

การประยุกต์วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติแบบฟัซซีเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ

An Application of Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution for Selecting Multimodal Transportation Route

นิติเดช กูหาทองสัมฤทธิ์^{1*} และ วรพจน์ มีถม²

Nitidetch Koohathongsumrit^{1*} and Warapoj Meethom²

Received: 7 November 2019, Revised: 30 August 2020, Accepted: 16 September 2020

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติแบบฟัซซีและทดสอบวิธีการที่เสนอกับกรณีศึกษาการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างประเทศไทยกับเวียดนาม ระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจและระดับการให้คะแนนทางเลือกที่มีฟังก์ชันการแจกแจงความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมถูกนำมาใช้ในการสะท้อนความเห็นของผู้ตัดสินใจซึ่งสามารถรวบรวมได้ตามกระบวนการวิธีเดลฟาย จากนั้นคำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและลบแบบฟัซซี สุดท้ายคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติซึ่งใช้สำหรับเลือกและจัดลำดับเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ผลการศึกษาวิจัยพบว่า เส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ A₅ เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เริ่มต้นด้วยการขนส่งด้วยรถบรรทุกจากนิคมอุตสาหกรรมอมตะนครผ่านด่านศุลกากรลาวบาวไปยังท่าอากาศยานนานาชาติดานัง จากนั้นใช้การขนส่งด้วยเครื่องบินไปยังท่าอากาศยานนานาชาติเตนชินญี๊ต และสุดท้ายใช้การขนส่งด้วยรถบรรทุกไปยังศูนย์กระจายสินค้าในนครโฮจิมินห์ เส้นทางดังกล่าวตอบสนองต่อเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติสูงสุด ส่วนเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบอื่นถูกเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยตามค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติ นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการที่เสนอเหมาะสมกับการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์แห่งโลกความเป็นจริงโดยเฉพาะการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ

¹ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

¹ Department of Statistics, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bang Kapi, Bangkok 10240, Thailand.

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): Nitidetch.k@ru.ac.th Tel: 09 2403 6837

คำสำคัญ: การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า, การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ, การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์, วรรณศาสตร์คลุมเครือ, การตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ

ABSTRACT

The objective of this study was to propose an approach for selecting a route in multimodal transportation networks using a fuzzy technique for order preference by similarity to ideal solution (FTOPSIS) and tested the proposed approach with the multimodal route selection between Thailand and Vietnam. The scales for importance assessment of decision criterion and alternative rating with a triangular membership function were used to reflect decision makers' opinions, which can be collected based on the Delphi method. Then, the fuzzy positive ideal solution and the negative ideal solution were calculated. Finally, the closeness coefficient (CC) was computed and used to select and rank the multimodal transportation route. The results demonstrated that the multimodal transportation route A5 was the best optimal multimodal transportation route. It started to transport with a truck from Amata Nakorn industrial estate via Lao Bao customs to Da Nang international airport. Next, the products were transported to Tan Son Nhat international airport by an airplane and were finally delivered to the distribution center in Ho Chi Minh City by truck. This route responds effectively to all decision criteria because it has the highest CC. On the other hand, the other multimodal transportation routes were arranged in descending order based on their CC values. Moreover, it was found that the proposed approach is suitable for solving multiple criteria decision-making problems in the real world situation, especially for multimodal route selection.

Key words: selecting transportation route, multimodal transportation, multiple criteria decision-making, fuzzy logic, technique for order preference by similarity to ideal solution

บทนำ

การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าเป็นกิจกรรมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเคลื่อนย้ายสินค้าจากแหล่งผลิตไปยังแหล่งบริโภคทำให้การดำเนินธุรกิจเกิดประสิทธิภาพ ช่วยให้ห่วงโซ่อุปทานเกิดความคล่องตัว อีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าที่ขนส่งอีกด้วย การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและมีลักษณะเป็นการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision-Making: MCDM) เนื่องจากประกอบด้วย

เกณฑ์การตัดสินใจที่มีความขัดแย้งกันจำนวนมาก เช่น ต้นทุนค่าขนส่ง ระยะเวลาการขนส่ง ความเสี่ยง ความน่าเชื่อถือ ความตรงต่อเวลา ศักยภาพของลักษณะทางกายภาพ พิจารณาด้านศุลกากร ฯลฯ (Wang and Yeo, 2017) นอกจากนี้การเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบยังประกอบด้วยทางเลือกที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจึงไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกเส้นทางที่มีต้นทุนค่าขนส่งต่ำสุด หรือระยะเวลาการขนส่งสั้นสุด แต่พยายาม

เลือกเส้นทางที่ตอบสนองต่อเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Woo *et al.*, 2017)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนมากประยุกต์วิธีแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ในการเลือกเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ หรือเส้นทางขนส่งสินค้ารูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ งานวิจัยของ Kengpol *et al.* (2012) ที่ประยุกต์กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) ร่วมกับการโปรแกรมเป้าหมายศูนย์หนึ่ง (Zero-One Goal Programming: ZOGP) สำหรับการเลือกเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างประเทศในพื้นที่เศรษฐกิจในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง งานวิจัยของ Kengpol *et al.* (2014); Kengpol and Tuammee (2016) ที่เสนอกรอบแนวคิดการตัดสินใจเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามด้วยการคำนวณความเชื่อมโยงถึงปริมาณ วิธีการวิเคราะห์เชิงโอบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis: DEA) ร่วมกับ AHP และ ZOGP จากนั้นงานวิจัยของ Arunyanart *et al.* (2016) ที่สำรวจเส้นทางขนส่งสินค้าตามแนวระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตก โดยพิจารณาจากน้ำหนักความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดด้วย AHP งานวิจัยของ Koothongsumrit (2017a) ที่พัฒนากรอบแนวคิดที่บูรณาการ AHP และวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติ (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution: TOPSIS) เพื่อเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนจากนิคมอุตสาหกรรมบางปูไปยังท่าเรือแหลมฉบัง งานวิจัยของ Koothongsumrit (2017b) ที่เสนอวิธีการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าโดยคำนวณระดับความเล็งลักษณะทางกายภาพของเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน ซึ่งนำมาพิจารณา ร่วมกับ AHP และ ZOGP งานวิจัยของ Kaewfak and

Ammarapala (2018) ที่เสนอวิธีการเลือกเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากประเทศไทยไปยังราชอาณาจักรกัมพูชาด้วยวิธีแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ งานวิจัยของ Meethom and Koothongsumrit (2020) ที่เสนอวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ไฮบริด พร้อมการออกแบบชุดตัวเลขสำหรับการตัดสินใจเพื่อเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนน

อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ มักได้รับอิทธิพลของความคลุมเครืออันเนื่องมาจากสาเหตุที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เช่น ความลังเล หรือความไม่แน่นอนของผู้ตัดสินใจ ความไม่ชัดเจน หรือขาดข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ฯลฯ (Azadeh *et al.*, 2016) ดังนั้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์แบบดั้งเดิมอาจทำให้การตัดสินใจผิดพลาด เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวในช่วงต้น Zadeh (1965) ได้เสนอแนวคิดของตรรกศาสตร์คลุมเครือ หรือที่เรียกว่า ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เพื่อใช้ในการจัดการความคลุมเครือที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตัดสินใจ โดยยอมให้เกิดความยืดหยุ่นในการตัดสินใจด้วยการกำหนดฟังก์ชันและระดับความเป็นสมาชิกให้กับข้อมูลประกอบการตัดสินใจ มีงานวิจัยจำนวนมากที่ประยุกต์แนวคิดตรรกศาสตร์คลุมเครือกับวิธีแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เพื่อเลือกเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ หรือที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ งานวิจัยของ Ko (2009) ที่ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (Fuzzy Analytic Hierarchy Process: FAHP) เพื่อเลือกเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างเมืองปูซานและกรุงมอสโก งานวิจัยของ Wang and Yeo (2017) ที่ศึกษาการเลือกเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากสาธารณรัฐเกาหลีไปยังภูมิภาคเอเชียกลางด้วยวิธีเคลฟายแบบฟัซซี

(Fuzzy Delphi Method: FDM) และวิธีการกำจัดและเลือกบนพื้นฐานความจริงแบบฟัซซี่ (Elimination Et Choix Traduisant La Realite: ELECTRE) งานวิจัยของ Meethom and Koohathongsumrit (2018) ที่พัฒนาและออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน พิจารณาศักยภาพของลักษณะทางกายภาพร่วมกับน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจที่คำนวณได้จาก FAHP และการโปรแกรมเป้าหมายศูนย์หนึ่งแบบหลายชั้น (Multilayer Zero-One Goal Programming: MZOGP) และงานวิจัยของ Koohathongsumrit (2019) ที่ออกแบบวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากระดับความเสี่ยงที่คำนวณจากระบบอนุমানตรรกศาสตร์คลุมเครือร่วมกับวิธีการแก้ปัญหาคัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์แบบฟัซซี่

จากการทบทวนงานวิจัยทั้งหมดในข้างต้นพบว่ามียานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบด้วยการประยุกต์ตรรกศาสตร์คลุมเครือกับวิธีแก้ปัญหาคัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ แต่ยังไม่มียานวิจัยใดที่ประยุกต์ตรรกศาสตร์คลุมเครือกับ TOPSIS หรือที่เรียกว่า วิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติแบบฟัซซี่ (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution: FTOPSIS) กับการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ทั้งนี้ FTOPSIS ถูกพัฒนาขึ้นจาก TOPSIS แบบดั้งเดิมของ Hwang and Yoon (1981) โดย FTOPSIS เป็นวิธีแก้ปัญหาคัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์แบบฟัซซี่ที่ได้รับความนิยมสูงเนื่องจากมีขั้นตอนการคำนวณที่ง่าย ไม่ซับซ้อนเหมาะสมกับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและคุณภาพ สามารถกำหนดความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจได้ ไม่มีข้อจำกัดของจำนวนทางเลือกและ

เกณฑ์การตัดสินใจ อีกทั้งยังสามารถจัดลำดับทางเลือก โดยลดความคลุมเครือที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตัดสินใจทั้งหมดด้วยการพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีระยะใกล้ค่าอุดมคติเชิงบวกแบบฟัซซี่และระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบแบบฟัซซี่สูงสุด (Chen and Lu, 2015)

จากปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและข้อจำกัดของการประยุกต์ FTOPSIS การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการเสนอวิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบด้วย FTOPSIS พิจารณาคัดสินใจเชิงปริมาณและคุณภาพ พร้อมทั้งประยุกต์วิธีการที่เสนอกับปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์จริงของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่ 3 (Third Party Logistics Provider: 3PL) ที่ขนส่งสินค้าจากนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร ไปยังศูนย์กระจายสินค้าในนครโฮจิมินห์ (Ho Chi Minh City) สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม ผลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางแก่ผู้ประกอบการ หรือผู้ให้บริการโลจิสติกส์ สามารถตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสนับสนุนการเป็นศูนย์กลางการขนส่งสินค้าและโลจิสติกส์ของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ต้องการเสนอวิธีการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบด้วย FTOPSIS มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถแบ่งได้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ (C₁) และเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ (C₂) โดยเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณเป็นเกณฑ์การ

ตัดสินใจที่บอกปริมาณมาก หรือน้อยกว่ากันเท่าไร
ได้ สามารถคำนวณได้จากตัวแบบต้นทุนการขนส่ง
ต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transport Cost-
Model) ซึ่งเป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับการคำนวณ
ต้นทุนและระยะเวลาการขนส่งที่ประกอบด้วย
รูปแบบการขนส่งที่มากกว่าหนึ่งรูปแบบขึ้นไป (Seo
et al., 2017) ส่วนเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ
ประกอบด้วยเกณฑ์การตัดสินใจรอง ต้นทุนค่าขนส่ง
(C₁₁) และระยะเวลาในการขนส่ง (C₁₂) ส่วนเกณฑ์
การตัดสินใจเชิงคุณภาพ ประกอบด้วยเกณฑ์การ
ตัดสินใจรอง ได้แก่ ความเสี่ยงต่อตัวสินค้า (C₂₁)
ความเสี่ยงของโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวก (C₂₂) ความเสี่ยงด้านการดำเนินงาน (C₂₃)
ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม (C₂₄) ความเสี่ยงด้านมหา
ภาค (C₂₅) ความเสี่ยงด้านกฎหมายและปัญหาทางการ
เมือง (C₂₆) และความน่าเชื่อถือของการขนส่ง (C₂₇)
รายละเอียดเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดแสดงใน
(Yang *et al.*, 2011; Kengpol *et al.*, 2012; Vilko and
Hallikas, 2012; Kengpol *et al.*, 2014; Wang and
Yeo, 2016)

2. กำหนดและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของเส้นทาง การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์วิธีการที่
เสนอกับบริษัทกรณีศึกษาที่ต้องการเลือกเส้นทาง
การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากนิคมอุตสาหกรรม
อมตะนครไปยังศูนย์กระจายสินค้าในนครโฮจิมินห์
โดยสินค้าที่ทำการขนส่งเป็นสินค้าประเภทชิ้นส่วน
อะไหล่เครื่องปรับอากาศซึ่งมีน้ำหนักเบา ขนาดเล็ก
ง่ายต่อการบรรจุภัณฑ์ และสามารถขนส่งด้วยการ

ขนส่งทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งด้วย
รถบรรทุก รถไฟ เรือเดินทะเล หรือเครื่องบิน บริษัท
กำหนดให้เส้นทางที่พิจารณาต้องอยู่ภายใต้
งบประมาณในการขนส่งไม่เกิน 350,000 บาท
ระยะเวลาการขนส่งไม่เกิน 10 วัน โดยมีเส้นทางที่
เป็นไปได้ทั้งหมดจำนวน 9 เส้นทางที่เกิดจากการ
เชื่อมต่อเส้นทางขนส่งสินค้าระหว่างจุดเชื่อมต่อ
(Node) หรือจุดขนถ่ายสินค้า เส้นทางทั้งหมดเป็น
เส้นทางที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ขนส่งสินค้าทั้งในอดีต
และปัจจุบัน รวมถึงได้จากการสัมภาษณ์ตัวแทนของ
บริษัทรับขนส่งสินค้าระหว่างประเทศอื่นซึ่งมี
ประสบการณ์การขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยัง
นครโฮจิมินห์จำนวน 3 ราย รายละเอียดของเส้นทาง
ที่เป็นไปได้ทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 1 เมื่อ
กำหนดให้ N₁ แทนนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร N₂
แทนด่านศุลกากรลาวบาว N₃ แทนศูนย์กระจายสินค้า
นครโฮจิมินห์ N₄ แทนท่าอากาศยานนานาชาติ
สุวรรณภูมิ N₅ แทนท่าอากาศยานนานาชาติเดินเซิน
ญีต N₆ แทนท่าอากาศยานนานาชาติดานัง N₇ แทน
สถานีรถไฟดงห้า N₈ แทนสถานีรถไฟดานัง N₉ แทน
สถานีรถไฟไซ่ง่อน N₁₀ แทนท่าเรือดานัง N₁₁ แทน
ท่าเรือไซ่ง่อน และ N₁₂ แทนท่าเรือแหลมฉบัง ส่วน
การรูปแบบการขนส่งกำหนดให้ – แทนการขนส่ง
ด้วยรถบรรทุก ## แทนการขนส่งด้วยเรือเดินทะเล
++ แทนการขนส่งด้วยรถไฟ และ ** แทนการขนส่ง
ด้วยเครื่องบิน ทั้งนี้ต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาใน
การขนส่งคำนวณจากการขนส่งด้วยตู้บรรจุสินค้า
ขนาด 40 ฟุตแบบเต็มตู้

ตารางที่ 1 เส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เส้นทางขนส่ง	ต้นทุนค่า ขนส่ง (บาท)	ระยะเวลาการ ขนส่ง (วัน)	เส้นทางขนส่ง	ต้นทุนค่า ขนส่ง (บาท)	ระยะเวลาการ ขนส่ง (วัน)
N1 — N4 ** N5 — N3 (A1)	190,116	1.83	N1 — N12 ## N11 — N3 (A6)	39,601	5.81
N1 — N2 — N7 ++ N9 — N3 (A2)	78,838	6.41	N1 — N4 ** N6 — N10 ## N11 — N3 (A7)	220,346	6.29
N1 — N2 — N10 ## N11 — N3 (A3)	87,425	7.38	N1 — N4 ** N6 — N9 — N3 (A8)	274,609	9.28
N1 — N2 — N8 ++ N9 — N3 (A4)	84,946	7.44	N1 — N4 ** N6 — N3 (A9)	266,024	3.78
N1 — N2 — N6 ** N5 — N3 (A5)	237,154	4.40			

จากตารางที่ 1 เส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่เป็นไปได้ทั้งหมดสามารถขนส่งสินค้าภายใต้งบประมาณและระยะเวลาการขนส่งที่กำหนด ได้อย่างไรก็ตามเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบแต่ละเส้นทางมีจุดเด่นและจุดด้อยแตกต่างกัน เช่น เส้นทาง A1 มีระยะเวลาการขนส่งที่ต่ำสุด เส้นทาง A6 มีต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำสุด หรือเส้นทาง A7 มีจุดเปลี่ยนถ่ายสินค้ามากที่สุด เป็นต้น อีกทั้งเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบแต่ละเส้นทางยังมีระดับความสำคัญที่แตกต่างกันในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ และบริษัทกรณีศึกษาใช้การเลือกเส้นทางขนส่งจากประสบการณ์ในอดีตไม่มีวิธีพิจารณาเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นจำเป็นต้องพิจารณาเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการตัดสินใจ

3. กำหนดฟังก์ชันและระดับความเป็นสมาชิกให้กับข้อมูลนำเข้า

ขั้นตอนนี้แนวคิดของตรรกศาสตร์คลุมเครือจะถูกประยุกต์กับระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจและระดับการให้คะแนนทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ โดยกำหนดให้ข้อมูลนำเข้าทั้งหมดมีฟังก์ชันการแจกแจงความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function: TMF) เนื่องจากเป็นฟังก์ชันการแจกแจงความเป็นสมาชิกที่สอดคล้องกับวิธีคิดของมนุษย์และทำความเข้าใจได้ง่ายมากที่สุด (Sharmila and Uthayakumar, 2017) โดยระดับการประเมินแต่ละระดับประกอบด้วยชุดตัวเลขจำนวน 3 ค่า ได้แก่ ระดับการประเมิน (Medium: b) มีค่าระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 เท่านั้น ขอบเขตด้านล่าง (Lower Limit: a) และขอบเขตด้านบน (Upper Limit: c) ทั้งนี้ a และ c มีค่าระดับความเป็นสมาชิกลดลงตามลำดับเมื่อ $a < b < c$ การคำนวณระดับความเป็นสมาชิกแสดงดังสมการที่ (1) เมื่อ $\mu(x)$ คือ ระดับความเป็นสมาชิก

$$\mu(x) = \begin{cases} (x - a) / (b - a) & ; a \leq x \leq b \\ (c - x) / (c - b) & ; b \leq x \leq c \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

ตัวแปรภาษาและชุดตัวเลขของระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจและระดับ

การให้คะแนนทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับการประเมินความสำคัญและระดับการให้คะแนนทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ

ตัวแปรภาษา	ระดับการประเมินความสำคัญ	ตัวแปรภาษา	ระดับการให้คะแนนทางเลือก
มีความสำคัญต่ำสุด (VL)	(0.00, 0.00, 0.20)	มีคะแนนต่ำสุด (VP)	(0.00, 0.00, 2.00)
มีความสำคัญต่ำ (L)	(0.10, 0.20, 0.30)	มีคะแนนต่ำ (P)	(1.00, 2.00, 3.00)
มีความสำคัญต่ำถึงปานกลาง (ML)	(0.20, 0.35, 0.50)	มีคะแนนต่ำถึงปานกลาง (MP)	(2.00, 3.50, 5.00)
มีความสำคัญปานกลาง (M)	(0.40, 0.50, 0.60)	มีคะแนนปานกลาง (F)	(4.00, 5.00, 6.00)
มีความสำคัญปานกลางถึงสูง (MH)	(0.50, 0.65, 0.80)	มีคะแนนปานกลางถึงสูง (MG)	(5.00, 6.50, 8.00)
มีความสำคัญสูง (H)	(0.70, 0.80, 0.90)	มีคะแนนสูง (G)	(7.00, 8.00, 9.00)
มีความสำคัญสูงสุด (VH)	(0.80, 1.00, 1.00)	มีคะแนนสูงสุด (VG)	(8.00, 10.00, 10.00)

4. รวบรวมความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจ

ผู้ตัดสินใจที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับโลจิสติกส์ด้านการขนส่งสินค้าและการบริหารการขนส่งอย่างน้อย 10 ปี ต้องทำการประเมินความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจหลักและเกณฑ์การตัดสินใจรองด้วยตัวแปรภาษาและระดับการประเมินความสำคัญและให้คะแนนทางเลือกภายใต้แต่ละเกณฑ์การตัดสินใจดังตารางที่ 2 การรวบรวมความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจจะดำเนินการตามกระบวนการของวิธีเดลฟาย (Delphi) เนื่องจากผู้ตัดสินใจแต่ละรายมีความเชี่ยวชาญด้านรูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาและมีประสบการณ์ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงของเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ดังนั้นจำเป็นต้องหาฉันทามติของกลุ่มผู้ตัดสินใจโดยการรวบรวมความคิดเห็นรอบที่ 1 เป็นการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจและระดับการให้คะแนนทางเลือกอย่างอิสระ จากนั้นรวบรวมความคิดเห็นรอบที่ 2 ผู้ตัดสินใจต้องประเมินความคิดเห็นของตนเองด้วยมาตรวัดแบบ 5 ระดับ ต่อมารวบรวมความคิดเห็นจากผู้ตัดสินใจในรอบที่ 3 โดยผู้ตัดสินใจสามารถเปรียบเทียบความคิดเห็นของตนกับผู้ตัดสินใจรายอื่นและสามารถเปลี่ยนแปลงระดับการประเมินความคิดเห็นของตนเองได้ กระทำเช่นนี้

จนกระทั่งระดับการประเมินความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจทุกรายสอดคล้องกัน พิจารณาจากค่าสถิติทดสอบเบื้องต้น ได้แก่ ค่าเฉลี่ยต้องมากกว่า หรือเท่ากับ 3.50 ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต้องไม่เกิน 1.00 (Castillo *et al.*, 2015; Hassan *et al.*, 2015)

5. เลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ

FTOPSIS ถูกนำมาประยุกต์เพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่เหมาะสมจากนิคมอุตสาหกรรมอมตะนครกับนครโฮจิมินห์

5.1 คำนวณตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญ

เนื่องจากระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลักและรองนั้นดำเนินการโดยผู้ตัดสินใจหลายราย ดังนั้นจำเป็นต้องคำนวณค่าตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมด แสดงดังสมการที่ (2) เมื่อ $w_j = (w_{ja}, w_{jb}, w_{jc})$ คือ ตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ j ; $j = 1, 2, \dots, n$ ประกอบด้วย ตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญขอบเขตด้านล่าง (w_{ja}) ระดับการประเมิน (w_{jb}) และขอบเขตด้านบน (w_{jc}) และ k คือ ผู้ตัดสินใจรายที่ k ; $k = 1, 2, \dots, K$ (Awasthi *et al.*, 2011)

$$w_j = \{w_{ja} = \min(w_{jak}), w_{jbk} = \sum_{k=1}^K w_{jb} / K, w_{jck} = \max(w_{jck})\} \quad (2)$$

หลังจากคำนวณตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลักและเกณฑ์การตัดสินใจรองแล้วนั้น ต้องปรับระดับการประเมินความสำคัญด้วยการนำระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลักคูณกับระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจรองที่เป็นสมาชิกของเกณฑ์การตัดสินใจหลักนั้น

5.2 คำนวณตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือก

ในทำนองเดียวกันเนื่องจากระดับการให้คะแนนทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจดำเนินการโดยผู้ตัดสินใจมากกว่า

หนึ่งราย ดังนั้นต้องคำนวณค่าตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกเพื่อนำไปตัดสินใจด้วย FTOPSIS แสดงดังสมการที่ (3) เมื่อ $X_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ คือตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกของเส้นทาง การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ i ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ j ของผู้ตัดสินใจรายที่ k ซึ่งประกอบด้วยตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกขอบเขตด้านล่าง (a_{ij}) ระดับการประเมิน (b_{ij}) และขอบเขตด้านบน (c_{ij}) (Afful-Dadzie *et al.*, 2015) พร้อมนำค่า X_{ij} สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจแบบฟัซซี่ (Fuzzy Decision Matrix: D) ต่อไป

$$X_{ij} = \{a_{ij} = \min(a_{ijk}), b_{ij} = \sum_{k=1}^K b_{ij} / K, c_{ij} = \max(c_{ijk})\} \quad (3)$$

5.3 สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานแบบฟัซซี่

ตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกของเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่ i ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ j ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างเมท

ริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานแบบฟัซซี่ (Fuzzy Normalized Decision Matrix: R) แสดงดังสมการที่ (4) เมื่อ r_{ij} คือค่าปรับบรรทัดฐานของตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกของเส้นทางขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่ i ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ j

$$R = [r_{ij}]_{n \times m} \quad (4)$$

การคำนวณ r_{ij} สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นผลประโยชน์และไม่เป็นผลประโยชน์ แสดงดังสมการที่ (5) (Singh and Agrawal, 2018) เมื่อ c_j^+ คือตัวแทนระดับการให้คะแนนขอบเขตด้านบนภายใต้

เกณฑ์การตัดสินใจ j ที่มีค่าสูงสุด และ a_j^- คือตัวแทนระดับการให้คะแนนขอบเขตด้านล่างภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ j ที่มีค่าต่ำสุด

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \text{ สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นผลประโยชน์}, \quad r_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \text{ สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจที่ไม่เป็นผลประโยชน์} \quad (5)$$

5.4 สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานแบบฟัซซีกำหนดความสำคัญ

ค่าปรับบรรทัดฐานของตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกถูกนำมาคูณกับตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานแบบฟัซซีกำหนดความสำคัญ (Weighted Normalized Fuzzy Decision Matrix: V) ด้วยหลักการดำเนินการของฟัซซี

$$V = [v_{ij}]; r_{ij} \otimes w_j \quad (6)$$

5.5 ระบุค่าอุดมคติเชิงบวกแบบฟัซซีและค่าอุดมคติเชิงลบแบบฟัซซี

ค่าอุดมคติเชิงบวกแบบฟัซซี (Fuzzy Positive Ideal Solution: FPIS) และค่าอุดมคติเชิงลบแบบฟัซซี (Fuzzy Negative Ideal Solution: FNIS) นั้นสามารถระบุได้จากค่าปรับบรรทัดฐานของตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกในทุกๆ เส้นทาง การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบภายใต้แต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ (Walczak and Rutkowska, 2017)

$$FPIS = \{v_j^+ = \max(v_{ijc})\}, FNIS = \{v_j^- = \min(v_{ija})\} \quad (7)$$

5.6 คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกแบบฟัซซีและระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบแบบฟัซซี

การคำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติของคำตอบใช้วิธีการวัดระยะห่างยูคลิดีียน (Euclidean Distance) ซึ่งถูกพัฒนาจากทฤษฎีบทพีทาโกรัส เป็นวิธีการวัดระยะห่างระหว่างจุด 2 จุดในแนวเส้นตรง โดยหากค่าของจุดทั้ง 2 ใกล้เคียงกันมากแล้วระยะห่างยูคลิดีียนจะมีค่าต่ำ วิธีดังกล่าวถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกแบบฟัซซี (d_i^+) และระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบแบบ

(Sangaiah *et al.*, 2015) แสดงดังสมการที่ (6) เมื่อ $v_{ij} = (v_{ija}, v_{ijb}, v_{ijc})$ คือ ค่าปรับบรรทัดฐานของตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกของเส้นทาง การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่ i ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ j แบบกำหนดความสำคัญ และ w_j คือ ตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ j

ทั้งนี้ FPIS และ FNIS พิจารณาได้จากค่าปรับบรรทัดฐานของตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกสูงสุดของขอบเขตด้านบนและค่าต่ำสุดของขอบเขตด้านล่าง แสดงรายละเอียดดังสมการที่ (7) เมื่อ v_j^+ และ v_j^- คือ ค่าปรับบรรทัดฐานของตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกที่สูงสุดและต่ำสุดเกณฑ์การตัดสินใจ j

ฟัซซี (d_i^-) โดยค่า d_i^+ และ d_i^- เป็นผลรวมรากที่สองของค่า $d(v_{ij}, v_j^+)$ และ $d(v_{ij}, v_j^-)$ ในแต่ละทางเลือก เมื่อค่า $d(v_{ij}, v_j^+)$ และ $d(v_{ij}, v_j^-)$ คือระยะห่างระหว่างค่าปรับบรรทัดฐานของตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกกับตัวแปรตัดสินใจใน FPIS และ FNIS ในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ ทั้งนี้สำหรับวิธี FTOPSIS ทางเลือกที่มีความเหมาะสมนั้นควรมีค่า d_i^+ ที่ต่ำและค่า d_i^- ที่สูง ดังนั้นทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุดจะมีระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกแบบฟัซซี

น้อยสุดและมีระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบแบบ สมการที่ (8)

พีชชีมากที่สุด การคำนวณค่า d_i^+ และ d_i^- แสดงดัง

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^m d(v_{ij}, v_j^+), d_i^- = \sum_{j=1}^m d(v_{ij}, v_j^-) \quad (8)$$

5.7 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติ

ค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติ (The Closeness Coefficient: CC) ของเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ เป็นค่าที่แสดงถึงระยะห่างจาก

ค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบแบบพีชชีของแต่ละเส้นทาง โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติ แสดงดังสมการที่ (9) (Agrawal *et al.*, 2016)

$$CC_i = d_i^- / (d_i^- + d_i^+) \quad (9)$$

ค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติของเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบทุกเส้นทางมีค่าไม่เกิน 1.00 เสมอ ทั้งนี้เส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุดพิจารณาได้จากค่า CC ที่สูงสุด ซึ่งหมายถึงเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบดังกล่าวมีระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกแบบพีชชีที่ต่ำสุดและมีระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบแบบพีชชีที่สูงสุด ส่วนเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบอื่นซึ่งเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมรองลงมาจะมีค่า CC ลดลงตามลำดับ (Dash *et al.*, 2019)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ประยุกต์วิธีการที่เสนอกับบริษัทกรณีศึกษาที่ทำการขนส่งสินค้าจากนิคมอุตสาหกรรมอมตะนครไปยังศูนย์กระจายสินค้าใน

นครโฮจิมินห์ โดยมีผลการทดลองตามวิธีดำเนินการวิจัยที่กำหนดไว้ดังนี้

ผู้ตัดสินใจ (Decision maker: DM) ตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้จำนวน 4 รายทำการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจด้วยระดับการประเมินฯ ที่กำหนดไว้พร้อมทั้งให้คะแนนทางเลือกภายใต้แต่ละเกณฑ์การตัดสินใจด้วยระดับการให้คะแนนฯ โดยรวบรวมความคิดเห็นจากผู้ตัดสินใจดำเนินการตามวิธีเคฟายจำนวน 4 รอบ มีค่าเฉลี่ย ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการประเมินความคิดเห็นเท่ากับ 4.36, 0.69 และ 1.00 ตามลำดับ ค่าสถิติทั้งหมดเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ผลการรวบรวมระดับการประเมินความสำคัญ แสดงดังตารางที่ 3 จากนั้นรวบรวมระดับการให้คะแนนทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ ตัวอย่างระดับการให้คะแนนเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ C₂₁ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการรวบรวมระดับประเมินความสำคัญ

	DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄		DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄		DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄
C ₁	M	ML	M	H	C ₂₁	ML	L	MH	M	C ₂₅	L	MH	ML	MH
C ₂	L	MH	M	ML	C ₂₂	MH	ML	H	MH	C ₂₆	L	ML	L	ML
C ₁₁	VH	M	M	MH	C ₂₃	MH	ML	L	MH	C ₂₇	H	M	MH	M
C ₁₂	H	MH	VH	ML	C ₂₄	M	L	M	MH					

ตารางที่ 4 ผลการรวบรวมระดับคะแนนทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ C₂₁

	DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄		DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄		DM ₁	DM ₂	DM ₃	DM ₄
A ₁	MP	P	P	MG	A ₄	P	P	MP	G	A ₇	MP	F	MP	P
A ₂	F	F	MG	VG	A ₅	MG	MP	F	MG	A ₈	MP	MG	MG	F
A ₃	MG	P	MG	MP	A ₆	MP	P	MP	P	A ₉	MG	MG	P	MP

ตัวแปรภาษาของระดับประเมินความสำคัญในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจจากผู้ตัดสินใจแต่ละราย ดังตารางที่ 3 ถูกแปลงเป็นชุดตัวเลขพร้อมทั้งคำนวณตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญตามสมการที่ (2) ตัวอย่างการคำนวณตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจหลัก wc₁ ดังนี้ $wc_{1a} = \min(0.40, 0.20, 0.40, 0.70) = 0.20$, $wc_{1b} = (0.50 + 0.35 + 0.50 + 0.80)/4 = 0.54$, $wc_{1c} = \max(0.60, 0.50, 0.60, 0.90) = 0.90$ จากนั้นทำการปรับระดับการ

ประเมินความสำคัญตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจรอง ผลการคำนวณตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ wc₁₁ ดังนี้ $wc_{11} = (0.20, 0.54, 0.90) \otimes (0.40, 0.66, 1.00) = (0.08, 0.36, 0.90)$

ตารางที่ 5 ตัวแทนระดับการประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจ

	W _{ja}	W _{jb}	W _{jc}		W _{ja}	W _{jb}	W _{jc}		W _{ja}	W _{jb}	W _{jc}
C ₁₁	0.08	0.36	0.90	C ₂₂	0.02	0.26	0.72	C ₂₅	0.01	0.20	0.64
C ₁₂	0.04	0.38	0.90	C ₂₃	0.01	0.20	0.64	C ₂₆	0.01	0.12	0.40
C ₂₁	0.01	0.18	0.64	C ₂₄	0.01	0.20	0.64	C ₂₇	0.04	0.26	0.72

ในทำนองเดียวกับตัวแปรภาษาของระดับคะแนนทางเลือกถูกแปลงเป็นชุดตัวเลข พร้อมทั้งคำนวณตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกตามสมการที่ (3) แสดงดังตารางที่ 6

ต่อมาปรับบรรทัดฐานให้กับตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย

FTOPSIS ตามสมการที่ (5) เมื่อเกณฑ์การตัดสินใจ C₁₁ ถึงเกณฑ์การตัดสินใจ C₂₆ เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่ไม่เป็นผลประโยชน์ ส่วนเกณฑ์การตัดสินใจ C₂₇ เป็นเกณฑ์การตัดสินใจที่เป็นผลประโยชน์ พร้อมทั้งนำตัวแทนระดับประเมินความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจคูณกับตัวแทนระดับ

การให้คะแนนทางเลือกที่ผ่านการปรับบรรทัดฐาน กำหนดความสำคัญ แสดงดังตารางที่ 7
โดยเมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานแบบฟัซซี

ตารางที่ 6 ตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ

	C11	C12	C21	C22	C23	...	C27
A1	(1.00, 2.38, 5.00)	(7.00, 8.50, 10.0)	(1.00, 3.50, 8.00)	(1.00, 4.25, 8.00)	(4.00, 7.38, 10.0)	...	(1.00, 3.88, 9.00)
A2	(7.00, 9.00, 10.0)	(1.00, 2.75, 5.00)	(4.00, 6.13, 9.00)	(1.00, 3.13, 6.00)	(2.00, 5.75, 9.00)	...	(2.00, 4.63, 8.00)
A3	(5.00, 8.13, 10.0)	(1.00, 2.00, 3.00)	(1.00, 4.63, 8.00)	(4.00, 5.38, 8.00)	(1.00, 5.00, 8.00)	...	(4.00, 6.13, 9.00)
A4	(5.00, 6.88, 9.00)	(1.00, 2.00, 3.00)	(1.00, 3.88, 9.00)	(1.00, 5.38, 9.00)	(4.00, 7.00, 10.0)	...	(4.00, 7.00, 10.0)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A9	(1.00, 2.00, 3.00)	(5.00, 7.75, 10.0)	(1.00, 3.88, 8.00)	(4.00, 5.75, 9.00)	(1.00, 3.88, 8.00)	...	(1.00, 4.25, 8.00)

ตารางที่ 7 เมทริกซ์การตัดสินใจปรับบรรทัดฐานแบบฟัซซีกำหนดความสำคัญ

	C11	C12	C21	C22	C23	...	C27
A1	(0.02, 0.15, 0.90)	(0.00, 0.04, 0.13)	(0.00, 0.05, 0.64)	(0.00, 0.07, 0.72)	(0.00, 0.03, 0.16)	...	(0.00, 0.26, 0.08)
A2	(0.01, 0.04, 0.13)	(0.01, 0.14, 0.90)	(0.00, 0.03, 0.16)	(0.01, 0.13, 0.72)	(0.00, 0.03, 0.32)	...	(0.01, 0.13, 0.09)
A3	(0.01, 0.04, 0.18)	(0.01, 0.19, 0.90)	(0.00, 0.04, 0.64)	(0.00, 0.26, 0.18)	(0.00, 0.04, 0.64)	...	(0.00, 0.07, 0.08)
A4	(0.01, 0.05, 0.18)	(0.01, 0.19, 0.90)	(0.00, 0.05, 0.64)	(0.00, 0.07, 0.72)	(0.00, 0.03, 0.16)	...	(0.00, 0.07, 0.07)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A9	(0.01, 0.07, 0.27)	(0.02, 0.29, 0.90)	(0.00, 0.08, 0.57)	(0.01, 0.17, 0.72)	(0.00, 0.08, 0.51)	...	(0.00, 0.11, 0.58)

ขั้นตอนถัดมาเป็นผลการระบุค่าอุดมคติเชิงบวกแบบฟัซซีและค่าอุดมคติเชิงลบแบบฟัซซีพิจารณาจากค่าปรับบรรทัดฐานของตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกในทุกๆ เส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ โดยจากตารางที่ 7 พบว่าค่า $FPIS = \{(0.03, 0.18, 0.90), (0.02, 0.29, 0.90), (0.00, 0.08, 0.64), (0.01, 0.26, 0.72), (0.00, 0.08, 0.64), (0.00, 0.13, 0.64), (0.00, 0.05, 0.64), (0.00, 0.05, 0.40), (0.01, 0.26, 0.58)\}$ ในทำนองเดียวกันสำหรับค่า $FNIS = \{(0.01, 0.04, 0.11), (0.00, 0.04, 0.13),$

$(0.00, 0.03, 0.16), (0.00, 0.05, 0.18), (0.00, 0.02, 0.13), (0.00, 0.03, 0.32), (0.00, 0.03, 0.13), (0.00, 0.02, 0.08), (0.00, 0.07, 0.07)\}$ ตามลำดับ

ระยะห่างยูคลิดีเนียนถูกประยุกต์เพื่อคำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและลบแบบฟัซซีกับค่าตัวแทนระดับการให้คะแนนทางเลือกที่ผ่านการปรับบรรทัดฐานกำหนดความสำคัญ ค่า d_i^+ และ d_i^- สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (8) แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและลบแบบฟัซซี

	d_i^+	d_i^-		d_i^+	d_i^-		d_i^+	d_i^-
A1	1.659	1.386	A4	1.259	1.767	A7	1.588	1.359
A2	1.890	1.120	A5	0.989	2.019	A8	1.387	1.649
A3	1.348	1.673	A6	1.417	1.488	A9	0.997	1.939

จากตารางที่ 8 สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติ (CC) ของเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบแต่ละเส้นทางการพิจารณาได้จากสัดส่วนระหว่างค่าระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบแบบฟัซซีกับผลรวมของ

ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและลบแบบฟัซซี ตามสมการที่ (9) ค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติของเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติ

	CC		CC		CC
A1	0.455	A4	0.584	A7	0.461
A2	0.372	A5	0.671	A8	0.543
A3	0.554	A6	0.512	A9	0.660

จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติ พบว่าเส้นทาง A5 เป็นเส้นทางที่มีความเหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติสูงสุด ($CC_{A5} = 0.671$) โดยเริ่มจากการขนส่งด้วยรถบรรทุกจากนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร (N1) ไปยังด่านศุลกากรลาวบาว (N2) พร้อมทั้งทำการขนถ่ายสินค้าเพื่อเปลี่ยนยานพาหนะไปยังรถบรรทุกอีกคันโดยมีจุดหมายปลายทางที่ทำอากาศยานนานาชาติดานัง (N6) จากนั้นใช้การขนส่งด้วยเครื่องบินไปยังทำอากาศยานนานาชาติเด็นเชินญีต (N5) สุดท้ายใช้การขนส่งด้วยรถบรรทุกไปยังศูนย์กระจายสินค้านครโฮจิมินห์ (N3) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นทาง A9 เป็นเส้นทางที่มีความเหมาะสมเป็นลำดับที่สอง เส้นทาง A4 เป็นทางเลือกลำดับที่สาม ส่วนเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบอื่นเป็นทางเลือกที่มีความสำคัญลดลงมาตามลำดับขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติ ทั้งนี้เส้นทาง A2 เป็นทางเลือกลำดับสุดท้ายเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้แนวคิดอุดมคติต่ำสุด ($CC_{A2} = 0.372$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาต้นทุนค่าขนส่งและระยะเวลาการขนส่งของเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ A5 แล้วพบว่าเส้นทางดังกล่าวไม่ได้เป็นเส้นทางการขนส่งที่มี

ต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำสุด หรือเป็นเส้นทางการขนส่งที่มีระยะเวลาการขนส่งที่สั้นสุด แต่เป็นเส้นทางการขนส่งที่มีความเหมาะสมมากที่สุดเมื่อพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมด

การเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากประเทศไทยไปยังนครโฮจิมินห์ประกอบไปด้วยเส้นทางทั้งหมด 9 เส้นทาง โดยจากข้อมูลของเส้นทางทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 1 หากผู้ตัดสินใจต้องการทางเลือกที่มีระยะเวลาการขนส่งที่ต่ำสุด เส้นทาง A1 อาจเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด หรือหากผู้ตัดสินใจต้องการทางเลือกที่มีต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำสุด เส้นทาง A6 อาจเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด แต่เนื่องจากการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบเป็นปัญหา MCDM ซึ่งเกี่ยวข้องกับเกณฑ์การตัดสินใจที่ขัดแย้งกันและทางเลือกจำนวนมาก รวมถึงระดับความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจและทางเลือกที่แตกต่างกัน ดังนั้นจำเป็นต้องพิจารณาทางเลือกที่สามารถประนีประนอมต่อองค์ประกอบทั้งหมดพร้อมกัน โดยเมื่อพิจารณาองค์ประกอบทั้งหมดด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติแบบฟัซซีที่เสนอในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่าเส้นทาง A5 เป็นเส้นทางสะท้อนการได้อย่างเสียอย่างขององค์ประกอบ

ทั้งหมดได้ดีที่สุด สอดคล้องกับผลการดำเนินงานวิจัยของ Kengpol *et al.* (2012); Kengpol *et al.* (2014); Koothongsumrit (2019) ที่แสดงให้เห็นว่าเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่เหมาะสมนั้นต้องตอบสนองเกณฑ์การตัดสินใจ ระดับความสำคัญ และองค์ประกอบทั้งหมดได้เป็นอย่างดี

สำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้งานนั้นอาจมีการจัดทำแผนการขนส่งสินค้าซึ่งเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าขนส่งสินค้าและระยะเวลาการขนส่งในปัจจุบันกับต้นทุนค่าขนส่งสินค้าและระยะเวลาการขนส่งของเส้นทางที่ได้จากวิธีการที่เสนอ พร้อมทั้งแสดงต้นทุนค่าขนส่งที่ไม่คาดคิดซึ่งเกิดขึ้นจากการขนถ่ายสินค้าซ้ำซ้อน (Double Handling) ได้แก่ ความเสียหาย หรือการสูญหายของสินค้าที่เกิดจากการขนถ่ายสินค้า ความล่าช้าของการขนส่งเนื่องจากความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า โดยเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าเส้นทาง A5 มีจุดเด่นด้านความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า ณ สนามบินและด่านศุลกากร มีความทันสมัยและมีจำนวนเพียงพอต่อการใช้งาน มีการดำเนินพิธีการศุลกากรแบบเบ็ดเสร็จจุดเดียว และมีความเสี่ยงของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพที่ต่ำเมื่อเทียบกับความเสี่ยงของเกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพในเส้นทางอื่น ๆ อีกทั้งเส้นทางดังกล่าวยังอยู่ภายใต้งบประมาณและระยะเวลาในการขนส่งที่กำหนด ดังนั้นเส้นทาง A5 จึงเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในการศึกษาครั้งนี้

สรุป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เสนอวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องด้วยวิธีการตัดสินใจแบบเรียงลำดับความสำคัญเทียบเคียงอุดมคติแบบฟัซซี่ โดยจากการทดสอบวิธีการที่เสนอกับกรณีศึกษาสรุปได้ว่าวิธีการที่เสนอนี้มีความน่าเชื่อถือ แม่นยำ ลด

ความคลุมเครือ และความไม่แน่นอนจากการตัดสินใจได้มากที่สุด โดยกำหนดระดับการประเมินต่างๆ ด้วยฟังก์ชันและระดับความเป็นสมาชิกซึ่งสะท้อนความคิดเห็นของผู้ตัดสินใจ ทำให้การแสดงความคิดเห็นครอบคลุมมากกว่าการใช้ระดับการประเมินที่เป็นตัวเลขทวินัย อีกทั้งวิธีการที่เสนอยังเหมาะสมกับเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณและคุณภาพ ไม่มีข้อจำกัดจำนวนเกณฑ์การตัดสินใจ และสามารถจัดลำดับทางเลือกที่ตอบสนองต่อเกณฑ์การตัดสินใจจากทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุดซึ่งเป็นทางเลือกที่มีระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกแบบฟัซซี่ที่ต่ำสุดและมีระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบแบบฟัซซี่ที่สูงสุดกรณีเดียวเท่านั้น แตกต่างจากวิธีแก้ปัญหาคัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์อื่นที่พิจารณา ลำดับ ของ ทาง เลือก จาก คะแนนประสิทธิภาพ ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมาย น้ำหนักความสำคัญ ฯลฯ อย่างไรก็ตามคำตอบจากวิธีการที่เสนออาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ระดับการประเมินความสำคัญและระดับการให้คะแนน งบประมาณค่าขนส่ง และระยะเวลาการขนส่งที่กำหนด นอกจากนี้อาจต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อคำตอบที่ได้ เช่น ประเภทของสินค้าที่ต้องทำการขนส่ง ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่ง การขนส่งเที่ยวเปล่า ต้นทุนค่าขนส่งทางอ้อมที่เกิดจากการส่งสินค้าก่อนระยะเวลาที่กำหนด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม สำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจพัฒนาข้อมูลนำเข้าของวิธีการที่เสนอด้วยการคำนวณระดับความเสี่ยงแบบฟัซซี่ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้กับวิธีแก้ปัญหาคัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์อื่น รวมถึงพัฒนาแนวคิดของวิธีการที่เสนอในรูปแบบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ตัดสินใจด้วยการกำหนดความต้องการและข้อจำกัดของตน เป็นผลให้การ

ตัดสินใจสอดคล้องกับสถานการณ์แห่งความเป็นจริงมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Afful-Dadzie, E., Nabareseh, S., Afful-Dadzie, A. and Oplatková, Z.K. 2015. A fuzzy TOPSIS framework for selecting fragile states for support facility. **Quality & Quantity** 49(5): 1835-1855.
- Agrawal, S., Singh, R.K. and Murtaza, Q. 2016. Disposition decisions in reverse logistics by using AHP-fuzzy TOPSIS approach. **Journal of Modelling in Management** 11(4): 932-948.
- Arunyanart, S., Ohmori, S. and Yoshimoto, K. 2016. Selection of export route option in GMS region recommendation for current situation. **Journal of Japan Industrial Management Association** 67(2E): 193-201.
- Awasthi, A., Chauhan, S.S., Omrani, H. and Panahi, A. 2011. A hybrid approach based on SERVQUAL and fuzzy TOPSIS for evaluating transportation service quality. **Computers & Industrial Engineering** 61(3): 637-646.
- Azadeh, A., Moghaddam, M., Nazari, T. and Sheikhalishahi, M. 2016. Optimization of facility layout design with ambiguity by an efficient fuzzy multivariate approach. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology** 84(1-4): 565-579.
- Castillo, J., Caruana, C.J., Morgan, P.S. and Westbrook, C. 2015. Radiographer managers and service development: a Delphi study to determine an MRI service portfolio for year 2020. **Radiography** 21(1): e21-e27.
- Chen, S.Y. and Lu, C.C. 2015. Assessing the competitiveness of insurance corporations using fuzzy correlation analysis and improved fuzzy modified TOPSIS. **Expert Systems** 32(3): 392-404.
- Dash, R., Samal, S., Dash, R. and Rautray, R. 2019. An integrated TOPSIS crow search based classifier ensemble: in application to stock index price movement prediction. **Applied Soft Computing** 85: 105784.
- Hassan, M., Ali, M., Aktas, E. and Alkayid, K. 2015. Factors affecting selection decision of auto-identification technology in warehouse management: an international Delphi study. **Production Planning & Control** 26(12): 1025-1049.
- Hwang, C.L. and Yoon, K. 1981. **Multiple attribute decision making: methods and applications**. Springer-Verlag, Berlin.
- Kaewfak, K. and Ammarapala, V. 2018. The decision making of freight route in multimodal transportation. **Suranaree Journal of Science and Technology** 25(1): 1-10.
- Kengpol, A. and Tuamsee, S. 2016. The development of a decision support framework for a quantitative risk assessment in multimodal green logistics:

- an empirical study. **International Journal of Production Research** 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. **International Journal of Production Economics** 140(2): 691-701.
- Kengpol, A., Tuammee, S. and Tuominen, M. 2014. The development of a framework for route selection in multimodal transportation. **The International Journal of Logistics Management** 25(3): 581-610.
- Ko, H.J. 2009. A DSS approach with fuzzy AHP to facilitate international multimodal transportation network. **KMI International Journal of Maritime Affairs and Fisheries** 1: 51-70.
- Koohathongsumrit, N. 2017a. Optimization route selecting by multi-criteria decision making analysis. **RMUTP Research Journal** 11(1): 137-150. (in Thai)
- Koohathongsumrit, N. 2017b. Selecting optimal distribution route by zero-one goal programming model. **Research Journal Phranakhon Rajabhat: Science and Technology** 12(2): 78-91. (in Thai)
- Koohathongsumrit, N. 2019. Application of fuzzy logic system based risk assessment to select an optimal multimodal transportation route. **KMUTT Research & Development Journal** 42(4): 343-364. (in Thai)
- Meethom, W. and Koohathongsumrit, N. 2018. Design of decision support system for road freight transportation routing using Multilayer Zero One Goal Programming. **Engineering Journal** 22(6): 185-205.
- Meethom, W. and Koohathongsumrit, N. 2020. A decision support system for road freight transportation route selection with new fuzzy numbers. **Foresight** 22(4): 505-527.
- Sangaiah, A.K., Subramaniam, P.R. and Zheng, X. 2015. A combined fuzzy DEMATEL and fuzzy TOPSIS approach for evaluating GSD project outcome factors. **Neural Computing and Applications** 26(5): 1025-1040.
- Seo, Y.J., Chen, F. and Roh, S.Y. 2017. Multimodal transportation: the case of laptop from Chongqing in China to Rotterdam in Europe. **The Asian Journal of Shipping and Logistics** 33(3): 155-165.
- Sharmila, D. and Uthayakumar, R. 2017. Integrated supply chain model for deteriorating item with exponential demand and triangular fuzzy on holding costs. **Journal of Control and Decision** 4(4): 234-262.
- Singh, R.K. and Agrawal, S. 2018. Analyzing disposition strategies in reverse supply chains: fuzzy TOPSIS approach. **Management of Environmental Quality: An International Journal** 29(3): 427-443.
- Vilko, J.P.P. and Hallikas, J.M. 2012. Risk assessment in multimodal supply chains. **International Journal of Production Economics** 140(2): 586-595.

- Walczak, D. and Rutkowska, A. 2017. Project rankings for participatory budget based on the fuzzy TOPSIS method. **European Journal of Operational Research** 260(2): 706-714.
- Wang, Y. and Yeo, G.T. 2016. A study on international multimodal transport networks from Korea to Central Asia: focus on secondhand vehicles. **The Asian Journal of Shipping and Logistics** 32(1): 41-47.
- Wang, Y. and Yeo, G.T. 2017. Intermodal route selection for cargo transportation from Korea to Central Asia by adopting fuzzy Delphi and fuzzy ELECTRE I methods. **Maritime Policy & Management** 45(1): 3-18.
- Woo, S.H., Kim, S.N., Kwak, D.W., Pettit, S. and Beresford, A. 2017. Multimodal route choice in maritime transportation: the case of Korean auto-parts exporters. **Maritime Policy & Management** 45(1): 19-33.
- Yang, X., Low, J.M.W. and Tang, L.C. 2011. Analysis of intermodal freight from China to Indian Ocean: a goal programming approach. **Journal of Transport Geography** 19(4): 515-527.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. **Information and Control** 8(3): 338-353.