



รายงานการวิจัย

การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพ
ด้วยการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ : กรณีศึกษา

นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์
วาสนา จันทร์ขำ

ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปีงบประมาณ ๒๕๖๑



Research Report

Transportation Routing with Physical Characteristics Potential Assessment by The Technique for Order Preference by Similarity to The Ideal : An Empirical Study

Nitidetch Koohathongsumrit
Wasana Chankham

Ramkhamhaeng University Research Fund
Fiscal Year 2018

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่องวิจัย การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพ
 ด้วยการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ : กรณีศึกษา
ผู้วิจัย นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์
 วาสนา จันทรขำ
ปีที่ทำการวิจัย ๒๕๖๑

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อนำเสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางโดยใช้วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ พิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่ง ส่วนเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ ได้แก่ ระดับศักยภาพของลักษณะทางกายภาพในเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนซึ่งคำนวณได้จากเกณฑ์มาตรฐานการประเมินศักยภาพ ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าที่พิจารณา ได้แก่ จำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุพื้นผิวจราจร ความคดเคี้ยวของถนน ความลาดชันของถนน การเสื่อมสภาพของผิวหน้าจราจร จุดอันตรายในเส้นทาง ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น และความสามารถในการเชื่อมต่อกับต่างประเทศ การรวบรวมข้อมูลเส้นทางการขนส่งสินค้าเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจดำเนินการด้วยการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องและการลงพื้นที่ภาคสนาม พร้อมทั้งเก็บรวมความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจด้วยวิธีเดลฟายเพื่อคำนวณน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจโดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ สุดท้ายข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนและน้ำหนักความสำคัญจะถูกนำมาพิจารณาร่วมกันด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ นอกจากนี้ได้ประยุกต์วิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนกับบริษัทกรณีศึกษาที่ทำการขนส่งสินค้าทางถนนจากที่ตั้งของบริษัทไปยังท่าเรือกรุงเทพ ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่นำเสนอเป็นวิธีการตัดสินใจที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงและเป็นการตัดสินใจแบบเชิงรุกซึ่งไม่ต้องอาศัยข้อมูลสถิติย้อนหลังที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ตัดสินใจด้วยการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจ ทั้งนี้จากการประยุกต์วิธีการที่นำเสนอกับกรณีศึกษาพบว่าเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานครเป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด

ABSTRACT

Research Title Transportation Routing with Physical Characteristics Assessment by
 The Technique for Order Preference by Similarity to The Ideal : An
 Empirical study
Researchers Nitidetch Koohathongsumrit
 Wassana Chankham
Year 2018

The objective of this research was to present a road freight transportation route selection approach with potential of physical characteristics along the route by Technique for Order Preference by Similarity to The Ideal Solution (TOPSIS). The approach considers the quantitative decision criteria: transportation cost and transit time. The qualitative decision criteria are the potential levels of physical characteristics which are calculated by the standard criteria for road freight transportation characteristic evaluation. The physical characteristics include number of lanes, lane width, shoulder width, road surface, road curve, road slope, road surface deterioration, blackspots, capability to connect with other transportation mode, and capability to connect with neighboring country. The data of freight route were collected by interviewing stakeholders and fieldwork. The Delphi method was employed to calculate the relative weights of decision criteria by Analytic Hierarchy Process (AHP). Finally, the information of freight route and the relative weights were considered together by TOPSIS. Moreover, the proposed approach has been tested on a realistic multimodal transportation service, originating from plant location to a destination at Bangkok port. The results showed that the approach which is proactive decision making analysis procedure can be used because this approach disregarded historical statistical data. In addition, the approach responds to the decision-maker's requirements effectively. From the application of the suggestive approach to the case study, it was found that the Kanlapaphruek road and Chalerm Maha Nakhon expressway was taken the best alternative freight route.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(3)
Abstract	(4)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	5
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	5
1.4 ประโยชน์จากงานวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การขนส่งสินค้า	7
2.2 ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน	15
2.3 วิธีเดลฟาย	24
2.4 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์	29
2.5 การตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ	35
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	43
3.1 การกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน	44
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเส้นทางการขนส่งสินค้า	56
3.3 การเก็บรวบรวมความคิดเห็นในการเปรียบเทียบความสำคัญ ของเกณฑ์การตัดสินใจ	60
3.4 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ	61
3.5 การพิจารณาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด	63
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	65
4.1 ผลการรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้า	65
4.2 ผลการรวบรวมความคิดเห็นในการเปรียบเทียบความสำคัญ ของเกณฑ์การตัดสินใจ	66
4.3 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ	76
4.4 เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด	92

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	98
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	98
5.2 การอภิปรายผล	101
5.3 ข้อเสนอแนะ	103
บรรณานุกรม	105
ประวัติผู้วิจัย	110

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 อัตราการลดลงของความคลาดเคลื่อนตามจำนวนผู้เชี่ยวชาญ	27
2-2 เมทริกซ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการตัดสินใจรายคู่	31
2-3 ระดับในการให้คะแนนความสำคัญสำหรับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์	31
2-4 ตารางเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ	32
2-5 การหาผลรวมในแต่ละสดมภ์	32
2-6 การนำตัวเลขในแต่ละสดมภ์หารด้วยผลรวมของทุกสดมภ์	32
2-7 การหาผลรวมในแต่ละแถว	33
2-8 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ	33
2-9 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	33
2-10 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	33
2-11 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	34
2-12 ค่าดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมทริกซ์	34
3-1 เกณฑ์การประเมินศักยภาพจำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง	45
3-2 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของช่องจราจร	47
3-3 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของไหล่ทาง	48
3-4 เกณฑ์การประเมินศักยภาพวัสดุพื้นผิวจราจร	49
3-5 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความคดเคี้ยวของถนน	50
3-6 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความลาดชันของพื้นผิวจราจร	51
3-7 เกณฑ์การประเมินศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร	52
3-8 เกณฑ์การประเมินศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทาง	53
3-9 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น	54
3-10 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน	56
4-1 ผลการรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้า	65
4-2 ผลการรวบรวมความคิดเห็นการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ในรอบที่ 1	67
4-3 ผลการรวบรวมความคิดเห็นการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรอง เชิงปริมาณในรอบที่ 1	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การขนส่งสินค้ามีความสำคัญต่อธุรกิจเกือบทุกประเภท เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางโลจิสติกส์ ในหลายธุรกิจต้นทุนการขนส่งสินค้านับเป็นต้นทุนที่สำคัญและกระทบต่อต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์และบริการ โดยต้นทุนของผู้ประกอบการขนส่งจะมาก หรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดราคาค่าขนส่ง เช่น ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าเที่ยวเปล่า ปริมาณหรือน้ำหนักของสินค้าที่บรรทุก ระยะเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าขึ้นและลง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับระยะทางในการขนส่งสินค้า ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับความรับผิดชอบต่อความเสียหายจึงจำเป็นต้องมีการบวกค่าใช้จ่าย เป็นต้น จากปัญหาในข้างต้นทำให้ผู้ประกอบการต้องรับภาระต้นทุนด้านการขนส่งสินค้าที่สูงขึ้น ดังนั้นผู้ประกอบการจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนกำหนดกลยุทธ์ด้านต่าง ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์, 2557)

การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมนับเป็นกลยุทธ์ หรือเทคนิคหนึ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพให้การดำเนินธุรกิจ โดยเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมมีประโยชน์หลายด้าน เช่น ช่วยลดต้นทุนรวมของการดำเนินธุรกิจ สามารถเพิ่มมูลค่าของสินค้า แสดงถึงศักยภาพของผู้ประกอบการในการขนส่งสินค้า จัดส่งสินค้าได้ถูกต้องภายในระยะเวลาที่เหมาะสม เป็นต้น แต่จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมนั้นยังเป็นการเลือกเส้นทางจากความรู้สึก หรือประสบการณ์ของผู้ที่ตัดสินใจ ทำให้เกิดปัญหาและผลกระทบจากการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า เช่น การส่งสินค้าล่าช้ากว่าระยะเวลาที่กำหนด เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากการขนส่ง เกิดความเสี่ยงต่อตัวสินค้าจากเส้นทางการขนส่งสินค้า เป็นต้น นอกจากนี้การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมจากต้นทางไปยังปลายทางอาจประกอบไปด้วยเกณฑ์การตัดสินใจ (Criteria) และทางเลือก (Alternatives) หลายเส้นทางที่แตกต่างกัน โดยปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้านั้นมีลักษณะเป็นการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์, 2560ก) จากปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้นทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องหากลยุทธ์ หรือเทคนิคเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า ได้แก่ งานวิจัยของ Banomyong and Beresford (2001) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพิจารณาเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบของบริษัทผู้ผลิตสินค้า (Supplier) ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวโดยการใช้

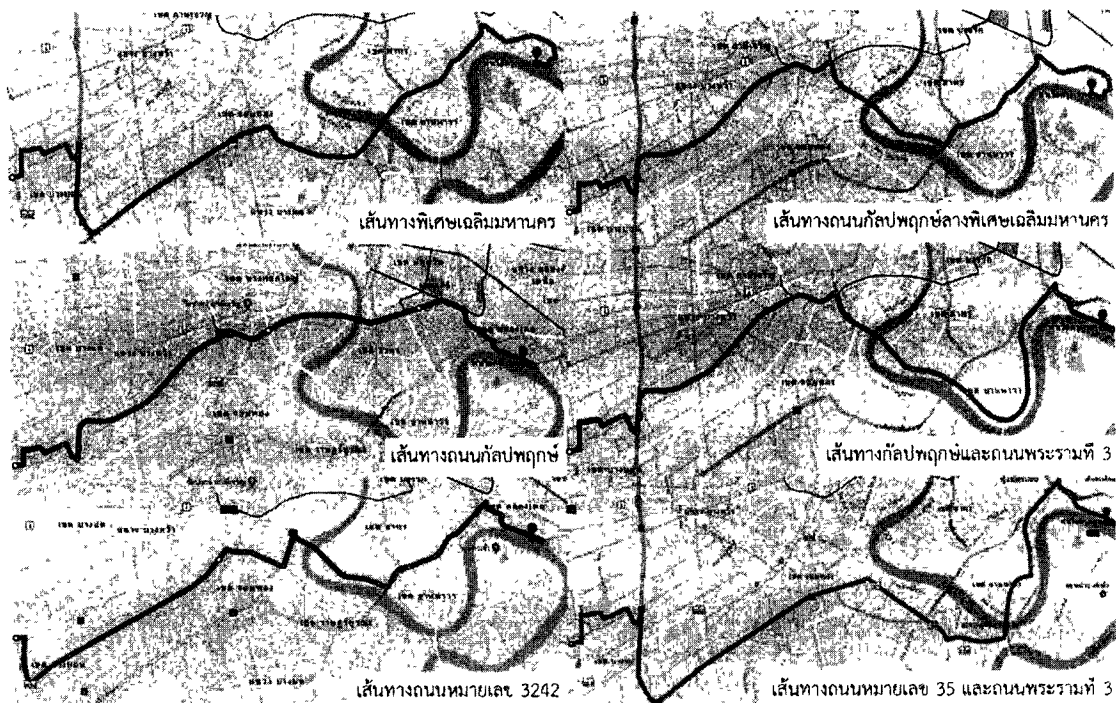
สมการต้นทุนอย่างง่าย งานวิจัยของรุธิร์ พนมยงค์, อภิชาติ โสภาแดง, ปุ่น เทียงบุญธรรม, คมกฤต เล็กสกุล, ชุศรี เทียศิริเพชร, โกสุมภ์ สายจันทร์, ไพฑูรย์ วราเดชสถิตวงศ์ และปรัชญา ประกอบกิจ (2552) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากตอนเหนือของประเทศไทยไปยังตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีนโดยใช้การกำหนดน้ำหนักความสำคัญอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีลักษณะเป็นรูปธรรมและใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีลักษณะเป็นนามธรรม งานวิจัยของ Min, Ko and Lim (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบภายในสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยพิจารณาเลือกเส้นทางการขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายและเวลาต่ำที่สุด งานวิจัยของ Chang (2008) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยพิจารณาจากเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าที่ต่ำที่สุด งานวิจัยของ Ko (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากเมืองบูซานไปยังเมืองมอสโก โดยพิจารณาเลือกเส้นทางจากปัจจัยหลายปัจจัย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง การประกันภัย ระยะเวลาในการขนส่ง จุดผ่านแดน อุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้า ระดับของโครงสร้างพื้นฐาน ผลภาพแรงงาน การเกิดโจรกรรม ความเสี่ยงของประเทศ ฯลฯ และได้ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (Fuzzy Analytic Hierarchy Process : FAHP) ในการให้คะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย งานวิจัยของ Kengpol, Meethom and Tuominen (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบของกลุ่มภูมิประเทศลุ่มน้ำโขง โดยพิจารณาเลือกเส้นทางจากปัจจัยค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายของผู้ตัดสินใจด้วยสมการเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง (Zero-one Goal Programming : ZOGP) ภายใต้ต้นทุนของเส้นทางการขนส่งสินค้า ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทางนั้น ความเสี่ยงจากตัวสินค้า ความเสี่ยงจากโครงสร้างพื้นฐาน และอุปกรณ์ในการอำนวยความสะดวก และความเสี่ยงอื่น ๆ ของการขนส่งสินค้าในเส้นทาง งานวิจัยของ Kengpol, Tuamee and Meethom (2012) ได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามที่นำผลกระทบของสิ่งแวดล้อมมาพิจารณาด้วย งานวิจัยของวรพจน์ มีถม (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามด้วยสมการเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง งานวิจัยของ Kengpol, Tuamee and Tuominen (2014) และ Kengpol and Tuamee (2015) ได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบโดยใช้การวิเคราะห์การโอเบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis : DEA) และการโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง งานวิจัยของ Wanitwattanakosol and Pongpat-charatorntep (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการ

เปรียบเทียบศักยภาพด้านโลจิสติกส์ของจังหวัดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจแนวตะวันออก-ตะวันตก (East-West Economic Corridor : EWEC) หรือเส้นทางหมายเลข 9 (Route 9 . R9) ได้แก่ จังหวัดตาก จังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกาฬสินธุ์ และจังหวัดมุกดาหาร ตามลำดับ โดยพิจารณาจากปัจจัยด้านการปรับปรุงกิจกรรมการขนส่ง ปัจจัยด้านศักยภาพจากการขนส่งสินค้าและเครือข่าย ปัจจัยด้านการขนส่งสินค้าไปยังต่างประเทศ ปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวกในการค้า และปัจจัยด้านขีดความสามารถของแรงงาน หรือการลงทุน งานวิจัยของ Arunyanart, Ohmori and Yoshimoto (2016) ที่ศึกษาการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าส่งออกตามแนวระเบียงเศรษฐกิจแนวตะวันออก-ตะวันตก หรือเส้นทางหมายเลข 9 โดยใช้กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์พิจารณาจากต้นทุน และระยะเวลาในการขนส่งสินค้า ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ฯลฯ งานวิจัยของนิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ (2560ก) ที่นำเสนอวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์สำหรับการเลือกเส้นทางการขนส่งจากท่าเรือแหลมฉบังไปยังนิคมอุตสาหกรรมบางปู งานวิจัยของนิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ (2560ข) ที่ประยุกต์การโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งกับการประเมินความเสี่ยงลักษณะทางกายภาพเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมมากที่สุด

จากการศึกษาวิจัยในช่วงต้นผู้วิจัยพบว่าม้งงานวิจัยจำนวนมากที่ประยุกต์การเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบโดยพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนและระยะเวลาของการขนส่ง แต่ยังไม่ม้งงานวิจัยใดที่ศึกษาการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนกับปัจจัยลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าเลย ยกเว้นงานวิจัยของนิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ (2560ข) แต่ก็เป็นการศึกษาความเสี่ยงซึ่งต้องอาศัยข้อมูลสถิติย้อนหลังในอดีต หรือประสบการณ์ความรู้สึกของผู้ประเมิน ทั้งนี้ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าอาจส่งผลต่อความสำเร็จ ความล่าช้า หรือเป็นอุปสรรคในการขนส่งสินค้าได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้า เช่น จำนวนจุดอันตราย จำนวนช่องจราจร เกาะกลางถนน จำนวนทางโค้ง ความลาดชันของเส้นทาง ฯลฯ เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาถึงปัจจัยลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้ากับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมด้วยการพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและศักยภาพจากลักษณะทางกายภาพซึ่งเป็นเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพชนิดหนึ่ง โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนตามแนวทางงานวิจัยของวรพจน์ มีถม (2556) มาพิจารณาในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า ประกอบไปด้วย จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุพื้นผิวจราจร ความคดเคี้ยวของถนน ความลาดชันของพื้นผิวจราจร การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร จุดอันตรายในเส้นทาง ความสามารถในการเชื่อมต่อกับ

การขนส่งรูปแบบอื่น และความสามารถในการเชื่อมต่อกับต่างประเทศ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการประเมินศักยภาพจากการสำรวจแบบลงพื้นที่ทำให้ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพจริงของเส้นทางการขนส่งสินค้าและไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลสถิติย้อนหลังและประสบการณ์ของผู้ประเมิน

สุดท้ายเพื่อเป็นการยืนยันว่าแนวคิดของการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เสนอสามารถใช้งานได้จริง ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่เสนอกับกรณีศึกษาโรงงานผลิตสายไฟสำหรับระบบสื่อสาร สายสัญญาณทีวี สายเคเบิลสำหรับเครื่องมือต่าง ๆ โดยบริษัทกรณีศึกษาประสบปัญหาในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนจากโรงงานกรณีศึกษา (เขตบางบอน) บริเวณซอยเพชรเกษม 69 ไปยังท่าเรือกรุงเทพ (Bangkok Port) ประกอบไปด้วย 6 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ 1 เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร เส้นทางที่ 2 เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานคร เส้นทางที่ 3 เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์ เส้นทางที่ 4 เส้นทางกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 เส้นทางที่ 5 เส้นทางถนนหมายเลข 3242 และสุดท้ายเส้นทางที่ 6 เส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3 โดยเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมดในข้างต้นเป็นเส้นทางหลักที่ใช้ในการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา แต่การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้านั้นมักขึ้นอยู่กับความรู้สึกและประสบการณ์ของผู้ขับขี่ทำให้เกิดปัญหาการขนส่งสินค้าล่าช้ากว่าระยะเวลาที่กำหนด แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของกรณีศึกษาทั้งหมดดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 เส้นทางการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาทั้งหมด

ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ นอกจากเป็นการนำเสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าวิธีใหม่แล้ว ยังช่วยให้ภาครัฐเล็งเห็นถึงความสำคัญในการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน หรือสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับเส้นทางการขนส่งสินค้า หรือมีมาตรการแก้ปัญหาการจราจรที่ติดขัดในเขตเมือง และเพื่อเป็นการยืนยันว่าวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมโดยการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางที่นำเสนอสามารถใช้งานได้จริงเป็นแนวทางแก่ผู้ประกอบการในการเลือกเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อนำเสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ ร่วมกับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและเกณฑ์การประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมเท่านั้น โดยเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งสินค้า ส่วนเกณฑ์การประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ จำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุพื้นผิวจราจร ความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร จุดอันตรายในเส้นทาง ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น และความสามารถในการเชื่อมต่อกับต่างประเทศ

1.3.2 นำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจคำนวณได้จากการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและวิธีเดลฟายเท่านั้น

1.3.3 การศึกษาวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้วิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่นำเสนอกับกรณีศึกษาเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมจากโรงงานกรณีศึกษาไปยังท่าเรือกรุงเทพ ด้วยรูปแบบการขนส่งทางถนนด้วยรถบรรทุกขนาด 2 เพลา 4 ล้อ ใช้ยาง 4 เส้น ในการขนส่งสินค้า

1.4 ประโยชน์จากการวิจัย

1.4.1 เกิดวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าวิธีใหม่โดยการใช้วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติกับการประเมินศักยภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้า

1.4.2 เป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากการพิจารณาศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทาง

1.4.3 สร้างองค์ความรู้ในการนำทฤษฎีความรู้ไปประยุกต์ใช้ในกรณีศึกษาจริง และยังเป็นการเพิ่มความเข้มแข็งทางวิชาการอีกด้วย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาที่มาและความสำคัญของปัญหาในบทที่ผ่านมา ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาก็ได้กล่าวไว้ สามารถแบ่งเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

- 2.1 การขนส่งสินค้า
- 2.2 ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน
- 2.3 วิธีเดลฟาย
- 2.4 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์
- 2.5 การตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การขนส่งสินค้า

2.1.1 ความหมายของการขนส่งสินค้า (Freight Transportation) การขนส่งสินค้าถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมบริการ (Service Industry) ประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตประจำวันของบุคคล และเป็นสิ่งจำเป็นแก่การปฏิบัติการกิจที่มีจะเกี่ยวข้องกับการขนส่งไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนย้ายสินค้าจากที่แห่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นการเคลื่อนย้ายบุคคล สัตว์ หรือสิ่งของก็ตามจะต้องอาศัยการขนส่งในการเคลื่อนย้ายทั้งสิ้น (ค่านาย อภิปรัชญาสกุล, 2548) มีผู้ให้คำจำกัดความคำว่า การขนส่งสินค้า ไว้จำนวนมากดังนี้

การขนส่งสินค้า หมายถึง การลำเลียง หรือเคลื่อนย้ายสิ่งของด้วยอุปกรณ์ในการขนส่ง ในทางธุรกิจการขนส่งสินค้าเป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าและบริการจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค (นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์, 2557)

การขนส่งสินค้า หมายถึง การลำเลียงวัตถุดิบเพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต ช่วยลำเลียงสินค้าที่ผลิตเสร็จไปสู่มือผู้บริโภค รวมถึงช่วยให้สินค้าข้ามไปจำหน่ายยังต่างประเทศนำเงินตราเข้ามาพัฒนาประเทศ (จักรกฤษณ์ ดวงพิสดรา, 2543)

การขนส่งสินค้า หมายถึง การลำเลียงบุคคล หรือสิ่งของจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่งซึ่งต้องประกอบไปด้วย ยานพาหนะ, เส้นทาง หรือโครงข่าย และแผนการขนส่ง (Boyce, 2005)

จากคำจำกัดความในข้างต้นสามารถสรุปคำจำกัดความของ การขนส่งสินค้า หมายถึง กระบวนการในการลำเลียงสินค้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งตามความต้องการด้วยยานพาหนะและเส้นทาง โดยการขนส่งสินค้าจะต้องเป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้จนกระทั่งบุคคลไปจนถึงปลายทางหรือแหล่งผลิตสินค้าจนถึงจุดบริโภค

2.1.2 รูปแบบของการขนส่งสินค้า การขนส่งสินค้ามีหลายรูปแบบแต่ละรูปแบบมีข้อดี-ข้อด้อยที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน มีรายละเอียดดังนี้

2.1.2.1 การขนส่งสินค้าทางถนน เป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าที่มีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่น (กระทรวงคมนาคม, 2557) เนื่องจากส่วนมากรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนสามารถส่งสินค้าจากจุดต้นทางไปยังจุดหมายปลายทางได้โดยไม่ต้องพึ่งการขนส่งรูปแบบอื่น ในบางกรณีรูปแบบการขนส่งถนนยังเป็นรูปแบบการขนส่งที่เชื่อมต่อการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่นเข้าด้วยกันเพื่อกระจายสินค้าไปยังผู้บริโภค เช่น เชื่อมต่อจากสถานีรถไฟไปยังคลังสินค้า, เชื่อมต่อจากท่าเรือไปสถานีรถไฟ ฯลฯ แสดงตัวอย่างรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 รูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนน

ก) ข้อดีของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนน หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนจะมีข้อได้เปรียบ ดังนี้

- ใช้เงินลงทุนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่น เนื่องจากผู้ประกอบการลงทุนด้านยานพาหนะก็สามารถขนส่งสินค้าทางถนนได้แล้ว

- สามารถเข้าถึงได้ง่าย เนื่องจากมีสถานีขนส่งสินค้าอยู่หลายแห่งทั่วภูมิภาค

- รวดเร็ว มีตารางการเดินทางที่แน่นอนสามารถขนส่งสินค้าได้ตลอดเวลา เช่น ไม่จำเป็นต้องมีตารางการเดินทางไฟ, ตารางการเดินทางเครื่องบิน ฯลฯ

- ไม่จำเป็นต้องรอคอยสินค้าเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่น เช่น การขนส่งสินค้าทางรถไฟอาจต้องรอสินค้าจากผู้ประกอบการหลายรายจนกว่าสินค้าจะเต็มตู้บรรทุกสินค้าและมีจำนวนตู้สินค้ามากพอที่จะขนส่งซึ่งหากเป็นสินค้าที่มีอายุสั้นแล้วอาจทำให้สินค้าเกิดความเสียหายได้

- มีความยืดหยุ่นสูงของขนาดระวางบรรทุก สามารถปรับเปลี่ยนระวางบรรทุกสินค้าให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม หรือสภาพอากาศได้ง่าย เช่น ระวางบรรทุกสินค้าแห้ง, ระวางบรรทุกสินค้าห้องเย็น, ระวางบรรทุกสินค้ามีหลังคา, ระวางบรรทุกสินค้าเสริมข้าง ฯลฯ

- มีความยืดหยุ่นสูงของบริการ สามารถปรับเปลี่ยนเส้นทางการขนส่งสินค้าให้สอดคล้องกับสภาพการจราจร, สภาพอากาศ และเงื่อนไขต่าง ๆ

- สามารถให้บริการถึงบ้านได้เนื่องจากการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่นยังต้องอาศัยการขนส่งสินค้าทางถนนเป็นตัวเชื่อมต่อ

ข) ข้อด้อยของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนน หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนจะมีข้อเสียเปรียบ ดังนี้

- บรรทุกได้เฉพาะสินค้าที่มีน้ำหนักไม่มากนัก เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านกฎหมายในเรื่องของความกว้างและความสูงของรถบรรทุกซึ่งส่งผลต่อขนาดตู้บรรทุกสินค้ามีความจุน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับตู้คอนเทนเนอร์สำหรับการขนส่งสินค้าทางเรือและทางรถไฟ

- มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่น

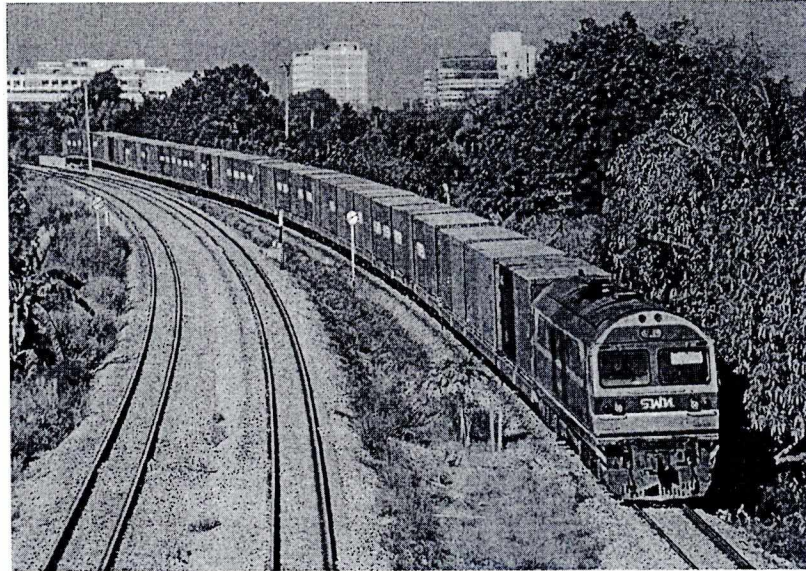
- โครงข่ายถนนเป็นคอขวด (Bottleneck) บริเวณประตูการค้าหลักและในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจและลดผลผลิตของประเทศ

- ไม่เหมาะสำหรับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศเนื่องจากต้องมีการขนถ่ายสินค้าและมีข้อจำกัดด้านกฎระเบียบการค้าระหว่างประเทศ

- ต้นทุนการขนส่งสินค้าต่อหน่วยค่อนข้างสูง เนื่องจากบรรทุกสินค้าได้น้อย ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าต่อหน่วยสูง

2.1.2.2 การขนส่งสินค้าทางรถไฟ เป็นการขนส่งสินค้าทางบกในรูปแบบหนึ่งที่ขนส่งสินค้าด้วยรถไฟสำหรับบรรทุกสินค้าผ่านทางโครงข่ายทางรถไฟที่ก่อสร้างขึ้นจากหน่วยงานภาครัฐ โดยโครงข่ายทางรถไฟสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า รางรถไฟ ที่สร้างขึ้นจากไม้ หรือคอนกรีตในลักษณะที่ขนานกันเพื่อให้รถไฟเคลื่อนที่ผ่าน โดยทั่วไปแล้วการขนส่งสินค้าทางรถไฟเหมาะกับการขนส่งสินค้าที่มีมูลค่าต่ำและมีน้ำหนักมาก เช่น ถ่านหิน ปูนซีเมนต์ ฯลฯ นอกจากนี้การขนส่งสินค้าทางรถไฟยังมี

ข้อจำกัดที่ต้องวังบนรางทำให้เส้นทางการขนส่งสินค้าไม่มีความยืดหยุ่นและมีความล่าช้าในการขนส่งสินค้ากว่าระยะเวลาที่กำหนดบ่อยครั้ง แสดงตัวอย่างรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรถไฟดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 รูปแบบการขนส่งสินค้าทางรถไฟ

ก) ข้อดีของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรถไฟ หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรถไฟจะมีข้อได้เปรียบ ดังนี้

- ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าต่อหน่วยต่ำเมื่อเทียบกับการขนส่งสินค้าทางถนน เนื่องจากตู้บรรทุกสินค้าสำหรับการขนส่งสินค้าทางรถไฟสามารถบรรทุกสินค้าได้มากกว่าและสามารถขนส่งได้ครั้งละหลายตู้

- สามารถขนส่งสินค้าได้หลากหลายชนิด ในหนึ่งขบวนรถไฟประกอบไปด้วย หั้วรถจักรและตู้บรรทุกสินค้า หรือตู้คอนเทนเนอร์ หรือตู้โดยสารก็ได้ ทำให้รถไฟหนึ่งขบวนสามารถขนส่งสินค้าได้หลากหลายชนิดโดยไม่ทำให้สินค้าอื่นเสียหาย

ข) ข้อด้อยของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรถไฟ หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางรถไฟจะมีข้อเสียเปรียบ ดังนี้

- ล้าสมัย สภาพราง มีอายุมากกว่า 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 67 ของจำนวนโครงข่ายทางรถไฟทั่วประเทศ ซึ่งส่งผลต่อความเร็วในการเดินทาง รวมไปถึงหัวรถจักรและแคร่ที่มีอายุการใช้งานระหว่าง 12-44 ปี โดยเฉพาะหัวรถจักรที่มีอายุ 30 ปี ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 72 ของจำนวนหัวรถจักรที่มีการใช้งานอยู่ของการรถไฟแห่งประเทศไทย ซึ่งส่งผลต่อสมรรถนะในการลากจูง

- มีความล่าช้า โครงข่ายทางรถไฟภายในประเทศไทยยังเป็นโครงข่ายทางรถไฟระบบทางเดียวทำให้รถไฟไม่สามารถวิ่งได้เพียงทางเดียวไม่สามารถสวนกันได้ โดยจะสวนทางกันได้เฉพาะจุดที่เป็นสถานีรถไฟซึ่งมีทางหลักเท่านั้น

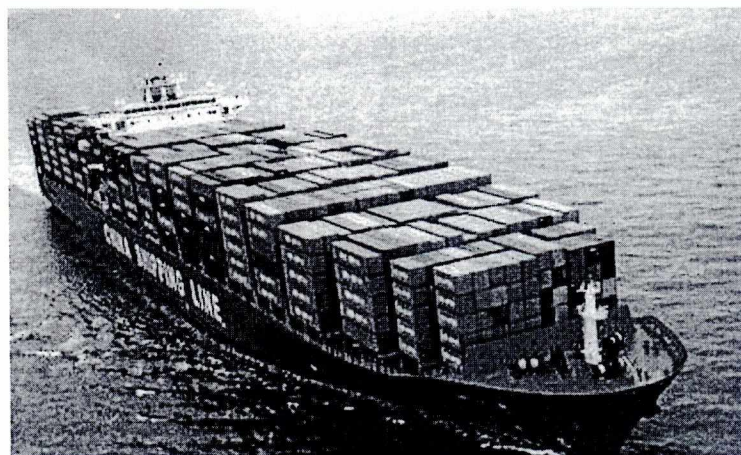
- โครงข่ายทางรถไฟมีข้อจำกัด โครงข่ายทางรถไฟในประเทศไทยยังไม่ขยายครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ของประเทศ ทำให้การขนส่งสินค้าทางรถไฟเกิดข้อจำกัดด้านการขนส่งสินค้าได้แบบถึงที่ ทำให้ผู้ประกอบการขนส่งต้องอาศัยการขนส่งด้วยรถบรรทุก

- ไม่สะดวกและเข้าถึงได้ยาก ตารางการเดินรถไฟส่วนมากนั้นจะเป็นตารางการเดินรถไฟสำหรับโดยสารเป็นส่วนใหญ่ หากผู้ประกอบการต้องการขนส่งสินค้าทางรถไฟอาจจะต้องพ่วงตู้บรรทุกสินค้าไปกับขบวนรถไฟโดยสารทำให้ไม่สะดวกมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ยุ่งยาก และสถานีรถไฟนั้นส่วนมากจะตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่แหล่งชุมชนทำให้รถบรรทุกสินค้าเข้าถึงได้ยาก

- ขาดอุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้า ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้นว่าการขนส่งสินค้าทางรถไฟนั้นต้องประยุกต์รวมกับการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้าที่เพียงพอต่อการใช้งาน

- คุณภาพการให้บริการและความปลอดภัยยังไม่เป็นที่น่าพอใจ และปัญหาด้านการบริหารงานภายในของการรถไฟแห่งประเทศไทย

2.1.2.3 การขนส่งสินค้าทางเรือ เป็นการขนส่งสินค้าด้วยเรือขนส่งสินค้า หรือเรือโดยสาร การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศมักใช้บริการการขนส่งสินค้าทางเรือมากกว่าร้อยละ 90 เนื่องจากการขนส่งรูปแบบนี้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับการขนส่งรูปแบบอื่นทั้งทางบก หรือทางอากาศ อีกทั้งยังเหมาะกับสินค้าที่มีน้ำหนักและปริมาณมาก เช่นเดียวกับการขนส่งสินค้าทางรถไฟแต่การขนส่งสินค้าทางเรือจะมีระยะเวลาการขนส่งสินค้าที่นานกว่ามาก ดังนั้นการขนส่งสินค้าทางเรือจึงไม่เหมาะกับสินค้าที่มีอายุสั้นและเน่าเสียง่าย แสดงตัวอย่างรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเรือดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 รูปแบบการขนส่งสินค้าทางเรือ

ก) ข้อดีของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเรือ หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเรือจะมีข้อได้เปรียบ ดังนี้

- บรรทุกสินค้าได้มากและหลากหลายชนิด เนื่องจากระวางบรรทุกสินค้าของเรือสามารถขนต่อบรรทุกสินค้าได้จำนวนมากทำให้สามารถขนส่งสินค้าได้หลายชนิด
- มีต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วยถูกที่สุดเมื่อเทียบกับการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่น เนื่องจากสามารถขนส่งสินค้าได้ครั้งละเป็นจำนวนมากทำให้ต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วยต่ำ
- มลภาวะต่ำ การขนส่งสินค้าทางเรือปล่อยควัน, มลภาวะ และของเสียจากเรือต่อหน่วยสินค้าที่บรรทุกต่ำกว่ารูปแบบขนส่งอื่น

ข) ข้อด้อยรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเรือ หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเรือจะมีข้อเสียเปรียบ ดังนี้

- ต้องอาศัยการขนส่งประเภทอื่นประกอบ การขนส่งสินค้าทางเรือหากเป็นเรือบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ต้องอาศัยความลึกของน้ำมากทำให้ไม่สามารถบริการขนส่งได้ถึงที่ หรือจุดปลายทางไม่อยู่ติดกับลำน้ำ ทำให้การขนส่งสินค้าทางเรือไม่สามารถเข้าถึงได้ ดังนั้นการขนส่งทางเรือจึงจำเป็นต้องใช้การขนส่งรูปแบบอื่น
- ความล่าช้า การขนส่งสินค้าทางเรือมีความล่าช้านี้เกิดจากสองสาเหตุ สาเหตุแรกเกิดจากความล่าช้าที่เกิดจากตัวเรือขนส่งสินค้าที่มีความเร็วไม่มากเนื่องจากต้องแล่นไปตามลำน้ำ ส่วนสาเหตุที่สองเกิดจากตารางการเดินเรือที่มีความแออัดบริเวณท่าเทียบเรือทำให้เรือขนส่งสินค้าต้องจอดรอเพื่อเทียบท่า ทำให้การขนส่งสินค้าเกิดความล่าช้า
- ผู้ประกอบการเรือไทยมีต้นทุนในการดำเนินการที่สูง เนื่องจากการขนส่งสินค้าทางเรือต้องอาศัยการขนส่งสินค้าทางถนน หรือการขนส่งสินค้าทางรถไฟประกอบเพื่อกระจายสินค้าไปยังผู้บริโภคทำให้อาจเกิดต้นทุนขนส่งสินค้าที่ซ้ำซ้อน
- ขาดระบบสาธารณูปโภคตามความต้องการของอู่ต่อเรือ เช่น น้ำประปา, ไฟฟ้า และบุคลากรผู้เชี่ยวชาญด้านการต่อเรือมีจำกัด รวมทั้งขาดอุตสาหกรรมสนับสนุน เช่น เหล็ก ทำให้ต้นทุนในการต่อเรือสูงและใช้ระยะเวลานาน
- กฎหมายการขนส่งทางเรือขาดความทันสมัยและไม่สอดคล้องกับการดำเนินธุรกิจส่งผลทำให้ขาดประสิทธิภาพในการแข่งขัน

2.1.2.4 การขนส่งสินค้าทางเครื่องบิน เป็นการขนส่งสินค้าด้วยเครื่องบินโดยสาร หรือเครื่องบินสำหรับขนส่งสินค้าโดยเฉพาะ การขนส่งสินค้านี้เหมาะกับสินค้าที่ต้องการความรวดเร็วเช่นสินค้าแฟชั่น ของสด ผักผลไม้สด ดอกไม้ สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ หรือของที่มีขนาดเล็กแต่มูลค่าค่อนข้างสูงและต้องดำเนินการพิธีการศุลกากรทั้งต้นทางและปลายทางซึ่งจะต้องมีขั้นตอนในการทำเอกสารและใช้เวลามากกว่าการขนส่งสินค้านี้รูปแบบอื่น รวมไปถึงผู้ให้บริการด้านการขนส่งสินค้าด้วย

เครื่องบินยังมีจำนวนไม่มาก โดยจะเป็นการขนส่งสินค้าไปกับระวางบรรทุกทุกสินค้าบนเครื่องบินโดยสารเท่านั้น แสดงตัวอย่างรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเครื่องบินดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 รูปแบบการขนส่งสินค้าทางเครื่องบิน

ก) ข้อดีของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเครื่องบิน หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเครื่องบินจะมีข้อได้เปรียบ ดังนี้

- รวดเร็ว เป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าที่มีความเร็วมากที่สุดเหมาะสมสำหรับสินค้าที่เป็นของสด มีอายุสั้น และสินค้าที่มีมูลค่าสูงที่ต้องการถึงผู้บริโภคเร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
- ความปลอดภัยต่อสินค้าต่ำ อุบัติเหตุจากการขนส่งสินค้าทางเครื่องบินมีอัตราที่ต่ำสุดเมื่อเทียบกับการขนส่งรูปแบบอื่น รวมไปถึงบรรจุภัณฑ์, หนีบห่อ และระวางบรรทุกสินค้า สำหรับขนส่งสินค้าทางเครื่องบินสามารถรองรับแรงกระแทกได้สูงทำให้สินค้ามีความปลอดภัยสินค้า, สินค้าเกิดความเสียหายน้อย หรือไม่มีความเสียหายเลย

- เหมาะกับการขนส่งสินค้าระยะไกล การขนส่งรูปแบบนี้สามารถขนส่งสินค้าระหว่างประเทศที่มีระยะทางไกลได้ช่วยให้ประหยัดต้นทุนในการขนถ่ายสินค้าได้

ข) ข้อด้อยของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเครื่องบิน หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเครื่องบินจะมีข้อเสียเปรียบ ดังนี้

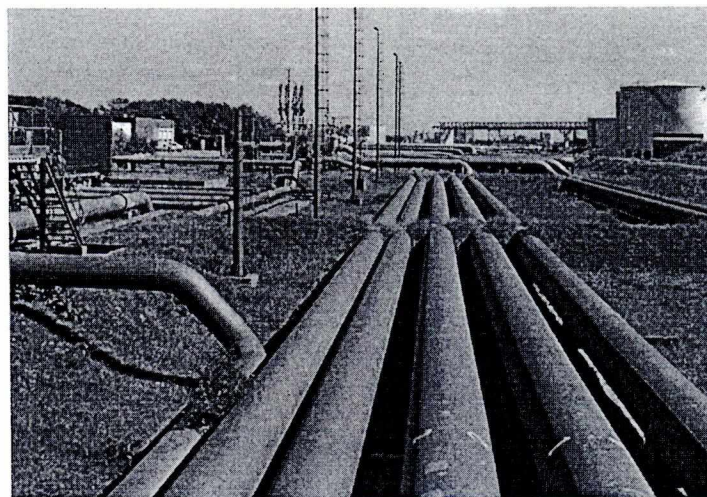
- มีต้นทุนค่าขนส่งสูง การขนส่งสินค้าทางเครื่องบินมักจะถูกขนส่งสินค้าไปกับระวางสินค้าบนเครื่องบินโดยสารทำให้ระวางบรรทุกสินค้าบรรจุได้ไม่มาก ส่งผลต่อต้นทุนค่าขนส่งสินค้าต่อหน่วยสูง

- มีผู้ให้บริการขนส่งสินค้าน้อยราย ผู้ให้บริการการขนส่งสินค้าทางเครื่องบินมีจำนวนไม่มาก ผู้ประกอบการมีทางเลือกไม่มาก

- การเข้าถึงทำได้ยาก สนามบินมีจำนวนไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ทำให้การขนส่งสินค้าทางเครื่องบินทำได้เฉพาะพื้นที่ที่มีสนามบินเท่านั้น อีกทั้งสนามบินมักตั้งอยู่ที่ห่างไกลจากแหล่งทำเลที่ตั้งของผู้ประกอบการอีกด้วย

- ความล่าช้าจากตารางการเดินเครื่องบินและการรวบรวมสินค้า เนื่องจากตารางการเดินเครื่องบินมีกำหนดที่แน่นอนและมีขั้นตอนการเตรียมการค่อนข้างมากทำให้การขนส่งสินค้าทางเครื่องบินเกิดความล่าช้า รวมไปถึงต้องใช้ระยะเวลาในการรวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อเตรียมการขนส่งเป็นจำนวนมาก

2.1.2.5 การขนส่งสินค้าทางท่อ เป็นการขนส่งสินค้าผ่านทางระบบท่อลำเลียงที่ถูกสร้างขึ้นเหมาะสำหรับการขนส่งน้ำมัน, ก๊าซ, ของเหลว ฯลฯ แสดงตัวอย่างรูปแบบการขนส่งสินค้าทางท่อดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 รูปแบบการขนส่งสินค้าทางท่อ

ก) ข้อดีของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางท่อ หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางท่อจะมีข้อได้เปรียบ ดังนี้

- ต้นทุนค่าขนส่งผันแปรต่อหน่วยต่ำ การขนส่งทางท่อดำเนินการแปรผันต่อหน่วยต่ำ เนื่องจากใช้พนักงานน้อยใช้พลังงานน้อย มีอายุการใช้งานนานและมีต้นทุนการบำรุงรักษาต่ำ การขนส่งทางท่อดำเนินการจึงมีต้นทุนต่ำ

- ไม่ต้องมีบรรจุกฎบัตรสำหรับขนส่งสินค้า

ข) ข้อด้อยของรูปแบบการขนส่งสินค้าทางท่อ หากผู้ประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการขนส่งสินค้าทางท่อจะมีข้อเสียเปรียบ ดังนี้

- ข้อจำกัดด้านกายภาพ การขนส่งสินค้าทางท่อขนส่งได้เฉพาะของเหลวและก๊าซเท่านั้นทำให้ขนส่งสินค้าได้เพียงไม่กี่ประเภท
- ลงทุนสูง มีการลงทุนในการวางท่อขนส่งสินค้าสูงและไม่สามารถสับเปลี่ยนประเภทสินค้าที่ขนส่งได้ ท่อขนส่งสินค้าหนึ่งมักจะรองรับผลิตภัณฑ์ได้ประเภทเดียว
- การขนถ่ายสินค้าช้า อาจต้องมีการขนถ่ายซ้ำ เช่น การขนส่งน้ำมันจากปลายท่อลำเลียงไปยังสถานีน้ำมันทั่วทุกภูมิภาค

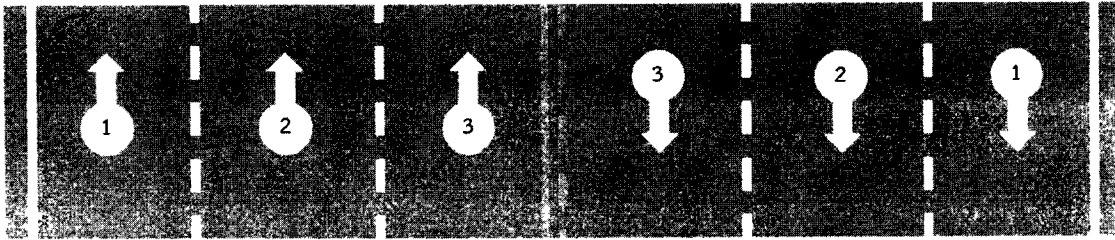
จากคำจำกัดความและข้อดี-ด้อยของการขนส่งสินค้าแต่ละรูปแบบผู้วิจัยพบว่าการขนส่งสินค้าทางถนนเป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าที่มีความสำคัญมากที่สุดเนื่องจากเป็นรูปแบบการขนส่งที่เป็นตัวกลางสำหรับการเชื่อมต่อรูปแบบการขนส่งสินค้าอื่นเข้าด้วยกัน อีกทั้งยังเป็นรูปแบบการขนส่งที่เชื่อมต่อระหว่างภูมิภาคเข้าด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น การขนส่งสินค้าทางเรือจากภูมิภาคเอเชียตอนกลางจากที่มณฑลกว่างตุง สาธารณรัฐประชาชนจีน จะพบว่าจะต้องเสียเวลาในการแล่นเรืออ้อมผ่านช่องแคบมะละกาทำให้ใช้ระยะเวลาในการขนส่งสินค้ามาก แต่หากว่าใช้การขนส่งสินค้าทางเรือมายังท่าเทียบเรือบริเวณทะเลอันดามันและใช้การขนส่งสินค้าทางถนนผ่านสาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า-ประเทศไทย-สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว-ท่าเรือในสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามเพื่อทำการขนส่งสินค้าทางเรือไปยังปลายทาง ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการขนส่งได้เป็นอย่างมาก จากความสำคัญของการขนส่งสินค้าทางถนนที่กล่าวไว้ในข้างต้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้เลือกศึกษาเฉพาะรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนเพียงเท่านั้น

2.2 ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน

ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน (Physical Characteristics of Road Freight Transportation) หมายถึง องค์ประกอบที่ปรากฏให้เห็นได้ของถนน สามารถนำมาพิจารณาเชิงตัววัด หรือบอกปริมาณได้ โดยองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อความสำเร็จในการขนส่งสินค้าทางถนน เช่น จำนวนช่องจราจร, พื้นผิวการจราจร ฯลฯ สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนตามแนวทางการวิจัยของวรพจน์ มีถม (2556) เพื่อใช้ประกอบการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม มีรายละเอียดดังนี้

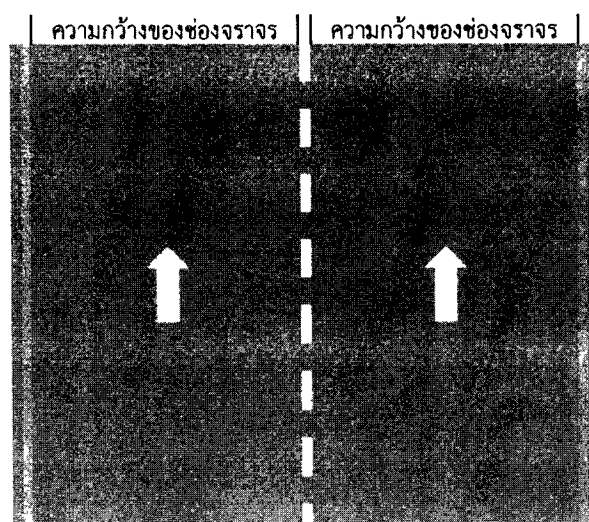
2.2.1 จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง (Number of lanes in Each Direction) หมายถึง จำนวนของช่องทางการเดินรถ หรือช่องถนน ที่ถูกกำหนด หรือแบ่งไว้ด้วยเส้นแบ่งทิศทางจราจร หรือเส้นแบ่งช่องจราจร มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการควบคุมและเป็นแนวทางในการขับขี่ยานพาหนะให้วิ่งภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยเส้นทางการขนส่งสินค้าอาจประกอบไปด้วยอย่างน้อยหนึ่งช่องจราจร

ต่อทิศทาง แต่บางกรณีในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่อาจจะเป็นการใช้ทางร่วมก็ได้ แสดงตัวอย่างจำนวนช่องจราจรกรณีมีจำนวน 3 ช่องจราจรต่อทิศทางดังภาพที่ 2-6



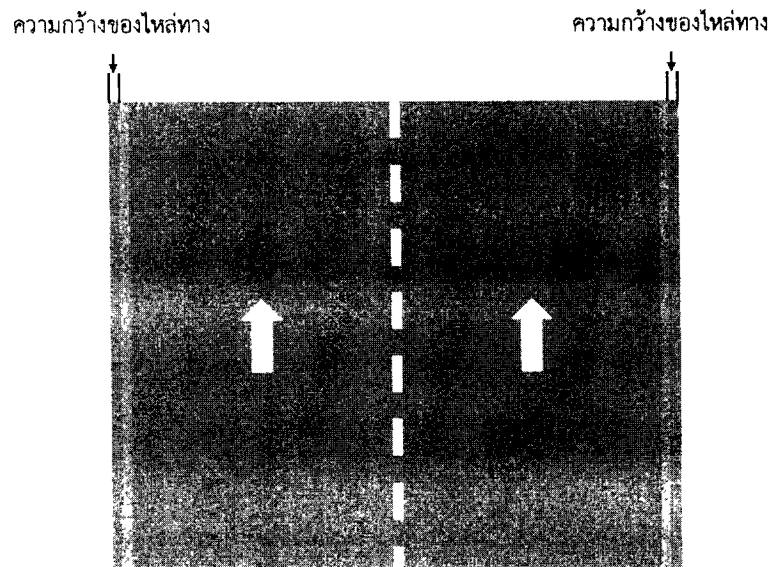
ภาพที่ 2-6 จำนวนช่องจราจรกรณีมีจำนวน 3 ช่องจราจรต่อทิศทาง

2.2.2 ความกว้างของช่องจราจร (Lane Width) หมายถึง ระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งช่องจราจร สำหรับกรณีมีจำนวนช่องจราจรต่อทิศทางหลายช่อง, ระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งทิศทางจราจร หรือเส้นแบ่งช่องจราจรกับเส้นขอบทางสำหรับกรณีมีจำนวนช่องจราจรหนึ่งช่อง ทั้งนี้ความกว้างของช่องจราจรอาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่และปริมาณการจราจร ถนนที่มีความกว้างของช่องจราจรระหว่าง 3.40-3.70 เมตรเป็นความกว้างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับถนนขนาด 2 ช่องจราจร บริเวณนอกเมือง เนื่องจากมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำและมีความสมดุลระหว่างการไหลของกระแสจราจรกับความปลอดภัยต่อการจราจรมากที่สุด ส่วนถนนที่มีความกว้างของช่องจราจรกว้างน้อยกว่า 3.00 เมตร จะส่งอิทธิพลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุที่มียานพาหนะเกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งคัน (กฤษฎณ์ เจ็ดวรรณะ และศุภชัย หอวิมานพร, 2554) แสดงตัวอย่างความกว้างของช่องจราจรดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 ความกว้างของช่องจราจร

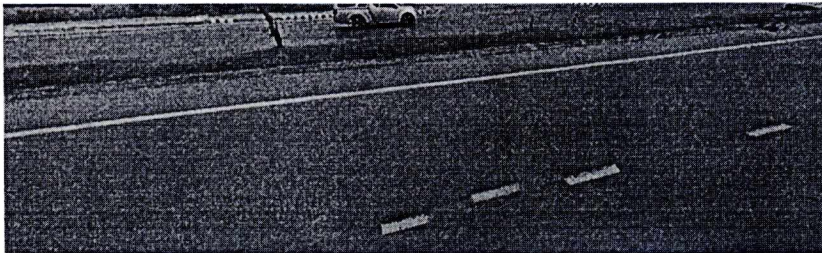
2.2.3 ความกว้างของไหล่ทาง (Shoulder Width) หมายถึง ความกว้างของพื้นที่ด้านนอกทั้งสองข้างของพื้นผิวการจราจรและยังมิได้จัดทำเป็นทางเท้า (พระราชบัญญัติจราจรทางบก, 2522) มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาผลกระทบของไหล่ทางที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยพบว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุกับความกว้างและพื้นผิวของไหล่ทางมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกัน ไหล่ทางที่พื้นผิวไม่ลาดยางจะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าไหล่ชนิดที่พื้นผิวลาดยางอย่างชัดเจน ไหล่ทางที่มีขนาดความกว้างไม่เกิน 2.00 เมตร จะมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง สำหรับไหล่ทางที่มีความกว้างมากกว่า 2.50 เมตร จะมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุเพียงเล็กน้อย (กฤษณ์ เจ็ดวรรณะ และศุภชัย หอวิมานพร, 2554) สอดคล้องกับผลจากการศึกษาวิจัยของ Zegeer and Council (1995) ที่พบว่าเมื่อความกว้างไหล่ทางเพิ่มขึ้นจะสามารถลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุได้มากถึงร้อยละ 49 ต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด แสดงตัวอย่างความกว้างของไหล่ทางดังภาพที่ 2-8



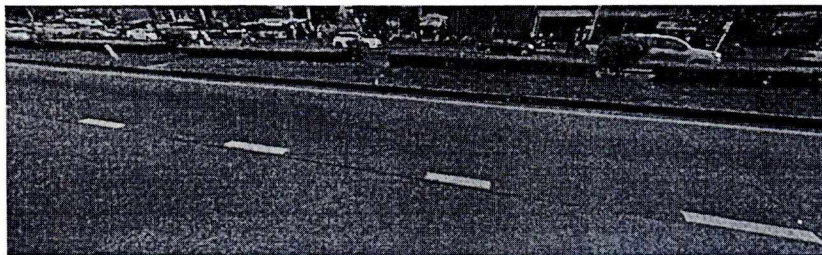
ภาพที่ 2-8 ความกว้างของไหล่ทาง

2.2.4 วัสดุพื้นผิวจราจร (Road Surface) หมายถึง วัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ถูกนำมาใช้ในการทำผิวหน้าการจราจรเพื่อให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน โดยผิวหน้าการจราจรที่ดีจะต้องแข็งแรง ทนทาน ต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ทนทานต่อการขัดสีและการเคลื่อนที่ของยวดยานเพราะเป็นส่วนที่สัมผัสล้อโดยตรง นอกจากนี้พื้นผิวยังต้องหิบน้ำทำหน้าที่ระบายน้ำและป้องกันน้ำซึมลงไปสู่ชั้นพื้นทางและรองพื้นทาง หรือคันทางอีกด้วย (ณรงค์ กุหลาบ, 2556) โดยปัจจุบันสำหรับในประเทศไทยวัสดุพื้นผิวจราจรที่สามารถพบ ได้แก่ พื้นผิวการจราจรที่เป็นดินลูกรัง, พื้นผิวการจราจรที่เป็นลาดยาง, พื้นผิวการจราจรที่เป็นคอนกรีต ข้อสังเกตความแตกต่างระหว่างพื้นผิวการจราจรที่เป็นลาดยางกับพื้นผิวการจราจรที่เป็นคอนกรีต พื้นผิวการจราจรที่เป็นคอนกรีตจะมีรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีต ส่วน

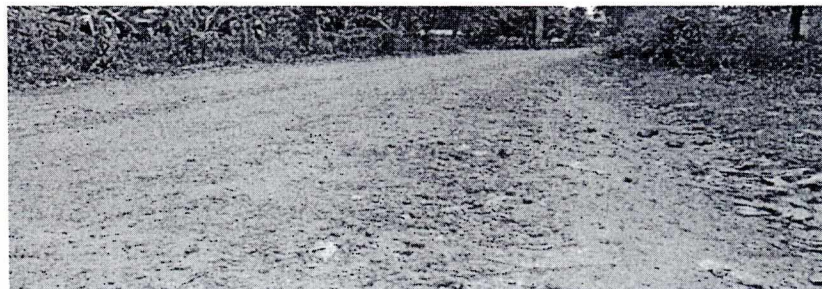
พื้นผิวการจราจรที่เป็นลาดยางจะไม่มีรอยต่อ นอกจากนี้ยังมีพื้นผิวการจราจรด้วยลาดยางที่
 ด้านล่างของพื้นผิวเป็นคอนกรีตอีกด้วย แสดงตัวอย่างพื้นผิวการจราจรดังภาพที่ 2-9



พื้นผิวการจราจรที่เป็นลาดยาง



พื้นผิวการจราจรที่เป็นคอนกรีต



พื้นผิวการจราจรที่เป็นดินลูกรัง

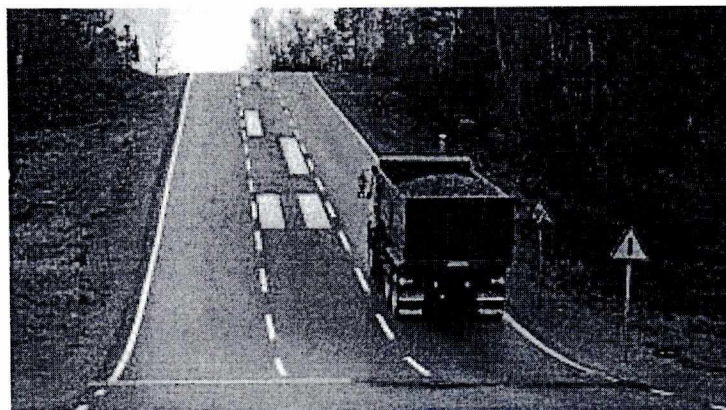
ภาพที่ 2-9 พื้นผิวการจราจร

2.2.5 ความคดเคี้ยวของถนน (Curve and Slope) หมายถึง จุดเชื่อมระหว่างถนนสองเส้นซึ่งมี
 ทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแตกต่างกัน ความลาดชัน หมายถึง ความลาดเอียงของพื้นผิว
 การจราจร จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าจำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงจะเกิดขึ้นที่บริเวณทาง
 โค้งมากกว่าบริเวณทางตรงมากถึง 3 เท่า และรัศมีทางโค้งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความปลอดภัย
 ของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Son, Park and Lee (2005) ที่กล่าวว่า
 เส้นทางที่มีความคดเคี้ยวของถนนนั้นส่งผลให้ผู้เสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุที่มากขึ้นทั้งบริเวณทาง
 แยกและบริเวณถนนที่มีกระแสการจราจรทิศทางเดียวกัน แสดงตัวอย่างความคดเคี้ยวของถนนดัง
 ภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 ความคดเคี้ยวของถนน

2.2.6 ความลาดชันของพื้นผิวจราจร (Gradient or Slope of Road Surface) หมายถึง ความลาดเอียงของพื้นผิวการจราจรในระดับต่าง ๆ โดยจะคิดเป็นร้อยละ พื้นผิวการจราจรที่มีค่าระดับความลาดชันที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุที่เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะที่ระดับความลาดชันมากกว่า ร้อยละ 6 พบว่าจะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sattayaprasert, et al. (2008) และงานวิจัยของ Yuan, et al. (2014) ที่กำหนดให้เส้นทางการขนส่งสินค้ามีระดับความเสี่ยงมากขึ้นหากระดับความลาดชันของเส้นทางเพิ่มขึ้น แสดงตัวอย่างความลาดชันของพื้นผิวจราจรดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 ความลาดชันของพื้นผิวจราจร

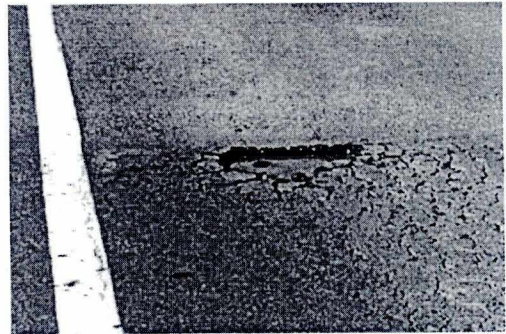
2.2.6 การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (Road surface Deterioration) หมายถึง ความชำรุดเสียหายของผิวทาง อันเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น อายุการใช้งานผิวทาง, ปริมาณ

จราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี, ปริมาณรถบรรทุกหนัก, ลักษณะภูมิอากาศ ฯลฯ รวมไปถึงลักษณะของโครงสร้างชั้นพื้นทางเดิม เป็นต้น

2.2.6.1 การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรแบบลาดยาง ความเสียหายซึ่งพบในผิวทางลาดยางพบว่ามีจำนวนมากและหลากหลายในแต่ละประเทศ โดยลักษณะความเสียหายที่พบบ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท แสดงตัวอย่างการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรแบบลาดยางดังภาพที่ 2-12 และมีรายละเอียดดังนี้ (กรมทางหลวงชนบท, 2555)



ผิวหน้าการจราจรหลุ่ร่อน



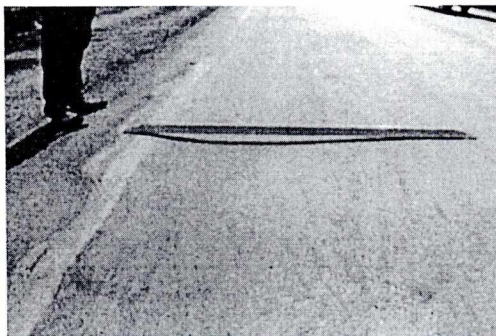
ผิวหน้าการจราจรเป็นหลุมบ่อ



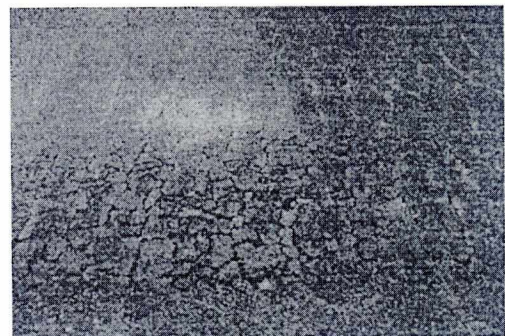
ผิวหน้าการจราจรเป็นรอยปะ



ผิวหน้าการจราจรยุบตัว



ผิวหน้าการจราจรเป็นร่องล้อ



ผิวหน้าการจราจรเป็นรอยแตกหนึ่งจะเซ้

ภาพที่ 2-12 การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรแบบลาดยาง (กรมทางหลวงชนบท, 2555)

ก) ผิวหน้าการจราจรหลุดร่อน (Ravelling) ลักษณะความเสียหายของผิวทางหลุดร่อนมีลักษณะคล้ายหน้าข้าวตัง

ข) ผิวหน้าการจราจรเป็นหลุมบ่อ (Potholes) เป็นความเสียหายรูปแบบหนึ่งของความเสียหายในลักษณะการหลุดร่อน แต่มีลักษณะเกิดเป็นหลุมบ่อคล้ายถ้วย สาเหตุจากโครงสร้างผิวการจราจรและโครงสร้างพื้นทางไม่แข็งแรงเพียงพอ วัสดุที่นำมาก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน หรืออาจเกิดจากการระบายน้ำในชั้นผิวทางไม่ดีพอ หรืออาจเกิดจากการที่มีปริมาณรถบรรทุกหนักสัญจรผ่านมากเกินไปกว่ามาตรฐานชั้นทางกำหนด

ค) ผิวหน้าการจราจรเป็นรอยปะ (Bad Patching) เป็นความเสียหายรูปแบบหนึ่งของความเสียหายที่เรียกว่า การปิดตัวเปลี่ยนลักษณะจากรูปเดิม โดยมีสาเหตุจากการซ่อมแซมผิวการจราจรตามแนววงท่อ หรือระบบสาธารณูปโภคแล้วบดอัดวัสดุถมหลุมที่ขุดไม่ได้คุณภาพ

ง) ผิวหน้าการจราจรยุบตัว (Depression) เป็นความเสียหายที่ลักษณะผิวลาดยางยุบเป็นแอ่งต่ำกว่าบริเวณอื่น ความเสียหายแบบนี้มักเกิดจากการทรุดตัวของโครงสร้างชั้นทางบริเวณที่ยุบตัวก่อสร้างไม่ดี หรือด้อยคุณภาพ

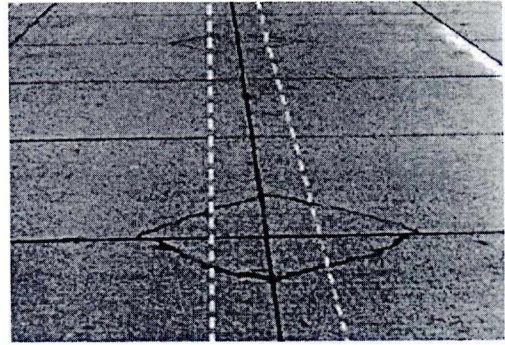
จ) ผิวหน้าการจราจรเป็นร่องล้อ (Ruts) เป็นการเปลี่ยนรูปของผิวทางโดยผิวการจราจรที่มีการยุบตัวไปตามแนวร่องล้อแต่บริเวณด้านข้างไม่ถูกดันปูดสูงขึ้น ความเสียหายนี้มีสาเหตุจากการบดอัดวัสดุชั้นทางในขณะที่ก่อสร้างไม่ดีพอ หรือวัสดุพื้นทางมีส่วนผสมไม่เหมาะสม หรือการรับน้ำหนักเกินพิกัดของรถบรรทุกซึ่งสัญจรผ่าน ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวทางด้านข้างเมื่อน้ำหนักมากดทับ

ฉ) ผิวหน้าการจราจรเป็นรอยแตกหนังจระเข้ (Alligator Cracks) เป็นการแตกร้าวของพื้นผิวการจราจร มีสภาพเป็นตารางคล้ายหนังจระเข้ หรือลวดตาข่าย สาเหตุที่พบส่วนมากเกิดจากมีความชื้นในชั้นโครงสร้างทางสูง ทำให้ความสามารถรับน้ำหนักลดลง เมื่อน้ำหนักบรรทุกผ่านจึงเกิดการแตกร้าว

2.2.6.2 การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรแบบคอนกรีต ความเสียหายของผิวหน้าการจราจรแบบคอนกรีตนั้นเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ความเสื่อมสภาพของคอนกรีต, ผลจากส่วนผสมของคอนกรีตไม่เหมาะสมมีความแข็งแรงทนทานไม่เพียงพอ หรือสกปรก, การแตกร้าวเนื่องจากการบดตัวของแผ่นคอนกรีตที่อุณหภูมิแตกต่างกัน, รอยแตกระหว่างรอยต่อ, คอนกรีตไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เพียงพอ โดยลักษณะความเสียหายที่พบบ่อยสามารถแบ่งได้เป็น 8 ประเภท แสดงตัวอย่างการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรแบบคอนกรีตดังภาพที่ 2-13 และมีรายละเอียดดังนี้ (กรมทางหลวงชนบท, 2555)



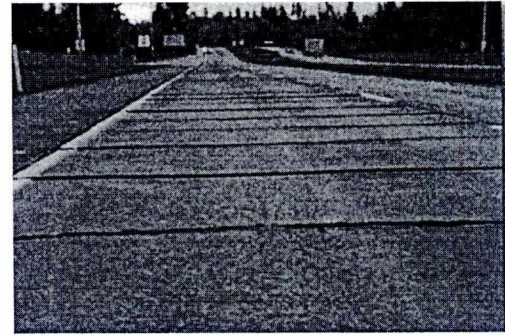
ผิวหน้าการจราจรโถงตัว



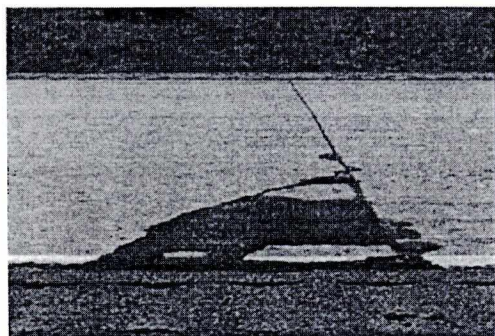
ผิวหน้าการจราจรเกิดรอยแตกตามมุม



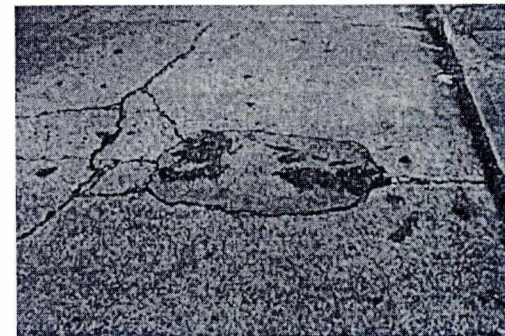
ผิวหน้าการจราจรแตกและแยกตัว



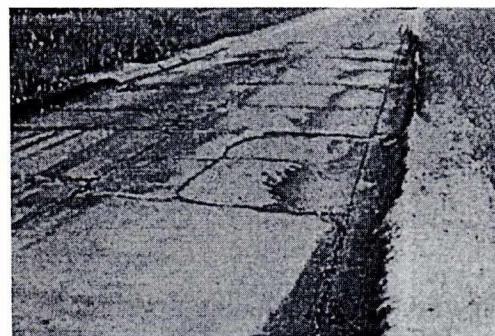
ผิวหน้าการจราจรหลุดตัว



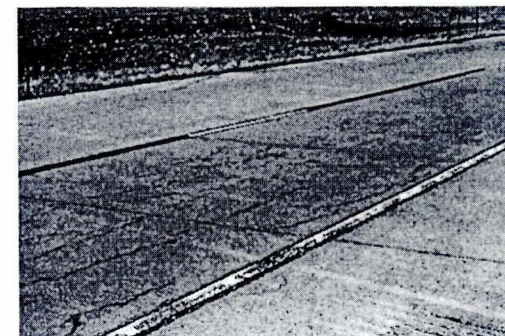
รอยต่อหลวร้อน



รอยปะซ่อมที่เสียหาย



การพุ่งทะลักของน้ำใต้ดิน



การหดตัว

ภาพที่ 2-13 การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรแบบคอนกรีต (กรมทางหลวงชนบท, 2555)

ก) ผิวหน้าการจราจรโก่งตัว (Buckling) ลักษณะความเสียหายมีรอยแตกหักตามแนวตั้งฉากกับการโก่งงอของแผ่นพื้นคอนกรีต สาเหตุเนื่องจากคอนกรีตเกิดการขยายตัวขณะที่ตำแหน่ง หรือขนาดของรอยต่อเพื่อขยายไม่เหมาะสม ทำให้แรงอัดเกิดขึ้นมากดันให้แผ่นพื้นคอนกรีตโก่งงอแล้วแตกหัก

ข) ผิวหน้าการจราจรเกิดรอยแตกตามมุม (Corner Breaks) ลักษณะความเสียหายเป็นรอยแตกตามมุมขวาแผ่นพื้นคอนกรีตเป็นเส้นทแยงมุมระหว่างรอยต่อ สาเหตุที่เกิดจากรอยแตกเนื่องจากชั้นทางใต้แผ่นพื้นคอนกรีตแข็งแรงไม่เพียงพอ เมื่อน้ำหนักบรรทุกมากดบนมุมของแผ่นพื้นจึงเกิดรอยแตก

ค) ผิวหน้าการจราจรแตกและแยกตัว (Divided Slab) ลักษณะเป็นรอยแตกตามแนวแบ่งแผ่นพื้นคอนกรีตเป็นหลายส่วน สาเหตุเนื่องจากชั้นโครงสร้างทาง หรือคอนกรีตแข็งแรงไม่เพียงพอกับการรับน้ำหนักบรรทุกจากการจราจร

ง) ผิวหน้าการจราจรทรุดตัว (Faulting) ลักษณะความเสียหายสังเกตได้จากแผ่นพื้นคอนกรีตติดกันมีระดับความแตกต่าง สาเหตุเกิดจากการทรุดตัวของชั้นฐานรากไม่เท่ากัน หรือความคลาดเคลื่อนจากการใช้เหล็กเสริมถ่วงน้ำหนัก

จ) รอยต่อหลุดร่อน (Joint Seal Damage) เป็นลักษณะความเสียหายวัสดุรอยต่อหลุด สาเหตุเนื่องจากการเสื่อมสภาพความอายุการใช้งานคุณภาพวัสดุรอยต่อ

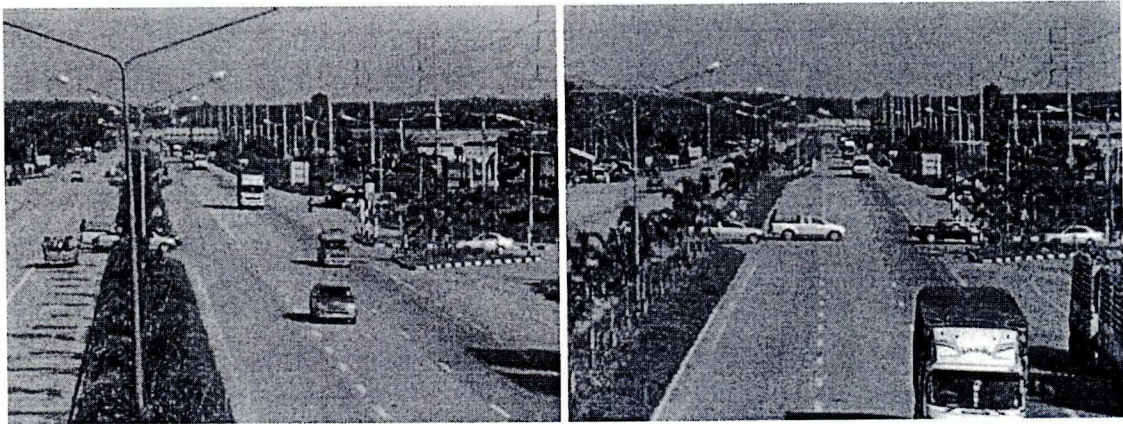
ฉ) รอยปะซ่อมที่เสียหาย (Bad Patching) เป็นรอยปะซ่อมพื้นที่ผิวเดิมหรือรอยปะซ่อมตามแนวระบบสาธารณูปโภค

ช) การพุ่งทะลักของน้ำใต้ดิน (Pumping) ลักษณะความเสียหายเกิดการพุ่งทะลักของน้ำที่อยู่ใต้แผ่นพื้นคอนกรีต โดยอาจมีวัสดุของชั้นทางผสมปนขึ้นมาตามแนวรอยต่อ หรือรอยแตก เมื่อน้ำหนักบรรทุกวิ่งผ่าน สาเหตุเกิดจากน้ำซึมผ่านลงไปตามรอยต่อ หรือรอยแตกไปอยู่ใต้แผ่นพื้น เมื่อมีรถวิ่งผ่านแผ่นพื้นมีการกระดกตัวขึ้นลงตรงบริเวณรอยต่อ หรือรอยแตก เกิดแรงอัดทำให้น้ำพุ่งทะลักขึ้นมาบนผิวจราจร

ซ) การหดตัว (Shrinkage Cracks) ลักษณะความเสียหายเป็นรอยแตกลายงายาวไม่มากนักและไม่แตกข้ามแผ่นพื้น สาเหตุเกิดจากการบ่มคอนกรีตที่ไม่เพียงพอของคอนกรีต

2.2.7 จุดอันตรายในเส้นทาง (Blackspot) หมายถึง ตำแหน่งบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง บริเวณที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดอุบัติเหตุ หรือได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ บริเวณอาจเป็นทางแยก ช่วงถนนหนึ่ง หรือบริเวณอื่นใดก็ตามที่เป็นไปตามคำจำกัดความนี้ (กรมทางหลวง, 2549ก) โดยจุดอันตรายอาจจะได้แก่ จุดเชื่อมทาง ทางแยก ทางข้ามถนน จุดตัดทางรถไฟ และจุดกลับรถ ฯลฯ มีงานวิจัยจำนวนที่ศึกษาเกี่ยวกับจุดอันตรายของเส้นทางการขนส่งสินค้า เช่น งานวิจัยของ Elvik

(2017) ที่พบว่าเมื่อจำนวนความหนาแน่นของจุดอันตรายเพิ่มขึ้นแล้วจะทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุที่เพิ่มสูงขึ้น แสดงตัวอย่างจุดอันตรายบริเวณทางสี่แยกดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-14 จุดอันตรายในเส้นทาง (กรมทางหลวง, 2549ก)

2.2.8 ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น (Capability to Connect with Other Transporta Modes) หมายถึง ความสามารถของจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของเส้นทางในการที่จะเชื่อมต่อการขนส่งกับการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่นที่แตกต่างออกไป เช่น เส้นทาง การขนส่งสินค้าทางถนนระหว่างท่าเรือแหลมฉบังและท่าเรือกรุงเทพมีความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งสินค้าทางเรือ เป็นต้น

2.2.9 ความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (Capability to Connect with Neighbouring Countries) หมายถึง ความสามารถของจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของเส้นทางในการที่จะเชื่อมต่อการขนส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน หรือประเทศที่มีพื้นที่ติดกัน

จากคำจำกัดความและความสำคัญของลักษณะทางกายภาพเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น ผู้วิจัยจะนำลักษณะทางกายภาพทั้งหมดพิจารณาพร้อมกับต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมต่อไป

2.3 วิธีเดลฟาย

วิธีเดลฟาย (Delphi Method) เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการรวบรวมความรู้และข้อคิดเห็นในเรื่องที่สนใจจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วยการใช้แบบสอบถามซึ่งจะได้ผลลัพธ์ หรือคำตอบที่เป็นฉันทามติ (Consensus) เป้าหมายของวิธีเดลฟายนั้นต้องการศึกษาเกี่ยวกับเหตุการณ์ในอนาคต และองค์ความรู้ของศาสตร์ด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา วิธีเดลฟายถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1950 โดยโอลาฟ เฮลเมอร์ (Olaf Helmer) และนอร์แมน ดาลกี (Norman Dalkey) ซึ่งเป็นนักวิจัยของบริษัทแรนด์ (RAND Corporation) เพื่อ

สำรวจความเห็นจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในสาขาหนึ่งเพื่อให้ได้คำตอบที่น่าเชื่อถือมากที่สุด (Dalkey and Helmer, 1963) กระบวนการดำเนินงานของวิธีเดลฟายจะทำให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละราย สามารถแสดงความคิดเห็นของตนเองอย่างเต็มที่และอิสระ ไม่ต้องเผชิญหน้ากับผู้เชี่ยวชาญรายอื่น ๆ ที่เป็นผู้แสดงความคิดเห็นเหมือนกัน ซึ่งต่างวิธีการระดมสมอง หรือการประชุมที่ต้องมีการเผชิญหน้ากันของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ อีกทั้งวิธีเดลฟายยังมีการยืนยันความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วยค่าสถิติทดสอบอย่างง่าย หากพิจารณาค่าสถิติทดสอบเบื้องต้นแล้ว ผู้วิจัยพบว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในบางประเด็น ยังไม่มีความสอดคล้องกันก็สามารถทำการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญใหม่จนกว่าผู้เชี่ยวชาญจะแสดงความคิดเห็นได้สอดคล้องกัน จากความสำคัญในข้างต้นดังนั้นวิธีเดลฟายจึงเป็นวิธีสามารถรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญได้ดีโดยเฉพาะสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งจะทำให้ผลจากการศึกษามีความน่าเชื่อถือถูกต้องมากที่สุด สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้วิธีเดลฟายได้ถูกนำมาใช้สำหรับการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อใช้ในการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติต่อไป

2.3.1 ความหมายของวิธีเดลฟาย มีผู้ให้คำนิยามความหมายของวิธีเดลฟายไว้จำนวนมากดังนี้

วิธีเดลฟาย หมายถึง วิธีการรวบรวมความรู้ของผู้เชี่ยวชาญเพื่อมุ่งศึกษาและวิเคราะห์องค์ความรู้ที่ยังไม่มีคำตอบแน่ชัด โดยการรวบรวมและกลั่นกรองความรู้จากผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ ทั้งนี้จะต้องมีการเปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญได้ทบทวนความคิดเห็นโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับไปยังกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในรอบถัดไป (น้ำผึ้ง มีศีล, 2559)

วิธีเดลฟาย หมายถึง การสื่อสารความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวินิจฉัยสิ่งที่ยังไม่มีคำตอบที่แน่นอน โดยอาศัยกระบวนการรวบรวมและกลั่นกรองความรู้จากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วยการใช้ชุดของแบบสอบถามความคิดเห็น และควบคุมความคิดเห็นโดยการไม่เปิดเผยรายชื่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้เห็นความเห็นเป็นไปอย่างอิสระ (ชัยลิขิต สร้อยเพชรเกษม, 2555)

วิธีเดลฟาย หมายถึง การรวบรวมผลของการพิจารณาและตัดสินใจเกี่ยวกับคำตอบที่เป็นมติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Alfred, 1973)

วิธีเดลฟาย หมายถึง การวินิจฉัย หรือตัดสินใจในปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นระบบโดยไม่มีการเผชิญหน้ากันโดยตรงของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเป็นการระดมสมองวิธีหนึ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้คำตอบที่น่าเชื่อถือในประเด็นที่สนใจมากที่สุด ผู้เชี่ยวชาญแต่ละรายสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ ไม่ต้องคำนึงถึงความคิดเห็นของผู้อื่น นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังสามารถทบทวนความคิดเห็นของตนเองอย่างรอบคอบ (Linstone and Turoff, 2002)

วิธีเดลฟาย หมายถึง กระบวนการ หรือเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหาข้อสรุปในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างเป็นระบบที่ปราศจากการเผชิญหน้าโดยตรงของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วยการรวบรวมและสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (นิภาพรรณ เจนสันติกุล, 2560)

วิธีเดลฟาย หมายถึง วิธีการวิจัยที่อาศัยความคิดเห็นและการหยั่งรู้ของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้กระบวนการที่เป็นระบบในการหาข้อสรุปความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในเรื่องที่เกี่ยวกับเหตุการณ์ความน่าจะเป็นในอนาคต (ดวงนภา ศรีนนท์ทวงศ์, 2548)

จากคำจำกัดความในข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า วิธีเดลฟาย หมายถึง กระบวนการวิจัยที่อาศัยการเก็บรวบรวมความคิดเห็นจากกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญในศาสตร์ที่สนใจ โดยการหลีกเลี่ยงการเผชิญหน้ากันของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วยการเก็บรวบรวมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มากกว่าหนึ่งรอบจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่มีความสอดคล้องกัน

2.3.2 ลักษณะที่สำคัญของวิธีเดลฟาย วิธีเดลฟายมีลักษณะสำคัญอันเป็นจุดเด่นสำหรับการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญดังนี้ (Hsu, Lee and Kreng, 2010)

2.3.2.1 หลีกเลี่ยงการเผชิญหน้ากันของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ การไม่เปิดเผยรายชื่อผู้เชี่ยวชาญหรือสมาชิกกลุ่ม ผู้เชี่ยวชาญจะเป็นสมาชิกกลุ่มที่ไม่รู้จักกันทำให้การเสนอความเห็นเป็นไปอย่างอิสระและตรงประเด็น

2.3.2.2 การให้ข้อมูลความเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญย้อนกลับไปยังผู้เชี่ยวชาญแต่ละราย ผู้เชี่ยวชาญจะต้องเสนอความคิดเห็นซ้ำความเห็นของสมาชิกที่เสนอไว้แต่ละรอบ โดยหากผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าความเห็นของตนไม่สอดคล้องกับความคิดเห็นของกลุ่มก็สามารถเปลี่ยนแปลงคำตอบ หรือความคิดเห็นนั้นได้ โดยความเห็นถูกแจ้งกลับไปยังสมาชิกกลุ่มในรูปของความเห็นของกลุ่มและกระทำอย่างนี้หลายหลายรอบ จนกว่าจะได้ฉันทามติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความสอดคล้องกัน

2.3.2.3 การวินิจฉัยของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญอย่างเป็นทางการ ความเห็นครั้งสุดท้ายของผู้เชี่ยวชาญจะสรุปเป็นความเห็นของกลุ่ม เช่น ถ้าคำถามที่ใช้เกี่ยวข้องกับจำนวน หรือตัวเลข ผลสรุปจากการวินิจฉัยของกลุ่มอาจเป็นค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน หรือค่าการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางอื่นก็ได้

2.3.3 จำนวนผู้เชี่ยวชาญของวิธีเดลฟาย สิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับวิธีเดลฟายคือการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญต้องประกอบด้วยคุณสมบัติที่เหมาะสม คือ ผู้เชี่ยวชาญต้องมีความรู้ความสามารถในเรื่องนั้นอย่างแท้จริง ไม่ควรคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญโดยอาศัยความคุ้นเคยส่วนตัวติดต่อกัน และผู้เชี่ยวชาญควรมีความสนใจในเรื่องที่ผู้วิจัยจะทำการวิจัย เนื่องจากต้องมีการเก็บข้อมูลหลายรอบซึ่งผู้เชี่ยวชาญต้องเสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถาม (มนต์ชัย เทียนทอง, 2548) นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญมากสุดสำหรับวิธีเดลฟายนั่นคือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสมในการตอบแบบสอบถาม หรือแบบสัมภาษณ์

Dalkey (1969) พบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการตอบแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญจะลดลงตามจำนวนที่เพิ่มขึ้นของสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและยังพบว่าค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของการตอบแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญจะอยู่ในระดับที่น่าพอใจเมื่อจำนวนผู้เชี่ยวชาญมีมากกว่า 13 คน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dobbins (1999) ซึ่งพบว่าค่าความเที่ยงตรงจะเพิ่มขึ้นและเข้าใกล้ 0.90 เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีมากกว่า 13 คน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Macmillan (1971) ได้เสนอไว้ว่า หากมีผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 17 คนขึ้นไป อัตราการลดลงของความคลาดเคลื่อน (Error) จะมีน้อยมากและจะเริ่มคงที่คือ 0.02 แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 อัตราการลดลงของความคลาดเคลื่อนตามจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

จำนวนผู้เชี่ยวชาญ	ความคลาดเคลื่อน	ความคลาดเคลื่อนลดลง
1-5	1.20-0.70	0.50
5-9	0.70-0.58	0.12
9-13	0.58-0.54	0.04
13-17	0.54-0.50	0.04
17-21	0.50-0.48	0.02
21-25	0.48-0.46	0.02
25-29	0.46-0.44	0.02

ที่มา : Macmilan (1971)

โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้แนวทางจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสมจากความสำคัญที่ได้กล่าวมาในข้างต้นเป็นแนวทางในการกำหนดจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจสำหรับการคำนวณน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

2.3.4 ขั้นตอนของวิธีเดลฟาย

2.3.4.1 การกำหนดประเด็นปัญหาที่สนใจ ประเด็นปัญหาของการวิจัยด้วยวิธีเดลฟายควรเป็นปัญหาที่ไม่มีคำตอบถูกต้องและสามารถทำวิจัยได้โดยอาศัยความคิดเห็น หรือฉันทามติจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับอนาคตเพื่อนำผลจากการวิจัยไปใช้ในการวางแผนการตัดสินใจ หรือวางแผนการดำเนินการ โดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.3.4.2 กำหนดกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยต้องทำการคัดเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถในเรื่องที่จะศึกษาวิจัย จำนวนสมาชิกของผู้เชี่ยวชาญควรมีมากกว่า 17 คนขึ้นไป อย่างไรก็ตามจำนวนของผู้เชี่ยวชาญขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการศึกษาวิจัยและคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญที่สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่ศึกษา รวมไปถึงงบประมาณและระยะเวลาในการทำวิจัย

2.3.4.3 ออกแบบเครื่องมือสำหรับการวิจัย วิธีเดลฟายจะประสบความสำเร็จมากหากมีการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ดี โดยเครื่องมือที่สำคัญของวิธีเดลฟาย ได้แก่ แบบสอบถาม หรือแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ทั้งนี้แบบสอบถามที่นำไปใช้ ผู้วิจัยต้องทำการตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ก่อนนำไปใช้ อีกทั้งแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละรอบนั้นควรมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเก็บรวบรวมข้อมูลในรอบนั้นด้วย แต่หากว่าเป็นการใช้แบบสัมภาษณ์ก็ควรจะเป็นการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างแบบเปิดและไม่จำกัดคำตอบ มีการเตรียมหัวข้อ หรือประเด็นที่จะถามไว้ล่วงหน้า ไม่มีการถามคำถามแบบชี้นำ แต่จะให้ผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ผู้วิจัยมีหน้าที่เพียงแค่นำบันทึกและทำการสรุปผลที่ได้จากการสัมภาษณ์เท่านั้น

2.3.4.4 เก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากที่กำหนดปัญหา คัดเลือกสมาชิกของผู้เชี่ยวชาญ พร้อมทั้งออกแบบเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยต้องทำการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็นจำนวนอย่างน้อย 2-3 รอบ ขึ้นอยู่กับลักษณะของแบบสอบถามถ้าการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งแรกเริ่มด้วยการให้ผู้เชี่ยวชาญลงมติ หรือจัดลำดับความสำคัญเมื่อถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งที่สอง หรือสามอาจพบว่าคำตอบของกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ก็สามารถยุติการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ รายละเอียดของเก็บรวบรวมข้อมูลแสดงดังนี้

ก) การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่หนึ่ง จะเป็นการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแบบปลายเปิด ให้ผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นอย่างกว้าง ๆ เพื่อให้ได้คำตอบที่มีความครอบคลุมมากที่สุด จากนั้นจึงผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้นำไปสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งต่อไป

ข) การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สอง เป็นการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่หนึ่งมาสร้างเป็นแบบสอบถามเพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สอง โดยแบบสอบถามนี้จะเป็นแบบสอบถามชนิดการประมาณค่า (Rating Scale) แบบ 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert Scale) ตามแนวทางของ จากนั้นจึงนำแบบสอบถามไปเก็บรวบรวมจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่หนึ่ง ผู้เชี่ยวชาญสามารถแสดงความคิดเห็นในลักษณะของการประเมินความสำคัญของประเด็น หรือข้อถามว่ามีความเหมาะสม หรือมีความสอดคล้องในระดับใด รวมทั้งระบุเหตุผลและความคิดเห็นเพิ่มเติมที่เห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย

ค) การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สาม ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยต้องนำผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สองมาทำการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นเพื่อใช้ประกอบการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งต่อไป เช่น ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าฐานนิยม (Mode) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม (Absolute Different between Mode

and Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile Range) เป็นต้น การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สามเป็นการยืนยันคำตอบจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สอง โดยจะใช้แบบสอบถามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ผ่านมาให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละรายยืนยันคำตอบของตนอีกครั้ง แต่การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ผู้วิจัยจะแนบผลการแสดงความคิดเห็นของตนกับความคิดเห็นของผู้อื่น พร้อมทั้งค่าสถิติทดสอบเบื้องต้นที่ได้คำนวณไว้ในขั้นตอนที่ผ่านมา ผู้เชี่ยวชาญสามารถยืนยันคำตอบดั้งเดิมหรือไม่เปลี่ยนแปลงคำตอบก็ได้ แต่หากว่าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าความคิดเห็นของตนไม่สอดคล้องกับความคิดเห็นของกลุ่มก็สามารถเปลี่ยนแปลงคำตอบได้ ดังนั้นการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญครั้งนี้จึงมีความสำคัญมากเนื่องจากการยืนยันคำตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในประเด็นคำถามเดิม ผู้วิจัยจะต้องมีความรอบคอบและไม่มีอคติใด ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการระบุเครื่องหมายแสดงตำแหน่งที่ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดได้ตอบแบบสอบถามในครั้งที่ผ่านมาแล้ว

ง) การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สี่ เป็นการกระทำเดียวกันกับการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สามซึ่งผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในรอบนี้จะได้อำตอบที่สอดคล้องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันก็สามารถยุติกระบวนการวิจัยและสรุปผลการวิจัยได้ โดยทั่วไปแล้วการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งที่สามและสี่จะไม่แตกต่างกันมากนัก (ชินิษฐา วิทยานุมาศ, 2530) จากคำตอบที่ได้รับผู้วิจัยจะได้ข้อมูลที่มีคุณค่าต่อการนำไปวินิจฉัยในเรื่องที่ต้องการโดยข้อมูลที่ได้จะแสดงถึงลำดับความสำคัญ อัตราร้อยละของความสอดคล้องและความไม่สอดคล้องของความคิดเห็น

2.4 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

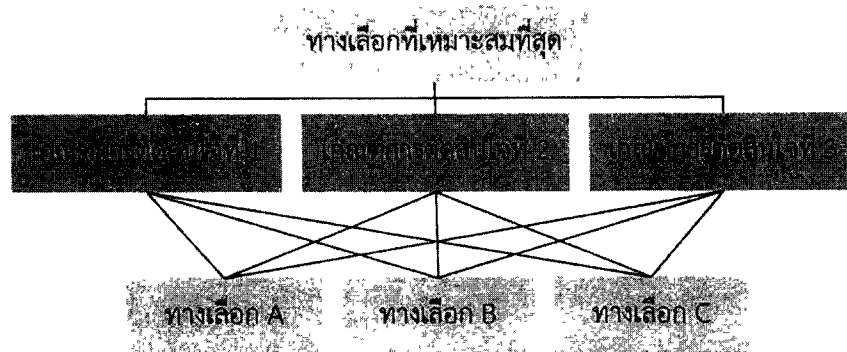
กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP) ถูกนำเสนอครั้งแรกโดยศาสตราจารย์โทมัส ซาดี (Thomas Saaty) เพื่อเป็นเครื่องมือในการช่วยตัดสินใจ สามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนให้พิจารณาได้ง่ายขึ้น โดยอาศัยกระบวนการเลียนแบบจากพฤติกรรมของมนุษย์ (Saaty, 1980) สามารถใช้ในการประเมินทางเลือกและเกณฑ์ตัดสินใจที่มีความขัดแย้งกันเป็นการตัดสินใจแบบที่มีทางเลือกที่มีจำนวนแน่นอนและจำกัด อีกทั้งยังสามารถเรียงลำดับจากการกำหนดความสำคัญ หรือความชอบของแต่ละทางเลือกได้ ดังนั้นกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เป็นกระบวนการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์หนึ่งที่ได้รับการนิยมนิยมอย่างมากและเป็นที่ยอมรับในระดับสากลอย่างแพร่หลาย ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาใช้ในการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจในทุกระดับเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม (นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์, 2561)

2.4.1 หลักการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สามารถใช้ได้ดีกับข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้หลักการแบ่งโครงสร้างของปัญหาออกเป็นลำดับชั้น ชั้นแรกคือเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ (Goal or Objective) ชั้นที่สองคือเกณฑ์

การตัดสินใจหลัก (Main Decision Criteria) ขั้นที่สามคือเกณฑ์รอง (Sub-decision Criteria) ในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ขั้นที่สี่คือเกณฑ์การตัดสินใจย่อยในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรอง โดยอาจจะมีเกณฑ์การตัดสินใจย่อยที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าอีกก็ได้ แต่ชั้นล่างสุดของโครงสร้างปัญหาจะต้องกำหนดให้เป็นทางเลือก (Alternatives) ตามลำดับ หลักการสำคัญของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์คือผู้เชี่ยวชาญต้องแสดงความคิดเห็นในการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละระดับชั้นเป็นรายคู่ (Pairwise) โดยพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจคู่หนึ่งว่ามีความสำคัญอย่างไร เช่น มีความสำคัญมากกว่า มีความสำคัญน้อยกว่า หรือมีความสำคัญเท่ากัน ด้วยการใช้ระดับการประเมินความสำคัญที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นจึงนำผลจากการเปรียบเทียบความสำคัญมาพิจารณาวิเคราะห์ทางเลือกทีละคู่ตามเกณฑ์การตัดสินใจที่กำหนดไว้จนครบทุกเกณฑ์ พร้อมทั้งตรวจสอบความสอดคล้องกันของการเปรียบเทียบความสำคัญอีกด้วย (นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์, 2560ค)

2.4.2 ขั้นตอนของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

2.4.2.1 การจัดการกับโครงสร้างของปัญหาการตัดสินใจ เป็นการแปลงวัตถุประสงค์และเกณฑ์การตัดสินใจในทุกระดับทั้งหมดให้แสดงเป็นแผนภาพลำดับชั้น หรือแบบจำลองของการตัดสินใจ ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นที่หนึ่งคือวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายของการตัดสินใจ ขั้นที่สองคือเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ขั้นที่สามคือเกณฑ์การตัดสินใจรองที่เป็นสมาชิกในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ขั้นที่สี่คือเกณฑ์การตัดสินใจย่อยที่เป็นสมาชิกในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรอง และอาจจะมีเกณฑ์การตัดสินใจย่อยในระดับที่ต่ำลงไปอีกก็ได้ อย่างไรก็ตามระดับชั้นล่างสุดของแผนภาพการตัดสินใจต้องกำหนดให้เป็นทางเลือกที่มีมากกว่าหนึ่งทางเลือกเท่านั้น แสดงตัวอย่างแผนภาพลำดับชั้นของการตัดสินใจที่ประกอบไปด้วยเกณฑ์การตัดสินใจหลัก เกณฑ์การตัดสินใจรอง และทางเลือก ดังภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15 ตัวอย่างแผนภาพลำดับชั้นของการตัดสินใจ (วรพจน์ มีถม, 2553)

2.4.2.2 การเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่ได้กำหนดคุณสมบัติไว้ ผู้วิจัยจะสร้างตารางเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจ หรือที่เรียกว่า เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ (Pairwise Comparison Matrix) แสดงดังตารางที่ 2-2 โดยผู้เชี่ยวชาญจะวินิจฉัยและพิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละระดับเป็นรายคู่ตามเมทริกซ์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ โดยใช้ตัวเลขเปรียบเทียบที่แสดงระดับความสำคัญแสดงดังตารางที่ 2-3 ทั้งนี้ในการให้คะแนนความสำคัญจะเป็นเลขจำนวนเต็มหากผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าเกณฑ์การตัดสินใจในแถวมีความสำคัญมากกว่าเกณฑ์การตัดสินใจในสดมภ์ แต่หากผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าเกณฑ์การตัดสินใจในแถวมีความสำคัญน้อยกว่าเกณฑ์การตัดสินใจในสดมภ์ระดับการประเมินจะอยู่เป็นเศษส่วน

ตารางที่ 2-2 เมทริกซ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการตัดสินใจรายคู่

เกณฑ์	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	...	เกณฑ์การตัดสินใจที่ n
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	1	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	...	a_{2n}
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	...	a_{3n}
...	...	...	...	...	...
เกณฑ์การตัดสินใจที่ n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	$1/a_{3n}$	...	1

ตารางที่ 2-3 ระดับในการให้คะแนนความสำคัญสำหรับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ความหมาย	คะแนน
ความสำคัญเท่ากัน (Equally Preferred)	1
ความสำคัญเท่ากันถึงปานกลาง (Equally to Moderately Preferred)	2
ความสำคัญปานกลาง (Moderately Preferred)	3
ความสำคัญปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderately to Strongly Preferred)	4
ความสำคัญค่อนข้างมาก (Strongly Preferred)	5
ความสำคัญค่อนข้างมากถึงมากกว่า (Strongly to Very Strongly Preferred)	6
ความสำคัญมากกว่า (Very Strongly Preferred)	7
ความสำคัญมากกว่าถึงมากที่สุด (Very Strongly to Extremely Preferred)	8
ความสำคัญมากที่สุด (Extremely Preferred)	9

ที่มา : Saaty (1990)

2.4.2.3 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ สามารถทำได้โดยการปรับผลรวมของแต่ละสแตมภ์ของเมทริกซ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการตัดสินใจรายคู่ให้มีค่าเท่ากับ 1 จากนั้นคำนวณหาผลรวมของแต่ละแถว และหารผลรวมดังกล่าวด้วยจำนวนของเกณฑ์การตัดสินใจ วิธีการคำนวณน้ำหนักความสำคัญอย่างง่ายแบบคำนวณมือสำหรับเกณฑ์การตัดสินใจในระดับเดียวกันเมื่อกำหนดให้มีจำนวน 3 เกณฑ์การตัดสินใจ แสดงรายละเอียดดังนี้ (วรพจน์ มีถม, 2553)

ก) สร้างตารางให้คะแนนเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 3 เกณฑ์ และทางเลือก 3 ทางเลือก โดยแสดงให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ที่ใช้เปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ แสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ตารางเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	1	2	6
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	1/2	1	3
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	1/6	1/3	1

ข) หาผลรวมในแต่ละสแตมภ์ แสดงดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 การหาผลรวมในแต่ละสแตมภ์

เกณฑ์	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	1	2	6
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	1/2	1	3
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	1/6	1/3	1
รวม	10/6	10/3	10

ค) นำตัวเลขที่เป็นสมาชิกในแต่ละสแตมภ์หารด้วยผลรวมของทุกสแตมภ์นั้น ๆ แสดงดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 การนำตัวเลขในแต่ละสแตมภ์หารด้วยผลรวมของทุกสแตมภ์

เกณฑ์	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	6/10	6/10	6/10
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	3/10	3/10	3/10
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	1/10	1/10	1/10
รวม	1	1	1

ง) หาผลรวมในแต่ละแถว แสดงดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 การหาผลรวมในแต่ละแถว

เกณฑ์	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	รวม
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	6/10	6/10	6/10	18/10
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	3/10	3/10	3/10	9/10
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	1/10	1/10	1/10	3/10
รวม	1	1	1	3

จ) คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ โดยหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแต่ละแถว การคำนวณน้ำหนักความสำคัญแสดงดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	รวม	น้ำหนักความสำคัญ
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	6/10	6/10	6/10	18/10	0.60
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	3/10	3/10	3/10	9/10	0.30
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	1/10	1/10	1/10	3/10	0.10
รวม	1	1	1	3	1

ฉ) คำนวณน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกแยกตามแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ แสดงดังตารางที่ 2-9 ถึงตารางที่ 2-11

ตารางที่ 2-9 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1

เกณฑ์	ทางเลือก A	ทางเลือก B	ทางเลือก C	น้ำหนักความสำคัญ
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	1	1/2	2	0.29
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	2	1	4	0.57
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	1/2	1/4	1	0.14

ตารางที่ 2-10 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2

เกณฑ์	ทางเลือก A	ทางเลือก B	ทางเลือก C	น้ำหนักความสำคัญ
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	1	1/2	1	0.25
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	2	1	2	0.50
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	1	1/2	1	0.25

ตารางที่ 2-11 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3

เกณฑ์	ทางเลือก A	ทางเลือก B	ทางเลือก C	น้ำหนักความสำคัญ
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 1	1	2	2	0.50
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 2	1/2	1	1	0.25
เกณฑ์การตัดสินใจที่ 3	1/2	1	1	0.25

ข) คำนวณน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกทั้งหมด โดยจากพิจารณาทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 3 เกณฑ์ พบว่าทางเลือก B เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดเนื่องจากมีน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบมากที่สุด

$$\text{ทางเลือก A} = (0.60 \times 0.29) + (0.30 \times 0.25) + (0.10 \times 0.50) = 0.30$$

$$\text{ทางเลือก B} = (0.60 \times 0.57) + (0.30 \times 0.50) + (0.10 \times 0.25) = 0.50$$

$$\text{ทางเลือก C} = (0.60 \times 0.14) + (0.30 \times 0.25) + (0.10 \times 0.25) = 0.18$$

2.4.2.4 การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล การคำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อเป็นการทดสอบว่าผลของการคำนวณค่าความสำคัญรายคู่ที่ได้ดำเนินมาในขั้นตอนที่แล้วนั้นมีความสอดคล้องกันของเหตุผลหรือไม่ โดยจะทำการคำนวณค่าความสอดคล้องของเหตุผลทุกเมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ที่ได้สร้างขึ้นโดยมีขั้นตอนดังนี้

ก) การคำนวณค่า λ_{Max} ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้จากการนำผลรวมของของแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจในแถวตั้งแต่แต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแถวอนแต่ละแถวแล้วผลคูณที่ได้มารวมกันผลลัพธ์ที่ได้เท่ากับจำนวนเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ

ข) คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องของเหตุผล (Consistency Index : C.I.) แสดงดังสมการที่ 2-1

$$\text{C.I.} = \frac{\lambda_{\text{Max}} - n}{n - 1} \quad (2-1)$$

ค) หาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index : R.I.) โดยค่า R.I. เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับขนาดของเมทริกซ์ตั้งแต่ 1x1 จนถึง 15x15 ผลของค่าดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมทริกซ์แสดงดังตารางที่ 2-12

ตารางที่ 2-12 ค่าดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมทริกซ์

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

ที่มา : Aminbakhsh, Gunduz and Sonmez (2013)

ง) คำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล โดยการหาอัตราส่วนระหว่างค่า C.I. และค่า R.I. ดังสมการที่ 2-2 และหากค่า C.R. ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าที่กำหนด โดยค่า C.R. ไม่ควรเกิน 0.05 สำหรับขนาดเมทริกซ์กรณี 3x3, ไม่ควรเกิน 0.08 สำหรับขนาดเมทริกซ์กรณี 4x4 และไม่ควรเกิน 0.1 สำหรับขนาดเมทริกซ์กรณีมากกว่า 5x5 หากค่าอัตราส่วนความสอดคล้องไม่เป็นไปตามที่กำหนด (Saaty, 1980) ต้องทำการแก้ไขโดยการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ใหม่อีกครั้ง หรือตัดเกณฑ์การตัดสินใจนั้นทิ้งจากการตัดสินใจ

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (2-2)$$

2.5 การตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ

เทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ (The Technique for Order Preference by Similarity to The Ideal Solution : TOPSIS) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับตัดสินใจ โดยเรียงลำดับความสำคัญจากหลายปัจจัยซึ่งเป็นวิธีที่อาศัยเกณฑ์การตัดสินใจหลาย ๆ เกณฑ์เพื่อหาวิธีแก้ไข หรือทางเลือกโดยถือหลักเลือกวิธีแก้ไขปัญหา หรือทางเลือก จากระยะใกล้ในทางเลือกเชิงบวก และระยะไกลสุดของแนวคิดที่เป็นในเชิงลบ (นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์, 2560ก) สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติมาใช้ในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมของโรงงานกรณีศึกษาภายใต้ผลการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญตามความต้องการของผู้ตัดสินใจ

2.5.1 หลักการของเทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ วิธีการนี้มีหลักการคือจะทำการสมมติว่าแต่ละหลักเกณฑ์ที่เป็นได้ทั้งลักษณะที่เพิ่มขึ้นและลดลง กล่าวคือ ผลลัพธ์ที่มีลักษณะที่มีค่าเพิ่มขึ้นเพื่อส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกผลลัพธ์ เช่น หลักเกณฑ์ด้านผลตอบแทน และผลลัพธ์ที่ได้ต้องการให้มีลักษณะที่มีค่าลดลงเพื่อส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกผลลัพธ์ เช่น หลักเกณฑ์ด้านต้นทุน เป็นต้น และสำหรับหลักเกณฑ์ที่ความคลุมเครือในการให้ข้อมูล หรือหลักเกณฑ์ที่เป็นข้อมูลเชิงความรู้จะสามารถนำไปข้อมูลวิเคราะห์ได้ (วรารณ ริมกตะลพ, 2555)

2.5.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยเทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ มีรายละเอียดดังนี้ (พยุงค์ดี แก้วมณี, 2556)

2.5.2.1 การสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐาน (Normalize Decision Matrix) เพื่อเป็นการทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทางเลือก หรือเกณฑ์การตัดสินใจให้เป็นข้อมูลให้อยู่ในระนาบเดียวกันดังสมการที่ 2-3

$$\eta_j = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i^m x_{ij}^2}} \quad (2-3)$$

เมื่อ $i = 1, \dots, m$ และ $j = 1, \dots, n$

2.5.2.2 คำนวณค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนัก (Weighted Normalize Decision Matrix) เพื่อเป็นการคำนวณน้ำหนักความสำคัญสำหรับนำไปหาค่าอุดมคติเชิงบวก (Positive Ideal) และอุดมคติเชิงลบ (Negative Ideal) ดังสมการที่ 2-4

$$v_{ij} = w_j \eta_{ij} \quad (2-4)$$

โดยที่ w_j = น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักที่ j

$i = 1, \dots, m$ และ $j = 1, \dots, n$

2.5.2.3 คำนวณค่าอุดมคติเชิงบวกและอุดมคติเชิงลบ (The Positive Ideal Solution and Negative Ideal Solution) หลังจากคำนวณค่า v_{ij} ได้แล้วในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะทำการคำนวณค่าแนวคิดอุดมคติเชิงบวก (Positive Ideal) กำหนดให้เป็น A^+ และแนวคิดอุดมคติเชิงลบ (Negative Ideal) กำหนดให้เป็น A^- แสดงดังสมการที่ 2-5 ถึงสมการที่ 2-8 (พรพรกร วรวิมลวนิช และไกรศักดิ์ เกษร, 2558)

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} \quad (2-5)$$

หรือ

$$A^+ = \left\{ \left(\max_j v_{ij} \mid i \in I \right), \left(\min_j v_{ij} \mid i \in J \right) \right\} \quad (2-6)$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} \quad (2-7)$$

หรือ

$$A^- = \left\{ \left(\min_j v_{ij} \mid i \in J \right), \left(\max_j v_{ij} \mid i \in I \right) \right\} \quad (2-8)$$

โดยที่ i คือ ตัวเลือกที่เป็นกำไร หรือผลประโยชน์

j คือ ตัวเลือกที่เป็นค่าใช้จ่าย หรือไม่เป็นผลประโยชน์

2.5.2.4 คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงแยกแยะ (Distance of the Positive Ideal Solution) การคำนวณหาระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงแยกแยะจะเป็นการคำนวณหาระยะห่างจากแนวคิดเชิงบวก (d_i^+) และระยะห่างจากแนวคิดเชิงลบ (d_i^-) จากสมการที่ 2-9 และสมการที่ 2-10

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right\}^{1/2} \quad (2-9)$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{1/2} \quad (2-10)$$

เมื่อ $i = 1, \dots, m$ และ $j = 1, \dots, n$

2.5.2.5 คำนวณความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญา (The Relationship Proximal to the Problem-Solving Approaches) ในขั้นตอนนี้เป็นการคำนวณหาความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญา (C_i) ดังสมการที่ 2-11 โดยค่า C_i จะใช้ในการจัดลำดับเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)} \quad (2-11)$$

เมื่อ $i = 1, \dots, m$ และ $j = 1, \dots, n$

2.5.2.6 ทำการจัดลำดับจากค่าที่คำนวณได้เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยเลือกจากระยะที่ใกล้ที่สุดของทางเลือกในแนวคิดที่เป็นเชิงบวก และระยะที่ใกล้ที่สุดของทางเลือกที่เป็นแนวคิดเชิงลบ หรือเลือกค่า C_i ที่มากที่สุด (Kengpol, Ronglaong and Tuominen 2013)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รุธิร์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางการขนส่งจากตอนเหนือของประเทศไทยไปยังตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน มีทางเลือก 3 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทาง R3A เส้นทาง R3B และเส้นทางแม่น้ำโขง โดยใช้เทคนิคการกำหนดน้ำหนักความสำคัญอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ประกอบไปด้วย ระยะทาง ระยะเวลาการขนส่ง และต้นทุนค่าขนส่ง ส่วนเกณฑ์การตัดสินใจที่มีลักษณะเชิงคุณภาพนั้นถูกกำหนดน้ำหนักความสำคัญด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ประกอบไปด้วย คุณภาพของสินค้า ความน่าเชื่อถือ พิธีการด้านศุลกากร ปัญหาด้านอื่น ๆ ผลการศึกษาวิจัยพบว่าเมื่อผู้ตัดสินใจกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณมาก เส้นทาง R3B จะเป็นเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดในขณะที่เส้นทาง R3A เป็นเส้นทางที่เป็นทางเลือกลำดับที่สอง และเส้นทางแม่น้ำโขงเป็นเส้นทางที่มีความสำคัญลำดับสุดท้าย แต่หากว่าการตัดสินใจกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพมากเส้นทางแม่น้ำโขงจะเป็นเส้นทางที่เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

วรพจน์ มีถม (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่งสินค้า นอกจากนี้ยังมีการนำความเสี่ยงซึ่งเป็นเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพมาร่วมพิจารณาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยในการจัดกลุ่มให้กับเหตุการณ์ความเสี่ยงทั้งหมด โดยความเสี่ยงสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มความเสี่ยงจากตัวสินค้า กลุ่มความเสี่ยงด้านสิ่งอำนวยความสะดวกและโครงสร้างพื้นฐาน และกลุ่มความเสี่ยงด้านอื่น ๆ สุดท้ายนำระบบสนับสนุนการตัดสินใจประยุกต์ใช้กับการกรณีศึกษาการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม โดยเส้นทางจากกรุงเทพมหานครไปยังนครโฮจิมินห์จำนวน 9 เส้นทาง เส้นทางจากกรุงเทพมหานครไปยังกรุงฮานอย 21 เส้นทาง เส้นทางจากกรุงเทพมหานครไปยังนครดานังจำนวน 11 เส้นทาง ผลการศึกษาวิจัยพบว่าเมื่อกำหนดให้มีต้นทุนในการขนส่ง 140,000 บาท ประมาณ 4,000 ดอลลาร์สหรัฐ ใช้เวลาการขนส่ง 3 วัน ความเสี่ยงด้านตัวสินค้าประมาณ 9 ความเสี่ยงด้านโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในเส้นทางประมาณ 9 และความเสี่ยงด้านอื่น ๆ ประมาณ 9 โดยเส้นทางจากกรุงเทพมหานครไปยังกรุงฮานอยที่เหมาะสมคือเส้นทางที่ 18 ในขณะที่เส้นทางจากกรุงเทพมหานครไปยังนครโฮจิมินห์ที่เหมาะสมคือเส้นทางที่ 6 และสุดท้ายเส้นทางจากกรุงเทพมหานครไปยังนครดานังที่เหมาะสมคือเส้นทางที่ 4 ตามลำดับ

วรพจน์ มีถม (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเกณฑ์การประเมินศักยภาพเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน โดยเกณฑ์การประเมินศักยภาพ ประกอบไปด้วย จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง ความกว้างของผิวจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุพื้นผิวจราจร ความคดเคี้ยวและความลาดชันของ

ถนน การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร จำนวนจุดอันตรายในเส้นทาง ความสามารถในการเชื่อมต่อ กับการขนส่งรูปแบบอื่น และความสามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน โดยเกณฑ์การประเมินศักยภาพแต่ละเกณฑ์จะแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ สุดท้ายนำเกณฑ์การประเมินศักยภาพที่สร้างขึ้นประยุกต์ใช้กับการประเมินศักยภาพเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนจากกรุงเทพมหานคร (ถนนสิรินธร กรุงเทพมหานคร) ไปยังปลายทางสะพานข้ามแม่น้ำโขงแห่งที่ 4 (เชียงของ-ห้วยทราย) จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทาง R3A (กรุงเทพมหานคร-คุนหมิง) ซึ่งมีระยะทางประมาณ 860 กิโลเมตร ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าเส้นทางการขนส่งสินค้าดังกล่าวมีศักยภาพเท่ากับ 3.42 ซึ่งอยู่ในระดับศักยภาพสูง

นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ (2560ก) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากท่าเรือแหลมฉบังไปยังนิคมอุตสาหกรรมบางปูที่ประกอบไปด้วยเส้นทางการขนส่งสินค้าจำนวน 4 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางหมายเลข 3 เส้นทางพิเศษบูรพาวิถี เส้นทางหมายเลข 7 และทางพิเศษบูรพาวิถี และเส้นทางหมายเลข 7 ตามลำดับ โดยประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาคัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เข้าด้วยกัน โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการประเมินความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจส่วนเทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติในการคัดเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากระยะที่ใกล้สุดแนวคิดเชิงบวกและไกลสุดจากแนวคิดเชิงลบ ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าเส้นทางหมายเลข 3 เป็นเส้นทางที่มีความเหมาะสมมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการประยุกต์ใช้เทคนิคการแก้ปัญหาคัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์มากกว่าหนึ่งวิธีแล้วจะทำให้ลดความคลาดเคลื่อนในการพิจารณาอีกและยังเป็นการลดข้อจำกัดสำหรับการแก้ปัญหาแต่ละวิธีการอีกด้วย

Banomyong and Beresford (2001) ที่ได้ศึกษาการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบของบริษัทผู้ขนส่งสินค้าจากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวไปยังเมืองรอตเทอร์ดาม ซึ่งเป็นเมืองท่าหลักของราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ โดยใช้สมการต้นทุน-เวลาสำหรับการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (The Multimodal Transport Cost-model) ที่สร้างขึ้น ซึ่งพิจารณาต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่งสินค้า รวมไปถึงดัชนีความเชื่อมั่นจากการประเมินความเสี่ยงของเส้นทางการขนส่งแต่ไม่ได้รวมไว้ใน การตัดสินใจเดียวกัน ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวไปยังเมืองรอตเทอร์ดามคือเส้นทางการขนส่งสินค้าน้ำมายังท่าเรือกลัง (Port Klang) ที่ประเทศมาเลเซียเพื่อทำการขนส่งสินค้าด้วยเรือไปยังท่าเรือ ณ เมืองรอตเทอร์ดาม เป็นเส้นทางที่มีความเหมาะสมมากที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

Min, Ko and Lim (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากท่าเรือในสาธารณรัฐประชาชนจีนไปยังท่าเรือของประเทศเพื่อนบ้านเพื่อใช้รูปแบบการขนส่งสินค้าทางเรือ โดยกระบวนการแก้ปัญหาของระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้จะเป็นรูปแบบสมการที่พิจารณาเส้นทางการขนส่งที่สั้นสุด (Shortest-path Model) ด้วยการพิจารณาจาก

ข้อมูลด้านต้นทุนและข้อมูลด้านการจราจร สุดท้ายทำการประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจกับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากเชียงใหม่ไปยังเมืองต่าง ๆ ในประเทศ ได้แก่ เมืองเฉิงตู เมืองฉงชิ่ง เมืองฉางซา เมืองเฉิงหยาง เมืองหนานชาง เมืองเหอเฟย และเมืองฉูโจว ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่า ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสามารถนำเสนอเส้นทางการขนส่งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ตัดสินใจ พร้อมทั้งยังเสนอรูปแบบการขนส่งสินค้าที่มีความเหมาะสมกับเส้นทางการขนส่งสินค้าที่นำเสนออีกด้วย

Ko (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากสาธารณรัฐเกาหลีไปยังสหพันธรัฐรัสเซียซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมด 4 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางผ่านเมืองวอสตอคนี เส้นทางผ่านเมืองเหลียนหยุนกัง เส้นทางผ่านเมืองชิงอียู และเส้นทางผ่านเมืองเซนต์ปีเตอर्सเบิร์ก โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะประกอบไปด้วยเกณฑ์การตัดสินใจด้านต้นทุน เกณฑ์การตัดสินใจด้านระยะเวลา เกณฑ์การตัดสินใจด้านความน่าเชื่อถือ และเกณฑ์การตัดสินใจด้านการรักษาความปลอดภัย กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (Fuzzy Analytic Hierarchy Process : FAHP) ได้ถูกนำมาใช้กำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมด และใช้วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วงสำหรับชุดตัวเลขการประเมินแบบฟัซซี ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าเส้นทางวอสตอคนีเป็นเส้นทางการขนส่งที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

Kengpol, Meethom and Tuominen (2012) ได้ออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบของกลุ่มประเทศลุ่มน้ำโขง (Greater Mekong Subregion : GMS) โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะเป็นการพิจารณาเลือกเส้นทางการขนส่งที่มีค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายต่ำสุดซึ่งคำนวณจากการโปรแกรมเป้าหมายศูนย์หนึ่งที่มีกำหนดน้ำหนักความสำคัญด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เปรียบเทียบฐานข้อมูลของเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและความต้องการของผู้ตัดสินใจ โดยฐานข้อมูลของเส้นทาง ได้แก่ ต้นทุน ระยะเวลา ระดับความเสี่ยงจากตัวสินค้า ระดับความเสี่ยงจากโครงสร้างพื้นฐาน และระดับความเสี่ยงด้านอื่น ๆ ขณะที่ความต้องการของผู้ตัดสินใจ ได้แก่ งบประมาณการขนส่งสินค้าที่กำหนด ระยะเวลาการขนส่งสินค้าที่ต้องการ คณะแนวความเสี่ยงที่ยอมรับได้ในแต่ละประเภท พร้อมทั้งประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สร้างขึ้นกับกรณีศึกษาการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจาก กรุงเทพฯ ไปยัง กรุงเทพมหานคร โดยกำหนดเงื่อนไขในการเลือกเส้นทาง คือ ต้นทุนค่าขนส่งต้องไม่เกินงบประมาณที่กำหนด ระยะเวลาการขนส่งของเส้นทางต้องใกล้เคียง หรือเท่ากับระยะเวลาการขนส่งที่ต้องการ ระดับความเสี่ยงของเกณฑ์การตัดสินใจต้องมีค่าไม่เกินระดับที่ยอมรับได้ ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าเมื่อกำหนดให้ งบประมาณเท่ากับ 1,000 ดอลลาร์สหรัฐ ระยะเวลาการขนส่งที่ต้องการเท่ากับ 10 วัน ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ไม่เกิน 10 ในแต่ละประเภท เส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดคือเส้นทางการขนส่งที่ 10 เป็นการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกจากกรุงเทพมหานครไปยังนครโฮจิมินห์

แต่หากเปลี่ยนแปลงน้ำหนักความสำคัญด้านต้นทุนมากขึ้นเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมจะเป็นเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด

Kengpol, Tuamee and Meethom (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจต้นทุนค่าขนส่ง ระยะเวลาการขนส่ง ความเสี่ยงของเส้นทาง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งสินค้า โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นสำหรับการประเมินความเสี่ยงและกำหนดระดับการประเมินผลกระทบของสิ่งแวดล้อมจากการขนส่ง พร้อมสร้างสมการเป้าหมายศูนย์หนึ่งในการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่เหมาะสม สุดท้ายประยุกต์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สร้างขึ้นกับกรณีศึกษาเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากกรุงเทพมหานครไปย้งนครดานัง ผลจากการศึกษาพบว่าเส้นทางการขนส่งที่ 4 เป็นเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด โดยเป็นการขนส่งสินค้าทางเรือจากกรุงเทพมหานครไปย้งนครดานัง มีต้นทุนค่าขนส่งเท่ากับ 1,080 ดอลลาร์สหรัฐ ระยะเวลาการขนส่งเท่ากับ 8 วัน ระดับความเชื่อมั่นความเสี่ยงเท่ากับ 2 และระดับผลกระทบของสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งสินค้าเท่ากับ 3 ตามลำดับ

Kengpol, Tuamee and Tuominen (2014) ได้เสนอกรอบแนวคิดในการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่พิจารณาด้านทุนและระยะเวลาการขนส่งซึ่งคำนวณได้จากสมการต้นทุน-เวลาสำหรับการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ระดับความเสี่ยงจากตัวสินค้า ระดับความเสี่ยงจากโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวก ระดับความเสี่ยงจากปัญหาทางการเมืองและกฎหมาย ระดับความเสี่ยงจากการดำเนินงาน ระดับความเสี่ยงจากการลงทุน และระดับความเสี่ยงจากผลกระทบของสิ่งแวดล้อมที่คำนวณได้จากอัตราการปล่อยมลภาวะตามประเภทของยานพาหนะกับน้ำหนักบรรทุกและระยะทางการขนส่ง พร้อมทั้งกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจและเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดระหว่างประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม ผลการจากศึกษาวิจัยพบว่าเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ 4 เป็นเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดจากกรุงเทพมหานครไปย้งนครดานัง โดยใช้รูปแบบการขนส่งสินค้าทางเรือเพียงอย่างเดียวจากต้นทางไปยังปลายทางเพียงรูปแบบเดียว

Kengpol and Tuamee (2016) ได้พัฒนารอบแนวคิดในการออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการต่อเนื่องหลายรูปแบบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยพิจารณาจากการจัดลำดับความเสี่ยง พร้อมทั้งเสนอวิธีการในการคำนวณระดับความเสี่ยงจากผลกระทบของสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งสินค้าซึ่งได้จากการผสมผสานวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ วิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงปริมาณ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น และการวิเคราะห์เชิงโอบล้อมข้อมูล สุดท้ายได้ประยุกต์ใช้แนวคิดระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ได้ออกแบบ

กับการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่ 3 เป็นเส้นทางการขนส่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

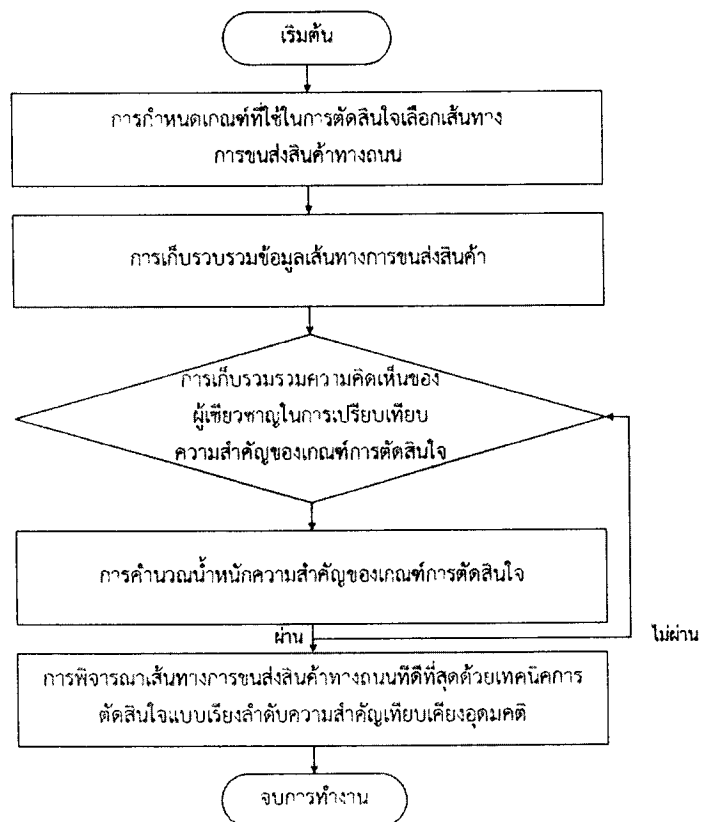
Arunyanart, Ohmori and Yoshimoto (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางการส่งออกสินค้าตามแนวเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจแนวตะวันออก-ตะวันตก หรือเรียกว่า เส้นทาง R9 โดยมีจุดเริ่มต้นจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยไปยังท่าเรือในสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามเพื่อขนส่งสินค้าไปยังเอเชียตะวันออก (East Asia) ประกอบไปด้วยเส้นทาง 3 เส้นทางทางเลือก ได้แก่ เส้นทาง R8+ท่าเรือวินห์ เส้นทาง R12+ท่าเรือหุงอว เส้นทาง R9+ท่าเรือดานัง เปรียบเทียบกับเส้นที่ใช้ในปัจจุบันเป็นเส้นทางที่ขนส่งสินค้าจากท่าเรือแหลมฉบังไปยังจุดหมายปลายทางในข้างต้น โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการพิจารณาความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ ได้แก่ เกณฑ์การตัดสินใจด้านวิศวกรรม เกณฑ์การตัดสินใจด้านเศรษฐศาสตร์ และเกณฑ์การตัดสินใจด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาวิจัยพบว่าเส้นทาง R12+ท่าเรือหุงอว เป็นเส้นทางการส่งออกสินค้าที่มีความเหมาะสมมากที่สุดแต่เมื่อทำการวิเคราะห์ความไวของอัตราแลกเปลี่ยนแปลงน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจในย่อยด้านเศรษฐศาสตร์แล้วเส้นทาง R9+ท่าเรือดานังจะกลายเป็นเส้นทางที่มีความเหมาะสมที่สุด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการนำเสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ผ่านมา ในบทนี้ผู้วิจัยจะได้นำทฤษฎีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการศึกษา โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอน และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 3.1 การกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน
- 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเส้นทางการขนส่งสินค้า
- 3.3 การเก็บรวบรวมความคิดเห็นในการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ
- 3.4 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ
- 3.5 การพิจารณาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน

ผู้วิจัยเริ่มต้นจากการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน โดยเกณฑ์การตัดสินใจ ประกอบไปด้วย เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าของเส้นทางและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทาง ส่วนเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพคือศักยภาพ ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุพื้นผิวจราจร ความคดเคี้ยวของถนน ความลาดชันของพื้นผิวจราจร การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร จุดอันตรายในเส้นทาง,ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณเป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่สามารถบอกปริมาณว่ามาก หรือน้อยกว่ากันเท่าไรได้ ประกอบไปด้วย 2 เกณฑ์การตัดสินใจ ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทาง

3.1.1.1 ต้นทุนค่าขนส่งของเส้นทาง หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสินค้าจากจุดต้นทางไปยังปลายทาง รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเที่ยวเปล่าสำหรับรถบรรทุกสินค้าที่ต้องกลับจากจุดปลายทางมายังจุดเริ่มต้นโดยที่ไม่ได้ขนส่งสินค้ามาด้วย ต้นทุนค่าขนส่งของเส้นทางนั้นสามารถแบ่งได้เป็น ต้นทุนค่าขนส่งคงที่ (Fixed Cost) และต้นทุนค่าขนส่งผันแปร (Variable Cost) โดยต้นทุนค่าขนส่งคงที่เป็นต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของสินค้าที่ขนส่ง โดยไม่ว่าจะทำการขนส่งสินค้า หรือไม่ก็ตาม ต้นทุนนี้จะมีอัตราคงที่เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในอัตราเท่าเดิม เช่น ค่าจ้างเงินเดือนพนักงานขับรถ ค่าประกันภัย ค่าเช่ารถบรรทุกสินค้า ค่าทะเบียนยานพาหนะ ค่าเสื่อมราคา ค่าใบอนุญาตเข้าสถานที่ ค่าธรรมเนียม เป็นต้น ส่วนต้นทุนค่าขนส่งผันแปรเป็นต้นทุน หรือ ค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของสินค้าที่ขนส่ง หากทำการขนส่งสินค้ามาก ค่าใช้จ่ายชนิดนี้ก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่หากขนส่งสินค้าในปริมาณน้อยก็จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่หากไม่ได้ทำการขนส่งสินค้าก็ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายส่วนนี้ เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าซ่อมแซม เป็นต้น

3.1.1.2 ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทาง หมายถึง ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าจากจุดต้นทางไปยังปลายทาง ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นระยะเวลาการขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ยที่ประมาณได้จากประสบการณ์และข้อมูลในอดีต ในที่นี้รวมถึงระยะเวลาในการจัดเตรียมสินค้า ระยะเวลาที่สินค้าถูกพักที่สถานีกระจายสินค้า หรือศูนย์กระจายสินค้า และระยะเวลาในการขนถ่ายสินค้า โดยระยะเวลาในการขนส่งสินค้ามักขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ประเภทของยานพาหนะที่ขนส่งสินค้า ชนิดของสินค้าที่ขนส่ง เหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด สภาพการจราจร ฯลฯ ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้กำหนดชนิดสินค้าที่ทำการขนส่งคือสินค้าสายไฟสำหรับระบบสื่อสาร, สายสัญญาณทีวี และสาย

เคเบิลสำหรับเครื่องมือต่าง ๆ ด้วยรถบรรทุกขนาด 2 เพลา 4 ล้อ ใช้ยาง 4 เส้น ในการขนส่งสินค้า และพิจารณาระยะเวลาเฉพาะการขนส่งสินค้าไปยังจุดหมายปลายทางเท่านั้น

3.1.2 เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพเป็นการตัดสินใจที่เป็นลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเส้นทางที่สามารถจับต้องสังเกตได้ด้วยตาเปล่า หรือโดยใช้เครื่องมือวัดเพื่อระบุระดับศักยภาพของลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนนั้น โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์เกณฑ์การตัดสินใจตามแนวทางงานวิจัยของวรพจน์ มีถม (2556) งานวิจัยของ Farah, Polus and Cohen (2007) งานวิจัยของ Polus, Pollatschek and Farah (2005) งานวิจัยของ Sattayaprasert, et al. (2008) และงานวิจัยของ Yuan, et al. (2014) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.2.1 จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง พิจารณาจากจำนวนของช่องทางการเดินรถต่อทิศทางที่ยานพาหนะ หรือรถบรรทุกสามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ การแบ่งทิศทางจราจรนั้นให้พิจารณาจากเส้นแบ่งทิศทางจราจรที่มีลักษณะเป็นเส้นประสีเหลือง หรือเส้นทึบสีเหลือง ส่วนการนับจำนวนช่องจราจรนั้นสามารถพิจารณาจากเส้นแบ่งช่องจราจรที่มีลักษณะเป็นเส้นประสีขาว หรือเส้นทึบสีขาวก็ได้ เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีจำนวนช่องจราจรมากจะช่วยให้การเคลื่อนที่ของยานพาหนะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีจำนวนช่องจราจรมากจะมีระดับศักยภาพที่สูงมากเช่นกัน เกณฑ์การประเมินศักยภาพจำนวนช่องจราจรต่อทิศทางแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับ จากระดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพจำนวนช่องจราจรต่อทิศทางดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 เกณฑ์การประเมินศักยภาพจำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง

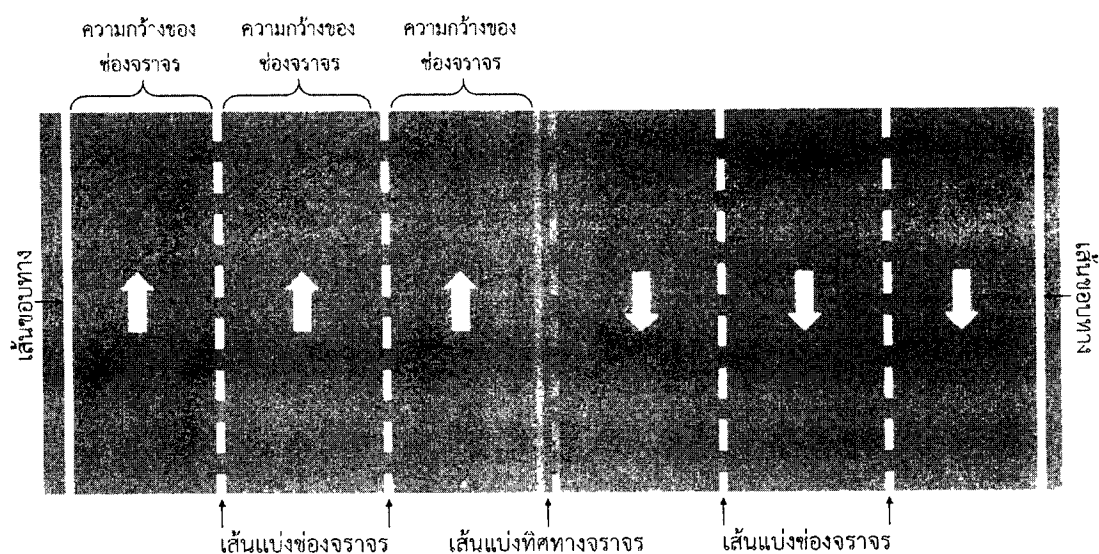
ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	จำนวนช่องจราจร 1 ช่องจราจรต่อทิศทาง หรือใช้ช่องจราจรร่วมกัน
ศักยภาพน้อย (2)	จำนวนช่องจราจร 2 ช่องทางต่อทิศทาง
ศักยภาพปานกลาง (3)	จำนวนช่องจราจร 3 ช่องทางต่อทิศทาง
ศักยภาพมาก (4)	จำนวนช่องจราจร 4 ช่องทางต่อทิศทาง
ศักยภาพมากที่สุด (5)	จำนวนช่องจราจรตั้งแต่ 4 ช่องจราจรต่อทิศทางขึ้นไป

การคำนวณระดับศักยภาพจำนวนช่องจราจรต่อทิศทางคำนวณได้จากใช้วิธีค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับศักยภาพนั้นกับระยะทางทั้งหมดดังสมการที่ 3-1

$$nb_{Score(k)} = \frac{L_{nb(1)} \times 1}{TL_k} + \frac{L_{nb(2)} \times 2}{TL_k} + \frac{L_{nb(3)} \times 3}{TL_k} + \frac{L_{nb(4)} \times 4}{TL_k} + \frac{L_{nb(5)} \times 5}{TL_k} \quad (3-1)$$

- เมื่อ $nb_{Score(k)}$ คือ ระดับศักยภาพจำนวนช่องจราจรต่อทิศทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$
- $L_{nb(j)}$ คือ ระยะทางที่มีจำนวนช่องจราจรต่อทิศทางในระดับศักยภาพที่ j เมื่อ $j = 1, 2, 3, 4, 5$
- TL_k คือ ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

3.1.2.2 ความกว้างของช่องจราจร สามารถพิจารณาได้ 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่เส้นทางการขนส่งสินค้ามีเพียง 1 ช่องจราจรต่อทิศทางความกว้างของช่องจราจรจะพิจารณาจากระยะห่างระหว่างเส้นขอบทางกับทางกับเส้นแบ่งทิศทางการจราจร ส่วนกรณีที่เส้นทางการขนส่งสินค้ามีจำนวน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง ความกว้างของช่องจราจรพิจารณาจากระยะห่างระหว่างเส้นขอบทางกับเส้นแบ่งช่องจราจร และระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งทิศทางการจราจรกับเส้นแบ่งทิศทางการจราจร และกรณีที่เส้นทางการขนส่งสินค้ามีจำนวนตั้งแต่ 3 ช่องจราจรต่อทิศทางขึ้นไป ความกว้างของช่องจราจรจะพิจารณาแบบกรณีเดียวกับกรณีเส้นทางการขนส่งสินค้ามีจำนวน 2 ช่องจราจรต่อทิศทางแต่จะต้องพิจารณาระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งช่องจราจรด้วยกันเองเข้าไปด้วย แสดงตัวอย่างการพิจารณาความกว้างของช่องจราจรกรณีเส้นทางการขนส่งสินค้ามีจำนวน 3 ช่องจราจรต่อทิศทางดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การพิจารณาความกว้างของช่องจราจรกรณีเส้นทางการขนส่งสินค้ามีจำนวน 3 ช่องจราจรต่อทิศทาง

เกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของช่องจราจรแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจากรดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของช่องจราจรดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของช่องจราจร

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	ความกว้างของช่องจราจรไม่เกิน 2 เมตร
ศักยภาพน้อย (2)	ความกว้างของช่องจราจรมากกว่า 2 เมตรแต่ไม่เกิน 3 เมตร
ศักยภาพปานกลาง (3)	ความกว้างของช่องจราจรมากกว่า 3 เมตรแต่ไม่เกิน 3.25 เมตร
ศักยภาพมาก (4)	ความกว้างของช่องจราจรมากกว่า 3.25 เมตรแต่ไม่เกิน 3.50 เมตร
ศักยภาพมากที่สุด (5)	ความกว้างของช่องจราจรมากกว่า 3.50 เมตรขึ้นไป

การคำนวณระดับศักยภาพความกว้างช่องจราจรคำนวณได้จากใช้วิธีค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับศักยภาพนั้นกับระยะทางทั้งหมดดังสมการที่ 3-2 ทั้งนี้ หากเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนมีจำนวนช่องจราจรมากกว่า 1 ช่องต่อทิศทางและมีความกว้างของช่องจราจรไม่เท่ากัน ผู้วิจัยต้องทำการประเมินศักยภาพความกว้างของช่องจราจรแต่ละช่องจราจรแล้วจึงนำระดับศักยภาพดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย

$$W_{Score(k)} = \frac{L_{lw(1)} \times 1}{TL_k} + \frac{L_{lw(2)} \times 2}{TL_k} + \frac{L_{lw(3)} \times 3}{TL_k} + \frac{L_{lw(4)} \times 4}{TL_k} + \frac{L_{lw(5)} \times 5}{TL_k} \quad (3-2)$$

เมื่อ $W_{Score(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความกว้างช่องจราจรของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

$L_{lw(j)}$ คือ ระยะทางที่มีความกว้างของจราจรในระดับศักยภาพที่ j
เมื่อ $j = 1, 2, 3, 4, 5$

TL_k คือ ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k
เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

3.1.2.3 ความกว้างของไหล่ทาง พิจารณาจากระยะห่างระหว่างเส้นขอบทางด้านนอกจนถึงขอบทางสำหรับไหล่ทางด้านซ้าย ในกรณีที่เส้นทางการขนส่งสินค้ามีไหล่ทางด้านขวาความกว้างของไหล่ทางพิจารณาจากระยะห่างระหว่างเส้นขอบทางด้านนอกจนถึงเกาะกลางถนน โดยระยะห่างดังกล่าวต้องไม่เป็นทางเท้า ไหล่ทางที่มีความกว้างมากจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการขนส่งสินค้ามากขึ้น เช่น ใช้เป็นที่สำหรับจอดพักเมื่อยานพาหนะเสีย ช่วยทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกปลอดภัยถ้ามีความกว้าง

ของไหล่ทางมาก ฯลฯ เกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของไหล่ทางแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจากระดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของไหล่ทางดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของไหล่ทาง

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	ความกว้างของไหล่ทางไม่เกิน 0.50 เมตร
ศักยภาพน้อย (2)	ความกว้างของไหล่ทางมากกว่า 0.50 เมตรแต่ไม่เกิน 1 เมตร
ศักยภาพปานกลาง (3)	ความกว้างของไหล่ทางมากกว่า 1 เมตรแต่ไม่เกิน 1.50 เมตร
ศักยภาพมาก (4)	ความกว้างของไหล่ทางมากกว่า 1.50 เมตรแต่ไม่เกิน 2 เมตร
ศักยภาพมากที่สุด (5)	ความกว้างของไหล่ทางมากกว่า 2 เมตรขึ้นไป

การคำนวณระดับศักยภาพความกว้างไหล่ทางคำนวณได้จากใช้วิธีค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับศักยภาพนั้นกับระยะทางที่มีไหล่ทางทั้งหมดดังสมการที่ 3-3 ทั้งนี้ หากเส้นทางการขนส่งสินค้ามีความกว้างไหล่ทางทางด้านซ้ายและด้านขวาไม่เท่ากัน ผู้วิจัยต้องทำการประเมินศักยภาพความกว้างของไหล่ทางด้านซ้ายและด้านขวาแล้วจึงนำระดับศักยภาพที่คำนวณได้ดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย

$$SW_{Score(k)} = \frac{L_{sw(1)} \times 1}{TSL_k} + \frac{L_{sw(2)} \times 2}{TSL_k} + \frac{L_{sw(3)} \times 3}{TSL_k} + \frac{L_{sw(4)} \times 4}{TSL_k} + \frac{L_{sw(5)} \times 5}{TSL_k} \quad (3-3)$$

เมื่อ $SW_{Score(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความกว้างไหล่ทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ k = 1, 2, 3, 4, ...

$L_{sw(j)}$ คือ ระยะทางของไหล่ทางที่มีความกว้างของไหล่ทางในระดับศักยภาพที่ j เมื่อ j = 1, 2, 3, 4, 5

TSL_k คือ ระยะทางที่มีไหล่ทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ k = 1, 2, 3, 4, ..

3.1.2.4 วัสดุพื้นผิวจราจร พิจารณาจากวัสดุที่ทำมาสร้างพื้นผิวการจราจรในชั้นบนสุด โดยปัจจุบันสำหรับในประเทศไทยวัสดุพื้นผิวจราจรที่สามารถพบ ได้แก่ พื้นผิวการจราจรที่เป็นดินลูกรัง, พื้นผิวการจราจรที่เป็นลาดยาง และพื้นผิวการจราจรที่เป็นคอนกรีต เกณฑ์การประเมินศักยภาพวัสดุพื้นผิวจราจรแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจากระดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่

1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพความกว้างของไหล่ทางดังตารางที่ 3-4

การคำนวณระดับศักยภาพวัสดุพื้นผิวจราจรคำนวณได้จากใช้วิธีค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับศักยภาพนั้นกับระยะทางทั้งหมดดังสมการที่ 3-4

$$r_{Score(k)} = \frac{L_{rs(1)} \times 1}{TL_k} + \frac{L_{rs(2)} \times 2}{TL_k} + \frac{L_{rs(3)} \times 3}{TL_k} + \frac{L_{rs(4)} \times 4}{TL_k} + \frac{L_{rs(5)} \times 5}{TL_k} \quad (3-4)$$

เมื่อ $r_{Score(k)}$ คือ ระดับศักยภาพวัสดุพื้นผิวจราจรของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

$L_{rs(j)}$ คือ ระยะทางที่มีวัสดุพื้นผิวจราจรในระดับศักยภาพที่ j เมื่อ $j = 1, 2, 3, 4, 5$

TL_k คือ ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การประเมินศักยภาพวัสดุพื้นผิวจราจร

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	วัสดุพื้นผิวจราจรไม่ได้ถูกออกแบบมาสำหรับการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ
ศักยภาพน้อย (2)	วัสดุพื้นผิวจราจรเป็นดินลูกรัง
ศักยภาพปานกลาง (3)	วัสดุพื้นผิวการจราจรที่เป็นคอนกรีต
ศักยภาพมาก (4)	วัสดุพื้นผิวการจราจรที่เป็นลาดยาง
ศักยภาพมากที่สุด (5)	วัสดุพื้นผิวการจราจรที่เป็นคอนกรีตลาดยาง

3.1.2.5 ความแคบของถนน พิจารณาจากร้อยละจำนวนทางโค้งที่อยู่ในเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนกับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนทั้งหมด ความแคบของถนน หรือทางโค้งนั้นรวมถึงทางโค้งแนวตั้งและทางโค้งแนวราบ เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีจำนวนทางโค้งมากจะทำให้เป็นอุปสรรคต่อการขนส่งสินค้าและมีผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้นอีกด้วย เกณฑ์การประเมินศักยภาพความแคบของถนนแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจากระดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพความแคบของถนนดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความคดเคี้ยวของถนน

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	มีจำนวนทางโค้งมากกว่าร้อยละ 50 ของระยะทางทั้งหมด
ศักยภาพน้อย (2)	มีจำนวนทางโค้งมากกว่าร้อยละ 35 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 ของระยะทางทั้งหมด
ศักยภาพปานกลาง (3)	มีจำนวนทางโค้งมากกว่าร้อยละ 20 แต่ไม่เกินร้อยละ 35 ของระยะทางทั้งหมด
ศักยภาพมาก (4)	มีจำนวนทางโค้งมากกว่าร้อยละ 10 แต่ไม่เกินร้อยละ 20 ของระยะทางทั้งหมด
ศักยภาพมากที่สุด (5)	มีจำนวนทางโค้งไม่เกินร้อยละ 10 ของระยะทางทั้งหมด

การคำนวณระดับศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรคำนวณได้จากใช้วิธีเปรียบเทียบร้อยละระหว่างจำนวนทางโค้งทั้งหมดกับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมดดังสมการที่ 3-5

$$nC_{Score(k)} = \frac{nc_k}{TL_k} \times 100\% \quad (3-5)$$

เมื่อ $nC_{Score(k)}$ คือ ระดับศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร
ของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$
 nc_k คือ จำนวนทางโค้งทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k
เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$
 TL_k คือ ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k
เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

3.1.2.6 ความลาดชันของพื้นผิวจราจร พิจารณาจากร้อยละความลาดชันของพื้นผิวจราจร เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีความชันมากจะมีผลต่อทำให้ยานพาหนะ หรือรถบรรทุกเคลื่อนที่ได้ช้าซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาในการขนส่งสินค้า สอดคล้องกับประกาศของกรมทางหลวง (2549ข) เรื่องมาตรฐานและลักษณะของทางหลวงและงานทาง รวมทั้งกำหนดเขตทางหลวงที่จอดรถ ระยะแนวต้นไม้ และเสาพาดสายเกี่ยวกับทางหลวงชนบท และประกาศของกรมทางหลวง (2550) เรื่องมาตรฐานและลักษณะของทางหลวง รวมทั้งกำหนดเขตทางหลวง ที่จอดรถระยะแนวต้นไม้ และเสาพาดสายเกี่ยวกับทางหลวงท้องถิ่น ที่กำหนดทางหลวงที่มีปริมาณการจราจรมากจะต้องมีความลาดชันของพื้นผิวจราจรที่ไม่ลาดชันมาก แต่หากเป็นทางหลวงที่มีปริมาณการจราจรน้อยค่าความลาดชันของพื้นผิวจราจรก็อาจมีความลาดชันมาก ดังนั้นเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีความลาดชันของพื้นผิวจราจรต่ำเส้นทางการขนส่งสินค้านั้นจะมีระดับศักยภาพมาก เกณฑ์การประเมินศักยภาพความลาดชันของพื้นผิวจราจร แบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจากระดับศักยภาพน้อยที่สุด

(ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพความลาดชันของพื้นผิวจราจรดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความลาดชันของพื้นผิวจราจร

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 10 ขึ้นไป
ศักยภาพน้อย (2)	มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 8 แต่ไม่เกินร้อยละ 10
ศักยภาพปานกลาง (3)	มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 6 แต่ไม่เกินร้อยละ 8
ศักยภาพมาก (4)	มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 4 แต่ไม่เกินร้อยละ 6
ศักยภาพมากที่สุด (5)	มีความลาดชันไม่เกินร้อยละ 4

การคำนวณระดับศักยภาพความลาดชันของพื้นผิวจราจรคำนวณได้จากใช้วิธีค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับศักยภาพนั้นกับระยะทางทั้งหมดดังสมการที่ 3-6

$$rg_{Score(k)} = \frac{L_{rg(1)} \times 1}{TL_k} + \frac{L_{rg(2)} \times 2}{TL_k} + \frac{L_{rg(3)} \times 3}{TL_k} + \frac{L_{rg(4)} \times 4}{TL_k} + \frac{L_{rg(5)} \times 5}{TL_k} \quad (3-6)$$

เมื่อ $rg_{Score(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความลาดชันของพื้นผิวจราจรของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

$L_{rg(j)}$ คือ ระยะทางที่มีความลาดชันในระดับศักยภาพที่ j
เมื่อ $j = 1, 2, 3, 4, 5$

TL_k คือ ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k
เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

3.1.2.7 การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร พิจารณาจากข้อบกพร่องของพื้นผิวจราจรกับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมด โดยพิจารณาข้อบกพร่อง หรือความเสียหายของพื้นผิวจราจรที่เป็นแบบลาดยางและความเสียหายของพื้นผิวจราจรที่เป็นแบบคอนกรีตที่เกิดขึ้นทั้งหมด เช่น การเกิดรอยแตกประเภทต่าง ๆ (รอยแตกหนังจระเข้ รอยแตกตามขอบ รอยแตกตามยาว ฯลฯ) การเสีรูปร่าง (การเกิดร่องล้อ ลูกกระพรวน พื้นผิวผิดรูป พื้นผิวเป็นคลื่น ฯลฯ) การเกิดรอยตำหนิ (รอยปะซ่อม หลุมบ่อ ฯลฯ) ข้อบกพร่องต่าง ๆ เหล่านี้อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุและเป็นอุปสรรคในการขนส่งสินค้าได้ ดังนั้นเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีร้อยละการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรที่ต่ำก็จะเป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีระดับศักยภาพสูง เกณฑ์การประเมินศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร แบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจาก

ระดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 เกณฑ์การประเมินศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	มีการเสื่อมสภาพของผิวหน้าจราจรมากกว่าร้อยละ 40 ของระยะทางทั้งหมด
ศักยภาพน้อย (2)	มีการเสื่อมสภาพของผิวหน้าจราจรมากกว่าร้อยละ 30 แต่ไม่เกินร้อยละ 40 ของระยะทางทั้งหมด
ศักยภาพปานกลาง (3)	มีการเสื่อมสภาพของผิวหน้าจราจรมากกว่าร้อยละ 20 แต่ไม่เกินร้อยละ 30 ของระยะทางทั้งหมด
ศักยภาพมาก (4)	มีการเสื่อมสภาพของผิวหน้าจราจรมากกว่าร้อยละ 10 แต่ไม่เกินร้อยละ 20 ของระยะทางทั้งหมด
ศักยภาพมากที่สุด (5)	มีการเสื่อมสภาพของผิวหน้าจราจรไม่เกินร้อยละ 10 ของระยะทางทั้งหมด

การคำนวณระดับศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรคำนวณได้จากใช้วิธีเปรียบเทียบร้อยละระหว่างระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีการเสื่อมสภาพ หรือข้อบกพร่องลักษณะต่าง ๆ กับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมดดังสมการที่ 3-7

$$D_{\text{Score}(k)} = \frac{TLD_k}{TL_k} \times 100\% \quad (3-7)$$

เมื่อ $D_{\text{Score}(k)}$ คือ ระดับศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

TLD_k คือ ระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีการเสื่อมสภาพหรือข้อบกพร่องของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

TL_k คือ ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

3.1.2.8 จุดอันตรายในเส้นทาง พิจารณาจากร้อยละระหว่างจำนวนจุดอันตรายในเส้นทางการขนส่งสินค้ากับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนทั้งหมด โดยจำนวนจุดอันตรายในเส้นทางเป็นตำแหน่งบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดอุบัติเหตุ หรือได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ รวมไปถึงบริเวณที่ผู้ขับขี่ต้องเกิดความระมัดระวังเมื่อเคลื่อนที่ผ่านทางแยกหรือต้องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก จุดอันตรายในเส้นทางอาจจะได้แก่ เช่น บริเวณ

ทางแยก จุดกลับรถ จุดเชื่อมทาง ฯลฯ ดังนั้นเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีจำนวนจุดอันตรายในเส้นทางน้อยเส้นทางนั้นจะมีระดับศักยภาพมาก เกณฑ์การประเมินศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทาง แบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจากระดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทางดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 เกณฑ์การประเมินศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทาง

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	อัตราส่วนจำนวนจุดเชื่อมทางฯ มากกว่าร้อยละ 30 ต่อระยะทางในส่วนของเส้นทางทั้งหมด
ศักยภาพน้อย (2)	อัตราส่วนจำนวนจุดเชื่อมทางฯ มากกว่าร้อยละ 20 แต่ไม่เกินร้อยละ 30 ต่อระยะทางในส่วนของเส้นทางทั้งหมด
ศักยภาพปานกลาง (3)	อัตราส่วนจำนวนจุดเชื่อมทางฯ มากกว่าร้อยละ 15 แต่ไม่เกินร้อยละ 20 ต่อระยะทางในส่วนของเส้นทางทั้งหมด
ศักยภาพมาก (4)	อัตราส่วนจำนวนจุดเชื่อมทางฯ มากกว่าร้อยละ 10 แต่ไม่เกินร้อยละ 15 ต่อระยะทางในส่วนของเส้นทางทั้งหมด
ศักยภาพมากที่สุด (5)	อัตราส่วนจำนวนจุดเชื่อมทางฯ ไม่เกินร้อยละ 10 ต่อระยะทางในส่วนของเส้นทางทั้งหมด

การคำนวณระดับศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทางคำนวณได้จากใช้วิธีเปรียบเทียบร้อยละระหว่างจำนวนจุดเชื่อมทางกับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมดดังสมการที่ 3-8

$$na_{Score(k)} = \frac{na_k}{TL_k} \times 100\% \quad (3-8)$$

เมื่อ $na_{Score(k)}$ คือ ระดับศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

na_k คือ จำนวนจุดอันตรายทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

TL_k คือ ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

3.1.2.9 ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น พิจารณาได้จากความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่นภายในรัศมี 20 กิโลเมตร ณ จุดต้นทางและจุดปลายทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน โดยรูปแบบการขนส่งรูปแบบอื่น ได้แก่ การขนส่งสินค้าทางรถไฟ การขนส่งสินค้าทางเรือ การขนส่งสินค้าทางเครื่องบิน การขนส่งสินค้าทางท่อ

เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่สามารถเชื่อมต่อการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่นได้หลายรูปแบบจะมีศักยภาพมาก เกณฑ์การประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น แบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจากระดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	ไม่สามารถเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นในระยะรัศมี 20 กิโลเมตร
ศักยภาพน้อย (2)	สามารถเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นได้ 1 รูปแบบในระยะรัศมี 20 กิโลเมตร
ศักยภาพปานกลาง (3)	สามารถเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นได้ 2 รูปแบบในระยะรัศมี 20 กิโลเมตร
ศักยภาพมาก (4)	สามารถเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นได้ 3 รูปแบบในระยะรัศมี 20 กิโลเมตร
ศักยภาพมากที่สุด (5)	สามารถเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นได้มากกว่า 3 รูปแบบในระยะรัศมี 20 กิโลเมตร

การคำนวณระดับศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นคำนวณได้จากการพิจารณาความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น ณ จุดต้นทางและจุดปลายทางดังสมการที่ 3-9 ผู้วิจัยต้องทำการประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น ณ จุดต้นทาง จากนั้นจึงประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น ณ จุดปลายทาง แล้วจึงนำระดับศักยภาพที่คำนวณได้ดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย

$$Otm_{Score(k)} = \frac{otm_{o(k)} + otm_{d(k)}}{2} \quad (3-9)$$

เมื่อ $Otm_{Score(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

$Otm_{o(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น ณ จุดต้นทาง ของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

$Otm_{d(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น ณ จุดปลายทาง ของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

3.1.2.10 ความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน พิจารณาได้จากความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านภายในรัศมีระดับต่าง ๆ ณ จุดต้นทางและจุดปลายทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน โดยประเทศเพื่อนบ้านเป็นประเทศที่มีอาณาเขตติดต่อกับพรมแดนประเทศไทย ได้แก่ สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ราชอาณาจักรกัมพูชา และสหพันธรัฐมาเลเซีย ประเทศไทยได้พัฒนากรอบความร่วมมือกับประเทศเพื่อนบ้านเพื่อสร้างเครือข่ายการขนส่งสินค้าเชื่อมโยงทางถนนผ่านจุดผ่านแดนของประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ จุดผ่านแดนถาวร จุดผ่านแดนชั่วคราว และจุดผ่อนปรน

- จุดผ่านแดนถาวร เป็นจุดผ่านแดนที่รัฐบาลไทยและรัฐบาลของประเทศที่มีพรมแดนติดต่อกัน ประกาศให้มีการสัญจรไป-มา ทั้งบุคคล สิ่งของและยานพาหนะ โดยทั่วไปจุดผ่านแดนถาวรจะมีการดำเนินงานเรื่องพิธีการตรวจคนเข้าเมืองและพิธีการศุลกากรตามกฎหมายของทั้งสองประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีจุดผ่านแดนถาวรกับประเทศเพื่อนบ้านรวม 29 จุด

- จุดผ่านแดนชั่วคราว หรือจุดผ่อนปรน เป็นจุดผ่านแดนที่เปิดเป็นการเฉพาะกิจเพื่อเหตุฉุกเฉินจำเป็นเฉพาะคราวเท่านั้น และในบริเวณนั้นหรือบริเวณใกล้เคียงไม่มีจุดผ่านแดนประเภทอื่น หรือมีแต่ไม่สามารถใช้ หรือไม่เหมาะกับการใช้ด้วยเหตุผลต่าง ๆ และเมื่อครบกำหนดเวลา หรือบรรลุวัตถุประสงค์แล้วจะปิดจุดผ่านแดนชั่วคราวทันที ปัจจุบันประเทศไทยมีจุดผ่านแดนชั่วคราวและจุดผ่อนปรนกับประเทศเพื่อนบ้านรวม 42 จุด

เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่สามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านภายในระยะรัศมีที่กำหนดและระเบียบพิธีการด้านศุลกากร เนื่องจากตามลักษณะภูมิศาสตร์แล้วเป็นไปได้ยากมากสำหรับการที่เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนจะสามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านได้มากกว่า 1 ประเทศ ส่วนระเบียบพิธีการด้านศุลกากรนั้นในบางประเทศนั้นมีขั้นตอนการดำเนินการที่ซับซ้อนรวมถึงบางครั้งจำเป็นต้องมีการขนถ่ายสินค้าเพื่อเปลี่ยนไปใช้ยานพาหนะที่สอดคล้องกับกฎระเบียบของประเทศเพื่อนบ้าน ตัวอย่างเช่น การขนส่งสินค้าทางถนนด้วยรถบรรทุกจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวจำเป็นต้องมีการขนถ่ายสินค้าไปยังรถบรรทุกอีกคัน เนื่องจากประเทศไทยยานพาหนะต้องเคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยช่องจราจรทางซ้าย ส่วนสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวยานพาหนะต้องเคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยช่องจราจรทางขวา เกณฑ์การประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน แบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับจากระดับศักยภาพน้อยที่สุด (ระดับที่ 1) จนถึงระดับศักยภาพมากที่สุด (ระดับที่ 5) แสดงเกณฑ์การประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 เกณฑ์การประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน

ระดับศักยภาพ	รายละเอียด
ศักยภาพน้อยที่สุด (1)	ไม่สามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านได้ในระยะรัศมีไม่เกิน 60 กิโลเมตร
ศักยภาพน้อย (2)	สามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านได้ 1 ประเทศในระยะรัศมีมากกว่า 40 แต่ไม่เกิน 60 กิโลเมตร
ศักยภาพปานกลาง (3)	สามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านได้ 1 ประเทศในระยะรัศมีไม่เกิน 40 กิโลเมตร
ศักยภาพมาก (4)	สามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านได้ 1 ประเทศในระยะรัศมีไม่เกิน 20 กิโลเมตร
ศักยภาพมากที่สุด (5)	สามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านได้มากกว่า 1 ประเทศในระยะรัศมีไม่เกิน 20 กิโลเมตร โดยจุดผ่านแดนต้องมีกฎระเบียบทางการค้าระหว่างประเทศที่สามารถขนส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้านได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายสินค้าไปยังยานพาหนะอื่น

การคำนวณระดับศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านคำนวณได้จากการพิจารณาความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน ณ จุดต้นทางและจุดปลายทาง ดังสมการที่ 3-10 ผู้วิจัยต้องทำการประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งกับประเทศเพื่อนบ้าน ณ จุดต้นทาง จากนั้นจึงประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน ณ จุดปลายทาง แล้วจึงนำระดับศักยภาพที่คำนวณได้ดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย

$$\text{Neigh}_{\text{Score}(k)} = \frac{\text{Neigh}_{o(k)} + \text{Neigh}_{d(k)}}{2} \quad (3-10)$$

เมื่อ $\text{Neigh}_{\text{Score}(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

$\text{Neigh}_{o(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน ณ จุดต้นทาง ของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

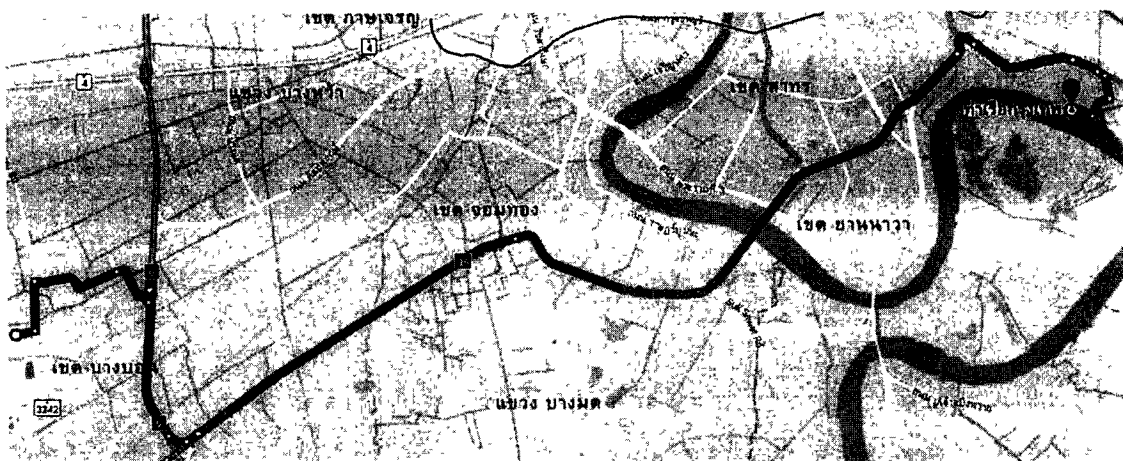
$\text{Neigh}_{d(k)}$ คือ ระดับศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน ณ จุดปลายทาง ของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเส้นทางการขนส่งสินค้า

การเก็บรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสอบถามข้อมูลจากผู้บริหารของบริษัทฯ หรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า

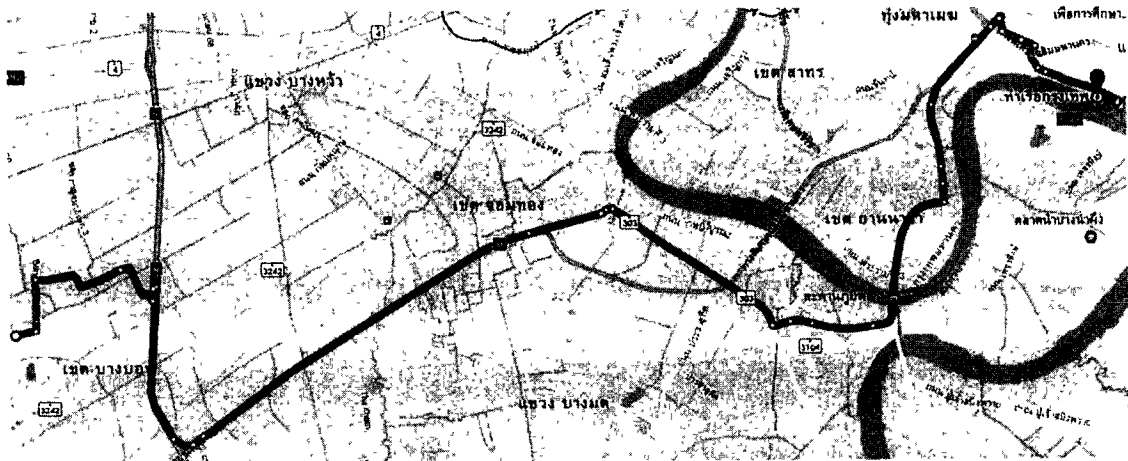
ส่วนเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการลงภาคสนาม พร้อมทั้งนำเกณฑ์การประเมินศักยภาพที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ผ่านมาประกอบการเก็บรวบรวมข้อมูลของเส้นทางที่ต้องการ การเก็บรวบรวมข้อมูลเส้นทางขนส่งสินค้าจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของเส้นทางเฉพาะการขนส่งสินค้าแบบเที่ยวเดียวเท่านั้น เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในการขนส่งสินค้าในปัจจุบันไปยังท่าเรือกรุงเทพ ประกอบไปด้วย 6 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ 1 เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร เส้นทางที่ 2 เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานคร เส้นทางที่ 3 เส้นทางพิเศษศรีรัช เส้นทางที่ 4 เส้นทางกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 เส้นทางที่ 5 เส้นทางถนนหมายเลข 3242 และสุดท้ายเส้นทางที่ 6 เส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3

3.2.1 เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร มีระยะทางรวม 33.2 กิโลเมตร เริ่มตั้งแต่ถนนบางบอน 3-ถนนกาญจนาภิเษก-ถนนพระรามที่ 2-ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ด่านดาวคอง)-ถนนอาจณรงค์ เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานครแสดงดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร

3.2.2 เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานคร มีระยะทางรวม 31.1 กิโลเมตร เริ่มตั้งแต่ถนนบางบอน 3 - ถนนกาญจนาภิเษก - ถนนกัลปพฤกษ์ - ถนนราชพฤกษ์ - ถนนรัชดาภิเษก - ถนนพระรามที่ 3 - ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ด่านสาธุประดิษฐ์ 1) - ถนนเกษมราษฎร์ แสดงเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานครดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-7 เส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3

3.3 การเก็บรวบรวมความคิดเห็นในการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

ในขั้นตอนนี้หลังจากที่ผู้วิจัยสามารถรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนทั้งหมดได้แล้ว ผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจด้วยการสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านโลจิสติกส์ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการขนส่งสินค้าอย่างน้อย 5 ปี รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลและรวบรวมความคิดเห็นจากผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกเส้นทางของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งนั้นจำนวนผู้แสดงความคิดเห็นทั้งหมดต้องมีจำนวนไม่น้อยกว่า 17 ราย โดยทำการเก็บรวบรวมความคิดเห็นด้วยวิธีเดลฟาย เนื่องจากต้องการหลีกเลี่ยงการเผชิญหน้ากันของผู้ที่แสดงความคิดเห็นและไม่ต้องการให้ความคิดเห็นของผู้อื่นมีอิทธิพลต่อการพิจารณาตัดสินใจของผู้แสดงความคิดเห็นแต่ละราย ดังนั้นผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจของบริษัทฯ จะสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ

ผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมความคิดเห็นทั้งหมดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจด้วยวิธีเดลฟาย มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การเก็บรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 1 เป็นการเก็บรวบรวมความคิดเห็นแบบปลายเปิด ผู้แสดงความคิดเห็นสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ด้วยระดับในการให้คะแนนความสำคัญสำหรับกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ตามแนวทงงานวิจัยของ Saaty (1990) แสดงดังตารางที่ 2-3 ผู้แสดงความคิดเห็นจะใช้หลักการในการแสดงความคิดเห็นว่าเกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์นั้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจอื่นแล้วมีผลกระทบต่อเกณฑ์การตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้ามากกว่าหรือน้อยกว่าเท่าไร

3.3.2 การเก็บรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 2 ในรอบนี้ผู้วิจัยจะนำผลความคิดเห็นที่เก็บรวบรวมได้จากขั้นตอนที่ผ่านมาทำการตัดความคิดเห็นที่ซ้ำซ้อนออก พร้อมทั้งสร้างแบบสัมภาษณ์สำหรับใช้ในการประเมินความสำคัญของการให้คะแนนในขั้นตอนที่ผ่านมาแสดงดังภาคผนวก ก โดยแบบสอบถามนี้ผู้แสดงความคิดเห็นกลุ่มเดิมจะต้องทำการประเมินว่าระดับในการให้คะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายค่านั้นมีความเหมาะสมมากอย่างไร เช่น ผู้แสดงความคิดเห็นอาจจะเห็นว่าระดับในการให้คะแนนความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจค่านั้นอาจจะมีความเหมาะสมมากที่สุดก็จะประเมินความเหมาะสมในระดับที่ 5 แต่หากเห็นว่าระดับในการให้คะแนนความสำคัญมีความเหมาะสมน้อยที่สุดก็จะประเมินความเหมาะสมในระดับที่ 1 เป็นต้น

3.3.3 การเก็บรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 3 ในรอบนี้ผู้วิจัยจะนำผลการประเมินที่ได้จากแบบสอบถามในรอบที่ผ่านมาทำการคำนวณหาค่าทดสอบทางสถิติ เช่น ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์แคบ แสดงว่าคำตอบที่วิเคราะห์ได้นั้นของผู้เชี่ยวชาญแสดงความเห็นที่สอดคล้องกัน ดังนั้นผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้เลย หากยังกว้างแสดงว่าคำตอบนั้นมีความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญไม่สอดคล้องกัน ต้องสร้างแบบสอบถามเพื่อสอบถามใหม่ โดยกำหนดข้อความเดียวกันกับแบบสอบถามรอบที่ผ่านมา แต่เพิ่มเครื่องหมายที่แสดงตำแหน่งที่มีค่าทางสถิติที่มีความแตกต่างกันมาก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญท่านนั้น ยืนยันคำตอบ หรือเปลี่ยนแปลงคำตอบใหม่จากนั้นสรุปผลการเก็บรวบรวมความคิดเห็นที่ได้มาใหม่ ต้องกระทำเช่นนี้จนกว่าผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจะมีค่าสถิติทดสอบเป็นไปตามเกณฑ์ ทั้งนี้เกณฑ์การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีเดลฟายจากมาตราส่วนการประมาณค่าจะพิจารณา ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile Range : IQR) ต้องไม่เกิน 1.5 (Rayens and Hahn, 2000) ค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม (Absolute Difference between Median and Mode) ต้องมีค่าไม่เกิน 1 (เอนก พ.อนุกุลบุตร, 2556) และสุดท้ายส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ต้องไม่เกิน 1.5 (Christie and Barela, 2005)

3.4 การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

ผู้วิจัยจะคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับเชิงวิเคราะห์ โดยใช้ระดับในการให้คะแนนความสำคัญสำหรับกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ที่เก็บรวบรวมได้จากวิธีเดลฟายในขั้นตอนที่ผ่านมา การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจจะคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักและเกณฑ์การตัดสินใจรอง จากนั้นจึงจะคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 กำหนดและจำลองปัญหาให้อยู่ในรูปของแผนภาพลำดับขั้นของการตัดสินใจ ประกอบไปด้วยเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ได้แก่ เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ ส่วนเกณฑ์การตัดสินใจรองสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม ประกอบไปด้วย เกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ

ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่งของเส้นทางและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทาง เกณฑ์การตัดสินใจ รองเชิงคุณภาพ ได้แก่ ระดับศักยภาพของจำนวนช่องจราจร ระดับศักยภาพของความกว้างของช่องจราจร ระดับศักยภาพของความกว้างของไหล่ทาง ระดับศักยภาพของวัสดุพื้นผิวจราจร ระดับศักยภาพของความคดเคี้ยวของถนน ระดับศักยภาพของความลาดชันของพื้นผิวจราจร ระดับศักยภาพของการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร ระดับศักยภาพของจุดอันตรายในเส้นทาง ระดับศักยภาพของความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น และระดับศักยภาพของความสามารถในการเชื่อมต่อกับต่างประเทศ

3.4.2 สร้างเมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ โดยใช้ระดับในการให้คะแนน ความสำคัญที่เก็บรวบรวมได้ด้วยวิธีเดลฟาย ประกอบไปด้วย เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจหลัก เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ และเมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ

3.4.3 คำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจตามขั้นตอนที่ 2.4.2.3 พร้อมทั้งตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล สำหรับค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลของการคำนวณน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลักและการคำนวณน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจรองด้านปริมาณต้องไม่เกิน 0.05 แต่ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลสำหรับการคำนวณน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพต้องไม่เกิน 0.1 ทั้งนี้หากค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมความคิดเห็นอีกครั้ง

3.4.4 คำนวณน้ำหนักความสำคัญรวม ขั้นตอนนี้เป็นการทำให้ผลรวมน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1 โดยการนำน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณคูณกับน้ำหนักความสำคัญของต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่ง และนำน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพคูณกับน้ำหนักความสำคัญของจำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุพื้นผิวจราจร ความคดเคี้ยวของถนน ความลาดชันของพื้นผิวจราจร การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร จุดอันตรายในเส้นทาง ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น และความสามารถในการเชื่อมต่อกับต่างประเทศ เมื่อนำผลคูณของน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองที่คำนวณได้ในข้างต้นมารวมกันแล้วจะต้องมีค่าผลรวมเท่ากับ 1 โดยน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองนี้จะถูกนำไปประกอบการวิเคราะห์เลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

3.5 การพิจารณาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด

ในขั้นตอนนี้เป็นการพิจารณาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุดโดยใช้ข้อมูลที่ได้เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ผ่านมาด้วยเทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติเพื่อหาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุดซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอุดมคติเชิงบวกมากที่สุด มีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐาน เพื่อเป็นการทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทางเลือก หรือเกณฑ์การตัดสินใจให้เป็นข้อมูลให้อยู่ในระนาบเดียวกันดังสมการที่ 2-3 โดยจะเป็นการพิจารณาระดับศักยภาพของเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมด ก่อนการสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานต้องแปลงให้ต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทางเป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นผลประโยชน์และเป็นทิศทางเดียวกันกับระดับศักยภาพซึ่งเป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นผลประโยชน์เช่นกัน เนื่องจากต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าเป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และไม่อยู่ระนาบเดียวกันกับระดับศักยภาพ การแปลงต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่งนั้นได้เลือกใช้วิธีการประมาณในช่วงเชิงเส้น (Linear Interpolation Method) กำหนดให้เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีต้นทุนค่าขนส่งต่ำที่สุดมีระดับศักยภาพเท่ากับ 5 ส่วนเส้นทางที่มีต้นทุนค่าขนส่งสูงที่สุดจะมีระดับศักยภาพเท่ากับ 1 และเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนอื่นจะมีระดับศักยภาพขึ้นอยู่กับต้นทุนค่าขนส่งซึ่งคำนวณได้จากวิธีการประมาณในช่วงเชิงเส้น ในทำนองเดียวกันเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีระยะเวลาการขนส่งสินค้าต่ำสุดจะมีระดับศักยภาพเท่ากับ 5 ส่วนเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีระยะเวลาการขนส่งสินค้าสูงที่สุดจะมีระดับศักยภาพเท่ากับ 1 และเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนอื่นจะมีระดับศักยภาพขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการขนส่งซึ่งคำนวณได้จากวิธีการประมาณในช่วงเชิงเส้น จากนั้นก็นำระดับศักยภาพที่ได้ไปพิจารณาร่วมกับระดับศักยภาพของเกณฑ์การตัดสินใจอื่น ๆ

3.5.2 คำนวณค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนัก โดยการนำเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานคูณกับน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองดังสมการที่ 2-4

3.5.3 คำนวณค่าอุดมคติเชิงบวกและอุดมคติเชิงลบ โดยค่าอุดมคติเชิงบวกจะเป็นค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักที่มากที่สุดในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรอง ส่วนค่าอุดมคติเชิงลบจะเป็นค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักที่น้อยที่สุดในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรองดังสมการที่ 2-5 ถึงสมการที่ 2-8 ตามลำดับ

3.5.4 คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงแยกแยะ แบ่งเป็นการคำนวณระยะห่างจากอุดมคติเชิงบวกโดยการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักกับค่าอุดมคติเชิงบวกในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรองดังสมการที่ 2-9 และคำนวณระยะห่างจากอุดมคติเชิงลบโดยการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักกับค่าอุดมคติเชิงลบในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรองดังสมการที่ 2-10 ตามลำดับ

3.5.6 คำนวณความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาและพิจารณาทางเลือก หรือเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีระยะใกล้ที่สุดของทางเลือกที่เป็นอุดมคติเชิงบวกและเลือกระยะใกล้ที่สุดของทางเลือกที่เป็นอุดมคติเชิงลบดังสมการที่ 2-11 โดยเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ดีที่สุดจะเป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาสูงสุด ส่วนเส้นทางการขนส่งสินค้าอื่นจะเป็นเส้นทางที่มีความเหมาะสมลดลงมาตามค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการนำเสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ จากการกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในบทที่ผ่านมา ในบทนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่กำหนดไว้และได้ผลการดำเนินงานวิจัยโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 4.1 ผลการรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้า
- 4.2 ผลการรวบรวมความคิดเห็นในการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ
- 4.3 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ
- 4.4 เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด

4.1 ผลการรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้า

จากการศึกษาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ขนส่งสินค้าไปยังท่าเรือกรุงเทพ โดยมีเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนทั้งหมด 6 เส้นทางตามที่ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในบทที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนทั้งหมด ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งของเส้นทาง ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษา จากนั้นนำเกณฑ์การประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพทำการรวบรวมข้อมูลองค์ประกอบของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการลงพื้นที่ภาคสนาม แสดงผลการรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้า

เกณฑ์การตัดสินใจ	เส้นทางการขนส่งสินค้า					
	เส้นทางพิเศษ เฉลิมมหานคร	เส้นทางถนน กัลปพฤกษ์ และทางพิเศษ เฉลิมมหานคร	เส้นทางถนน กัลปพฤกษ์	เส้นทางถนน กัลปพฤกษ์ และถนน พระรามที่ 3	เส้นทางถนน หมายเลข 3242	เส้นทางถนน หมายเลข 35 และถนน พระรามที่ 3
ต้นทุนค่าขนส่ง (หน่วย : บาท)	5,100	4,850	4,250	4,960	4,710	5,090
ระยะเวลาในการขนส่ง (หน่วย : นาที)	43	41	50	46	53	48

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

เกณฑ์การตัดสินใจ	เส้นทางการขนส่งสินค้า					
	เส้นทางพิเศษ เฉลิมมหานคร	เส้นทางถนน กัลปพฤกษ์ และทางพิเศษ เฉลิมมหานคร	เส้นทางถนน กัลปพฤกษ์	เส้นทางถนน กัลปพฤกษ์ และถนน พระรามที่ 3	เส้นทางถนน หมายเลข 3242	เส้นทางถนน หมายเลข 35 และถนน พระรามที่ 3
ศักยภาพจำนวนช่องจราจร ต่อทิศทาง (หน่วย : ระดับ)	2.95	3.27	3.16	2.96	2.88	2.74
ศักยภาพความกว้างของช่อง จราจร (หน่วย : ระดับ)	3.06	2.83	3.53	3.42	2.64	3.11
ศักยภาพความกว้างของไหล่ทาง (หน่วย : ระดับ)	1.94	1.65	1.85	1.75	1.49	1.63
ศักยภาพวัสดุพื้นผิวจราจร (หน่วย : ระดับ)	3.79	3.56	3.65	3.54	3.31	3.93
ศักยภาพความคดเคี้ยวของถนน (หน่วย : ระดับ)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ศักยภาพความลาดชันของพื้นผิว จราจร (หน่วย : ระดับ)	2.09	2.17	2.05	2.42	2.73	2.20
ศักยภาพการเสื่อมสภาพความ เสียหายของผิวหน้าจราจร (หน่วย : ระดับ)	4.00	4.00	3.00	3.00	2.00	3.00
ศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทาง (หน่วย : ระดับ)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ศักยภาพความสามารถในการ เชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น (หน่วย : ระดับ)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
ศักยภาพความสามารถในการ เชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (หน่วย : ระดับ)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

4.2 ผลการรวบรวมความคิดเห็นในการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

ผู้วิจัยได้รวบรวมความคิดเห็นจากผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 5 ราย และรวบรวมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านโลจิสติกส์อีกจำนวน 12 ราย รวมผู้แสดงความคิดเห็นทั้งหมดจำนวน 17 ราย โดยทำการรวบรวมความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ หรือการประเมินความสำคัญระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ด้วยระดับ

ในการให้คะแนนความสำคัญของ Saaty (1990) การรวบรวมความคิดเห็นทั้งหมดได้ดำเนินการตามขั้นตอนของวิธีเดลฟายจำนวน 3 รอบ มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ผลการรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 1 ผู้วิจัยได้ให้ผู้แสดงความคิดเห็นทั้งหมดแสดงความเห็นแบบปลายเปิดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ โดยแบ่งเป็นการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ได้แก่ การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณกับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ และเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจรองซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจรองในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจหลัก ผลการรวบรวมความคิดเห็นการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักในรอบที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4-2 ผลการรวบรวมความคิดเห็นการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณในรอบที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4-3 และผลการรวบรวมความคิดเห็นการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพในรอบที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4-3 ทั้งนี้เพื่อความสะดวกผู้วิจัยได้กำหนดให้สัญลักษณ์ให้กับเกณฑ์การตัดสินใจดังนี้

- C_1 = เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ
- C_2 = เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ
- C_{11} = ต้นทุนค่าขนส่งของเส้นทาง
- C_{12} = ระยะเวลาในการขนส่งของเส้นทาง
- C_{21} = จำนวนช่องจราจร (ต่อทิศทาง)
- C_{22} = ความกว้างของช่องจราจร
- C_{23} = ความกว้างของไหล่ทาง
- C_{24} = วัสดุพื้นผิวจราจร
- C_{25} = ความคดเคี้ยวของถนน
- C_{26} = ความลาดชันของพื้นผิวจราจร
- C_{27} = การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร
- C_{28} = จุดอันตรายในเส้นทาง
- C_{29} = ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น
- C_{210} = ความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน

ตารางที่ 4-2 ผลการรวบรวมความคิดเห็นการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักในรอบที่ 1

ผู้แสดงความคิดเห็น	เกณฑ์การตัดสินใจหลัก	C_2
1	C_1	1/3
2	C_1	2

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ผู้แสดงความคิดเห็น	เกณฑ์การตัดสินใจหลัก	C_2
3	C_1	1
4	C_1	2
5	C_1	2
6	C_1	2
7	C_1	2
8	C_1	1/2
9	C_1	2
10	C_1	2
11	C_1	4
12	C_1	2
13	C_1	3
14	C_1	1/3
15	C_1	2
16	C_1	2
17	C_1	1

ตารางที่ 4-3 ผลการรวบรวมความคิดเห็นการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณในรอบที่ 1

ผู้แสดงความคิดเห็น	เกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ	C_{12}
1	C_{11}	1
2	C_{11}	2
3	C_{11}	2
4	C_{11}	1/4
5	C_{11}	1
6	C_{11}	3
7	C_{11}	1/3
8	C_{11}	3
9	C_{11}	1
10	C_{11}	1
11	C_{11}	1
12	C_{11}	1
13	C_{11}	1/2

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ผู้แสดงความคิดเห็น	เกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ	C_{12}
14	C_{11}	3
15	C_{11}	1
16	C_{11}	1
17	C_{11}	1/4

ตารางที่ 4-4 ผลการรวบรวมความคิดเห็นการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพในรอบที่ 1

ผู้แสดงความคิดเห็น	เกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{26}	C_{27}	C_{28}	C_{29}	C_{210}
1	C_{21}	3	3	2	1	2	1/2	1/4	5	3
	C_{22}		1	1/2	2	2	3	1	4	3
	C_{23}			3	1/3	1	2	3	6	5
	C_{24}				1/3	4	1/2	3	4	4
	C_{25}					1/2	3	2	2	9
	C_{26}						1	1	3	2
	C_{27}							4	6	6
	C_{28}								3	7
	C_{29}									1
2	C_{21}	4	2	2	3	1	1/2	2	4	7
	C_{22}		1	1/2	1/2	1/3	3	1/5	4	3
	C_{23}			1/5	1	1	3	3	1	4
	C_{24}				1	1	1/2	1	3	4
	C_{25}					1/3	2	2	3	8
	C_{26}						3	1	1	4
	C_{27}							4	6	6
	C_{28}								5	5
	C_{29}									1
3	C_{21}	1	3	1/2	1/2	1	3	2	5	8
	C_{22}		3	2	3	1	3	1/4	4	5
	C_{23}			3	1	2	1/2	3	5	6
	C_{24}				1/3	1	2	1	2	4
	C_{25}					1/3	1/2	1	5	5

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

[illegible]

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ผู้แสดงความคิดเห็น	เกณฑ์การตัดสินใจ รองเชิงคุณภาพ	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₂₁₀
7	C ₂₁	2	1/2	2	1/2	1/2	1/2	2	1/2	9
	C ₂₂		2	2	1/2	3	3	2	4	4
	C ₂₃			3	2	2	1/2	3	3	3
	C ₂₄				1	1	2	1/3	4	6
	C ₂₅					1/2	1/2	1/2	2	5
	C ₂₆						1	1	1	3
	C ₂₇							1	3	6
	C ₂₈								5	4
	C ₂₉									1
8	C ₂₁	1	3	3	1/2	1	1	2	5	8
	C ₂₂		2	1/3	1/2	2	1/2	1	1/3	3
	C ₂₃			1/2	3	2	1/2	1	1/2	4
	C ₂₄				1	1/2	1	1	3	4
	C ₂₅					3	3	1/2	2	7
	C ₂₆						1/3	1	3	5
	C ₂₇							1	5	7
	C ₂₈								5	3
	C ₂₉									1
9	C ₂₁	2	2	1/2	1/3	1	1	2	5	8
	C ₂₂		1/3	2	3	3	3	3	4	8
	C ₂₃			3	1	1	1	2	3	6
	C ₂₄				1/3	1	2	1	2	3
	C ₂₅					2	1/3	2	3	7
	C ₂₆						1/2	1	3	2
	C ₂₇							1	6	8
	C ₂₈								4	4
	C ₂₉									1/4
10	C ₂₁	2	1/3	2	1/2	1	1	2	3	8
	C ₂₂		3	2	1/2	2	3	1	1/4	9
	C ₂₃			3	1/2	2	1/2	1/2	5	6
	C ₂₄				2	1	2	1/3	1/3	7
	C ₂₅					1/4	1/2	1/2	3	8

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

[illegible]

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ผู้แสดงความคิดเห็น	เกณฑ์การตัดสินใจ รองเชิงคุณภาพ	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₂₁₀
14	C ₂₁	1/3	3	4	1	1/2	2	2	3	3
	C ₂₂		2	1	2	6	1/2	1/2	5	4
	C ₂₃			1/2	3	2	1	3	1/3	6
	C ₂₄				1/3	1/4	1	2	3	4
	C ₂₅					1/2	1/2	2	6	7
	C ₂₆						1	1	1	5
	C ₂₇							1	6	5
	C ₂₈								5	5
	C ₂₉									1/2
15	C ₂₁	2	3	2	1/2	1/3	3	1/3	1	4
	C ₂₂		3	2	3	2	3	1/3	4	3
	C ₂₃			3	2	2	1/2	1	5	6
	C ₂₄				1/3	1	2	1	1	4
	C ₂₅					3	1	1/2	3	7
	C ₂₆						1	1/2	4	5
	C ₂₇							1	6	6
	C ₂₈								5	2
	C ₂₉									1
16	C ₂₁	2	3	1/3	1/2	1	1/2	2	5	5
	C ₂₂		1/3	2	1/2	2	1	2	4	5
	C ₂₃			3	1	2	1/2	1/4	1/2	3
	C ₂₄				1/2	1	1/2	1	4	4
	C ₂₅					3	1	2	3	5
	C ₂₆						1	1	5	3
	C ₂₇							1	2	6
	C ₂₈								5	5
	C ₂₉									1
17	C ₂₁	1	3	2	1/2	2	1/2	1	3	8
	C ₂₂		2	1	1/2	2	3	2	4	3
	C ₂₃			1/2	1	1/3	1/2	3	5	5
	C ₂₄				1	1	2	1	1/3	4
	C ₂₅					3	1/2	2	2	6

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ผู้แสดงความคิดเห็น	เกณฑ์การตัดสินใจ รองเชิงคุณภาพ	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₂₁₀
17	C ₂₁	1	3	2	1/2	2	1/2	1	3	8
	C ₂₂		2	1	1/2	2	3	2	4	3
	C ₂₃			1/2	1	1/3	1/2	3	5	5
	C ₂₄				1	1	2	1	1/3	4
	C ₂₅					3	1/2	2	2	6
	C ₂₆						3	1/2	6	3
	C ₂₇							1/3	6	6
	C ₂₈								4	7
	C ₂₉									1

4.2.2 ผลการรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 2 ในรอบนี้ผู้วิจัยนำความคิดเห็นที่รวบรวมได้จากรอบที่ผ่านมาทำการตัดความคิดเห็นที่ซ้ำซ้อนออกและเลือกกระตักการในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจแต่ละคู่ที่มีความถี่สูงสุดมาสร้างแบบสัมภาษณ์สำหรับการประเมินระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจในขั้นตอนที่ผ่านมา โดยนำแบบสัมภาษณ์นี้กลับไปให้ผู้แสดงความคิดเห็นกลุ่มเดิมทำการประเมินว่าระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจมีความเหมาะสมอยู่ในระดับใด ผลการรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 2 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ ข-1 ถึงตารางที่ ข-17 ในภาคผนวก ข

4.2.3 ผลการรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 3 ในรอบนี้ผู้วิจัยจะนำผลการประเมินที่ได้จากแบบสอบถามในรอบที่ผ่านมาทำการคำนวณหาค่าทดสอบทางสถิติ หากผู้แสดงความคิดเห็นมีความคิดเห็นที่สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจแต่ละคู่จะมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (IQR) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ไม่เกิน 1.5 ค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม (Imdn - mol) ไม่เกิน 1 แต่หากหาค่าสถิติทดสอบในข้างต้นไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดผู้วิจัยจะต้องทำการรวบรวมความคิดเห็นอีกครั้ง โดยการรวบรวมความคิดเห็นครั้งต่อไปจะแสดงค่าสถิติทดสอบเพื่อให้ผู้แสดงความคิดเห็นพิจารณาความคิดเห็นของตนเองกับกลุ่ม ผลการรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 3 แสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการรวบรวมความคิดเห็นในรอบที่ 3

การเปรียบเทียบ เกณฑ์การตัดสินใจ	ระดับในการให้คะแนน ความสำคัญ	IQR	S.D.	lmdn - mol
$C_1 - C_2$	2	1.0000	0.8165	0.0000
$C_{11} - C_{12}$	1	1.0000	0.7188	0.5000
$C_{21} - C_{22}$	2	1.0000	0.6191	0.0000
$C_{21} - C_{23}$	3	1.0000	0.6191	0.0000
$C_{21} - C_{24}$	2	1.0000	0.5164	0.5000
$C_{21} - C_{25}$	1/2	1.0000	0.7274	0.0000
$C_{21} - C_{26}$	1	1.0000	0.6325	0.0000
$C_{21} - C_{27}$	1/2	1.0000	0.5164	0.5000
$C_{21} - C_{28}$	2	1.0000	0.8165	0.0000
$C_{21} - C_{29}$	5	1.0000	0.7500	0.0000
$C_{21} - C_{210}$	8	1.2500	0.8732	0.0000
$C_{22} - C_{23}$	2	1.0000	0.6325	0.0000
$C_{22} - C_{24}$	2	1.0000	0.7303	0.0000
$C_{22} - C_{25}$	1/2	1.0000	0.6191	0.0000
$C_{22} - C_{26}$	2	1.0000	0.8851	0.0000
$C_{22} - C_{27}$	3	1.0000	0.7746	1.0000
$C_{22} - C_{28}$	2	1.0000	0.7042	0.0000
$C_{22} - C_{29}$	4	1.0000	0.7274	0.0000
$C_{22} - C_{210}$	3	1.2500	0.8732	0.0000
$C_{23} - C_{24}$	3	1.0000	0.8062	0.0000
$C_{23} - C_{25}$	1	1.0000	0.4787	0.0000
$C_{23} - C_{26}$	2	1.0000	0.7274	0.0000
$C_{23} - C_{27}$	1/2	1.0000	0.6191	0.0000
$C_{23} - C_{28}$	3	1.0000	0.7188	0.5000
$C_{23} - C_{29}$	5	1.0000	0.8732	0.5000
$C_{23} - C_{210}$	6	1.0000	0.5123	0.0000
$C_{24} - C_{25}$	1/3	1.0000	0.7932	0.5000
$C_{24} - C_{26}$	1	0.2500	0.4472	0.0000
$C_{24} - C_{27}$	2	1.0000	0.5000	0.0000
$C_{24} - C_{28}$	1	1.0000	0.9309	0.5000
$C_{24} - C_{29}$	4	1.2500	0.9811	0.5000
$C_{24} - C_{210}$	4	1.0000	0.6191	0.0000

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

การเปรียบเทียบ เกณฑ์การตัดสินใจ	ระดับในการให้คะแนน ความสำคัญ	IQR	S.D.	lmdn - mol
$C_{25} - C_{26}$	3	1 0000	0.8062	0.0000
$C_{25} - C_{27}$	1/2	1 0000	0.7188	0.5000
$C_{25} - C_{28}$	2	1.0000	0.5000	0.0000
$C_{25} - C_{29}$	3	1 0000	0.6325	0 0000
$C_{25} - C_{210}$	7	1 0000	0.5000	0.0000
$C_{26} - C_{27}$	1	0.2500	0.7188	0 0000
$C_{26} - C_{28}$	1	1.0000	0 6191	0 0000
$C_{26} - C_{28}$	3	1 0000	0 6325	0.0000
$C_{26} - C_{210}$	3	1 0000	0.6292	0.5000
$C_{27} - C_{28}$	1	1.0000	0.6325	0.0000
$C_{27} - C_{29}$	6	1 0000	0.7746	1.0000
$C_{27} - C_{210}$	6	1 0000	0.6021	0.0000
$C_{28} - C_{29}$	5	1.0000	0.8165	0.0000
$C_{28} - C_{210}$	5	1.0000	0 6292	0 0000
$C_{29} - C_{210}$	1	0 0000	0.4031	0.0000

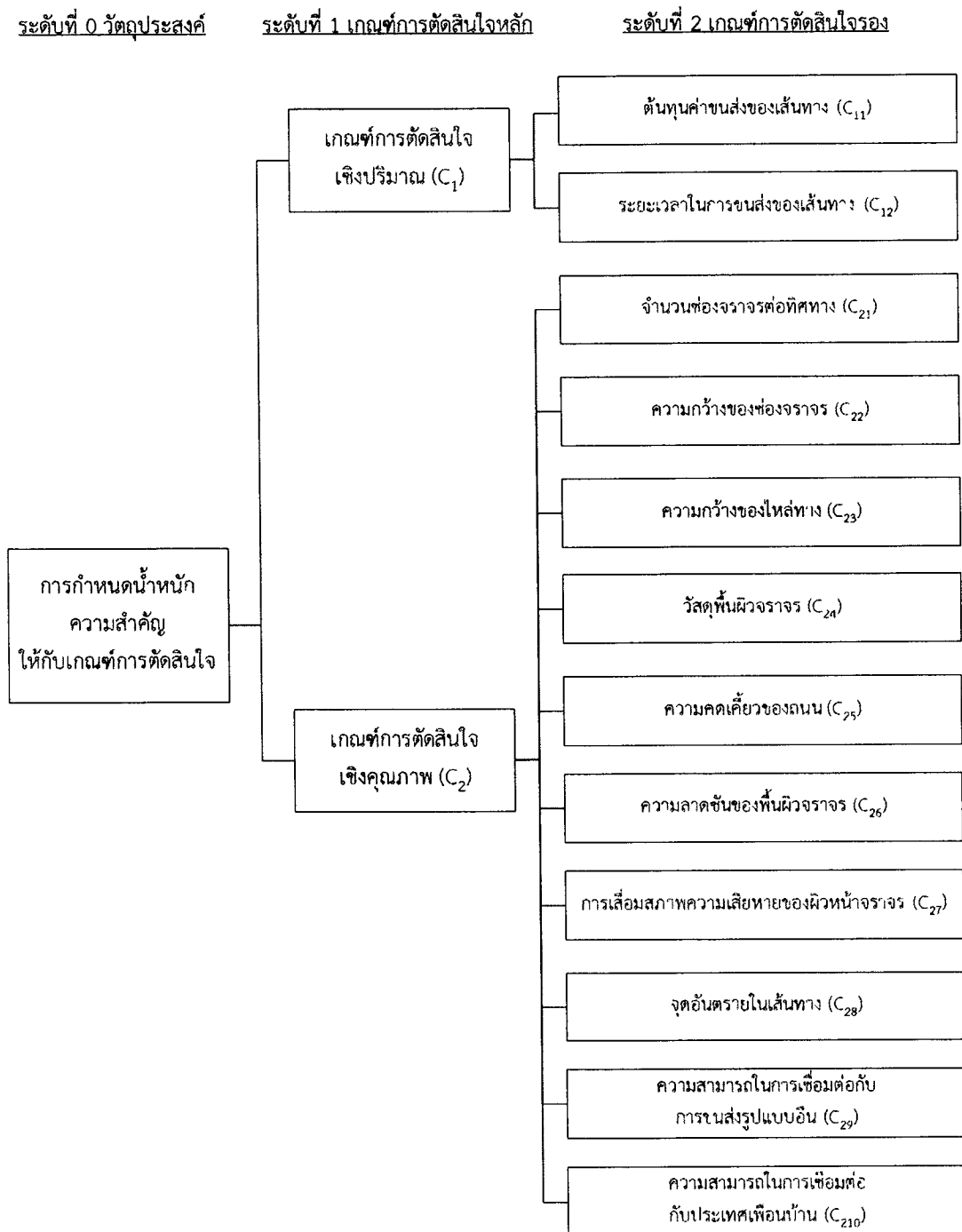
จากตารางที่ 4-5 พบว่าค่าสถิติทดสอบของระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจรายคู่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นผู้วิจัยสรุปได้ว่าระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่รวบรวมได้ด้วยวิธีเดลฟายได้ข้อสรุป หรือฉันทามติจากกลุ่มผู้แสดงความคิดเห็นแล้วสามารถนำไปใช้สำหรับการคำนวณน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจในขั้นตอนต่อไปได้

4.3 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

การคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจดำเนินการด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยใช้ระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่จากขั้นตอนที่ผ่านมา มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 แผนภาพลำดับชั้นของการตัดสินใจ เป็นการจำลองปัญหาการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจให้อยู่ในรูปของแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ของเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละระดับทั้งหมด โดยแผนภาพลำดับชั้นของการตัดสินใจสำหรับปัญหาการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจ ประกอบไปด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 0 เป็นวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมาย

คือ การกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจ ระดับที่ 1 เป็นเกณฑ์การตัดสินใจหลัก และสุดท้ายระดับที่ 2 เป็นเกณฑ์การตัดสินใจรองซึ่งเป็นสมาชิกของแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจหลัก แสดงแผนภาพลำดับชั้นของการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 แผนภาพลำดับชั้นของการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจ

4.3.2 เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ ผู้วิจัยได้นำระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่รวบรวมได้ด้วยวิธีเดลฟายในขั้นตอนที่ 4.2 มาสร้างเมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ซึ่งมีลักษณะเป็นตารางขนาด $n \times n$ เมื่อ n คือ ขนาดของเกณฑ์การตัดสินใจ สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ประกอบไปด้วย 3 เมทริกซ์ ได้แก่ เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ของเกณฑ์การตัดสินใจหลักแสดงดังตารางที่ 4-6 เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณแสดงดังตารางที่ 4-7 และเมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพแสดงดังตารางที่ 4-8 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-6 เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก

	C_1	C_2
C_1	1	2
C_2	1/2	1

จากตารางที่ 4-6 สามารถสรุปได้ว่าเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ (C_1) มีความสำคัญมากกว่าเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ (C_2) เท่ากันถึงปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 2

ตารางที่ 4-7 เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ

	C_{11}	C_{12}
C_{11}	1	1
C_{12}	1	1

จากตารางที่ 4-7 สรุปได้ว่าต้นทุนค่าขนส่งของเส้นทาง (C_{11}) มีความสำคัญเท่ากับระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทาง (C_{12}) มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1

ตารางที่ 4-8 เมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ

	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₂₁₀
C ₂₁	1	2	3	2	1/2	1	1/2	2	5	8
C ₂₂	1/2	1	2	2	1/2	2	3	2	4	3
C ₂₃	1/3	1/2	1	3	1	2	1/2	3	5	6
C ₂₄	1/2	1/2	1/3	1	1/3	1	2	1	4	4
C ₂₅	2	2	1	3	1	3	1/2	2	3	7
C ₂₆	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1	1	3	3
C ₂₇	2	1/3	2	1/2	2	1	1	1	6	6
C ₂₈	1/2	1/2	1/3	1	1/2	1	1	1	5	5
C ₂₉	1/5	1/4	1/5	1/4	1/3	1/3	1/6	1/5	1	1
C ₂₁₀	1/8	1/3	1/6	1/4	1/7	1/3	1/5	1/5	1	1

จากตารางที่ 4-8 สามารถสรุปได้ดังนี้

- จำนวนช่องจราจร (C₂₁) มีความสำคัญมากกว่าความกว้างของช่องจราจร (C₂₂) เท่ากันถึงปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 2
- จำนวนช่องจราจร (C₂₁) มีความสำคัญมากกว่าความกว้างของไหล่ทาง (C₂₃) ปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 3
- จำนวนช่องจราจร (C₂₁) มีความสำคัญมากกว่าวัสดุพื้นผิวจราจร (C₂₄) เท่ากันถึงปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 2
- จำนวนช่องจราจร (C₂₁) มีความสำคัญน้อยกว่าความคดเคี้ยวของถนน (C₂₅) เท่ากันถึงปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1/2
- จำนวนช่องจราจร (C₂₁) มีความสำคัญเท่ากับความลาดชันของพื้นผิวจราจร (C₂₆) มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1
- จำนวนช่องจราจร (C₂₁) มีความสำคัญน้อยกว่าการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (C₂₇) เท่ากันถึงปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1/2
- จำนวนช่องจราจร (C₂₁) มีความสำคัญมากกว่าจุดอันตรายในเส้นทาง (C₂₈) เท่ากันถึงปานกลางมีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 2

- [illegible]

- ความกว้างของไหล่ทาง (C₂₃) มีความสำคัญมากกว่าความลาดชันของพื้นผิวจราจร (C₂₆) เท่ากันถึงปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 2

- ความกว้างของไหล่ทาง (C₂₃) มีความสำคัญน้อยกว่าการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (C₂₇) เท่ากันถึงปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1/2

- ความกว้างของไหล่ทาง (C₂₃) มีความสำคัญมากกว่าจุดอันตรายในเส้นทาง (C₂₈) ปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 3

- ความกว้างของไหล่ทาง (C₂₃) มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น (C₂₉) ค่อนข้างมาก มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 5

- ความกว้างของไหล่ทาง (C₂₃) มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (C₂₁₀) ค่อนข้างมากถึงมากกว่า มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 6

- วัสดุพื้นผิวจราจร (C₂₄) มีความสำคัญน้อยกว่าความคดเคี้ยวของถนน (C₂₅) ปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1/3

- วัสดุพื้นผิวจราจร (C₂₄) มีความสำคัญเท่ากับความลาดชันของพื้นผิวจราจร (C₂₆) มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1

- วัสดุพื้นผิวจราจร (C₂₄) มีความสำคัญมากกว่าการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (C₂₇) เท่ากันถึงปานกลาง มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 2

- วัสดุพื้นผิวจราจร (C₂₄) มีความสำคัญเท่ากับจุดอันตรายในเส้นทาง (C₂₈) มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1

- วัสดุพื้นผิวจราจร (C₂₄) มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น (C₂₉) ปานกลางถึงค่อนข้างมาก มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 4

- วัสดุพื้นผิวจราจร (C₂₄) มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (C₂₁₀) ปานกลางถึงค่อนข้างมาก มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 4

- [illegible]

- การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (C_{27}) มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (C_{210}) ค่อนข้างมากถึงมากกว่า มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 6

- จุดอันตรายในเส้นทาง (C_{28}) มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น (C_{29}) ค่อนข้างมาก มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 5

- จุดอันตรายในเส้นทาง (C_{28}) มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (C_{210}) ค่อนข้างมาก มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 5

- ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น (C_{29}) มีความสำคัญเท่ากับความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (C_{210}) มีระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ 1

4.3.3 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์จากเมทริกซ์การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ มีรายละเอียดดังนี้

4.3.3.1 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก

ก) หาผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจหลักแสดงดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก

	C_1	C_2
C_1	1	2
C_2	1/2	1
รวม	3/2	3

ข) นำระดับในการให้คะแนนความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักหารด้วยผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจหลักแสดงดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 การหารด้วยผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก

	C_1	C_2
C_1	2/3	2/3
C_2	1/3	1/3
รวม	1	1

ค) หาผลรวมในแต่ละแถวของเกณฑ์การตัดสินใจหลักแสดงดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลรวมในแต่ละแถวของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก

	C_1	C_2	รวม
C_1	2/3	2/3	4/3
C_2	1/3	1/3	2/3
รวม	1	1	2

ง) หาน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักคำนวณได้โดยหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแถว หรือผลของแต่ละแถวหารด้วยผลรวมทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลัก

	C_1	C_2	รวม	น้ำหนักความสำคัญ
C_1	2/3	2/3	4/3	0.67
C_2	1/3	1/3	2/3	0.33
รวม	1	1	2	

จากตารางที่ 4-12 สามารถสรุปได้ว่า

- น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณเท่ากับ 0.67
- น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพเท่ากับ 0.33

4.3.3.2 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ

ก) หาผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ แสดงดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ

	C_{11}	C_{12}
C_{11}	1	1
C_{12}	1	1
รวม	2	2

ข) นำระดับในการให้คะแนนความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณหารด้วยผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณแสดงดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 การหารด้วยผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจเรื่องเชิงปริมาณ

	C_{11}	C_{12}
C_{11}	1/2	1/2
C_{12}	1/2	1/2
รวม	1	1

ค) หาผลรวมในแต่ละแถวของเกณฑ์การตัดสินใจเรื่องเชิงปริมาณแสดงดัง
ตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ผลรวมในแต่ละแถวของเกณฑ์การตัดสินใจเรื่องเชิงปริมาณ

	C_{11}	C_{12}	รวม
C_{11}	1/2	1/2	1
C_{12}	1/2	1/2	1
รวม	1	1	2

ง) หาน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเรื่องเชิงปริมาณคำนวณได้โดย
หาค่าเฉลี่ยของแต่ละแถว หรือผลของแต่ละแถวหารด้วยผลรวมทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเรื่องเชิงปริมาณ

	C_{11}	C_{12}	รวม	น้ำหนักความสำคัญ
C_{11}	1/2	1/2	1	0.50
C_{12}	1/2	1/2	1	0.50
รวม	1	1	2	

จากตารางที่ 4-16 สามารถสรุปได้ว่า

- น้ำหนักความสำคัญของต้นทุนค่าขนส่งของเส้นทางเท่ากับ 0.50
- น้ำหนักความสำคัญของระยะเวลาในการขนส่งของเส้นทางเท่ากับ 0.50

4.3.3.3 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเรื่องเชิงคุณภาพ

ก) หาผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจเรื่องเชิงคุณภาพแสดงดัง
ตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 การหารด้วยผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ

	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₂₁₀
C ₂₁	1	2	3	2	1/2	1	1/2	2	5	8
C ₂₂	1/2	1	2	2	1/2	2	3	2	4	3
C ₂₃	1/3	1/2	1	3	1	2	1/2	3	5	6
C ₂₄	1/2	1/2	1/3	1	1/3	1	2	1	4	4
C ₂₅	2	2	1	3	1	3	1/2	2	3	7
C ₂₆	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1	1	3	3
C ₂₇	2	1/3	2	1/2	2	1	1	1	6	6
C ₂₈	1/2	1/2	1/3	1	1/2	1	1	1	5	5
C ₂₉	1/5	1/4	1/5	1/4	1/3	1/3	1/6	1/5	1	1
C ₂₁₀	1/8	1/3	1/6	1/4	1/7	1/3	1/5	1/5	1	1
รวม	8.16	7.92	10.53	14	6.64	12.67	9.87	13.40	37	44

ข) นำระดับในการให้คะแนนความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพหารด้วยผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพแสดงดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 ผลรวมในแต่ละสดมภ์ของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ

	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₂₁₀
C ₂₁	0.12	0.25	0.28	0.14	0.08	0.08	0.05	0.15	0.14	0.18
C ₂₂	0.06	0.13	0.19	0.14	0.08	0.16	0.30	0.15	0.11	0.07
C ₂₃	0.04	0.06	0.09	0.21	0.15	0.16	0.05	0.22	0.14	0.14
C ₂₄	0.06	0.06	0.03	0.07	0.05	0.08	0.20	0.07	0.11	0.09
C ₂₅	0.25	0.25	0.09	0.21	0.15	0.24	0.05	0.15	0.08	0.16
C ₂₆	0.12	0.06	0.05	0.07	0.05	0.08	0.10	0.07	0.08	0.07
C ₂₇	0.25	0.04	0.19	0.04	0.30	0.08	0.10	0.07	0.16	0.14
C ₂₈	0.06	0.06	0.03	0.07	0.08	0.08	0.10	0.07	0.14	0.11
C ₂₉	0.02	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02
C ₂₁₀	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02
รวม	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ค) หาผลรวมในแต่ละแถวของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณแสดงดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 ผลรวมในแต่ละแถวของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ

	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₂₁₀	รวม
C ₂₁	0.12	0.25	0.28	0.14	0.08	0.08	0.05	0.15	0.14	0.18	1.47
C ₂₂	0.06	0.13	0.19	0.14	0.08	0.16	0.30	0.15	0.11	0.07	1.38
C ₂₃	0.04	0.06	0.09	0.21	0.15	0.16	0.05	0.22	0.14	0.14	1.27
C ₂₄	0.06	0.06	0.03	0.07	0.05	0.08	0.20	0.07	0.11	0.09	0.83
C ₂₅	0.25	0.25	0.09	0.21	0.15	0.24	0.05	0.15	0.08	0.16	1.63
C ₂₆	0.12	0.06	0.05	0.07	0.05	0.08	0.10	0.07	0.08	0.07	0.76
C ₂₇	0.25	0.04	0.19	0.04	0.30	0.08	0.10	0.07	0.16	0.14	1.37
C ₂₈	0.06	0.06	0.03	0.07	0.08	0.08	0.10	0.07	0.14	0.11	0.81
C ₂₉	0.02	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.25
C ₂₁₀	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.22
รวม	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

ง)หาน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพคำนวณได้โดย
หาค่าเฉลี่ยของแต่ละแถว หรือผลของแต่ละแถวหารด้วยผลรวมทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ

	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₂₁₀	รวม	น้ำหนัก ความสำคัญ
C ₂₁	0.12	0.25	0.28	0.14	0.08	0.08	0.05	0.15	0.14	0.18	1.47	0.15
C ₂₂	0.06	0.13	0.19	0.14	0.08	0.16	0.30	0.15	0.11	0.07	1.38	0.14
C ₂₃	0.04	0.06	0.09	0.21	0.15	0.16	0.05	0.22	0.14	0.14	1.27	0.13
C ₂₄	0.06	0.06	0.03	0.07	0.05	0.08	0.20	0.07	0.11	0.09	0.83	0.08
C ₂₅	0.25	0.25	0.09	0.21	0.15	0.24	0.05	0.15	0.08	0.16	1.63	0.16
C ₂₆	0.12	0.06	0.05	0.07	0.05	0.08	0.10	0.07	0.08	0.07	0.76	0.08
C ₂₇	0.25	0.04	0.19	0.04	0.30	0.08	0.10	0.07	0.16	0.14	1.37	0.14
C ₂₈	0.06	0.06	0.03	0.07	0.08	0.08	0.10	0.07	0.14	0.11	0.81	0.08
C ₂₉	0.02	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.25	0.03
C ₂₁₀	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.22	0.02
รวม	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	

จากตารางที่ 4-20 สามารถสรุปได้ว่า

- น้ำหนักความสำคัญของจำนวนช่องจราจร (ต่อทิศทาง) เท่ากับ 0.15

- น้ำหนักความสำคัญของความกว้างของช่องจราจรเท่ากับ 0.14
- น้ำหนักความสำคัญของความกว้างของไหล่ทางเท่ากับ 0.13
- น้ำหนักความสำคัญของวัสดุพื้นผิวจราจรเท่ากับ 0.08
- น้ำหนักความสำคัญของความคดเคี้ยวของถนนเท่ากับ 0.16
- น้ำหนักความสำคัญของความลาดชันของพื้นผิวจราจรเท่ากับ 0.08
- น้ำหนักความสำคัญของการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรเท่ากับ 0.14
- น้ำหนักความสำคัญของจุดอันตรายในเส้นทางเท่ากับ 0.08
- น้ำหนักความสำคัญของการสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นเท่ากับ 0.03
- น้ำหนักความสำคัญของการสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งประเทศเพื่อนบ้านเท่ากับ 0.02

4.3.4 การตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบน้ำหนักความสำคัญที่คำนวณได้ว่ามีความเหมาะสม หรือสอดคล้องกัน และมีความน่าเชื่อถือเพียงพอต่อการนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป หรือไม่ โดยพิจารณาจากค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) สำหรับการตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลของเกณฑ์การตัดสินใจหลักและเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณนั้นไม่สามารถตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลได้ เนื่องจากเมื่อพิจารณาสมการเพื่อคำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากค่าดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.I.) หาค่าด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงคู่ (R.I.) ดังสมการที่ 2-2 โดยเมื่อพิจารณาตารางที่ 2-12 แล้วพบว่าเมื่อขนาดเมทริกซ์ลดลงเหลือขนาด 1×1 และขนาด 2×2 แล้วค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงคู่มีค่าเท่ากับ 0.00 ทำให้ไม่สามารถหาค่าได้ ดังนั้นการตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลดำเนินการเพียงแค่เกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพเท่านั้น มีรายละเอียดดังนี้

4.3.4.1 คำนวณค่าเวกเตอร์ความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Vector) ของเกณฑ์การตัดสินใจที่ n โดยหาผลรวมซึ่งคำนวณได้จากผลคูณระหว่างน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจที่ n กับระดับในการให้คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจในสแตมที่ n ในแต่ละแถวตามเมทริกซ์การเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพเป็นรายคู่ มีรายละเอียดดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{- Consistency Vector ของ } C_{21} &= (1 \times 0.15) + (2 \times 0.14) + (3 \times 0.13) + (2 \times 0.08) \\
 &\quad + (1/2 \times 0.16) + (1 \times 0.08) + (1/2 \times 0.14) + \\
 &\quad (2 \times 0.08) + (5 \times 0.03) + (8 \times 0.02) \\
 &= 1.68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Consistency Vector ของ } C_{22} &= (1/2 \times 0.15) + (1 \times 0.14) + (2 \times 0.13) + \\
 &\quad (2 \times 0.08) + (1/2 \times 0.16) + (2 \times 0.08) + \\
 &\quad (3 \times 0.14) + (2 \times 0.08) + (4 \times 0.03) + (3 \times 0.02) \\
 &= 1.64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Consistency Vector ของ } C_{23} &= (1/3 \times 0.15) + (1/2 \times 0.14) + (1 \times 0.13) + \\
 &\quad (3 \times 0.08) + (1 \times 0.16) + (2 \times 0.08) + \\
 &\quad (1/2 \times 0.14) + (3 \times 0.08) + (5 \times 0.03) + \\
 &\quad (6 \times 0.02) \\
 &= 1.39
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Consistency Vector ของ } C_{24} &= (1/2 \times 0.15) + (1/2 \times 0.14) + (1/3 \times 0.13) + (1 \times \\
 &\quad 0.08) + (1/3 \times 0.16) + (1 \times 0.08) + (2 \times 0.14) + \\
 &\quad (1 \times 0.08) + (4 \times 0.03) + (4 \times 0.02) \\
 &= 0.96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Consistency Vector ของ } C_{25} &= (2 \times 0.15) + (2 \times 0.14) + (1 \times 0.13) + (3 \times 0.08) \\
 &\quad + (1 \times 0.16) + (3 \times 0.08) + (1/2 \times 0.14) + \\
 &\quad (2 \times 0.08) + (3 \times 0.03) + (7 \times 0.02) \\
 &= 1.81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Consistency Vector ของ } C_{26} &= (1 \times 0.15) + (1/2 \times 0.14) + (1/2 \times 0.13) + \\
 &\quad (1 \times 0.08) + (1/3 \times 0.16) + (1 \times 0.08) + \\
 &\quad (1 \times 0.14) + (1 \times 0.08) + (3 \times 0.03) + (3 \times 0.02) \\
 &= 0.87
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Consistency Vector ของ } C_{27} &= (2 \times 0.15) + (1/3 \times 0.14) + (2 \times 0.13) + \\
 &\quad (1/2 \times 0.08) + (2 \times 0.16) + (1 \times 0.08) + \\
 &\quad (1 \times 0.14) + (1 \times 0.08) + (6 \times 0.03) + \\
 &\quad (6 \times 0.02) \\
 &= 1.57
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Consistency Vector ของ } C_{28} &= (1/2 \times 0.15) + (1/2 \times 0.14) + (1/3 \times 0.13) + \\
 &\quad (1 \times 0.08) + (1/2 \times 0.16) + (1 \times 0.08) + \\
 &\quad (1 \times 0.14) + (1 \times 0.08) + (5 \times 0.03) + (5 \times 0.02) \\
 &= 0.89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Consistency Vector ของ } C_{29} &= (1/5 \times 0.15) + (1/4 \times 0.14) + (1/5 \times 0.13) + \\
 &\quad (1/4 \times 0.08) + (1/3 \times 0.16) + (1/3 \times 0.08) + \\
 &\quad (1/6 \times 0.14) + (1/5 \times 0.08) + (1 \times 0.03) + \\
 &\quad (1 \times 0.02) \\
 &= 0.28
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Consistency Vector ของ } C_{210} &= (1/8 \times 0.15) + (1/3 \times 0.14) + (1/6 \times 0.13) + \\
 &\quad (1/4 \times 0.08) + (1/7 \times 0.16) + (1/3 \times 0.08) + \\
 &\quad (1/5 \times 0.14) + (1/5 \times 0.08) + (1 \times 0.03) + \\
 &\quad (1 \times 0.02) \\
 &= 0.25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้นสามารถคำนวณค่า } \lambda_{\text{Max}} &= 1.68 + 1.64 + 1.39 + 0.96 + 1.81 + 0.87 + \\
 &\quad 1.57 + 0.89 + 0.28 + 0.25 \\
 &= 11.34
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าดัชนีความสอดคล้องของเหตุผล (C.I.)} &= \frac{11.34 - 10}{10 - 1} \\
 &= 0.149
 \end{aligned}$$

สุดท้ายคำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล ด้วยการนำค่าดัชนีความสอดคล้องของเหตุผล (C.I.) ทหารด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (R.I.) โดยเมื่อพิจารณาขนาดเมทริกซ์แล้วจะพบว่าค่า R.I. ในกรณีมีค่าเท่ากับ 1.49 มีรายละเอียดดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.)} &= \frac{0.149}{1.49} \\
 &= 0.10
 \end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) จากน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพแล้วพบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดคือค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลกรณีขนาดเมทริกซ์ของการเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินใจ 10×10 มีค่าไม่เกิน 0.10 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพมีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไปได้

4.3.5 น้ำหนักความสำคัญรวม เป็นการทำให้ผลรวมน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1 โดยนำน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักคูณกับน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองที่เป็นสมาชิกของเกณฑ์การตัดสินใจหลักนั้น น้ำหนักความสำคัญรวมของเกณฑ์การตัดสินใจรองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4-21

ตารางที่ 4-21 น้ำหนักความสำคัญรวมของเกณฑ์การตัดสินใจรองทั้งหมด

เกณฑ์การตัดสินใจหลัก	น้ำหนักความสำคัญ	เกณฑ์การตัดสินใจรอง	น้ำหนักความสำคัญ	รวม
เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ	$C_1 = 0.67$	ต้นทุนค่าขนส่ง	$C_{11} = 0.50$	0.33
		ระยะเวลาการขนส่ง	$C_{12} = 0.50$	0.33
เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ	$C_2 = 0.33$	จำนวนช่องจราจร	$C_{21} = 0.15$	0.05
		ความกว้างของช่องจราจร	$C_{22} = 0.14$	0.05
		ความกว้างของไหล่ทาง	$C_{23} = 0.13$	0.04
		วัสดุพื้นผิวจราจร	$C_{24} = 0.08$	0.03
		ความคดเคี้ยวของถนน	$C_{25} = 0.16$	0.05
		ความลาดชันของพื้นผิวจราจร	$C_{26} = 0.08$	0.03
		การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร	$C_{27} = 0.14$	0.05
		จุดอันตรายในเส้นทาง	$C_{28} = 0.08$	0.03
		ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น	$C_{29} = 0.03$	0.01
		ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งเพื่อนบ้าน	$C_{210} = 0.02$	0.01

จากตารางที่ 4-21 สามารถสรุปได้ว่า

- น้ำหนักความสำคัญรวมของต้นทุนค่าขนส่งเท่ากับ 0.33

- น้ำหนักความสำคัญรวมของระยะเวลาในการขนส่งเท่ากับ 0.33
- น้ำหนักความสำคัญรวมของจำนวนช่องจราจร (ต่อทิศทาง) เท่ากับ 0.05
- น้ำหนักความสำคัญรวมของความกว้างของช่องจราจรเท่ากับ 0.05
- น้ำหนักความสำคัญรวมของความกว้างของไหล่ทางเท่ากับ 0.04
- น้ำหนักความสำคัญรวมของวัสดุพื้นผิวจราจรเท่ากับ 0.03
- น้ำหนักความสำคัญรวมของความคดเคี้ยวของถนนเท่ากับ 0.05
- น้ำหนักความสำคัญรวมของความลาดชันของพื้นผิวจราจรเท่ากับ 0.03
- น้ำหนักความสำคัญรวมของการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรเท่ากับ 0.05
- น้ำหนักความสำคัญรวมของจุดอันตรายในเส้นทางเท่ากับ 0.03
- น้ำหนักความสำคัญรวมของความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นเท่ากับ 0.01
- น้ำหนักความสำคัญรวมของความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านเท่ากับ 0.01

4.4 เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด

ขั้นตอนนี้เป็นการพิจารณาเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนทุกเส้นทางที่รวบรวมได้ในขั้นตอนที่ 4.1 และน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 4.3 มาพิจารณาร่วมกัน มีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 เมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐาน ก่อนการสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐาน ต้องทำเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดให้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นผลประโยชน์และทำให้เป็นระนาบเดียวกันกับระดับศักยภาพโดยใช้วิธีการประมาณในช่วงเชิงเส้น ดังนั้นต้องปรับเกณฑ์การตัดสินใจต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่ง กำหนดให้เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่มีต้นทุนค่าขนส่งต่ำสุดมีระดับศักยภาพเท่ากับ 5 เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่มีต้นทุนค่าขนส่งสูงสุดมีระดับศักยภาพเท่ากับ 1 ส่วนเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนอื่นที่มีต้นทุนอยู่ระหว่างค่าขนส่งสูงสุดและต่ำสุดคำนวณได้จากการประมาณในช่วงเชิงเส้น ในทำนองเดียวกันเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่มีระยะเวลาการขนส่งต่ำสุดมีระดับศักยภาพเท่ากับ 5 ส่วนเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่มีระยะเวลาการขนส่งสูงสุดมีระดับศักยภาพเท่ากับ 1 ส่วนเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนอื่นที่มีระยะเวลาการขนส่งอยู่ระหว่างระยะเวลาการขนส่งสูงสุดและต่ำสุดคำนวณได้จากการประมาณในช่วงเชิงเส้น ผลการปรับเกณฑ์การตัดสินใจต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งแสดงดังตาราง 4-22 ทั้งนี้เพื่อความสะดวกผู้วิจัยได้กำหนดให้สัญลักษณ์ให้กับเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนดังนี้

- R_1 = เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร
- R_2 = เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานคร
- R_3 = เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์

- R_4 = เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3
- R_5 = เส้นทางถนนหมายเลข 3242
- R_6 = เส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3

ตารางที่ 4-22 การปรับเกณฑ์การตัดสินใจต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่ง

เกณฑ์การตัดสินใจ	เส้นทางการขนส่งสินค้า					
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
ต้นทุนค่าขนส่ง (หน่วย : ระดับ)	1.0000	2.7241	5.0000	1.9655	3.6897	1.0690
ระยะเวลาในการขนส่ง (หน่วย : ระดับ)	4.6667	5.0000	2.0000	3.3333	1.0000	2.6667

จากนั้นทำการสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานแสดงดังตาราง 4-23

ตารางที่ 4-23 เมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐาน

เกณฑ์การตัดสินใจ	เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน					
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
C_{11}	0.1386	0.3776	0.6931	0.2725	0.5115	0.1482
C_{12}	0.5578	0.5976	0.239	0.3984	0.1195	0.3187
C_{21}	0.4017	0.4452	0.4302	0.403	0.3921	0.3731
C_{22}	0.4012	0.371	0.4628	0.4484	0.3461	0.4078
C_{23}	0.4592	0.3906	0.4379	0.4142	0.3527	0.3858
C_{24}	0.4256	0.3998	0.4099	0.3975	0.3717	0.4413
C_{25}	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082
C_{26}	0.3728	0.3871	0.3657	0.4317	0.487	0.3924
C_{27}	0.504	0.504	0.378	0.378	0.252	0.378
C_{28}	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082
C_{29}	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082
C_{210}	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082	0.4082

4.4.2 ค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนัก ผู้วิจัยได้นำเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานของเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละเส้นทางการขนส่งสินค้าคูณกับน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ ค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักแสดงดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 ค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนัก

เกณฑ์การ ตัดสินใจ	เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน					
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
C ₁₁	0.0471	0.1284	0.2357	0.0926	0.1739	0.0504
C ₁₂	0.1896	0.2032	0.0813	0.1355	0.0406	0.1084
C ₂₁	0.0201	0.0223	0.0215	0.0202	0.0196	0.0187
C ₂₂	0.0201	0.0186	0.0231	0.0224	0.0173	0.0204
C ₂₃	0.0184	0.0156	0.0175	0.0166	0.0141	0.0154
C ₂₄	0.0128	0.012	0.0123	0.0119	0.0112	0.0132
C ₂₅	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
C ₂₆	0.0112	0.0116	0.011	0.013	0.0146	0.0118
C ₂₇	0.0252	0.0252	0.0189	0.0189	0.0126	0.0189
C ₂₈	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122
C ₂₉	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041
C ₂₁₀	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041

4.4.3 ค่าอุดมคติเชิงบวกและอุดมคติเชิงลบ ในขั้นตอนนี้เป็นค่าอุดมคติเชิงบวก (A⁺) พิจารณาได้จากค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักที่มากสุดในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจและอุดมคติเชิงลบ (A⁻) พิจารณาได้จากค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักที่น้อยสุดในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ ค่าอุดมคติเชิงบวกและอุดมคติเชิงลบแสดงดังตารางที่ 4-25

ตารางที่ 4-25 ค่าอุดมคติเชิงบวกและอุดมคติเชิงลบ

เกณฑ์การตัดสินใจ	A ⁺	A ⁻
C ₁₁	0.2357	0.0471
C ₁₂	0.2032	0.0406
C ₂₁	0.0223	0.0187
C ₂₂	0.0231	0.0173
C ₂₃	0.0184	0.0141
C ₂₄	0.0132	0.0112
C ₂₅	0.0204	0.0204
C ₂₆	0.0146	0.0110
C ₂₇	0.0252	0.0126
C ₂₈	0.0122	0.0122
C ₂₉	0.0041	0.0041
C ₂₁₀	0.0041	0.0041

4.4.4 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงแยกแยะ เป็นการคำนวณหาระยะห่างจากแนวคิดเชิงบวก (d_i^+) และระยะห่างจากแนวคิดเชิงลบ (d_i^-) ระยะห่างจากแนวคิดเชิงบวกและแนวคิดเชิงลบแสดงดังตารางที่ 4-26 และตารางที่ 4-27 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-26 ระยะห่างจากแนวคิดเชิงบวก

เกณฑ์การ ตัดสินใจ	เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน					
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
C_{11}	0.0355	0.0115	0.0000	0.0205	0.0038	0.0343
C_{12}	0.0002	0.0000	0.0149	0.0046	0.0264	0.0090
C_{21}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{22}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{23}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{24}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{25}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{26}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{27}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
C_{28}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{29}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{210}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
d_i^+	0.1891	0.1074	0.1221	0.1584	0.1745	0.2083

ตารางที่ 4-27 ระยะห่างจากแนวคิดเชิงลบ

เกณฑ์การ ตัดสินใจ	เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน					
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
C_{11}	0.0000	0.0066	0.0355	0.0021	0.0161	0.0000
C_{12}	0.0222	0.0264	0.0017	0.0090	0.0000	0.0046
C_{21}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{22}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{23}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{24}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{25}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{26}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{27}	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C_{28}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ตารางที่ 4-27 (ต่อ)

เกณฑ์การ ตัดสินใจ	เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน					
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
C ₂₉	0 0000	0.0000	0.0000	0.0000	0 0000	0 0000
C ₂₁₀	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0 0000	0.0000
d ₁ ⁻	0.1496	0.1822	0.1931	0.1055	0.1268	0 0682

4.4.5 ความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา (C_i) เมื่อ i คือ เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ i เป็นการคำนวณหาระยะห่างระหว่างเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนจากแนวคิดเชิงบวกและแนวคิดเชิงลบ เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา โดยค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาใช้ในการจัดลำดับเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด จากระยะใกล้ที่สุดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เป็นแนวคิดเชิงบวกและระยะใกล้ที่สุดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เป็นแนวคิดเชิงลบ หรือเลือกค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาที่มากที่สุด ผลการคำนวณค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาแสดงดังตารางที่ 4-28

ตารางที่ 4-28 ผลการคำนวณค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา

ความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา (C _i)	เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน					
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
C _{R_i}	0 4418	0.6291	0.6126	0 3999	0.4209	0 2467

4.4 6 เส้นทางการขนส่งสินค้าที่ดีที่สุด เป็นขั้นตอนในการพิจารณาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด ด้วยการพิจารณาค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาที่มากที่สุดไปยังค่าต่ำสุด เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุดดังตารางที่ 4-29

ตารางที่ 4-29 เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด

เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน	ความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา	ลำดับ
R ₂	0.6291	1
R ₃	0 6126	2
R ₁	0 4418	3
R ₅	0 4209	4
R ₄	0 3999	5
R ₆	0.2467	6

จากตารางที่ 4-29 สามารถสรุปได้ดังนี้

- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R₂ หรือเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานครมีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 1 เท่ากับ 0.6291 ดังนั้นเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานครจึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการขนส่งสินค้าทางถนนของบริษัทการศึกษาในกรณีนี้
- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R₃ หรือเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์มีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 2 เท่ากับ 0.6126 ดังนั้นเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 2 ของบริษัทการศึกษาในกรณีนี้
- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R₁ หรือเส้นทางพิเศษเฉลิมมหานครมีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 3 เท่ากับ 0.4418 ดังนั้นเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 3 ของบริษัทการศึกษาในกรณีนี้
- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R₅ หรือเส้นทางถนนหมายเลข 3242 มีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 4 เท่ากับ 0.4209 ดังนั้นเส้นทางถนนหมายเลข 3242 จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 4 ของบริษัทการศึกษาในกรณีนี้
- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R₄ หรือเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 มีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 5 เท่ากับ 0.3999 ดังนั้นเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 5 ของบริษัทการศึกษาในกรณีนี้
- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R₆ หรือเส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3 มีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 6 เท่ากับ 0.2467 ดังนั้นเส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3 จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับสุดท้ายของบริษัทการศึกษาในกรณีนี้

จากตารางที่ 4-29 สามารถสรุปได้ดังนี้

- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R_2 หรือเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานครมีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 1 เท่ากับ 0.6291 ดังนั้นเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานครจึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการขนส่งสินค้าทางถนนของบริษัทกรณีศึกษาในกรณีนี้

- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R_3 หรือเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์มีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 2 เท่ากับ 0.6126 ดังนั้นเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 2 ของบริษัทกรณีศึกษาในกรณีนี้

- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R_1 หรือเส้นทางพิเศษเฉลิมมหานครมีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 3 เท่ากับ 0.4418 ดังนั้นเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 3 ของบริษัทกรณีศึกษาในกรณีนี้

- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R_5 หรือเส้นทางถนนหมายเลข 3242 มีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 4 เท่ากับ 0.4209 ดังนั้นเส้นทางถนนหมายเลข 3242 จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 4 ของบริษัทกรณีศึกษาในกรณีนี้

- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R_4 หรือเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 มีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 5 เท่ากับ 0.3999 ดังนั้นเส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 5 ของบริษัทกรณีศึกษาในกรณีนี้

- เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน R_6 หรือเส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3 มีค่าความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาลำดับที่ 6 เท่ากับ 0.2467 ดังนั้นเส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3 จึงเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดเป็นลำดับสุดท้ายของบริษัทกรณีศึกษาในกรณีนี้

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติเป็นวิธีที่ช่วยในการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์โดยเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุดจากระยะไกลที่สุดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เป็นแนวคิดเชิงบวกและระยะไกลที่สุดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เป็นแนวคิดเชิงลบ เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการ หรือผู้บริการด้านการขนส่งสินค้าทางถนนใช้เป็นแนวทาง รวมถึงการพัฒนาและสร้างสรรค์งานวิจัยได้

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ โดยการประเมินศักยภาพถือได้ว่าเป็นการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนแบบเชิงรุก เนื่องจากไม่ต้องใช้ข้อมูลสถิติย้อนหลังมาพิจารณา ข้อมูลสถิติย้อนหลังเหล่านี้เป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงและเกี่ยวข้องกับการอุบัติเหตุทั้งสิ้น แต่ในความเป็นจริงลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการขนส่งสินค้าแม้จะไม่มีข้อมูลสถิติย้อนหลัง หรืออุบัติเหตุก็ตาม ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวการพิจารณาเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการประเมินศักยภาพจึงเป็นการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนแบบเชิงรุก จากผลการดำเนินงานวิจัยในบทที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1. เกณฑ์การตัดสินใจที่นำมาพิจารณา การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางอาจประกอบไปด้วยเกณฑ์การตัดสินใจและทางเลือกหลายเส้นทางที่แตกต่างกัน การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เกณฑ์การตัดสินใจในการพิจารณาเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุดโดยแบ่งเป็นเกณฑ์การตัดสินใจหลักและเกณฑ์การตัดสินใจรอง มีรายละเอียดดังนี้

5.1.1.1 เกณฑ์การตัดสินใจหลัก ประกอบไปด้วย เกณฑ์การการตัดสินใจเชิงปริมาณเป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่สามารถบอกได้ว่ามาก หรือน้อยกว่ากันเท่าไร และเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพเป็นลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน

5.1 1.2 เกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณ เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นสมาชิกของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งของเส้นทาง

5.1.1.3 เกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นสมาชิกของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ เกณฑ์การตัดสินใจลักษณะนี้เป็นลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ได้แก่ จำนวนช่องจราจร (ต่อทิศทาง) ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุพื้นผิวจราจร ความคดเคี้ยวของถนน ความลาดชันของพื้นผิวจราจร การเสื่อมสภาพ ความเสียหายของผิวหน้าจราจร จุดอันตรายในเส้นทาง ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น และความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน

5.1.2 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ ด้วยลักษณะของการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ที่ประกอบไปด้วยเกณฑ์การตัดสินใจและทางเลือกเป็นจำนวนมาก ผู้ตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนอาจให้ความสำคัญกับเกณฑ์การตัดสินใจที่แตกต่างกัน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้กำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าเพื่อคำนวณน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมด ดำเนินการตามกระบวนการของวิธีเดลฟายจำนวน 3 รอบ ผลจากการการเก็บรวบรวมข้อมูลในรอบสุดท้ายนั้นเป็นฉันทามติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าซึ่งถูกนำมาคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ โดยน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจได้ถูกนำไปคำนวณน้ำหนักความสำคัญรวมก่อนนำไปพิจารณาร่วมกับวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ แสดงน้ำหนักความสำคัญรวมของเกณฑ์การตัดสินใจดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 น้ำหนักความสำคัญรวมของเกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจ	น้ำหนักความสำคัญรวม
ต้นทุนค่าขนส่ง (C_{11})	0.33
ระยะเวลาการขนส่ง (C_{12})	0.33
จำนวนช่องจราจร (C_{21})	0.05
ความกว้างของช่องจราจร (C_{22})	0.05
ความกว้างของไหล่ทาง (C_{23})	0.04
วัสดุพื้นผิวจราจร (C_{24})	0.03
ความคดเคี้ยวของถนน (C_{25})	0.05
ความลาดชันของพื้นผิวจราจร (C_{26})	0.03
การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (C_{27})	0.05
จุดอันตรายในเส้นทาง (C_{28})	0.03
ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น (C_{29})	0.01
ความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (C_{210})	0.01

เกณฑ์การตัดสินใจที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่ง (C_{11}) และระยะเวลาการขนส่งสินค้า (C_{12}) มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.33 เกณฑ์การตัดสินใจที่มีน้ำหนักความสำคัญรองลงมาเป็นลำดับที่ 2 ได้แก่ จำนวนช่องจราจร (C_{21}) ความกว้างของช่องจราจร (C_{22}) ความคดเคี้ยวของถนน (C_{25}) และการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (C_{27}) มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.05 เกณฑ์การตัดสินใจที่มีน้ำหนักความสำคัญรองลงมาเป็นลำดับที่ 3 ได้แก่ ความกว้างของไหล่ทาง (C_{23}) มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.04 เกณฑ์การตัดสินใจที่มีน้ำหนักความสำคัญรองลงมาเป็นลำดับที่ 4 ได้แก่ วัสดุพื้นผิวจราจร (C_{24}) ความลาดชันของพื้นผิวจราจร (C_{26}) และจุดอันตรายในเส้นทาง (C_{28}) มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.03 และสุดท้ายเกณฑ์การตัดสินใจที่มีน้ำหนักความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น ณ จุดต้นทางและจุดปลายทาง (C_{29}) และความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน ณ จุดต้นทางและจุดปลายทาง (C_{210}) มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.01 ทั้งนี้การกำหนดความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจนั้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ หรือผู้แสดงความเห็นแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกัน

5.1.3 เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่นำเสนอกับบริษัทกรณีศึกษา เพื่อเป็นการยืนยันว่าวิธีการที่นำเสนอดังกล่าวนี้น่าสนใจสามารถไปใช้งานได้จริง โดยบริษัทกรณีศึกษาประสบปัญหาในการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าจากจุดต้นทางที่ตั้งของบริษัทไปยังจุดปลายทางท่าเรือกรุงเทพ พนักงานขนส่งแต่ละรายจะเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าจากความรู้สึกและประสบการณ์ ทำให้ในบางกรณีการขนส่งสินค้าเกิดความล่าช้าและมีต้นทุนค่าขนส่งที่สูงขึ้น ผู้วิจัยได้ประยุกต์วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติสำหรับการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนของบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 6 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ 1 เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร เส้นทางที่ 2 เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานคร เส้นทางที่ 3 เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์ เส้นทางที่ 4 เส้นทางกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 เส้นทางที่ 5 เส้นทางถนนหมายเลข 3242 และสุดท้ายเส้นทางที่ 6 เส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3 สรุปผลการจัดลำดับเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 สรุปผลการจัดลำดับเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม

เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน	ความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา	ลำดับ
เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร (R_1)	0 4418	3
เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานคร (R_2)	0 6291	1
เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์ (R_3)	0 6126	2

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)

เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน	ความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา	ลำดับ
เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 (R_4)	0.3999	5
เส้นทางถนนหมายเลข 3242 (R_5)	0.4209	4
เส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3 (R_6)	0.2467	6

เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมมากที่สุด หรือเป็นทางเลือกลำดับที่ 1 คือ เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และทางพิเศษเฉลิมมหานคร (R_2) มีความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาเท่ากับ 0.6291 เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์ (R_3) เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมเป็นลำดับที่ 2 มีความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาเท่ากับ 0.6126 เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร (R_1) เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมเป็นลำดับที่ 3 มีความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาเท่ากับ 0.4418 เส้นทางถนนหมายเลข 3242 (R_5) เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมเป็นลำดับที่ 4 มีความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาเท่ากับ 0.4209 เส้นทางถนนกัลปพฤกษ์และถนนพระรามที่ 3 (R_4) เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมเป็นลำดับที่ 5 มีความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาเท่ากับ 0.3999 และสุดท้ายเส้นทางถนนหมายเลข 35 และถนนพระรามที่ 3 (R_6) เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมลำดับสุดท้าย มีความสัมพันธ์เชิงเข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาเท่ากับ 0.2467 ตามลำดับ

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติที่นำศักยภาพจากลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนมาพิจารณา เป็นวิธีที่อาศัยหลักการเลือกทางเลือกจากระยะใกล้ในทางเลือกเชิงบวกและระยะไกลสุดของแนวคิดเชิงลบ มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณได้ดี สามารถพิจารณาทางเลือกได้ไม่จำกัดต่างจากการพิจารณาทางเลือกด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ที่มีข้อจำกัดของจำนวนเกณฑ์การตัดสินใจ ดังนั้นวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่น่าเสนอนี้จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ประกอบการ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าต่อไป

5.2 การอภิปรายผล

5.2.1 เกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนสอดคล้องกับเกณฑ์การตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าจากงานวิจัยของวรพจน์ มีถม (2553) งานวิจัยของ Chang (2008) งานวิจัยของ Kengpol, Meethom and Tuominen (2012) งานวิจัยของ Kengpol and Tuammee (2016) และงานวิจัยของนิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ (2560ก) ที่ได้

พิจารณาต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทาง นอกจากนี้เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพยังสอดคล้องกับเกณฑ์การตัดสินใจเลือกเส้นทางจากงานวิจัยของวรพจน์ มีถม (2556) และงานวิจัยของนิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ (2560ข) แต่เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีการปรับปรุงรายละเอียดของระดับศักยภาพเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงของเส้นทางการขนส่งสินค้าและความสะดวกในการประเมินศักยภาพในเส้นทางมากขึ้น ดังนั้นเกณฑ์การตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีความเหมาะสม มีความเป็นมาตรฐาน ผู้ประเมินเส้นทางหลายรายสามารถนำไปเกณฑ์การตัดสินใจฯ ชำต้นไปใช้งานแล้วต้องได้ผลลัพธ์เท่ากัน

5.2.2 การกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจที่ใช้ในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sattayaprasert, et al. (2008) งานวิจัยของ Yuan, et al. (2014) และงานวิจัยของ Arunyanart, Ohmori and Yoshimoto (2016) ที่กำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์กับเทคนิคการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์อื่น ๆ ในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม เนื่องจากในสภาพความจริงผู้ตัดสินใจจะให้ความสำคัญกับเกณฑ์การตัดสินใจที่แตกต่างกันในแต่ละครั้ง เป็นผลทำให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนอาจแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามผู้ตัดสินใจสามารถตรวจสอบผลการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจฯ ได้จากค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจฯ ที่ต้องมีค่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งน้ำหนักความสำคัญส่งผลกระทบต่อคำตอบที่เหมาะสมของการแก้ปัญหาอีกด้วย

5.2.3 การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุดด้วยเทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ (2560ก) ที่ประยุกต์ใช้เทคนิคในข้างต้นเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ดีที่สุด นอกจากนี้การใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคดียังสอดคล้องกับการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ในปัญหาด้านอื่น ๆ ได้แก่ งานวิจัยของ Kengpol, Rontlaong and Tuominen (2013) ที่แก้ปัญหาด้านการเลือกทำเลที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยของ Kumar and Singh (2012) ที่แก้ปัญหาด้านการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ งานวิจัยของ Gumus (2009) ที่แก้ปัญหาการประเมินบริษัทผู้ขนส่งสินค้าอันตราย ดังนั้นเทคนิคการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ จึงเป็นเทคนิคที่มีความเหมาะสมในการแก้ปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีลักษณะเป็นการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด โดยมีการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ได้แก่ จำนวนช่องจราจร (ต่อทิศทาง) ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุพื้นผิวจราจร ความคดเคี้ยวของถนน ความลาดชันของพื้นผิวจราจร การเสื่อมสภาพ ความเสียหายของผิวหน้าจราจร จุดอันตรายในเส้นทาง ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่น และความสามารถในการเชื่อมต่อกับต่างประเทศ เพื่อความสะดวกควรมีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพ เช่น เครื่องมือสำหรับวัดความลาดชันของเส้นทาง เป็นต้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติที่นำศักยภาพจากลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนมาพิจารณาเป็นเพียงแนวทางในการให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการพิจารณาเท่านั้น ในบางกรณีอาจมีเกณฑ์การตัดสินใจอื่น ๆ นอกเหนือจากที่สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ดังนั้นการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจนำเกณฑ์การตัดสินใจอื่นมาพิจารณา เช่น การก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ (Air Pollution) ปริมาณการจราจรในเส้นทาง (Traffic Volume) เครื่องหมายการจราจรบนพื้นทาง (Traffic Signs) ความสามารถในการรับน้ำหนักของสะพาน (Bridge Capacity) ระยะลอดในแนวตั้งของช่องลอดถนน หรืออุโมงค์ (Vertical Clearance of Underpass or Tunnel) ฯลฯ

5.3.2 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติในการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ โดยยังมีวิธีการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์อื่นอีก ดังนั้นการศึกษาวิจัยในอนาคตผู้วิจัยอาจนำวิธีการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์อื่นมาแก้ปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม เช่น การโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง (Zero One Goal Programming) การวิเคราะห์เชิงโอบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis : DEA) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเกรย์ (Grey Relational Analysis)

5.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจและการพิจารณาเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ดีที่สุด อาจเกิดความคลุมเครือและความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นมาจากความเอนเอียงของการตัดสินใจ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจนำแนวคิดของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เข้ามาช่วยในการตัดสินใจ ดังนั้นการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจพัฒนาระบบการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP) พัฒนาเป็นกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (Fuzzy Analytic

Hierarchy Process : FAHP) และวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) พัฒนาเป็นวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติแบบฟัซซี่ (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution : FTOPSIS)



บรรณานุกรม

- กรมทางหลวง. 2549ก. คู่มือการเฝ้าระวังและแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวง. ค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561. จาก <http://bhs.doh.go.th/en/download/manual>
- กรมทางหลวง. 2549ข. เรื่องมาตรฐานและลักษณะของทางหลวงและงานทาง รวมทั้งกำหนดเขตทางหลวง ที่จอดรถ ระยะแนวต้นไม้ และเสาพาดสายเกี่ยวกับทางหลวงชนบท. ค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561. จาก <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2549/00185805.PDF>
- กรมทางหลวง. 2550. เรื่องมาตรฐานและลักษณะของทางหลวง รวมทั้งกำหนดเขตทางหลวง ที่จอดรถ ระยะแนวต้นไม้ และเสาพาดสายเกี่ยวกับทางหลวงท้องถิ่น. ค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561. จาก <http://www.localroaddev.drr.go.th/sites/localroaddev.drr.go.th/files/30-11-59-1.pdf2549/00185805.PDF>
- กรมทางหลวงชนบท. 2555. คู่มือบำรุงปกติ. ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2561. จาก http://www.hard-songkwae.go.th/2013/documents/งานโยธา/คู่มือทางหลวง_onweb.pdf
- กระทรวงคมนาคม. 2557. รายงานผลการศึกษาระดับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการขนส่งสินค้าทางถนนรองรับการเปิดเสรีประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. ค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2561. จาก <http://www.119.59.103.60/~transport/wpcontent/.../10/รายงานผลการศึกษาระดับสมบูรณ์56.pdf>
- กฤษฎา เจ็ดวรรณะ และศุภชัย หอวิมานพร. 2554. ลักษณะการชนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุของรถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่ระหว่างจังหวัดประเภทรุนแรง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- ชนิษฐา วิทยาอนุมาศ. 2530. การวิจัยแบบเดลฟาย: เทคนิคและปัญหาที่พบในการวิจัย. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์.
- คำนาย อภิปรัชญาสกุล. 2548. การจัดการขนส่งและการกระจายสินค้าเชิงกลยุทธ์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- จักรกฤษณ์ ดวงพิศตรา. 2543. หลักการขนส่ง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณรงค์ กุหลาบ. 2556. วิศวกรรมการทาง. ปทุมธานี: วรณกวี.
- ชัยลิขิต สร้อยเพชรเกษม. 2555. การวิจัยด้วยวิธีเดลฟาย: การใช้มติสอดคล้องโดยเสียงข้างมาก. วารสารวิชาการบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 7(18): 1-13.

- นิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2557. การสร้างเกณฑ์มาตรฐานการประเมินศักยภาพของเส้นทาง การขนส่งสินค้าทางรถไฟ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- นิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2560ก. การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์การ ตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร. 11(1): 137-150.
- นิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2560ข. การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม โดยตัวแบบโปรแกรม เป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 12(2): 78-91.
- นิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2560ค. การเลือกเส้นทางการขนส่งวัตถุดิบที่เหมาะสม กรณีศึกษา โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 20(1): 1-17.
- นิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2561. การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ที่เหมาะสมด้วยกระบวนการลำดับ ชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัชซี: กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ. 6(2): 182-193.
- นิภาพรณ เจนสันติกุล. 2560. การนำเทคนิคเดลฟายไปใช้สำหรับการวิจัย. วารสารรัฐศาสตร์ ปิทธิพรศน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 4(2): 47-64.
- น้ำผึ้ง มีศีล. 2559. การวิจัยด้วยเทคนิคเดลฟาย: การหลีกเลี่ยงมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ. 9(1): 1256-1267.
- ดวงนภา ศรีนันทวงศ์. 2548. โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร ในทศวรรษหน้า. วิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พยุงค์ดี แก้วมณี. 2556. การประยุกต์ใช้เทคนิค TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) สำหรับการตัดสินใจเลือกที่ตั้งคลังสินค้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศา สตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- พรชกร วรวิมลวนิช และไกรศักดิ์ เกษร. 2558. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจปลูกพืชเศรษฐกิจด้วย วิธีการไฮบริด. การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 11.
- รุธิร์ พนมยงค์, อภิชาติ โสภาแดง, ปุ่น เทียงบุญธรรม, คมกฤต เล็กสกุล, ชุศรี เที้ยศิริเพชร, โกสมภ สายจันทร์, และคนอื่น ๆ. 2552. การศึกษาระบบโลจิสติกส์ของการค้าไทย-จีนเพื่อรองรับ ข้อตกลงการค้าเสรีอาเซียน-จีน. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

- วรพจน์ มีถม. 2553. การออกแบบระบบการตัดสินใจ เลือกระบบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ระหว่างไทยกับเวียดนาม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วรพจน์ มีถม. 2556. เกณฑ์การประเมินศักยภาพ เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน. วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร. 10(2): 61-80.
- วรภรณ์ วิมกตะลพ. 2555. การพัฒนากระบวนการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบฟัซซีเทคนิค ทอปลิสและโปรแกรมเชิงเส้น สำหรับตัวแบบการจัดสรรการผลิตในอุตสาหกรรมชิ้นไม้สับ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- มนต์ชัย เทียนทอง. 2548. สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียน มจพ.
- เอนก พ.อนุกุลบุตร. 2556. การวิจัยเชิงคุณภาพ. กรุงเทพฯ: บริษัทอิตีเบส.
- พระราชบัญญัติจราจรทางบก. 2522. ค้นเมื่อ 14 มิถุนายน 2561. จาก <http://web.krisdika.go.th/data/law/law2/%A803/%A803-20-9999-update.html>
- Alfred, R. J. 1973. Delphi: A decision-maker's Dream. Nation Sch. 29(1): 35-38.
- Aminbakhsh, S., Gunduz, M. and Sonmez, R. 2013. Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. J. Safety. Res. 46(12): 99-105.
- Arunyanart, S., Ohmori, S. and Yoshimoto, K. 2016. Selection of export route option in GMS region: recommendation for current situation. J. Jpn. Ind. Manage Assoc. 67(2E): 193-201.
- Banomyong, R. and Beresford, A. K. C. 2001. Multimodal transport: the case of Laotian garment exporters. Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag. 31(9): 663-685.
- Boyce, D. 2005. Transportation systems. Transportation engineering and planning. Encyclopedia of life support systems. New Delhi: EOLSS publishers.
- Chang, T. S. 2008. Best routes selection in international intermodal networks. Comput. Oper. Res. 35(9): 2877-2891.
- Christie, C.A. and Barela, E. 2005. The Delphi technique as a method for Increasing inclusion in the evaluation process. Can. J. Program. Eval. 20(1): 105-122.
- Dalkey, N. 1969. An experimental study of group opinion: the Delphi method. Futures. 1(5): 408-426.

- Dalkey, N. and Helmer, O. 1963. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Manag. Sci.* 9(3): 458-467.
- Dobbins, T. R. 1999. Clinical experiences for agricultural teacher education programs in North Carolina, South Carolina, and Virginia. Retrieved October 16, 2018. from <https://www.vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/28892/DOBBINS1.PDF?sequence=3&isAllowed=y>
- Elvik, R. 2017. A synthesis of studies of access point density as a risk factor for road accidents. *Accid. Anal. Prev.* 107(1): 1-10.
- Farah, H, Polus, A. and Cohen, M. A. 2007. Development of an infrastructure coefficient by an analytic hierarchy process and its relationship to safety. *IATSS Research.* 31(1): 120-132.
- Gumus, A. T. 2009. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. *Expert Syst. Appl.* 36(2): 4067-4074.
- Hsu, Y, Lee, C. and Kreng, V. B. 2010. The application of fuzzy Delphi method and fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Syst. Appl.* 37(1): 419-425.
- Kengpol, A. and Tuammee, S. 2016. The development of a decision support framework for a quantitative risk assessment in multimodal green logistics: an empirical study. *Int. J. Prod. Res.* 54(4): 1020-1038.
- Kengpol, A., Meethom, W. and Tuominen, M. 2012. The development of a decision support system in multimodal transportation routing within Greater Mekong sub-region countries. *Int. J. Prod. Econ.* 140(2): 691-701.
- Kengpol, A., Rontlaong, P. and Tuominen, M. 2013. A decision support system for selection of solar power plant locations by applying Fuzzy AHP and TOPSIS: an empirical study. *J. Soft. Eng. Appl.* 6(9): 470-481.
- Kengpol, A., Tuamee, S. and Meethom, W. 2012. Design of a decision support system on selection of multimodal transportation with environmental consideration between Thailand and Vietnam. *AIJSTPME.* 5(2): 55-63.
- Kengpol, A., Tuammee, S. and Tuominen, M. 2014. The development of a framework for route selection in multimodal transportation. *Int. J. Logist. Manag.* 25(3) 581-610.

- Ko, H. 2009. A DSS approach with Fuzzy AHP to facilitate international multimodal transportation network. *KMI Int. J. Mar. Affairs. Fish.* 1(1): 51-70.
- Kumar, P. and Singh, R. K. 2012. A fuzzy AHP and TOPSIS methodology to evaluate 3PL in a supply chain. *J. Model. Manag.* 7(3): 287-303.
- Linstone, H. A. and Turoff, M. 2002. The Delphi method techniques and applications. Retrieved December 5, 2018, from <https://web.njit.edu/~turoff/pubs/delphibook/delphibook.pdf>
- McMillan, T. 1971. The Delphi technique. paper presented at annual meeting of California Junior. Washington, DC: College Association Commission on Research and Development.
- Min, H., Ko, H. and Lim, C. 2007. A decision support approach to designing the inland logistics network in China. *J. Transport Manag.* 18(1): 1-15.
- Polus, A., Pollatschek, M. and Farah, H. 2005. Impact of infrastructure characteristics on road crashes on two-lane highways. *Traffic. Inj. Prev.* 6(3): 240-2467.
- Rayens, M.K. and Hahn, E.J. 2000. Building consensus using the policy Delphi method. *Policy Polit. Nurs. Pract.* 1(4): 308-315.
- Saaty, T. L. 1980. The analytic hierarchy process. USA: McGraw-Hil.
- Saaty, T. L. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Eur. J. Oper. Res.* 48(1): 9-26.
- Sattayaprasert, W., Taneerananon, P., Hanaoka, S. and Pradhananga, R. 2008. Creating a risk-based network for HazMat logistics by route prioritization with AHP. *IATSS Research.* 32(1): 74-87.
- Son, B., Park, M. and Lee, S. 2005. A study for hazardous road selection criteria for provincial roads. *J. East Asia Soc. Transp. Stud.* 6(1): 3426-3440.
- Wanitwattanakosol, J. and Pongpatcharatorntep, D. 2015. Thai logistics infrastructure study of the east west economic corridor. *JOEBM.* 3(5): 505-509.
- Yuan, L., Yuan, H., Ma, Y. and Ren, Y. 2014. Development of a safety evaluation model for provincial highway. *Discrete Dyn. Nat. Soc.* n.p.(1): 1-10.
- Zegeer, C. V. and Council, F. M. 1995. Safety relationships associated with cross-sectional roadway elements. *Transp. Res. Rec.* n p(1512) 29-36.

ประวัติผู้วิจัย
ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์) เกียรตินิยมอันดับ 1 คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2555 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2557 ปริญญาเอก ปรัชญาคุณฐิบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2562
ตำแหน่ง	อาจารย์
สังกัด	อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
ผลงานทางวิชาการ	1. นितिเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2560. การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร. 11(1): 137-150. 2. นितिเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2560. การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมโดยตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 12(2): 79-92. 3. นितिเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2560. การเลือกเส้นทางการขนส่งวัตถุดิบที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 20(1): 1-17. 4. นितिเดช คูหาทองสัมฤทธิ์และวรพจน์ มีถม. 2558. เกณฑ์มาตรฐานการประเมินศักยภาพเส้นทางการขนส่งสินค้าทางรถไฟด้านกายภาพ. วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร. 12(1): 54-73. 5. นितिเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2559. การวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง. จากการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ 2559 การวิจัยรับใช้ชุมชน สร้างสังคมฐานความรู้.

6. Koohathongsumrit, N. 2017. Defect Reduction in Rubber Production Process by Applying Six Sigma Solution Case Study: A Company in Rubber Production Industry. 13th ASIAN Community Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture, and Environmental Stability.
7. Meethom, W. and Koohathongsumrit, N. 2018. Design of Decision Support System for Road Freight Transportation Routing Using Multilayer Zero One Goal Programming. Eng. J. 22(6): 185-205.
8. Koohathongsumrit, N. and Meethom, W. 2019. Identifying the Key Physical Characteristics Factors of Freight Transportation Routing. SUT J. Sci. Tech. (in press)
9. Meethom, W. and Koohathongsumrit, N. 2020. An Integrated Potential Assessment Criteria and TOPSIS Based Decision Support System for Road Freight Transportation Routing. Appl. Sci. Eng. Prog. (in press)
10. นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. 2561. การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ที่เหมาะสมด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัชซี กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ. 6(2): 182-193.

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	วาสนา จันทร์ขำ
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์) เกียรตินิยมอันดับ 2 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2552 ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2555
ตำแหน่ง	อาจารย์
สังกัด	อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
ผลงานทางวิชาการ	1. วาสนา จันทร์ขำ. 2558. ช่วงความเชื่อมั่นสำหรับขนาดอิทธิพลในการวิเคราะห์ถ้อยความ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 25(2): 304-307 2. สุมิตรา เรืองพิระกุล, รัชณี ภูวพัฒนะพันธุ์, มาริสา แก้วสุวรรณ และวาสนา จันทร์ขำ. 2561. การวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยดำเนินงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. วารสารรามคำแหง สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์: 21(2): 78-89.