Journal of Logistics and Digital Supply Chain

ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานที่ยั่งยืน: แนวโน้มและทิศทางในอนาคตด้านการขนส่งและการกระจายสินค้า

Artificial Intelligence for Sustainable Logistics and Supply Chains: Trends and Future Directions in Transportation and Distribution

จินตนา สีหาพงษ์*

Jintana Seehapong*

คณะการจัดการโลจิสติกส์และการคมนาคมขนส่ง สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ เลขที่ 85/1 หมู่ 2 ต.บางตลาด อ.ปากเกร็ด นนทบุรี

Faculty of Logistics and Transportation Management, Panyapiwat Institute of Management (PIM), 85/1 Moo 2, Bang Talat Sub-district,Pak Kret District, Nonthaburi 11120, Thailand 65000

*Corresponding author E-mail: jintanasea@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืนโดยมุ่งเน้นด้านการขนส่งและการกระจายสินค้า มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิวัฒนาการ การจำแนก และแนวโน้มของเทคโนโลยี AI ที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของห่วงโซ่อุปทาน ผลการศึกษาพบการเปลี่ยนผ่านจากการใช้ออบติไมเซชันและเมตาฮิวริสติก ไปสู่ระบบอัจฉริยะที่เชื่อมโยงข้อมูลแบบเรียลไทม์ และผสานการเรียนรู้ของเครื่อง การเรียนรู้เสริมแรง และดิจิทัลทวิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดการปล่อยคาร์บอน และสนับสนุนการตัดสินใจอัตโนมัติ ผลการวิจัยชี้ว่าเทคโนโลยี AI ส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้น Optimization และ Metaheuristics (67.5%) ขณะที่เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น Machine Learning, Deep Learning, Reinforcement Learning และ Digital Twin มีการใช้งานเพิ่มขึ้นหลังปี พ.ศ. 2564 ด้านความยั่งยืนให้ความสำคัญกับมิติเศรษฐกิจมากที่สุด รองลงมาคือสิ่งแวดล้อมและสังคม โดยการบูรณาการเศรษฐกิจ–สิ่งแวดล้อมพบมากที่สุด สะท้อนช่องว่าง การวิจัยด้านผลกระทบทางสังคม แนวโน้มในอนาคตชี้ว่า AI ในระบบขนส่งจะมุ่งสู่ระบบอัตโนมัติ การผสานเทคนิค AI หลายรูปแบบ การวางแผนคาร์บอนต่ำ การตอบสนองแบบเรียลไทม์ และการกำกับดูแล AI อย่างโปร่งใสและมีความรับผิดชอบ

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์, การจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืน, การขนส่ง,การกระจายสินค้า, โลจิสติกส์สีเขียว

ได้รับเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2568; แก้ไขเมื่อ 28 มกราคม 2569; ตอบรับการตีพิมพ์เมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2569

Abstract

This research presents a systematic literature review on the application of artificial intelligence (AI) in sustainable supply chain management, with a specific focus on transportation and distribution. The objective is to examine the evolution, classification, and emerging trends of AI technologies and their contributions to supply chain sustainability. The findings reveal a clear transition from traditional optimization and metaheuristic approaches toward intelligent systems that integrate real-time data with machine learning, reinforcement learning, and digital twin technologies to enhance operational efficiency, reduce carbon emissions, and support autonomous decision-making. The results indicate that the majority of AI applications continue to rely on optimization and metaheuristics (67.5%), while advanced technologies such as machine learning, deep learning, reinforcement learning, and digital twins have seen increasing adoption since 2021. In terms of sustainability dimensions, economic aspects receive the greatest emphasis, followed by environmental and social dimensions. The integration of economic and environmental sustainability is the most prevalent, whereas limited attention to social impacts highlights a significant research gap. Future trends suggest that AI-enabled transportation systems will increasingly focus on automation, hybrid AI approaches, low-carbon planning, real-time responsiveness, and transparent and responsible AI governance.

Keywords: Artificial intelligence, sustainable supply chain management, transportation, distribution, green logistics

Received: November 3, 2025; Revised: January 28, 2026; Accepted: February 22, 2025

1. บทนำ

ในบริบทโลกาภิวัตน์ที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและความกดดันด้านความยั่งยืน ระบบโลจิสติกส์จำเป็นต้องพัฒนาความสามารถในการปรับตัวต่อความผันผวนทางเศรษฐกิจ ภัยพิบัติ และแรงกดดันด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเร่งด่วน (World Bank, 2023; WEF, 2024) ภาคขนส่งและการกระจายสินค้า ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำคัญกว่า 37% ของภาคขนส่งทั้งหมด (IEA, 2023) จึงกลายเป็นเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ในการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบคาร์บอนต่ำ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้รับการ

ยอมรับว่าเป็นเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูงในการยกระดับทั้งประสิทธิภาพและความยั่งยืนของห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การคาดการณ์อุปสงค์ การเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทาง การจัดสรรทรัพยากร ไปจนถึงระบบอัตโนมัติในคลังสินค้าและยานพาหนะอัจฉริยะ (Ivanov & Dolgui, 2020) หลายงานวิจัยชี้ว่า การบูรณาการ AI เข้ากับระบบโลจิสติกส์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสอดคล้องกับเป้าหมายด้านความยั่งยืนขององค์กร (Chen et al., 2024) ในระดับห่วงโซ่อุปทาน AI ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่การพยากรณ์อุปสงค์ การบริหารสินค้าคงคลัง การวางแผนผลิตและจัดซื้อ ไปจนถึงการออกแบบเครือข่ายการกระจายสินค้า AI สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน (operational efficiency) และผลการดำเนินงานด้านความยั่งยืน (sustainability performance) ผ่านการใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ การทำงานอัตโนมัติ และการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์ที่คำนึงถึงต้นทุน สิ่งแวดล้อม และมิติทางสังคมควบคู่กัน (Teixeira, Ferreira, & Ramos, 2025) นอกจากนี้ AI มีบทบาทสำคัญต่อการบริหารความเสี่ยง การคาดการณ์ความหยุดชะงัก และการสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งช่วยลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร (Bag et al., 2021) ขณะเดียวกัน การผสาน AI กับเทคโนโลยีดิจิทัลอื่น เช่น ไอโอที (Internet of Things: IoT) และ บล็อคเชน (blockchain) ช่วยยกระดับความโปร่งใส และความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ ทำให้ระบบมีความยั่งยืนและฟื้นตัวจากความเสี่ยงได้ดีขึ้น (Qu & Kim, 2024) ในมิติของโลจิสติกส์และการขนส่ง AI ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะด้านการแก้ปัญหาเส้นทางขนส่งคาร์บอนต่ำ ผ่านทั้งแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพแบบดั้งเดิมและเทคนิคสมัยใหม่ เช่น การเรียนรู้เสริมแรงเชิงลึก(deep reinforcement learning) และการผสมผสานปัญญาประดิษฐ์(hybrid AI) งานศึกษาสรุปว่า การใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการออกแบบเครือข่ายการขนส่ง (AI-driven routing) สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การวางแผนขนส่งแบบ synchromodal transport planning ที่ใช้กลไกจูงใจเชิงคณิตศาสตร์และ AI ช่วยประสานการตัดสินใจระหว่างผู้ให้บริการหลายราย ภายใต้ข้อจำกัดด้านความจุ เวลา และเป้าหมายด้านความยั่งยืน ทำให้สามารถลดความแออัด เพิ่มความยืดหยุ่น และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับโลก (Li et al., 2025) ในภาพรวม AI มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนความยั่งยืนทั้งสามมิติ—เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม โดยช่วยลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพ ลดการปล่อย CO_2 และสนับสนุนความปลอดภัยและการเข้าถึงบริการสำหรับกลุ่มเปราะบาง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในมิติด้านสังคมยังมีจำนวนจำกัดเมื่อเทียบกับด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับผลการสังเคราะห์ของหลายการศึกษา (Qu & Kim, 2024) ที่ชี้ว่ามิติด้านความเสมอภาค, ความยืดหยุ่นและโลจิสติกส์ด้านมนุษยธรรมยังเป็นช่องว่างสำคัญขององค์ความรู้ โดยรวมงานวิจัยสะท้อนว่าการผสาน AI กับเทคโนโลยีดิจิทัลกำลังขับเคลื่อนการเปลี่ยนผ่านจากโลจิสติกส์เชิงปฏิบัติการแบบดั้งเดิม ไปสู่ระบบโลจิสติกส์อัจฉริยะที่มีลักษณะ “smart, green, and resilient” ซึ่งให้ความสำคัญกับการตัดสินใจแบบอัตโนมัติ การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการลดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมและ

สังคมในระยะยาว (เช่น รูปแบบ smart routing, carbon-aware planning และระบบตรวจสอบย้อนกลับเพื่อการกำกับดูแลด้านสิ่งแวดล้อม) ดังนั้น การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ ในครั้งนี้จึงมีความจำเป็นเพื่อสำรวจบทบาทของ AI ต่อความยั่งยืนในระบบขนส่งและการกระจายสินค้า วิเคราะห์แนวโน้ม เทคโนโลยี รูปแบบการประยุกต์ใช้ และทิศทางอนาคต ตลอดจนให้ข้อเสนอเชิงนโยบายสำหรับบริบทไทยและอาเซียนที่กำลังเปลี่ยนผ่านสู่ระบบโลจิสติกส์สีเขียวและดิจิทัลอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาวิวัฒนาการของการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืน

2.2 เพื่อจำแนกหมวดหมู่และประเมินเทคโนโลยี AI ที่ถูกนำมาใช้ในห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืน

2.3 เพื่อวิเคราะห์แนวโน้ม และทิศทางในอนาคตของการประยุกต์ใช้ AI ที่ส่งผลต่อความยั่งยืนในห่วงโซ่อุปทานโดยเฉพาะในด้านการขนส่งและการกระจายสินค้า

3. ทบทวนวรรณกรรม

3.1. ปัญญาประดิษฐ์ในบริบทของโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานเพื่อความยั่งยืน

งานของ Chopra และ Meindl (2019) ชี้ให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น AI และ Big Data ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและความแม่นยำในการตัดสินใจด้านโลจิสติกส์ ขณะที่ Wamba et al. (2020) เน้นว่า AI สามารถยกระดับความสามารถในการทำนายและการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทาน การจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืน (Sustainable Supply Chain Management : SSCM) มุ่งสร้างสมดุลระหว่างเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (Elkington, 1997; Carter & Rogers, 2008) โดยมีการนำแนวคิดสามประการ (Triple Bottom Line:TBL) มาใช้ประเมินความยั่งยืนของห่วงโซ่อุปทาน

3.2. บทบาทของ AI ต่อความยั่งยืนในโลจิสติกส์และการขนส่ง

1) ความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจ AI ช่วยเพิ่มการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการดำเนินงาน และเพิ่มความแม่นยำในการบริหารสินค้าคงคลัง เช่น เทคนิค Optimization, Metaheuristics (GA, NSGA-II, PSO) และ Machine Learning ถูกนำมาใช้เพื่อหาวิธีขนส่งที่คุ้มค่าสูงสุด (Franceschetti et al., 2017; Liu et al., 2025; Zhang et al., 2025)

2) ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม งานวิจัยจำนวนมากชี้ว่า AI ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านการคำนวณเส้นทางที่เหมาะสม การจัดการพลังงานและการสนับสนุนระบบรถไฟฟ้า เช่น EV-routing, Carbon-aware logistics และ Digital Twin เพื่อจำลองผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก่อนตัดสินใจ (Zhang et al., 2024)

3) ความยั่งยืนด้านสังคม AI สนับสนุนการเข้าถึงบริการที่จำเป็น เช่น ระบบโลจิสติกส์ด้านสุขภาพ การจัดการฉุกเฉิน และการกระจายวัคซีนระหว่างโรคระบาด โดยผสาน Fuzzy Logic และ Reinforcement Learning เพื่อเพิ่มความครอบคลุมและความเป็นธรรม (Deveci.,2023; Rodríguez-Espíndola, O et al., 2023) กล่าวโดยสรุป AI เป็นตัวเร่งให้เกิด “green-equitable-resilient logistics system”และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้กลายเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนความยั่งยืนของระบบโลจิสติกส์และการขนส่ง โดยเฉพาะในบริบทของการจัดการระบบที่มีความซับซ้อนสูง มีความไม่แน่นอน และต้องตอบสนองต่อเป้าหมายหลายมิติพร้อมกัน (Govindan et al., 2020) ได้แก่

3.2.1 AI กับความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม โดย AI ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานควบคู่กับการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การลดต้นทุนรวม การลดการใช้พลังงาน และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Maiyar & Thakkar, 2019; Wang et al., 2020) อัลกอริทึม AI ที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ metaheuristics และ evolutionary algorithms เช่น Genetic Algorithm (GA), NSGA-II, ALNS และ Differential Evolution ซึ่งถูกประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการวางแผนเส้นทาง การจัดสรรยานพาหนะ และการออกแบบเครือข่ายโลจิสติกส์สีเขียว (Liu et al., 2021) งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่า AI สามารถช่วยสร้างทางเลือกเชิง Pareto ที่ลดต้นทุนทางเศรษฐกิจได้พร้อมกับลดการปล่อย CO_2 และมลพิษอื่น ๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Laurent et al., 2020)

3.2.2. AI กับความยั่งยืนครบสามมิติ นอกจากการเน้นด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมแล้ว งานวิจัยบางส่วนเริ่มบูรณาการมิติทางสังคมเข้าไปในแบบจำลองโลจิสติกส์ โดยเฉพาะในบริบทของ humanitarian logistics, healthcare supply chains และระบบขนส่งสาธารณะ (Govindan et al., 2020) AI ถูกนำมาใช้เพื่อจัดการเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ เช่น การลดเวลารอคอย ความเป็นธรรมในการเข้าถึงบริการ ความพึงพอใจของผู้ใช้ และความปลอดภัยของระบบขนส่ง (Wu et al., 2024) ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้ AI ในการวางแผนการกระจายวัคซีน COVID-19 แสดงให้เห็นว่า AI สามารถช่วยลดความแออัดในศูนย์บริการ เพิ่มความเป็นธรรมเชิงพื้นที่ และลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนได้พร้อมกัน (Ansari et al., 2025; Tang et al., 2025) ยิ่งไปกว่านั้น การใช้ Machine Learning, Deep Learning และ Reinforcement Learning ช่วยให้ระบบโลจิสติกส์สามารถเรียนรู้จากข้อมูลในอดีตและปรับตัวต่อสถานการณ์ที่ไม่แน่นอนได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความยั่งยืนในระยะยาว (Yılmaz et al., 2025)

3.2.3. บทบาทของปัญญาประดิษฐ์ AI ต่อความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจและสังคม (Economic–Social Sustainability)โดยตรงแม้จะมีสัดส่วนไม่สูงเมื่อเทียบกับการบูรณาการด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม แต่กลับมีความสำคัญอย่างยิ่งในบริบทของการนำ AI ไปใช้จริงในองค์กรโลจิสติกส์และการขนส่ง งานวิจัยกลุ่มนี้มักให้ความสำคัญกับประเด็นด้านคุณภาพการให้บริการ ความพึงพอใจของผู้ใช้ ความเป็นธรรมในการเข้าถึงบริการ

และการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับระบบอัจฉริยะ (Wu et al., 2025; Smith & Moreno, 2025) ในระดับองค์กร AI ถูกมองว่าเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจ ลดต้นทุนการดำเนินงาน และยกระดับคุณภาพการบริการ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลประกอบการทางเศรษฐกิจ ขณะเดียวกันก็ช่วยเสริมสร้างผลลัพธ์ทางสังคม เช่น ความพึงพอใจของพนักงาน ลูกค้า และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่อุปทาน (Xu et al., 2024; Wu et al., 2025) ตัวอย่างเช่น งานวิจัยด้านท่าเรืออัจฉริยะแสดงให้เห็นว่าการนำ AI มาใช้สามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันขององค์กร ลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการ และสนับสนุนการลดการปล่อยคาร์บอนในระดับสังคม แม้เป้าหมายหลักจะเป็นการเพิ่มผลกำไรขององค์กรก็ตาม (Xu et al., 2024) นอกจากนี้ งานวิจัยเชิงประจักษ์ในภาคการขนส่งทางทะเลยังชี้ให้เห็นว่า ความสำเร็จของการนำ AI ไปใช้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงสังคมและองค์กร เช่น ภาวะผู้นำดิจิทัล วัฒนธรรมองค์กร และการบริหารทรัพยากรมนุษย์ดิจิทัล ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความไว้วางใจและการยอมรับ AI ของพนักงาน (Wu et al., 2025) ความไว้วางใจดังกล่าวส่งผลให้เกิดนวัตกรรมด้านกระบวนการและบริการ ซึ่งสะท้อนถึงความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจและสังคมในระยะยาว ในบริบทของระบบขนส่งและโลจิสติกส์ที่มุ่งเน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง AI ยังถูกนำมาใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจที่เป็นธรรมและตอบสนองต่อความต้องการของสังคมมากขึ้น เช่น การจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การลดความแออัด และการเพิ่มความเท่าเทียมในการเข้าถึงบริการ (Jahani et al., 2022; Maleki et al., 2024) งานวิจัยในระบบสาธารณสุขและโลจิสติกส์เพื่อมนุษยธรรมชี้ให้เห็นว่า AI สามารถช่วยลดเวลารอคอย เพิ่มความพึงพอใจของผู้รับบริการ และลดความเสี่ยงต่อกลุ่มเปราะบาง ซึ่งสะท้อนบทบาทของ AI ในการสนับสนุนความยั่งยืนด้านสังคมควบคู่ไปกับประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ (Govindan et al., 2020; Ansari et al., 2025) อย่างไรก็ตาม วรรณกรรมยังสะท้อนให้เห็นช่องว่างการวิจัยที่สำคัญ กล่าวคือ งานส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการวัดผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจเป็นหลัก ขณะที่ตัวชี้วัดด้านสังคม เช่น ความเป็นธรรม ความโปร่งใส และผลกระทบต่อแรงงาน ยังถูกนำมาใช้ในแบบจำลอง AI ค่อนข้างจำกัด (Wu et al., 2025; Smith & Moreno, 2025) ประเด็นดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาแบบจำลอง AI ที่สามารถบูรณาการเป้าหมายด้านเศรษฐกิจและสังคมได้อย่างสมดุลมากยิ่งขึ้นในอนาคต

3.3. การบูรณาการ AI กับความยั่งยืนในห่วงโซ่อุปทาน

การใช้ AI เช่น Deep Learning และ Reinforcement Learning ถูกนำมาพัฒนาในระบบการขนส่งอัจฉริยะ เช่น การจัดตารางรถขนส่งอัตโนมัติ การใช้ AI วิเคราะห์เส้นทางเพื่อลดการปล่อยคาร์บอน และการใช้ IoT + AI ตรวจสอบสภาพแวดล้อมของการขนส่งแบบเรียลไทม์ (Taj et al., 2023; Zhang et al., 2022) นอกจากนี้ การนำ AI มาใช้ในด้านการขนส่งมีบทบาทในการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยเฉพาะ SDG 9 ที่มุ่งพัฒนาอุตสาหกรรม โครงสร้างพื้นฐาน และนวัตกรรม

ให้มีความทันสมัย และ SDG 13 ที่เน้นการรับมือและลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations, 2025)

3.4. โลจิสติกส์และการขนส่ง (Logistics and Transportation)

โลจิสติกส์และการขนส่งเป็นกลไกสำคัญของห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งมุ่งเน้น การวางแผน การจัดการ และการควบคุมการเคลื่อนย้ายสินค้า บริการ และข้อมูลจากต้นทางสู่ปลายทางอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้สินค้าถึงผู้บริโภค “ถูกเวลา ถูกสถานที่ และต้นทุนต่ำที่สุด” (Christopher., 2016) การประยุกต์ใช้ AI ในภาคการขนส่ง มีบทบาทสำคัญในหลายด้าน เช่น Routing Optimization: ใช้ AI คำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุดและลดระยะทางรวมของการขนส่ง (Lo., 2022), Fleet Management: วิเคราะห์ข้อมูลจากยานพาหนะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงและบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์, Last-Mile Delivery: ใช้ Machine Learning และ Computer Vision เพื่อปรับปรุงการจัดส่งขั้นสุดท้ายให้รวดเร็วและแม่นยำ (Giuffrida et al., 2022) การพัฒนาโลจิสติกส์อัจฉริยะ ด้วย AI ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานได้ถึง 15–25% และลดการปล่อยคาร์บอนจากการขนส่งมากกว่า 10% ต่อปีในหลายกรณีศึกษา (UNCTAD., 2023)

3.5. การเปลี่ยนแปลงดิจิทัลในห่วงโซ่อุปทาน (Digital Transformation in Supply Chain)

การเปลี่ยนแปลงดิจิทัลในห่วงโซ่อุปทานหมายถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น AI, IoT, Blockchain และ Big Data เพื่อยกระดับกระบวนการทางธุรกิจและการจัดการห่วงโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพและโปร่งใสมากขึ้น โดย AI สนับสนุนการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์และการตัดสินใจอัตโนมัติ IoT ช่วยติดตามสถานะสินค้าแบบเรียลไทม์ Blockchain เพิ่มความโปร่งใสและการตรวจสอบย้อนกลับ ขณะที่ Big Data Analytics ช่วยเสริมการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ด้วยข้อมูลขนาดใหญ่ (Ivanov, 2023; Deloitte., 2023)

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

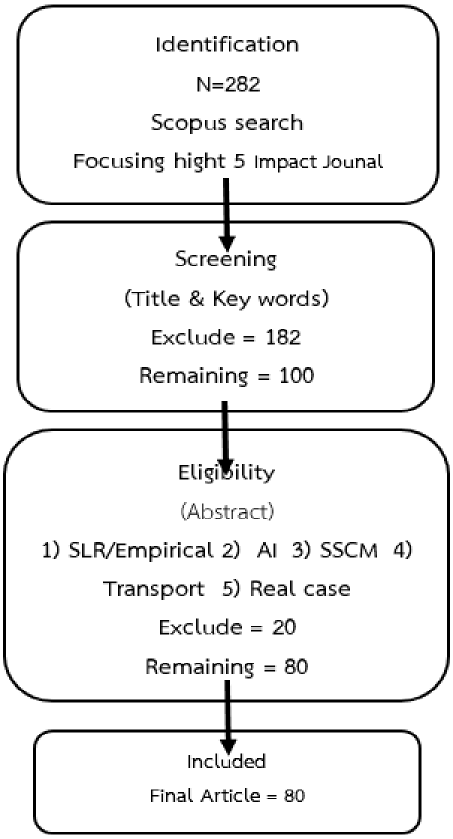
4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.1.1. งานวิจัยนี้สืบค้นบทความจากวารสารในฐานข้อมูล Scopus จำนวน 5 วารสาร ระหว่างปี ค.ศ. 2015–2025 โดยใช้คำสำคัญได้แก่ Artificial Intelligence, Sustainable Supply Chain Management, Transportation, Distribution และ Green Logistics การทดสอบการสืบค้นยืนยันว่าคำสำคัญดังกล่าวครอบคลุมบทความที่เกี่ยวข้องเหมาะสมต่อการวิเคราะห์เชิงระบบ งานวิจัยที่ค้นพบรวม 282 บทความ ประกอบด้วย International Journal of Supply and Operations Management 15 บทความ International Journal of Sustainable Transportation 6 บทความ International Journal of Logistics Systems and Management 48 บทความ International Journal of Physical Distribution and

Logistics Management 40 บทความ Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 173 บทความ

4.1.2. การคัดเลือกบทความ: โดยใช้เกณฑ์ 5 ด้านได้แก่ 1) เป็นงานวิจัยเชิงประจักษ์แบบ SLR หรือ Case Study 2) มีการประยุกต์ใช้ AI อย่างชัดเจน 3) อยู่ในบริบทของ SSCM 4) เกี่ยวข้องกับด้านการขนส่งหรือการกระจายสินค้า 5) มีผลการทดสอบหรือกรณีศึกษาจริง

4.1.3. กระบวนการคัดกรองใช้ PRISMA Flow Diagram ดังภาพที่ 1 จากแนวทางของ Moher et al. (2009) และ Page et al. (2021) โดยตัดบทความซ้ำ บทความที่ไม่ตรงกับเกณฑ์ และบทความที่ไม่ใช่การประยุกต์ใช้ AI ใน SSCM จนเหลือบทความที่ผ่านเกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์เชิงลึก



ภาพที่ 1 PRISMA Flow Diagram

การสืบค้นจากวารสาร 5 แห่งในฐาน Scopus ช่วงปี ค.ศ. 2015–2025 พบทั้งหมด 282 บทความ จากนั้นคัดกรองบทคัดย่อโดยใช้เกณฑ์ 5 ด้าน เหลือบทความที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ AI ในห่วงโซ่อุปทานอย่าง

ยั่งยืนด้านการขนส่งและการกระจายสินค้า จำนวน 80 บทความ ซึ่งนำไปวิเคราะห์เชิงประเด็น (thematic analysis) ด้วยการเข้ารหัสเพื่อจำแนกเทคโนโลยี AI และบทบาทต่อความยั่งยืน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการคัดกรอง PRISMA Flow Diagram

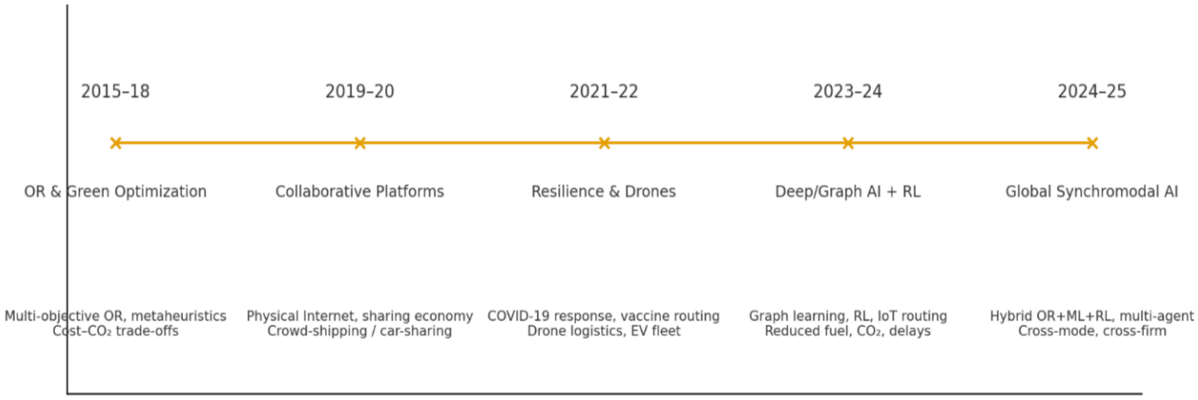
ขั้นตอน	รายละเอียดกระบวนการ	จำนวนบทความ
1.Identification	ค้นหาบทความจากฐานข้อมูลหลัก ได้แก่ • Scopus = 282 เรื่อง	282
2.Screening	ตรวจสอบชื่อเรื่องและคำสำคัญ (Title & Key words) เพื่อคัดออกบทความที่ซ้ำ หรือไม่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ (AI–SSCM–Transport)	คัดออก 182
3. Eligibility	อ่านเนื้อหาบทคัดย่อ (Abstract Review) และประเมินตามเกณฑ์ 5 ข้อ ได้แก่ 1) เป็นงานเชิงประจักษ์ (SLR/Empirical) 2) ใช้ AI ชัดเจน 3) อยู่ในบริบท SSCM 4) เกี่ยวข้องกับการขนส่งหรือกระจายสินค้า 5) มีกรณีศึกษา/การทดลองจริง	ตัดออก 20
4.Included)	รวมบทความที่ “ผ่านทุกเกณฑ์” สำหรับการวิเคราะห์เชิงประเด็น (Thematic Analysis)	80

5. ผลการวิจัย

5.1. ภาพรวมวิวัฒนาการของ AI ในห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืน (ค.ศ.2015– 2025) ในด้านการขนส่งและการกระจายสินค้า สังเกตได้ว่าการพัฒนาการประยุกต์ใช้ AI เปลี่ยนจาก Optimization แบบดั้งเดิมในช่วงปี ค.ศ. 2015-2018 ไปสู่การสร้างแพลตฟอร์มความร่วมมือ (ค.ศ.2019-2020) รองรับความยืดหยุ่นช่วงโควิด-19 (ค.ศ.2021-2022) ก่อนเข้าสู่ยุค Deep Learning + Reinforcement Learning (ค.ศ.2023-2024) และขยายเป็นระบบ Synchro modal อัจฉริยะระดับภูมิภาค-โลกในปัจจุบัน (ค.ศ.2024-2025) *(*Zhang et al., 2025*)* ดังภาพที่ 2 ภาพรวมวิวัฒนาการของ AI ในห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืน (ค.ศ.2015–2025)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (ค.ศ. 2015–2025) การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในงานขนส่งและการกระจายสินค้าได้พัฒนาอย่างก้าวกระโดด จากการมุ่งลดต้นทุนเฉพาะจุดไปสู่การบริหารเครือข่ายการขนส่งแบบบูรณาการที่เชื่อมโยงหลายรูปแบบการขนส่ง เช่น รถบรรทุก รถไฟ เรือ และโดรน รวมถึงความร่วมมือ

แบบเรียลไทม์ระหว่างผู้ให้บริการหลายราย (Chen et al., 2024; Zhang et al., 2025) โดยจำแนกพัฒนาการได้ดังนี้



ภาพที่ 2 ภาพรวมวิวัฒนาการของ AI ในห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืน (2015–2025)

ช่วงที่ 1: ค.ศ. 2015–2018 — วางรากฐานด้วยการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Operation Research : OR) ระยะเริ่มต้นให้ความสำคัญกับการใช้ วิธีการวิจัยปฏิบัติการ ร่วมกับเมตาฮิวริสติก เช่น อัลกอลิทึ่ม Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II : NSGA-II , การคำนวณที่เหมาะสม Particle Swarm Optimization :PSO (Govindan, K. et al. 2018) และ อัลกอลิทึ่ม Differential Evolution :DE เพื่อแก้ปัญหาเส้นทางและโครงข่ายโลจิสติกส์ โดยเน้นวัตถุประสงค์หลายด้าน เช่น การลดต้นทุนและลดการปล่อยคาร์บอน ซึ่งช่วยวางกรอบแนวคิดคุ้มได้คุ้มเสีย ระหว่างต้นทุนและสิ่งแวดล้อมแม้ช่วงนี้ยังไม่พึ่งพาดีปเลิร์นนิงหรือข้อมูลแบบเรียลไทม์ แต่ได้วางรากฐานสำคัญของ "การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อสิ่งแวดล้อม"ในระบบขนส่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับงานของ Carter และ Easton (2011) ที่ชี้ว่าความยั่งยืนเป็นตัวผลักดันการเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายโลจิสติกส์ และงานของ Zhang et al. (2018) ในด้านจัดเส้นทางยานพาหนะที่พิจารณาประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม

ช่วงที่ 2: ค.ศ. 2019–2020 จากออบติไมซ์สู่แพลตฟอร์มร่วมมือ ในช่วงปี ค.ศ. 2019–2020 ระยะนี้เป็นยุคของเศรษฐกิจแบ่งปันและการเติบโตอย่างรวดเร็วของอีคอมเมิร์ซ ระบบโลจิสติกส์เริ่มพัฒนาไปสู่รูปแบบใหม่ เช่น การขนส่งแบบคราวด์ชิปปิง, การใช้ยานพาหนะร่วมกันและเครือข่ายอินเตอร์เน็ตซึ่งอาศัยการจำลองระบบแบบมัลติเอเจนต์ และฮิวริสติกส์อัลกอริทึมร่วมมือเพื่อสร้างดุลยภาพระหว่างอุปสงค์และอุปทาน เพิ่มการใช้ทรัพยากรแบบร่วมใช้ และยกระดับประสิทธิภาพของระบบโดยรวมมากกว่าการเพิ่มประสิทธิภาพเฉพาะระดับบริษัท แนวทางดังกล่าวช่วยให้เกิด ความเป็นธรรมในการเข้าถึงบริการโลจิสติกส์ภายในเมืองและสนับสนุนแนวคิดโลจิสติกส์เชิงความร่วมมือและระบบอินเตอร์เน็ตกายภาพตามที่ Montreuil (2011) เสนอ รวมถึงสอดคล้องกับแนวคิดแพลตฟอร์มดิจิทัลของ Cai & Choi (2020)

ช่วงที่ 3: ค.ศ. 2021–2022 — ความยืดหยุ่น (Resilience) และหุ่นยนต์/โดรนในยุค COVID-19 ช่วงปี ค.ศ. 2021–2022 การระบาดของ COVID-19 ส่งผลให้ทิศทางงานวิจัยด้านโลจิสติกส์เปลี่ยนจากการเพิ่มประสิทธิภาพเป็นการเน้น “ความยืดหยุ่นของระบบ” และ “การให้บริการด้านสุขภาพ” มากขึ้น เช่น ระบบกระจายวัคซีน การจัดส่งแบบ on-demand และเครือข่ายสนับสนุนภาวะฉุกเฉิน งานในช่วงนี้มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง เช่น Mixed-Integer Linear Programming (MILP), Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS) ตลอดจนเทคนิค Reinforcement Learning (RL) เพื่อบริหารยานพาหนะไฟฟ้า (EV fleet management) และระบบโดรนสำหรับการขนส่งเวชภัณฑ์และวัคซีนในพื้นที่ห่างไกล ซึ่งช่วยลดเวลา เพิ่มโอกาสการเข้าถึงบริการสุขภาพ และเพิ่มเสถียรภาพของระบบกระจายสินค้าในช่วงวิกฤต ทิศทางนี้สอดคล้องกับบทวิเคราะห์ของ Ivanov & Dolgui (2020) ที่ชี้ว่า COVID-19 ได้เร่งการพัฒนาระบบห่วงโซ่อุปทานแบบยืดหยุ่น และสนับสนุนการใช้ AI–OR เพื่อบริหารความไม่แน่นอน ขณะที่งานด้านโลจิสติกส์ไร้คนขับของ Zhang & Wei (2022) แสดงให้เห็นศักยภาพของโดรนและยานพาหนะอัตโนมัติในการสนับสนุนการส่งมอบสินค้าที่สำคัญในภาวะระบาด โดยเฉพาะการส่งวัคซีนและเวชภัณฑ์ไปยังพื้นที่ที่เข้าถึงยาก

ช่วงที่ 4: ค.ศ. 2023–2024 — Deep Learning, Graph AI และระบบเสริม Operation Research: OR ในช่วงปี ค.ศ. 2023–2024 งานวิจัยด้าน AI สำหรับโลจิสติกส์ก้าวสู่การใช้ Deep Learning (DL) และ Graph-based AI เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์อุปสงค์ การจราจร และสภาวะแวดล้อม โดยมีการผสานข้อมูลจาก Internet of Things (IoT) เข้ากับ Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) ทำให้สามารถตรวจสอบตำแหน่ง สภาพแวดล้อม และข้อจำกัดด้านเวลาแบบเรียลไทม์ส่งผลให้การวางแผนเส้นทางมีความแม่นยำและประหยัดพลังงานมากขึ้น รวมถึงการประยุกต์ Reinforcement Learning ในระบบ Automated Guided Vehicles และท่าเรืออัจฉริยะ นอกจากนี้แบบจำลองเชิงสุ่ม ถูกใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน น้ำ และการลดคาร์บอน ซึ่งให้ผลลัพธ์เชิงประจักษ์ด้านการประหยัดพลังงานและการลดการปล่อย CO_2 ผลลัพธ์แสดงให้เห็นการลดต้นทุนพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ พร้อมผลลัพธ์ด้านคาร์บอนที่วัดได้จริง แนวโน้มนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Yan, et al. (2022).และงาน smart port logistics โดย UNCTAD (2023)

ช่วงที่ 5: ค.ศ. 2024–2025 – บูรณาการหลายชั้นและ ซิงโครโมดัล AI ข้ามภูมิภาค ระยะล่าสุดเป็นยุคบรรจบของปัญญาประดิษฐ์ (AI convergence) ซึ่งผสาน Operations Research, Machine Learning, Reinforcement Learning, multi-agent game, blockchain และ IoT เพื่อพัฒนาระบบซิงโครโมดัลหลายโหมด หลายองค์กร และหลายระดับชั้น โดย AI ถูกใช้เพื่อเพิ่มกำไร ลดการปฏิเสธงาน ลดรถเปล่า และเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน พร้อมความสามารถในการมองล่วงหน้าแบบ rolling horizon และกลไกจูงใจเชิงนโยบาย แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบ Next-generation multimodal logistics ของสหภาพยุโรป

และ Digital Trade & Supply Chain ที่เน้นการใช้ AI และแพลตฟอร์มดิจิทัลเพื่อเสริมความยืดหยุ่นและความยั่งยืนของห่วงโซ่อุปทานข้ามพรมแดน (UNESCAP, 2024)

5.2 ผลการวิเคราะห์การประยุกต์ใช้ AI ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างยั่งยืนโดยเฉพาะในด้านการขนส่งและการกระจายสินค้า

5.2.1 หมวดหมู่เทคโนโลยี AI ที่ถูกนำมาใช้

ผู้วิจัยได้พัฒนารหัสธีม C01–C10 สำหรับจัดกลุ่มเทคนิค AI ที่ปรากฏในบทความวิจัยโดยหมวดหมู่ดังกล่าวเป็นการต่อยอดจากกรอบแนวคิดด้านปัญญาประดิษฐ์ของ Russell & Norvig (2021) การสร้างหมวดหมู่ จึงเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎี AI กับ ลักษณะการประยุกต์ใช้จริงในงานโลจิสติกส์และความยั่งยืน ผลการวิเคราะห์พบว่าเทคโนโลยี AI ที่ถูกนำมาใช้ดังแสดงในตารางที่ 2 ได้แก่ :

ตารางที่ 2 หมวดหมู่เทคโนโลยี AI

Theme Code	Theme Name	Theme Name (TH)	Count	Percentage (%)	การประยุกต์ใช้
C01	Optimization & Metaheuristics AI	AI เพิ่มประสิทธิภาพด้วยเมตาฮิวริสติก/ออบติไมซ์เส้นทาง	54	67.5%	มากที่สุด
C02	Machine Learning & Predictive Analytics	การเรียนรู้ของเครื่องและการพยากรณ์	8	10.0%	รองลงมา
C03	Deep Learning & Neural Networks	ดีพเลิร์นนิงและโครงข่ายประสาทเทียม	4	5.0%	ปานกลาง
C04	Reinforcement Learning & Multi-Agent Systems	การเรียนรู้เสริมกำลังและระบบหลายตัวแทน	5	6.3%	ปานกลาง
C05	Fuzzy Logic & Hybrid / MCDM AI	ตรรกะฟัซซีและ AI ไฮบริด/การตัดสินใจหลายเกณฑ์	7	8.8%	รองลงมา

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Theme Code	Theme Name	Theme Name (TH)	Count	Percentage (%)	การประยุกต์ใช้
C06	Game Theory & Decision Optimization	ทฤษฎีเกมและการตัดสินใจเชิงเหมาะที่สุด	2	2.5%	น้อย
C07	AI in Humanitarian & Health Logistics	AI ในโลจิสติกส์ด้านมนุษยธรรมและสุขภาพ	0	0.0%	-
C08	AI for Green & Sustainable Logistics	AI เพื่อโลจิสติกส์สีเขียวและความยั่งยืน	0	0.0%	-
C09	Clustering & Multi-Objective Optimization	การจัดกลุ่มและการเหมาะที่สุดหลายวัตถุประสงค์	0	0.0%	-
C10	Simulation & Digital Twin Modeling	การจำลองสถานการณ์และดิจิทัลทวิน	0	0.0%	-

จากการวิเคราะห์ พบว่าหมวดหมู่เทคโนโลยี AI ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทการจัดการโลจิสติกส์และการขนส่งอย่างยั่งยืนมีแนวโน้มการใช้งานที่แตกต่างกันตามความสามารถของแต่ละเทคโนโลยี ดังนี้

กลุ่มที่มีการใช้งานมากที่สุดคือ C01: Optimization & Metaheuristics AI (67.5%) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการแก้ปัญหาเส้นทางขนส่ง การจัดสรรยานพาหนะ และการเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุน/ระยะทางเป็นประเด็นสำคัญในงานวิจัยด้านโลจิสติกส์โดยนิยมใช้เทคนิคเช่น Genetic Algorithm, NSGA-II, PSO และ Local Search เพื่อค้นหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ข้อจำกัดที่ซับซ้อน

รองลงมาคือ C02: Machine Learning & Predictive Analytics การเรียนรู้ของเครื่องและการพยากรณ์ (10%) และ C05: Fuzzy Logic & Hybrid / MCDM AI ตรรกะฟัซซี/ระบบไฮบริด/การตัดสินใจหลายเกณฑ์ (8.8%) แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการใช้ AI เพื่อคาดการณ์ความต้องการ/การจราจร และประเมินความเหมาะสมของทางเลือกด้านโลจิสติกส์ที่มีหลายปัจจัยพร้อมกัน

เทคโนโลยีที่พบในสัดส่วนปานกลาง ได้แก่ C04: Reinforcement Learning & Multi-Agent Systems (6.3%) และ C03 : Deep Learning & Neural Networks (5%) ซึ่งมักถูกใช้ในระบบขนส่งอัตโนมัติ การควบคุมอุปกรณ์เคลื่อนที่ และการเรียนรู้เชิงพฤติกรรมของระบบแบบไดนามิก

ในขณะที่เทคโนโลยีเฉพาะทาง เช่น C06: Game Theory & Decision Optimization พบได้น้อย (2.5%) ซึ่งเน้นวิเคราะห์พฤติกรรมผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและการตัดสินใจร่วมในบริบทโลจิสติกส์หลายฝ่าย โดยสรุป ผลการวิเคราะห์สะท้อนว่า งานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาเน้นการใช้ AI เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปฏิบัติการและลดต้นทุนเป็นหลัก ขณะที่การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น Digital Twin, Synchro modal AI หรือ Humanitarian AI ยังอยู่ในระยะเริ่มต้น ซึ่งเปิดโอกาสให้มีการขยายการวิจัยในอนาคตเพื่อรองรับระบบโลจิสติกส์อัจฉริยะที่ยั่งยืนและมีมนุษยธรรมมากขึ้น

5.2.2 มิติความยั่งยืนในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาเชิงคุณลักษณะโดยวิเคราะห์ 1) กรอบมิติด้านความยั่งยืน และ 2) วิเคราะห์รูปแบบมิติบูรณาการ (Theme Combination) ดังนี้

1) กรอบมิติความยั่งยืนสามมิติ (Economic, Environmental, Social)

ตารางที่ 3 กรอบมิติความยั่งยืนสามมิติ

มิติความยั่งยืน	จำนวน	ร้อยละ	ตัวอย่างเทคโนโลยีที่ใช้	ตัวอย่างผลลัพธ์ที่พบ
Economic (เศรษฐกิจ)	80	100%	Optimization, Machine Learning, Deep Learning, Game Theory	ลดต้นทุน, เพิ่มกำไร, เพิ่มประสิทธิภาพ, Optimal routing
Environmental (สิ่งแวดล้อม)	63	78.8%	Green AI, CVaR, Digital Twin	ลด CO_2/พลังงาน/มลพิษ, EV routing, Green logistics
Social (สังคม)	22	27.5%	Fuzzy Logic, Humanitarian Logistics	ความปลอดภัย, ความเป็นธรรม, ความพึงพอใจ, วัคซีน/มนุษยธรรม

ผลการวิจัยพบว่า งานวิจัยให้ความสำคัญกับมิติความยั่งยืนที่แตกต่างกัน โดยมิติด้านเศรษฐกิจเป็นเป้าหมายหลักของการประยุกต์ใช้ AI (100%) เนื่องจากองค์กรให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปฏิบัติการ ขณะเดียวกัน มิติด้านสิ่งแวดล้อม (78.8%) มีบทบาทที่มุ่งลดการปล่อยคาร์บอน การบริหารรถไฟฟ้า ระบบขนส่งสีเขียว และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนมิติด้านสังคม (27.5%) แม้พบในสัดส่วนที่น้อยกว่า แต่มีความสำคัญในบริบทการจัดการภาวะฉุกเฉิน การขนส่งทางการแพทย์ และโลจิสติกส์ในภาวะภัยพิบัติ ซึ่งเชื่อมโยงกับประเด็นด้านความปลอดภัย ความเป็นธรรม และการเข้าถึงบริการอย่างเท่าเทียม

2) รูปแบบมิติบูรณาการ (Theme Combination)

ตารางที่ 4 รูปแบบมิติบูรณาการ (Theme Combination)

รูปแบบมิติ	ร้อยละ
เศรษฐกิจ + สิ่งแวดล้อม (Econ+Env)	75%
ครบสามมิติ (Econ+Env+Soc)	22.5%
เศรษฐกิจ + สังคม (Econ+Soc)	2.5%

ผลการวิเคราะห์รูปแบบมิติบูรณาการ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการบูรณาการด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมร่วมกัน (75%) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการขนส่งและโลจิสติกส์ที่ยั่งยืนมุ่งเน้นประสิทธิภาพด้านต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก โดยเฉพาะการลดต้นทุนการดำเนินงาน ลดพลังงาน ลดระยะทางขนส่ง และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบรองลงมาคืองานที่ครอบคลุมทั้งสามมิติได้แก่ เศรษฐกิจ-สิ่งแวดล้อม-สังคม (22.5%) โดยงานกลุ่มนี้เน้นประเด็นด้านความเป็นธรรม ความปลอดภัย ความยืดหยุ่นของโลจิสติกส์และการเข้าถึงบริการ เช่น การกระจายวัคซีน การจัดการเหตุฉุกเฉินและโลจิสติกส์เพื่อสังคม ส่วนที่พบน้อยที่สุดคืองานที่มุ่งเน้นเฉพาะด้านเศรษฐกิจ-สังคม (2.5%) แสดงให้เห็นว่างานด้านสังคมในภาคการขนส่งที่ใช้ AI ยังมีสัดส่วนค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม ขณะที่ไม่พบงานที่เน้นเฉพาะมิติเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว (0%) ซึ่งสะท้อนว่าผู้วิจัยส่วนใหญ่ตระหนักถึงการเพิ่มคุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมควบคู่ไปกับประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ โดยสรุป งานวิจัยด้าน AI เพื่อความยั่งยืนในโลจิสติกส์และการขนส่งส่วนใหญ่ยังคงให้ความสำคัญกับประเด็นเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก ขณะที่ประเด็นด้านสังคมเริ่มได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นแต่ยังอยู่ในสัดส่วนรอง ซึ่งเป็นช่องว่างสำคัญที่สามารถพัฒนาต่อยอดในงานวิจัยอนาคต

5.2.3 แนวโน้มการประยุกต์ใช้ AI ในอนาคต

จากการวิเคราะห์วรรณกรรมเชิงระบบ พบว่าทิศทางของการประยุกต์ใช้ AI ในห่วงโซ่อุปทานยั่งยืนด้านการขนส่งและการกระจายสินค้ามีความชัดเจนใน 6 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

1) การบูรณาการ AI แบบหลายระดับและหลายผู้เล่น (Multi-layer, Multi-actor AI) งานวิจัยล่าสุดมุ่งเน้นระบบ AI ที่ทำงานแบบหลายตัวแทน (multi-agent) เชื่อมโยงผู้ให้บริการหลายรายและหลายรูปแบบการขนส่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและลดเที่ยววิ่งเปล่า เช่น Asia–Europe multimodal routing with incentive coordination ,Multi-company car-sharing & EV intelligent charging ,Crowd-shipping with depot optimization เพื่อระบบขนส่งร่วมแบบเรียลไทม์ ลดระยะทางสุทธิ เพิ่ม utilization (Montreuil., 2011; Zhang et al., 2025; Choi., 2020)

2) Deep Learning + Operation Research+ Reinforcement Learning (AI Hybridization) มีการผสานเทคนิคด้าน AI จำนวนมาก ได้แก่ DGAT-MAN สำหรับทำนาย demand ,Reinforcement Learning สำหรับงาน scheduling ในท่าเรือและ AGV , Hybrid ALNS + ML สำหรับ route optimization แบบไดนามิกเพื่อระบบที่สามารถ คาดการณ์-ตัดสินใจ-ปรับตัว ได้อัตโนมัติ (Kwak & Kim., 2023; Ivanov & Dolgui., 2020)

3) Logistics Autonomy & Robotics Ecosystem , AI สนับสนุนระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบในโครงสร้างพื้นฐานโลจิสติกส์ เช่น Autonomous trucks และ UGVs,Tugboat RL control engine ในระบบท่าเรือ ,Drone logistics สำหรับการแพทย์และพื้นที่ห่างไกล, AGV-based warehouse automation เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ลดต้นทุนแรงงาน และเพิ่มความเร็วการบริการ *(*UNCTAD., 2023; Zhang & Wei.*, 2022)*

4) AI ถูกนำมาใช้เพื่อเสริมความยืดหยุ่นของระบบโลจิสติกส์ในภาวะวิกฤต เช่น การจัดการวัคซีนช่วง COVID-19 โลจิสติกส์บรรเทาภัยพิบัติ และการวางแผนเส้นทางเชิงมนุษยธรรม โดยใช้เทคนิค ALNS, fuzzy และ stochastic models เพื่อการตอบสนองเชิงรุก (Ivanov & Dolgui, 2020; Zhang & Wei, 2022) ขณะเดียวกัน งานวิจัยมุ่งสู่การพัฒนา carbon-aware และ energy-aware routing เช่น EV routing พร้อม smart charging, emission-aware VRP และ digital twin เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการปล่อย CO_2 สอดคล้องเป้าหมาย Net Zero (UNCTAD, 2023)

5) Carbon-aware & Energy-aware Routing ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมกลายเป็นแกนกลางของงานวิจัย เช่น EV routing + smart charging, Carbon optimal tugboat scheduling, Emission-aware VRP, Digital twin เพื่อบริหารพลังงานและทรัพยากรน้ำเพื่อลดการปล่อยCO_2ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องยุทธศาสตร์ Net Zero (UNCTAD, 2023)

6) Explainable, Ethical & Human-AI Governance ความโปร่งใสและธรรมาภิบาลกลายเป็นข้อกำหนดสำคัญ เช่น AI socialisation และ human-centered AI ในภาค maritime logistics, Explainable AI (XAI) ในระบบวางแผนขนส่ง , Digital governance & trust frameworks เพื่อ AI ที่โปร่งใส ตรวจสอบได้ และคำนึงถึงความเป็นธรรม (World Economic Forum, 2024)

สรุปแนวโน้ม AI สำหรับระบบขนส่งยั่งยืนกำลังเปลี่ยนจาก“เครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทาง”สู่ “ระบบตัดสินใจอัตโนมัติแบบยั่งยืนที่ทำงานประสานหลายหน่วยงานแบบเรียลไทม์และคาร์บอนต่ำ”หรือจาก optimization engine สู่ autonomous, collaborative, carbon-aware logistics ecosystems

6. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นการเปลี่ยนบทบาทของปัญญาประดิษฐ์จากเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพ และลดต้นทุนไปสู่แกนหลักของระบบขนส่งอัจฉริยะที่ยั่งยืนและยืดหยุ่นต่อความไม่แน่นอนในอนาคต การประยุกต์ใช้ AI ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านวางแผนเส้นทาง การจัดสรรพาหนะ การคาดการณ์อุปสงค์ และการจัดการ

ความเสี่ยงในเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ เช่น การแพร่ระบาดของโรค COVID-19 และภัยพิบัติทางธรรมชาติ สอดคล้องกับแนวคิดของ Ivanov & Dolgui(2020) ที่ชี้ว่าความยืดหยุ่นและความยั่งยืนเป็นสองแกนหลักของระบบห่วงโซ่อุปทานยุคใหม่ภายใต้สภาวะไม่แน่นอนสูง ในด้านประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ ผลการวิจัยสนับสนุนข้อค้นพบของ Choi (2020) และ Montreuil (2011) ซึ่งเสนอว่า AI และ Physical Internet มีบทบาทสำคัญต่อการลดต้นทุน การเพิ่มความคล่องตัวของเครือข่ายขนส่ง และการจัดการทรัพยากรโลจิสติกส์อย่างเหมาะสม ขณะเดียวกัน ผลลัพธ์ยังชี้ให้เห็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Carter & Easton (2011) ที่ระบุว่าความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเสาหลักของการจัดการห่วงโซ่อุปทานยุคใหม่และต้องผสานเทคโนโลยีเข้ากับนโยบายสนับสนุนอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ดี งานวิจัยนี้ยังพบข้อจำกัดสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไขเพื่อให้ AI สามารถขับเคลื่อนระบบโลจิสติกส์ยั่งยืนได้อย่างเต็มรูปแบบ ได้แก่ (1) ข้อจำกัดด้านการแบ่งปันข้อมูลและกรอบกฎหมาย ทำให้การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างองค์กรและห่วงโซ่คุณค่าไม่เป็นไปอย่างราบรื่น ซึ่งไม่สอดคล้องกับกรอบความร่วมมือด้านข้อมูลตามแนวคิด Smart Logistics (UNCTAD,2023) (2) ความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานและระบบเทคโนโลยีโดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา ทำให้การประยุกต์ใช้ AI ในระดับปฏิบัติการยังมีความแตกต่างกันอย่างมาก (3) ประเด็นด้านจริยธรรม และความโปร่งใสของ AI เช่น อคติข้อมูล (AI Bias) ความโปร่งใสในการตัดสินใจและผลกระทบต่อแรงงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Zhang & Wei (2022) ที่เตือนถึงผลกระทบทางสังคมของระบบ AI ในการขนส่ง (4) สัดส่วนงานวิจัยด้านผลกระทบทางสังคมยังมีจำกัดแม้จะเป็นประเด็นสำคัญในแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน ทั้งนี้ การนำ AI มาประยุกต์ใช้ในโลจิสติกส์ยั่งยืนให้เกิดผลลัพธ์สูงสุดไม่สามารถพึ่งพาเทคโนโลยีแต่เพียงอย่างเดียวได้ แต่ต้องอาศัยองค์ประกอบความร่วมมือหลายภาคส่วน ได้แก่ การออกแบบนโยบายและกลไกสนับสนุนนวัตกรรมด้านโลจิสติกส์สีเขียว, การจัดการข้อมูลและโครงสร้างพื้นฐานความปลอดภัยไซเบอร์อย่างเข้มแข็ง , การพัฒนาทักษะดิจิทัลแรงงานเพื่อรองรับระบบโลจิสติกส์อัจฉริยะ, การกำกับดูแลตามหลักธรรมาภิบาลและจริยธรรมของ AI องค์ประกอบดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการเปลี่ยนผ่านเชิงระบบสู่ Logistics 5.0 ที่เน้นสมดุลระหว่างประสิทธิภาพ เทคโนโลยี และคุณค่าทางสังคม ซึ่งเป็นแนวโน้มที่กำลังขับเคลื่อนทั่วโลกในปัจจุบัน กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า AI มิได้เป็นเพียงเครื่องมือด้านประสิทธิภาพโลจิสติกส์แต่เป็น “ตัวเร่งโครงสร้างระบบขนส่งสมัยใหม่ ในทิศทางของความยั่งยืน ความยืดหยุ่น และความเป็นธรรม” และความสำเร็จของการประยุกต์ใช้ AI อย่างแท้จริงขึ้นอยู่กับการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับนโยบาย สังคม และการพัฒนาทุนมนุษย์อย่างสมดุล

ข้อจำกัดการวิจัย

1. จำกัดฐานข้อมูลหลักที่ Scopus และ 5 วารสารเป้าหมาย อาจพลาดบางสาขาเฉพาะทาง
2. การใช้เฉพาะแหล่งข้อมูลภาษาอังกฤษ อาจทำให้งานวิจัยไม่สะท้อนบริบทท้องถิ่นได้ดีเท่าที่ควร เช่น กฎระเบียบ ระบบโลจิสติกส์ ห่วงโซ่อุปทาน ข้อมูลเศรษฐกิจ ความพร้อมเทคโนโลยี ฯลฯ ในประเทศไทยและอาเซียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

การวิจัยในอนาคตควรมุ่งพัฒนาแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ที่รองรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่ายและระบบขนส่งหลายรูปแบบอย่างบูรณาการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความร่วมมือทั้งห่วงโซ่ควบคู่กับการประยุกต์ใช้ Digital Twin ร่วมกับ Machine Learning เพื่อจำลองและประเมินนโยบายลดการปล่อยคาร์บอนก่อนใช้งานจริง นอกจากนี้ ควรส่งเสริมงานวิจัยด้านโลจิสติกส์มนุษยธรรมและความเป็นธรรมในการเข้าถึงบริการขนส่ง พร้อมให้ความสำคัญกับจริยธรรมของ AI ความโปร่งใส และความร่วมมือระหว่างมนุษย์กับ AI เพื่อการใช้งานอย่างสมดุลและยั่งยืน การทดลองใช้ข้อมูลจริงในบริบทอาเซียน โดยเฉพาะประเทศไทย-CLMV จะช่วยให้โมเดลสามารถนำไปใช้ได้จริงและเกิดผลในทางปฏิบัติ โดยสรุป AI เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนระบบขนส่งและห่วงโซ่อุปทานสู่ความยั่งยืน ซึ่งจำเป็นต้องผสานเทคโนโลยี นโยบาย และการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ควบคู่กัน

เอกสารอ้างอิง

Ansari, N., Fattahi, P., & Shiri, M. (2025). The role of drone technology and application of IoT on vaccine supply chain during a pandemic under uncertain environment: A real case study of COVID-19 in Iran. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 193,*103831.

Bag, S., Pretorius, J. H. C., Gupta, S., & Dwivedi, Y. K. (2021). Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities. Technological Forecasting and Social Change, 163, 120420.

Carter, C. R., & Easton, P. L. (2011). Sustainable supply chain management: Evolution and future directions. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 41*(1), 46–62.

Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38*(5), 360–387. https://doi.org/10.1108/09600030810882816

Chen, W., Zhang, X., Li, Y., & Huang, Z. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable practices. *Sustainability, 16*(21), 9145. https://doi.org/10.3390/su16219145

Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability, 16*(21), 9145.

Cai, Y.-J., & Choi, T.-M. (2020). A United Nations' Sustainable Development Goals perspective for sustainable textile and apparel supply chain management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 141*, 102010.

Choi, T.-M. (2020). Internet-based elastic logistics platforms for fashion quick response systems in the digital era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 143*, 102096. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102096

Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (7th ed.). Pearson Education.

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson.

Deveci, M. (2023). Effective use of artificial intelligence in healthcare supply chain resilience using a fuzzy decision-making model. *Soft Computing*. https://doi.org/10.1007/s00500-023-08906-2

Deloitte. (2023). *Digital transformation in supply chain*. Deloitte. Retrieved from https://www.deloitte.com/ch/en/services/consulting/perspectives/digital-transformation-in-supply-chain.html

Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Oxford, England: Capstone.

Franceschetti, A., Demir, E., Honhon, D., Van Woensel, T., Laporte, G., & Stobbe, M. (2017). A metaheuristic for the time-dependent pollution-routing problem. *European Journal of Operational Research, 259*(3), 972–991.

Giuffrida, N., Fajardo-Calderin, J., Masegosa, A. D., Werner, F., Steudter, M., & Pilla, F. (2022). Optimization and machine learning applied to last-mile logistics: A review. *Sustainability*, *14*(9), 5329.

Govindan, K., Cheng, T. C. E., Mishra, N., & Shukla, N. (2018). Big data analytics and application for logistics and supply chain management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *114*, 343–349.

Govindan, K., Mina, H., & Alavi, B. (2020). A decision support system for demand management in healthcare supply chains considering the epidemic outbreaks: A case study of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *138*, 101967.

International Energy Agency. (2023).*Transport sector CO_2 emissions*. เข้าถึงได้จาก https://www.iea.org

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. *International Journal of Production Research*, *58*(10), 2904–2915.

Ivanov, D. (2023). The Industry 5.0 framework: Viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. *International Journal of Production Research*, *61*(5), 1683–1695.

Jahani, H., Chaleshtori, A. E., Khaksar, S. M. S., Aghaie, A., & Sheu, J.-B. (2022). COVID-19 vaccine distribution planning using a congested queuing system: A real case from Australia. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 163*, 102749.

Liu, Y., Tao, F., & Zhu, R. (2025). Vehicle-routing problem for low-carbon cold chain logistics based on the idea of cost–benefit. *Complex & Intelligent Systems*, *11*, 157

Liu, D., Yan, P., Pu, Z., Wang, Y., & Kaisar, E. I. (2021). Hybrid artificial immune algorithm for optimizing a van-robot e-grocery delivery system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 154*, 102466.

Laurent, A.-B., Vallerand, S., van der Meer, Y., & D'Amours, S. (2020). CarbonRoadMap: A multicriteria decision tool for multimodal transportation. *International Journal of Sustainable Transportation*, *14*(3), 205-214

Maleki, A., Hemmati, V., Reza Abazari, S., Aghsami, A., & Rabbani, M. (2024). Optimal distribution and waste management of COVID-19 vaccines from vaccination centers' satisfaction perspective: A fuzzy time window-based VRP. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *183*, 103454.

Maiyar, L. M., & Thakkar, J. J. (2019). Environmentally conscious logistics planning for food grain industry considering wastages employing multi-objective hybrid particle swarm optimization. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *127*, 220–248.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, *6*(7), e1000097.

Montreuil, B. (2011). *The Physical Internet.* In T. Borangiù, A. Thomas, & D. Trentesaux (Eds.), *Service orientation in holonic and multi-agent manufacturing control* (pp. 11–13). Springer.

Montreuil, B. (2011). Toward a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge. *Logistics Research, 3*(2–3), 71–87.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ*, *372,* n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Qu, C., & Kim, E. (2024). Reviewing the roles of AI-integrated technologies in sustainable supply chain management: Research propositions and a framework for future directions. *Sustainability*, *16*(14), 6186.

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Rodríguez-Espíndola, O., Ahmadi, H., Gastélum-Chavira, D., Ahumada-Valenzuela, O., Chowdhury, S., Dey, P. K., & Albores, P. (2023). Humanitarian logistics optimization models: An investigation of decision-maker involvement and directions to promote implementation. *Socio-Economic Planning Sciences*, *89*, 101669.

Smith, A. D., & Moreno, G. (2025). Omnichannel transportation, warehousing and manufacturing quality characteristics in a post-COVID environment: Case and empirical study. *International Journal of Logistics Systems and Management*, *51*(1), 79–103. https://doi.org/10.1504/IJLSM.2025.146060

Tang, L., Li, Y., Zhang, S., Wang, Z., & Coelho, L. C. (2025). Mobile COVID-19 vaccination scheduling with capacity selection. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 193, 103826.

Taj, S., Imran, A. S., Kastrati, Z., Daudpota, S. M., Memon, R. A., & Ahmed, J. (2023). IoT-based supply chain management: A systematic literature review. *Internet of Things*, *24*, 100982.

Teixeira, A. R., Ferreira, J. V., & Ramos, A. L. (2025). Intelligent supply chain management: A systematic literature review on artificial intelligence contributions. *Information*, *16*(5), 399.

United Nations Conference on Trade and Development: UNCTAD. (2023). *Review of maritime transport 2023*. United Nations. เข้าถึงได้จาก https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). (2024). *Review of Developments in Transport in Asia and the Pacific: Transition Towards*

Sustainable Transport Solutions. United Nations. เข้าถึงได้จาก https://www.unescap.org/kp/2024/review-developments-transport-asia-and-pacific-2024-transition-towards-sustainable?

United Nations. (2025). *The Sustainable Development Goals Report 2025*. United Nations Publications. เข้าถึงได้จาก https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2025.pdf

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP). (2024). *The Review of Developments in Transport in Asia and the Pacific 2024: Transition Towards Sustainable Transport Solutions*. United Nations. เข้าถึงได้จาก https://repository.unescap.org/items/4e8a167f-a79e-41f4-8a75-99767136a494

Yan, Y., Chow, A. H. F., Ho, C. P., Kuo, Y.-H., Wu, Q., & Ying, C. (2022). Reinforcement learning for logistics and supply chain management: Methodologies, state of the art, and future opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 162*, 102712.

Yılmaz, Ö. F., Guan, Y., & Yılmaz, B. G. (2025). Designing a resilient humanitarian supply chain by considering viability under uncertainty: A machine learning embedded approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. เข้าถึงได้จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1366554524005349

Wang, Y., Peng, S., Zhou, X., Mahmoudi, M., & Zhen, L. (2020). Green logistics location-routing problem with eco-packages. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 143*, 102118.

Wamba, S. F., Dubey, R., Gunasekaran, A., & Akter, S. (2020). The performance effects of big data analytics and supply chain ambidexterity: The moderating effect of environmental dynamism. *International Journal of Production Economics, 222*, 107498.

World Bank. (2023). *Supply chain resilience report: Navigating global disruptions*. เข้าถึงได้จาก https://www.worldbank.org

World Economic Forum. (2024). *Future of supply chains: AI-enabled sustainable logistics*. เข้าถึงได้จาก https://www.weforum.org

Wu, M., Tsai, N. E., & Yuen, K. F. (2025). Maritime AI socialisation: Exploring the impact of digital enablers on human–AI collaboration and service and process innovation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 197*, 104053.

Xu, H., Liu, J., Xu, X., Chen, J., & Yue, X. (2024). The impact of AI technology adoption on operational decision-making in competitive heterogeneous ports. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 183*, 103428.

Xu, S., Ou, X., Govindan, K., Chen, M., & Yang, W. (2025). An adaptive genetic hyper-heuristic algorithm for a two-echelon vehicle routing problem with dual-customer satisfaction in community group-buying. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 194*, 103874.

Zhang, R., Zhang, Z., & Chen, Y. (2018). Green VRP with multi-objective optimization. *Computers & Operations Research, 95*, 1–12.

Zhang, Y., Mou, Z., Gao, F., Jiang, J., Ding, R., & Han, Z. (2020). UAV-enabled secure communications
by multi-agent deep reinforcement learning. *IEEE Transactions on Vehicular Technology, 69*(10), 11599–11611.

Zhang, Q., Li, X., Wang, J., & Chen, H. (2024). AI-enabled transport optimization for carbon-neutral logistics. *Transportation Research Part E, 188*, 103532.

Zhang, Y., Tan, X., Gan, M., Liu, X., & Atasoy, B. (2025). Operational synchromodal transport planning methodologies: Review and roadmap. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,* 194, 103915

Zhang, X., Hao, Y., Zhang, L., & Yuan, X. (2025). Application of improved genetic algorithm to vehicle routing problem considering the environmental self-regulation of the freight companies. Expert Systems with Applications, 274, 127010.