

**เครื่องมือแบบตารางคำนวณสำหรับการจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่าแบบรวมศูนย์
ในเครือข่ายลานตู้ภายในประเทศ**

**Spreadsheet-Based Tool for Centralized Allocation of Empty Containers in
the Domestic Container Yard Network**

ศิริประภา ปรีดา

Siraprapa Preeda

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*Corresponding author E-mail: 6780097620@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือแบบตารางคำนวณสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่ารายสัปดาห์แบบรวมศูนย์จากท่าเรือหลักไปยังลานตู้ภายในประเทศ 5 แห่ง ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนตู้เปล่าที่มีพร้อมจัดสรรและความไม่แน่นอนของอุปสงค์รายลาน การศึกษาใช้ข้อมูลปฏิบัติการรายสัปดาห์ของบริษัทสายการเดินเรือกรณีศึกษา ระหว่างปี พ.ศ. 2566–2568 รวม 156 สัปดาห์ โดยใช้ข้อมูล 52 สัปดาห์แรกสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ และข้อมูล 104 สัปดาห์ถัดมาสำหรับประเมินผลแบบจำลองด้วยการวิเคราะห์แบบเลื่อนกรอบเวลา (Rolling Horizon) แยกสำหรับตู้ 20GP และ 40HQ

นโยบายการจัดสรรที่เปรียบเทียบประกอบด้วย Fair-Share, Days of Supply (DOS) และ Equal Shortage Probability (ESP) โดยประเมินจากจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมและจำนวนสัปดาห์ที่เกิดภาวะขาดแคลนเทียบกับวิธีเดิมที่อาศัยดุลพินิจของผู้ปฏิบัติงาน

ผลการศึกษาพบว่าทั้งสามนโยบายสามารถลดภาวะขาดแคลนตู้เปล่าได้ โดย ESP ให้ผลดีที่สุดโดยรวมทั้งด้านจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมและจำนวนสัปดาห์ที่เกิดภาวะขาดแคลน ขณะที่ DOS ให้ผลใกล้เคียงกับ ESP สำหรับตู้ 20GP และมีหลักการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการจัดสรรอย่างเป็นระบบโดยพิจารณาสถานการณ์ของทุกลานร่วมกันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรร ลดความไม่สมดุลระหว่างลาน และสนับสนุนการวางแผนตู้เปล่ารายสัปดาห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดสรรตู้เปล่า, ตารางคำนวณ, การวิเคราะห์แบบเลื่อนกรอบเวลา

ได้รับเมื่อ 25 มิถุนายน 2569; แก้ไขเมื่อ 7 กันยายน 2569; ตอรับการตีพิมพ์เมื่อ 21 กันยายน 2569

Abstract

This study develops a spreadsheet-based decision-support tool for weekly centralized allocation of empty containers from a main port to five inland container yards under limited supply and uncertain yard-level demand. Three years of weekly operational data from a case-study shipping line (2023–2025; 156 weeks) were used. The first 52 weeks were used for parameter estimation, while the remaining 104 weeks were used for model evaluation using a rolling-horizon approach. The analysis was conducted separately for 20GP and 40HQ containers.

Three allocation policies were compared: Fair-Share, Days of Supply (DOS), and Equal Shortage Probability (ESP). Their performance was evaluated using cumulative shortages and the number of weeks with shortages, with the existing operator-judgment-based practice used as the benchmark.

The results show that all three policies reduce empty-container shortages relative to the existing practice. ESP provides the best overall performance by reducing both cumulative shortages and shortage frequency, while DOS achieves comparable results for 20GP containers with simpler analysis. The findings indicate that systematic allocation rules incorporating conditions across all yards can improve allocation efficiency, reduce inter-yard imbalances, and support more consistent weekly empty-container planning.

Keywords: Empty container allocation, Spreadsheet model, Rolling horizon, Days of Supply, Equal Shortage Probability

Received: June 25, 2026; Revised: September 7, 2026; Accepted: September 21, 2026

1. บทนำ

การขนส่งสินค้าด้วยตู้คอนเทนเนอร์เป็นกลไกสำคัญของระบบโลจิสติกส์สมัยใหม่ เนื่องจากช่วยให้การเคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างรูปแบบการขนส่งต่าง ๆ เป็นมาตรฐานเดียวกัน ทั้งการขนส่งทางเรือ ทางถนน และทางราง รวมถึงช่วยลดต้นทุนการยกขน และเพิ่มความต่อเนื่องของการไหลเวียนสินค้าในห่วงโซ่อุปทานระหว่างประเทศ รายงานของ UNCTAD (2023) แสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของการขนส่งทางทะเลต่อ

การค้าระหว่างประเทศ อย่างไรก็ตาม วรรณกรรมด้านการไหลเวียนของตู้เปล่าระบุวาระบบตู้คอนเทนเนอร์ยังคงเผชิญปัญหาความไม่สมดุลของตู้เปล่าอย่างต่อเนื่อง ปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุจากความไม่สมดุลของกระแสการค้า ความผันผวนของอุปสงค์ และข้อจำกัดด้านทรัพยากรในเครือข่ายโลจิสติกส์ (Dejax & Crainic, 1987; Braekers et al., 2011) เมื่อพื้นที่หนึ่งมีตู้เปล่าเกินความต้องการ ขณะที่อีกพื้นที่หนึ่งเกิดภาวะขาดแคลน สายการเดินเรือจึงจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายตู้เปล่าในเครือข่ายเพื่อปรับสมดุล แม้กิจกรรมนี้จะก่อให้เกิดรายได้ แต่ถือเป็นต้นทุนที่จำเป็นต่อการรักษาระดับการให้บริการของสายการเดินเรือและผู้ส่งออก (Song et al., 2005; Abdelshafie et al., 2022)

สำหรับบริบทของประเทศไทย ตู้เปล่าขาดเข้ามักกระจุกตัวอยู่บริเวณท่าเรือหลัก ขณะที่ความต้องการใช้ตู้เปล่าสำหรับการส่งออกกระจายอยู่ตามลานตู้คอนเทนเนอร์และสถานีบรรจุสินค้าในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ความไม่สอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งของตู้เปล่าที่มีอยู่กับตำแหน่งของอุปสงค์ที่เกิดขึ้น ทำให้บริษัทสายการเดินเรือต้องจัดสรรตู้เปล่าจากท่าเรือซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางไปยังลานปลายทางหลายแห่งอย่างต่อเนื่อง ปัญหาการจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่าภายในประเทศจึงไม่ได้เป็นเพียงปัญหาด้านจำนวนตู้รวมในระบบเท่านั้น แต่ยังเป็นปัญหาเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ผู้ปฏิบัติงานต้องตัดสินใจว่าจะกระจายตู้เปล่าที่มีอยู่อย่างจำกัดไปยังลานใด จำนวนเท่าไร และในช่วงเวลาไหน ภายใต้ความไม่แน่นอนของอุปสงค์รายลาน หากการจัดสรรไม่สอดคล้องกับตำแหน่งและระดับความต้องการใช้ตู้ อาจทำให้บางลานเกิดภาวะขาดแคลนตู้เปล่า แม้ระบบโดยรวมยังมีตู้เปล่าอยู่ก็ตาม (Lam et al., 2007; Chen et al., 2022)

บริษัทกรณีศึกษาที่ใช้ในการวิจัยเป็นสายการเดินเรือที่ต้องบริหารตู้เปล่าภายในประเทศ ภายใต้ปริมาณตู้ที่ได้รับจากการวางแผนระดับเครือข่าย โดยผู้ปฏิบัติงานต้องตัดสินใจจัดสรรตู้จากท่าเรือไปยังลานปลายทางตามข้อมูลความต้องการตู้เปล่าของลูกค้าและจำนวนตู้ที่คาดว่าจะได้รับคืน และระดับตู้เปล่าคงเหลือของแต่ละลานจากการศึกษากระบวนการทำงาน ด้วยการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานและข้อมูลภายในของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าการจัดสรรในปัจจุบันยังอาศัยประสบการณ์และดุลพินิจของผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งมีการปรับแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละสัปดาห์ ส่งผลให้บางลานเกิดปัญหาที่อาจได้รับตู้ต่ำกว่าความต้องการ ในขณะที่บางลานมีตู้คงเหลือเกินความจำเป็น

ข้อมูลการดำเนินงานระดับรายสัปดาห์ของบริษัทกรณีศึกษา พ.ศ. 2566–2568 แสดงให้เห็นว่า ในบางสัปดาห์จำนวนตู้รวมของระบบจะเพียงพอต่อความต้องการรวม แต่การกระจายตู้ระหว่างลานยังอาจไม่สอดคล้องกับตำแหน่งและปริมาณของอุปสงค์จริง ส่งผลให้บางลานเกิดภาวะขาดแคลน ขณะที่อีกบางลานยังมีตู้คงเหลือสะสม เพราะฉะนั้นการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มจำนวนตู้เพียงอย่างเดียวจึงอาจไม่เพียงพอ หากยังขาดหลักเกณฑ์การจัดสรรที่สะท้อนความต้องการ และสถานการณ์ตู้เปล่าของแต่ละลานอย่างเป็นระบบ

ทั้งนี้การศึกษาเลือกเทคโนโลยีตารางคำนวณมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพราะเป็นทางเลือกที่เข้าถึงได้ง่าย พนักงานองค์กรมีใช้อยู่แล้ว สามารถปรับเปลี่ยนสูตรและเงื่อนไขให้สอดคล้องกับกระบวนการทำงานขององค์กร และเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบที่มาของผลการคำนวณได้ง่าย

งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาเครื่องมือแบบตารางคำนวณสำหรับสนับสนุนการจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่าแบบรวมศูนย์จากท่าเรือไปยังลานปลายทาง โดยประยุกต์แนวคิดด้านการบริหารสินค้าคงคลัง การจัดสรรทรัพยากรส่วนกลาง และการจัดการความไม่แน่นอนของอุปสงค์ในการออกแบบกฎการจัดสรร เครื่องมือถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย ตรวจสอบได้ และเหมาะสมกับสภาพการทำงานจริง ภายใต้เป้าหมายเพื่อลดภาวะขาดแคลนและความไม่สมดุลของตู้เปล่าระหว่างลาน จึงมีความเหมาะสมในฐานะเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจที่คุ้มค่าและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาปัญหาและข้อจำกัดของการจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่าจากท่าเรือแหลมฉบังไปยังลานตู้ภายในประเทศ ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนตู้เปล่าที่มีพร้อมจัดสรรและความไม่แน่นอนของอุปสงค์ในแต่ละลาน

2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในรูปแบบตารางคำนวณสำหรับการจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่ารายสัปดาห์ โดยประยุกต์ใช้กฎการจัดสรรที่เหมาะสมกับระบบกรณีศึกษา

2.3 เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่าที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการจัดสรรเดิม โดยพิจารณาจากจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมและจำนวนสัปดาห์ที่เกิดภาวะขาดแคลน

3. ทบทวนวรรณกรรม

ปัญหาการบริหารตู้คอนเทนเนอร์เปล่าเกิดจากความไม่สอดคล้องระหว่างตำแหน่งและเวลาที่ตู้เปล่าพร้อมใช้งานกับตำแหน่งและเวลาที่ลูกค้ามีความต้องการใช้ตู้ ส่งผลให้สายการเดินเรือต้องเคลื่อนย้ายและจัดสรรตู้เปล่าระหว่างพื้นที่อย่างต่อเนื่อง การทบทวนวรรณกรรมในบทความนี้ครอบคลุม 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ ปัญหาความไม่สมดุลของตู้เปล่า การจัดสรรตู้เปล่าแบบรวมศูนย์ในระดับปฏิบัติการ และแนวคิดการจัดสรรสินค้าคงคลังในเครือข่ายการกระจายสินค้า

3.1 ปัญหาความไม่สมดุลของตู้เปล่า

ปัญหาความไม่สมดุลของตู้เปล่ามีสาเหตุสำคัญจากความไม่สมดุลของกระแสการค้าและความผันผวนของอุปสงค์ในแต่ละพื้นที่ ทำให้พื้นที่ที่มีปริมาณสินค้านำเข้าสูงอาจมีตู้เปล่าสะสมเกินความต้องการ ขณะที่พื้นที่ที่มีปริมาณสินค้าส่งออกสูงอาจประสบภาวะขาดแคลนตู้เปล่า การเคลื่อนย้ายตู้จากพื้นที่ส่วนเกินไปยัง

พื้นที่ขาดแคลนจึงเป็นกิจกรรมที่จำเป็นต่อการรักษาความต่อเนื่องของระบบขนส่ง แม้ไม่ก่อให้เกิดรายได้โดยตรงและทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งเพิ่มก็ตาม (Dejax & Crainic, 1987; Crainic et al., 1993; Braekers et al., 2011)

ปัญหาดังกล่าวมีทั้งมิติเชิงพื้นที่และเชิงเวลา มิติเชิงพื้นที่หมายถึงการที่ตำแหน่งของตู้เปล่าไม่สอดคล้องกับตำแหน่งที่เกิดอุปสงค์ ส่วนมิติเชิงเวลาหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ จำนวนตู้ที่ถูกค้าคืน ตู้ และระดับตู้คงคลังในแต่ละช่วงเวลา การจัดสรรตู้ในงวดปัจจุบันจึงส่งผลต่อจำนวนตู้พร้อมใช้ สถานะคงคลังและความเสี่ยงของการขาดแคลนในงวดถัดไป ทำให้ปัญหานี้ต้องพิจารณาในลักษณะของการตัดสินใจต่อเนื่องหลายช่วงเวลา (Crainic et al., 1993; Cheung & Chen, 1998; Lam et al., 2007)

งานวิจัยในระยะหลังให้ความสำคัญกับความไม่แน่นอนและความเชื่อมโยงระหว่างการตัดสินใจในแต่ละช่วงเวลามากขึ้น Liang et al. (2024) พัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมพลวัตเชิงสุ่มสำหรับจัดสรรพื้นที่ระหว่างตู้สินค้าและตู้เปล่าภายใต้อุปสงค์ที่ไม่แน่นอน โดยตัดสินใจจากอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจริง ระดับตู้เปล่าคงคลังในปัจจุบัน และค่าเฉลี่ยของอุปสงค์ในอนาคต เพื่อเพิ่มรายได้คาดหวังตลอดช่วงเวลาวางแผน

Xiang et al. (2024) ศึกษาการจัดเรือเข้าประจำเส้นทางร่วมกับการเคลื่อนย้ายตู้เปล่า โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตู้สินค้าที่ขนส่งเข้าสู่ท่าเรือ ระยะเวลาที่ตู้เปลี่ยนกลับเป็นตู้เปล่า และจำนวนตู้เปล่าที่พร้อมใช้งาน แบบจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการดำเนินงานและต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนตู้พร้อมใช้วิธี Branch-and-Price ในการหาคำตอบ

Fu and Ji (2025) พัฒนาแบบจำลองการวางแผนสินค้าคงคลังตู้เปล่าในระบบขนส่งหลายรูปแบบ โดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนของระยะเวลารอคอยที่เกิดจากความแออัดของท่าเรือ แบบจำลองเชื่อมโยงการกำหนดจำนวนตู้เริ่มต้น การตัดสินใจรับคำสั่งขนส่ง และการเคลื่อนย้ายตู้เปล่าเข้าด้วยกัน พร้อมประยุกต์การหาค่าเหมาะที่สุดแบบทันท่วงทีภายใต้หลายสถานการณ์ความเสี่ยงร่วมกับวิธีสร้างคอลัมน์และข้อจำกัด เพื่อให้แผนสามารถรองรับสถานการณ์ความเสี่ยงที่แตกต่างกันได้

งานวิจัยดังกล่าวสะท้อนว่า การบริหารตู้เปล่าในปัจจุบันไม่ได้พิจารณาเฉพาะจำนวนตู้และต้นทุนการเคลื่อนย้ายเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมอุปสงค์ที่ไม่แน่นอน ระยะเวลาหมุนเวียนตู้ ความแออัดของท่าเรือ และผลของการตัดสินใจต่อสถานะตู้คงคลังในอนาคต อย่างไรก็ตาม งานส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการตัดสินใจในระดับเครือข่ายระหว่างท่าเรือ การจัดระวางเรือ การจัดเรือเข้าประจำเส้นทาง และระบบขนส่งหลายรูปแบบ ส่วนการจัดสรรตู้เปล่าจากท่าเรือแห่งเดียวไปยังลานตู้ภายในประเทศหลายแห่งในระดับรายสัปดาห์ยังได้รับการศึกษาค่อนข้างจำกัด

3.2 การจัดสรรตู้เปล่าแบบรวมศูนย์ในระดับปฏิบัติการ

การบริหารตู้เปล่าสามารถแบ่งการตัดสินใจออกเป็น 2 ระดับ ระดับแรกคือการวางแผนหมุนเวียนตู้ในเครือข่ายระหว่างประเทศหรือระหว่างท่าเรือ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดปริมาณตู้ที่จะเคลื่อนย้ายระหว่างภูมิภาคหรือเส้นทางเดินเรือ ส่วนระดับที่สองคือการจัดสรรตู้เปล่าภายในประเทศ โดยนำตู้ที่มีอยู่จริงจากท่าเรือไปกระจายยังลานตู้ปลายทางหลายแห่ง

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการตัดสินใจในระดับที่สอง เนื่องจากหน่วยงานปฏิบัติการภายในประเทศไม่สามารถกำหนดปริมาณตู้เปล่าที่จะเข้าสู่ประเทศได้โดยตรง แต่มีหน้าที่แบ่งสรรตู้ที่ได้รับจากการวางแผนระดับเครือข่ายไปยังลานปลายทาง ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนตู้ที่ท่าเรือมีพร้อมจัดสรรในแต่ละสัปดาห์ โครงสร้างของปัญหาจึงมีลักษณะเป็นการจัดสรรทรัพยากรจากแหล่งอุปทานส่วนกลางแห่งเดียวไปยังปลายทางหลายแห่ง

สำหรับบริบทประเทศไทย ยังไม่พบการศึกษาที่นำเสนอการวิเคราะห์การจัดสรรตู้เปล่าไปยังลานตู้พบแต่การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายและขนส่งตู้เปล่า เช่น ภูมรภต (2567) ศึกษากระบวนการเคลื่อนย้ายตู้เปล่าจากท่าเรือแหลมฉบังไปยังสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง โดยวิเคราะห์กระบวนการขนส่ง การดำเนินงานภายในท่าเรือ และพิธีการศุลกากร พร้อมเสนอการใช้ระบบนัดหมาย การประสานงานผ่านระบบออนไลน์ และการเลือกใช้การขนส่งทางถนนร่วมกับทางราง ผลการศึกษาสะท้อนว่าการบริหารตู้เปล่าในประเทศไทยยังมีข้อจำกัดจากกระบวนการปฏิบัติงาน การประสานงาน และการเลือกวิธีขนส่ง

ขณะเดียวกัน ผจญ (2024) พบว่าประสิทธิภาพการขนส่งตู้สินค้าที่ท่าเรือแหลมฉบังสัมพันธ์กับการวางแผน การควบคุมการขนส่ง การบริหารพื้นที่และเครื่องมือยกขน รวมถึงการใช้ระบบสารสนเทศ งานวิจัยในประเทศไทยช่วงล่าสุดจึงให้ความสำคัญกับการปรับปรุงกระบวนการ การเชื่อมโยงการขนส่ง และการนำเทคโนโลยีมาใช้สนับสนุนการดำเนินงาน

3.3 แนวคิดการจัดสรรสินค้าคงคลังในเครือข่ายการกระจายสินค้า

ปัญหาการจัดสรรตู้เปล่ามีโครงสร้างใกล้เคียงกับการจัดสรรสินค้าคงคลังในเครือข่ายการกระจายสินค้า ซึ่งมีแหล่งทรัพยากรส่วนกลางและปลายทางหลายแห่งที่ต้องแบ่งปันทรัพยากรภายใต้ข้อจำกัดเดียวกัน แนวคิดด้านการรวมศูนย์สินค้าคงคลังและการจัดสรรทรัพยากรในระบบหลายสถานที่จึงสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบกฎการจัดสรรตู้เปล่าได้ (Eppen, 1979; Federgruen & Zipkin, 1984; Zipkin, 2000)

การตัดสินใจจัดสรรต้องสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพระดับระบบกับความเสี่ยงของแต่ละปลายทาง แนวความคิดการจัดสรรสินค้าในเครือข่ายการกระจายสินค้าอาจแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง คือ แนวทางการจัดสรรเชิงกำหนดแน่นอนและแนวทางการจัดสรรภายใต้ความไม่แน่นอน

3.3.1 แนวทางการจัดสรรเชิงกำหนดแน่นอน (Deterministic Approaches)

แนวทางการจัดสรรเชิงกำหนดแน่นอนเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่สมมติว่าสถานการณ์ต่างๆ ในระบบมีความแน่นอน ไม่ได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนในตัวแปรต่างๆ ที่นำเข้ามาวิเคราะห์เลย โดยเฉพาะตัวแปรที่สะท้อนความต้องการสินค้าที่เกิดขึ้น

ค่าอุปสงค์ อุปทาน ระดับสินค้าคงคลัง และข้อจำกัดของระบบที่กำหนดไว้ล่วงหน้า หรือแทนด้วยค่าพยากรณ์แบบจุดในแต่ละรอบการตัดสินใจ แนวทางนี้มีข้อดีด้านความชัดเจนของหลักเกณฑ์ความสะดวกในการคำนวณ และความสามารถในการตรวจสอบที่มาของผลลัพธ์ จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในระดับปฏิบัติการ

วิธีการจัดสรรภายใต้แนวคิดเชิงกำหนดแน่นอนที่นิยมใช้ประกอบด้วย Fair-Share และ Days of Supply (DOS) โดยวิธี Fair-Share จัดสรรตู้เปล่าตามสัดส่วนของอุปสงค์ของแต่ละลาน ส่วนวิธี DOS จัดสรรตู้เพื่อให้จำนวนวันที่มีตู้เปล่าพอเพียงของทุกลานใกล้เคียงกัน

โดยทั้งวิธี Fair-Share และ DOS จะใช้ข้อมูลย้อนหลังในการพยากรณ์ค่าเฉลี่ยของอุปสงค์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยไม่ได้พิจารณาความไม่แน่นอนของอุปสงค์โดยตรง จึงจัดอยู่ในกลุ่มแนวทางการจัดสรรเชิงกำหนดแน่นอน

3.3.2 แนวทางการจัดสรรภายใต้ความไม่แน่นอน (Stochastic Approaches)

แนวทางการจัดสรรภายใต้ความไม่แน่นอน จะนำความผันผวนของอุปสงค์มาพิจารณาในการจัดสรร โดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์มาพิจารณาร่วมกันเพื่อจัดสรรตู้เปล่า โดยใช้วิธี Equal Shortage Probability (ESP) ซึ่งเป็นการให้ทุกลานมีโอกาสเกิดภาวะการขาดแคลนตู้เปล่าในระดับที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ วิธี ESP ที่นิยมใช้จะสมมติว่าความไม่แน่นอนของอุปสงค์มีรูปแบบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution)

เมื่อเปรียบเทียบกับ Fair-Share และ DOS วิธี ESP มีความซับซ้อนในการคำนวณมากกว่า เนื่องจากต้องประมาณการแจกแจงของอุปสงค์และคำนวณระดับความเสี่ยงของแต่ละลาน วิธีดังกล่าวสามารถสะท้อนสะท้อนว่าอุปสงค์ของแต่ละลานจะแตกต่างกันทั้งจำนวนและระดับของความผันผวน

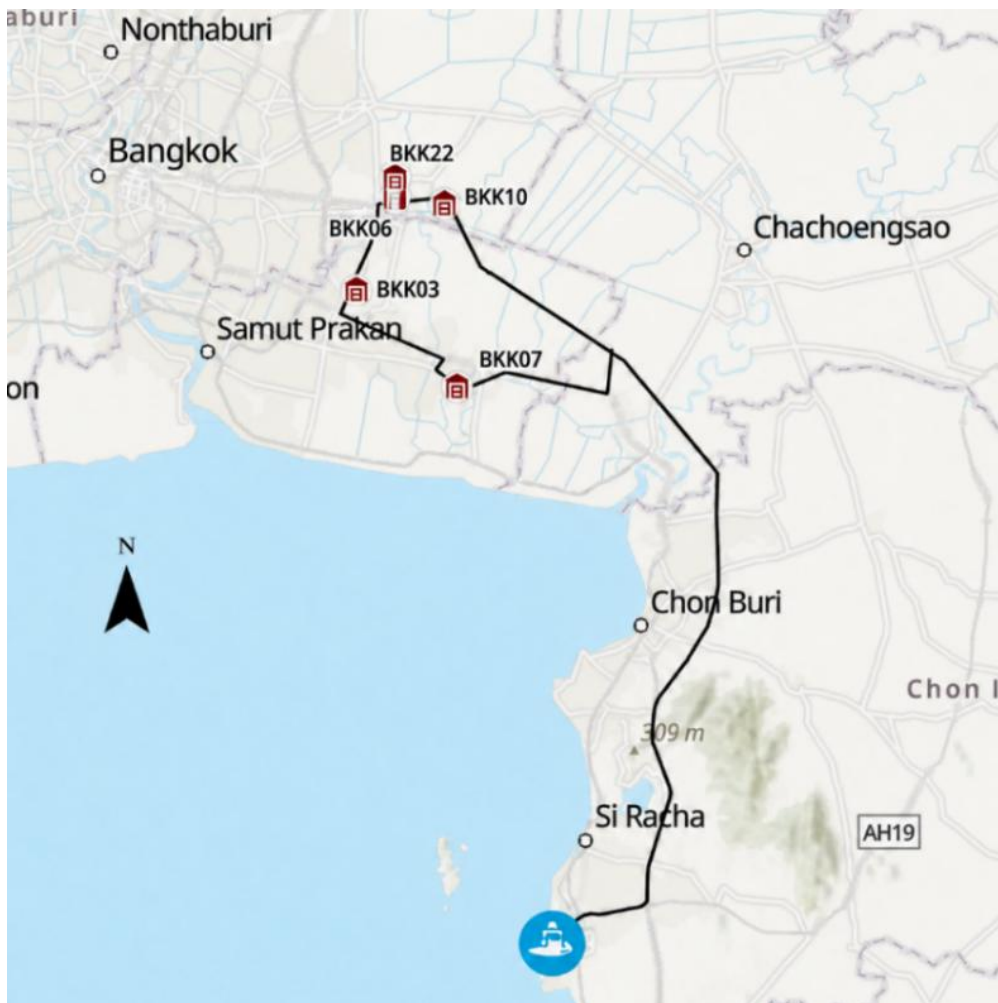
3.4 ช่องว่างการวิจัยและส่วนสนับสนุนของงานวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยในต่างประเทศส่วนใหญ่มุ่งเน้นการเคลื่อนย้ายตู้ระหว่างท่าเรือ การจัดระวางเรือ และการวางแผนกองเรือ โดยมักใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์หรือขั้นตอนวิธีที่มีความซับซ้อน ขณะที่การจัดสรรตู้เปล่าจากท่าเรือส่วนกลางไปยังลานตู้ภายในประเทศหลายแห่ง ยังได้รับความสนใจจำกัด โดยเฉพาะในบริบทประเทศไทย ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่เน้นการปรับปรุงกระบวนการขนส่ง การประสานงาน และประสิทธิภาพของท่าเรือ มากกว่าการพัฒนากฎเชิงปริมาณสำหรับกำหนดจำนวนตู้ที่แต่ละลานควรได้รับ

งานวิจัยนี้จึงพัฒนาการจำลองในรูปแบบตารางคำนวณ และประเมินผลด้วยการจำลองแบบเลื่อนกรอบเวลาในระดับรายสัปดาห์ ส่วนสนับสนุนสำคัญของงานคือการบูรณาการข้อมูลอุปสงค์ จำนวนตู้คืน ระดับตู้คงคลัง และความเสียหายรายลานให้เป็นเครื่องมือที่ตรวจสอบได้ ปรับใช้ได้ง่าย และเหมาะสมกับการตัดสินใจในเครือข่ายลานตู้ภายในประเทศ งานวิจัยนี้จึงเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวด้วยการพัฒนารอบการจัดสรรตู้เปล่าจากท่าเรือไปยังลานปลายทางหลายแห่งในระดับรายสัปดาห์ โดยนำวิธี Fair-Share, DOS และ ESP มาพัฒนาเป็นกฎการตัดสินใจในรูปแบบตารางคำนวณและทดสอบภายใต้ข้อมูลและข้อจำกัดเดียวกัน การคำนวณดำเนินการแบบเลื่อนกรอบเวลา โดยปรับค่าพยากรณ์จากข้อมูลล่าสุด และใช้ข้อมูลอุปสงค์กับจำนวนตู้คืนที่เกิดขึ้นจริงในการปรับปรุงระดับตู้คงคลังของสัปดาห์ถัดไป

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองในรูปแบบตารางคำนวณเพื่อสนับสนุนการจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่าจากท่าเรือไปยังลานตู้ปลายทางจำนวน 5 แห่ง ได้แก่ BKK03, BKK06, BKK07, BKK10 และ BKK22 โดยดำเนินการแยกสำหรับตู้ขนาด 20GP และ 40HQ และกำหนดให้หนึ่งสัปดาห์เป็นหนึ่งรอบการตัดสินใจ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวปฏิบัติปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งผู้ปฏิบัติงานทบทวนจำนวนตู้ที่ท่าเรือมีพร้อมจัดสรรความต้องการใช้ตู้ จำนวนตู้ที่คาดว่าจะได้รับคืน และระดับตู้คงคลังของแต่ละลานเป็นรายสัปดาห์ ก่อนกำหนดจำนวนตู้ที่จะจัดสรรไปยังลานปลายทางในรอบถัดไป โดยตำแหน่งของท่าเรือและลานตู้ปลายทางที่อยู่ในขอบเขตการศึกษาแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งลานตู้คอนเทนเนอร์ปลายทางและเส้นทางเชื่อมโยงกับท่าเรือแหลมฉบัง

นโยบายการจัดสรรที่นำมาเปรียบเทียบประกอบด้วย 3 วิธี ที่มีเป้าหมายในการจัดสรรแตกต่างกัน ได้แก่ การจัดสรรตามสัดส่วนอุปสงค์ (Fair-Share) การปรับสมดุลจำนวนวันที่มีตู้เปล่าเพียงพอ (Days of Supply; DOS) และการสร้างสมดุลความน่าจะเป็นในการเกิดภาวะขาดแคลน (Equal Shortage Probability; ESP)

การวิเคราะห์จะดำเนินการแบบเลื่อนกรอบเวลาที่ละสัปดาห์ โดยการคำนวณในแต่ละสัปดาห์จะนำจำนวนตู้เปล่าที่เหลือจากสัปดาห์ก่อนหน้าเป็นสถานะเริ่มต้น แล้วทำการจัดสรรโดยพิจารณาจากลักษณะความต้องการตู้เปล่าที่ลูกค้าต้องการ จำนวนตู้ที่คาดว่าจะได้รับคืนจากลูกค้า และจำนวนตู้เปล่ารวมที่พร้อมสำหรับการจัดสรร เมื่อจัดสรรเสร็จแล้ว ระบบจะทำการปรับจำนวนตู้เปล่าที่คงเหลือจากการจัดสรร เพื่อใช้เป็นสถานะเริ่มต้นสำหรับการวิเคราะห์การจัดสรรในสัปดาห์ถัดไป

กระบวนการวิจัยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดขอบเขตและจัดเตรียมข้อมูล การกำหนดสถานะเริ่มต้นของระบบ การพยากรณ์ความต้องการใช้ตู้สุทธิ การคำนวณจำนวนตู้ที่จัดสรรตามแต่ละนโยบาย

การพัฒนาเครื่องมือและวิธีหาคำตอบ การปรับปรุงระดับตู้คงคลังแบบเลื่อนกรอบเวลา และการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขอบเขตและจัดเตรียมข้อมูล

กำหนดขอบเขตการศึกษาเป็นการจัดสรรตู้เปล่าจากท่าเรือส่วนกลางไปยังลานปลายทาง 5 แห่ง โดยวิเคราะห์ตู้ขนาด 20GP และ 40HQ แยกจากกัน ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยจำนวนตู้ที่ท่าเรือมีพร้อมจัดสรร ความต้องการใช้ตู้ จำนวนตู้ที่ถูกค้าคืน และระดับตู้คงคลังของแต่ละลานในแต่ละสัปดาห์

ก่อนนำข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง ได้ตรวจสอบความครบถ้วนของรหัสลาน ประเภทตู้ ลำดับสัปดาห์ และความสอดคล้องของหน่วยข้อมูล เพื่อให้การคำนวณใช้ข้อมูลภายใต้ขอบเขตเดียวกันตลอดทั้งการศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดสถานะตู้คงคลังและข้อจำกัดของระบบ

ระดับตู้คงคลังต้นสัปดาห์ ($I_{i,t}$) ของแต่ละลานคำนวณจากระดับตู้คงคลังของสัปดาห์ก่อนหน้า ($I_{i,t-1}$) จำนวนตู้ที่ได้รับการจัดสรร ($X_{i,t-1}$) จำนวนตู้ที่ถูกค้าคืนจริง ($RT_{i,t-1}$) และความต้องการใช้ตู้จริง ($D_{i,t-1}$) ตามสมการที่ (4.1)

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} + X_{i,t-1} + RT_{i,t-1} - D_{i,t-1} \quad (4.1)$$

ค่าตู้คงคลังสามารถเป็นค่าติดลบได้ โดยค่าติดลบแสดงถึงความต้องการตู้เปล่าที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองและจะถูกนำไปเป็นสถานะเริ่มต้นของสัปดาห์ถัดไป

ทุกนโยบายอยู่ภายใต้ข้อจำกัดเดียวกัน คือ จำนวนตู้ที่จัดสรรรวมต้องเท่ากับจำนวนตู้ที่ท่าเรือมีพร้อมจัดสรร (A_t) และจำนวนตู้ที่จัดสรรให้แต่ละลานต้องไม่ติดลบ ตามสมการที่ (4.2)

$$\sum_{i=1}^n X_{i,t} = A_t, X_{i,t} \geq 0 \quad (4.2)$$

ขั้นตอนที่ 3 การพยากรณ์ความต้องการใช้ตู้สุทธิ

ความต้องการใช้ตู้สุทธิ ($\widehat{RQ}_{i,t}^{(h)}$) ของแต่ละลานคำนวณจากความต้องการใช้ตู้หักด้วยจำนวนตู้ที่ถูกค้าคืน และพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย โดยทดลองคำนวณค่าเฉลี่ยจากค่าย้อนหลัง 4, 8, และ 12 สัปดาห์ (h) เพื่อเปรียบเทียบผลของความยาวช่วงข้อมูลต่อการพยากรณ์ เนื่องจากความยาวของช่วง

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มีผลต่อระดับความผันผวนและการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ตามสมการที่ (4.3)

$$\widehat{RQ}_{i,t}^{(h)} = \frac{\sum_{k=1}^h (D_{i,t-k} - RT_{i,t-k})}{h} \quad (4.3)$$

การคำนวณจะดำเนินการแบบเลื่อนกรอบเวลาที่ละสัปดาห์ โดยทำการเลื่อนกรอบเวลาของค่าเฉลี่ยย้อนหลังที่จะนำมาคำนวณไปที่ละสัปดาห์

ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณจำนวนตู้ที่จัดสรรตามแต่ละนโยบาย

นโยบายที่ 1 การจัดสรรด้วยวิธี Fair-Share

วิธี Fair-Share คำนวณความต้องการตู้เพิ่มเติมสุทธิ ($NR_{i,t}$) จากความต้องการใช้ตู้ที่พยากรณ์หักด้วยระดับตู้คงคลังต้นสัปดาห์ ตามสมการที่ (4.4)

$$NR_{i,t} = \widehat{RQ}_{i,t} - I_{i,t} \quad (4.4)$$

ในการจัดสรร จะพิจารณาเฉพาะความต้องการตู้เพิ่มเติมสุทธิที่มีค่าเป็นบวก ($NR_{i,t}^+$) เพื่อระบุลานที่ตู้คงคลังมีไม่เพียงพอ สำหรับลานที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 จะถือว่ามีตู้เพียงพอแล้ว การกำหนดค่าต่ำสุดของความต้องการเพิ่มเติมให้เป็นศูนย์ $NR_{i,t}^+ = \max(0, NR_{i,t})$ จะช่วยป้องกันปัญหาการจัดสรรติดลบ และป้องกันไม่ให้ปริมาณตู้ส่วนเกินของบางลานไปหักล้างความต้องการรวมของทั้งระบบ

การจัดสรรด้วยวิธีนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี โดยพิจารณาจากปริมาณตู้เปล่าที่ท่าเรือมีพร้อมจัดสรร เปรียบเทียบกับผลรวมของความต้องการตู้เพิ่มเติมสุทธิของทุกลาน

กรณีที่ 1 เมื่อจำนวนตู้ที่ท่าเรือมีพร้อมจัดสรรมีไม่เกินความต้องการเพิ่มเติมสุทธิรวม $0 < A_t \leq \sum_{j=1}^n NR_{j,t}^+$ ให้จัดสรรตามสัดส่วนของ $NR_{i,t}^+$ ดังสมการที่ (4.5)

$$X_{i,t}^{(1)} = A_t \left(\frac{NR_{i,t}^+}{\sum_{j=1}^n NR_{j,t}^+} \right) \quad (4.5)$$

กรณีที่ 2 เมื่อจำนวนตู้ที่มีพร้อมก่อนจัดสรรสูงกว่าความต้องการเพิ่มเติมสุทธิรวม $A_t > \sum_{j=1}^n NR_{j,t}^+$ ให้จัดสรรแก่แต่ละลานตามสมการ (4.5) แล้วคำนวณตู้ส่วนที่เหลือจากความต้องการเพิ่มเติมสุทธิ (L_t) ตามสมการที่ (4.6) และจัดสรรส่วนเหลือนี้อย่างละต่าง ๆ ตามสมการ (4.7) เพื่อรักษาเงื่อนไขว่าจำนวนตู้ที่จัดสรรรวมต้องเท่ากับ A_t

$$L_t = A_t - \sum_{j=1}^n NR_{j,t}^+ \quad (4.6)$$

$$X_{i,t}^{(2)} = L_t \left(\frac{\widehat{RQ}_{i,t}^{(h)+}}{\sum_{j=1}^n \widehat{RQ}_{j,t}^{(h)+}} \right) \quad (4.7)$$

ดังนั้นจำนวนตู้แต่ละลานที่จะได้รับทั้งหมดจากการจัดสรรทั้งสองขั้นตอน จะเท่ากับ $X_{i,t} = X_{i,t}^{(1)} + X_{i,t}^{(2)}$

นโยบายที่ 2 การจัดสรรด้วยวิธี DOS

วิธี DOS เป็นแนวทางการจัดสรรตู้ โดยพิจารณาจำนวนวันเป้าหมาย (T_t) ซึ่งเป็นช่วงเวลานานสุดที่คาดว่าทุกลานจะมีตู้เปล่ารองรับความต้องการได้โดยไม่ประสบภาวะขาดแคลนตู้ โดยคำนวณจำนวนวันรวมสำหรับลานที่มีความต้องการใช้ตู้สุทธิเป็นบวก ตามสมการที่ (4.8) จากนั้นคำนวณจำนวนตู้ที่แต่ละลานควรได้รับเพื่อให้สามารถรองรับความต้องการได้เป็นระยะเวลาใกล้เคียงกันตามสมการที่ (4.9)

$$T_t = \frac{A_t + \sum_{i \in S_t} I_{i,t}}{\sum_{i \in S_t} \widehat{RQ}_{i,t}^{(h)}} \quad (4.8)$$

$$NR_{i,t} = T_t \widehat{RQ}_{i,t}^{(h)} - I_{i,t} \quad (4.9)$$

หากพบว่าเกิดกรณีที่มียานใดลานหนึ่งได้รับการจัดสรรที่มีค่าติดลบ หมายความว่าลานมีตู้เปล่ามากอยู่แล้วจนสามารถรองรับความต้องการได้นานกว่าจำนวนวันเป้าหมาย จึงไม่จำเป็นต้องได้รับการจัดสรร ลานนั้นจะถูกตัดออกจากรอบการคำนวณ และแบบจำลองจะคำนวณจำนวนวันเป้าหมายใหม่จนกระทั่งจำนวนตู้ที่จัดสรรให้ทุกลานไม่ติดลบ ผลลัพธ์สุดท้ายกำหนดตามสมการที่ (4.10) โดย S_t แทนเซตของลานที่ยังคงอยู่ในรอบการคำนวณและมีสิทธิได้รับการจัดสรรในสัปดาห์ t

$$X_{i,t} = \begin{cases} NR_{i,t}, & i \in S_t \\ 0, & i \notin S_t \end{cases} \quad (4.10)$$

นโยบายที่ 3 การจัดสรรด้วยวิธี ESP

วิธี ESP จะพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ย ($\mu_{i,t}^{(h)}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\sigma_{i,t}^{(h)}$) ของความต้องการตู้เพิ่มแต่ละลานจากข้อมูลย้อนหลัง ตามสมการที่ (4.11)

$$\mu_{i,t}^{(h)} = \frac{\sum_{k=1}^h RQ_{i,t-k}}{h} \quad \text{และ} \quad \sigma_{i,t}^{(h)} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^h (RQ_{i,t-k} - \mu_{i,t}^{(h)})^2}{h}} \quad (4.11)$$

กำหนดให้ α แทนความน่าจะเป็นเป้าหมายในการเกิดภาวะขาดแคลนตู้เปล่าในสัปดาห์ t และ $Z_{\alpha,t}$ เป็นค่าวิกฤต (Critical value) ของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Standard normal distribution) ที่ทำให้พื้นที่ใต้โค้งทางด้านขวาของ $Z_{\alpha,t}$ เท่ากับ α ดังนั้น $\alpha = 1 - \Phi(Z_{\alpha,t})$ โดยที่ Φ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function; CDF) ของการแจกแจงปกติ

ดังนั้น ตู้เปล่าที่พร้อมส่งให้ลูกค้าในแต่ละลาน คือตู้เปล่าที่เหลือจากสัปดาห์ก่อนบวกกับตู้เปล่าที่จะได้รับการจัดสรรใหม่ จะต้องมียอดพอจนทำให้ภาวะการขาดแคลนตู้เปล่าเท่ากับ α_t ดังความสัมพันธ์

$$I_{i,t} + X_{i,t} = \mu_{i,t} + Z_{\alpha,t}\sigma_{i,t} \quad \text{หรือ} \quad X_{i,t} = \mu_{i,t}^{(h)} + Z_{\alpha,t}\sigma_{i,t}^{(h)} - I_{i,t}$$

หากลานใดมี $I_{i,t}$ มีจำนวนสูงมากอยู่แล้ว ถึงแม้ไม่ได้รับการจัดสรรเพิ่มเติม โอกาสที่ตู้เปล่าจะขาดแคลนก็ยิ่งต่ำกว่า α อยู่ดี จึงไม่ต้องการได้รับการจัดสรรตู้เปล่าเพิ่ม ดังนั้น จำนวนตู้ที่จะได้รับการจัดสรรไปยังลานต่างๆเขียนเป็นสมการทั่วไปได้ ดังสมการ (4.12)

$$X_{i,t} = \max \{0, \mu_{i,t}^{(h)} + Z_{\alpha,t}\sigma_{i,t}^{(h)} - I_{i,t}\} \quad (4.12)$$

ค่า $Z_{\alpha,t}$ ถูกกำหนดให้เป็นค่าที่ทำให้ผลรวมของจำนวนตู้ที่จัดสรรให้ทุกลานเท่ากับจำนวนตู้ที่ทำเรือมีพร้อมจัดสรรในสัปดาห์ t ดังสมการที่ (4.13)

$$\sum_{i=1}^n \max \{0, \mu_{i,t}^{(h)} + Z_{\alpha,t}\sigma_{i,t}^{(h)} - I_{i,t}\} = A_t \quad (4.13)$$

การวิเคราะห์จะทำการหาค่า α_t และ $Z_{\alpha,t}$ ซึ่งทำให้ผลรวมของจำนวนตู้ที่จัดสรรให้ทุกลานเท่ากับจำนวนตู้ที่ทำเรือมีพร้อมจัดสรรในสัปดาห์ t ดังสมการที่ (4.13) โดยจะใช้เทคนิคแบบทวิภาค (Binary Search) โดยทำการปรับขอบเขตบนและขอบเขตล่างของค่าเป้าหมายซ้ำพร้อมคำนวณค่า $X_{i,t}$ จนผลรวม $X_{i,t}$ ของทุกลานเท่ากับ A_t จึงทำการหยุดค้นหา

ขั้นตอนที่ 5 การพัฒนาเครื่องมือและวิธีหาคำตอบ

พัฒนาด้วยโปรแกรม Excel โดยเชื่อมโยงข้อมูลนำเข้า สมการพยากรณ์ กฎการจัดสรร สมการดุลยภาพตู้คงคลัง และตัวชี้วัดผลการดำเนินงานไว้ในตารางคำนวณเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงระดับตู้คงคลังแบบเลื่อนรอบเวลา

หลังจากได้ผลการจัดสรรของสัปดาห์ t แบบจำลองจะใช้จำนวนตู้ที่ถูกค่าขึ้นจริงและความต้องการใช้ตู้จริงมาปรับปรุงระดับตู้คงคลังสำหรับสัปดาห์ $t + 1$ ตามสมการที่ (4.1)

ซึ่งเป็นสมการเดียวกับสมการดุลยภาพตู้คงคลังที่ (4.1) เมื่อเลื่อนดัชนีเวลาไปหนึ่งสัปดาห์ หากค่าตู้คงคลังหลังการดำเนินงานมีค่าติดลบ จะถือว่าเกิดภาวะขาดแคลน โดยจำนวนตู้ขาดแคลนของลาน ในสัปดาห์คำนวณดังสมการ (4.15) และ (4.16)

$$Shortage_{i,t} = \max(0, -I_{i,t} + X_{i,t} + RT_{i,t} - D_{i,t}) \quad (4.15)$$

$$Total\ Shortage_t = \sum_{i=1}^n Shortage_{i,t} \quad (4.16)$$

โดยอัตราการลดลงของจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมคำนวณจากผลต่างระหว่างจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมของการดำเนินงานปัจจุบันกับจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมของนโยบายที่ทดสอบ หาดด้วยจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมของการดำเนินงานปัจจุบัน ซึ่งใช้เป็นค่าฐานในการเปรียบเทียบ และคูณด้วย 100 เพื่อแสดงผลในรูปของร้อยละกระบวนการในแต่ละสัปดาห์จึงประกอบด้วย

ข้อมูลย้อนหลัง $\rightarrow$ พยากรณ์ความต้องการตู้เพิ่มเติมสุทธิ $\rightarrow$ จำนวนการจัดสรร $\rightarrow$ รับรู้ข้อมูลจำนวนตู้ที่ส่งจริงให้ลูกค้าและที่ลูกค้าส่งคืนจริง $\rightarrow$ ปรับปรุงระดับตู้คงคลัง $\rightarrow$ ประเมินภาวะขาดแคลน $\rightarrow$ ปรับปรุงจำนวนตู้เปล่าหลังจัดสรร เพื่อใช้ระดับตู้คงคลังเป็นสถานะเริ่มต้นของสัปดาห์ถัดไป

โดยกระบวนการทั้งหมดจะดำเนินซ้ำตลอดช่วงการจำลอง โดยผลลัพธ์ของสัปดาห์หนึ่งจะเป็นข้อมูลตั้งต้นของสัปดาห์ถัดไป

ขั้นตอนที่ 7 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

การตรวจสอบแบบจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันว่าเครื่องมือแบบตารางคำนวณสามารถประมวลผลได้สอดคล้องกับสมการ กฎการจัดสรร และเงื่อนไขของระบบที่กำหนด โดยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้า สมการดุลยภาพตู้คงคลัง และข้อจำกัดของการจัดสรร ในแต่ละสัปดาห์มีการตรวจสอบว่าระดับตู้คงคลัง

ที่คำนวณได้สอดคล้องกับผลการดูสภาพ ผลรวมของจำนวนตู้ที่จัดสรรให้ทุกลานเท่ากับจำนวนตู้ที่ทำเรือมีพร้อมจัดสรร และจำนวนตู้ที่จัดสรรให้แต่ละลานมีค่าไม่ติดลบ

ความถูกต้องในการคำนวณตรวจสอบเพิ่มเติมโดยเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือในสัปดาห์ตัวอย่าง รวมทั้งคำนวณย้อนกลับระดับตู้คงคลังและจำนวนตู้ขาดแคลนเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับผลลัพธ์ของแบบจำลอง สำหรับการประเมินผลของนโยบาย ใช้ข้อมูลการดำเนินงานจริงย้อนหลัง ช่วงเวลาจำลอง และจำนวนตู้ที่ทำเรือมีพร้อมจัดสรรชุดเดียวกันสำหรับทุกนโยบาย เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลกับการจัดสรรที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

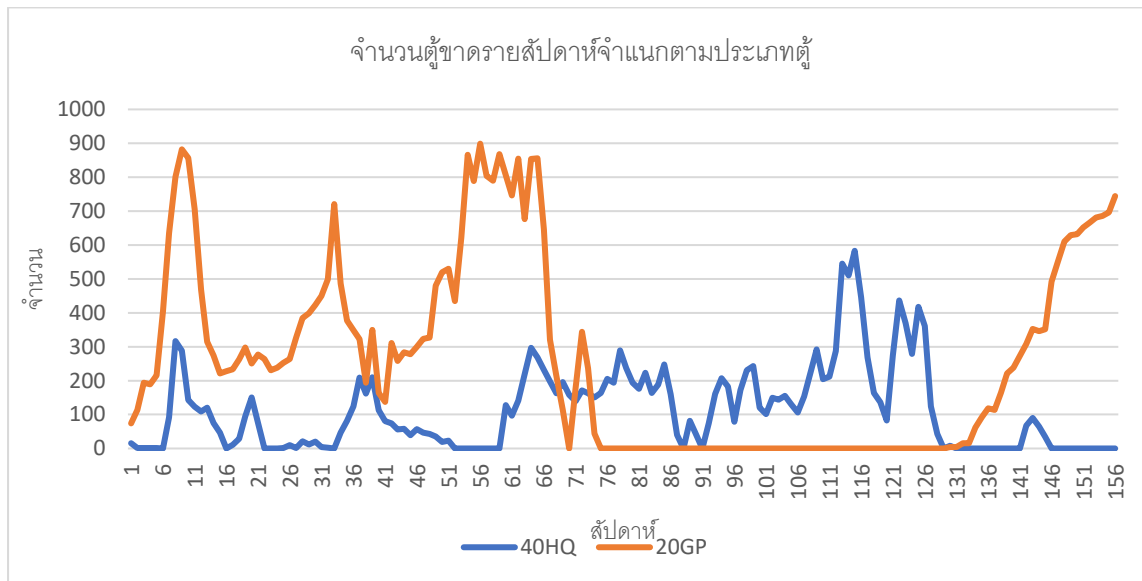
ในด้านความสมเหตุสมผลในการปฏิบัติ แบบจำลองกำหนดรอบการตัดสินใจเป็นรายสัปดาห์ให้สอดคล้องกับกระบวนการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา โดยเมื่อนำไปใช้งาน ผู้รับผิดชอบจะบันทึกจำนวนตู้เปล่าที่ทำเรือมีพร้อมจัดสรรในช่วงต้นสัปดาห์ จากนั้นแบบจำลองจะคำนวณจำนวนตู้ที่ควรจัดสรรไปยังแต่ละลานเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนจัดส่ง เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ ผู้รับผิดชอบจะบันทึกจำนวนตู้ที่จัดส่งจริง ความต้องการใช้ตู้จริง จำนวนตู้ที่ส่งมอบให้ลูกค้าจริง และจำนวนตู้ที่ลูกค้าส่งคืนจริง แบบจำลองจะนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณระดับตู้คงเหลือหรือความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองของแต่ละลาน ซึ่งจะถูกใช้เป็นสถานะเริ่มต้นสำหรับการคำนวณการจัดสรรในสัปดาห์ถัดไปตามกระบวนการวิเคราะห์แบบเลือนกรอบเวลาผลการวิจัย

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

5.1 สถานการณ์ขาดแคลนตู้เปล่าจากการดำเนินงานปัจจุบัน

การดำเนินงานปัจจุบันถูกใช้เป็นกรณีฐานสำหรับเปรียบเทียบกับนโยบายที่พัฒนาขึ้นภายใต้สถานการณ์ 104 สัปดาห์ในปีพ.ศ. 2567 - 2568 โดยผลพบว่า ตู้ 20GP มีจำนวนตู้ขาดแคลนสะสม 22,247 ตู้ และเกิดภาวะขาดแคลน 48 สัปดาห์ หรือร้อยละ 65 ของจำนวนสัปดาห์ทั้งหมด ขณะที่ตู้ 40HQ มีจำนวนตู้ขาดแคลนสะสม 14,258 ตู้ และเกิดภาวะขาดแคลน 72 สัปดาห์ หรือร้อยละ 59 ของจำนวนสัปดาห์ทั้งหมด ดังรูปที่ 2

สำหรับตู้ 20GP การขาดแคลนส่วนใหญ่กระจุกตัวที่ BKK10 และ BKK03 ขณะเดียวกัน ในทุกสัปดาห์ที่เกิดการขาดแคลนยังพบตู้คงเหลือที่ลานอื่นในระบบ สะท้อนว่าปัญหาส่วนหนึ่งเกิดจากความไม่สมดุลของตำแหน่งตู้ มากกว่าการขาดแคลนตู้รวมของระบบเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2 กราฟแสดงจำนวนตู้ขาดรายสัปดาห์จำแนกตามประเภทตู้

5.2 ผลการจัดสรรด้วยนโยบายที่นำเสนอ

ประสิทธิภาพของแต่ละนโยบายที่นำเสนอ ประเมินจากการลดลงของจำนวนตู้ขาดแคลนสะสม และจำนวนสัปดาห์ที่เกิดภาวะขาดแคลน

5.2.1 ผลการจัดสรรด้วยวิธี Fair-Share

วิธี Fair-Share สามารถลดภาวะขาดแคลนของตู้ 20GP ได้อย่างชัดเจน โดยภายใต้การใช้ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 4 สัปดาห์ให้จำนวนตู้ขาดแคลนสะสมต่ำที่สุดที่ 2,544 ตู้ หรือลดลงร้อยละ 88 และเกิดภาวะขาดแคลน 8 สัปดาห์ สำหรับตู้ 40HQ การใช้ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลย้อนหลัง 4 สัปดาห์ ให้จำนวนตู้ขาดแคลนสะสมต่ำที่สุดที่ 13,152 ตู้ หรือลดลงร้อยละ 7 และเกิดภาวะขาดแคลน 55 สัปดาห์

5.2.2 ผลการจัดสรรด้วยวิธี Days of Supply: DOS

วิธี DOS ให้ผลดีขึ้นจาก Fair-Share สำหรับ 20GP ภายใต้การใช้ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 4 สัปดาห์ให้จำนวนตู้ขาดแคลนสะสมต่ำที่สุดที่ประมาณ 2,504 ตู้ หรือลดลงร้อยละ 88 และเกิดภาวะขาดแคลน 8 สัปดาห์ ส่วน 40HQ ภายใต้การใช้ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 4 สัปดาห์ให้จำนวนตู้ขาดแคลนสะสมประมาณ 6,712 ตู้ หรือลดลงร้อยละ 52 และเกิดภาวะขาดแคลน 38 สัปดาห์ ซึ่งดีกว่า Fair-Share เล็กน้อยในกรณีตู้ 20GP และดีกว่ามากในกรณีตู้ 40HQ

5.2.3 ผลการจัดสรรด้วยวิธี Equal Shortage Probability: ESP

วิธี ESP ให้ผลดีที่สุดโดยรวม โดย 20GP ให้จำนวนข้อมูลย้อนหลังที่นำมาใช้หาค่าพารามิเตอร์ไม่มีผลแตกต่างกันนัก โดยภายใต้การใช้ค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 7 สัปดาห์ให้ค่าต่ำสุดที่ 2,447 ตู้ หรือลดลงร้อยละ 89 ในขณะที่ การใช้ข้อมูลย้อนหลัง 8 สัปดาห์ ให้ค่าสูงสุดที่ 2,452 ตู้

สำหรับ 40HQ ผลลัพธ์ดีขึ้นเมื่อจำนวนข้อมูลย้อนหลังที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ให้ผลที่แตกต่างกัน โดยการใช้ข้อมูลจากข้อมูลย้อนหลัง 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ทำให้เกิดจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมเป็น 7,577 ตู้ 7,081 ตู้ และ 6,696 ตู้ ตามลำดับ

5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของนโยบายการจัดสรร

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของนโยบายการจัดสรรแยกตามประเภทตู้แสดงในตารางที่ 2 และ 3 โดยพิจารณาจากจำนวนสัปดาห์ที่เกิดภาวะขาดแคลน จำนวนตู้ขาดแคลนสะสม และอัตราการลดลงของจำนวนตู้ขาดแคลนเมื่อเทียบกับการดำเนินงานปัจจุบัน

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบแนวทางการจัดสรรสำหรับตู้ขนาด 20GP

วิธีการจัดสรร	ช่วงข้อมูลย้อนหลัง	จำนวนสัปดาห์ที่เกิดภาวะขาดแคลน	จำนวนตู้ขาดแคลนสะสม	อัตราการลดลงจากวิธีเดิม
วิธีเดิม	–	48	22,247	–
Fair-Share	4 สัปดาห์	8	2,544	88.56%
	8 สัปดาห์	9	2,625	88.20%
	12 สัปดาห์	10	2,639	88.14%
DOS	4 สัปดาห์	8	2,504	88.75%
	8 สัปดาห์	8	2,562	88.49%
	12 สัปดาห์	8	2,554	88.52%
ESP	4 สัปดาห์	7	2,449	88.99%
	8 สัปดาห์	7	2,452	88.98%
	12 สัปดาห์	7	2,447	89.00%

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบแนวทางการจัดสรรสำหรับตู้ขนาด 40HQ

วิธีการจัดสรร	ช่วงข้อมูลย้อนหลัง	จำนวนสัปดาห์ที่เกิดภาวะขาดแคลน	จำนวนตู้ขาดแคลนสะสม	อัตราการลดลงจากวิธีเดิม
วิธีเดิม	–	72	14,258	–
Fair-Share	4 สัปดาห์	60	13,152	7.76%
	8 สัปดาห์	59	14,207	0.35%
	12 สัปดาห์	55	14,069	1.33%
DOS	4 สัปดาห์	38	6,712	52.93%
	8 สัปดาห์	40	6,924	51.44%
	12 สัปดาห์	38	6,848	51.97%
ESP	4 สัปดาห์	41	7,577	46.86%
	8 สัปดาห์	35	7,081	50.34%
	12 สัปดาห์	31	6,696	53.03%

5.4 อภิปรายผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าภาวะขาดแคลนตู้เปล่าในแต่ละลานไม่ได้เกิดจากจำนวนตู้รวมในระบบขาดแคลนเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดจากการจัดสรรตู้เปล่าไปแต่ละลานไม่สอดคล้องกับความต้องการใช้ตู้ของแต่ละลาน ซึ่งสะท้อนคำอธิบายของงานศึกษาด้านการจัดการตู้คอนเทนเนอร์ที่ว่าปัญหาตู้เปล่ามีทั้งมิติเชิงพื้นที่และเวลา และจำเป็นต้องมีการเคลื่อนย้ายหรือจัดสรรตู้จากพื้นที่ที่มีส่วนเกินไปยังพื้นที่ที่มีความต้องการ (Dejax & Crainic, 1987; Braekers et al., 2011 และสนับสนุนการบริหารสินค้าคงคลังในเครือข่ายที่มีสถานที่จัดเก็บหลายแห่งที่ต้องจัดสรรสินค้าคงคลังจากส่วนกลางกระจายไปยังสถานที่จัดเก็บแต่ละแห่ง โดยต้องพิจารณาสถานะและความต้องการของทุกแห่งพร้อมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของทั้งระบบ (Clark & Scarf, 1960; Eppen, 1979; Federgruen & Zipkin, 1984; Zipkin, 2000)

ESP แตกต่างจาก Fair-Share และ DOS เนื่องจากไม่ได้พิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยของอุปสงค์ แต่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของอุปสงค์ผ่านส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของแต่ละวิธี พบว่า ESP ลดจำนวนตู้ขาดแคลนสะสมได้ผลดีที่สุดทั้งตู้ 20GP และ 40HQ โดยลดได้ร้อยละ 89 และ 53 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นวิธีเดียวที่นำความไม่แน่นอนของอุปสงค์มาคำนวณร่วมด้วย ต่างจาก Fair-Share

และ DOS ที่พิจารณาเพียงค่าเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของ ESP ขึ้นอยู่กับช่วงข้อมูลย้อนหลังที่นำมาพิจารณา ซึ่งจากการประเมินด้วยค่า MAE และ RMSE พบว่า ช่วงข้อมูลย้อนหลัง 12 สัปดาห์ให้ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ต่ำที่สุด แต่ความแม่นยำของการพยากรณ์เพียงอย่างเดียวไม่ได้กำหนดประสิทธิภาพการจัดสรรเสมอไป เพราะผลลัพธ์ยังขึ้นอยู่กับระดับตู้คงคลัง จำนวนตู้พร้อมจัดสรร และหลักเกณฑ์ของนโยบาย การเลือกใช้ช่วงข้อมูลที่เหมาะสมจึงควรพิจารณาร่วมกับปริมาณและความถี่ของภาวะขาดแคลนที่เกิดขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของนโยบายที่พิจารณาความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับช่วงข้อมูลที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ อีกทั้งวิธี ESP มีขั้นตอนการคำนวณซับซ้อนกว่าอีกสองวิธีเล็กน้อย เนื่องจากต้องประมาณค่าความไม่แน่นอนและคำนวณความน่าจะเป็นในการเกิดภาวะขาดแคลนของแต่ละลาน

ในเชิงปฏิบัติ แบบจำลองสามารถใช้ตารางคำนวณเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจรายสัปดาห์ เป็นเครื่องมือที่ผู้ปฏิบัติงานคุ้นเคยเข้าใจได้ง่าย โดยนำเครื่องมือนี้มาใช้จัดสรรสัปดาห์ละครึ่ง ในการใช้แต่ละสัปดาห์จะเสียเวลานำข้อมูลเข้า (Data input) ประมาณ 10 นาที และใช้เวลาประมวลผลรวมถึงตรวจสอบผลประมาณ 5 นาที รวมระยะเวลาประมาณ 15 นาทีต่อสัปดาห์ ขณะที่การดำเนินงานในปัจจุบันใช้เวลาประมาณ 60 นาทีต่อสัปดาห์ จึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยลดเวลาปฏิบัติงาน และให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ในด้านการสร้างองค์ความรู้และการนำไปใช้ปฏิบัติจริง งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ทฤษฎีการกระจายสินค้าคงคลังมาแก้ปัญหาตู้คอนเทนเนอร์ โดยออกแบบระบบให้อยู่ในรูปแบบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ผ่านโปรแกรมตารางคำนวณ ซึ่งองค์กรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องลงทุนในซอฟต์แวร์ใหม่ กระบวนการนำไปใช้จริงเริ่มต้นจากผู้ปฏิบัติงานนำข้อมูลตั้งต้นรายสัปดาห์ เช่น จำนวนตู้คงคลังและข้อมูลย้อนหลัง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 นาที จากนั้นระบบจะประมวลผลการจัดสรรอัตโนมัติ และใช้เวลาอีกประมาณ 5 นาทีในการตรวจสอบเพื่อยืนยันการตัดสินใจ รูปแบบระบบที่เรียบง่ายนี้ช่วยลดระยะเวลาปฏิบัติงานลงจากเดิม 60 นาที เหลือเพียง 15 นาทีต่อสัปดาห์ อีกทั้งยังให้ผลลัพธ์การจัดสรรที่มีประสิทธิภาพและอ้างอิงหลักคณิตศาสตร์ที่เชื่อถือได้

5.5 สรุปผล

งานวิจัยนี้พัฒนาแนวทางการจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่าแบบรวมศูนย์จากท่าเรือไปยังลานปลายทาง โดยเปรียบเทียบวิธี Fair-Share, DOS และ ESP ภายใต้การหาค่าพารามิเตอร์จากช่วงข้อมูลย้อนหลัง 4, 8 และ 12 สัปดาห์ สำหรับตู้ 20GP และ 40HQ ผลการวิจัยพบว่าการใช้หลักเกณฑ์การจัดสรรที่นำเสนอซึ่งพิจารณาสถานะของแต่ละลานสามารถลดภาวะขาดแคลนได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับการดำเนินงานเดิม

ข้อจำกัดประการหนึ่งของวิธี ESP คือ เพื่อให้การวิเคราะห์ไม่ซับซ้อน งานวิจัยนี้สมมติให้ความต้องการตู้เพิ่มเติมสุทธิรายสัปดาห์มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) เมื่อตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง 52

สัปดาห์ของปี พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ด้วยการทดสอบ Shapiro-Wilk ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า สำหรับตู้ 20GP ข้อมูลของ BKK06 และ BKK07 มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติ ขณะที่ BKK03 BKK10 และ BKK22 มีการแจกแจงเบ้ซ้าย ส่วนตู้ 40HQ พบว่ามี BKK06 และ BKK03 ที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติ ขณะที่ลานอื่นไม่เป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าวอย่างชัดเจน ดังนั้น การใช้การแจกแจงแบบปกติอาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำในการประมาณความน่าจะเป็นของการขาดแคลนและผลการจัดสรรในบางลาน งานวิจัยในอนาคตจึงควรพิจารณาการแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูลของแต่ละลานและแต่ละประเภทตู้

นอกจากนี้ แบบจำลองยังไม่ได้รวมต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนการเก็บรักษา ระยะเวลาขนส่ง ข้อจำกัดด้านยานพาหนะ และปัจจัยภายนอกที่อาจส่งผลกระทบต่อความต้องการ เช่น ฤดูกาลและแผนการเดินทาง การศึกษาประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากข้อมูลการดำเนินงานย้อนหลังภายใต้กระบวนการตัดสินใจรายสัปดาห์ที่จำลองให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง โดยยังไม่ได้ประเมินผลจากการนำเครื่องมือไปใช้งานอย่างต่อเนื่องในสภาพแวดล้อมการดำเนินงานจริง ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตจึงควรขยายแบบจำลองให้ครอบคลุมต้นทุนและข้อจำกัดเชิงปฏิบัติการ เปรียบเทียบวิธีพยากรณ์และรูปแบบการแจกแจงอื่น ตลอดจนติดตามและประเมินผลจากการนำเครื่องมือไปประยุกต์ใช้จริง เพื่อศึกษาประสิทธิผลของแบบจำลองภายใต้สภาพแวดล้อมการดำเนินงานที่เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารอ้างอิง

- Abdelshafie, A., Salah, M., Kramberger, T., & Dragan, D. (2022). Repositioning and optimal re-allocation of empty containers: A review of methods, models, and applications. *Sustainability*, 14(11), 6655. <https://doi.org/10.3390/su14116655>
- Braekers, K., Janssens, G. K., & Caris, A. (2011). Challenges in managing empty container movements at multiple planning levels. *Transport Reviews*, 31(6), 681–708. <https://doi.org/10.1080/01441647.2011.584979>
- Chen, K., Lu, Q., Xin, X., Yang, Z., Zhu, L., & Xu, Q. (2022). Optimization of empty container allocation for inland freight stations considering stochastic demand. *Ocean & Coastal Management*, 230, 106366. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106366>
- Cheung, R. K., & Chen, C.-Y. (1998). A two-stage stochastic network model and solution methods for the dynamic empty container allocation problem. *Transportation Science*, 32(2), 142–162.

- Clark, A. J., & Scarf, H. (1960). Optimal policies for a multi-echelon inventory problem. *Management Science*, 6(4), 475–490. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.4.475>
- Crainic, T. G., Gendreau, M., & Dejax, P. (1993). Dynamic and stochastic models for the allocation of empty containers. *Operations Research*, 41(1), 102–126. <https://doi.org/10.1287/opre.41.1.102>
- Dejax, P. J., & Crainic, T. G. (1987). Survey paper: A review of empty flows and fleet management models in freight transportation. *Transportation Science*, 21(4), 227–248. <https://doi.org/10.1287/trsc.21.4.227>
- Eppen, G. (1979). Effects of centralization on expected costs in a multi-location newsboy problem. *Management Science*, 25(5), 498–501. <https://doi.org/10.1287/mnsc.25.5.498>
- Federgruen, A., & Zipkin, P. (1984). Approximations of dynamic, multilocation production and inventory problems. *Management Science*, 30(1), 69–84. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.1.69>
- Fu, F., & Ji, M. (2025). Robust inventory planning of empty containers in intermodal transportation considering port congestion. *Computers & Industrial Engineering*, 206, 2025, 111233. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.111233>.
- Lam, S.-W., Lee, L.-H., & Tang, L.-C. (2007). An approximate dynamic programming approach for the empty container allocation problem. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 15(4), 265–277. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2007.04.005>
- Li, X., Yang, Z., Li, M., & Hong, W. (2026) A robust optimization approach for coordinating research vessel operations and marine experimental activities. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 179, Part 2, 2026, 115190. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2026.115190>.
- Liang, J., Ma, Z., Wang, S., Liu, H., & Tan, Z. (2024). Dynamic container slot allocation with empty container repositioning under stochastic demand, Transportation. *Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 187, 2024, 103603, <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103603>.

- Song, D., Zhang, J., Carter, J., Field, T., Marshall, J., Polak, J., & Woods, J. (2005). On cost-efficiency of the global container shipping network. *Maritime Policy & Management*, 32(1), 15–30. <https://doi.org/10.1080/0308883042000176640>
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2023). Review of maritime transport 2023. United Nations.
- Zipkin, P. H. (2000). Foundations of inventory management. McGraw-Hill.
- มรกต ภู่มรกต และกมลชนก สุทธิวาหนฤพุดิ. (2567). แนวทางการปรับปรุงกระบวนการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์เปล่าจากท่าเรือแหลมฉบัง – สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง ลาดกระบัง. *วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน*, 10(1), 97-113. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v10i1.264288>
- สุนทร ผจญ. (2567). แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งตู้สินค้าในท่าเรือแหลมฉบัง. *วารสารการวิจัยการบริหารการพัฒนา*, 14(2), 457–474. สืบค้น จาก <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/JDAR/article/view/274310>