

การเปรียบเทียบต้นทุนและความคุ้มค่าของการขนส่งสินค้าทางอากาศกับ การขนส่งหลายรูปแบบในประเทศไทย

Cost and Value Comparison of Air Cargo and Multimodal Transportation in Thailand

ชิตพงษ์ อัยसानนท์¹, อริยา จิรพวงศานานุรักษ์²

นฤธัน ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา³ และ สุทธาพัฒน์ อมรเรืองตระกูล⁴

Chitpong Ayasanond¹, Ariya Jirapongsananuruk²

Naruethanun Palakawong N Ayuttaya³, and Sutthapat Amornruangtrakool⁴

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

Faculty of Business Administration Bangkokthonburi University, Thailand

E-mail: chitpong.aya@bkkthon.ac.th¹, business@bkkthon.ac.th^{2, 3, 4}

Received July 30, 2025; Revised September 10, 2025; Accepted September 30, 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและระยะเวลาขนส่งแบบรวมระหว่างการขนส่งทางอากาศกับการขนส่งหลายรูปแบบ 2) ประเมินศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานโลจิสติกส์ของไทยและเสนอแนวทางการเลือกรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสม และ 3) พัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการ การวิจัยใช้ระเบียบวิธีแบบผสมผสาน กลุ่มตัวอย่าง 187 ราย เครื่องมือประกอบด้วยแบบสอบถาม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการสนทนากลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา การทดสอบที่ การวิเคราะห์ Chi-square และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า 1) การขนส่งหลายรูปแบบมีต้นทุนรวมต่ำกว่าการขนส่งทางอากาศร้อยละ 33.3 แต่ใช้เวลานานกว่า 2.5 เท่า เมื่อพิจารณาต้นทุน-เวลารวมกัน 2) สินค้าอัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักสูงกว่า 50,000 บาท/กก. เหมาะกับการขนส่งทางอากาศ ($\chi^2=89.45$, $p<0.001$) และ 3) แบบจำลอง V-T-C-E Model ประกอบด้วยปัจจัย Value Analysis (35 %), Time Sensitivity (25 %), Cost Optimization (20%) และ Environmental Impact (10%) มีความแม่นยำในการทำนายร้อยละ 83.5

คำสำคัญ: การขนส่งทางอากาศ; การขนส่งหลายรูปแบบ; ต้นทุนโลจิสติกส์; ความคุ้มค่าการขนส่ง

Abstract

This study aimed to 1) analyze and compare the integrated costs and transit time between air cargo and multimodal transportation, 2) assess Thailand's logistics infrastructure capacity and propose appropriate transportation mode selection guidelines, and 3) develop a decision-making model for entrepreneurs. The research employed a mixed-methods approach with a sample of 187 respondents. Research instruments included questionnaires, in-depth interviews, and focus group discussions. Data analysis used descriptive statistics, t-tests, chi-square tests, and multiple regression. The research findings revealed that: 1) Multimodal transportation had 33.3% lower total costs compared to air cargo but required 2.5 times longer transit time when considering integrated cost-time analysis. 2) Products with value-to-weight ratios exceeding 50,000 baht per kilogram are suitable for air transportation ($\chi^2=89.45$, $p<0.001$), and 3) The V-T-C-E Model comprises four factors: Value Analysis (35%), Time Sensitivity (25%), Cost Optimization (20%), and Environmental Impact (10%), with 83.5% prediction accuracy.

Keywords: air transport; multimodal transport; logistics costs; transportation cost-effectiveness

บทนำ

ในยุคโลกาภิวัตน์ที่เศรษฐกิจเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจสามารถแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ กลยุทธ์ด้านโลจิสติกส์ที่เหมาะสมไม่เพียงช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน แต่ยังช่วยเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าผ่านการจัดส่งสินค้าที่รวดเร็วและตรงต่อเวลา การขนส่งสินค้าทางอากาศ (Air Cargo) เป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมอย่างสูงเนื่องจากความรวดเร็วในการจัดส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสินค้าที่มีมูลค่าสูงหรือมีอายุการเก็บรักษาสั้น

จากข้อมูลของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (Office of Transport and Traffic Policy and Planning: OTP, 2023) พบว่าการขนส่งสินค้าในไทยยังพึ่งพาการบรรทุกเป็นหลัก คิดเป็นร้อยละ 85 ของปริมาณการขนส่งสินค้าทั้งหมด ในขณะที่การขนส่งทางอากาศคิดเป็นเพียงร้อยละ 0.1 แต่มีมูลค่าสูงถึงร้อยละ 19 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการขนส่งทางอากาศต่อสินค้ามูลค่าสูง อย่างไรก็ตาม ต้นทุนที่สูงของการขนส่งทางอากาศทำให้ผู้ประกอบการต้องพิจารณาทางเลือกอื่น จากรายงานของ International Air Transport Association (IATA, 2023) พบว่าการขนส่งสินค้าทางอากาศมีต้นทุนเฉลี่ยสูงกว่าการขนส่งทางทะเลถึง 4-5 เท่า และสูงกว่าการขนส่งทางรางประมาณ 2-3 เท่า

การขนส่งหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) ซึ่งรวมการขนส่งทางอากาศกับระบบโลจิสติกส์อื่น ๆ เช่น ทางรถไฟ หรือรถบรรทุก จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในฐานะทางเลือกที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน

ประเทศไทยในฐานะศูนย์กลางการค้าและโลจิสติกส์ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งอย่างต่อเนื่อง (Rodrigue, 2024) โดยเฉพาะในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) ที่มีการลงทุนในด้านการคมนาคมขนส่ง ทั้งการพัฒนาท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา ท่าเรือแหลมฉบัง และระบบรางเพื่อเชื่อมโยงการขนส่งหลายรูปแบบเข้าด้วยกัน รายงานจาก World Bank (2023) ชี้ให้เห็นว่าประเทศไทยมีดัชนีประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ (Logistics Performance Index: LPI) อันดับที่เหมาะสมจาก 139 ประเทศทั่วโลก ซึ่งยังมีศักยภาพในการพัฒนาอีกมาก โดยเฉพาะในด้านการเชื่อมโยงระบบขนส่งหลายรูปแบบ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและความคุ้มค่าของการขนส่งสินค้าทางอากาศกับการขนส่งหลายรูปแบบในประเทศไทย เพื่อให้ผู้ประกอบการมีข้อมูลในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด และเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับภาครัฐในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์ที่ตอบสนองต่อความต้องการของภาคธุรกิจ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและระยะเวลาขนส่งระหว่างทางการขนส่งทางอากาศแบบตรงกับการขนส่งหลายรูปแบบในมิติด้านเศรษฐกิจ ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม
2. เพื่อประเมินศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์ของไทยและเสนอแนวทางการเลือกรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมกับประเภทและมูลค่าสินค้า
3. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการในการเลือกรูปแบบการขนส่งที่คุ้มค่าที่สุด

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดด้านการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวม

Ballou (2004) ได้พัฒนาแนวคิดการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวม ซึ่งเน้นการพิจารณาด้านต้นทุนทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่เพียงแต่ค่าระวางขนส่ง แต่รวมถึงต้นทุนคลังสินค้า ต้นทุนการจัดการสินค้า และต้นทุนโอกาสจากระยะเวลาขนส่ง แนวคิดนี้ได้รับการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนการขนส่งโดย IATA (2023) และได้รับการนำมาใช้ในการศึกษาของ Khanam and Ghosh (2022) ในการศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์ของการขนส่งสินค้าทางอากาศในประเทศกำลังพัฒนา

2. ทฤษฎีการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่ง

Cullinane and Toy (2000) ได้พัฒนาทฤษฎีการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่ง ซึ่งอธิบายว่าการเลือกรูปแบบการขนส่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ไม่เพียงแต่ต้นทุน แต่ยังรวมถึงความเร็ว ความน่าเชื่อถือ ความยืดหยุ่น และความปลอดภัย ทฤษฎีนี้ได้รับการปรับปรุงโดย Li et al. (2023) ให้เหมาะสมกับบริบทของเอเชีย และได้รับการนำมาใช้ในการศึกษาของ Karam et al. (2023) ในการเปรียบเทียบรูปแบบการขนส่งแ่งวงจรถือเล็กทรอนิกส์ เส้นทางเอเชีย-ยุโรป

3. แนวคิดการขนส่งหลายรูปแบบ

Rodrigue (2024) ได้เสนอแนวคิดการขนส่งหลายรูปแบบ ซึ่งอธิบายว่าการผสมผสานรูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนได้ แนวคิดนี้ได้รับการนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของเอเชียโดย Kim et al. (2023) ในการศึกษาประสิทธิภาพของการขนส่งหลายรูปแบบในภูมิภาคอาเซียน และ Sokat and Altay (2023) ในการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ในการขนส่งสินค้าจากเอเชียไปยุโรปในช่วงโควิด-19

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการเปรียบเทียบต้นทุนและความคุ้มค่าของการขนส่งต้องพิจารณาหลายมิติ ได้แก่ ต้นทุนทางตรงและทางอ้อม ระยะเวลาขนส่ง ความเชื่อถือได้ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำแนวคิดและทฤษฎีเหล่านี้มาใช้ในการพัฒนารอบการวิเคราะห์ที่ครอบคลุมและเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

กรอบแนวคิดการวิจัย

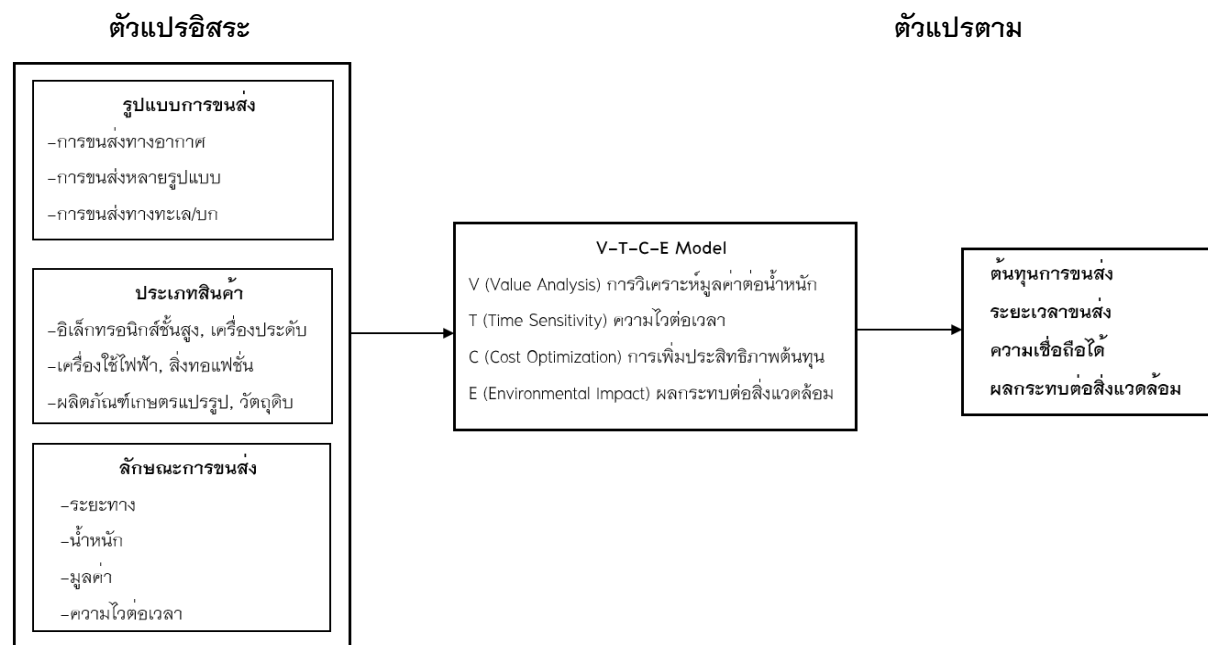
กรอบแนวคิดการวิจัยนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นจากการบูรณาการทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งและโลจิสติกส์หลายทฤษฎี เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบต้นทุนและความคุ้มค่าของการขนส่งสินค้าทางอากาศกับการขนส่งหลายรูปแบบได้อย่างครอบคลุมและเป็นระบบ

ฐานทฤษฎีพื้นฐาน ได้แก่ แนวคิดการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวมของ Ballou (2004) และ IATA (2023) ที่เน้นการพิจารณาด้านต้นทุนทั้งทางตรงและทางอ้อม ทฤษฎีการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งของ Cullinane and Toy (2000) ที่อธิบายปัจจัยในการตัดสินใจ แนวคิดการขนส่งหลายรูปแบบของ Rodrigue (2024) ที่เป็นแกนหลักของการศึกษา และการวิเคราะห์ Value-to-Weight Ratio ของ Li et al. (2023) ที่เป็นตัวกำหนดความเหมาะสมของการขนส่ง

ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วยรูปแบบการขนส่ง ประเภทสินค้า และลักษณะการขนส่ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้บริการขนส่ง โดยรูปแบบการขนส่งแบ่งเป็นการขนส่งทางอากาศ การขนส่งหลายรูปแบบ และการขนส่งทางทะเล/บก ประเภทสินค้าครอบคลุมอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตภัณฑ์เกษตร และสิ่งทออิเล็กทรอนิกส์ขั้นสูง, เครื่องประดับ, เครื่องใช้ไฟฟ้า, สิ่งทอแฟชั่น, ผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูป, วัตถุดิบ ส่วนลักษณะการขนส่งพิจารณาจากระยะทาง น้ำหนัก มูลค่า และความไวต่อเวลา

หัวใจของกรอบแนวคิด คือ V-T-C-E Model ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นใหม่ โดยรวมปัจจัยสำคัญ 4 มิติ ได้แก่ V (Value Analysis) การวิเคราะห์มูลค่าต่อน้ำหนัก T (Time Sensitivity) ความไวต่อเวลา C (Cost Optimization) การเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุน และ E (Environmental Impact) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แบบจำลองนี้ใช้เครื่องมือ Multi-Criteria Decision Making (MCDM) ในการประมวลผลเพื่อช่วยในการตัดสินใจ

ตัวแปรตาม ที่ใช้วัดประสิทธิภาพประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่ง ระยะเวลาขนส่ง ความเชื่อถือได้ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นตัวชี้วัดหลักที่สะท้อนความคุ้มค่าของการขนส่งในมิติต่าง ๆ



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัยเชิงปริมาณ

พื้นที่วิจัย ประเทศไทย โดยเน้นเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ท่าอากาศยานดอนเมือง และศูนย์กลางโลจิสติกส์ในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ผู้ประกอบการส่งออก-นำเข้าและบริษัทโลจิสติกส์ประมาณ 3,500 ราย (OTP, 2023) กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตร Yamane (1973) $n = N / (1 + N(e)^2)$ โดย $N = 3,500$ และ $e = 0.07$ ได้ $n = 192.8$ ปรับเป็น 200 ราย ใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ ตามประเภทสินค้า อิเล็กทรอนิกส์ (ร้อยละ 35) ผลิตภัณฑ์เกษตร (ร้อยละ 30) สิ่งทอและแฟชั่น (ร้อยละ 20) อื่น ๆ (ร้อยละ 15%) และขนาดธุรกิจใหญ่ (ร้อยละ 40) กลาง (ร้อยละ 35) เล็ก (ร้อยละ 25)

เครื่องมือวิจัย แบบสอบถาม 53 ข้อ (สร้างตามแนวคิด Ballou, 2004 และ IATA, 2023) แบ่ง 5 ส่วน ข้อมูลทั่วไป (8 ข้อ) ต้นทุนการขนส่ง (15 ข้อ) ระยะเวลาและความเชื่อถือได้ (10 ข้อ) ปัจจัยการตัดสินใจ (12 ข้อ) ความคิดเห็นการขนส่งหลายรูปแบบ (8 ข้อ) ทดสอบความตรงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (IOC = 0.82) และความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha = 0.87)

การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการมกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2568 ด้วยวิธีแจกด้วยตนเองและ Google Forms จากแบบสอบถาม 200 ฉบับ ได้รับกลับ 195 ฉบับ (ร้อยละ 97.5) มีข้อมูลไม่สมบูรณ์ 8 ฉบับ จึงใช้วิเคราะห์ 187 ฉบับ (ร้อยละ 93.5) สาเหตุไม่ตอบกลับ ปฏิเสธให้ข้อมูลเนื่องจากความลับ (3 ราย) ติดต่оไม่ได้ (2 ราย) สาเหตุข้อมูลไม่สมบูรณ์ ตอบไม่ครบ (5 ราย) ตอบขัดแย้ง (2 ราย) ข้อมูลต้นทุนไม่ชัดเจน (1 ราย) ใช้ Listwise Deletion เนื่องจากข้อมูลขาดหายเพียงร้อยละ 6.5 ไม่กระทบความน่าเชื่อถือ (Hair et al., 2019) อัตราตอบกลับร้อยละ 93.5 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 70 (Creswell & Creswell, 2018)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา (ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) Independent t-test สำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างการขนส่งทางอากาศกับการขนส่งหลายรูปแบบ การวิเคราะห์ Binary Logistic Regression สำหรับศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่ง การทดสอบ Chi-square Association สำหรับทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสินค้าและรูปแบบการขนส่ง และการตรวจสอบ VIF และ Durbin-Watson สำหรับทดสอบสมมติฐานของแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 2 การวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ 15 ราย ประกอบด้วย ผู้บริหารบริษัทขนส่งทางอากาศ (4 ราย) ผู้บริหารบริษัทโลจิสติกส์หลายรูปแบบ (4 ราย) ผู้เชี่ยวชาญภาครัฐ (4 ราย) และนักวิชาการโลจิสติกส์ (3 ราย)

คุณสมบัติ ประสบการณ์โลจิสติกส์อย่างน้อย 10 ปี ตำแหน่งผู้บริหารระดับกลางขึ้นไป และเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจขนส่งสินค้า

เครื่องมือวิจัย (1) แบบสัมภาษณ์เชิงลึกกึ่งโครงสร้าง (สร้างตาม Cullinane & Toy, 2000) 4 หัวข้อหลัก ปัจจัยการตัดสินใจเลือกรูปแบบขนส่ง ข้อดี-ข้อเสียการขนส่งแต่ละรูปแบบ แนวโน้มการขนส่งหลายรูปแบบ และข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (2) การสนทนากลุ่ม 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6-8 คน รวม 21 คน (พัฒนาตาม Rodrigue, 2024) กลุ่มผู้ส่งออกอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตภัณฑ์เกษตร และผู้ให้บริการโลจิสติกส์ (3) การสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ศูนย์กระจายสินค้า EEC และสถานีขนส่งหลายรูปแบบลาดกระบัง

การเก็บรวบรวมข้อมูล เมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2568 สัมภาษณ์เชิงลึก 45-60 นาที/คน สนทนากลุ่ม 90-120 นาที/กลุ่ม สังเกตการณ์ 15 วัน บันทึกด้วยเครื่องบันทึกเสียงและการจดบันทึก

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์เนื้อหาโดยจัดกลุ่มข้อมูลเป็นหมวดหมู่ หาแก่นเรื่อง วิเคราะห์ SWOT และเชิงเปรียบเทียบ ตรวจสอบความน่าเชื่อถือด้วยวิธีสามเส้า

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 187 ราย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้ส่งออกร้อยละ 52.4 รองลงมาเป็นผู้นำเข้าร้อยละ 28.9 และบริษัทโลจิสติกส์ร้อยละ 18.7 ซึ่งเป็นกลุ่มหลักที่ใช้บริการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ด้านขนาดธุรกิจพบว่า กลุ่มตัวอย่างกระจายตัวค่อนข้างสมดุลระหว่างธุรกิจขนาดใหญ่ร้อยละ 40.1 ขนาดกลางร้อยละ 34.8 และขนาดเล็กร้อยละ 25.1 สะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง

ประเภทสินค้าหลักที่กลุ่มตัวอย่างดำเนินธุรกิจ ได้แก่ อิเล็กทรอนิกส์ร้อยละ 35.3 ผลิตภัณฑ์เกษตรร้อยละ 29.9 สิ่งทอและแฟชั่นร้อยละ 19.8 และอื่น ๆ ร้อยละ 15.0 ซึ่งสอดคล้องกับสินค้าส่งออกหลักของไทย

ด้านประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีประสบการณ์ 6–10 ปี ร้อยละ 36.4 รองลงมาคือ 11–15 ปีร้อยละ 24.1 และ 1–5 ปีร้อยละ 22.5 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้และประสบการณ์เพียงพอในการให้ข้อมูลที่เชื่อถือได้เกี่ยวกับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ

วัตถุประสงค์ที่ 1 การเปรียบเทียบต้นทุนและระยะเวลาขนส่งในมิติด้านเศรษฐกิจ ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งทางอากาศและการขนส่งหลายรูปแบบ

มิติการเปรียบเทียบ	การขนส่งทางอากาศ (n=89)	การขนส่งหลายรูปแบบ (n=98)	ผลต่าง (ร้อยละ)	t-value	p-value
ด้านเศรษฐกิจ					
ต้นทุน (บาท/กก.-กม.)	4.18±0.65	2.79±0.43	-33.3	15.82	<0.001***
ระยะเวลา (วัน)	2.8±0.5	7.2±1.1	+157	-28.45	<0.001***
ด้านความปลอดภัย					
อัตราสูญเสีย/เสียหาย (ร้อยละ)	0.12±0.03	0.28±0.07	+133	-16.94	<0.001***
ด้านสิ่งแวดล้อม					
การปล่อย CO ₂ (กก./กก.-กม.)	5.1±0.8	2.8±0.4	-45.1	22.73	<0.001***

หมายเหตุ *** = นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001, ± คือ standard deviation

Independent t-test ใช้สำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสองกลุ่มอิสระ

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า การขนส่งหลายรูปแบบมีข้อได้เปรียบด้านต้นทุนที่ต่ำกว่าร้อยละ 33.3 และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าด้วยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าร้อยละ 45.1 อย่างไรก็ตาม การขนส่งทางอากาศมีข้อได้เปรียบด้านความเร็วและความปลอดภัยของสินค้า

วัตถุประสงค์ที่ 2 การประเมินศักยภาพและแนวทางการเลือกรูปแบบการขนส่ง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ Binary Logistic Regression ของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่ง

ตัวแปรตาม การเลือกรูปแบบการขนส่ง (1 = ทางอากาศ, 0 = หลายรูปแบบ)

ตัวแปรอิสระ	B	SE	Wald	Odds Ratio	95% CI	p-value
อัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนัก	0.0024	0.0003	64.00	1.002	1.002–1.003	<0.001***
ความไวต่อเวลา	0.42	0.28	25.69	4.14	2.39–7.15	<0.001***
ระยะทางการขนส่ง	-0.0018	0.0006	9.00	0.998	0.997–0.999	0.003**
ขนาดของธุรกิจ	0.71	0.32	4.91	2.03	1.08–3.82	0.028*
(Constant)	-2.25	0.45	25.00	0.106	–	<0.001***

สถิติการประเมินแบบจำลอง -2 Log likelihood = 187.45 Nagelkerke R^2 = 0.724 Hosmer–Lemeshow Test: χ^2 = 8.24, p = 0.411 (ยอมรับแบบจำลอง) Overall Classification Accuracy = 85.6%

หมายเหตุ: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ CI = Confidence Interval

จากตารางที่ 2 พบว่า อัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักของสินค้ามีอิทธิพลมากที่สุดต่อการเลือกรูปแบบการขนส่ง (Wald = 64.00, $p < 0.001$) โดยมีค่า Odds Ratio = 1.002 หมายความว่า เมื่ออัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1 บาทต่อกิโลกรัม โอกาสในการเลือกใช้การขนส่งทางอากาศจะเพิ่มขึ้น 0.2% รองลงมาคือ ความไวต่อเวลา (Wald = 25.69, $p < 0.001$) โดยมี Odds Ratio = 4.14 แสดงว่าสินค้าที่มีความไวต่อเวลาสูงมีโอกาเลือกใช้การขนส่งทางอากาศมากกว่า 4 เท่า

แบบจำลอง Binary Logistic Regression มีความเหมาะสมสูง โดยมีค่า Nagelkerke R^2 เท่ากับ 0.724 หมายความว่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวสามารถอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งได้ร้อยละ 72.4 การทดสอบ Hosmer–Lemeshow Test ให้ค่า χ^2 = 8.24 (p = 0.411) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม ความแม่นยำในการจำแนก (Overall Classification Accuracy) เท่ากับร้อยละ 85.6

การจำแนกลุ่มสินค้าตามความเหมาะสมของรูปแบบการขนส่ง

จากการวิเคราะห์ Chi-square Association test พบว่าอัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักของสินค้ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเลือกรูปแบบการขนส่ง ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ Chi-square Association ระหว่างกลุ่มสินค้าและรูปแบบการขนส่ง

กลุ่มสินค้า	อัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนัก (บาท/กก.)	จำนวน ตัวอย่าง	รูปแบบการขนส่งที่ เลือก (ร้อยละ)		
			ทางอากาศ	หลาย รูปแบบ	ทะเล/บก
กลุ่มที่ 1 สินค้ามูลค่าสูง อิเล็กทรอนิกส์ชั้นสูง, เครื่องประดับ	>50,000	58	85.2	12.1	2.7
กลุ่มที่ 2 สินค้ามูลค่าปานกลาง เครื่องใช้ไฟฟ้า, สิ่งทอแฟชั่น	20,000–50,000	73	15.1	76.8	8.1
กลุ่มที่ 3 สินค้ามูลค่าต่ำ ผลิตภัณฑ์เกษตรแปรรูป, วัตถุดิบ	<20,000	56	3.6	5.1	91.3

สถิติการทดสอบ Chi-square (χ^2) = 145.67 Degrees of freedom (df) = 4 p-value < 0.001*** Cramér's V = 0.624 (ความสัมพันธ์ระดับสูง)

หมายเหตุ: *** $p < 0.001$ Chi-square Association test ใช้สำหรับทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงกลุ่ม (categorical variables)

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักของสินค้ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเลือกรูปแบบการขนส่ง ($\chi^2 = 145.67$, $df = 4$, $p < 0.001$) โดยค่า Cramér's V = 0.624 แสดงถึงความสัมพันธ์ในระดับสูง สินค้าที่มีอัตราส่วนสูงกว่า 50,000 บาทต่อกิโลกรัม เช่น อิเล็กทรอนิกส์ชั้นสูง มีแนวโน้มเลือกการขนส่งทางอากาศสูงถึงร้อยละ 85.2 เนื่องจากต้นทุนโอกาสจากเวลาสูงกว่าต้นทุนการขนส่งที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่สินค้ามูลค่าปานกลาง (20,000–50,000 บาท/กก.) มีแนวโน้มเลือกการขนส่งหลายรูปแบบร้อยละ 76.8 เพื่อสร้างสมดุลระหว่างต้นทุนและเวลา ส่วนสินค้ามูลค่าต่ำ (<20,000 บาท/กก.) เลือกการขนส่งทางทะเล/บกสูงถึงร้อยละ 91.3 เพื่อประหยัดต้นทุน

การประเมินโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์ของไทย

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญ 15 ราย และการสนทนากลุ่ม 3 กลุ่ม พบข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4 ผลการประเมินโครงสร้างพื้นฐานโลจิสติกส์ของไทย (การวิเคราะห์ SWOT)

จุดแข็ง (Strengths)	จุดอ่อน (Weaknesses)	โอกาส (Opportunities)	อุปสรรค (Threats)
ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิมีศักยภาพเป็นศูนย์กลางการขนส่งสินค้าทางอากาศในภูมิภาค (13/15, ร้อยละ 86.7)	การเชื่อมต่อระหว่างท่าอากาศยานกับระบบขนส่งทางรางยังไม่สมบูรณ์ (14/15, ร้อยละ 93.3)	การเติบโตของ e-commerce และการค้าออนไลน์ (15/15, ร้อยละ 100.0)	การแข่งขันจากประเทศเพื่อนบ้าน (สิงคโปร์, มาเลเซีย) (14/15, ร้อยละ 93.3)
เขต EEC มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเชื่อมต่อทางขนส่งหลายรูปแบบ (12/15, ร้อยละ 80.0)	ระบบ IT ที่เชื่อมโยงการขนส่งหลายรูปแบบยังไม่มีประสิทธิภาพ (13/15, ร้อยละ 86.7)	นโยบาย Thailand 4.0 และการพัฒนา EEC (13/15, ร้อยละ 86.7)	ราคาน้ำมันที่ผันผวนส่งผลต่อต้นทุนการขนส่ง (13/15, ร้อยละ 86.7)
ท่าเรือแหลมฉบัง มีศักยภาพในการเชื่อมต่อการขนส่งทางอากาศ (11/15, ร้อยละ 73.3)	บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านการขนส่งหลายรูปแบบยังมีจำนวนจำกัด (12/15, ร้อยละ 80.0)	ความต้องการการขนส่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (12/15, ร้อยละ 80.0)	ความไม่แน่นอนทางการเมืองและเศรษฐกิจโลก (11/15, ร้อยละ 73.3)
ตำแหน่งภูมิศาสตร์ที่เป็นศูนย์กลางของภูมิภาค (14/15, ร้อยละ 93.3)	ขาดการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (11/15, ร้อยละ 73.3)	การลงทุนโครงสร้างพื้นฐานขนส่งใหม่ๆ (11/15, ร้อยละ 73.3)	การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่รวดเร็ว (10/15, ร้อยละ 66.7)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บแสดงจำนวนและร้อยละของผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่เห็นด้วย (จำนวนที่เห็นด้วย/ทั้งหมด 15 ราย, ร้อยละ)

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์ SWOT แสดงให้เห็นถึงภาพรวมของโครงสร้างพื้นฐานโลจิสติกส์ไทย โดยจุดแข็งหลักคือ ตำแหน่งภูมิศาสตร์ที่เป็นศูนย์กลางภูมิภาค (14/15, ร้อยละ 93.3) และศักยภาพของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (13/15, ร้อยละ 86.7) ขณะที่จุดอ่อนที่เด่นชัดคือ การเชื่อมต่อระหว่างท่าอากาศยานกับระบบขนส่งทางราง (14/15, ร้อยละ 93.3) และระบบ IT ที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ (13/15, ร้อยละ 86.7) โอกาสที่สำคัญที่สุดคือ การเติบโตของ e-commerce (15/15, ร้อยละ 100.0) ที่ทุกคนเห็นด้วยเป็นเอกฉันท์ ส่วนอุปสรรคหลักคือ การแข่งขันจากประเทศเพื่อนบ้าน (14/15, ร้อยละ 93.3) ผลการวิเคราะห์นี้สะท้อนให้เห็นว่าไทยมีศักยภาพพื้นฐานที่ดี แต่ต้องพัฒนาการเชื่อมต่อระบบและเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

วัตถุประสงค์ที่ 3 การพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Multi-Criteria Decision Making (MCDM) โดยใช้ Analytic Hierarchy Process (AHP) พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่ง

ตารางที่ 5 น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยในแบบจำลอง V-T-C-E Model

ปัจจัย	น้ำหนัก (ร้อยละ)	CI	ลำดับความสำคัญ
Value Analysis (V) – การวิเคราะห์มูลค่าต่อน้ำหนัก	35.0	0.08	1
Time Sensitivity (T) – ความไวต่อเวลา	25.0	0.06	2
Cost Optimization (C) – การเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุน	20.0	0.05	3
Environmental Impact (E) – ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	10.0	0.04	4
Service Quality – คุณภาพการบริการ	10.0	0.03	5
รวม	100.0		

สถิติความสอดคล้อง	ค่า
Consistency Index (CI)	0.06
Consistency Ratio (CR)	0.06
การตีความ	ยอมรับได้ (CR < 0.10)

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุดในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งคือ Value Analysis (ร้อยละ 35) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณในตารางที่ 2 รองลงมาคือ Time Sensitivity (ร้อยละ 25) และ Cost Optimization (ร้อยละ 20) ตามลำดับ น้ำหนักที่ Environmental Impact มีน้ำหนักเพียงร้อยละ 10 แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการยังให้ความสำคัญกับประเด็นสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าปัจจัยทางเศรษฐกิจ ค่า Consistency Ratio (CR) = 0.06 ซึ่งต่ำกว่า 0.10 แสดงว่าการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องและเชื่อถือได้ตามหลักการ AHP ของ Saaty (1980)

การทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

จากการทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลจริงในกลุ่มตัวอย่าง 187 ราย โดยการแบ่งข้อมูลเป็น Training Set (ร้อยละ 70, n=131) และ Testing Set (ร้อยละ 30, n=56) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายการเลือกรูปแบบการขนส่งได้ดังนี้

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง V-T-C-E Model

ตัวชี้วัด	ค่า (ร้อยละ)	ร้อยละ 95 Confidence Interval
Accuracy – ความแม่นยำ	83.5	79.2 – 87.8
Precision – ความแม่นยำในการจำแนก	81.7	76.8 – 86.6
Recall – ความครอบคลุม	85.3	80.9 – 89.7
F1-Score – ค่าเฉลี่ยปรับสมดุล	83.4	79.1 – 87.7
Specificity – ความจำเพาะ	88.2	84.1 – 92.3

ผลการทดสอบ Chi-square แสดงว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพในการทำนายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 98.74$, $df = 2$, $p < 0.001$)

ตารางที่ 7 Confusion Matrix ของแบบจำลอง V-T-C-E Model

Predicted\Actual	Air Cargo	Multimodal	Sea/Land	Total	Precision (%)
Air Cargo	28	3	1	32	87.5
Multimodal	2	15	2	19	78.9
Sea/Land	0	1	4	5	80.0
Total	30	19	7	56	
Recall (%)	93.3	78.9	57.1		83.5

จากตารางที่ 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง V-T-C-E Model มีประสิทธิภาพสูงในการทำนายการเลือกรูปแบบการขนส่ง โดยมีความแม่นยำโดยรวม (Accuracy) ร้อยละ 83.5 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับแบบจำลองการตัดสินใจที่ร้อยละ 80 ค่า F1-Score = ร้อยละ 83.4 แสดงให้เห็นถึงสมดุลที่ดีระหว่าง Precision และ Recall จาก Confusion Matrix พบว่า แบบจำลองทำนายการขนส่งทางอากาศได้ดีที่สุด (Precision = ร้อยละ 87.5, Recall = ร้อยละ 93.3) ในขณะที่การทำนายการขนส่งทางทะเล/บกมีความท้าทายมากที่สุด (Recall = ร้อยละ 57.1) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในหมวดนี้มีจำนวนน้อย ผลการทดสอบ Chi-square ($\chi^2 = 98.74$, $p < 0.001$) ยืนยันว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพในการทำนายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผลการวิจัย

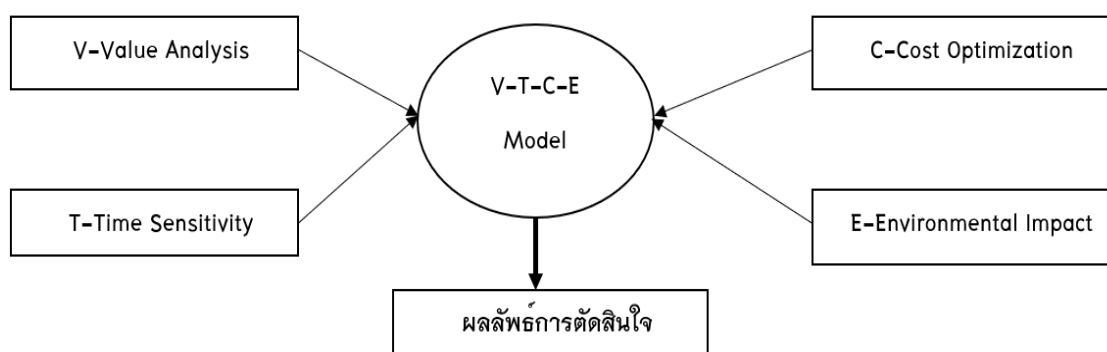
ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่า การขนส่งหลายรูปแบบมีต้นทุนต่ำกว่าการขนส่งทางอากาศอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดต้นทุนได้ร้อยละ 33.3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Karam et al. (2023) และ Khanam and Ghosh (2022) ที่พบว่าการขนส่งหลายรูปแบบช่วยลดต้นทุนได้ร้อยละ 25-40 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการขนส่งหลายรูปแบบสามารถใช้ประโยชน์จากข้อได้เปรียบของแต่ละรูปแบบการขนส่ง โดยใช้การขนส่งทางอากาศสำหรับช่วงระยะทางสั้นหรือการขนส่งในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก และใช้การขนส่งทางรางหรือทางถนนสำหรับช่วงระยะทางยาวที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำกว่า (Sokat & Altay, 2023) อย่างไรก็ตาม การขนส่งหลายรูปแบบมีระยะเวลาขนส่งที่นานกว่าการขนส่งทางอากาศ 2.5 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim et al. (2023) ที่พบว่าการขนส่งทางอากาศมีข้อได้เปรียบในด้านความเร็ว แต่การขนส่งหลายรูปแบบมีข้อได้เปรียบในด้านต้นทุน ดังนั้น การเลือกรูปแบบการขนส่งจึงขึ้นอยู่กับลักษณะของสินค้าและความต้องการของลูกค้า

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่า อัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักของสินค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการเลือกรูปแบบการขนส่ง ซึ่งสอดคล้องกับกรอบการวิเคราะห์ Value-to-Weight Ratio ที่เสนอโดย Rodrigue (2024) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสินค้าที่มีมูลค่าสูงต่อน้ำหนักจะมีต้นทุนโอกาสจากเวลาที่สูง ทำให้การประหยัดเวลาจากการขนส่งทางอากาศมีมูลค่ามากกว่าต้นทุนการขนส่งที่เพิ่มขึ้น (Li et al., 2023)

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 3 พบว่า แบบจำลองการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์สามารถทำนายการเลือกรูปแบบการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cullinane and Toy (2000) ที่พบว่าการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและต้องพิจารณาหลายปัจจัยพร้อมกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้รวมปัจจัยที่สำคัญทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ และได้รับการทดสอบกับข้อมูลจริงในบริบทของประเทศไทย (IATA, 2023)

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

จากการวิจัยทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งเป็นกรอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ด้วยหลักการ V-T-C-E Model



ภาพที่ 2 V-T-C-E Model

V-Value Analysis: การวิเคราะห์มูลค่าต่อน้ำหนักของสินค้า เป็นการประเมินอัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักเพื่อกำหนดรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสม สินค้าที่มีอัตราส่วนสูงเหมาะกับการขนส่งทางอากาศ สินค้าที่มีอัตราส่วนปานกลางเหมาะกับการขนส่งหลายรูปแบบ และสินค้าที่มีอัตราส่วนต่ำเหมาะกับการขนส่งทางทะเลหรือทางบก

T-Time Sensitivity: การพิจารณาความไวต่อเวลาของสินค้าและธุรกิจ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง (สินค้าเน่าเสียง่าย สินค้าแฟชั่น) เหมาะกับการขนส่งทางอากาศ ระดับปานกลาง (สินค้า

อุปโภคบริโภค) เหมาะกับการขนส่งหลายรูปแบบ และระดับต่ำ (วัตถุดิบ สินค้าทุน) เหมาะกับการขนส่งทางทะเลหรือทางบก

C–Cost Optimization: การเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนโดยพิจารณาต้นทุนทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งต้นทุนโอกาสจากเวลา ต้นทุนการจัดเก็บ และต้นทุนความเสี่ยง เพื่อหาจุดสมดุลที่เหมาะสมระหว่างต้นทุนและประสิทธิภาพ

E–Environmental Impact: การพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการเลือกรูปแบบการขนส่ง โดยคำนึงถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้พลังงาน และผลกระทบต่อความยั่งยืน เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

สรุป

การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและความคุ้มค่าของการขนส่งสินค้าทางอากาศกับการขนส่งหลายรูปแบบในประเทศไทย พบว่าการขนส่งหลายรูปแบบมีข้อได้เปรียบในด้านต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ขณะที่การขนส่งทางอากาศมีข้อได้เปรียบในด้านความรวดเร็วและความเชื่อถือได้ การเลือกรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะของสินค้า โดยเฉพาะอัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักและความไวต่อเวลา

แบบจำลอง V–T–C–E Model ที่พัฒนาขึ้นสามารถเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสม และสำหรับภาครัฐในการวางแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์ที่สนับสนุนการขนส่งหลายรูปแบบอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่า การขนส่งหลายรูปแบบมีต้นทุนต่ำกว่าการขนส่งทางอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการ ดังนี้ ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการใช้การขนส่งหลายรูปแบบสำหรับสินค้าที่มีอัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักปานกลางถึงต่ำ พัฒนาระบบสารสนเทศที่เชื่อมโยงการขนส่งหลายรูปแบบให้มีประสิทธิภาพ และจัดทำมาตรการสนับสนุนทางการเงินสำหรับผู้ประกอบการที่เลือกใช้การขนส่งหลายรูปแบบ

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่า อัตราส่วนมูลค่าต่อน้ำหนักเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกรูปแบบการขนส่ง ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการ ดังนี้ พัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อช่วยผู้ประกอบการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสม จัดอบรมและให้คำปรึกษา

แก่ผู้ประกอบการเกี่ยวกับการใช้แบบจำลองการตัดสินใจ และสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างผู้ให้บริการขนส่งต่างรูปแบบ

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 3 พบว่า แบบจำลอง V-T-C-E Model มีประสิทธิภาพในการทำนายการเลือกรูปแบบการขนส่ง ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการ ดังนี้ นำแบบจำลองไปใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการ พัฒนาแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์ที่ใช้แบบจำลองในการให้คำแนะนำ และบูรณาการแบบจำลองเข้ากับระบบการวางแผนโลจิสติกส์ของประเทศ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้ได้ข้อค้นพบ (องค์ความรู้) แบบจำลอง V-T-C-E Model ที่สำคัญ คือ กรอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับประเทศอื่นในภูมิภาคอาเซียน โดยควรให้ความสำคัญกับการปรับเปลี่ยนตัวแปรและน้ำหนักให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละประเทศ สำหรับประเด็นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับ การศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีดิจิทัลต่อการเลือกรูปแบบการขนส่ง การพัฒนาแบบจำลองที่รวมปัจจัยความเสี่ยงและความไม่แน่นอน และการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและความคุ้มค่าของการขนส่งในช่วงสถานการณ์วิกฤต

References

- Ballou, R. H. (2004). *Business logistics/supply chain management: Planning, organizing, and controlling the supply chain* (5th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Cullinane, K., & Toy, N. (2000). Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: A content analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 36(1), 41–53. [https://doi.org/10.1016/S1366-5545\(99\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(99)00016-2)
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- International Air Transport Association. (2023). *Air cargo market analysis 2023: Global outlook and trends*. IATA Economics. <https://www.iata.org/en/publications/economics/air-cargo-market-analysis/>
- Karam, A., Jensen, A. J. K., & Hussein, M. (2023). Analysis of the barriers to multimodal freight transport and their mitigation strategies. *European Transport Research Review*, 15, Article 43. <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00614-0>

- Khanam, Z., & Ghosh, R. (2022). Impact of sustainable supply chain management on cost performance: Empirical evidence from manufacturing companies of Bangladesh. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, 41(5). <https://doi.org/10.1108/JEAS-02-2022-0050>
- Kim, D. J., Sur, J. M., & Cho, H. U. (2023). A long term expected risk estimation of maritime accidents through Markov chain approach and probabilistic risk matrix. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 39(3), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2023.04.002>
- Li, Y., Liang, C., Ye, F., & Zhao, X. (2023). Designing government subsidy schemes to promote the electric vehicle industry: A system dynamics model perspective. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 167, 103558. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.11.018>
- Office of Transport and Traffic Policy and Planning. (2023). *Thailand transport statistics annual report 2023*. Ministry of Transport, Thailand. https://www.otp.go.th/uploads/tiny_uploads/StatisticsNew/2566/OTP-Statistics-2023-EN.pdf
- Rodrigue, J.-P. (2024). *The geography of transport systems* (6th ed.). Routledge.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
- Sokat, K. Y., & Altay, N. (2023). Impact of modern slavery allegations on operating performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 28(3), 470–485. <https://doi.org/10.1108/SCM-08-2021-0387>
- World Bank. (2023). *Logistics performance index 2023: Connecting to compete in a sustainable world*. World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1906-3>
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory analysis* (3rd ed.). Harper & Row.