



**การตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า
ระหว่างประเทศไทยกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสาธารณรัฐอินเดีย
โดยใช้ AHP และ ZOGP**

**The Decision Making of the Freight Route between Thailand and
North East India by AHP and ZOGP**

วรพจน์ มีกม Warapoj Meethom ^{1,*}, สหชัย จิम्मณี Sahachai Chimmanee ²

¹ Ph.D., อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

² นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

แนวโน้มของการติดต่อค้าขายของประเทศไทยกับสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) มีโอกาสขยายตัวได้มาก ในการศึกษาหาเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมจะสามารถทำให้สินค้าของประเทศไทยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับประเทศต่างๆ ได้ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ การวิจัยนี้ใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Model) สำหรับการตัดสินใจที่ใช้เกณฑ์ตัดสินใจเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ประกอบด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process (AHP) และการโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง (Zero-One Goal Programming (ZOGP) ร่วมกัน เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางมี 5 เกณฑ์ ได้แก่ 1) งบประมาณในการขนส่ง 2) เวลาในการขนส่ง 3) ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 4) ความเสี่ยงของโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทาง และ 5) ความเสี่ยงด้านอื่นๆ เส้นทางขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) มี 10 เส้นทาง ผลจากการคำนวณด้วยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ พบว่าเส้นทางขนส่งสินค้าจากประเทศไทย (กรุงเทพมหานคร) ไปยังสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ-เมืองกัวฮาตี รัฐอัสสัม) ที่เหมาะสมที่สุดตามความต้องการของผู้ตัดสินใจ คือ

* E-mail address: warapoj.m@eng.kmutnb.ac.th

กรุงเทพมหานคร – แม่สอด/เมียวดี – มะละแหม่ง – มณฑะเลย์ – ตามู/มอเร็ห์ – เมืองกุวาฮาตี รัฐอัสสัม ซึ่งมีต้นทุนในการขนส่ง 237,000 บาท ใช้เวลาในการขนส่ง 13 วัน ความเสี่ยงในเส้นทางอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 4.00 (ระดับต่ำ) ค่าความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทาง 5.55 (ระดับต่ำ) และค่าความเสี่ยงด้านอื่นๆ 4.00 (ระดับต่ำ) สำหรับตู้สินค้าขนาด 20 ฟุต

คำสำคัญ: สาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ), เส้นทางการขนส่งสินค้า, โปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง, กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ABSTRACT

The trend of international trade between Thailand and North East India has increased opportunities for growth. This study aims to investigate the appropriate logistic route to reduce cost. Therefore Thailand can enhance more competitive possibility than other countries. The mathematic model will combine Analytic Hierarchy Process (AHP) and Zero-One Goal Programming (ZOGP). Criteria for decision making consist of five factors: 1) budget, 2) time, 3) risk of damaged freight, 4) risk of infrastructure and 5) risk of other factors. Although there are 10 freight routes from Thailand to North East India, according to the mathematical result shown, the most profitable route is Bangkok - Mae Sot/Myawaddy – Mawlamyine – Mandalay – Tamu/Moreh – Kuwahati Assam. It will cost 237,000 (THB), 13 days travelling. While the risk scale of damaged freight, 20 ft. container is 4.00 (low risk), the risk scale of infrastructure is 5.55 (low risk) and the risk scale of other factors is 4.00 (low risk).

Keywords: North East India, Freight Route, Zero-One Goal Programming, Analytic Hierarchy Process

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2556 แม้เศรษฐกิจไทยจะมีแนวโน้มการขยายตัวลดลง แต่คาดว่าจะมีแรงขับเคลื่อนจากการใช้จ่ายของภาครัฐ และด้านเศรษฐกิจระหว่างประเทศ โดยเศรษฐกิจของประเทศคู่ค้าหลักมีความมั่นคงในการขยายตัวมากกว่าปี พ.ศ. 2555 ทำให้ภาคการส่งออกมีบทบาทมากขึ้นในการขับเคลื่อนการขยายตัวทางเศรษฐกิจ

วราภรณ์ มีถม และ สหชัย จิมมณี

ตารางที่ 1: อัตราการขยายตัวของเศรษฐกิจประเทศคู่ค้าหลัก (ยกเว้นอาเซียน) ปี พ.ศ. 2555-2556

ประเทศ	อัตราการขยายตัวของ GDP (%) ปี พ.ศ. 2555	อัตราการขยายตัวของ GDP (%) ปี พ.ศ. 2556
ออสเตรเลีย	3.3	3.1
ญี่ปุ่น	2.4	1.6
อินเดีย	6.3	6.0
เกาหลีใต้	3.3	4.2
จีน	7.8	8.5

ที่มา: มูลนิธิสถาบันวิจัยนโยบายเศรษฐกิจการคลัง, 2556

จากตารางที่ 1 อัตราการขยายตัวของสาธารณรัฐอินเดียและสาธารณรัฐประชาชนจีนอยู่ในระดับที่น่าสนใจ ปัจจุบันไม่มีใครมองข้ามสาธารณรัฐอินเดีย เนื่องจากเป็นตลาดใหญ่เทียบเท่าจีน ในขณะที่ปริมาณการค้าระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐอินเดียยังถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดของตลาด โอกาสที่จะเพิ่มหรือขยายขึ้นมีสูงมาก สาธารณรัฐอินเดียเป็นประเทศที่มีขนาดเศรษฐกิจใหญ่เป็นอันดับ 7 ของโลก มีกรุงนิวเดลีเป็นเมืองหลวง ปกครองด้วยระบอบประชาธิปไตย ปัจจุบันสาธารณรัฐอินเดียมีประชากรที่มีกำลังซื้อกว่า 300 ล้านคน และประชากรมากกว่า 1,200 คน อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจร้อยละ 6 ซึ่งมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม โดยเฉพาะเทคโนโลยีสารสนเทศ การสื่อสาร และยานยนต์ สาธารณรัฐอินเดียมีแหล่งวัตถุดิบที่สมบูรณ์เหมาะแก่การลงทุน จึงเป็นโอกาสที่ไทยจะสามารถเข้าไปลงทุนและเจาะตลาดสินค้าได้มากขึ้น

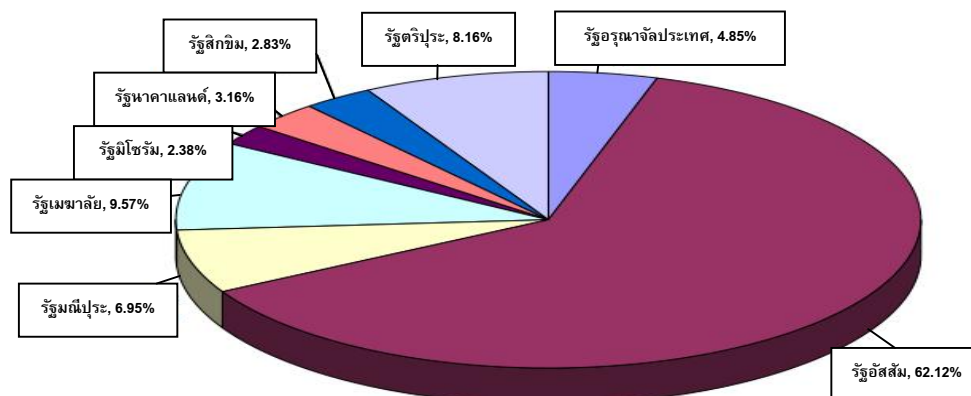
ปัจจุบันสินค้าส่งออกไทยบางรายการได้รับการลดภาษีภายใต้กรอบการค้าเสรีไทย-อินเดีย (Thailand India Free Trade Area: TIFTA) ตกลงลดภาษีระหว่างกันในรายการสินค้าเร่งลดภาษี 82 รายการ และเพื่อให้ครอบคลุมการเปิดเสรีสินค้าในส่วนที่เหลือ การค้าเสรีอาเซียน-อินเดีย (ASEAN India Free Trade Area: AIFTA) ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2553 ครอบคลุมสินค้ากว่า 4,850 รายการ

สาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) ประกอบด้วย 8 รัฐ คือ รัฐอัสสัม รัฐมณีปุระ รัฐมิโซรัม รัฐเมฆาลัย รัฐตรีปุระ รัฐนาคาแลนด์ รัฐอรุณาจัลประเทศ และรัฐสิกขิม (แสดงดังรูปที่ 1) มีประชากรรวมทั้งหมดประมาณ 45 ล้านคน ในพื้นที่นี้ประชากรส่วนใหญ่สนใจสินค้าไทย นิยมสินค้าไทย และเชื่อมั่นว่าสินค้าที่มาจากประเทศไทยมีคุณภาพสูง สินค้าไทยที่ได้รับความนิยม เช่น เสื้อผ้า กางเกง ยีนส์ รองเท้าแตะ เครื่องประดับ สร้อยแหวน โต๊ะเครื่องแป้งแบบน็อคดาว์น แบตเตอรี่ เป็นต้น แนวโน้มของการติดต่อค้าขายของประเทศไทยกับสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) มีโอกาสขยายตัวได้อีกมาก เป็นตลาดการค้าใหม่และการแข่งขันยังน้อย คนในภูมิภาคนี้ยินดีรับสินค้าจากทุกชาติที่เข้าไปทำตลาด (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2556) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคู่แข่งที่สำคัญในพื้นที่นี้ คือ จีน ฉะนั้นในการศึกษาหาเส้นทางทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมจะทำให้สินค้าของไทย มีศักยภาพสูงขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนโลจิสติกส์ ปัจจุบันเส้นทางทางการขนส่งสินค้านี้ระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) ประกอบไปด้วยเส้นทางเลือกหลายเส้นทางและหลายรูปแบบ

แต่ละเส้นทางมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบต่างกัน โดยเฉพาะทางด้านต้นทุน เวลาที่ใช้ในการขนส่ง และในแต่ละเส้นทางก็ยังมีอุปสรรคต่างๆ ที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 1: แผนที่รัฐทั้ง 8 ของสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ)
ที่มา : กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2555



รูปที่ 2: สัดส่วนผลผลิตภาคอุตสาหกรรมในสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ)
ที่มา : ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2555

รัฐอัสสัม ซึ่งเป็นรัฐศูนย์กลางสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) ประชากรประมาณ 22.2 ล้านคน มีความก้าวหน้าด้านอุตสาหกรรมที่สุดในภูมิภาคนี้ (แสดงดังรูปที่ 2) และมีเมืองสำคัญที่เป็นศูนย์กลางธุรกิจ คือ เมืองกัวฮาตี (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2556)

จากการศึกษางานวิจัยของ Kengpol และคณะ (2012) ได้สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Model) สำหรับการตัดสินใจที่สามารถใช้เกณฑ์ตัดสินใจเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเอาไว้ โดยมีเกณฑ์ในการตัดสินใจทั้งหมด 5 เกณฑ์ ได้แก่ 1) งบประมาณ 2) เวลา 3) ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 4) ความเสี่ยงของโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทาง และ 5) ความเสี่ยงด้านอื่นๆ รูปแบบทางคณิตศาสตร์นั้นเหมาะสมที่จะใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางขนส่งจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) และจะพัฒนาในส่วนของการหาค่าตัวแทนของระดับความเสี่ยงของเส้นทางในแต่ละเส้นทางให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประยุกต์รูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยกำหนดจุดตั้งต้นที่กรุงเทพมหานคร และปลายทางที่เมืองกัวฮาตี และจะพัฒนาในส่วนของการหาค่าตัวแทนของระดับความเสี่ยงของเส้นทางในแต่ละเส้นทางให้ใกล้เคียงกับสภาพความเสี่ยงจริง

ประโยชน์ของการวิจัย

ได้เส้นทางการขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) ที่เหมาะสม และการหาค่าตัวแทนของระดับความเสี่ยงของเส้นทาง สามารถเป็นตัวแทนสภาพเส้นทางที่ใกล้เคียงกับสภาพความเสี่ยงจริง

การทบทวนวรรณกรรม

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP)

พัฒนาขึ้นโดย Thomas L. Saaty ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีหลายเกณฑ์ตัดสินใจหรือหลายเป้าประสงค์ (Multiple Criteria Decision Making : MCDM) หลักการของ AHP ตามแนวทางของ Saaty (1980) เริ่มต้นโดยการจัดปัญหาที่ต้องการตัดสินใจ โดยการสร้างรูปแบบของปัญหา (Model) ที่ซับซ้อนในโครงสร้างที่มีลักษณะของลำดับชั้น ซึ่งประกอบด้วยเป้าหมาย (Goal) เกณฑ์ตัดสินใจ (Criteria) และทางเลือก (Alternatives) โครงสร้างที่มีลักษณะของลำดับชั้น จะแสดงเป้าหมายที่มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์ตัดสินใจ และทางเลือกต่างๆ จากเป้าหมายด้านบนสุดลงสู่ทางเลือกด้านล่างสุด ในการตัดสินใจ AHP ใช้ข้อมูลที่เป็นจริง ประสบการณ์ และการพยากรณ์ภายใต้รูปแบบปัญหา ตามเส้นทาง

เชื่อมโยงในแต่ละลำดับชั้น ใช้การเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) เป็นการหาผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ คือ น้ำหนักความสำคัญโดยการเปรียบเทียบ (Relative Weights) และจุดเด่นของกระบวนการนี้ คือ น้ำหนักความสำคัญที่ได้มีความน่าเชื่อถือ เพราะต้องพิจารณาความสอดคล้อง (Consistency) โดยกำหนดค่าความสอดคล้องของการเปรียบเทียบความสำคัญเป็นคู่ของแต่ละชุดเรียกว่า อัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio: C.R.) ซึ่งกำหนดให้ไม่เกินค่าที่กำหนด

การโปรแกรมเชิงเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง (Zero-One Goal Programming: ZOGP)

การโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง คือ การโปรแกรมเป้าหมายรูปแบบหนึ่ง เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการเลือกคำตอบ หรือชุดคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการกำหนดตัวแปรตัดสินใจเป็นเพียงสองค่า คือ ศูนย์หรือหนึ่งที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนโดยรวมจากเป้าหมายที่ต้องการทั้งหมดต่ำที่สุด โดยศูนย์แทนการไม่เลือก หนึ่งแทนการเลือก Schniederjans และ Garvin (1997) ซึ่งสามารถเขียนรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการตัดสินใจเลือกเส้นทางขนส่งสินค้า ซึ่ง Meethom และ Kengpol (2009) ได้นำ AHP มาทำงานร่วมกับ ZOGP เพื่อออกแบบระบบการตัดสินใจเลือกรูปแบบเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ และกำหนดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้งบประมาณการขนส่งและเวลาในการขนส่งที่ถูกกำหนดขึ้น ระหว่างประเทศไทยและสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) เป็นดังสมการด้านล่าง

$$\begin{aligned} \text{สมการเป้าหมาย} \quad \text{Minimize } Z &= \sum_{i=1}^m (w_i d_i^- + w_i d_i^+) \\ Z &= w_c(d_c^+) + w_t(d_t^+) + w_f(d_f^+) + w_r(d_r^+) + w_l(d_l^+) \end{aligned} \quad (1)$$

Subject to:

$$\text{Budget ,} \quad c_1 X_1 + c_2 X_2 + \dots + c_n X_n - d_i^+ = C \quad (2)$$

$$\text{Time,} \quad t_1 X_1 + t_2 X_2 + \dots + t_n X_n - d_i^+ = T \quad (3)$$

$$\text{Risk of freight damaged ,} \quad f_1 X_1 + f_2 X_2 + \dots + f_n X_n - d_i^+ = F \quad (4)$$

$$\text{Risk of Infrastructure,} \quad r_1 X_1 + r_2 X_2 + \dots + r_n X_n - d_i^+ = R \quad (5)$$

$$\text{Risk of other factors ,} \quad l_1 X_1 + l_2 X_2 + \dots + l_n X_n - d_i^+ = L \quad (6)$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n = 1 \quad (7)$$

$$w_i, d_i^+ \geq 0 : i = 1, 2, \dots, m$$

$$X_j = 0 \text{ or } 1 : j = 1, 2, \dots, n$$

โดยที่ สมการที่ (1) คือ สมการเป้าหมาย คือ ความเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมายที่ผู้ตัดสินใจกำหนด ซึ่งประกอบด้วย เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ คือ เป้าหมายที่ 1 ด้านงบประมาณ เป้าหมายที่ 2 ด้านเวลาในการขนส่ง เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ คือ เป้าหมายที่ 3 ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า เป้าหมายที่ 4 ความเสี่ยงของโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทาง และเป้าหมายที่ 5 ความเสี่ยงด้านอื่นๆ

น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจทุกด้านที่ผู้ตัดสินใจกำหนดให้ตามแนวทางของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เป็น w_1 ถึง w_m ตามลำดับ d_i^+ คือ ความเบี่ยงเบนทางด้านสูงกว่าเป้าหมายของแต่ละเกณฑ์ ในระบบการตัดสินใจนี้ (ไม่เกินค่าเป้าหมายที่ผู้ตัดสินใจกำหนดไว้)

X_j คือ ตัวแปรตัดสินใจที่แทนเส้นทางแต่ละเส้นทาง มีค่าเป็น 0 เมื่อเส้นทางนั้นไม่ถูกเลือก และเป็น 1 เมื่อเส้นทางนั้นถูกเลือกเป็นเส้นทางที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ที่กำหนด

n คือ จำนวนเส้นทางเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่เป็นไปได้ของจุดต้นทางและจุดปลายทางที่ต้องการตัดสินใจ

จากสมการเป้าหมายและเงื่อนไขจำกัดพบว่าหน่วยของงบประมาณ เวลา และความเสี่ยงด้านต่างๆ ในการขนส่งนั้นมีขนาดที่แตกต่างกันมาก ฉะนั้นในการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละเส้นทางจึงต้องทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalization) โดยแปลงให้เป็นร้อยละทุกเกณฑ์ในสมการเป้าหมายของ ZOGP เพื่อให้มีน้ำหนักที่เป็นฐานเดียวกัน

ในสมการที่ (2) เป็นเงื่อนไขด้านงบประมาณ c_j คือ สัมประสิทธิ์ของ X_j ค่าคงที่ด้านขวามือเป็น C

$$c_j = [(งบประมาณของผู้ตัดสินใจ - ต้นทุนการขนส่งของเส้นทาง j) \times 100] / (งบประมาณของผู้ตัดสินใจ)$$

$$C = [(งบประมาณของผู้ตัดสินใจ - ต้นทุนที่ต่ำที่สุดของเส้นทางทั้งหมด) \times 100] / (งบประมาณของผู้ตัดสินใจ)$$

โดยงบประมาณในการขนส่งต้องเป็นเส้นทางที่ใช้ต้นทุนต่ำที่สุดและไม่เกินงบประมาณที่ผู้ตัดสินใจกำหนด

ในสมการที่ (3) เป็นเงื่อนไขด้านเวลาในการขนส่ง t_j คือ สัมประสิทธิ์ของ X_j ได้มาจากร้อยละของเวลาที่ใช้ในการขนส่งของเส้นทางแต่ละเส้นทางกับเวลาที่ผู้ใช้ระบบกำหนด ค่าคงที่ด้านขวามือเป็น $T = 100\%$

$$t_j = (เวลาในการขนส่งของเส้นทาง j \times 100) / (เวลาในการขนส่งที่ผู้ตัดสินใจกำหนด)$$

โดยเวลาของเส้นทางในการขนส่งต้องเป็นเส้นทางที่ใช้เวลาในการขนส่งใกล้เคียงกับเวลาที่ผู้ตัดสินใจกำหนดและไม่เกินเวลาที่ผู้ตัดสินใจกำหนด

ในสมการที่ (4) เป็นเงื่อนไขความเสี่ยงด้านตัวสินค้าในการขนส่ง f_j คือ สัมประสิทธิ์ของ X_j ค่าคงที่ด้านขวามือเป็น F

$$f_j = [(คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด - คะแนนความเสี่ยงของเส้นทาง j) \times 100] / (คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด)$$

$F = [(คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด - คะแนนความเสี่ยงต่ำที่สุดของเส้นทางทั้งหมด) \times 100] / (คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด)$

ในสมการที่ (5) เป็นเงื่อนไขความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทางการขนส่ง r_j คือ สมประสิทธิ์ของ X_j ค่าคงที่ด้านขวามือเป็น R

$r_j = [(คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด - คะแนนความเสี่ยงของเส้นทาง j) \times 100] / (คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด)$

$R = [(คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด - คะแนนความเสี่ยงต่ำที่สุดของเส้นทางทั้งหมด) \times 100] / (คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด)$

ในสมการที่ (6) เป็นเงื่อนไขความเสี่ยงด้านอื่นๆ ในเส้นทางการขนส่งนั้น l_j คือ สมประสิทธิ์ของ X_j ค่าคงที่ด้านขวามือเป็น L

$l_j = [(คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด - คะแนนความเสี่ยงของเส้นทาง j) \times 100] / (คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด)$

$L = [(คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด - คะแนนความเสี่ยงต่ำที่สุดของเส้นทางทั้งหมด) \times 100] / (คะแนนความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด)$

โดยความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทางต้องเป็นเส้นทางที่มีค่าความเสี่ยงต่ำที่สุดและไม่เกินค่าความเสี่ยงที่ผู้ตัดสินใจกำหนด

สมการที่ (7) สำหรับกำหนดให้มีทางเลือกได้เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น ที่เหมาะสมที่สุดต่อสถานการณ์หนึ่งๆ ที่ผู้ตัดสินใจกำหนด

การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)

การวิเคราะห์ความเสี่ยงแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการกำหนดความเสี่ยง (Risk Identification) และ 2) ขั้นตอนการประเมินค่าความเสี่ยง (Risk Assessment) จากงานวิจัยของ Kengpol และคณะ (2012) ได้ใช้การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) มาเป็นเครื่องมือช่วยในการจำแนกจัดกลุ่มความเสี่ยงของการขนส่งสินค้าในเส้นทางการขนส่งนั้นๆ ให้เป็นหมวดหมู่ไม่ซ้ำซ้อนแต่ครอบคลุมความเสี่ยงที่มีผลต่อการขนส่งสินค้า และได้แบ่งความเสี่ยงออกได้ 3 ประเภท คือ 1) ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า หมายถึง ความเสียหายหรือสูญหายที่เกิดกับตัวสินค้า 2) ความเสี่ยงของโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทาง หมายถึง ความสูงชันของเส้นทาง ความกว้างของถนน การเดินทางในช่วงฤดูฝน หรือการเดินทางเรือช่วงมรสุม อัตราการเกิดอุบัติเหตุ และ 3) ความเสี่ยงด้านอื่นๆ หมายถึง กฎหมาย กฎระเบียบ ข้อบังคับต่างๆ ความแตกต่างของขั้นตอนการพิธีการทางศุลกากร และเอกสารผ่านแดน ในส่วนของการประเมินความเสี่ยงนั้น Hallikas และคณะ (2002) กล่าวว่า เป็นความต้องการที่จะทำให้ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบความเสี่ยงแต่ละอย่าง โดยกำหนดเป็นระดับความน่าจะเป็นในการเกิดความเสี่ยงนั้น ดังตารางที่ 2 กับระดับความรุนแรงของผลกระทบความเสี่ยงนั้นดังตารางที่ 3 แล้วนำมาคูณกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นระดับคะแนนของความเสี่ยงนั้น ดังสมการที่ (8)

วราภรณ์ มีถม และ สหชัย จิมมณี

$$R = P \times S \quad (8)$$

เมื่อ R คือ คะแนนความเสี่ยงของเส้นทาง
 P คือ ระดับความน่าจะเป็นในการเกิดความเสี่ยงของเส้นทาง
 S คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบจากความเสี่ยงของเส้นทาง

ตารางที่ 2 : ระดับการประเมินความน่าจะเป็นในการเกิดความเสี่ยง ดัดแปลงจาก Hallikas และคณะ (2004)

ระดับ	ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสี่ยง (P)	คำอธิบาย
1	ไม่น่าเป็นไปได้อย่างมาก	เหตุการณ์เกิดขึ้นได้ยากมาก
2	ไม่น่าเป็นไปได้	เหตุการณ์ไม่ค่อยเกิดขึ้น
3	ปานกลาง	เหตุการณ์มีโอกาสเกิดขึ้น
4	เป็นไปได้	เหตุการณ์เคยเกิดขึ้น
5	เหตุการณ์เป็นไปได้มาก	เหตุการณ์เกิดขึ้นบ่อยมาก

ตารางที่ 3 : ระดับการประเมินความรุนแรงของผลกระทบจากความเสี่ยง ดัดแปลงจาก Hallikas และคณะ (2004)

ระดับ	การประมาณความรุนแรงของผลกระทบจากความเสี่ยง (S)	คำอธิบาย
1	ไม่มีผลกระทบ	การสูญเสียเงินไม่มีนัยสำคัญ
2	มีผลกระทบเล็กน้อย	มีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย
3	มีผลกระทบปานกลาง	ก่อให้เกิดความลำบากในระยะสั้น
4	มีผลกระทบมาก	ก่อให้เกิดความลำบากในระยะยาว
5	มีผลกระทบรุนแรงมาก	บริษัทต้องยุติการดำเนินการ

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามิงงานวิจัยที่ศึกษาการเลือกเส้นทางและรูปแบบการขนส่งระหว่างประเทศที่ต้องใช้การผสมผสานรูปแบบการขนส่งมากกว่าหนึ่งรูปแบบ งานวิจัยส่วนใหญ่เน้นที่การเลือกเส้นทางและรูปแบบการขนส่งเพื่อให้มีต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุด และ/หรือมีเวลาในการขนส่งต่ำที่สุดด้วย โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจเชิงปริมาณเป็นส่วนใหญ่ไม่มีการนำเกณฑ์ตัดสินใจเชิงคุณภาพมาเกี่ยวข้องเลย ยกเว้นของ Banomyong and Beresford (2001) ที่มีการพิจารณาความเสี่ยงของเส้นทางด้วย ส่วน Chang (2008) ได้ศึกษาการเลือกเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ โดยใช้ Shortest Path Problems with Time Windows เพื่อหาเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวิธีการวิจัยสำหรับการตัดสินใจเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การรับข้อมูลความต้องการของผู้ตัดสินใจ ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดจุดต้นทางและจุดปลายทาง โดยการกำหนดงบประมาณที่มีเวลาที่กำหนดไว้ในขนส่ง ระดับคะแนนความเสี่ยง

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2557)

ที่ยอมรับได้ของความเสี่ยงด้านตัวสินค้า ความเสี่ยงของโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทาง และความเสี่ยงด้านอื่นๆ

นอกจากนี้ ในส่วนนี้มีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อทราบการให้ความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ ขององค์การต่างๆ ตามแนวทางของ AHP มาช่วยในการหาน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ตัดสินใจเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ตัดสินใจได้มาจากการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย 3 กลุ่ม คือ ผู้ประกอบการด้านโลจิสติกส์ นักวิชาการ และหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมกับข้อจำกัดของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ คือ ด้านงบประมาณ ด้านเวลา และเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ คือ ความเสี่ยงในการขนส่งสินค้าของเส้นทางต่างๆ โดย ZOGP แบบถ่วงน้ำหนักมาเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณ ในระบบการตัดสินใจนี้จะนำน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ตัดสินใจต่างๆ ที่ได้จากส่วนที่ 1 มาเป็นน้ำหนักความสำคัญของค่าเบี่ยงเบนของเกณฑ์ต่างๆ ในสมการเป้าหมาย และนำเอาเป้าหมายที่ต้องการในการขนส่ง ด้านงบประมาณ เวลา และความเสี่ยงต่างๆ มาสร้างเป็นสมการเงื่อนไขของ ZOGP

ผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ต้องการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยที่น้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์และกำหนดความต้องการ ทั้งงบประมาณ เวลาในการขนส่ง และความเสี่ยงต่างๆ เริ่มต้นจากการศึกษาเส้นทางการขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปสาธารณรัฐอินเดียตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมี 10 เส้นทาง รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 : เส้นทางและข้อมูลต้นทุนการขนส่งสินค้า ระยะทาง และระยะเวลา ของการขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

เส้นทาง	เวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ระยะทาง (กม.)
1. กรุงเทพมหานคร – แม่สอด/เมียวดี – มะละแหม่ง – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอว์เร่ – เมืองกุวาฮาตี	13	237,000	2,484
2. กรุงเทพมหานคร – แม่สาย/ท่าขี้เหล็ก – เชียงตุง – ตองยี – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอว์เร่ – เมืองกุวาฮาตี	16	418,000	2,815
3. กรุงเทพมหานคร – บ้านห้วยต้นนุ่น/ลอยก่อ – เนปีดอว์ – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอว์เร่ – เมืองกุวาฮาตี	17	252,000	2,502
4. กรุงเทพมหานคร – กัวผวอก/เชียงตุง – ตองยี – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอว์เร่ – เมืองกุวาฮาตี	17	252,000	2,591

ตารางที่ 4 : (ต่อ)

เส้นทาง	เวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ระยะทาง (กม.)
5. กรุงเทพมหานคร – บ้านพุน้ำร้อน/ทวาย – มะละแหม่ง – มัตตะเลย์ – ตามู/มอเร็ห์ – เมืองกุวาฮาตี	17	282,000	2,711
6. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือจัตตะกอง – รัฐทริปุระ – เมืองกุวาฮาตี	25	64,000	5,239
7. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง(ประเทศไทย) # ท่าเรือจัตตะกอง (สาธารณรัฐประชาชนบังกลาเทศ) – รัฐเมฆาลัย(สาธารณรัฐอินเดีย) – เมืองกุวาฮาตี	25	62,000	5,067
8. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือเมืองโกลกาทา – เมืองกุวาฮาตี	29	72,000	5,576
9. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือย่างกุ้ง – ย่างกุ้ง – มัตตะเลย์ – ตามู/มอเร็ห์ – เมืองกุวาฮาตี	35	78,000	6,243
10. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือระนอง # ท่าเรือย่างกุ้ง – ย่างกุ้ง – มัตตะเลย์ – ตามู/มอเร็ห์ – เมืองกุวาฮาตี	29	85,500	3,593

หมายเหตุ : – แทน รถบรรทุก และ # แทน เรือเดินทะเล

ที่มา: กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2555

การคำนวณหาคะแนนความเสี่ยงทั้ง 3 ด้าน คือ 1) ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 2) ความเสี่ยงของโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทาง และ 3) ความเสี่ยงด้านอื่นๆ จะแบ่งช่วงของเส้นทางออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เส้นทางขนส่งสินค้าภายในประเทศไทย ช่วงที่ 2 เส้นทางขนส่งสินค้าภายในสาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า และช่วงที่ 3 เส้นทางขนส่งสินค้าภายในสาธารณรัฐอินเดียและสาธารณรัฐประชาชนบังกลาเทศ แต่ละช่วงจะให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการเดินทางในเส้นทางนั้น อย่างน้อย 6 ครั้งใน 1 ปี เป็นผู้ประเมินระดับความน่าจะเป็นที่จะเกิด และระดับความรุนแรงของผลกระทบจากความเสี่ยงของเส้นทางแต่ละช่วง

น้ำหนักถ่วงของแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางที่ 5 (ภายในประเทศไทย) ตารางที่ 6 (ภายในสาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า) และ ตารางที่ 7 (ภายในสาธารณรัฐอินเดียและสาธารณรัฐประชาชนบังกลาเทศ)

ตารางที่ 5 : น้ำหนักถ่วงของเส้นทางขนส่งสินค้าภายในประเทศไทย

เส้นทาง	เส้นทางขนส่งสินค้าทางบก (ประเทศไทย)	a	A	$\frac{a_k}{A}$	ด้านตัว สินค้า		ด้าน โครงสร้าง พื้นฐาน		ด้านอื่น ๆ	
					P	S	P	S	P	S
1	กรุงเทพมหานคร - แม่สอด/เมียวดี	502	2,484	0.202	2	2	2	2	2	2
2	กรุงเทพมหานคร - แม่สาย/ท่าขี้เหล็ก	900	2,815	0.319	2	2	2	2	2	2
3	กรุงเทพมหานคร - บ้านห้วยต้นนุ่น/ลอยก่อ	921	2,502	0.368	2	2	2	2	2	2
4	กรุงเทพมหานคร - กิ่วผาวอก/เชียงตุง	823	2,591	0.317	2	2	3	2	3	2
5	กรุงเทพมหานคร - บ้านพุน้ำร้อน/ทวาย	300	2,711	0.110	2	2	3	2	3	2

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2557)

ตารางที่ 5 : (ต่อ)

เส้นทาง	เส้นทางขนส่งสินค้าทางบก (ประเทศไทย)	a	A	$\frac{a_k}{A}$	ด้านตัว สินค้า		ด้าน โครงสร้าง พื้นฐาน		ด้านอื่น ๆ	
					P	S	P	S	P	S
6	กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง	130	5,239	0.024	2	2	2	1	2	1
7	กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง	130	5,067	0.025	2	2	2	1	2	1
8	กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง	130	5,576	0.023	2	2	2	1	2	1
9	กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง	130	6,243	0.020	2	2	2	1	2	1
10	กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือระนอง	581	3,593	0.161	2	2	3	2	3	2

หมายเหตุ : – แทน รถบรรทุก, # แทน เรือเดินทะเล, a แทน ระยะทาง (กม.), A แทน ระยะทางทั้งหมดของเส้นทาง, P แทน ระดับความน่าจะเป็นในการเกิดความเสี่ยงของเส้นทาง และ S แทน ระดับความรุนแรงของผลกระทบจากความเสียหายของเส้นทาง

ตารางที่ 6 : น้ำหนักถ่วงของเส้นทางขนส่งสินค้าภายในสาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า

เส้นทาง	เส้นทางขนส่งสินค้าทางบก (สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า)	a	A	$\frac{a_k}{A}$	ด้านตัว สินค้า		ด้าน โครงสร้าง พื้นฐาน		ด้านอื่น ๆ	
					P	S	P	S	P	S
1	แม่สอด/เมียวดี - มะละแหม่ง - มัณฑะเลย์	1,388	2,484	0.559	2	2	2	2	2	2
2	แม่สาย/ท่าขี้เหล็ก - เชียงตุง - ดองยี - มัณฑะเลย์	1,321	2,815	0.469	2	2	3	2	2	2
3	บ้านห้วยต้นนุ่น/ลอยก่อ - เนปีดอร์ - มัณฑะเลย์	987	2,502	0.394	2	2	4	2	2	2
4	กั้วผาออก/เชียงตุง - ดองยี - มัณฑะเลย์	1,174	2,591	0.453	2	2	4	2	2	2
5	บ้านพุน้ำร้อน/ทวาย - มะละแหม่ง - มัณฑะเลย์	1,947	2,711	0.718	2	2	5	2	2	2
9	ท่าเรือย่างกุ้ง - ย่างกุ้ง - มัณฑะเลย์	1,327	6,243	0.212	2	2	3	2	2	2
10	ท่าเรือย่างกุ้ง - ย่างกุ้ง - มัณฑะเลย์	1,327	3,593	0.369	2	2	3	2	2	2
9	ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือย่างกุ้ง	3,992	6,243	0.639	3	2	3	2	2	2
10	ท่าเรือระนอง # ท่าเรือย่างกุ้ง	1,091	3,593	0.304	2	2	4	2	3	2

หมายเหตุ : – แทน รถบรรทุก, # แทน เรือเดินทะเล, a แทน ระยะทาง (กม.), A แทน ระยะทางทั้งหมดของเส้นทาง, P แทน ระดับความน่าจะเป็นในการเกิดความเสี่ยงของเส้นทาง และ S แทน ระดับความรุนแรงของผลกระทบจากความเสียหายของเส้นทาง

ความเสี่ยง และระดับความรุนแรงของผลกระทบจากความเสี่ยง และนำระดับความเสี่ยงทั้งสองคูณกัน จะได้คะแนนความเสี่ยงเบื้องต้นของเส้นทางช่วงนั้น และเนื่องจากแต่ละช่วงมีระยะทางที่แตกต่างกัน จึงถ่วงน้ำหนักคะแนนความเสี่ยงของแต่ละช่วงด้วยอัตราส่วนระยะทางของในช่วงนั้นกับระยะทางทั้งหมด จะได้คะแนนความเสี่ยงของเส้นทางช่วงนั้นๆ และสุดท้ายจะนำคะแนนความเสี่ยงของแต่ละช่วงจากต้นทางจนถึงปลายทางมารวมกัน ก็จะได้ค่าความเสี่ยงของเส้นทางนั้น ดังสมการที่ (9)

$$RS = \sum_{k=1}^p (R_k \times \frac{a_k}{A}) \quad (9)$$

เมื่อ RS คือ คะแนนความเสี่ยงของเส้นทาง
 R_k คือ คะแนนความเสี่ยงเส้นทางช่วงที่ k
 $\frac{a_k}{A}$ คือ อัตราส่วนระยะทางช่วงที่ k ต่อระยะทางทั้งหมด
 k คือ ช่วงของเส้นทางย่อยในเส้นทาง ตั้งแต่ 1,2,...,p

เช่น คะแนนความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานของเส้นทางที่ 1 = [น้ำหนักคะแนนความเสี่ยง X (คะแนนความเสี่ยงช่วงกทม. - แม่สอด/เมียวดี)] + [น้ำหนักคะแนนความเสี่ยง X (คะแนนความเสี่ยงช่วงแม่สอด/เมียวดี - มะละแหม่ง - มัณฑะเลย์)] + [น้ำหนักคะแนนความเสี่ยง X (คะแนนความเสี่ยงช่วงมัณฑะเลย์ - ตามู/มอเรห์ - เมืองกวาฮาติ)]

$$\begin{aligned} &= (4 \times 502/2484) + (4 \times 1388/2484) + (12 \times 594/2484) \\ &= (4 \times 0.202) + (4 \times 0.559) + (12 \times 0.239) \\ &= 5.55 \end{aligned}$$

ตารางที่ 7 : น้ำหนักถ่วงของเส้นทางขนส่งสินค้าภายในสาธารณรัฐอินเดียและสาธารณรัฐประชาชนบังกลาเทศ

เส้นทาง	เส้นทางขนส่งสินค้าทางบก (สาธารณรัฐอินเดียและสาธารณรัฐประชาชนบังกลาเทศ)	a	A	$\frac{a_k}{A}$	ด้านตัวสินค้า		ด้านโครงสร้างพื้นฐาน		ด้านอื่น ๆ	
					P	S	P	S	P	S
1	มัณฑะเลย์ - ตามู/มอเรห์ - เมืองกวาฮาติ	594	2,484	0.239	2	2	4	3	2	2
2	มัณฑะเลย์ - ตามู/มอเรห์ - เมืองกวาฮาติ	594	2,815	0.211	2	2	4	3	2	2
3	มัณฑะเลย์ - ตามู/มอเรห์ - เมืองกวาฮาติ	594	2,502	0.237	2	2	4	3	2	2
4	มัณฑะเลย์ - ตามู/มอเรห์ - เมืองกวาฮาติ	594	2,591	0.229	2	2	4	3	2	2
5	มัณฑะเลย์ - ตามู/มอเรห์ - เมืองกวาฮาติ	594	2,711	0.219	2	2	4	3	2	2
9	มัณฑะเลย์ - ตามู/มอเรห์ - เมืองกวาฮาติ	594	6,243	0.095	2	2	4	3	2	2
10	มัณฑะเลย์ - ตามู/มอเรห์ - เมืองกวาฮาติ	594	3,593	0.165	2	2	4	3	2	2
8	ท่าเรือเมืองโกลกาทา - เมืองกวาฮาติ	1,018	5,576	0.182	2	2	3	3	2	2

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2557)

ตารางที่ 7 : (ต่อ)

เส้นทาง	เส้นทางขนส่งสินค้าทางบก (สาธารณรัฐอินเดียและสาธารณรัฐ ประชาชนบังกลาเทศ)	a	A	$\frac{a_k}{A}$	ด้านตัว สินค้า		ด้าน โครงสร้าง พื้นฐาน		ด้านอื่น ๆ	
					P	S	P	S	P	S
6	รัฐตรีปุระ – เมืองกุวาฮาตี	599	5,239	0.114	2	2	3	3	2	2
6	ท่าเรือจิตตะกอง - รัฐตรีปุระ (บังกลา- เทศ)	248	5,239	0.047	3	2	4	3	2	2
7	ท่าเรือจิตตะกอง – รัฐเมฆาลัย	575	5,067	0.113	3	2	3	4	3	2
7	รัฐเมฆาลัย – เมืองกุวาฮาตี	100	5,067	0.020	2	2	3	2	3	2
6	ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือจิตตะกอง	4,262	5,239	0.813	2	2	3	2	2	2
7	ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือจิตตะกอง	4,262	5,067	0.841	2	2	3	2	2	2
8	ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือเมืองโกลกาทา	4,428	5,576	0.794	2	2	2	2	2	2

หมายเหตุ : – แทน รถบรรทุก, # แทน เรือเดินทะเล, a แทน ระยะทาง (กม.), A แทน ระยะทางทั้งหมดของเส้นทาง, P แทน ระดับความน่าจะเป็นในการเกิดความเสี่ยงของเส้นทาง และ S แทน ระดับความรุนแรงของผลกระทบจากความ
เสี่ยงของเส้นทาง

หลังจากการคำนวณระดับคะแนนความเสี่ยงถ่วงน้ำหนักของแต่ละเส้นทาง โดยการถ่วง
น้ำหนักความสำคัญด้วยระยะทางในแต่ละช่วงแล้ว ของความเสี่ยงแต่ละด้านแล้ว จะได้ฐานข้อมูลของ
ระบบการตัดสินใจเป็นดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 : ฐานข้อมูลของเส้นทางขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ)

เส้นทาง	เวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ระดับ ความเสี่ยง ด้านตัว สินค้า	ระดับ ความเสี่ยง ด้าน โครงสร้าง พื้นฐาน	ระดับ ความเสี่ยง ด้านอื่น ๆ
1. กรุงเทพมหานคร – แม่สอด/เมียวดี – มะละแหม่ง – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอว์เร่ – เมืองกุวาฮาตี	13	237,000	4.00	5.55	4.00
2. กรุงเทพมหานคร – แม่สาย/ท่าขี้เหล็ก – เชียงตุง – ดองยี – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอว์เร่ – เมืองกุวาฮาตี	16	418,000	4.00	6.39	4.00
3. กรุงเทพมหานคร – บ้านห้วยต้นนุ่น/ลอยก่อ – เนปีดอร์ – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอว์เร่ – เมืองกุวาฮาตี	17	252,000	4.00	7.30	4.00
4. กรุงเทพมหานคร – กัวผาออก/เชียงตุง – ดองยี – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอว์เร่ – เมืองกุวาฮาตี	17	252,000	4.00	8.21	4.64

วราภรณ์ มีถม และ สหชัย จิมมณี

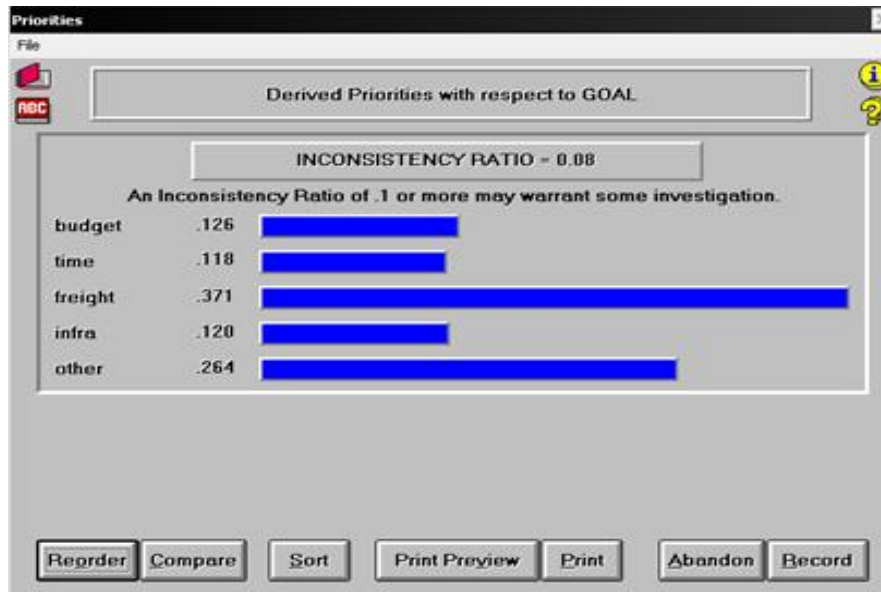
ตารางที่ 8 : (ต่อ)

เส้นทาง	เวลา (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ระดับ ความเสี่ยง ด้านตัว สินค้า	ระดับ ความเสี่ยง ด้าน โครงสร้าง พื้นฐาน	ระดับ ความเสี่ยง ด้านอื่น ๆ
5. กรุงเทพมหานคร – บ้านพุน้ำร้อน/ทวาย – มะละ แหม่ง – มั่นทะเลย์ – ตามู/มอเร็ห์ – เมืองกุวฮาติ	17	282,000	4.39	11.11	4.62
6. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือ จิตตะกอง – รัฐตริปุระ – เมืองกุวฮาติ	25	64,000	8.95	6.46	3.95
7. กทม. – ท่าเรือแหลมฉบัง(ประเทศไทย) # ท่าเรือ จิตตะกอง(สาธารณรัฐประชาชนบังกลาเทศ) – รัฐ เมฆาลัย(สาธารณรัฐอินเดีย) – เมืองกุวฮาติ	25	62,000	4.23	6.55	4.21
8. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือ เมืองโกลกาทา – เมืองกุวฮาติ	29	72,000	4.00	6.43	3.95
9. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือแหลมฉบัง # ท่าเรือ ย่างกุ้ง – ย่างกุ้ง – มั่นทะเลย์ – ตามู/มอเร็ห์ – เมืองกุวฮาติ	35	78,000	4.99	5.99	3.71
10. กรุงเทพมหานคร – ท่าเรือระนอง # ท่าเรือย่าง กุ้ง – ย่างกุ้ง – มั่นทะเลย์ – ตามู/มอเร็ห์ – เมืองกุ วฮาติ	29	85,500	4.00	7.51	4.93

หมายเหตุ : – แทน รถบรรทุก และ # แทน เรือเดินทะเล

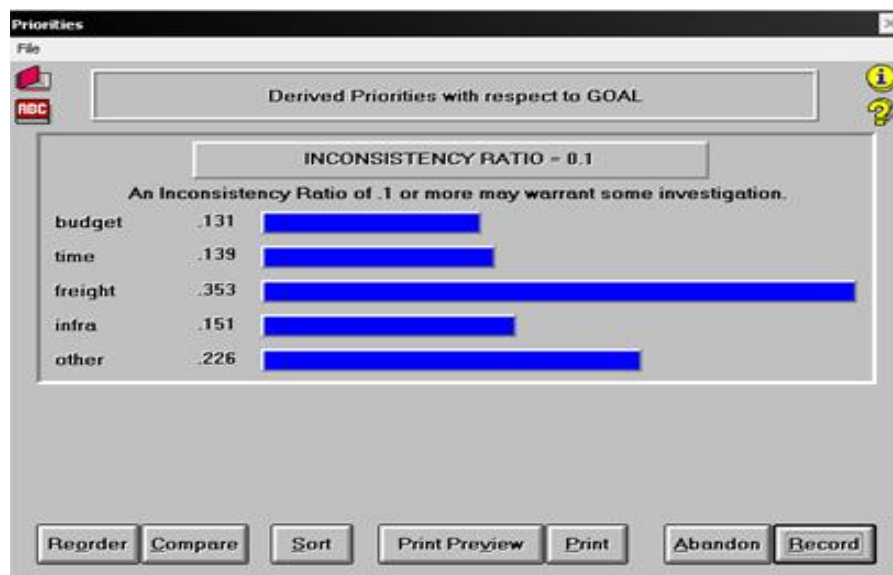
การหาน้ำหนักของเกณฑ์การตัดสินใจ สัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม คือ 1) นักวิชาการที่
ทำงานวิจัยด้านการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าและมีประสบการณ์ในการทำวิจัยด้านการประเมิน
เส้นทางการขนส่งสินค้าระดับชาติมาก่อน 2) ผู้ประกอบการทางด้านโลจิสติกส์ที่มีการขนส่งสินค้าจาก
ประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) 3) ผู้แทนจากหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้องที่
เคยสำรวจหรือเดินทางในเส้นทางนี้มาก่อน

ในการหาความสำคัญของเกณฑ์ตัดสินใจต่างๆ จะใช้แนวทางของกระบวนการลำดับชั้นเชิง
วิเคราะห์มาช่วยในการหาน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ และใช้โปรแกรม Expert Choice ver. 9
มาช่วยในการสัมภาษณ์ และกำหนดให้ค่า C.R. จะต้องไม่เกิน 0.1 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การ
ตัดสินใจที่ได้จากการสัมภาษณ์นักวิชาการ มีค่าดังนี้ งบประมาณในการขนส่ง 0.126 เวลาในการขนส่ง
0.118 ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 0.371 ความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกใน
เส้นทาง 0.128 และความเสี่ยงด้านอื่นๆ 0.264 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 : ผลการคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ จากนักวิชาการ

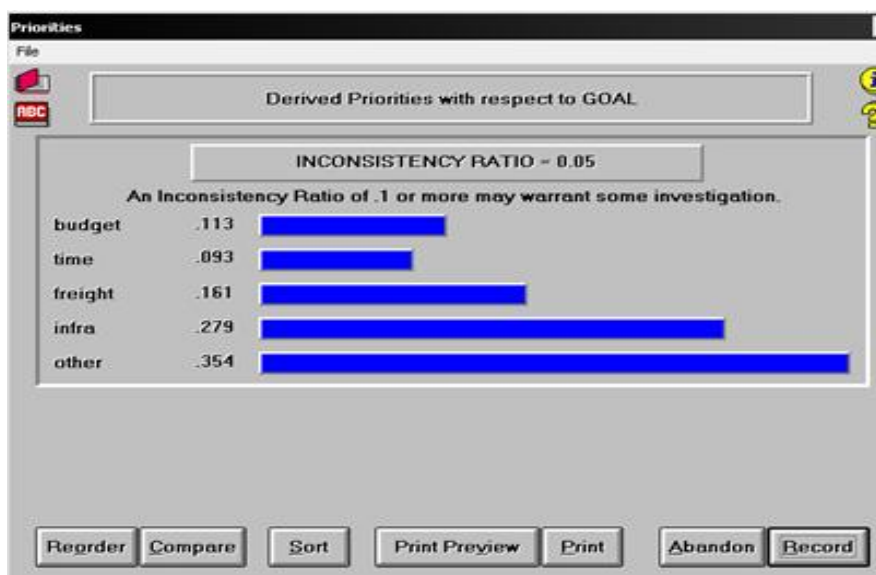
น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการด้านโลจิสติกส์ มีค่าดังนี้ งบประมาณในการขนส่ง 0.131 เวลาในการขนส่ง 0.139 ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 0.353 ความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทาง 0.151 และความเสี่ยงด้านอื่นๆ 0.226 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 : ผลการคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ จากผู้ประกอบการด้านโลจิสติกส์

วรพจน์ มีถม และ สหชัย จิมมณี

น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจที่ได้จากการสัมภาษณ์บุคลากรในหน่วยงานรัฐ มีค่าดังนี้ งบประมาณในการขนส่ง 0.113 เวลาในการขนส่ง 0.093 ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 0.161 ความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทาง 0.279 และความเสี่ยงด้านอื่นๆ 0.354 ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 : ผลการคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ จากหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง

หลังจากได้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 กลุ่มแล้ว หาค่าตัวแทนของทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้การหาค่าเฉลี่ย โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ซึ่งได้ค่าน้ำหนักความสำคัญ ดังตารางที่ 9 เกณฑ์ด้านงบประมาณมีน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเป็น 0.123 เกณฑ์ด้านเวลาในการขนส่งสินค้ามีน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเป็น 0.117 เกณฑ์ความเสี่ยงด้านตัวสินค้ามีน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเป็น 0.295 เกณฑ์ความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทางมีน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเป็น 0.183 เกณฑ์ความเสี่ยงด้านอื่นๆ มีน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเป็น 0.281

ตารางที่ 9 : น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจ	นักวิชาการ	ผู้ประกอบการด้านโลจิสติกส์	หน่วยงานรัฐ	ตัวแทนน้ำหนักความสำคัญ
งบประมาณ	0.126	0.131	0.113	0.123
เวลา	0.118	0.139	0.093	0.117
ความเสี่ยงด้านตัวสินค้า	0.371	0.353	0.161	0.295
ความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐาน	0.128	0.151	0.279	0.183
ความเสี่ยงด้านอื่นๆ	0.264	0.226	0.354	0.281

ค่าเป้าหมายของแต่ละเกณฑ์กำหนดโดยการสัมภาษณ์จากผู้ประกอบการ ภายใต้ค่าที่ยอมรับได้ในด้านต่างๆ ในการขนส่งสินค้าที่มีมูลค่ามากกว่า 3 ล้านบาทต่อตู้ขนาด 20 ฟุต (1 TEU) คือ งบประมาณไม่เกิน 300,000 บาท เวลา 17 วัน คะแนนความเสี่ยงด้านตัวสินค้าไม่เกิน 6 คะแนนความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทางไม่เกิน 6 และคะแนนความเสี่ยงด้านอื่นๆ ไม่เกิน 6 จากข้อมูลที่ได้นำมาสร้างรูปแบบการโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งแบบถ่วงน้ำหนักได้ดังสมการที่ (10)-(16)

จากการคำนวณหาเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วย ZOGP ในรูปที่ 6 พบว่าเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดที่ผู้ตัดสินใจกำหนด คือ เส้นทางหมายเลข 1 กรุงเทพมหานคร – แม่สอด – เมียวดี – มะละแหม่ง – มัณฑะเลย์ – ตามู/มอเระห์ – เมืองกัวฮาตี ดังแผนที่ที่สร้างโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Google Maps รูปที่ 7 มีต้นทุนการขนส่ง 237,000 บาท ใช้เวลาในการขนส่ง 13 วัน ค่าความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 4.00 (ระดับต่ำ) ค่าความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทาง 5.55 (ระดับต่ำ) และค่าความเสี่ยงด้านอื่นๆ 4.00 (ระดับต่ำ) โดยมีค่าความเบี่ยงเบนเป้าหมายเป็น 15.97

Decision Support System for Multimodal Route in AEC									
1. Plase Select Origin and Destination Country									
Origin Country		Thailand		Destination Country		NE India			
Origin City		Bangkok		Destination City		Kuwahati			
2. Plase Select Container Size				20 fts.					
3. Plase Input Limit Value									
3.1 Budget		300000		Bath					
3.2 Time		17		Days					
3.3 Risk of freight damaged		6		Scale					
3.4 Risk of Infrastrcture		6		Scale					
3.5 Risk of other factors		6		Scale					
4. Plase Input Criterai weight									
Total Weight		0.999							
4.1 Budget		0.123							
4.2 Time		0.117							
4.3 Risk of freight damaged		0.295							
4.4 Risk of Infrastrcture		0.183							
4.5 Risk of other factors		0.281							
Calculate									
Result Route for Those Condition									
Route	Route			Cost(Bath)	Time (days)	Risk of freight damaged	Risk of Infrastrcture	Risk of other factors	D
1	กทม. - แม่สอด - เมียวดี - มะละแหม่ง - มัณฑะเลย์ - ตามู/มอเระห์ - เมืองกัวฮาตี รัฐอัสสัม			237000	13	4	5.549149338	4	15.96694815
	--- TRUCK, +++ TRAIN, ### SEA, *** AIR								
This progaram is designed for supporting research to Meethom @ KMUTNB									

รูปที่ 6: หน้าจอของผลการคำนวณการของระบบการตัดสินใจ

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า เส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมที่สุดระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ) ภายใต้การยอมรับของผู้ประกอบการ คือ การขนส่งทางรถยนต์จากกรุงเทพมหานครไปแม่สอด จังหวัดตาก แล้วถ่ายสินค้าลงรถบรรทุกของพม่าเข้าสู่เมืองเมียวดีต่อถึงเมืองมะละแหม่งเข้าสู่เมืองมัณฑะเลย์ เปลี่ยนรถสินค้าเข้าสู่ชายแดนตามู/มอเระห์ (พม่า/อินเดีย) เปลี่ยนใช้รถบรรทุกอินเดียเพื่อมุ่งสู่จุดหมายที่เมืองกัวฮาตี รัฐอัสสัม ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งรวม 237,000 บาท ใช้เวลาในการขนส่ง 13 วัน คะแนนความเสี่ยงด้านตัวสินค้า 4.00 (ระดับต่ำ) คะแนนความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทาง 5.55 (ระดับต่ำ) และคะแนนความเสี่ยงด้านอื่นๆ 4.00 (ระดับต่ำ)

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m (w_i d_i^- + w_i d_i^+)$$

$$Z = 0.123(d_c^+) + 0.117(d_t^+) + 0.295(d_f^+) + 0.183(d_r^+) + 0.281(d_l^+) \quad (10)$$

Subject to:

$$\text{Budget ,} \quad 21X_1 - 39.33X_2 + 16X_3 + 16X_4 + 6X_5 + 78.67X_6 + 79.33X_7 + 76X_8 + 74X_9 + 71.5X_{10} - d_c^+ = 79.33 \quad (11)$$

$$\text{Time ,} \quad 76.5X_1 + 94.1X_2 + 100X_3 + 100X_4 + 100X_5 + 147X_6 + 147X_7 + 171X_8 + 206X_9 + 171X_{10} - d_t^+ = 100 \quad (12)$$

$$\text{Risk of freight damaged ,} \quad 33.7X_1 + 33.6X_2 + 33.7X_3 + 33.6X_4 + 27.1X_5 - 49.2X_6 + 29.6X_7 + 33.3X_8 + 37.7X_9 + 33.6X_{10} - d_f^+ = 37.7 \quad (13)$$

$$\text{Risk of Infrastructure ,} \quad 8.173X_1 - 5.92X_2 - 21X_3 - 36X_4 - 84.3X_5 - 7.65X_6 - 9.12X_7 + 21.45X_8 + 0.489X_9 - 24.7X_{10} - d_r^+ = 21.45 \quad (14)$$

$$\text{Risk of other factors ,} \quad 33.66X_1 + 33.62X_2 + 33.65X_3 + 23.08X_4 + 23.24X_5 + 34.16X_6 + 29.81X_7 + 34.11X_8 + 38.33X_9 + 18.07X_{10} - d_l^+ = 38.33 \quad (15)$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} = 1 \quad (16)$$

$$w_i d_i^+ \geq 0 : i = 1, 2, \dots, m$$

$$X_j = 0 \text{ or } 1 : j = 1, 2, \dots, n$$

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ ประจำปีงบประมาณ 2556 หมายเลข KMUTNB-NEW-56-03 และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่เป็นชาวไทย และชาวต่างชาติ ทั้งนักวิชาการ นักธุรกิจ ที่ให้ข้อมูล ประเมินเส้นทาง และข้อเสนอแนะต่างๆ งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รายการอ้างอิง

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2556. รัฐ 7 สำนวน...ช่องทางการค้าใหม่ของไทยในอินเดีย.

สืบค้นวันที่ 1 ตุลาคม 2556 จาก http://www.dtn.go.th/filesupload/25_Jun_2013.pdf

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2555. โครงการศึกษาเส้นทางการขนส่งสินค้าจากไทยสู่

สาธารณรัฐอินเดีย (ตะวันออกเฉียงเหนือ). ปี พ.ศ. 2555.

มูลนิธิสถาบันวิจัยนโยบายเศรษฐกิจการคลัง. 2556. คาดการณ์เศรษฐกิจไทยปี 2556 และอนาคต.

ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 2555. อินเดียตะวันออกเฉียงเหนือ

(Northeast India Region: NER). สืบค้นวันที่ 3 ตุลาคม 2556 จาก <http://www.citsonline.utcc.ac.th/index.php/en/articles/2012/1905--2>

Banomyong Ruth and Beresford, Anthony K.C. 2001. Multimodal Transport: the Case of Lao tian Garment Exporters. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**. Vol. 31 No. 9. 663 – 685.

Chang, Tsung-Sheng. 2008. Best Routes Selection in International Intermodal Networks. **Computers and Operations Research**. Vol. 35. Issue 9. 2877 - 2891.

Hallikas, Jukka ; Karvonen, Iris ; Pulkkinen, Urho ; Virolainen, Veli-Matti and Tuominen, Markku. 2004. Risk Management Processes in Supplier Networks. **International Journal of Production Economics**. Vol. 90. Issue 1. 47-58.

Hallikas, Jukka ; Virolainen, Veli-Matti and Tuominen, Markku. 2002. Risk Analysis and Assessment in Network Environments: A Dyadic Case Study. **International Journal of Production Economics**. Vol. 78. Issue 1. 45-55.

Kengpol, Athakorn ; Meethom, Warapoj and Tuominen, Markku. 2012. The Development of a Decision Support System in Multimodal Transportation Routing within Greater Mekong Sub-Region Countries. **International Journal of Production Economics**. Vol. 140. Issue 2. 691-701.

Meethom, Warapoj and Kengpol, Athakorn. 2009. **Design of a Decision Support System for Selecting Multimodal Transportation Route: An Integrated Model Using AHP and**

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2557)

ZOGP: Case study Thailand–Vietnam. In Proceeding of the International Conference of Industrial Engineering and Industrial Management. Hong Kong.

Saaty, Thomas L. 1980. **The Analytic Hierarchy Process.** New York : McGraw-Hill.

Schniederjans, Marc J. and Garvin, Tim. 1997. Using the Analytic Hierarchy Process and Multi-Objective Programming for the Selection of Cost Drivers in Activity-Based Costing. **European Journal of Operational Research.** Vol. 100. Issue 1. 72-80.