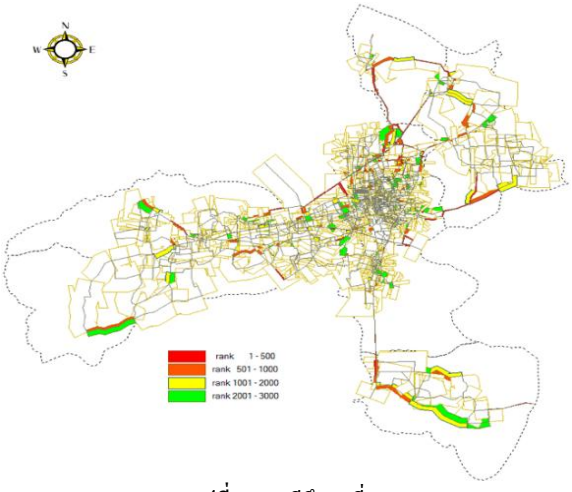
รูปที่ 20 กรณีศึกษาที่ 2



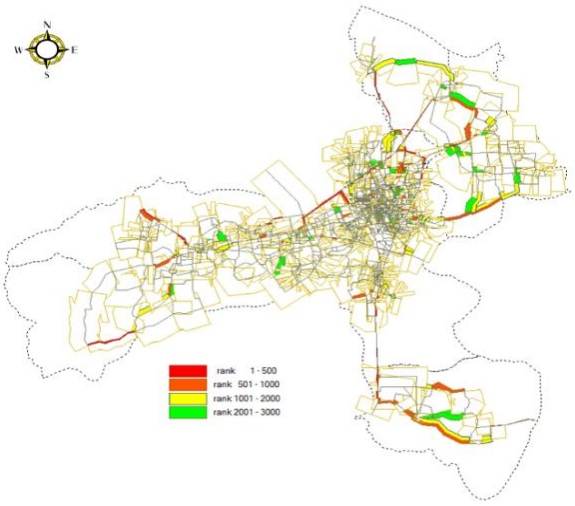
รูปที่ 21 กรณีศึกษาที่ 3



รูปที่ 22 กรณีศึกษาที่ 4



รูปที่ 23 กรณีศึกษาที่ 5



รูปที่ 24 กรณีศึกษาที่ 6

หากพิจารณาจาก **รูปที่ 19** ถึง รูปที่ 24 พบว่า ความต้องการในการเดินทางที่สูง (กรณีที่ 1 และ กรณีที่ 4) มีผลต่ออันดับความวิกฤตของช่วงถนนสายหลักขาเข้าเมือง เช่น ถนนสายเอเชียตรงบริเวณแยกทางเข้าสนามบิน ถนนลพบุรีราเมศวร์บริเวณสามแยกทางเข้าบิ๊กซีหาดใหญ่.ถนนเพชรเกษมบริเวณสีแยกคลองหวะ เป็นต้น และความต้องการในการเดินทางต่ำ (กรณีที่ 3 และ กรณีที่ 6) มีผลต่ออันดับความวิกฤตของช่วงถนนนอกเมือง เช่น ถนนเพชรเกษมบริเวณบ้านพรุ ถนนกาญจนวานิชย์บริเวณตำบลน้ำน้อย เป็นต้น ส่วนการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนน (กรณีที่มีความต้องการในการเดินทางระดับเดียวกันแต่ประสิทธิภาพโครงข่ายต่างกันเช่น กรณีที่ 1 กับ 3 กรณีที่ 2 กับ 5 เป็นต้น) มีแนวโน้มที่เหมือนกับกรณีความต้องในการเดินทาง คือ การลดประสิทธิภาพมีผลต่อลำดับความวิกฤติของโครงข่ายถนน โดยหากมีการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนมาก จะพบถนนช่วงขาเข้าในเมืองมีความวิกฤติที่เพิ่มมากขึ้น และหากการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนที่น้อย พบว่า ถนนนอกเมืองมีลำดับความวิกฤตมากตามไปด้วย และสังเกตุได้ว่ากรณีที่มีการลดประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนหรือระดับความต้องการเดินทางที่ระดับต่างๆ จุดหรือช่วงถนนวิกฤติจะเป็นช่วงถนนเดียวกัน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าถนนช่วงเหล่านั้นมีความวิกฤตหรืออ่อนไหวได้ง่ายต่อการเกิดเหตุการณ์ที่ลดความสามารถของช่วงถนนนั้น

7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยสามารถวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนและระบุช่วงถนนที่มีความวิกฤตที่ส่งผลต่อการพังของถนนทั้งโครงข่ายได้ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำช่วงถนนที่มีความวิกฤติเพื่อไปกำหนดการวางแผนมาตรการและแนวทางการจัดการภัยพิบัติที่มีประสิทธิภาพเพื่อยกระดับหรือเพิ่มความแข็งแรงของถนน เช่น การเพิ่มระดับถนนก่อนระดับน้ำท่วมสูงสุดที่คาดการณ์ไว้หรือเพิ่มความจุความจราจรของถนน การสร้างถนนบายพาสใหม่หรือเส้นทางขนาน หรือเพื่อการพัฒนาวิธีการสำหรับการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายถนนเป็นรูปแบบของการตรวจประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนที่คล้ายกับการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน

8. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สาเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณนาตยา จึงเจริญธรรม เจ้าหน้าที่สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับคำปรึกษาการจัดการฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยคนที่ 1 ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้ที่มีอุปการะทุกคนที่ให้การอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Jacoffset Printers, Melin(Belgium) http://www.emdat.be/

[2] Swiss Re's Sigma report 2554 Natural catastrophes and man-made disasters in 2010: a year of devastating and costly events.

[3] The United Nations The World Bank (2010). “Natural Hazards, Unnatural Disasters. The Economics of Effective Prevention” www.preventionweb.net/english/hazards/statistics/risk.php?hid=62

[4] สุรเมศวร์ พิริยะวัตน์ 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 รายงานแผ่นแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนเมืองหาดใหญ่