

การประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทางหลวง
ในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก
Capacity Flexibility Assessment of Highway Network for
the Eastern Economic Corridor Area

วรลักษณ์ รักใคร่¹ และ ปณิดา กลกิจวิวัฒน์^{2*}

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

E-mail: hambe.yp@gmail.com¹ และ fengpak@ku.ac.th^{2*}

บทคัดย่อ

ความยืดหยุ่นความจุสำหรับโครงข่ายการขนส่ง คือ ความสามารถของโครงข่ายการขนส่งในการรองรับการเปลี่ยนแปลงความต้องการด้านการจราจรในขณะที่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของโครงข่ายการขนส่ง งานวิจัยนี้ประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทางหลวงในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านการจราจร เนื่องจากโครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกเป็นกลไกในการขับเคลื่อนให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างพื้นฐานและความต้องการเดินทางในพื้นที่ การศึกษานี้ประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่าย เพื่อประเมินความสามารถของโครงข่ายในการรองรับความไม่แน่นอนของการจราจร การประเมินประกอบด้วย 2 แนวคิด โดยแนวคิดที่ 1 คือ การวัดความยืดหยุ่นความจุตามแนวคิดความจุสำรอง และแนวคิดที่ 2 คือ การวัดความยืดหยุ่นความจุที่วัดความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบจราจรอันเนื่องมาจากรูปแบบความต้องการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ (O-D pattern) เปลี่ยนไป ผลการศึกษาตามแนวคิดแรกแสดงให้เห็นว่าโครงข่ายปัจจุบันไม่มีความจุสำรอง จากนั้นประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายที่มีการพัฒนาทางหลวงตามแผนงานของกรมทางหลวงซึ่งพบว่าโครงข่ายสามารถรองรับปริมาณการจราจรได้ 1.16 เท่าของความต้องการเดินทางปัจจุบัน และผลการศึกษาตามแนวคิดที่สองแสดงให้เห็นว่าโครงข่ายที่มีการพัฒนาทางหลวงตามแผนงานในอนาคต (ช่วงปี 2565–2579) มีความยืดหยุ่นความจุในการรองรับรูปแบบความต้องการเดินทางที่เปลี่ยนไปได้มากขึ้น

คำสำคัญ :

ความยืดหยุ่นความจุ ความจุสำรอง การเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบการจราจร

Abstract

The capacity flexibility for transportation networks is the ability of a transportation network to accommodate changes in traffic demand while maintaining the efficiency of the transport system. This research assesses the capacity flexibility of highway network for the Eastern Economic Corridor area because the EEC project is an engine to drive economic growth, which leads to an increase in the number of activities in this area. The capacity flexibility of the EEC network is assessed to determine the ability to handle traffic under demand uncertainty. Two approaches for assessing the value of capacity flexibility are measured. The first approach is based on the concept of reserve capacity and the second approach allows for variations in the demand pattern in addition to changes in demand volume. The results of the first concept show that there is no reserve capacity. Then network was improved based on various scenarios of DOH plans. Once all the projects are completed, the network can handle up to 1.16 times of the current demand. The results of the second concept show that the improved network (period 2022-2036) is more flexible because it can handle more demand patterns.

Keywords :

capacity flexibility; reserve capacity; traffic demand uncertainty

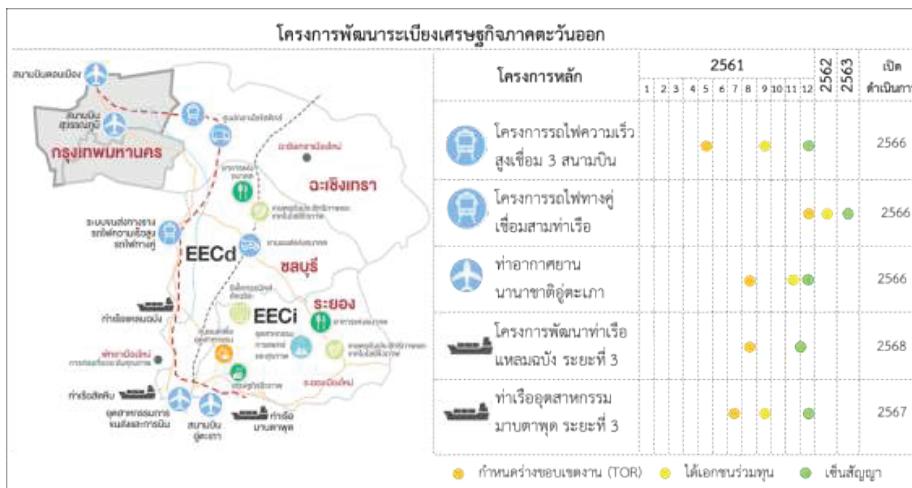
1. บทนำ

การประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทางหลวงในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกเป็นเครื่องมือเพื่อวางแผนรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณและด้านรูปแบบการจราจร อันเนื่องมาจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและการขยายตัวของเมือง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายของรัฐบาลที่ได้มีการผลักดันให้พื้นที่นี้กลายเป็น “World-Class Economic Zone” รองรับการลงทุนอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ เพื่อเป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจในอีก 20 ปีข้างหน้า [1] โดยพื้นที่เป้าหมายในระยะแรกคือ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง โดยเร่งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ พัฒนาศูนย์คมนาคมนานาชาติอู่ตะเภา พัฒนาท่าเรือแหลมฉบัง

และท่าเรือมาบตาพุด ระยะที่ 3 พัฒนารถไฟฟ้าทางคู่เชื่อมสามท่าเรือ และก่อสร้างรถไฟความเร็วสูงเชื่อมสามสนามบิน เป็นต้น [2] โดยโครงการดังกล่าวมีแผนดำเนินการดังแสดงในภาพที่ 1 ในส่วนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางถนน กรมทางหลวงได้มีแผนงานการพัฒนาทางหลวงสำหรับโครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก [9] ซึ่งประกอบด้วย การขยายช่องจราจรตามเส้นทางที่สำคัญ และการก่อสร้างทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองสายใหม่ โครงการการพัฒนาเหล่านี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างพื้นฐานและความต้องการเดินทางในพื้นที่ ดังนั้น Rakkrai and Kasikitwiwat ได้ประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทางหลวงบริเวณท่าเรือแหลมฉบังและพื้นที่ใกล้เคียง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นจุดคอขวดในปัจจุบัน และความยืดหยุ่น

ความจุของโครงข่ายในการรองรับการจราจรที่เพิ่มขึ้นอันเกิดจากแผนพัฒนาทางหลวง [3] ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทางหลวงในพื้นที่ EEC ในโครงข่ายที่ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนรองรับการเปลี่ยนแปลงด้าน

ปริมาณและรูปแบบการจราจรในอนาคตได้มากขึ้น ผลการวิเคราะห์จะนำไปสู่การประเมินศักยภาพของโครงข่ายทางหลวง เพื่อใช้ในการจัดทำแนวทางการแก้ไขปัญหาทางด้านจราจรเพื่อสนับสนุนการเดินทางและขนส่งสินค้าในพื้นที่ภาคตะวันออกให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ



ที่มา: <https://baania.com/th>

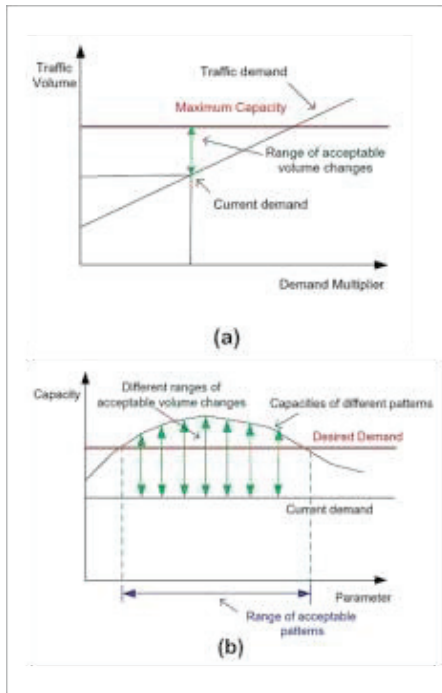
ภาพที่ 1 แผนพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC)

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายการขนส่ง คือ ความสามารถของระบบขนส่งที่รองรับการเปลี่ยนแปลงความต้องการในการเดินทาง ในขณะที่ระบบยังคงรักษาไว้ซึ่งระดับการให้บริการเดิม [4]

การศึกษาประยุกต์แนวคิดและเครื่องมือการวัดประสิทธิภาพด้านความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทางที่เสนอโดย Chen and Kasikitwiwat [5] ซึ่งประกอบด้วย 2 แนวคิด มาประเมินประสิทธิภาพของโครงข่ายทางหลวงบริเวณระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก แนวคิดแรก ภาพที่ 2(a) คือการวัดความยืดหยุ่นความจุระบบขนส่งตามแนวคิดความจุสำรอง (Reserve Capacity) ซึ่งสะท้อนค่าความยืดหยุ่นความจุในการรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการใช้

โครงข่ายจราจรในด้านปริมาณ (Demand Volume) เพียงอย่างเดียว แนวคิดนี้ มีสมมุติฐานว่าการเจริญเติบโตของการจราจรเป็นไปอย่างสม่ำเสมอในทุกพื้นที่ แนวคิดที่ 2 ภาพที่ 2(b) คือ การวัดความยืดหยุ่นความจุโดยวัดความสามารถในการรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบความต้องการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ (O-D pattern) แนวคิดนี้ มีสมมุติฐานว่าปริมาณการจราจรในแต่ละส่วนไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากการเจริญเติบโตของเมืองที่แตกต่างกัน เช่น นโยบายด้านเศรษฐกิจที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐาน และการเปลี่ยนแปลงในเรื่องการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ เป็นต้น ดังนั้นแนวคิดที่ 2 ทำให้ทราบถึงความสามารถของโครงข่ายทางหลวงในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงด้านอุปสงค์หลากหลายรูปแบบ



ที่มา: Chen and Kasikitwivat, 2011

ภาพที่ 2 (a) และ (b) การประเมินความยืดหยุ่น
ความจุของโครงข่าย

การประเมินความยืดหยุ่นความจุเริ่มต้นด้วยการวัดความจุของโครงข่ายทางเพื่อหาค่าความยืดหยุ่นความจุในการรองรับการเปลี่ยนแปลงการจราจรเชิงปริมาณ (แนวคิดที่ 1) และความยืดหยุ่นความจุในการรองรับการเปลี่ยนแปลงการจราจรเชิงรูปแบบ (แนวคิดที่ 2) จากการพิจารณาความจุของโครงข่ายทางที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจราจร ผู้วิจัยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาความจุสำรองที่เสนอโดย wong และ Yang [6] ตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้เป็นโปรแกรมสองระดับ (Bi-level Programming) ประกอบด้วย ปัญหาระดับบน (Upper Level Problem) และปัญหาระดับล่าง (Lower Level Problem) ซึ่งปัญหาระดับบนจะถือเป็นตัวแทน

ของนักวางแผนที่ลองทดสอบเพิ่มอุปสงค์การเดินทางเพื่อหาระดับความจุสำรองของระบบ [7] ส่วนปัญหาระดับล่างใช้แบบจำลองแบบสมดุล (User Equilibrium Model) [8] ที่สะท้อนพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ทุกคนต้องการเส้นทางเดินทางที่มีระยะเวลาน้อยที่สุดภายใต้สมมติฐานว่าผู้ขับขี่ทุกคนมีความรู้เรื่องเส้นทางและสภาพการจราจรเป็นอย่างดี

2.1 ปัญหาระดับบน (Upper Level Problem)

สมการเป้าประสงค์ (Objective Function)

$$\text{Max } \mu \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$v_a(\mu q) \leq C_a, \quad \forall a \in A \quad (2)$$

2.2 ปัญหาระดับล่าง (Lower Level Problem)

สมการเป้าประสงค์ (Objective Function)

$$\text{Min} Z = \sum_a \int_0^{v_a} t_a(x) dx \quad (3)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{r \in R_{ij}} f_r^{ij} = \mu q_{ij}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \quad (4)$$

$$v_a = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{r \in R_{ij}} f_r^{ij} \delta_{ra}^{ij}, \quad \forall a \in A, \quad (5)$$

$$f_r^{ij} \geq 0, \quad \forall i \in I, j \in J, r \in R_{ij} \quad (6)$$

ผู้วิจัยได้กำหนดดัชนี ตัวแปรตัดสินใจ และตัวแปรพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยมีรายละเอียดดังนี้

ดัชนี (Index)

i, j ดัชนีแทนจุดต้นทาง-ปลายทาง ซึ่ง i แทนจุดต้นทาง และ j แทนจุดปลายทางของโครงข่าย

a ดัชนีของช่วงทาง (Link) ในโครงข่ายแทนช่วงทางที่ $a = 1, 2, 3, 4, \dots$

r ดัชนีของสายทาง (Path) ในโครงข่ายแทนสายทางที่ $r = 1, 2, 3, 4, \dots$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

μ สัดส่วนของปริมาณความต้องการเดินทางที่เพิ่มขึ้น (ปัญหาระดับบน)

f_r^{ij} ปริมาณจราจรบนสายทาง r ของคู่จุดต้นทาง-ปลายทาง i, j (ปัญหาระดับล่าง) พารามิเตอร์ (Parameter)

C_a ความจุของปริมาณจราจรบนช่องทาง a (PCU/วัน)

v_a ปริมาณจราจรบนช่องทาง a (PCU/วัน)

t_a ระยะเวลาในการเดินทางบนช่องทาง a (นาที)

q_{ij} ปริมาณความต้องการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ จาก i ไป j

δ_{ra}^{ij} ตัวบ่งชี้ในกรณีที่ช่องทาง a เป็นส่วนหนึ่งของสายทาง r ระหว่างคู่เดินทางจาก i ไป j มีค่าเท่ากับ 1; ถ้าช่องทาง a เป็นส่วนหนึ่งของสายทาง r ระหว่างคู่เดินทางจาก i ไป j หรือเท่ากับ 0; ในกรณีอื่นๆ

การวิเคราะห์ปัญหาในระดับบน มีสมการจุดประสงค์ (Objective function) ดังสมการที่ (1) ซึ่งเกิดจากการเพิ่มอุปสงค์การเดินทางเข้าไปให้ได้มากที่สุด ทำให้ค่า μ สูงที่สุด โดยมีข้อจำกัดตามสมการที่ (2) ว่าปริมาณจราจรหลังจากแจกแจงต้องไม่เกินความจุของช่องทางนั้น ส่วนปัญหาระดับล่างสมการจุดประสงค์ (Objective function) ดังสมการที่ (3) เป็นการแจกแจงปริมาณจราจรแบบสมดุล มีข้อจำกัดคือ สมการที่ (4) ที่กำหนดให้ผลรวมปริมาณจราจรของทุกสายทาง (Path) ระหว่างคู่การเดินทางจาก i ไป j เท่ากับปริมาณอุปสงค์

การเดินทางจาก i ไป j ที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วน μ และสมการที่ (5) กำหนดว่าปริมาณจราจรของทุกช่องทาง (Link) เท่ากับผลรวมปริมาณจราจรทุกสายทาง (Path) ระหว่างคู่การเดินทางจาก i ไป j โดยเป็นช่องทางที่ผ่านสายทางนั้นด้วย และสมการที่ (6) บ่งบอกว่าปริมาณจราจรบนสายทางใดๆ จะติดลบไม่ได้

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดวางแผนวิธีการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาปัญหาการจราจรในพื้นที่

3.2 ศึกษาแนวคิด ทบทวนทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดเป้าหมายของงานวิจัย ขอบเขตงานวิจัย

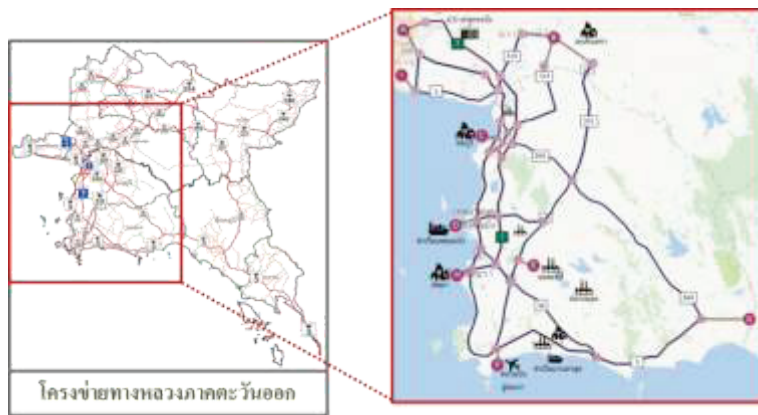
3.3 รวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการประมวลผลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลด้านอุปสงค์ (ปริมาณการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่) และข้อมูลด้านอุปทาน (ลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายทาง และเส้นทางต่างๆ)

3.4 ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel (Analytic Solver Version 2018) เพื่อประเมินความจุสำรองของโครงข่ายทางหลวงในปัจจุบัน และเพื่อหาช่องทางที่เกิดคอขวดและประเมินค่าความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทาง ระยะเวลาในการประมวลผลของโปรแกรมสำหรับโครงข่ายในการศึกษานี้ คือ ประมาณ 80 วินาทีต่อการประมวลผลที่ค่า μ หนึ่งค่า อย่างไรก็ตามระยะเวลาประมวลผลในแต่ละรอบไม่เท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับข้อกำหนดค่า μ เริ่มต้นและความถี่ของอันตรภาคขั้นของค่า μ ที่เพิ่มขึ้น

3.5 ประเมินความยืดหยุ่นความจุโครงข่ายที่มี การพัฒนาปรับปรุงตามแผนพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจ ภาคตะวันออกของกรมทางหลวงหลังจากมีการพัฒนา ปรับปรุงเส้นทางตามช่วงปีต่างๆ

3.6 สร้างรูปแบบความต้องการเดินทางที่ แตกต่างกัน แล้วจึงประเมินความยืดหยุ่นความจุ ของโครงข่ายทางตามแนวคิดที่ 2 (การรองรับการ เปลี่ยนแปลงการจราจรเชิงรูปแบบ)

3.7 เสนอแนวทางในการแก้ไขและพัฒนา โครงข่ายทางหลวงที่เหมาะสม โดยพื้นที่ศึกษา สำหรับงานวิจัยนี้ครอบคลุมโครงข่ายทางหลวง ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง ร่วมพื้นที่ กรุงเทพมหานคร บางส่วน ดังภาพที่ 3 โดยทางหลวง หลักที่ผ่านในโครงข่ายศึกษาได้แก่ ทางหลวงพิเศษ หมายเลข 7 ทางหลวงหมายเลข 3, 34, 36, 331, 314 และ 344



ภาพที่ 3 แผนที่โครงข่ายทางหลวงพื้นที่ศึกษา

4. ผลการศึกษา

จากการประเมินความยืดหยุ่นความจุของ โครงข่ายทางหลวงที่ประมวลผลด้วยแบบจำลอง การประเมินความจุสำรองของโครงข่าย พบว่า โครงข่ายทางหลวงของพื้นที่ศึกษาในปัจจุบัน ไม่มีความจุสำรอง เนื่องจากบางช่วงทางมีปริมาณ การจราจรที่เต็มความจุของทางหลวงถือว่าเป็น ช่วงทางที่เกิดคอขวด ได้แก่ ทางหลวงหมายเลข

34 ช่วงบางปะกง-หนองไม้แดง (บริเวณหน้านิคม อมตะนคร) ทางหลวงหมายเลข 3 ช่วงหนองไม้แดง- ชลบุรี ขาเข้าอำเภอเมืองชลบุรี และในช่วงที่มี การจราจรค่อนข้างแออัด ได้แก่ ทางหลวงพิเศษ หมายเลข 7 ช่วงถนนศรีนครินทร์-บางปะกง โดย โครงข่ายสามารถรองรับปริมาณความต้องการ เดินทางได้ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณ ความต้องการเดินทางในระดับปกติ ดังภาพที่ 4

การประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทางหลวงในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก



ภาพที่ 4 ระดับการให้บริการแต่ละช่วงทาง
ของโครงข่ายศึกษาปัจจุบัน



ภาพที่ 5 แผนที่โครงข่ายแสดงแผนพัฒนา
ในการปรับปรุงโครงข่ายทางหลวง

หลังจากทราบสภาพการจราจรและความจุโครงข่ายในปัจจุบันแล้ว ผู้วิจัยจึงพิจารณาความสอดคล้องของความต้องการเดินทางกับโครงข่ายที่มีการพัฒนาปรับปรุงตามแผนพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกของกรมทางหลวงเพื่อ

ประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายตามช่วงปีต่างๆ โดยผู้วิจัยสร้างรูปแบบการปรับปรุงโครงข่าย (Scenarios) ตามช่วงระยะเวลาของแผนการดำเนินงาน 2 ช่วงเวลา แสดงในภาพที่ 5 และมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงการพัฒนาทางหลวงในพื้นที่ EEC แยกตามช่วงปี

หมายเลขทางหลวง	ช่วงทาง	ลักษณะโครงการ
ช่วงที่ 1 โครงการที่คาดว่าจะดำเนินการแล้วเสร็จในปี 2561-2564		
3	มาบตาพุด - ระยอง	ขยาย 8 ช่องจราจร
3	บางปู - บางปะกง	ขยาย 6 ช่องจราจร
3	ต่างระดับหนองไม้แดง - ชลบุรี	ขยาย 6 ช่องจราจร
3	พัทยา - บ้านฉาง	ขยาย 8 ช่องจราจร
331	สัตหีบ - เขาคันทรง ตอน ห้วยใหญ่ - หนองปรือ	ขยาย 8 ช่องจราจร
344	ชลบุรี - แกลง ตอน หนองรี - หนองปรือ	ขยาย 8 ช่องจราจร
344	ชลบุรี - แกลง ตอน คลองเตย - แกลง	ขยาย 6 ช่องจราจร
3	บางนา - หาดเล็ก ตอน คลองด่าน - บางปะกง	ขยาย 4 ช่องจราจร
3	บางนา - หาดเล็ก ตอน บ้านฉาง - มาบตาพุด	ขยาย 8 ช่องจราจร
36	กระทุ่มล้ม - ระยอง ตอนต่างระดับเขาไม้แก้ว - แยกมาบข่า	ขยาย 6 ช่องจราจร
36	กระทุ่มล้ม - ระยอง ตอนแยกมาบข่า - แยกเชิงเนิน	ขยาย 6 ช่องจราจร
331	ห้วยใหญ่ - พันเสด็จนอก	บูรณะและขยาย 8 ช่องจราจร
M7	ตอน พัทยา - มาบตาพุด	ก่อสร้างเพิ่มช่วงทาง

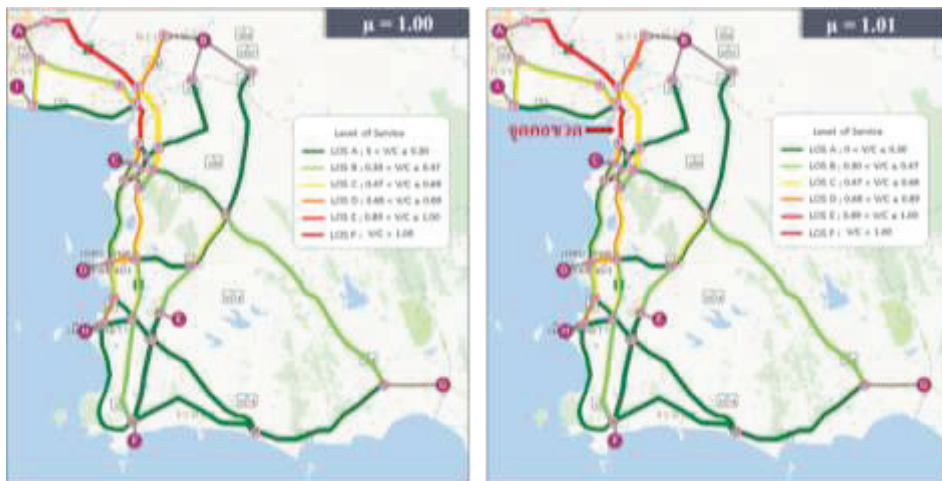
ตารางที่ 1 โครงการพัฒนาทางหลวงในพื้นที่ EEC แยกตามช่วงปี

หมายเลขทางหลวง	ช่วงทาง	ลักษณะโครงการ
ช่วงที่ 2 โครงการที่คาดว่าจะดำเนินการแล้วเสร็จในปี 2565-2579		
331	ต่างระดับมาบเียง – แยกทางหลวงหมายเลข 344 แยกหนองปรือ	ขยาย 8 ช่องจราจร
331	แยกทางหลวงหมายเลข 36 – ต่างระดับมาบเียง	ขยาย 8 ช่องจราจร
3	ระยอง – ป่าเตียน	ขยาย 8 ช่องจราจร
-	ชลบุรี – นครราชสีมา (แหลมฉบัง – ปราจีนบุรี ทล.359)	ก่อสร้างเส้นทางใหม่
-	ชลบุรี – นครราชสีมา (ปราจีนบุรี ทล.359 – นครราชสีมา Mw.6)	ก่อสร้างเส้นทางใหม่
-	ชลบุรี – ตราด	ก่อสร้างเส้นทางใหม่
-	วงแหวนรอบนอกตะวันออก-สระแก้ว (ด่านอรัญประเทศ)	ก่อสร้างเส้นทางใหม่

จากผลการพัฒนาและปรับปรุงโครงข่ายทั้ง 2 ช่วงเวลา พบว่า หากกรมทางหลวงดำเนินการปรับปรุงเส้นทางที่อยู่ในโครงข่ายตามแผนงานของกรมทางหลวงจะทำให้โครงข่ายทางหลวงสามารถรองรับปริมาณความต้องการเดินทางที่เพิ่มขึ้นได้ ดังภาพที่ 8 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- การปรับปรุงช่วงเวลาที่ 1 สามารถรองรับปริมาณความต้องการเดินทางได้ 1.01 เท่าของความต้องการเดินทางปัจจุบัน (ปัจจุบันโครงข่ายมีความจุ

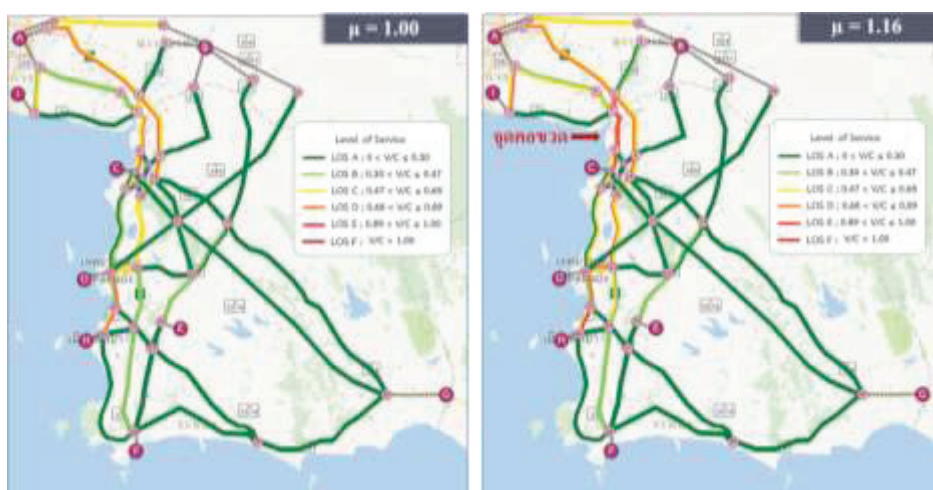
น้อยกว่าปริมาณการจราจร) จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่าในช่วงปีดังกล่าวหากปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นเพียง 1 % จากความต้องการเดินทางปัจจุบัน จะทำให้เกิดคอขวดที่ช่วงทางหลวงหมายเลข 34 ช่วงบางปะกง-หนองไม้แดง (บริเวณหน้านิคมอมตะนคร) ซึ่งเป็นช่วงทางเดิมที่เกิดคอขวดในปัจจุบัน แต่โดยรวมหลายช่วงทางมีค่าระดับการใช้บริการที่ดีขึ้น



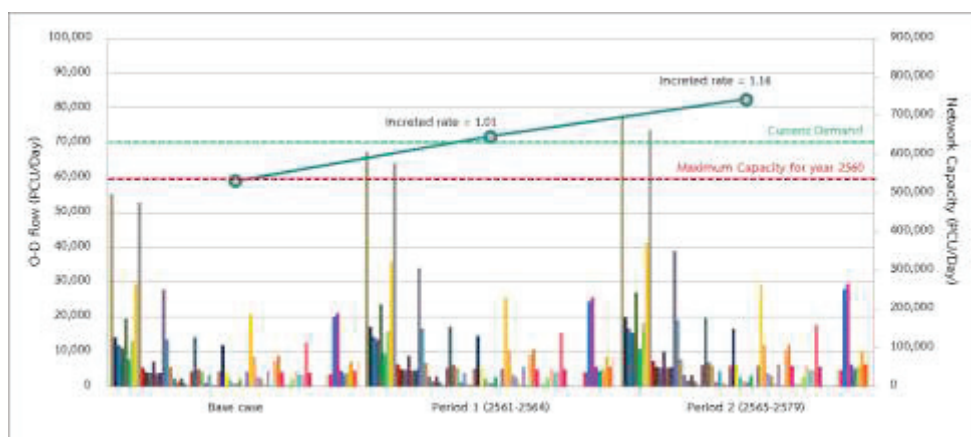
ภาพที่ 6 ระดับการให้บริการแต่ละช่วงทางของโครงข่ายที่ค่า $\mu = 1$ และ $\mu = 1.01$ ช่วงระหว่างปี 2561-2564

- การปรับปรุงช่วงเวลาที 2 สามารถรองรับปริมาณการเดินทางได้ 1.16 เท่าของความต้องการเดินทางปัจจุบัน จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าในช่วงปีดังกล่าวหากปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นจนเต็มความจุโครงข่าย จะทำให้เกิดคอขวดที่ทางหลวงหมายเลข 34 ช่วงบางปะกง-หนองไม้แดง (บริเวณหน้านิคมอมตะนคร) เช่นเดิม และทางหลวงหมายเลข 3 ใกล้บริเวณเมืองพัทยา มีสภาพการจราจรค่อนข้างแออัด

เช่นกัน ทั้งนี้ความจุของโครงข่ายเพิ่มขึ้นเป็นผลจากการที่โครงการก่อสร้างทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองหลายเส้นทาง โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างทางหลวงพิเศษวงแหวนรอบนอกตะวันออก-สระแก้ว (ด่านอรัญประเทศ) ซึ่งหากก่อสร้างแล้วเสร็จจะช่วยบรรเทาปริมาณจราจรจากทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 บริเวณกรุงเทพมหานครไปได้มาก



ภาพที่ 7 ระดับการให้บริการแต่ละช่วงทางของโครงข่ายที่ค่า $\mu = 1$ และ $\mu = 1.16$ ช่วงระหว่างปี 2565-2579



ภาพที่ 8 ความจุโครงข่ายทางหลวงหลังจากการปรับปรุงโครงข่ายตามแผนงานของกรมทางหลวง

จากการประเมินผลแสดงให้เห็นว่าแผนการพัฒนาทางหลวงทั้ง 2 ช่วง ทำให้โครงข่ายสามารถรองรับปริมาณความต้องการเดินทางที่เพิ่มขึ้นได้อีกทั้งโครงข่ายมีสภาพการจราจรโดยรวมดีขึ้น โดยช่วงทางที่มีระดับการให้บริการ (Level of service)

ที่ระดับ A มีจำนวนมากขึ้น ส่วนช่วงทางที่มีระดับการให้บริการในช่วง B-D มีจำนวนที่เปลี่ยนไปจากสภาพปัจจุบันเล็กน้อย และไม่มีช่วงทางที่มีระดับการให้บริการที่ระดับ F ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบระดับการให้บริการที่ค่า $\mu = 1$ ของสภาพการจราจรปัจจุบันและหลังจากปรับปรุงทาง

ระดับการให้บริการ (LOS)	ช่วงของค่า V/C	จำนวนช่วงทาง			สัดส่วนเมื่อเทียบกับช่วงทั้งหมด (%)		
		สภาพปัจจุบัน	ปรับปรุง ช่วงที่ 1	ปรับปรุง ช่วงที่ 2	สภาพปัจจุบัน	ปรับปรุง ช่วงที่ 1	ปรับปรุง ช่วงที่ 2
A	(V/C < 0.3)	34	40	59	41.46	47.62	60.2
B	(V/C = 0.30-0.47)	15	17	15	18.29	20.24	15.31
C	(V/C = 0.47-0.68)	21	17	17	25.61	20.24	17.35
D	(V/C = 0.68-0.89)	7	6	7	8.54	7.14	7.14
E	(V/C = 0.89-1.00)	3	4	0	3.66	4.76	0
F	(V/C = >1.00)	2	0	0	2.44	0	0
Total Link		82	84	98	100	100	100

ผลการประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายตามแนวคิดที่ 2 คือ การจราจรมีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านปริมาณ (Demand Volume) และด้านรูปแบบ (Demand Pattern) โดยมีสมมุติฐานว่าปริมาณการจราจรในแต่ละคู่พื้นที่ไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากการเจริญเติบโตของเมืองที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ความยืดหยุ่นความจุที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบการเดินทางที่แตกต่างกันของแต่ละพื้นที่จะให้ค่าความจุโครงข่ายที่แตกต่างกัน หากโครงข่ายสามารถรองรับรูปแบบการเดินทางได้หลายรูปแบบ (ความจุโครงข่ายแต่ละรูปแบบอยู่ในระดับที่กำหนด) หมายถึงโครงข่ายมีความยืดหยุ่นในการรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบจราจรได้มาก

การศึกษานี้ ผู้วิจัยได้สร้างรูปแบบการเดินทางที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจรแตกต่างกัน 5 รูปแบบได้แก่

รูปแบบที่ 1 : อัตราการเพิ่มขึ้นของการจราจรเท่ากันทุกพื้นที่

รูปแบบที่ 2 : อัตราการเพิ่มขึ้นของการจราจรมากบริเวณพื้นที่ด้านใกล้ทะเลของพื้นที่ภาคตะวันออก

รูปแบบที่ 3 : อัตราการเพิ่มขึ้นของการจราจรมากบริเวณตอนกลางของพื้นที่ภาคตะวันออก

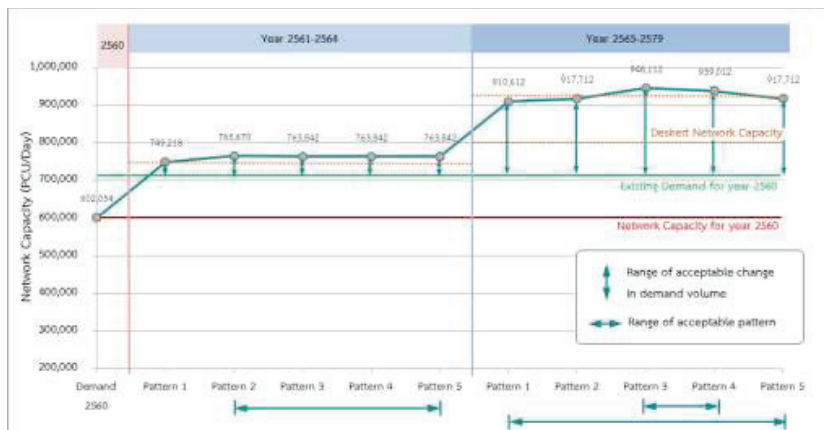
รูปแบบที่ 4 : อัตราการเพิ่มขึ้นของการจราจรมากทางด้านตะวันออก

รูปแบบที่ 5 : อัตราการเพิ่มขึ้นของการจราจรในแต่พื้นที่อ้างอิงจากข้อมูลการพยากรณ์ทางเศรษฐศาสตร์

ผลการประเมินจากภาพที่ 9 พบว่าช่วงที่คาดว่าโครงการก่อสร้างทางหลวงจะแล้วเสร็จในปี 2561-2564 นั้นโครงข่ายมีความจุเพิ่มขึ้น แต่เมื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงรูปแบบความต้องการเดินทางแล้วพบว่า รูปแบบที่ 2 ให้ค่าความจุโครงข่ายมากกว่ารูปแบบอื่นๆ ในช่วงปีเดียวกันเพียงเล็กน้อยเนื่องจากช่วงทางที่เป็นจุด

คovidนั้น ยังคงเป็นช่วงทางเดิมในทุกรูปแบบ ทำให้ความจุโครงข่ายแทบไม่เปลี่ยนแปลงแม้รูปแบบความต้องการเดินทางจะแตกต่างกัน หากพิจารณาถึงความจุโครงข่ายที่ต้องการ (เส้น Desired Network Capacity กำหนดจากความจุที่ต้องการภายใต้ระดับการบริการที่ยอมรับได้) พบว่า ถ้าความจุโครงข่ายที่ต้องการ คือ 750,000 PCU/Day โครงข่ายจะสามารถรองรับรูปแบบการเดินทางได้ 4 รูปแบบจาก 5 รูปแบบ แต่ถ้าความจุโครงข่ายที่ต้องการเกินจาก 770,000 PCU/Day โครงข่ายจะเริ่มมีช่วงทางที่เกิดคอขวด

สำหรับช่วงเวลาที่คาดว่าโครงการก่อสร้างทางหลวงจะแล้วเสร็จในปี 2565-2579 นั้น พบว่ารูปแบบที่ 3 ให้ค่าความจุโครงข่ายมากกว่ารูปแบบอื่นๆ และรูปแบบความต้องการเดินทางที่แตกต่างกันให้ค่าความจุโครงข่ายที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โครงข่ายสามารถรองรับความต้องการเดินทางได้มากขึ้น แม้จะกำหนดความจุโครงข่ายที่ต้องการถึง 850,000 PCU/Day ก็ยังคงสามารถรองรับรูปแบบการเดินทางได้ทุกรูปแบบจากรูปแบบที่สร้างขึ้น หมายความว่า โครงข่ายนี้มีความยืดหยุ่นมาก



ภาพที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความจุของโครงข่ายทางหลวงที่มีรูปแบบต่างๆ กัน

5. สรุปผลการดำเนินการวิจัย

การประเมินความยืดหยุ่นความจุของโครงข่ายทางหลวงจากแผนพัฒนาทางหลวงทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพโดยรวมของโครงข่ายในการรองรับการเปลี่ยนแปลงการจราจรเชิงระบบในอนาคต จากผลการประเมินพบว่า โครงข่ายทางหลวงปัจจุบันไม่มีความจุสำรอง และเมื่อมีการพัฒนาทางหลวงตามแผนงานของกรมทางหลวงเสร็จสิ้นทั้งสองช่วงเวลา โครงข่ายสามารถรองรับความต้องการเดินทางได้มากขึ้น แต่ยังมีช่วงทางที่เป็นจุดคอขวดถึงแม้จะมีการพัฒนาทางหลวงในระยะแรกแล้ว คือ ทางหลวง

หมายเลข 34 ช่วงบางปะกง-หนองไม้แดง (บริเวณหน้านิคมอมตะนคร) และหลังจากพัฒนาทางหลวงในช่วงปี 2565-2579 ทำให้โครงข่ายทางหลวงมีความยืดหยุ่นความจุเพิ่มขึ้น โดยโครงข่ายสามารถรองรับปริมาณความต้องการเดินทางได้เพิ่มขึ้นถึง 16% จากปริมาณความต้องการเดินทางปัจจุบัน แต่ยังคงพบ 4 ช่วงทางที่มีปริมาณการจราจรที่ค่อนข้างหนาแน่น ได้แก่ ทางหลวงหมายเลข 34 ช่วงบางปะกง-หนองไม้แดง (บริเวณหน้านิคมอมตะนคร) ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 ช่วงบางปะกง-หนองรี-หนองขาม ทางหลวงหมายเลข 3 ช่วงศรีราชา-พัทยา และทางเข้าท่าเรือแหลมฉบัง

ดังนั้นหากกรมทางหลวงดำเนินการพัฒนาทางหลวงตามแผนงานที่ได้วางไว้จะสามารถทำให้โครงข่ายมีความยืดหยุ่นมากขึ้นได้ในช่วงระยะที่สอง (ปี 2565-2579) แต่ในระยะแรกจะต้องแก้ปัญหาจุดคอขวดที่เกิดขึ้นบนทางหลวงหมายเลข 34 ช่วงบางปะกง-หนองไม้แดง (บริเวณหน้านิคมอมตะนคร) ก่อน จึงจะทำให้โครงข่ายมีความยืดหยุ่นมากขึ้นทำได้โดยการเพิ่มและปรับปรุงเส้นทางเลือกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อมาช่วยแบ่งเบาปริมาณการจราจร ส่วนการแก้ไขปัญหาในจุดที่ปริมาณการจราจรค่อนข้างแออัดในจุดอื่นๆ อาจมีการจัดเส้นทางพิเศษสำหรับรถบรรทุกเพื่อแยกการจราจรของรถบรรทุกซึ่งมีความเร็วต่ำออกจากการจราจรปกติที่มีความเร็วสูง และเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ขับขี่

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 อาจมีการพิจารณาเส้นทางที่ไม่ใช่ทางหลวงหลักแต่มีบทบาทในการเชื่อมโยงกับพื้นที่ที่สำคัญๆ เพิ่มเติม

6.2 หากสร้างรูปแบบความต้องการเดินทางที่แตกต่างกันหลายรูปแบบมากขึ้น จะทำให้การประเมินความยืดหยุ่นของโครงข่ายมีความแม่นยำมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และกรมทางหลวง

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] รัฐบาลไทย. (2560). [ออนไลน์]. ออริจิ้นทุนรัฐ ผุดโครงการกว่า 12,000 ล้านบาท รุกตลาด EEC จุดพลุลงทุนฯ ตอบโจทย์นักลงทุนไทย-ต่างชาติ. [สืบค้นวันที่ 12 มกราคม 2561]. จาก <http://www.thaigov.go.th/news/contents/details/7844>
- [2] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). [ออนไลน์]. โครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC). [สืบค้นวันที่ 22 เมษายน 2561]. จาก <http://www.nesdb.go.th/>
- [3] Rakkrai W., and Kasikitwiwat P., (2017). Capacity Flexibility Analysis of the Highway Network for the Eastern Thailand. In: Proceedings of the 22nd International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, Kowloon, Hong Kong. pp. 507-514.
- [4] Morlok E., and Chang D., (2004). Measuring Capacity Flexibility of a Transportation System. Journal of Transportation Research Part A, 33: 405-420.
- [5] Chen A, and Kasikitwiwat P., (2011). Modeling Capacity Flexibility of Transportation Networks. Journal of Transportation Research Part A, 45: 105-117.
- [6] Wong SC., and Yang H., (1997). Reserve capacity of a signal-controlled road network. Journal of Transportation Research Part B, 31 (5): 397-402.
- [7] กรมทางหลวง, (2559). รายงานความก้าวหน้าการประเมินความน่าเชื่อถือและความยืดหยุ่นด้านความจุของโครงข่ายทางหลวงเพื่อรับรองการขนส่งสินค้าของพื้นที่ภาคตะวันออก. กรุงเทพมหานคร.
- [8] Sheffi Y., (1985). Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods. Prentice Hall., Inc., Englewood Cliffs, NJ.
- [9] สำนักแผนงานกรมทางหลวง, (2560). แผนงานโครงการพัฒนาทางหลวงสำหรับโครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก. กรุงเทพมหานคร.