การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เพื่อประเมินทางเลือกเส้นทางการขนส่งวัสดุก่อสร้างเพื่อการส่งออก ไปยังแขวงอุดมไซ สปป.ลาว

Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for selecting an alternative route for transporting construction materials to Oudomxay Province, Lao PDR

นิวัฒน์ชัย ใจคำ[1], หฤทัยรัตน์ จันต๊ะคาด[1], ชลิดา อุดมรักษาสกุล[2] และ ชลากร อุดมรักษาสกุล[3*]
Niwatchai Jaikham[1], Harutairat Jantakard[1], Chalida Udomraksasakul[2]
and Chalakorn Udomraksasakul[3*]

Received: 18 March 2024 ; **Revised**: 26 May 2024 ; **Accepted**: 18 June 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนในการขนส่งทางเรือและการขนส่งทางบก จากบริษัทกรณีศึกษาไปยัง สปป.ลาว (แขวงอุดมไซ) และประเมินทางเลือกเส้นทางการขนส่งที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า โดยประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ของสถานประกอบการภาคอุตสาหกรรม และกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) ในการดำเนินงานวิจัย โดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจ 5 เกณฑ์ คือ (1) ต้นทุนต่อหน่วยสินค้า (2) ระยะเวลาการขนส่ง (3) ความสามารถในการขนส่ง (4) ความปลอดภัยในการขนส่ง และ (5) ความถี่ในการขนส่ง บน 2 เส้นทางการขนส่งคือ (1) ทางเรือ (2) ทางถนน ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนต้นทุนการขนส่งทางถนนมีค่าสูงกว่าการขนส่งทางเรือ ร้อยละ 6.30 บริษัทกรณีศึกษาควรเลือกการขนส่งสินค้าการขนส่งทางเรือ เพราะสามารถตอบสนองต่อเกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 5 เกณฑ์ ได้ถึงร้อยละ 77.2

คำสำคัญ: ต้นทุนการขนส่ง, กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น, การเลือกเส้นทางขนส่ง

Abstract

This study aims to evaluate the expenses of land and sea transportation from the case study company to Lao PDR (Oudomxay province) and identify the most cost-effective modes of transportation to meet the target market's demands. Utilizing the Industrial Logistics Performance Index (ILPI) and the Analytic Hierarchy Process (AHP), the research was carried out utilizing the following five criteria: (1) unit cost ; (2) transit time ; (3) transportability ; (4) transportation safety ; and (5) transportation frequency. The analysis indicates that the cost of shipping freight by road is more expensive than shipping by sea freight. Case study companies should choose to ship by sea freight since they can respond to all 5 choices criteria up to 77.2%.

Keywords: Transportation costs, Analysis Hierarchy Process (AHP), Transportation route selection

[1] หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
[2] หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[3] หลักสูตรวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai
[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
[3] Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
* Correspondent author: Email: chalakorn.u@rmutp.ac.th

บทนำ

การวิเคราะห์การบริหารจัดการขนส่งเป็นกระบวนที่สำคัญในการบริหารจัดการธุรกิจวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากมีผลต่อกำไรและการดำเนินธุรกิจขององค์กรที่มีความสำคัญมาก การทราบค่าต้นทุนการขนส่งอย่างถูกต้องสามารถช่วยในการวางแผนกลยุทธ์การจัดส่งที่มีประสิทธิภาพและทำให้องค์กรสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนทั่วไปและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจ (Marufuzzamanet *et al*., 2015) การเลือกเส้นทางการขนส่งวัสดุก่อสร้างก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการประสบความสำเร็จของการจัดส่ง สามารถช่วยลดต้นทุนการขนส่ง ลดเวลาที่ใช้ในการส่งมอบสินค้า และยังเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า ดังนั้นการวิเคราะห์และการวางแผนเส้นทางการขนส่งเป็นกระบวนที่ที่สำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากร (Bast *et al*., 2016)

บริษัทกรณีศึกษา จำกัด ตั้งอยู่ที่อำเภอเชียงของจังหวัดเชียงราย ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการจำหน่ายวัสดุก่อสร้างทั้งในประเทศ คืออำเภอเชียงของและพื้นที่ใกล้เคียงและต่างประเทศ ได้แก่ สปป.ลาว ในการขนส่งวัสดุก่อสร้างไปจำหน่ายยังแขวงอุดมไซ จะใช้เส้นทางการขนส่ง 2 เส้นทาง คือ การขนส่งทางเรือ เส้นทางท่าเรือบั๊ค อำเภอเชียงของ-ปากอู แขวงอุดมไซ และการขนส่งทางถนน (R3A) เส้นทางอำเภอเชียงของ-แขวงบ่อแก้ว-แขวงหลวงน้ำทา-แขวงอุดมไซ จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่าบริษัทกรณีศึกษาไม่ได้ศึกษาต้นทุนการขนส่ง จึงทำให้ไม่ทราบต้นทุนการขนส่งที่แท้จริง รวมทั้งไม่ได้มีการประเมินทางเลือกเส้นทางการขนส่งที่มีความเหมาะสม จึงทำให้การขนส่งสินค้าของบริษัทฯ ขาดประสิทธิภาพ และอาจส่งผลต่อผลกำไรและประสิทธิภาพการแข่งขันกับผู้ค้ารายอื่น

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ของสถานประกอบการภาคอุตสาหกรรม (Industrial Logistics Performance Index: ILPI) (Rezaei *et al*., 2018) ในการเปรียบเทียบศักยภาพการขนส่ง เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนในการขนส่งทางเรือและทางถนนจากบริษัทกรณีศึกษา จำกัด ไปยังสปป.ลาว (แขวงอุดมไซ) และประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP) (Singh *et al*., 2016) ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งในการประเมินทางเลือกเส้นทางการขนส่งวัสดุก่อสร้างที่มีความเหมาะสมและยังสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับผู้ค้ารายอื่น

วรรณกรรมและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

1. ตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์

การกำหนดตัวชี้วัดความสามารถด้านโลจิสติกส์ถูกจัดทำขึ้นทั้งในระดับสากล ระดับชาติ และระดับองค์กร เช่น ตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ (Logistic Performance Index: LPI) โดยธนาคารโลก ตัวชี้วัดสมรรถนะของโซ่อุปทานด้วยแบบจำลอง SCOR (Supply Chain Operating Reference Model: SCOR Model) โดยองค์กร Supply Chain Council และตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ของสถานประกอบการภาคอุตสาหกรรม(Industrial Logistics Performance Index: ILPI) โดยสำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เป็นต้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์เทียบวัดผลการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน และส่งเสริมให้เกิดการปรับปรุงและพัฒนาองค์กรสู่มาตรฐานด้านโลจิสติกส์ ให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ได้ทันเวลาและลดต้นทุนรวมด้านโลจิสติกส์ โดยสามารถวัดประสิทธิภาพการดำเนินงานครอบคลุมกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ทั้ง 9 กิจกรรม โดยพิจารณาใน 3 มิติ ได้แก่

1. มิติด้านต้นทุน (Cost Dimension) แสดงถึงสัดส่วนต้นทุนของกิจกรรมโลจิสติกส์เปรียบเทียบกับยอดขายประจำปีของกิจการ สามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือควบคุมต้นทุนส่วนเกินที่ไม่จำเป็นได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพสินค้าหรือการบริการ

2. มิติด้านเวลา (Time Dimension) ประกอบด้วยตัวชี้วัดที่ใช้ข้อมูลระยะเวลาของการเคลื่อนย้ายสินค้าที่อยู่นอกเหนือจากช่วงของกระบวนการผลิต และระยะเวลาการเคลื่อนย้ายของข้อมูลที่เริ่มตั้งแต่การรับข้อมูลและสิ้นสุดที่การส่งมอบข้อมูลให้แก่ลูกค้าหรือผู้ใช้สินค้าหรือบริการลำดับถัดไป

3. มิติด้านความน่าเชื่อถือ (Reliability Dimension) ประกอบด้วยตัวชี้วัดที่ใช้วัดความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับการส่งมอบสินค้าและข้อมูล โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ตัวชี้วัดด้านการส่งมอบตรงเวลา (On-time) และตัวชี้วัดด้านการส่งมอบครบจำนวน (In-full) (Division of Logistics, 2017)

2. กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP) ใช้เพื่อแปลงลำดับของรายการจัดอันดับเป็นค่าตัวเลขที่สามารถจัดการและเปรียบเทียบได้อย่างเหมาะสม AHP เป็นเครื่องมือการตัดสินใจขั้นสูงที่เปรียบเทียบความเป็นไปได้ซึ่งยากที่จะ

คำนวณค่าออกมาเป็นตัวเลขได้ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1) Decomposition: การกำหนดและจำแนกองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อจัดรูปแบบกระบวนการตัดสินใจให้เป็นโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้น

2) Prioritization: การกำหนดความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบการตัดสินใจในแต่ละระดับชั้นของโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้น โดยเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญซึ่งได้จากผลการสัมภาษณ์ผู้ตัดสินใจแต่ละคน

3) Synthesis: AHP จะประยุกต์ใช้ “หลักการขององค์ประกอบลำดับชั้น” ในการรวมน้ำหนักความสำคัญของแต่ละค่าของปัจจัย การวัดค่าน้ำหนักแต่ละทางเลือกตามความสำคัญสัมพัทธ์รวม เพื่อนำไปพิจารณาหาทางเลือกที่ดีที่สุด Saaty (1980)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) มีเป็นการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์เป็นหลัก กล่าวคือ การแปลงสิ่งที่ไม่สามารถวัดค่าในเชิงปริมาณให้สามารถพิจารณาในเชิงปริมาณได้ โดยการกำหนดมาตราส่วนในการพิจารณา เพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นไปได้แบบมีเหตุผล โดยกำหนดเป้าหมายและสร้างโครงสร้างของปัญหาที่ต้องการพิจารณาออกมาเป็นแผนภูมิลำดับชั้น (Hierarchy) ตามลำดับชั้นของเกณฑ์ ซึ่งทำให้สามารถมองเห็นองค์ประกอบของปัญหาโดยรวมและเปรียบเทียบปัญหาอย่างเป็นเหตุเป็นผลในทุกปัจจัยที่พิจารณา ส่งผลให้ผลการตัดสินใจมีความถูกต้องรัดกุมมากขึ้น ดังกล่าวจึงเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพและมีความสะดวกในการจัดลำดับความสำคัญ และช่วยทำให้เกิดการตัดสินใจที่ดีในสถานการณ์ที่ต้องมีการเลือก สามารถใช้ได้กับการตัดสินใจที่มีความยุ่งยากซับซ้อนโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบคู่ และเป็นทฤษฎีที่นิยมใช้ในการตัดสินใจอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน (Sopadang, 2009)

3. ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Watanarawee *et al*., (2018) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแข่งขันและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจการค้าข้ามแดนจังหวัดเชียงราย จำนวน 295 ราย โดยวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ ทั้ง 3 มิติ พบว่า ประสิทธิภาพในการจัดการโลจิสติกส์ มิติด้านความน่าเชื่อถือได้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดอยู่ที่ 0.63 แสดงให้เห็นว่า มีความสามารถส่งมอบสินค้า ได้ครบถ้วนอย่างสม่ำเสมอ เชื่อถือได้ ลูกค้าได้รับสินค้าตามระยะเวลาที่ต้องการ ความเสียหายและการคืนสินค้ามีปริมาณคงที่ ซึ่งมากกว่ามิติด้านต้นทุน และมิติด้านเวลา ที่มีค่าอยู่ที่ 0.50 และ 0.39 ตามลำดับ

Martí *et al*., (2017) ได้ศึกษาโดยประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ (LPI) เพื่อประเมินประสิทธิภาพขององค์กร และคำนวณดัชนีสังเคราะห์ของประสิทธิภาพโลจิสติกส์โดยรวม และเปรียบเทียบประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของประเทศ ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ขึ้นอยู่กับรายได้ และพื้นที่ทางภูมิศาสตร์เป็นส่วนใหญ่ ประเทศที่มีรายได้สูงอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีประสิทธิภาพโลจิสติกส์โดยรวมดีที่สุด

Onsel *et al*., (2019) ได้ทำงานวิจัยเพื่อเสนอวิธีการในการพัฒนาการกำหนดนโยบายในการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ของประเทศ โดยวิเคราะห์ผลกระทบของ Global Competitiveness Index (GCI) ต่อประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ ที่วัดโดย Logistics Performance Index (LPI) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ารัฐบาลควรให้ความสำคัญกับความพร้อมทางเทคโนโลยี การศึกษา และการฝึกอบรมระดับอุดมศึกษา นวัตกรรมเพื่อเอื้อในการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ของประเทศ

Jayathilaka *et al*., (2022) ได้ตรวจสอบผลกระทบของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) และดัชนีประสิทธิภาพโลจิสติกส์ (LPI) ต่อการค้าระหว่างประเทศของประเทศต่างๆ ในแต่ละทวีปและทั่วโลก รวม 142 ประเทศ โดยใช้เทคนิคการถดถอยแผงและเลือกแบบจำลองเอฟเฟกต์สุ่ม (RE) และการทดสอบตัวคูณ Breusch-Pagan Lagrange ผลการวิจัยพบว่า LPI มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการส่งออกสุทธิทั่วโลกโดยเฉพาะในทวีปเอเชีย ยุโรป และโอเชียเนีย ภาพรวมของผลกระทบของ LPI และ GDP ต่อการส่งออกสุทธิ ซึ่งจะช่วยรัฐบาลในการกำหนดและแก้ไขกลยุทธ์ นโยบายเพื่อเร่งการเติบโตของการส่งออก

Solangi *et al*., (2021) ได้เสนอกลยุทธ์ เพื่อเอาชนะอุปสรรคด้านพลังงานหมุนเวียน ด้วยวิธี AHP ซึ่งผลพบว่า เศรษฐกิจและการเงิน การเมืองและนโยบาย และ ตลาด ได้รับการจัดอันดับให้เป็นอุปสรรคที่สำคัญที่สุดในการปรับใช้เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน และวิธี Fuzzy TOPSIS ให้ผลว่า เงินอุดหนุนอัตราภาษีป้อนเข้าและนโยบายโดยตรง การเปิดใช้งานและการบูรณาการเป็นกลยุทธ์ที่เป็นไปได้มากที่สุดในการนำเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนไปใช้ในประเทศปากีสถาน

Singh *et al*., (2016) ได้ใช้ AHP ในการจัดอันดับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำตามขนาดกำลังการผลิต โดยพิจารณาจากปัญหาทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม พบว่าโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกลางเหมาะสมที่สุด ตามมาด้วยโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ ในการจัดลำดับความสำคัญดังกล่าวจะช่วยในการพัฒนากลยุทธ์การพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่เป็นนวัตกรรมสำหรับประเทศและจะช่วยทบทวนกลยุทธ์

ล่าสุดอีกด้วย และอาจเป็นประโยชน์สำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้มีอำนาจตัดสินใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ

Thongphon & Narit (2021) ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาด่านการค้าข้ามพรมแดนไทยระหว่างไทยและมาเลเซีย โดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพ ผลการศึกษายังพบว่า ด่านการค้าข้ามพรมแดนของไทยมีปัญหาหลายประการ เช่น การขาดแคลนอุปกรณ์สำหรับผู้ตรวจการ การที่เจ้าหน้าที่ไม่ได้รับรายละเอียดงาน และความจำเป็นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพิ่มเติม รัฐบาลไทยควรเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกทั้งหมดและจัดให้มีการฝึกอบรมเพื่อให้มีความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎหมาย

Tao Z. (2022) ได้ใช้เทคนิคเชิงปริมาณในการวิเคราะห์การค้าสินค้าเกษตรระหว่างไทยกับจีน 4 วิธี รวมถึงการคำนวณดัชนี Grubel-Lloyd แสดงดัชนีความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ (RCA) ดัชนีความเข้มทางการค้า (TII) และดัชนีเสริมการค้า (TCI) ผลลัพธ์วิธีที่ 1 พบว่าการค้าสินค้าเกษตรของไทยมีความได้เปรียบในการแข่งขันมากกว่าจีน (RCA เฉลี่ย 3 ปี = 1.69 > 1.25) ผลลัพธ์วิธีที่ 2 พบว่าสินค้า 03, 07, 13 และ 14 ของการส่งออกของจีนและการนำเข้าของไทยมีความสมบูรณ์ที่แข็งแกร่ง รายการที่ 10, 11, 17 และ 19 ของการส่งออกของไทยและการนำเข้าของจีนมีความสมบูรณ์ ผลลัพธ์วิธีที่ 3 พบว่าปัจจัยบวกต่อกระแสการค้าทวิภาคีอย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์วิธีที่ 4 พบว่ารายการ 06, 07, 12, 19, 20 และ 21 ได้เปรียบในการค้าภายในอุตสาหกรรม และรายการ 09, 10, 13 และ 18 ได้เปรียบในการค้าระหว่างอุตสาหกรรม

Pornpimol C. *et al.*, (2018) ได้ศึกษากระบวนการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าและออกแบบเส้นทางการขนส่งประเภทวัสดุก่อสร้าง โดยนำเสนออัลกอรีทึมที่พัฒนามาจากวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทางที่มีหลากหลายเส้นทาง ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางเดินรถที่จัดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมมีระยะทางการขนส่งน้อยกว่าวิธีการดำเนินการในปัจจุบันถึงร้อยละ 32.9 และมีค่าใช้จ่ายที่ลดลงร้อยละ 45.23

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

การวิเคราะห์ต้นทุนในการขนส่งทางเรือและทางถนน และการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งวัสดุก่อสร้างจากบริษัทกรณีศึกษา จำกัด ไปยัง สปป.ลาว (แขวงอุดมไซ) มีขั้นตอนการดำเนินงานดัง Figure 1

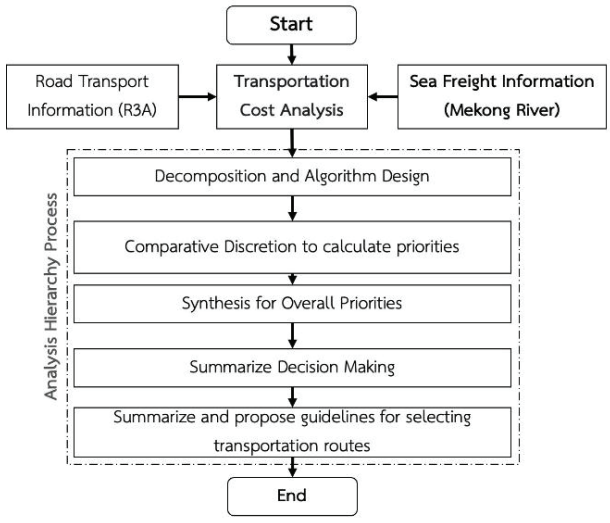

Figure 1 Steps for analyzing transportation and decision-making for selecting transportation routes.

1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ ทั้ง 3 มิติ ได้แก่

1. มิติด้านต้นทุน

คณะผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ในส่วนของ สัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$P = \left(\frac{C_1+C_2+C_3+C_4}{V}\right) \times 100 \quad (1)$$

โดยที่

P คือ สัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย

C_1 คือ ต้นทุนค่าขนส่ง

C_2 คือ ต้นทุนค่าแรงพนักงาน

C_3 คือ ค่าพิธีการศุลกากร

C_4 คือ ค่าธรรมเนียมเจ้าท่า

V คือ มูลค่ายอดขาย

2. มิติด้านเวลา

คณะผู้วิจัยจะศึกษาข้อมูลด้านเวลาการขนส่งในช่วงที่สินค้าออกจากประเทศไทยไปแขวงอุดมไซทั้ง 2 เส้นทาง คือ การขนส่งทางเรือ และการขนส่งทางถนน

3. มิติด้านความน่าเชื่อถือ

คณะผู้วิจัยจะรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เจ้าของบริษัทกรณีศึกษา คือข้อมูลความน่าเชื่อถือ หรือความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นจากการขนส่งในแต่ละเส้นทาง นำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ และผลกระทบ/ความรุนแรง ดัง Table 1 จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับระดับความเสี่ยงจากตารางเมทริกซ์ ดัง Table 2

Table 1 Risk assessment matrix.

Risk Assessment Matrix			Likelihood				
			Very low	Low	Moderate	High	Very high
			1	2	3	4	5
Impact	Very high	5	5	10	15	20	25
	High	4	4	8	12	16	20
	Moderate	3	3	6	9	12	15
	Low	2	2	4	6	8	10
	Very low	1	1	2	3	4	5
			Risk				

Table 2 Risk level comparison matrix.

Risk level	Level	Meaning
Very high	17-25	Levels that are unacceptable require immediate risk management to bring them to an acceptable level.
High	10-16	Unacceptable levels must be managed to bring the risk to an acceptable level.
Moderate	4-9	Levels that are tolerable but need control to prevent the risk from escalating to an unacceptable level.
Low	1-3	Acceptable levels, without the need for risk control or additional management.

2. การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP)

1. การแยกปัญหาและการสร้างลำดับชั้น

ในการจัดระบบการแบ่งลำดับชั้น ผู้วิจัยได้กำหนดระดับชั้นที่สูงที่สุดเรียกว่าวัตถุประสงค์โดยรวม (Overall Objective) คือ เส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด โดยเจ้าของบริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจ ทั้งหมด 5 เกณฑ์ ได้แก่ ต้นทุนต่อหน่วยสินค้า (Cost: C) ระยะเวลาการขนส่ง (Time: T) ความสามารถในการขนส่ง (Efficiency: E) ความปลอดภัยในการขนส่ง (Safety: S) และความถี่ในการขนส่ง (Frequency: F) ระดับล่างสุดของลำดับชั้นคือทางเลือกของการตัดสินใจ (Decision Alternatives) ซึ่งมีทั้งหมด 2 ทางเลือกคือ การขนส่งทางเรือ (W1) และการขนส่งทางถนน (W2) ซึ่งทั้ง 2 เส้นทาง เจ้าของบริษัทกรณีศึกษามองว่าเป็นเส้นทางที่สามารถขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้อย่างปลอดภัยและมีความคุ้มค่าในการขนส่งดัง Figure 2

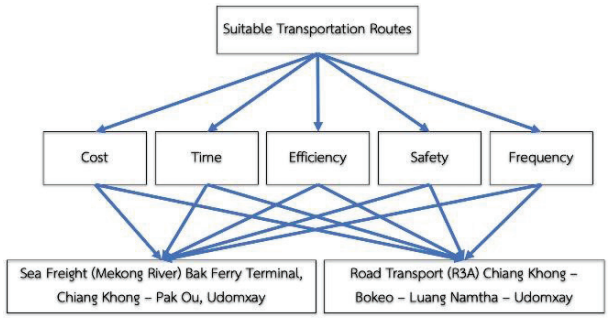

Figure 2 Hierarchy structure of decision-making for selecting construction material transportation routes.

ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์

1. มิติด้านต้นทุน

ในด้านต้นทุนได้ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของต้นทุนย้อนหลัง 2 ปี ตั้งแต่ปี 2564-2565 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย การขนส่งทางเรือ อยู่ที่ร้อยละ 25.01 ซึ่งวิเคราะห์ได้ดังนี้

ต้นทุนค่าขนส่ง (C_1) = 3,705,000 บาท/ปี

ต้นทุนค่าแรงพนักงาน (C_2) = 247,000 บาท/ปี

ค่าธรรมเนียมเจ้าท่า (C_3) = 41,167 บาท/ปี

ค่าพิธีการศุลกากร (C_4) = 21,600 บาท/ปี

มูลค่ายอดขาย (V) = 16,055,000 บาท/ปี

$$P = \left(\frac{3{,}705{,}000 + 247{,}000 + 41{,}167 + 21{,}600}{16{,}055{,}000}\right) \times 100$$

= 25.01

สัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย การขนส่งทางถนน อยู่ที่ร้อยละ 31.31 ซึ่งวิเคราะห์ได้ดังนี้

ต้นทุนค่าขนส่ง (C_1) = 7,686,900 บาท/ปี

ต้นทุนค่าแรงพนักงาน (C_2) = 474,500 บาท/ปี

ค่าพิธีการศุลกากร (C_3) = 1,496,500 บาท/ปี

มูลค่ายอดขาย (V) = 30,842,500 บาท/ปี

$$P = \left(\frac{7{,}686{,}900 + 474{,}500 + 1{,}496{,}500}{30{,}842{,}500}\right) \times 100$$

= 31.31

ผลจากการวิเคราะห์พบว่า สัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย การขนส่งทางถนน มีค่าสูงกว่าสัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย การขนส่งทางเรือ อยู่ที่ร้อยละ 6.30

2. มิติด้านเวลา

เส้นทางการขนส่งทางเรือ มีระยะทาง 390 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทางประมาณ 48 ชั่วโมง การขนส่งทางถนน มีระยะทาง 321 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทางประมาณ 7 ชั่วโมง 45 นาที เห็นได้ว่าการขนส่งทางเรือใช้เวลาเดินทางที่นานกว่าการขนส่งทางถนน

3. มิติด้านความน่าเชื่อถือ

จากข้อมูลการสัมภาษณ์เจ้าของบริษัทกรณีศึกษาพบว่า ความเสี่ยงในการขนส่งทางถนน ได้แก่ (1) ความเสี่ยงจากอุบัติเหตุนอกประเทศไทย เพราะไม่ชินเส้นทางของพนักงานขับรถ (2) ความเสี่ยงจากการจัดเก็บภาษีที่ไม่แน่นอนใน สปป.ลาว ส่วนความเสี่ยงจากการขนส่งทางเรือ คือ (3) ความเสี่ยงที่สินค้าจะเสียหายระหว่างการขนถ่ายสินค้าหลายครั้ง (4) ความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ เพราะกระแสน้ำแรงในฤดูฝน ซึ่งผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ และผลกระทบ/ความรุนแรงมีดังนี้

3.1 ความเสี่ยงจากอุบัติเหตุนอกประเทศไทย เพราะไม่ชินเส้นทางของพนักงานขับรถ พบว่า มีความเป็นไปได้สูง และผลกระทบอยู่ในระดับสูง ค่าคะแนนระดับความเสี่ยงเท่ากับ 16

3.2 ความเสี่ยงจากการจัดเก็บภาษีที่ไม่แน่นอนใน สปป.ลาว พบว่า มีความเป็นไปได้สูง และผลกระทบอยู่ในระดับปานกลาง ค่าคะแนนระดับความเสี่ยงเท่ากับ 12

3.3 ความเสี่ยงที่สินค้าจะเสียหายระหว่างการขนถ่ายสินค้าหลายครั้ง พบว่า มีความเป็นไปได้สูง และผลกระทบอยู่ในระดับปานกลาง ค่าคะแนนระดับความเสี่ยงเท่ากับ 12

3.4 ความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ เพราะกระแสน้ำแรงในฤดูฝน พบว่า มีความเป็นไปได้ปานกลาง และผลกระทบอยู่ในระดับสูง ค่าคะแนนระดับความเสี่ยงเท่ากับ 12

ผลการเปรียบเทียบกับระดับความเสี่ยงตารางเมทริกซ์ พบว่า การขนส่งทางถนนมีระดับความเสี่ยงมากกว่าการขนส่งทางเรือ และอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ควรได้รับการจัดการโดยเร็ว และการขนส่งทางถนนยังมีความเสี่ยงในเรื่องของความไม่แน่นอนในการจัดเก็บภาษีของ สปป.ลาว เนื่องจากการจัดเก็บภาษีของแต่ละท้องที่ขึ้นอยู่กับเจ้าแขวง ซึ่งไม่สามารถระบุเป็นจำนวนเงินที่แน่นอนได้

2. ผลการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP)

1. การให้ดุลยพินิจเชิงเปรียบเทียบเพื่อคำนวณลำดับความสำคัญ

คณะผู้วิจัยได้ป้อนข้อมูลค่าน้ำหนักของเกณฑ์การตัดสินใจที่ประเมินจากเจ้าของบริษัทกรณีศึกษา ดัง Table 3 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าลำดับที่ 4 ความปลอดภัยในการขนส่ง ไม่สามารถระบุตัวเลขเพื่อนำมาคำนวณค่าน้ำหนักในการใช้เกณฑ์การตัดสินใจได้ ผู้วิจัยต้องใช้ข้อมูลใน Table 4 เพื่อระบุคะแนนที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ แล้วระบุค่าในลำดับที่ 4 ดังแสดงใน Table 5

Table 3 Baseline data used for evaluating decision-making criteria.

Symbol	Criteria	Alternative (Route)		Unit
		W1	W2	
C	Cost	1,625	2,035	Baht / Ton
T	Time	48	7.75	Hour
E	Efficient	30	13	Ton / Round
S	Safety	Good	Poor	-
F	Frequency	23	30	Round / Week

Table 4 Data on criteria scoring.

Likert Scale	Score
Excellent	5
Very Good	4
Good	3
Fair	2
Poor	1

Table 5 Converting basic data into scores that can be used to consider decision criteria.

Symbol	Criteria	Alternative (Route)		Unit
		W1	W2	
C	Cost	1,625	2,035	Baht/Ton
T	Time	48	7.75	Hour
E	Efficient	30	13	Ton / Round
S	Safety	3	1	-
F	Frequency	23	30	Round / Week

1.1 การเปรียบเทียบคู่ (Pairwise Comparisons)

คณะผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการจัดสินใจในแต่ละคู่ ดัง Table 6 เมื่อทำการจับคู่เพื่อทำการเปรียบเทียบแล้วจะใช้มาตราส่วนการเปรียบเทียบคือ มาตราส่วนมูลฐาน AHP 1-9 ดัง Table 7 โดยทำการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ ดังTable 8

Table 6 Pairwise Comparisons. (Saaty, 1980)

Criteria	C	T	E	S	F
C	1	C/T	C/E	C/S	C/F
T	T/C	1	T/E	T/S	T/F
E	E/C	E/T	1	E/S	E/F
S	S/C	S/T	S/E	1	S/F
F	F/C	F/T	F/E	F/S	1

Table 7 Decision criteria. (Saaty, 1980)

(Verbal Judgement)	Decision criteria
(Equal Importance)	1
(Moderate Importance)	3
(Strong Importance)	5
(Very Strongly Importance)	7
(Extreme Importance)	9
(Mean)	2, 4, 6, 8

Table 8 AHP basic scale data of each pair of decision-making criteria.

Criteria	Criteria					Total
	C	T	E	S	F	
C	1	1/7	1/3	1	1/3	2.810
T	7	1	1/3	3	1/3	11.667
E	3	3	1	7	1	15.000
S	1	1/3	1/7	1	1/7	2.619
F	3	3	1	7	1	15.000

1.2 การคำนวณค่าน้ำหนัก (Weight Calculation)

เป็นการลำดับความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจให้ความสำคัญกับเกณฑ์การพิจารณาทางเลือกแต่ละทาง ใน Table 9 พบว่า เจ้าของบริษัทกรณีศึกษาได้ให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยในการขนส่งมากที่สุด โดยได้น้ำหนักอยู่ที่ 2.713 คิดเป็น ร้อยละ 40.4 รองลงมาเป็นด้านต้นทุนต่อหน่วยสินค้า ได้น้ำหนักอยู่ที่ 2.290 คิดเป็น ร้อยละ 34.1 จากนั้นคำนวณค่าน้ำหนักระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจเปรียบเทียบกับทางเลือกซึ่งแสดงได้ดัง Table 10 ถึง Table 14 และเมื่อคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจเปรียบเทียบกันในแต่ละคู่ ดัง Table 15

Table 9 Weight Calculation.

Criteria	Criteria					Total
	C	T	E	S	F	
C	1	1/7	1/3	1	1/3	2.810
T	7	1	1/3	3	1/3	11.667
E	3	3	1	7	1	15.000
S	1	1/3	1/7	1	1/7	2.619
F	3	3	1	7	1	15.000
Weight	2.290	0.844	0.437	2.713	0.437	6.721
Percent	0.341	0.126	0.065	0.404	0.065	1.000

Table 10 Average Cost.

Average cost	W1	W2	Weight	Percent
W1	1.000	7.000	2.646	0.875
W2	0.143	1.000	0.378	0.125
Total			**3.024**	**1.000**

Table 11 Average Time.

Average Time	W1	W2	Weight	Percent
W1	1.000	0.200	0.447	0.167
W2	5.000	1.000	2.236	0.833
Total			**2.683**	**1.000**

Table 12 Average Efficient.

Average Efficient	W1	W2	Weight	Percent
W1	1.000	7.000	2.646	0.875
W2	0.143	1.000	0.378	0.125
Total			**3.024**	**1.000**

Table 13 Average Safety.

Average Safety	W1	W2	Weight	Percent
W1	1.000	7.000	2.646	0.875
W2	0.143	1.000	0.378	0.125
Total			**3.024**	**1.000**

Table 14 Average Frequency.

Average Frequency	W1	W2	Weight	Percent
W1	1.000	0.200	0.447	0.167
W2	5.000	1.000	2.236	0.833
Total			**2.683**	**1.000**

Table 15 Weighted comparison of decision criteria within each decision criterion.

Criteria	Criteria					Total
	C	T	E	S	F	
C	0.356	0.051	0.119	0.356	0.119	1.000
T	0.600	0.086	0.029	0.257	0.029	1.000
E	0.200	0.200	0.067	0.467	0.067	1.000
S	0.382	0.127	0.055	0.382	0.055	1.000
F	0.200	0.200	0.067	0.467	0.067	1.000
Average	**0.348**	**0.133**	**0.067**	**0.386**	**0.067**	**1.000**

1.3 การตรวจสอบความสอดคล้องของดุลยพินิจ (Consistency Check) สามารถวัดระดับความสอดคล้องของดุลยพินิจแต่ละชุดได้ จากการคำนวณอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR) ในแต่ละเมทริกซ์ โดยทั่วไปค่าวิกฤตจะอยู่ที่ 0.1 แสดงว่า ดุลยพินิจนั้นไม่น่าเชื่อถือช่วงที่ยอมรับได้ ค่าของ CR ขึ้นอยู่กับขนาดของเมทริกซ์ งานวิจัยนี้มีเกณฑ์การตัดสินใจอยู่ที่ 5 เกณฑ์ ดังนั้นจึงเป็นเมทริกซ์มีขนาด 5x5 ค่า CR จึงไม่ควรเกิน 0.1 การคำนวณค่า CR สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 โดยที่ = 5 ใช้ค่า RI = 1.12 ในการคำนวณค่า CR

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2}$$

โดยที่

CR = ค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

CI = ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

RI = ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index) พิจารณาจาก Table 16

Table 16 Random Index. (Saaty, 1980)

	RI
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index: CI) สามารถหาได้จากสมการที่ 3

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \quad (3)$$

โดยที่

n = ขนาดของสแควร์เมริกซ์ หรือจำนวนของเกณฑ์ ซึ่งเมทริกซ์มีขนาด 5x5 ค่าของ n จึงมีค่าเท่ากับ 5

$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{k_i}{r_i}}{n}$ = หรือค่าเฉลี่ยของผลรวมต่อค่าเฉลี่ย

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของดุลยพินิจสามารถแสดงได้ดัง Table 17 เมื่อพิจารณาค่า CR แล้วพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.094 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.1 แสดงว่า ดุลยพินิจนี้มีความน่าเชื่อถืออยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ สามารถนำข้อมูลการพิจารณาดังกล่าวไปคำนวณเพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกต่อได้

Table 17 Consistency Check.

Criteria	Criteria					Sum for average
	C	T	E	S	F	
C	0.348	0.929	0.201	0.386	0.201	5.941
T	0.050	0.133	0.201	0.129	0.201	5.371
E	0.116	0.044	0.067	0.055	0.067	5.211
S	0.348	0.398	0.469	0.386	0.469	5.367
F	0.116	0.044	0.067	0.055	0.067	5.211
					=	5.420
					CI =	0.10503
					CR =	**0.094**

2. การสังเคราะห์เพื่อให้ได้ลำดับความสำคัญโดยรวม

พิจารณาจากน้ำหนักที่ให้ความสำคัญของเกณฑ์ที่นำมาพิจารณาในการตัดสินใจ ซึ่งได้จาก Table 9 แล้วนำไปคูณกับน้ำหนักที่ให้ความสำคัญของทางเลือกที่นำมาพิจารณาในการตัดสินใจในแต่ละทางเลือก ซึ่งได้จาก Table ถึง Table 14 ภาพรวมในการคำนวณแสดงดัง Table 18 เมื่อคำนวณค่าน้ำหนักการตัดสินใจพบว่า ทางเลือกที่มีค่าน้ำหนักในการพิจารณามากที่สุดคือ การขนส่งสินค้าทางเรือ (W1) ซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.772 หมายความว่า เจ้าของบริษัทกรณีศึกษา ควรเลือกการขนส่งสินค้าทางเรือ เพราะสามารถตอบสนองต่อเกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 5 เกณฑ์ ได้ถึง 0.772 หรือร้อยละ 77.2 ผลการคำนวณดัง Table 19

Table 18 Suitable choices (Transportation Routes).

Criteria	Percent	Suitable choices (Transportation Routes)	
		(W1)	(W2)
C	0.341	0.90	0.10
T	0.126	0.25	0.75
E	0.065	0.83	0.17
S	0.404	0.90	0.10
F	0.065	0.25	0.75
Total	**100.00**		

Table 19 Ranking of suitable transportation options.

Criteria	Suitable choices	
	(W1)	(W2)
C	0.307	0.034
T	0.031	0.094
E	0.054	0.011
S	0.363	0.040
F	0.016	0.049
Weight	**0.772**	**0.228**
Ranking	1	2

3. สรุปผลการตัดสินใจ

เจ้าของบริษัทกรณีศึกษา มีวัตถุประสงค์ในการเลือกเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมด 5 เกณฑ์ ได้แก่ ต้นทุนต่อหน่วยสินค้า ระยะเวลาการขนส่ง ความสามารถในการขนส่ง ความปลอดภัยในการขนส่ง และความถี่ในการขนส่ง โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน ความปลอดภัยของสินค้าที่จะส่งถึงมือลูกค้าแล้วทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในสินค้าและบริการ ทางเลือกของการตัดสินใจ มีทั้งหมด 2 ทางเลือกคือ การขนส่งทางเรือ (W1) และการขนส่งทางถนน (W2) ผลการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP) มีรายละเอียดดังนี้

คะแนนความสำคัญกับเกณฑ์การพิจารณา ใน Table 9 พบว่า การพิจารณาด้านความปลอดภัยในการขนส่งมีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 2.713 คิดเป็น ร้อยละ 40.4 รองลงมาเป็นด้านต้นทุนต่อหน่วยสินค้าอยู่ที่ 2.290 คิดเป็นร้อยละ 34.1 จากนั้นคำนวณค่าสัดส่วนความสอดคล้อง มีค่าเท่ากับ 0.094 ซึ่งน้อยกว่า 0.1 แสดงว่า ดุลยพินิจนี้มีความน่าเชื่อถืออยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ สามารถนำไปคำนวณเพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกต่อได้ เมื่อคำนวณค่าน้ำหนักใจการตัดสินใจแล้วพบว่า การขนส่งทางเรือ (W1) มีค่าน้ำหนักในการพิจารณามากที่สุดอยู่ที่ 0.772 หมายความว่า หากเจ้าของบริษัทกรณีศึกษาจะเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยพิจารณาจากเกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 5 เกณฑ์ ควรเลือกการขนส่งทางเรือ เส้นทางท่าเรือบ๊ค อำเภอเชียงของ-ปากอู แขวงอุดมไซ เพราะสามารถตอบสนองต่อเกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 5 เกณฑ์ ได้ถึง 0.772 หรือร้อยละ 77.2

อภิปรายผลและสรุป

1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ มิติด้านต้นทุน สัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย ของการขนส่งทางเรืออยู่ที่ร้อยละ 25.01 ของการขนส่งทางถนน อยู่ที่ร้อยละ 31.31 ซึ่งสัดส่วนต้นทุนการขนส่งทางถนนมีค่าสูงกว่าการขนส่งทางเรือ อยู่ที่ร้อยละ 6.30

2. การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เจ้าของบริษัทกรณีศึกษาให้ความสำคัญกับเกณฑ์ความปลอดภัยในการขนส่งมากที่สุดซึ่งมีน้ำหนักร้อยละ 40.4 รองลงมาต้นทุนต่อหน่วยสินค้า มีน้ำหนักร้อยละ 34.1 เมื่อคำนวณค่าน้ำหนักใจการตัดสินใจพบว่า การขนส่งทางเรือ (W1) มีค่าน้ำหนักในการพิจารณามากที่สุดอยู่ที่ 0.772 หมายความว่า หากเจ้าของบริษัทกรณีศึกษาจะเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยพิจารณาจากเกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 5 เกณฑ์ ควรเลือกการขนส่งทางเรือ เส้นทางท่าเรือบ๊ค อำเภอเชียงของ-ปากอู แขวงอุดมไซ เพราะสามารถตอบสนองต่อเกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 5 เกณฑ์ ได้ถึง 0.772 หรือร้อยละ 77.2

3. ผลที่ได้จากการวิจัยเป็นผลจากอิทธิพลของปัจจัยของเกณฑ์การพิจารณาทั้ง 5 เกณฑ์ รวมทั้งผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับเกณฑ์ความปลอดภัยในการขนส่งมากที่สุด ส่วนต้นทุนต่อหน่วยสินค้า และระยะเวลาการขนส่ง เป็นปัจจัยที่คาดการณ์ได้ยากเนื่องจากต้นทุนต่อหน่วยสินค้าขึ้นอยู่กับอัตราภาษีและอัตราค่าแรงงานของ สปป.ลาว ระยะเวลาการขนส่งขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรและสภาพแวดล้อมในแต่ละฤดูกาลของ สปป.ลาว ในแต่ละช่วงเวลาของปี

4. ผู้ประกอบการหรือผู้ที่สนใจสามารถนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษา เปรียบเทียบเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในเลือกรูปแบบและเส้นทางการขนส่งสินค้าให้เหมาะสมได้ทั้งธุรกิจที่เป็นสินค้าทางการเกษตร ยานพาหนะ หรือสินค้าอุปโภค-บริโภคอื่นๆ ที่มีอุปสงค์และอุปทานร่วมกันระหว่างไทย-สปป.ลาว ไทย-เมียนมาร์ ไทย-จีน และไทย-มาเลเซีย ที่สามารถขนส่งสินค้าได้ทั้งทางถนนและทางเรือ

5. การใช้ AHP เพื่อประเมินทางเลือกเส้นทางการขนส่งวัสดุก่อสร้างไปยัง แขวงอุดมไซ สปป.ลาว เป็นการนำเทคนิคนี้มาใช้ในการประเมินและวิเคราะห์ความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจที่ส่งผลต่อการเลือกเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งการวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่ง ทำให้เกิดการรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับต้นทุนแรงงาน ค่าพิธีการศุลกากร ค่าธรรมเนียมเจ้าท่า การศึกษาเส้นทางและระยะเวลาในการขนส่งสินค้า ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการพัฒนาแผนธุรกิจและกลยุทธ์ในการขนส่งสินค้าไปยังประเทศต่างๆ โดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในภูมิภาคใกล้เคียงในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และบริษัท ซี เค สโตร์ จากัด ที่อนุเคราะห์ข้อมูล อุปกรณ์ สถานที่ และสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยทุกด้าน

เอกสารอ้างอิง

Bast, H. *et al*. (2016). Route Planning in Transportation Networks. *Lecture Notes in Computer Science*, *9220*, 19-80. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49487-6_2.

Division of Logistics.(2017). *Benchmarking Industrial Logistics Performance Index, Supply Chain Performance Index, Logistics Scorecard*. Department of industrial Promotion, Ministry of Industry.

Jayathilaka, R. *et al*. (2022). *Gross domestic product and logistics performance index drive the world trade: A study based on all continents*, PLOS ONE. Edited by W.-W. Sung, 17(3), p. e0264474. Available at: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264474.

Martí, L., Martín, J. C., & Puertas, R. (2017). A Dea-Logistics Performance Index. *Journal of Applied Economics*, *20*(1), 169-192. https://doi.org/10.1016/S1514-0326(17)30008-9.

Marufuzzaman, M., Ekşioğlu, S. D., & Hernandez, R. (2015). Truck versus pipeline transportation cost analysis of wastewater sludge. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *74,* (14-30). https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.02.001.

Onsel Ekici, S. & Kabak, O. & Ulengin, F. (2019). Improving logistics performance by reforming the pillars of Global Competitiveness Index, Transport Policy, 81, pp. 197-207. Available at: https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.06.014.

Pornpimol C. *et al*. (2018). Vehicle Routing Problem for Construction Materials. The Journal of KMUTNB, 28(2), 427-238. (in Thai)

Rezaei, J. & van Roekel, W.S., & Tavasszy, L. (2018). *Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method*. *Transport Policy*, *68*, 158-169. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.05.007.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. International Book Co., New York: McGraw-Hill.

Singh, R. P., & Nachtnebel, H. P. (2016). Analytical hierarchy process (AHP) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 43-58. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.138.

Solangi, Y.A. & Longsheng, C. & Shah, S.A.A. (2021). Assessing and overcoming the renewable energy barriers for sustainable development in Pakistan: An integrated AHP and fuzzy TOPSIS approach. Renewable Energy, 173, pp. 209-222. Available at: https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.141.

Sopadang, A. (2009) *Administrative Decisions*. Thailand: Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering Chiang Mai University. (in Thai).

Thongphon, P.N.S. & Narit D. (2021). The Development Of Thai's Cross-Border Trade Checkpoint Between Thailand And Malaysia. International Journal of Pharmaceutical Research, 13(1). Available at: https://doi.org/10.31838/ijpr/2021.13.01.819.

Tao, Z. (2022). Competitiveness and complementarity of agricultural products between Thailand and China on a short-term basis. Problems and Perspectives in Management, 20(3), pp. 425-436. Available at: https://doi.org/10.21511/ppm.20(3).2022.34.

Watanarawee, W. & Mingmalairaks, P. (2018). Confirmatory factor analysis of logistics management performance of Chiang Rai's trans-border business. *Suthiparithat Journal*, *33*(105), 26-37. (in Thai)