การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพและการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ: กรณีศึกษาบริษัทผลิตสายไฟฟ้า

A selection of transportation routes with physical characteristics potential assessment and TOPSIS: A case study of electrical wire manufacturer

นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์[1*], วาสนา จันทร์ขำ[1]

Nitidetch Koohathongsumrit[1*], Wasana Chankham

[1] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Department of Statistics, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

*Corresponding author. Tel.: 0 2310 8396, E-mail: Nitidetch.k@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอวิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญจากการเทียบเคียงทางอุดมคติ โดยพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจ ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่ง ระยะเวลาการขนส่ง และระดับศักยภาพลักษณะทางกายภาพของแต่ละเส้นทางการขนส่งสินค้า พร้อมทั้งประยุกต์วิธีการที่เสนอกับกรณีศึกษาบริษัทผลิตสายไฟฟ้า ผลการศึกษาวิจัยพบว่าเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_2 และ A_3 เป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมมากที่สุดด้วยค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาเท่ากับ 0.550 และ 0.551 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_1 เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมลำดับที่สอง และเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_4 เป็นทางเลือกลำดับสุดท้าย นอกจากนี้วิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เสนอซึ่งเป็นการตัดใจแบบเชิงรุกสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้จริง อีกทั้งยังหลีกเลี่ยงการตัดสินใจเชิงอัตวิสัยและตอบสนองต่อความต้องการผู้ตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจ

คำสำคัญ: การตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ การเลือกเส้นทางขนส่งสินค้า การประเมินศักยภาพ ลักษณะทางกายภาพ

Abstract

The objective of this research is to purpose an approach for selecting road transportation routes using “Technique for order preference by similarity to the ideal solution” (TOPSIS). Decision criteria for routes selection are transportation cost, transportation time and potential level of each transportation route. This approach is tested on a case study of electrical wire manufacturer. The results show that the route A_2 and A_3 are taken the best alternative routes with the relative closeness to the ideal solution values at 0.550 and 0.551, which are not

Received 18-04-2019
Revised 31-07-2019
Accepted 05-08-2019

significantly different. The route A_1 is taken the second alternative route and the route A_4 is taken the last alternative routes. Moreover, the purpose approach which is a proactive method for transport route selection can be applied to real-world problems. It overcomes the subjective decision-making and respond to the requirements of decision-makers effectively by determining the relative weights of decision criteria.

Keywords: TOPSIS, Selection of transportation routes, Potential assessment, Physical characteristics

1. บทนำ

การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของการขนส่งสินค้าที่ช่วยเพิ่มศักยภาพให้กับการประกอบธุรกิจ เช่น ลดต้นทุนรวมของการดำเนินธุรกิจ เพิ่มมูลค่าสินค้า แสดงศักยภาพของผู้ประกอบการในการขนส่งสินค้า ส่งสินค้าในปริมาณที่ถูกต้องและตรงต่อระยะเวลาที่กำหนด ฯลฯ [1] ทั้งนี้การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนจะประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ผู้ขับขี่ ยานพาหนะ สภาพแวดล้อม และลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้า [2] อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Handerson [3] ได้แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากที่สุด ซึ่งส่งผลต่อความสำเร็จของการขนส่งสินค้า ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมด้วยการนำลักษณะทางกายภาพมาร่วมพิจารณา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า ได้แก่ งานวิจัยของ Kopytov and Abramov [4] ที่กำหนดวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับการขนส่งสินค้าแต่ละประเภท พิจารณาต้นทุน ระยะเวลาการขนส่ง ความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรง และสิ่งแวดล้อม งานวิจัยของ Kengpol, Meethom and Tuominen [5] งานวิจัยของ Kengpol and Tuammee [6] และ Kengpol, Tuammee and Tuominen [7] ที่ออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบของกลุ่มภูมิประเทศลุ่มน้ำโขง พิจารณาจากเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและความเสี่ยงของลักษณะทางกายภาพในเส้นทางการขนส่ง แต่ก็เป็นการพิจารณาลักษณะทางกายภาพในภาพรวมและไม่ได้ระบุลักษณะทางกายภาพสำหรับการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งที่ชัดเจน จากนั้นงานวิจัยของ Arunyanart et al. [8] ที่เสนอแนวคิดการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าส่งออกตามแนวระเบียงเศรษฐกิจแนวตะวันออก-ตะวันตกด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic hierarchy process: AHP) พิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และลักษณะทางกายภาพของเส้นทาง แต่ก็ไม่ได้กำหนดรายละเอียดลักษณะทางกายภาพที่พิจารณาโดยละเอียด งานวิจัยของ Sattayaprasert et al. [9] ที่เสนอวิธีการทางคณิตศาสตร์จากน้ำหนักความสำคัญของลักษณะทางกายภาพจาก AHP และเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงลักษณะทางกายภาพสำหรับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าอันตราย งานวิจัยของ Yuan et al. [10] ที่ระบุเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการประเมินความปลอดภัยของทางหลวงในเขตชนบทของมณฑลเหอเป่ย์ภายในสาธารณรัฐประชาชนจีนด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

แต่เกณฑ์ดังกล่าวมีระดับการประเมินที่แตกต่างกัน งานวิจัยของนิธิเดช [11] ที่เสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมด้วยการประยุกต์การโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งกับเกณฑ์ประเมินความเสี่ยงลักษณะทางกายภาพของเส้นทาง จากการศึกษางานวิจัยในข้างต้นพบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมด้วยการนำลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้ามาพิจารณาแต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ประยุกต์วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ (Technique for order of preference by similarity to ideal solution: TOPSIS) ที่เสนอครั้งแรกโดย Hwang and Yoon [12] ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เพื่อพิจารณาทางเลือกที่ดีสุดจากระยะห่างของแนวคิดเชิงบวกและแนวคิดเชิงลบ อีกทั้งงานวิจัยในข้างต้นใช้การพิจารณาลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าในภาพรวม ไม่ได้ระบุลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ประกอบไปด้วยลักษณะทางกายภาพจำนวนมากและแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องการเสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน โดยพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่ง เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนแบบเอกเทศและเฉพาะเจาะจงตามแนวทางงานวิจัยของวรพจน์ [13] นอกจากนี้การศึกษาวิจัยข้างต้นยังใช้วิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยการประเมินความเสี่ยงและการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจซึ่งต้องอาศัยข้อมูลสถิติย้อนหลังและประสบการณ์ของผู้ตัดสินใจ ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการสำรวจพื้นที่เพื่อรวบรวมข้อมูลศักยภาพลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้า

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาในข้างต้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เสนอวิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ พิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจ ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่ง ระยะเวลาการขนส่ง และระดับศักยภาพลักษณะทางกายภาพเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน พร้อมทั้งประยุกต์ใช้วิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เสนอกับบริษัทกรณีศึกษา เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ประกอบธุรกิจ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถแบ่งเป็นเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ (C_1) เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่สามารถบอกปริมาณมาก หรือน้อยกว่ากันเท่าไหร่ได้ ประกอบด้วยเกณฑ์การตัดสินใจรอง ได้แก่ ต้นทุนและระยะเวลาขนส่ง [14] ส่วนเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ (C_2) ประกอบไปด้วยเกณฑ์การตัดสินใจรองลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนทั้งหมด ซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินศักยภาพ เมื่อ 1 คือ ระดับศักยภาพน้อยที่สุด 2 คือ ระดับศักยภาพน้อย 3 คือ ระดับศักยภาพปานกลาง 4 คือ ระดับศักยภาพมาก

และ 5 คือ ระดับศักยภาพมากที่สุด โดยเกณฑ์การตัดสินใจรองทั้งหมด มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ต้นทุนค่าขนส่งของเส้นทาง (C_{11}) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสินค้าจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง แบ่งเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ทั้งนี้ต้นทุนค่าขนส่งของเส้นทางต้องรวมค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเที่ยวเปล่าด้วย

2.1.2 ระยะเวลาการขนส่งของเส้นทาง (C_{12}) หมายถึง ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าจากจุดต้นทางไปยังปลายทาง ซึ่งเป็นระยะเวลาการขนส่งโดยเฉลี่ยที่ประมาณได้จากประสบการณ์และข้อมูลในอดีต

2.1.3 จำนวนช่องจราจร (C_{21}) หมายถึง จำนวนช่องทางการเดินรถต่อทิศทางที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ [10] เกณฑ์ประเมินศักยภาพจำนวนช่องจราจร แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์ประเมินศักยภาพจำนวนช่องจราจร

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	มีจำนวน 1 ช่องจราจรต่อทิศทาง
2	มีจำนวน 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง
3	มีจำนวน 3 ช่องจราจรต่อทิศทาง
4	มีจำนวน 4 ช่องจราจรต่อทิศทาง
5	มีจำนวนมากกว่า 4 ช่องจราจรต่อทิศทาง

2.1.4 ความกว้างช่องจราจร (C_{22}) กรณีที่เส้นทางการขนส่งสินค้ามี 1 ช่องจราจรจะพิจารณาระยะห่างระหว่างเส้นขอบทางกับเส้นแบ่งทิศทางการจราจร กรณีมีจำนวน 2 ช่องจราจร หรือมากกว่าจะพิจารณาจากระยะห่างระหว่างเส้นขอบทางกับเส้นแบ่งช่องจราจร ระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งทิศทางจราจรกับเส้นแบ่งทิศทางจราจร และระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งช่องจราจร เกณฑ์ประเมินศักยภาพความกว้างช่องจราจร แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ประเมินศักยภาพความกว้างช่องจราจร

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	ไม่เกิน 2.00 เมตร
2	มากกว่า 2.00 แต่ไม่เกิน 3.00 เมตร
3	มากกว่า 2.00 แต่ไม่เกิน 3.25 เมตร
4	มากกว่า 3.25 แต่ไม่เกิน 3.50 เมตร
5	มากกว่า 3.50 เมตร

2.1.5 ความกว้างไหล่ทาง (C_{23}) หมายถึง ระยะห่างจากเส้นขอบทางด้านนอกถึงขอบทางด้านซ้าย [15] ส่วนในกรณีไหล่ทางด้านขวาพิจารณาระยะห่างจากเส้นขอบทางด้านนอกถึงเกาะกลางถนน เกณฑ์ประเมินศักยภาพความกว้างไหล่ทาง แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์ประเมินศักยภาพความกว้างไหล่ทาง

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	ไม่เกิน 0.50 เมตร
2	มากกว่า 0.50 แต่ไม่เกิน 1.00 เมตร
3	มากกว่า 1.00 แต่ไม่เกิน 1.50 เมตร
4	มากกว่า 1.50 แต่ไม่เกิน 2.00 เมตร
5	มากกว่า 2.00 เมตร

2.1.6 วัสดุพื้นผิวจราจร (C_{24}) หมายถึง วัสดุที่ทำมาสร้างพื้นผิวการจราจรในชั้นบนสุด ปัจจุบันสำหรับในประเทศไทยวัสดุพื้นผิวจราจรที่สามารถพบ ได้แก่ ดินลูกรัง ลาดยาง และคอนกรีต [16] เกณฑ์ประเมินศักยภาพวัสดุพื้นผิวจราจร แสดงดังตารางที่ 4

2.1.7 ความคดเคี้ยวของถนน (C_{25}) หมายถึง ร้อยละจำนวนทางโค้งแนวดิ่งและทางโค้งแนวราบในเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนกับระยะทางเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนทั้งหมด [9]

เกณฑ์ประเมินศักยภาพความคดเคี้ยวของถนน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 เกณฑ์ประเมินศักยภาพวัสดุพื้นผิวจราจร

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	ไม่ได้ถูกออกแบบมาสำหรับการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ
2	ดินลูกรัง
3	คอนกรีต
4	ลาดยาง
5	คอนกรีตลาดยาง

ตารางที่ 5 เกณฑ์ประเมินศักยภาพความคดเคี้ยวของถนน

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	มากกว่า 50%
2	มากกว่า 35% แต่ไม่เกิน 50%
3	มากกว่า 20% แต่ไม่เกิน 35%
4	มากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 20%
5	ไม่เกิน 10%

2.1.8 ความลาดชันของพื้นผิวจราจร (C_{26}) หมายถึง ร้อยละความลาดชันของพื้นผิวการจราจรเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีความลาดชันมาก ทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้ช้า ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาการขนส่งสินค้า [9] เกณฑ์ประเมินศักยภาพความลาดชันของพื้นผิวจราจร แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์ประเมินศักยภาพความลาดชันของพื้นผิวจราจร

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	มากกว่า 10%
2	มากกว่า 8% แต่ไม่เกิน 10%
3	มากกว่า 6% แต่ไม่เกิน 8%
4	มากกว่า 4% แต่ไม่เกิน 6%
5	ไม่เกิน 4%

2.1.9 การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (C_{27}) หมายถึง ข้อบกพร่องของพื้นผิวจราจรกับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมด เกณฑ์ประเมินศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์ประเมินศักยภาพการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	มากกว่า 40%
2	มากกว่า 30% แต่ไม่เกิน 40%
3	มากกว่า 20% แต่ไม่เกิน 30%
4	มากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 20%
5	ไม่เกิน 10%

2.1.10 จุดอันตรายในเส้นทาง (C_{28}) หมายถึง ร้อยละระหว่างจำนวนจุดอันตรายในเส้นทางการขนส่งสินค้ากับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมด เกณฑ์ประเมินศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทาง [2] แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์ประเมินศักยภาพจุดอันตรายในเส้นทาง

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	มากกว่า 30%
2	มากกว่า 20% แต่ไม่เกิน 30%
3	มากกว่า 15% แต่ไม่เกิน 20%
4	มากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 15%
5	ไม่เกิน 10%

2.1.11 ความสามารถในการเชื่อมต่อกับการขนส่งรูปแบบอื่น (C_{29}) หมายถึง ความสามารถในเชื่อมต่อกับการขนส่งสินค้ารูปแบบอื่นในรัศมี 20 กิโลเมตร ณ จุดต้นทาง-จุดปลายทางของเส้นทางการขนส่ง

สินค้า [13] เกณฑ์ประเมินศักยภาพความสามารถการเชื่อมต่อกับการขนส่งรูปแบบอื่น แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์ประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับการขนส่งรูปแบบอื่น

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	ไม่สามารถเชื่อมต่อกับการขนส่งรูปแบบอื่น
2	เชื่อมต่อกับการขนส่งอื่น 1 รูปแบบ
3	เชื่อมต่อกับการขนส่งอื่น 2 รูปแบบ
4	เชื่อมต่อกับการขนส่งอื่น 3 รูปแบบ
5	เชื่อมต่อกับการขนส่งอื่นมากกว่า 3 รูปแบบ

2.1.12 ความสามารถในการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน (C_{210}) หมายถึง ความสามารถในเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านภายในระยะรัศมีต่าง ๆ ณ จุดต้นทาง-จุดปลายทางของเส้นทางการขนส่งสินค้า [13] เกณฑ์ประเมินศักยภาพความสามารถการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เกณฑ์ประเมินศักยภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับการขนส่งรูปแบบอื่น

ศักยภาพ	รายละเอียด
1	ไม่สามารถเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน ในรัศมีไม่เกิน 60 กิโลเมตร
2	เชื่อมต่อประเทศเพื่อนบ้านได้ 1 ประเทศ ในรัศมีมากกว่า 40 แต่ไม่เกิน 60 กิโลเมตร
3	เชื่อมต่อประเทศเพื่อนบ้านได้ 1 ประเทศ ในรัศมีไม่เกิน 40 กิโลเมตร
4	เชื่อมต่อประเทศเพื่อนบ้านได้ 1 ประเทศ ในรัศมีไม่เกิน 20 กิโลเมตร
5	เชื่อมต่อประเทศเพื่อนบ้านได้ 1 ประเทศ ในรัศมีไม่เกิน 20 กิโลเมตรโดยไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายสินค้าไปยังยานพาหนะชนิดอื่น

2.2 กำหนดวิธีการรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวิธีการรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เป็นทางเลือกสำหรับการรวบรวมข้อมูลของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณรวบรวมได้ด้วยสัมภาษณ์ผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษา ส่วนข้อมูลของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพรวบรวมได้ด้วยคำนวณระดับศักยภาพลักษณะทางกายภาพจำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทาง และวัสดุพื้นผิวจราจร สามารถคำนวณโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับศักยภาพนั้นกับระยะทางทั้งหมด แสดงดังสมการที่ 1

$$PC_j = \sum_{k=1}^{5} \frac{L_k \times k}{TL_r} \qquad (1)$$

เมื่อ PC_j คือ ระดับศักยภาพเกณฑ์การตัดสินใจที่ j ; j = 1, 2, ..., n

L_k คือ ระยะทางในระดับศักยภาพที่ k; k = 1, 2, 3, 4, 5

TL_r คือ ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่ r; r = 1, 2, ..., R

สำหรับลักษณะทางกายภาพความคดเคี้ยวของถนน ความลาดชันพื้นผิวจราจร การเสื่อมสภาพผิวหน้าจราจร และจุดอันตรายในเส้นทาง สามารถคำนวณระดับศักยภาพโดยวิธีเปรียบเทียบร้อยละระหว่างลักษณะทางกายภาพที่ประเมินทั้งหมดกับระยะทางของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมด สุดท้ายลักษณะทางกายภาพความสามารถในการเชื่อมต่อกับการขนส่งรูปแบบอื่นและการเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน สามารถคำนวณระดับศักยภาพโดยการประเมินลักษณะทางกายภาพเชิงประจักษ์

2.2 กำหนดทางเลือกในการตัดสินใจ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์วิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เสนอกับบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตสายไฟฟ้า โดยขนส่งสินค้าจากตำแหน่งที่ตั้งของบริษัทฯ ในเขตบางบอน กรุงเทพมหานครไปยังท่าเรือกรุงเทพ (Bangkok Port) ในเขตคลองเตย เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในการขนส่งสินค้าในปัจจุบันประกอบไปด้วย 4 เส้นทาง แสดงดังภาพที่ 1

2.3 กำหนดน้ำหนักความสำคัญ

การตัดสินใจแต่ละครั้งผู้ตัดสินใจอาจให้ความสำคัญกับเกณฑ์การตัดสินใจต่างกันขึ้นอยู่กับสถานการณ์ [17] ดังนั้นเกณฑ์การตัดสินใจจะถูกกำหนดน้ำหนักความสำคัญด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 เปรียบเทียบความสำคัญ ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านโลจิสติกส์ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการขนส่งสินค้าอย่างน้อย 5 ปี ทำการเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ในรูปของตารางเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจขนาด m × m [18] แสดงดังตารางที่ 11 เมื่อ a_{ij} คือ ระดับความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจแถวที่ i หลักที่ j

ตารางที่ 11 ตารางเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่

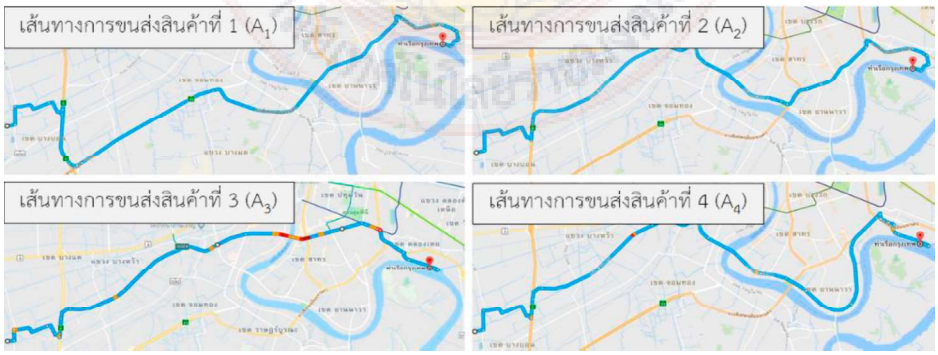
เกณฑ์การตัดสินใจ	C_1	C_2	..	C_m
C_1	1	a_{12}	..	a_{1m}
:	:	:		:
C_m	$1/a_{1m}$	$1/a_{2m}$	..	1

ทั้งนี้การประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดจะประเมินด้วยระดับการประเมินความสำคัญแบบ 9 ระดับ [19] แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ระดับการประเมินความสำคัญ

ระดับ	ความหมาย
1	ความสำคัญเท่ากัน
3	ความสำคัญปานกลาง
5	ความสำคัญค่อนข้างมาก
7	ความสำคัญมากกว่า
9	ความสำคัญมากที่สุด
2, 4, 6, 8	ความสำคัญระหว่างระดับการประเมิน

ทั้งนี้การเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจจะดำเนินการตามพื้นฐานวิธีเดลฟาย (Delphi method) จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดจำนวนไม่น้อยกว่า 17 ราย [20] ซึ่งเป็นจำนวนที่ทำให้ความคลาดเคลื่อนลดลงน้อยมาก พร้อมตรวจสอบค่าสถิติ



ภาพที่ 1 เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เป็นทางเลือกในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ซึ่งต้องมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด [21-22] ได้แก่ ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.3.2 คำนวณน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดด้วยโปรแกรมเอ็คส์เพิร์ท-ช้อยส์ จากนั้นทำการปรับค่าให้กับน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองทั้งหมดให้มีผลรวมเท่ากับ 1 โดยนำน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักคูณกับน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองที่เป็นสมาชิกของเกณฑ์การตัดสินใจหลักนั้น [23]

2.3.3 ตรวจสอบความสอดคล้องของเหตุผล (Consistency ratio: C.R.) จากน้ำหนักความสำคัญก่อนปรับผลรวมว่ามีความน่าเชื่อถือ หรือเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป หรือไม่ [24] โดยค่า C.R. ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่ขึ้นอยู่กับขนาดของตารางเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจเป็นรายคู่ที่เสนอโดย Saaty [25]

2.4 การตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม

หลังจากที่กำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจแล้วในขั้นตอนนี้เป็นการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เป็นทางเลือกทั้งหมดด้วยการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ (TOPSIS) มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐาน เพื่อทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทางเลือก หรือเกณฑ์การตัดสินใจให้เป็นข้อมูลให้อยู่ระนาบเดียวกันแสดงดังสมการที่ 2 [26] เมื่อ i = 1, ..., m และ j = 1, ..., n โดยต้องแปลงให้ต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทางเป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นผลประโยชน์ด้วยการประมาณในช่วงเชิงเส้น [27] กำหนดให้เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีต้นทุนค่าขนส่งต่ำที่สุดมีระดับศักยภาพ 5 ส่วนเส้นทางที่มีต้นทุนค่าขนส่งสูงที่สุดจะมีระดับศักยภาพ 1

$$n_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2} \qquad (2)$$

2.4.2 คำนวณค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักความสำคัญ (V_{ij}) โดยนำเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานคูณกับน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองที่ปรับผลรวมแล้วแสดงดังสมการที่ 3 [28] เมื่อ w_j คือ น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจที่ j ; j = 1, 2, ..., n

$$v_{ij} = w_j \times n_{ij} \qquad (3)$$

2.4.3 คำนวณค่าอุดมคติเชิงบวก (A^+) และค่าอุดมคติเชิงลบ (A^-) โดย A^+ เป็นค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักที่มากที่สุดในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรอง ส่วน A^- เป็นค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักที่น้อยที่สุดในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจรอง แสดงดังสมการที่ 4 และสมการที่ 5 เมื่อ i คือ ตัวเลือกที่เป็นผลตอบแทน หรือผลประโยชน์และ j คือ ตัวเลือกที่เป็นค่าใช้จ่าย หรือไม่เป็นผลประโยชน์

$$A^+ = \{(\max_j V_{ij} \mid i \in I), (\min_j V_{ij} \mid i \in J)\} \qquad (4)$$

$$A^- = \{(\min_j V_{ij} \mid i \in J), (\max_j V_{ij} \mid i \in I)\} \qquad (5)$$

2.4.4 คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก (d_i^+) และอุดมคติเชิงลบ (d_i^-) โดยเปรียบเทียบระยะห่างระหว่าง v_{ij} กับ A^+ และ A^- [29]

แสดงดังสมการที่ 6 และ 7 เมื่อ i = 1, ..., m; j = 1, ..., n และ r = 1, ..., R

$$d_r^+ = \left\{ \sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^+)^2 \right\}^{1/2} \quad (6)$$

$$d_r^- = \left\{ \sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^-)^2 \right\}^{1/2} \quad (7)$$

2.4.5 คำนวณค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา เป็นการพิจารณาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีระยะใกล้ที่สุดของทางเลือกที่เป็น A^+ และเลือกระยะไกลที่สุดของทางเลือกที่เป็น A^- แสดงดังสมการที่ 8 [30] เมื่อ i = 1, ..., m และ r = 1, ..., R เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมสุดจะมีค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาสูงสุด

$$C^* = \frac{d_r^-}{d_r^+ + d_r^-} \quad (8)$$

2.5 การวิเคราะห์ความไว

เป็นขั้นตอนสำหรับตรวจสอบผลกระทบของคำตอบที่ได้จากวิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนเมื่อปัจจัยต่าง ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยทำการวิเคราะห์เกณฑ์การตัดสินใจที่มีน้ำหนักความสำคัญสูงสุดมาทำการตรวจสอบตั้งแต่ 0.10 ถึง 0.90 [23] พร้อมทั้งตรวจสอบค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาและคำตอบเกิดการเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใด

3. ผลการดำเนินวิจัยและอภิปรายผล

ในขั้นตอนนี้เป็นการแสดงผลการดำเนินวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนกับกรณีศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการรวบรวมข้อมูลของเส้นทาง

ข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ได้แก่ ต้นทุนค่าและระยะเวลาการขนส่ง ได้จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษา ส่วนระดับศักยภาพลักษณะทางกายภาพรวบรวมได้โดยการลงพื้นที่ภาคสนามด้วยเกณฑ์การประเมินศักยภาพที่กำหนดไว้ แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการรวบรวมข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน

	A_1	A_2	A_3	A_4
C_{11} (บาท)	5,100	4,850	4,250	4,960
C_{12} (นาที)	43.00	41.00	50.00	46.00
C_{21} (ระดับ)	2.95	3.27	3.16	2.96
C_{22} (ระดับ)	3.06	2.83	3.53	3.42
C_{23} (ระดับ)	1.94	1.65	1.85	1.75
C_{24} (ระดับ)	3.79	3.56	3.65	3.54
C_{25} (ระดับ)	1.00	1.00	1.00	1.00
C_{26} (ระดับ)	2.09	2.17	2.05	2.42
C_{27} (ระดับ)	4.00	4.00	3.00	3.00
C_{28} (ระดับ)	1.00	1.00	1.00	1.00
C_{29} (ระดับ)	1.50	1.50	1.50	1.50
C_{210} (ระดับ)	1.00	1.00	1.00	1.00

3.2 ผลการกำหนดน้ำหนักความสำคัญ

เกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณและเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพได้ถูกกำหนดน้ำหนักด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ผลการเปรียบเทียบความสำคัญ โดยผู้เชี่ยวชาญตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้จำนวน 17 ราย เปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมด

เป็นรายคู่ ตัวอย่างการเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงคุณภาพเป็นรายคู่

	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

3.2.2 ผลการคำนวณน้ำหนักความสำคัญและการตรวจสอบค่า C.R. ผลการเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลักเกณฑ์การ-ตัดสินใจรองเชิงปริมาณ และเกณฑ์การ-ตัดสินใจรองเชิงคุณภาพ ได้ถูกนำมาคำนวณน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดด้วยโปรแกรมเอ็คส์เพิร์ท-ซ้อยส์ พร้อมคำนวณค่า C.R. ของน้ำหนักความสำคัญ เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยวิธี TOPSIS โดยพบว่าเกณฑ์การ-ตัดสินใจหลักและเกณฑ์การตัดสินใจรองเชิงปริมาณมีค่า C.R. เท่ากับ 0.00 และเกณฑ์การ-ตัดสินใจรองเชิงคุณภาพมีค่า C.R. เท่ากับ 0.10 ซึ่งมีค่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดทั้งหมด

สุดท้ายปรับผลรวมเกณฑ์การตัดสินใจรองให้มีค่าเท่ากับ 1 จากผลคูณระหว่างน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักกับน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองที่เป็นสมาชิกของเกณฑ์การตัดสินใจหลักนั้น แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 น้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ

หลัก		รอง		ปรับผลรวม
C_1	0.67	C_{11}	0.50	0.33
		C_{12}	0.50	0.33
C_2	0.33	C_{21}	0.15	0.05
		C_{22}	0.14	0.05
		C_{23}	0.13	0.04
		C_{24}	0.08	0.03
		C_{25}	0.16	0.05
		C_{26}	0.08	0.03
		C_{27}	0.14	0.04
		C_{28}	0.08	0.03
		C_{29}	0.03	0.01
		C_{210}	0.02	0.01

3.3 ผลการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้เป็นการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมที่สุด โดยนำข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนและน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจรองทั้งหมดมาพิจารณาร่วมกันด้วยวิธี TOPSIS มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ผลการคำนวณค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักความสำคัญ เริ่มจากการแปลงให้ต้นทุนค่าขนส่ง (C_{11}) และระยะเวลาในการขนส่งสินค้า (C_{12}) ให้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นผลประโยชน์ด้วยวิธีการประมาณในช่วงเชิงเส้น แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการแปลง C_{11} และ C_{12}

	A_1	A_2	A_3	A_4
C_{11}	1.00	2.18	5.00	1.66
C_{12}	4.11	5.00	1.00	2.78

ต่อมาปรับข้อมูลของเส้นทางการขนส่งสินค้าให้เป็นระนาบเดียวกัน พร้อมนำเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานของเกณฑ์การตัดสินใจคูณกับน้ำหนักความสำคัญรวม เมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักความสำคัญ แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 เมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักความสำคัญ

	A_1	A_2	A_3	A_4
C_{11}	0.057	0.124	0.285	0.095
C_{12}	0.191	0.232	0.046	0.129
C_{21}	0.024	0.026	0.026	0.024
C_{22}	0.024	0.022	0.027	0.027
C_{23}	0.022	0.018	0.021	0.019
C_{24}	0.016	0.015	0.015	0.015
C_{25}	0.025	0.025	0.025	0.025
C_{26}	0.014	0.015	0.014	0.017
C_{27}	0.023	0.023	0.017	0.017
C_{28}	0.015	0.015	0.015	0.015
C_{29}	0.005	0.005	0.005	0.005
C_{210}	0.005	0.005	0.005	0.005

3.3.2 ผลการคำนวณค่า A^+ และ A^- พิจารณาจากค่าปรับบรรทัดฐานถ่วงน้ำหนักที่มากสุดและน้อยสุดในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจดังสมการที่ 4 สมการที่ 5 จากตารางที่ 19 สามารถสรุปได้ว่า A^+ = {0.285, 0.232, 0.026, 0.02, 0.022, 0.016, 0.025, 0.017, 0.023, 0.015, 0.005, 0.005} และ A^- = {0.057, 0.046, 0.024, 0.022, 0.018, 0.015, 0.025, 0.014, 0.017, 0.015, 0.005, 0.005}

3.3.3 ผลการคำนวณค่า d_r^+ และ d_r^- ของแต่ละทางเลือกเพื่อนำไปคำนวณค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและอุดมคติเชิงลบ

	A_1	A_2	A_3	A_4
d_r^+	0.232	0.161	0.186	0.217
d_r^-	0.144	0.197	0.228	0.091

3.3.4 ผลการคำนวณค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา (C_r^*) เพื่อจัดลำดับเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมจากระยะใกล้ที่สุดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เป็นแนวคิดเชิงบวกและระยะไกลที่สุดของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เป็นแนวคิดเชิงลบ ผลการคำนวณค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหา

	A_1	A_2	A_3	A_4
C_r^*	0.384	0.550	0.551	0.296

จากตารางที่ 22 เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_3 เป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากมีค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาสูงที่สุด ในขณะที่เส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_2 เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมรองลงมา เส้นทางการขนส่งสินค้าทาง

ถนน A_1 เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมเป็นลำดับที่สาม และสุดท้ายเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_4 เป็นทางเลือกลำดับสุดท้าย ทั้งเนื่องจากค่า-ความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_2 และ A_3 มีค่าใกล้เคียงกันมากจึงต้องมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของคำตอบและเปรียบเทียบความแตกต่างในขั้นตอนต่อไป

3.4 ผลการวิเคราะห์ความไว

ผลการวิเคราะห์ความไวด้วยการตรวจสอบคำตอบด้วยการพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจหลักต้นทุนค่าขนส่ง (C_1) เนื่องจากมีน้ำหนักความสำคัญสูงสุด (0.67) โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาเมื่อน้ำหนักความสำคัญของต้นทุนค่าขนส่งเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.10 ถึง 0.90 แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความไว

W_j	A_1	A_2	A_3	A_4
0.10	0.447	0.544	0.527	0.333
0.20	0.400	0.549	0.545	0.306
0.30	0.390	0.550	0.549	0.299
0.40	0.386	0.550	0.551	0.297
0.50	0.385	0.550	0.551	0.297
0.60	0.384	0.550	0.551	0.296
0.67*	0.384	0.550	0.551	0.296
0.70	0.384	0.551	0.551	0.296
0.80	0.384	0.551	0.551	0.295
0.90	0.384	0.551	0.551	0.295

จากผลการวิเคราะห์ความไวสรุปได้ว่าเมื่อน้ำหนักความสำคัญของต้นทุนค่าขนส่ง (C_1) มีค่าตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.90 แล้วค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาจะมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยเฉพาะเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_2 และ A_3 เป็นทางเลือกที่ดีสุดและสามารถทดแทนกันได้ เนื่องจากมีค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาใกล้เคียงกันมาก

สุดท้ายเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_2 และ A_3 ที่คำนวณจากน้ำหนักความสำคัญทั้งหมดเพื่อยืนยันศักยภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนทั้งสองไม่แตกต่างกันด้วยสถิติทดสอบที (T-test) ในกรณีประชากร 2 กลุ่มเป็นอิสระกัน เมื่อความ-แปรปรวนของค่าความสัมพันธ์เข้าใกล้แนวคิดวิธีแก้ปัญหาแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (P-value) เท่ากับ 0.48 และเนื่องจากค่า P-value มีค่าสูงกว่า α จึงสรุปได้ว่าเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน A_2 และ A_3 มีศักยภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องการเสนอวิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีความเหมาสมมากที่สุดด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติด้วยการพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งสินค้า และเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพซึ่งเป็นระดับศักยภาพของลักษณะทางกายภาพในเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่เสนอสามารถตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทาง

ถนนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนการคำนวณที่ง่ายและไม่ซับซ้อน เหมาะสมกับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ และสามารถจัดลำดับทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุดถึงทางเลือกที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด โดยสามารถตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีสุดพร้อมทั้งจัดลำดับทางเลือกด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ อีกทั้งวิธีการประเมินศักยภาพลักษณะทางกายภาพสำหรับการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนยังเป็นการตัดสินใจบนหลักฐานข้อเท็จจริงเชิงประจักษ์ ลดข้อบกพร่องการตัดสินใจด้วยวิธีการประเมินความเสี่ยงและการประเมินเกณฑ์การตัดสินใจด้วยน้ำหนักความสำคัญที่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความรู้สึกของผู้ตัดสินใจในขณะนั้น

นอกจากนี้วิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เสนอยังตอบสนองต่อความต้องการของผู้ตัดสินใจโดยการกำหนดน้ำหนักความสำคัญด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ทำให้การตัดสินใจสอดคล้องกับสถานการณ์การตัดสินใจมากขึ้น เช่น ผู้ตัดสินใจอาจให้ความสำคัญกับต้นทุนค่าขนส่ง แต่ในบางกรณีผู้ตัดสินใจอาจให้ความสำคัญกับความตรงต่อเวลาในการขนส่งสินค้ามากที่สุด การกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจทำให้แก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ [30, 32-33] ที่ประยุกต์กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์กับการพิจารณาทางเลือกต่าง ๆ ด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ อย่างไรก็ตามคำตอบจากวิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เสนออาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับข้อมูลเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนและน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ

สำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจประยุกต์วิธีการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์วิธีอื่นพิจารณาเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม เช่น วิธีการไวโกร์ (VIKOR) การโปรแกรมเป้าหมาย (Goal Programming: GP) ฯลฯ รวมถึงประยุกต์ใช้แนวคิดระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ร่วมกับวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ เป็นต้น

5. เอกสารอ้างอิง

[1] นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร. 2560; 11 (1):137-50.

[2] Farah H, Polus A, Cohen MA. Development of an infrastructure coefficient by an analytic hierarchy process and its relationship to safety. IATSS Res. 2007; 31(1):120-32.

[3] Handerson M. Human factors in traffic safety: a reappraisal. 1st ed. New South Wales: Traffic Accident Research Unit, Department of Motor Transport; 1971.

[4] Kopytov E, Abramov D. Multiple-criteria analysis and choice of transportation alternatives in multimodal freight transport system. Transp Telecommun. 2012; 13(2):148-58.

[5] Kengpol A, Meethom W, Tuominen M. The development of a decision support system in multimodal transportation routing within Greater Mekong sub-region countries. Int J Prod Econ. 2012; 140(2):691-701.

[6] Kengpol A, Tuammee S. The development of a decision support framework for a quantitative risk assessment in multimodal green logistics: an empirical study. Int J Prod Res. 2016; 54(4):1020-38.

[7] Kengpol A, Tuammee S, Tuominen M. The development of a framework for route selection in multimodal transportation. Int J Logist Manag. 2014; 25(3):581-610.

[8] Arunyanart S, Ohmori S, Yoshimoto K. Selection of export route option in GMS region: recommendation for current situation. J Jpn Ind Manage Assoc. 2016; 67(2E):193-201.

[9] Sattayaprasert W, Taneerananon P, Hanaoka S, et al. Creating a risk-based network for HazMat logistics by route prioritization with AHP. IATSS Res. 2008; 32(1):74-87.

[10] Yuan L, Yuan H, Ma Y, et al. Development of a safety evaluation model for provincial highway. Discret Dyn Nat Soc. 2014; 2014(1):1-10.

[11] นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม โดยตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2560; 12(2):78-91.

[12] Hwang CL, Yoon K. Multiple attribute decision making: methods and applications. 1st ed. New York: Springer-Verlag; 1981.

[13] วรพจน์ มีถม. เกณฑการประเมินศักยภาพเส่นทางการขนสงสินค่าทางถนน. วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร. 2556; 10(2):61-80.

[14] Kaewfak K, Ammarapala V. The decision making of freight route in multimodal transportation. Suranaree J Sci Technol. 2018; 25(1):1-10.

[15] Liu S, Wang J, Fu T. Effects of lane width, lane position and edge shoulder width on driving behavior in under-ground urban expressways: a driving simulator study. Int J Environ Res Public Health. 2016; 13(10):1-14.

[16] Meethom W, Koohathongsumrit N. Design of decision support system for road freight transportation routing using Multilayer Zero One Goal Pro-gramming. Eng j. 2018; 22(6):185-205.

[17] นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. การเลือกเส้นทางการขนส่งวัตถุดิบที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป. วารสารวิจัย

รามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2560; 20(1):1-17.

[18] Du J, Jiang Y, Wang K, et al. Evaluation of pilotage dispatching operation for Dalian Port in China based on FCE–AHP method. J Int Marit Saf Environ Aff Shipping. 2017; 1(1):11-8.

[19] Saaty TL. How to make a decision: the analytic hierarchy process. Eur J Oper Res. 1990; 48(1):9-26.

[20] Day J, Bobeva M. A generic toolkit for the successful management of Delphi studies. Elect J Bus Res Meth. 2005; 3(2):103-16.

[21] Barzekar G, Aziz A, Mariapan M, et al. Delphi technique for generating criteria and indicators in monitoring ecotourism sustainability in Northern forests of Iran: case study on Dohezar and Sehezar Watersheds. Folia For Pol Ser A. 2011; 53(2):130-41.

[22] Latif Ra, Dahlan A, Mulud ZA, et al. The Delphi technique as a method to obtain consensus in health care education research. Educ Med J. 2017; 9(3):89-102.

[23] Mangla SK, Kumar P, Barua MK. Risk analysis in green supply chain using fuzzy AHP approach: a case study. Resour Conserv Recycl. 2015; 104(12B): 375-90.

[24] นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์. การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ที่เหมาะสมด้วยกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยาง. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ. 2561; 6(2):182-93.

[25] Saaty TL. The analytic hierarchy process. 1st ed. New York: McGraw-Hill; 1980.

[26] Kaynak S, Altuntas S, Dereli T. Comparing the innovation performance of EU candidate countries: an entropy-based TOPSIS approach. Econ Res-Ekon Istraz. 2017; 30(1):31-54.

[27] Aminbakhsh S, Gunduz M, Sonmez R. Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. J Safety Res. 2013; 46(3):99-105.

[28] Araujo CAS, Wanke P, Siqueira MM. A performance analysis of Brazilian public health: TOPSIS and neural networks application. Int J Prod Perform Manag. 2018; 67(9):1526-49.

[29] Yuvaraj N, Kumar PD. Multiresponse optimization of abrasive water jet cutting process parameters using TOPSIS approach. Mater Manuf Process. 2015; 30(5):882-9.

[30] Nyimbili PH, Erden T, Karaman H. Integration of GIS, AHP and TOPSIS for earthquake hazard analysis. Nat Hazards. 2018; 92(3):1523-46.

[31] Zyoud SH, Funch-Hanusch D. biblio-metric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. Expert Syst Appl. 2017; 78(15):287-303.

[32] Sarkar A. A TOPSIS method to evaluate the technologies. Int J Qual Reliab Manag. 2013; 31(1):2-13.

[33] Karahalios H. The application of the AHP-TOPSIS for evaluating ballast water treatment systems by ship operators. Transp Res Part D Transp Environ. 2017; 52(3A):172-84.