

การปรับปรุงประสิทธิภาพแถวคอยยานพาหนะและการลำเลียงสินค้า ผ่านการจำลองสถานการณ์ : กรณีศึกษา

สุริพร ยืนยงค์¹ อธิธณณัฐ ปลุกผึ้ง² บุรณ์สิริวรรธ ขำทัพ³ อนนจ ชัยมณี^{4*}

^{1,2,3,4*} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน,
นครปฐม, ประเทศไทย

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ อีเมล : anot.c@ku.th

รับต้นฉบับ : 14 พฤษภาคม 2568; รับบทความฉบับแก้ไข : 26 ตุลาคม 2568; ตอบรับบทความ : 20 พฤศจิกายน 2568
เผยแพร่ออนไลน์ : 26 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดส่งสินค้า วัตถุประสงค์เพื่อลดเวลารอคอยของรถขนส่ง ลดเวลาการลำเลียงสินค้าภายในคลัง ส่งผลให้รอบการจัดส่งเพิ่มขึ้น การจำลองสถานการณ์ร่วมกับการจัดระเบียบแถวคอยยานพาหนะและทฤษฎีการจัดการคลังสินค้าถูกนำมาใช้ในงานวิจัย เริ่มจากเก็บรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการทำงานปัจจุบันมาสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม FlexSim เพื่อใช้วิเคราะห์ปัญหาและหาสถานการณ์เพื่อปรับปรุงกระบวนการ งานวิจัยเสนอวิธีการจัดการแถวคอย 3 สถานการณ์ การจัดการคลังสินค้าจากการวิเคราะห์ FSN และการจัดการแถวคอยร่วมกับการวิเคราะห์ FSN ทำให้ได้สถานการณ์ปรับปรุงทั้งหมด 7 สถานการณ์ ผลการจำลองสถานการณ์พบว่าการจัดแถวคอยที่ 1 การให้ความสำคัญกับรถหลักพร้อมกับการวิเคราะห์ FSN เป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด วิธีการดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ก่อนปรับปรุง นั่นคือสามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยของรถทุกประเภทและทำให้จำนวนรถทั้งหมดที่ออกจากระบบโดยเฉลี่ยในช่วงเวลาที่กำหนดตลอดระยะเวลา 1 เดือน เพิ่มขึ้นมากที่สุดจาก 582 คัน เป็น 658 คัน จำนวนรถที่เพิ่มขึ้นนี้สามารถเพิ่มโอกาสในการขายสินค้า ส่งผลให้กำไรของบริษัทกรณีศึกษาเพิ่มขึ้น 14,063,037.11 บาท/เดือน

คำสำคัญ : การวิเคราะห์ FSN การจัดระเบียบแถวคอย การจำลองสถานการณ์



Improving the Efficiency of Vehicle Queuing and Product Conveyance through Simulation: A Case Study

Sureeporn Yeanyong¹ Aitnanat Plukfung² Boonsiwatt Khuamthap³ Anot Chaimanee^{4*}

^{1,2,3,4*}*Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen,
Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: anot.c@ku.th

Received: 14 May 2025; Revised: 26 October 2025; Accepted: 20 November 2025

Published online: 26 December 2025

Abstract

This research examines the process of enhancing product delivery efficiency. The objective is to reduce both vehicle waiting times and product conveying times in the warehouse, thereby increasing the overall number of deliveries. Simulation techniques were applied in combination with vehicle queuing disciplines, and warehouse management theory was incorporated into the research. The research, starting from data from the current process of the case study company, was collected and used to develop a computer simulation model in FlexSim, enabling both problem analysis and the exploration of improvement scenarios. Three queuing discipline scenarios, warehouse management from FSN analysis, and a combination of queuing disciplines with FSN analysis were proposed, resulting in seven improvement scenarios. The simulation results indicated that Queuing Approach 1, which prioritizes six-wheeled vehicles in combination with FSN analysis, was the most appropriate method for process improvement. This approach enhances process efficiency compared with the situation prior to the improvement. The average waiting time for all vehicle types was reduced, and the total number of vehicles exiting the system within the specified monthly period increased from 582 to 658. This increase in vehicle throughput enhances the opportunity to sell more products, resulting in a profit of 14,063,037.11 Baht per month for the case study company.

Keywords: FSN analysis, Queuing discipline, Simulation

1) บทนำ

ปัจจุบันตลาดเหล็กโลกมีแนวโน้มปรับราคาลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ราคาเหล็กในประเทศไทยต้องเผชิญกับแรงกดดันจากการนำเข้าเหล็กจากต่างประเทศ ส่งผลกระทบต่อปริมาณการผลิตและรายได้ของผู้ค้าเหล็กภายในประเทศ ความสามารถในการทำกำไรจึงกลายเป็นความท้าทายที่เพิ่มขึ้น Kasikorn Research Center [1] ดังนั้นเจ้าของกิจการค้าเหล็กในประเทศจำเป็นต้องปรับปรุงการดำเนินงานเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน การจัดการคลังสินค้าเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการจัดจำหน่าย ทั้งนี้หากการจัดการคลังสินค้าไม่เป็นระบบ เช่น การจัดวางสินค้าไม่เป็นระเบียบ จะก่อให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาสินค้าส่งผลให้การจัดส่งล่าช้า ลดทอนประสิทธิภาพการขาย ด้วยเหตุนี้การจัดการคลังสินค้าจึงเป็นประเด็นที่ควรให้ความสำคัญ และปรับปรุงให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจ

บริษัทกรณีศึกษา เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์เหล็กขนาดใหญ่ในประเทศไทย มีผลิตภัณฑ์เหล็กหลากหลายประเภท ถูกจัดเก็บไว้ในคลังขนาดใหญ่เพื่อรอการจัดจำหน่าย โดยรถขนส่งที่เข้ามารับสินค้าและจัดส่งแก่ลูกค้าแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) รถสิบล้อ 2) รถเทรลเลอร์ 3) รถหกล้อ 4) รถพ่วงแม่-ลูก ลูกค้าสามารถเข้ามาสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการ โดยกระบวนการเริ่มจากการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า และพนักงานจะจัดเตรียมสินค้าในพื้นที่จัดเก็บสินค้า เรียกว่า เฟส (phase) แบ่งออกเป็น 5 เฟส แต่ละเฟสประกอบไปด้วยสินค้า 6 กอง สำหรับวางสินค้าประเภทต่าง ๆ ต่อมารถขนส่งจะเคลื่อนที่ไปขึ้นสินค้าแบบสุ่มยังเฟสที่ว่างและมีประเภทสินค้าตามความต้องการของลูกค้า พนักงานจะลำเลียงสินค้ามายังจุดเตรียมเพื่อรอขึ้นสินค้าขึ้นรถขนส่ง หลังจากนั้นจะนำสินค้าขึ้นรถขนส่งและจัดวางตามรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับรถแต่ละประเภท

ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาพบปัญหาในคลังสินค้า คือ กระบวนการขึ้นสินค้าเพื่อจัดส่งใช้เวลานาน และมีปริมาณรถขนส่งในแถวคอยรอขึ้นสินค้าจำนวนมากในช่วงเวลา 13.00–17.00 น. ส่งผลกระทบต่อคลังสินค้านี้ดังกล่าวเป็นจุดคอขวด จากการวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้น พบว่าเกิดจากการจัดวางสินค้าที่ไม่ระบุตำแหน่ง และไม่มีกระบวนการจัดการแถวคอยที่เหมาะสม ส่งผลให้เวลา

การลำเลียงสินค้าขึ้นรถขนส่งนาน และทำให้เวลารอคอยของรถขนส่งเพิ่มขึ้น ตามลำดับ

ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาความล่าช้าในกระบวนการขึ้นสินค้าดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงจะประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ร่วมกับทฤษฎีการจัดการคลังสินค้า และการจัดการแถวคอยเข้ามาแก้ปัญหามานี้ โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษารูปแบบกระบวนการที่ยังไม่เหมาะสม วิเคราะห์ปัญหา และหาสาเหตุของปัญหา เมื่อทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงแล้วจึงทำการปรับปรุงกระบวนการผ่านการจำลองสถานการณ์ เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงการจัดวางผลิตภัณฑ์ภายในคลังสินค้า และจัดการแถวคอย ทำให้ระยะเวลาการลำเลียงสินค้า และเวลารอคอยของรถขนส่งลดลง ตามลำดับ ส่งผลทำให้รอบการจัดส่งเพิ่มมากขึ้น

2) ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจำลองสถานการณ์เป็นการเลียนแบบการดำเนินงานของกระบวนการหรือระบบจริง เพื่อศึกษาพฤติกรรมผ่านการพัฒนาแบบจำลอง [2] และใช้หาแนวทางเพื่อพัฒนาระบบงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [3] เหมาะสำหรับการจำลองระบบงานที่ซับซ้อนและมีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงเชิงข้อมูล องค์กร และสิ่งแวดล้อม [4]

งานวิจัยนี้ใช้การพิจารณาระเบียบแถวคอย (queue discipline) เพื่อกำหนดลำดับความสำคัญของลูกค้า [4] เพื่อเข้ารับบริการภายในคลังสินค้า ในการปรับปรุงแถวคอยของรถขนส่ง และใช้การวิเคราะห์สินค้าคงคลังแบบเอฟเอสเอ็น (FSN analysis) ซึ่งเป็นการแบ่งกลุ่มสินค้าที่อยู่บนพื้นฐานความถี่การเคลื่อนไหวของวัสดุ โดยแบ่งเป็นสินค้าเคลื่อนไหวเร็ว สินค้าเคลื่อนไหวช้า และสินค้าไม่เคลื่อนไหว [5] นำไปสู่การจัดสรรพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับสินค้าขายได้มาก ปานกลาง และน้อย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการลำเลียงสินค้าภายในคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

ในงานวิจัยจะทดสอบความเสมือนจริง (validation) ของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบ t-test ของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มประชากร [6] โดยเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดจากระบบงานจริงกับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ภายใต้สมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1) ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยที่ μ_1 และ μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากระบบจริงและค่าเฉลี่ยข้อมูลจากแบบจำลอง ตามลำดับ หากไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ทำให้มั่นใจได้ว่าแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้

2.2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในอดีตมีผู้วิจัยนำการจำลองสถานการณ์ การแบ่งกลุ่มของคลัง การจัดการแถวคอยไปใช้ปรับปรุงงานคลังสินค้าและระบบงานต่าง ๆ ได้แก่ Zhu *et al.* [7] ปรับปรุงประสิทธิภาพงานโลจิสติกส์ห่วงโซ่ความเย็นของสินค้าผลไม้และผักผ่านการจำลองสถานการณ์ โดยวิเคราะห์หาคอขวดและทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้ในการทำงาน Millstein *et al.* [8] เพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจจัดกลุ่มสินค้าคงคลัง ABC จากโมเดลหาค่าที่เหมาะสม เพื่อตัดสินใจการจัดกลุ่มของคลังที่เหมาะสม Panyapanich and Sirisophonilp [9] ได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับวิเคราะห์กระบวนการหยิบขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ปรับเปลี่ยนวิธีการหยิบสินค้า ปรับตำแหน่งจัดเก็บสินค้าและพื้นที่รวบรวมสินค้า ทำให้ระยะเวลารวมและระยะทางในการเดินหยิบสินค้าลดลง การปรับปรุงแผนผังคลังสินค้าสำเร็จรูปและวิเคราะห์ ABC ตามความถี่ในการเคลื่อนไหวของสินค้า เพื่อลดระยะทางรวมของการเคลื่อนไหวของสินค้าถูกทำโดย Wongsamajan [10] การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดวางสินค้า ทำให้เวลาในการขนย้ายบล็อกแก้วลดลงถูกศึกษาโดย Bunterngrachit [11] Chanyaem and Akarapichet [12] ใช้การวิเคราะห์ ABC จัดหมวดหมู่ของไหลจากความถี่และความถี่ และใช้หลัก ECRS ปรับปรุงกิจกรรมในกระบวนการทำงาน ทำให้ระยะทางการเบิกสินค้าและระยะเวลาการค้นหาลินคาลลดลง Anurattananon *et al.* [13] ปรับตำแหน่งการจัดวางในคลังจัดเก็บเครื่องดื่ม โดยการวิเคราะห์ ABC จากความถี่การซื้อสินค้าและน้ำหนักสินค้า สามารถลดเวลาและต้นทุนภายในคลังสินค้าได้ Petchan and Karoonsoontawong [14] พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงระบบแถวคอยบนสถานีรถไฟ ทำให้ผลรวมเวลาในแถวคอย ผลรวมความยาวแถวคอยลดลง ในจุดวิกฤติของการให้บริการ การปรับปรุงกระบวนการไหลสินค้าของธุรกิจวัสดุทดแทนไม้ ถูกศึกษาโดย Kraiwong and Setamanit [15] โดยใช้ผังสายธารคุณค่าและการจำลองสถานการณ์ เพื่อลดระยะเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า พบว่าเวลารวมเฉลี่ยของการเข้ามารับสินค้าและระยะเวลารอคอยเฉลี่ยเพื่อไหลสินค้าประเภท

รถพื้นเรียบและตู้คอนเทนเนอร์ลดลง Ganbold *et al.* [16] วิจัยเพื่อหาค่าเหมาะที่สุดบนพื้นฐานการจำลองสถานการณ์ สำหรับการมอบหมายงานพนักงานคลังสินค้า สามารถปรับปรุงระดับบริการคลังสินค้าได้ Jirapatsil [17] ศึกษาเพื่อปรับปรุงตำแหน่งการวางอาหารสดและกระบวนการขายออกสำหรับคลังสินค้าในธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้การวิเคราะห์หาค่าลดขาดทุนระยะทางและระยะเวลาในคลังสินค้า Chaimanee and Kaewcharoensithong [18] ทำการจำลองสถานการณ์เพื่อลดข้อขัดข้องระหว่างกระบวนการแปรรูปข้าวเปลือก ทำให้ข้อขัดข้องโดยเฉลี่ยในกระบวนการลดความชื้น และกระบวนการแปรรูปข้าวลดลง

ต่อมา Preedawat *et al.* [19] ใช้การจำลองสถานการณ์ร่วมกับการวิเคราะห์ FSN เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการหยิบสินค้า ผลการวิจัยพบว่าระยะเวลาเฉลี่ยต่อคำสั่งซื้อ ระยะทางรวมเฉลี่ยต่อวัน ระยะเวลาเฉลี่ยของคำสั่งซื้อลดลง และทำให้ต้นทุนการจัดส่งรอบพิเศษลดลง Phimkan [20] ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ ABC-FSN เพื่อจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนซ่อมบำรุงและใช้วิธี Silver-Meal เพื่อจัดการการสั่งซื้อ สามารถลดต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังได้ การปรับปรุงกระบวนการจัดเก็บสินค้าคงคลังโดยการวิเคราะห์ ABC แบ่งกลุ่มตามปริมาณการเคลื่อนไหวทำให้ระยะทาง และต้นทุนด้านแรงงานลดลง อีกทั้งยังเพิ่มความแม่นยำในการจัดเก็บปรากฏใน Likitkam [21] Nigischer *et al.* [22] สร้างแบบจำลองสถานการณ์ในพื้นที่การทำงานของเครื่อง CNC เริ่มจากแบบจำลองรายละเอียดต่ำ รายละเอียดปานกลาง และรายละเอียดสูงผ่าน FlexSim ผลการวิจัย คือ การจำลองสถานการณ์ที่มีความแม่นยำ Khotyota *et al.* [23] วิจัยเพื่อลดความผิดพลาด และลดระยะเวลาการหยิบสินค้า โดยใช้การวิเคราะห์ ABC และใช้แผนภูมิกระบวนการไหลวิเคราะห์ขั้นตอนการหยิบสินค้า และแก้ไขด้วยหลักการ ECERS ทำให้ความผิดพลาดและระยะเวลาในการหยิบสินค้าลดลง Tuammee *et al.* [24] ปรับปรุงตำแหน่งและการจัดวางวัตถุดิบและสินค้าในคลังสินค้า โดยการวิเคราะห์ ABC สำหรับจัดหมวดหมู่วัตถุดิบและสินค้า ร่วมกับทฤษฎีควบคุมการมองเห็น ช่วยลดระยะเวลาในการค้นหาวัตุดิบและสินค้าได้ Sringean *et al.* [25] วิจัยเพื่อแก้ปัญหาความไม่สอดคล้องระหว่างปริมาณของคลังและปริมาณความต้องการของหน่วยงานราชการ จากการวิเคราะห์ ABC และ FSN สำหรับแบ่งกลุ่มพัสดุตามมูลค่าและอัตราการหมุนเวียน ผลการวิจัยพบว่า

สามารถลดการขาดแคลนและภาวะของสินค้าอีกทั้งยังสามารถทำให้ต้นทุนวัสดุคงคลังลดลง Chatsatayu *et al.* [26] ปรับปรุงตำแหน่งการจัดเก็บบรรจุภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ ABC และ FSN และจำลองการหยิบสินค้า พบว่าระยะเวลาเฉลี่ยในการหยิบสินค้าลดลง Ardiansyah *et al.* [27] ใช้การจำลองระบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องร่วมกับการวิเคราะห์ ABC แบบสองปัจจัย ปรับตำแหน่งการจัดวางสินค้าใหม่ พบว่าเวลาการหยิบสินค้าของผู้ปฏิบัติงานลดลง Lumsakul *et al.* [28] ปรับปรุงระบบโลจิสติกส์เข้าในโรงงานมะพร้าวผ่านการจำลองสถานการณ์ งานวิจัยพบว่าสามารถเพิ่มผลผลิต ส่งผลให้งานระหว่างกระบวนการ และเวลาในกระบวนการลดลง

จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตพบว่ามีการใช้การจัดระบบแถวคอยหรือการจัดการคลังสินค้าโดยการแบ่งกลุ่มของคงคลังเข้าไปแก้ปัญหาในระบบงานต่าง ๆ สำหรับงานวิจัยนี้ ระบบงานเกิดปัญหาด้านเวลารอคอยของรถขนส่งนานก่อนจะเข้าไปรับสินค้าภายในคลัง และการลำเลียงสินค้าเพื่อนำขึ้นรถขนส่งภายในคลังใช้เวลานาน ซึ่งเป็นการดำเนินงานที่ต่อเนื่องกัน ในงานวิจัยจึงจะนำการพิจารณาระเบียบแถวคอยไปใช้ร่วมกับการปรับปรุงการจัดวางสินค้าภายในคลังผ่านการจำลองสถานการณ์ เพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา วัตถุประสงค์เพื่อลดเวลารอคอยของรถขนส่งและระยะเวลาการลำเลียงสินค้าส่งผลให้ผลประโยชน์ของบริษัทเพิ่มขึ้น

3) วิธีดำเนินการวิจัย

3.1) กระบวนการขึ้นสินค้า

งานวิจัยเริ่มจากศึกษากระบวนการขึ้นสินค้าปัจจุบัน สำหรับสินค้าประเภทเหล็ก โดยผลิตภัณฑ์จะถูกเก็บไว้ในคลังขนาดใหญ่เพื่อรอการจัดจำหน่ายสู่ลูกค้า ทั้งนี้รถขนส่งจะเข้าไปรับสินค้าภายในคลัง การดำเนินงานแสดงดังแผนภูมิการไหลในรูปที่ 1

จากแผนภูมิการไหลในรูปที่ 1 สามารถอธิบายรายละเอียดการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

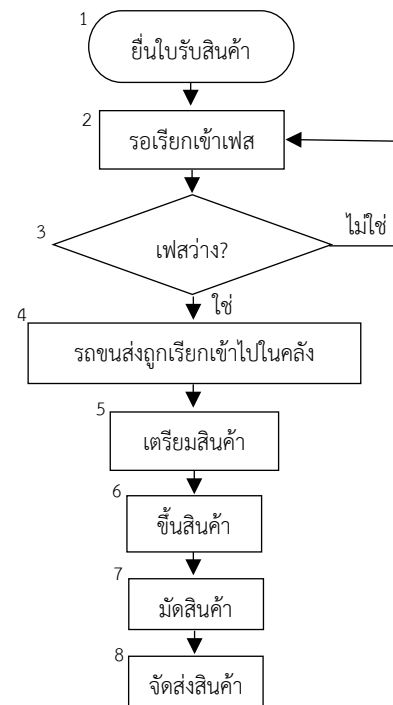
3.1.1) ขั้นตอนที่ 1: รถขนส่งมาถึงคลังสินค้า ยื่นใบรับสินค้าให้แก่พนักงาน

3.1.2) ขั้นตอนที่ 2: รอพนักงานเรียกรถขนส่งเข้าเฟส

3.1.3) ขั้นตอนที่ 3: ตรวจสอบว่ามีเฟสว่างหรือไม่

3.1.4) ขั้นตอนที่ 4: รถขนส่งถูกเรียกเข้าไปในคลังเมื่อมีเฟสว่าง

3.1.5) ขั้นตอนที่ 5: พนักงานใช้เครนลำเลียงสินค้ามาที่จุดเตรียมขึ้นสินค้าตามความต้องการของลูกค้า



รูปที่ 1 : แผนภูมิการไหลแสดงขั้นตอนการทำงาน

3.1.6) ขั้นตอนที่ 6: พนักงานใช้เครนนำสินค้าขึ้นรถขนส่งและจัดวางสินค้าบนรถตามรูปแบบที่เหมาะสมกับรถแต่ละประเภท

3.1.7) ขั้นตอนที่ 7: พนักงานมัดสินค้าให้แน่นเพื่อป้องกันความเสียหายของสินค้าระหว่างการขนส่ง

3.1.8) ขั้นตอนที่ 8: จัดส่งสินค้าไปสู่ลูกค้า

จากกระบวนการทำงานที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นสินค้า แบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 เวลารอคอยของรถขนส่งในแถวคอยยาวนาน

กรณีที่ 2 การลำเลียงสินค้ามาที่จุดเตรียมใช้เวลานาน

ปัญหาทั้ง 2 กรณี ดังกล่าว ส่งผลทำให้เวลารอคอยของรถขนส่งยาวนาน และทำให้จำนวนรถขนส่งที่ออกจากระบบภายในช่วงเวลากรณีศึกษามีปริมาณน้อย

จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จะพัฒนากระบวนการตัดสินใจเพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเภทรถขนส่งภายในแถวคอย และการระบุตำแหน่งการจัดวางสินค้าภายในคลัง เพื่อลดเวลารอคอย และทำให้การลำเลียงสินค้าเร็วขึ้น ส่งผลให้จำนวนรถที่ออกจากระบบเพิ่มขึ้น

3.2) การเก็บข้อมูลและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

เมื่อศึกษากระบวนการขึ้นสินค้าแล้ว จะเก็บข้อมูลเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม FlexSim โดยรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 2 เดือน โดยจะใช้ข้อมูลในช่วงเวลา 13.00–17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณรถขนส่งมารับสินค้าจำนวนมาก ทำให้เกิดการรอคอยของรถขนส่งและเกิดปัญหาความล่าช้าในการลำเลียงสินค้าภายในคลัง แตกต่างจากช่วงเวลาอื่น ๆ ซึ่งมีจำนวนรถเข้ามารับสินค้าจำนวนน้อยทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าในการดำเนินงาน ข้อมูลที่ต้องใช้เพื่อสร้างแบบจำลองระบบงานภายในคลังมีดังนี้

3.2.1) ประเภทของรถขนส่ง (Vehicle Type): แบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ รถสิบล้อ รถเทรลเลอร์ รถกอล์ฟ และรถพ่วงแม่-ลูก โดยกำหนดสัญลักษณ์สำหรับรถแต่ละประเภท คือ A, B, C และ D ตามลำดับ

3.2.2) ช่วงเวลาห่างของรถแต่ละประเภท (Interarrival Time): เพื่อแสดงระยะห่างของเวลาระหว่างการเข้ามาของรถขนส่ง สะท้อนถึงความถี่ในการเข้ามาของรถแต่ละประเภท

3.2.3) เวลาเตรียมสินค้า (Setup Time): แสดงถึงเวลาที่พนักงานเริ่มลำเลียงสินค้ามาที่จุดเตรียมสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้าจนเสร็จสิ้น

3.2.4) เวลาขึ้นสินค้า (Processing Time): แสดงถึงเวลาที่พนักงานเริ่มนำสินค้าขึ้นรถขนส่งจนครบจำนวนตามคำสั่งซื้อ

3.2.5) ประเภทของสินค้า (Product Type): แสดงถึงสัดส่วนของสินค้าที่ขายได้มาก ปานกลาง และน้อย ในแต่ละเฟส

ข้อมูลข้างต้นจะถูกใช้เป็นพารามิเตอร์นำเข้า เพื่อสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลไปสร้างการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแสดงพฤติกรรมการทำงานปัจจุบันภายในคลังสินค้า โดยพิจารณาจากค่าคะแนนความสัมพันธ์ (Relative Score) หากมีค่าใกล้เคียง 100 เปอร์เซนต์ มากที่สุด แสดงว่าข้อมูลเหมาะสมกับการแจกแจงประเภทนั้นๆ ยกตัวอย่างการแจกแจงความน่าจะเป็นช่วงเวลาห่างของรถ เวลาเตรียมสินค้า และเวลาขึ้นสินค้าของรถประเภท D แสดงดังรูปที่ 2–4 และสำหรับรถทุกประเภท สรุปดังตารางที่ 1

หลังจากนั้นนำข้อมูลการแจกแจงความน่าจะเป็นดังกล่าวไปสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งสามารถอธิบายส่วนประกอบและลักษณะการดำเนินงานภายในคลังสินค้าสรุปได้ดังตารางที่ 2

Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters
1 - Beta	98.86	Lower endpoint
		Upper endpoint
		Shape #1
		Shape #2
2 - Johnson SB	96.59	Lower endpoint
		Upper endpoint
		Shape #1
		Shape #2
3 - Gamma	71.59	Location
		Scale
		Shape

23 models are defined with scores between 2.27 and 98.86

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta

Evaluation: Good

Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.

See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Beta

"Error" in the model mean

relative to the sample mean 7.54316 = 5.07%

รูปที่ 2 : การแจกแจงความน่าจะเป็นช่วงเวลาห่างของรถประเภท D

Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters
1 - Pearson Type VI(E)	96.43	Location
		Scale
		Shape #1
		Shape #2
2 - Johnson SB	90.48	Lower endpoint
		Upper endpoint
		Shape #1
		Shape #2
3 - Inverse Gaussian(E)	84.52	Location
		Scale
		Shape

22 models are defined with scores between 0.00 and 96.43

Absolute Evaluation of Model 1 - Pearson Type VII(E)

Evaluation: Good

Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.

See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Pearson Type VII(E)

"Error" in the model mean

relative to the sample mean -0.27418 = 1.02%

รูปที่ 3 : การแจกแจงความน่าจะเป็นเวลาเตรียมสินค้าของรถประเภท D

Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters
1 - Beta	100.00	Lower endpoint
		Upper endpoint
		Shape #1
		Shape #2
2 - Johnson SB	96.30	Lower endpoint
		Upper endpoint
		Shape #1
		Shape #2
3 - Weibull	76.85	Location
		Scale
		Shape

28 models are defined with scores between 0.00 and 100.00

Absolute Evaluation of Model 1 - Beta

Evaluation: Good

Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.

See Help for more information.

Additional Information about Model 1 - Beta

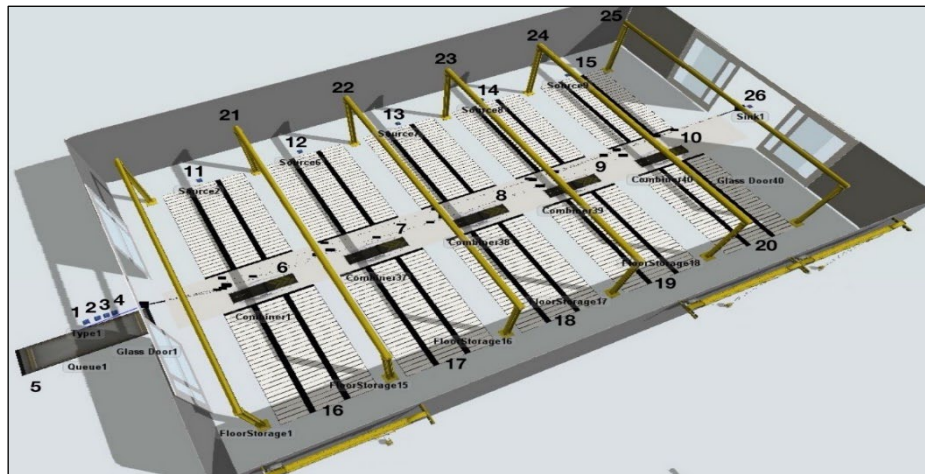
"Error" in the model mean

relative to the sample mean 0.21594 = 0.55%

รูปที่ 4 : การแจกแจงความน่าจะเป็นเวลาขึ้นสินค้าของรถประเภท D

ตารางที่ 1 : การแจกแจงความน่าจะเป็นสำหรับช่วงเวลาห่าง เวลาการเตรียมสินค้า และเวลาการขึ้นสินค้าของรถแต่ละประเภท

ข้อมูล	ประเภทรถ	ประเภทการแจกแจงที่เหมาะสม
ช่วงเวลาห่างของรถ (นาที) (Interarrival Time)	รถสิบล้อ (A)	Beta(3.08651, 191.55683, 0.89684, 7.30459)
	รถเทรลเลอร์ (B)	Beta(0.27297, 301.35409, 0.83920, 8.07690)
	รถหกล้อ (C)	Gamma(0.0, 32.75953, 1.74243)
	รถพ่วงแม่-ลูก (D)	Beta(15.36466, 283.46481, 0.45593, 0.51606)
เวลาเตรียมสินค้า (นาที) (Setup Time)	รถสิบล้อ (A)	Pearson6(3.98631, 85.87169, 0.82770, 4.15546)
	รถเทรลเลอร์ (B)	Pearson6(3.99362, 88.54528, 0.83983, 3.95378)
	รถหกล้อ (C)	Weibull(3.99100, 15.28981, 0.68152)
	รถพ่วงแม่-ลูก (D)	Pearson6(3.77237, 60.86783, 1.05071, 3.74109)
เวลาขึ้นสินค้า (นาที) (Processing Time)	รถสิบล้อ (A)	Pearson6(0.00000, 8.39141, 4.02246, 2.53642)
	รถเทรลเลอร์ (B)	Pearson6(0.00000, 22.81452, 3.31300, 3.40418)
	รถหกล้อ (C)	Lognormal2(3.31800, 8.60585, 0.98274)
	รถพ่วงแม่-ลูก (D)	Beta(11.87651, 93.49780, 0.62687, 1.26957)



รูปที่ 5: แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม FlexSim Simulation

ตารางที่ 2 : รายละเอียดของแบบจำลอง

หมายเลข	คำอธิบาย
1-4	สร้างรถแต่ละประเภทเข้ามาในคลังสินค้า
5	แถวคอยเพื่อรอเรียกรถเข้าเฟส
6-10	พื้นที่สำหรับการนำสินค้าขึ้นรถขนส่ง
11-15	สร้างสินค้าประเภท F, S, N
16-20	เฟสสำหรับเก็บสินค้า
21-25	เครนสำหรับลำเลียงสินค้าขึ้นรถขนส่ง
26	รถขนส่งออกจากระบบ

3.3) การตรวจสอบความถูกต้องและการทวนสอบความเหมือนจริงของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

การตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้มั่นใจได้ว่ากระบวนการทำงานภายในคลังสินค้ามีลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง โดยสังเกตการ

ไหลของรถขนส่ง (entity) ที่เคลื่อนที่เข้าไปยังเฟสที่ว่าง มีการเตรียมสินค้าและการขึ้นสินค้าตามที่กำหนด จากนั้นจึงทวนสอบความเหมือนจริงเพื่อเป็นการยืนยันว่าแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มีการประมวลผลแสดงพฤติกรรมที่แม่นยำ [29] โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองผ่านการประมวลผล 35 รอบทำซ้ำ และข้อมูลที่เก็บจากระบบการจริง ในช่วงเวลา 13.00–17.00 น. โดยดัชนีชี้วัดการทวนสอบ ได้แก่ เวลารอคอยและจำนวนรถขนส่งแต่ละประเภทที่ออกจากระบบ โดยการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มประชากร จากวิธี t-test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผ่านโปรแกรม Minitab ผลการทวนสอบความเหมือนจริงแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 : การทวนสอบความเหมือนจริงของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

ประเภทของรถ	ดัชนีชี้วัด	ระบบจริง	แบบจำลอง	ผลการทดสอบ	
				P-value	สรุป
รถสิบล้อ (A)	เวลาการรอกคอยของรถ (นาทิจ)	14.12 ± 2.75	15.18 ± 1.02	0.586	Do not reject H_0
	จำนวนรถที่ออกจากระบบ (คัน)	7.00 ± 1.62	8.11 ± 2.03	0.220	Do not reject H_0
รถเทรลเลอร์ (B)	เวลาการรอกคอยของรถ (นาทิจ)	21.44 ± 5.71	20.91 ± 3.60	0.872	Do not reject H_0
	จำนวนรถที่ออกจากระบบ (คัน)	5.83 ± 0.77	6.37 ± 0.83	0.397	Do not reject H_0
รถหกล้อ (C)	เวลาการรอกคอยของรถ (นาทิจ)	15.11 ± 5.16	15.64 ± 5.33	0.898	Do not reject H_0
	จำนวนรถที่ออกจากระบบ (คัน)	3.07 ± 0.80	3.31 ± 0.61	0.619	Do not reject H_0
รถพ่วงแม่-ลูก (D)	เวลาการรอกคอยของรถ (นาทิจ)	19.30 ± 11.35	20.81 ± 8.51	0.853	Do not reject H_0
	จำนวนรถที่ออกจากระบบ (คัน)	1.21 ± 0.25	1.62 ± 0.26	0.074	Do not reject H_0

จากตารางที่ 3 พบว่าการประมาณค่าแบบช่วงจากระบบจริง และแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มีช่วงที่ซ้อนทับกัน และผลการทดสอบสมมติฐานยังแสดงให้เห็นว่าดัชนีชี้วัดจากระบบปัจจุบัน และแบบจำลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} > 0.05$) ทำให้มั่นใจได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความเหมือนจริงทางสถิติสามารถใช้เป็นตัวแทนของกระบวนการขึ้นสินค้าปัจจุบันได้

หลังจากนั้นจะใช้ Why-Why Analysis วิเคราะห์ปัญหา แสดงดังตารางที่ 4 นำไปสู่แนวทางการแก้ไข

ตารางที่ 4 : Why-Why Analysis

what	why	why
เวลารอคอยของรถก่อนเข้าคลังสินค้านาน	ใช้กฎมาก่อนเข้าก่อน (พิจารณาทุกประเภทร่วมกัน)	ไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของรถเข้าคลังสินค้าอย่างเหมาะสม
การล่าเลยสินค้าจากพื้นที่จัดเก็บใช้เวลานาน	การจัดเก็บสินค้าไม่เป็นระบบทำให้ใช้เวลาล่าเลยสินค้านาน	-

จาก Why-Why Analysis นำไปสู่แนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงาน รายละเอียดแสดงในหัวข้อถัดไป

3.4) การจัดการแถวคอย

การจัดการแถวคอยเริ่มจากกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจ โดยพิจารณาช่วงห่างของการมาถึงและระยะเวลาที่รถขนส่งแต่ละประเภทอยู่ในคลัง (เวลาเตรียมงานรวมกับเวลาขึ้นงาน) แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 : เกณฑ์การพิจารณาการจัดแถวคอย

ประเภทรถ	ช่วงห่างการมาถึง (นาทิจ)	เวลาที่รถอยู่ในคลัง (นาทิจ)
A	[1,30] : สูง	[50,100] : กลาง
B	[1,30] : สูง	[50,100] : กลาง
C	[31,50] : กลาง	[11,49] : ต่ำ
D	[51,120] : ต่ำ	[101,147] : สูง

จากตารางที่ 5 แสดงช่วงห่างการมาถึงของรถขนส่งหากมีค่าน้อยสะท้อนถึงอัตราการเข้ามาของรถขนส่งสูง และระยะเวลาทั้งหมดที่รถขนส่งอยู่ในคลังก่อนออกจากระบบ ยกตัวอย่างรถประเภท D มีช่วงห่างของการมาถึงอยู่ในช่วง 51–120 นาทิจ แสดงให้เห็นว่ารถประเภทนี้มีอัตราการเข้ามาต่ำที่สุด เวลาที่รถอยู่ในคลังสำหรับรถประเภท D อยู่ในช่วง 101–147 นาทิจ หลังจากนั้นนำช่วงเวลาห่างการมาถึง เวลาที่รถอยู่ในคลัง เป็นเกณฑ์การให้ความสำคัญสำหรับรถบางประเภทในแถวคอยให้สามารถเข้าสู่คลังได้ก่อนรถประเภทอื่น ๆ วัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นลดเวลารอคอย โดยแนวทางการจัดการแถวคอยแสดงดังตารางที่ 6 และมีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1) การจัดการแถวคอยที่ 1: ให้ความสำคัญกับรถประเภท C เนื่องจากมีช่วงห่างการมาถึงของรถปานกลาง แต่ใช้เวลาในคลังสินค้าสั้นที่สุด จึงมีแนวคิดว่ารรถขนส่งประเภทอื่นๆ จะเกิดการรอกคอยต่ำหากรอขึ้นสินค้าตามหลังรถประเภท C แนวคิดนี้เป็นการเร่งระบายรถออกจากระบบ ลดความหนาแน่นของแถวคอย แต่เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดที่ช่วงห่างการมาถึงต่ำกว่าเกิดการรอกคอย จึงกำหนดให้รถประเภท C เข้าคลังสินค้าได้สูงสุด 4 เฟส ขณะที่รถประเภทอื่นเข้าได้ทุกเฟส ถ้าเฟสนั้น ๆ ว่าง

ตารางที่ 6 : รูปแบบการจัดระเบียบแถวคอยแสดงประเภทรถขนส่งที่เข้าไปรับสินค้าได้ในแต่ละเฟส

เฟส	รูปแบบการจัดแถวคอย (ประเภทรถที่ถูกให้ความสำคัญ)		
	การจัดแถวคอยที่ 1 (ให้ความสำคัญกับ C)	การจัดแถวคอยที่ 2 (ให้ความสำคัญกับ D)	การจัดแถวคอยที่ 3 (ให้ความสำคัญกับ D)
1	A,B,D	A,B,D	A,B,C,D
2	A,B,C,D	A,B,C,D	A,B,C,D
3	A,B,C,D	A,B,C,D	A,B,C,D
4	A,B,C,D	A,B,C,D	A,B,C,D
5	A,B,C,D	A,B,C,D	A,B,C,D

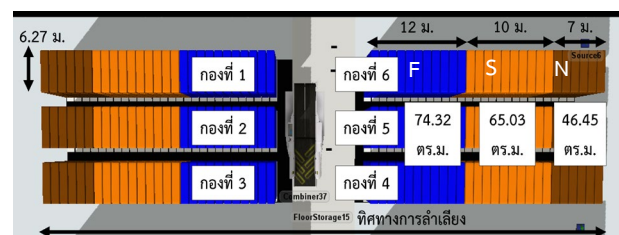
3.4.2) การจัดแถวคอยที่ 2: ให้ความสำคัญกับรถประเภท D เนื่องจากเมื่อวิเคราะห์ช่วงทางการมาถึงพบว่ารถประเภทนี้จะเข้าสู่ระบบ 2-4 คัน (ต่ำที่สุด) และใช้เวลาในคลังยาวนาน โดยมีแนวคิดเพื่อให้รถที่ใช้เวลาในคลังนานไม่เกิดการรอคอย สามารถขึ้นงานได้แล้วเสร็จในช่วง 13.00-17.00 น. เป็นการเพิ่มจำนวนรถที่ออกจากระบบ ทั้งนี้จะไม่เกิดผลกระทบต่อการทำงานของรถขนส่งประเภทอื่นเนื่องจากรถประเภท D อัตราการเข้ามาต่ำที่สุด จึงกำหนดให้สามารถเข้าสู่เฟสที่ว่างได้ก่อนรถประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้ยังคงกำหนดให้รถประเภท C เข้าได้สูงสุด 4 เฟส เพื่อรักษาสสมดุลระหว่างการเร่งระบายรถที่ขึ้นสินค้าได้เร็วและทำให้รถที่ใช้เวลาในคลังนานดำเนินงานจนแล้วเสร็จในช่วงเวลาที่กำหนด

3.4.3) การจัดแถวคอยที่ 3: อ้างอิงแนวคิดของการจัดแถวคอยที่ 2 คือให้ความสำคัญกับรถประเภท D แต่กำหนดให้รถทุกประเภทเข้าได้ทุกเฟส แนวทางนี้เพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดแถวคอย ลดการว่างของเฟส เป็นการช่วยลดเวลารอคอยของรถทุกประเภท

3.5) การจัดการคลังสินค้าโดยการวิเคราะห์ FSN

การจัดการพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบ FSN มีเป้าหมายเพื่อลดเวลาการลำเลียงสินค้า ส่งผลให้ปริมาณรถออกจากระบบได้มากขึ้น สินค้าประเภท F, S และ N คือ สินค้าที่ขายได้มาก ปานกลาง และน้อย ตามลำดับ โดยสินค้าประเภท F จะถูกจัดวางในพื้นที่จัดเก็บใกล้กับบริเวณที่รถขนส่งเข้ามารับสินค้ามากที่สุด รองลงมาคือสินค้าประเภท S และสินค้าประเภท N จะถูกจัดวางไกลจากพื้นที่ที่จัดส่งมากที่สุด การวิเคราะห์ FSN เริ่มจากการวิเคราะห์สัดส่วนแบ่งตามพื้นที่ของสินค้าแต่ละประเภทในแต่ละเฟส นำไปสู่การหาเวลาการเคลื่อนที่ ยกตัวอย่างการคำนวณในเฟสที่ 2 ดังนี้

- 1) พื้นที่เก็บสินค้าในเฟส = 1,114.80 ตารางเมตร
- 2) พื้นที่เก็บสินค้าแยกตามประเภท F, S, N คือ 445.92, 390.18, 278.70 ตารางเมตร ตามลำดับ
- 3) พื้นที่เก็บสินค้าแยกตามประเภท F, S, N ในแต่ละกอง คือ 74.32, 65.03, 46.45 ตารางเมตร ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 : พื้นที่แยกประเภท FSN สำหรับเฟส 2

- 4) เวลาเฉลี่ยการลำเลียงสินค้าจากระยะการเคลื่อนที่ตามทิศทางลำเลียง (พิจารณาจากพื้นที่จัดเก็บ)

ยกตัวอย่างการคำนวณเวลาเฉลี่ยการลำเลียงสินค้าในเฟสที่ 2 สินค้าประเภท F คำนวณจากค่าเฉลี่ยของระยะทางที่จุดเตรียมสินค้า 3.50 เมตร ระยะไกลสุดของพื้นที่จัดเก็บประมาณ 12 เมตร ระยะกึ่งกลางของพื้นที่จัดเก็บ 6 เมตร จะได้ระยะทางเฉลี่ย 7.17 เมตร และสินค้าประเภท S คำนวณจากค่าเฉลี่ยของระยะทางที่จุดเตรียมสินค้า 3.50 เมตร ระยะจุดเริ่มต้นของพื้นที่จัดเก็บ 12 เมตร ระยะไกลสุดของพื้นที่จัดเก็บประมาณ 22 เมตร ระยะกึ่งกลางของพื้นที่เก็บสินค้า 17 เมตร จะได้ระยะทางเฉลี่ย 13.63 เมตร ทั้งนี้ความเร็วเคลื่อน คือ 1.12 เมตร/วินาที จะได้เวลาเฉลี่ยการเคลื่อนที่เพื่อลำเลียงสินค้าประเภท F และ S เท่ากับ 6.40 วินาที และ 12.17 วินาที ตามลำดับ ผลการคำนวณเวลาการเคลื่อนที่ลำเลียงสินค้าในแต่ละเฟสแสดงดังตารางที่ 7

จากเวลาเฉลี่ยการเคลื่อนที่ จะคำนวณเวลาการลำเลียงสินค้าสำหรับรถแต่ละประเภทตามสมการที่ (1)

$$T_{Crane,(min,max)} = 2 \sum_{i=F}^N n_i t_{x,i} + 2t_z \sum_{i=F}^N n_i + t_h \sum_{i=F}^N n_i + \varepsilon \quad (1)$$

โดยที่ $T_{Crane,(min,max)}$ = เวลาที่ใช้ในการลำเลียงสินค้าน้อยที่สุดหรือมากที่สุด

n_i = จำนวนครั้งในการลำเลียงสินค้าประเภท

$i; i = F, S, N$

$t_{x,i}$ = เวลาเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถบรรทุกเพื่อลำเลียงสินค้าประเภท $i; i = F, S, N$

t_z = เวลาเคลื่อนที่ขึ้น-ลง (23 วินาที)

t_h = เวลาคล้อยสายพานกับสินค้า (120 วินาที)

ε = เวลาเผื่อ (177.50 วินาที)

ยกตัวอย่างการคำนวณสำหรับรถประเภท D มีการลำเลียงสินค้าแบ่งเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย ได้แก่ $F = 44\%$, $S = 30\%$ และ $N = 26\%$ และมีจำนวนครั้งการลำเลียงน้อยที่สุดและมากที่สุด 5 ครั้งและ 10 ครั้ง ตามลำดับ

การลำเลียง 5 ครั้ง แบ่งเป็นการลำเลียงสินค้าประเภท $F \approx 2$, $S \approx 2$ และ $N \approx 1$ การลำเลียง 10 ครั้ง แบ่งเป็นการลำเลียงสินค้าประเภท $F \approx 4$, $S \approx 3$ และ $N \approx 3$

$$T_{crane,min} = 2 \times [(2 \times 6.40) + (2 \times 12.17) + (1 \times 17.86)] + (2 \times 23 \times 5) + (120 \times 5) + 177.50 = 1117.50 \text{ วินาที (18.63 นาที)}$$

$$T_{crane,max} = 2 \times [(4 \times 6.40) + (3 \times 12.17) + (3 \times 17.86)] + (2 \times 23 \times 10) + (120 \times 10) + 177.50 = 2068.88 \text{ วินาที (34.48 นาที)}$$

จากความเร็วรถบรรทุกที่คำนวณได้ กำหนดเวลาการลำเลียงเป็นการแจกแจงแบบเอกรูปที่มีเวลาการลำเลียงน้อยที่สุด 18.63 นาที และมากที่สุด 34.48 นาที กำหนดเข้าสู่แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ สำหรับรถประเภทอื่น ๆ มีการคำนวณในลักษณะเดียวกัน สรุปได้ตามตารางที่ 8

3.6) การจัดการแถวคอยร่วมกับการวิเคราะห์ FSN

แนวคิดนี้เกิดจากปัญหาวางงานวิจัยซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่ เวลาในแถวคอยของรถขนส่ง และการลำเลียงสินค้าภายในคลังใช้เวลานาน ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่ในการดำเนินงานที่ต่อเนื่องกัน เพื่อที่จะแก้ปัญหาทั้ง 2 กรณี ไปพร้อมกัน งานวิจัยนี้จึงนำการปรับปรุงแถวคอยและการวิเคราะห์ FSN มาใช้ร่วมกัน และสามารถสร้างสถานการณ์ปรับปรุงได้อีก 3 แนวทาง ได้แก่ การจัดการแถวคอยที่ 1 - การวิเคราะห์ FSN, การจัดการแถวคอยที่ 2 - การวิเคราะห์ FSN และการจัดการแถวคอยที่ 3 - การวิเคราะห์ FSN

ตารางที่ 7 : ส่วนประกอบนำไปสู่การคำนวณเวลาการลำเลียงสินค้า

เฟส	พื้นที่เก็บสินค้าทั้งหมด (ตร.ม.)	ประเภทสินค้า	พื้นที่เก็บสินค้าแยกตามประเภท (ตร.ม.)	พื้นที่เก็บสินค้าแยกตามประเภท/กอง	ระยะการเคลื่อนที่ (เมตร)	เวลาเฉลี่ยการเคลื่อนที่รถ ($t_{x,i}$, วินาที)
1	1,000.06	F	422.25	70.38	3.50, 5.50, 11	5.95
		S	200.01	33.34	3.50, 11, 13.50, 16	9.82
		N	377.80	62.97	3.50, 16, 21, 26	14.84
2	1,114.80	F	445.92	74.32	3.50, 6, 12	6.40
		S	390.18	65.03	3.50, 12, 17, 22	12.17
		N	278.70	46.45	3.50, 22, 25.50, 29	17.86
3	1,102.42	F	588.37	98.06	3.50, 8, 16	8.18
		S	433.54	72.26	3.50, 16, 22, 28	15.51
		N	80.51	13.42	3.50, 28, 29, 30	20.20
4	1,114.81	F	421.15	70.19	3.50, 5.50, 11	5.95
		S	377.80	62.97	3.50, 11, 16, 21	11.50
		N	315.86	52.64	3.50, 21, 25, 29	17.52
5	1,114.81	F	501.66	83.61	3.50, 6.50, 13	6.85
		S	365.41	60.90	3.50, 13, 18, 23	12.83
		N	247.74	41.29	3.50, 23, 26.50, 30	18.53

ตารางที่ 8 : การแจกแจงเวลาการลำเลียงสินค้าของแต่ละประเภทหลังวิเคราะห์ FSN

เฟส	ประเภทรถ	จำนวนครั้งในการขึ้นสินค้า/คัน	การแจกแจงข้อมูล
1	A	3-5	uniform(12.28,18.34)
	B	5-8	uniform(18.34,27.66)
	C	2-5	uniform(9.02,18.34)
	D	5-10	uniform(18.34,33.88)
2	A	3-5	uniform(12.47,18.63)
	B	5-8	uniform(18.63,28.14)
	C	2-5	uniform(9.11,18.63)
	D*	5-10	uniform(18.63,34.48)
3	A	3-5	uniform(12.72,19.04)
	B	5-8	uniform(19.04,28.81)
	C	2-5	uniform(9.28,19.04)
	D	5-10	uniform(19.04,35.29)
4	A	3-5	uniform(12.42,18.54)
	B	5-8	uniform(18.54,28.00)
	C	2-5	uniform(9.07,18.54)
	D	5-10	uniform(18.54,34.32)
5	A	3-5	uniform(12.53,18.72)
	B	5-8	uniform(18.72,28.30)
	C	2-5	uniform(9.15,18.72)
	D	5-10	uniform(18.72,34.67)

หมายเหตุ: *ตัวอย่างการคำนวณ

4) ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากกระบวนการจัดแถวคอยและการวิเคราะห์ FSN นำไปสู่สถานการณ์การปรับปรุง 7 สถานการณ์ โดยใช้เวลารอคอยเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทในแถวคอย และจำนวนรถที่ออกจากระบบ

โดยเฉลี่ยเป็นดัชนีชี้วัดการปรับปรุงกระบวนการ ผลการจำลองสถานการณ์ แสดงดังตารางที่ 9

จากตารางที่ 9 สามารถวิเคราะห์ผลจากการจำลองสถานการณ์เทียบกับสถานการณ์ก่อนปรับปรุงสรุปตามแนวทางได้ ดังนี้

ตารางที่ 9: เวลารอคอยเฉลี่ยและจำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์

ดัชนีชี้วัด	ประเภทรถ	สถานการณ์							
		ก่อนปรับปรุง	การจัดแถวคอยที่ 1	การจัดแถวคอยที่ 2	การจัดแถวคอยที่ 3	วิเคราะห์ FSN	การจัดแถวคอยที่ 1-FSN	การจัดแถวคอยที่ 2-FSN	การจัดแถวคอยที่ 3-FSN
เวลารอคอยเฉลี่ย	A	15.18	16.41	14.22	15.45	11.10	11.03	11.41	12.04
	B	20.91	20.19	18.92	19.60	14.76	16.18	15.91	15.40
	C	15.64	7.28	18.30	15.53	12.81	5.40	12.28	12.88
	D	20.81	17.41	8.06	8.20	12.81	15.02	5.32	6.45
จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ย	A	8.11	8.40	8.54	8.57	9.11	9.03	9.06	9.11
	B	6.37	6.77	6.91	6.49	7.17	7.37	7.09	7.00
	C	3.31	3.59	3.36	3.29	3.38	3.63	3.44	3.38
	D	1.62	1.50	1.76	1.77	1.74	1.89	1.92	1.88

4.1) การจัดแถวคอยที่ 1

4.1.1) เวลาารอคอยเฉลี่ย: พบว่ารถประเภท B, C และ D ลดลง 0.72 นาที, 8.36 นาที และ 3.40 นาที ตามลำดับ แต่เวลารอคอยของรถประเภท A เพิ่มขึ้น 1.23 นาที

4.1.2) จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ย: รถประเภท A, B และ C เพิ่มขึ้น 0.29 คัน 0.40 คัน และ 0.28 คัน ตามลำดับ แต่จำนวนรถประเภท D ลดลง 0.12 คัน

4.2) การจัดแถวคอยที่ 2

4.2.1) เวลาารอคอยเฉลี่ย: พบว่ารถประเภท A, B และ D ลดลง 0.96 นาที, 1.99 นาที และ 12.75 นาที ตามลำดับ แต่เวลารอคอยของรถประเภท C เพิ่มขึ้น 2.66 นาที

4.2.2) จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ย: รถประเภท A, B, C และ D เพิ่มขึ้น 0.43 คัน, 0.54 คัน, 0.05 คัน และ 0.14 คัน ตามลำดับ

4.3) การจัดแถวคอยที่ 3

4.3.1) เวลาารอคอยเฉลี่ย: พบว่ารถประเภท B, C และ D ลดลง 1.31 นาที, 0.11 นาที และ 12.61 นาที ตามลำดับ แต่เวลารอคอยของรถประเภท A เพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ 0.27 นาที

4.3.2) จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ย: รถประเภท A, B และ D เพิ่มขึ้น 0.46 คัน, 0.12 คัน และ 0.15 คัน ตามลำดับ แต่จำนวนของรถประเภท C ลดลงเล็กน้อยคือ 0.02 คัน

4.4) วิเคราะห์ผลจากการปรับปรุงแถวคอย

การจัดแถวคอยทั้ง 3 แนวทาง สามารถทำให้เวลารอคอยของรถขนส่งส่วนใหญ่ลดลง แต่อย่างไรก็ตามจำนวนรถที่ออกจากระบบไม่แตกต่างจากสถานการณ์ก่อนปรับปรุงมากนักและมีรถขนส่งบางประเภทที่มีค่าลดลง เนื่องจากการจัดแถวคอยมีเป้าหมายเพื่อลดเวลารอคอย ดังนั้นเพื่อเพิ่มจำนวนรถที่ออกจากระบบ จึงนำไปสู่การปรับปรุงการจัดวางสินค้าเพื่อลดระยะเวลาลำเลียงภายในคลัง

4.5) การจัดการคลังสินค้าโดยการวิเคราะห์ FSN

4.5.1) เวลาารอคอยเฉลี่ย: พบว่ารถประเภท A, B, C และ D ลดลง 4.08 นาที, 6.15 นาที, 2.83 นาที และ 8.00 นาที ตามลำดับ

4.5.2) จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ย: รถประเภท A, B, C และ D เพิ่มขึ้น 1.00 คัน, 0.80 คัน, 0.07 คัน และ 0.12 คัน ตามลำดับ

4.6) วิเคราะห์ผลจากการทำ FSN

การทำ FSN ส่งผลให้เวลารอคอยของรถทุกประเภทลดลง และสามารถเพิ่มจำนวนรถทุกประเภทที่ออกจากระบบตามเป้าหมาย แตกต่างจากการจัดแถวคอยที่สามารถเพิ่มจำนวนรถที่ออกจากระบบสำหรับรถบางประเภทเท่านั้น

4.7) การจัดแถวคอยที่ 1 - การวิเคราะห์ FSN

4.7.1) เวลาารอคอยเฉลี่ย: พบว่ารถประเภท A, B, C และ D ลดลง 4.15 นาที, 4.73 นาที, 10.24 นาที และ 5.79 นาที ตามลำดับ

4.7.2) จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ย: รถประเภท A, B, C และ D เพิ่มขึ้น 0.92 คัน, 1.00 คัน, 0.32 คัน และ 0.27 คัน ตามลำดับ

4.8) การจัดแถวคอยที่ 2 - การวิเคราะห์ FSN

4.8.1) เวลาารอคอยเฉลี่ย: พบว่ารถประเภท A, B, C และ D ลดลง 3.77 นาที, 5.00 นาที, 3.36 นาที และ 15.49 นาที ตามลำดับ

4.8.2) จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ย: รถประเภท A, B, C และ D เพิ่มขึ้น 0.95 คัน, 0.72 คัน, 0.13 คัน และ 0.30 คัน ตามลำดับ

4.9) การจัดแถวคอยที่ 3 - การวิเคราะห์ FSN

4.9.1) เวลาารอคอยเฉลี่ย: พบว่ารถประเภท A, B, C และ D ลดลง 3.14 นาที, 5.51 นาที, 2.76 นาที และ 14.36 นาที ตามลำดับ

4.9.2) จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ย: รถประเภท A, B, C และ D เพิ่มขึ้น 1.00 คัน, 0.63 คัน, 0.07 คัน และ 0.26 คัน ตามลำดับ

4.10) วิเคราะห์ผลการปรับปรุงแถวคอยร่วมกับการทำ FSN

การจัดแถวคอยทั้ง 3 แบบ ร่วมกับการจัดการคลังสินค้าโดยวิเคราะห์ FSN ส่งผลให้เวลารอคอยของรถทุกประเภทลดลง อีกทั้งยังทำให้จำนวนรถทุกประเภทออกจากระบบเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบการปรับปรุงแถวคอยร่วมกับการทำ FSN ทั้ง 3 วิธีการ พบว่าการจัดแถวคอยที่ 1 - การวิเคราะห์ FSN ให้ผลลัพธ์ในภาพรวมที่ดีที่สุด ทั้งเวลารอคอยที่ลดลง และจำนวนรถทั้งหมดที่ออกจากระบบที่เพิ่มขึ้น

ผลลัพธ์จากสถานการณ์ทั้งหมด พบว่าการปรับปรุงกระบวนการส่วนใหญ่ส่งผลให้เวลารอคอยของรถแต่ละประเภทลดลง จำนวนรถที่ออกจากระบบเพิ่มมากขึ้นจากระบบปัจจุบัน งานวิจัยนี้จะเลือกสถานการณ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้แก่ การจัดแถวคอยที่ 1 - การวิเคราะห์ FSN ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ทำให้เวลารอคอยลดลงและสามารถทำให้จำนวนรถทั้งหมดที่ออกจากระบบโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด นั่นหมายถึงมีโอกาสการสร้างรายได้สูงสุด เป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย ทั้งนี้จำนวนรถที่เพิ่มขึ้นจะนำมาวิเคราะห์เพื่อประมาณต้นทุน รายได้ และผลกำไรที่เกิดขึ้น ดังรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

5) การประมาณต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับ

การประมาณต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้รับจะพิจารณาเฉพาะช่วงเวลารถขึ้นศึกษา 13.00–17.00 น. เท่านั้น จากสถานการณ์ที่ถูกเลือกพบว่าจำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าวต่อเดือนเพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 : จำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ยในหนึ่งเดือน

ประเภทรถ	สถานการณ์ปัจจุบัน	สถานการณ์ปรับปรุง
A	243	271
B	191	221
C	99	109
D	49	57
ผลรวม	582	658

ข้อมูลจากตารางที่ 10 พบว่าจำนวนรถขนส่งที่ออกจากระบบทั้งหมดเพิ่มขึ้น 76 คัน จำนวนรถที่ออกจากระบบจะถูกนำไปคำนวณต้นทุนและรายได้ต่อเดือน เฉพาะช่วงเวลาที่กำหนด 13.00–17.00 น. เพื่อแสดงให้เห็นว่าสถานการณ์ดังกล่าวเพิ่มโอกาสในการขายสินค้า จากปริมาณรถที่ออกจากระบบที่เพิ่มขึ้น

สินค้าภายในคลังถูกจำแนกเป็นสินค้าหลัก ได้แก่ เหล็กตัวซี เหล็กท่อน้ำ เหล็กท่อนเหลี่ยม และเหล็กกล่องแบน ในงานวิจัยประมาณราคาขายสำหรับ เหล็กตัวซี 24 บาท/กิโลกรัม เหล็กท่อน้ำ 25 บาท/กิโลกรัม เหล็กท่อนเหลี่ยม 25 บาท/กิโลกรัม เหล็กกล่องแบน 25 บาท/กิโลกรัม

การคำนวณรายได้จะพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยของสินค้าที่ลำเลียงขึ้นรถขนส่งร่วมกับราคาขายที่กำหนด สามารถหารายได้รวมต่อคันสำหรับรถแต่ละประเภท แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 : รายได้รวมต่อรถขนส่ง 1 คัน

ประเภทรถ	ชนิดสินค้า	ปริมาณสินค้าเฉลี่ย (กิโลกรัม/คัน)	รายได้รวม/คัน (บาท)
A	เหล็กตัวซี	2114.83	154505.16
	เหล็กท่อน้ำ	1230.77	
	เหล็กท่อนเหลี่ยม	1385.44	
	เหล็กกล่องแบน	1533.77	
B	เหล็กตัวซี	3203.63	228675.47
	เหล็กท่อน้ำ	1825.16	
	เหล็กท่อนเหลี่ยม	1918.62	
	เหล็กกล่องแบน	2327.75	
C	เหล็กตัวซี	1398.45	109898.78
	เหล็กท่อน้ำ	983.33	
	เหล็กท่อนเหลี่ยม	971.41	
	เหล็กกล่องแบน	1098.69	
D	เหล็กตัวซี	2873.55	222205.11
	เหล็กท่อน้ำ	1555.63	
	เหล็กท่อนเหลี่ยม	1836.64	
	เหล็กกล่องแบน	2737.33	

การวิเคราะห์ต้นทุนจะพิจารณาข้อมูลปริมาณเหล็กทุกประเภทภายในคลัง พบว่าต้นทุนทั้งหมด คือ 57,862,590.46 บาท และเมื่อพิจารณาจำนวนรถที่ออกจากระบบ พบว่ารายได้เฉลี่ยต่อเดือนและผลกำไรเฉลี่ยต่อเดือน ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการแสดงดังตารางที่ 12 ซึ่งพบว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการนอกจากช่วยลดระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยในแถวคอยและเพิ่มจำนวนรถโดยเฉลี่ยที่ออกจากระบบแล้วยังเพิ่มกำไรให้สถานประกอบการ 14,063,037.11 บาท/เดือน

ต้นทุน รายได้ และผลกำไรเป็นการประเมินจากผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ นั่นคือปริมาณเหล็กที่อยู่ในคลังจากการเก็บข้อมูลและปริมาณเหล็กที่ขายได้ซึ่งประเมินจากจำนวนรถที่ออกจากระบบ ทั้งนี้หากจะนำแนวคิดการปรับปรุงงานจากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ไปดำเนินการปรับปรุงระบบงานจริงจะต้องคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการทำงานอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ต้นทุนในการจัดระเบียบสินค้าใหม่

ภายในคลัง ต้นทุนค่าแรงงานสำหรับการเปลี่ยนแปลงระบบงาน ต้นทุนค่าเสียโอกาสในช่วงเปลี่ยนผ่านกระบวนการทำงาน เป็นต้น

ตารางที่ 12 : ต้นทุน รายได้ และผลกำไรโดยเฉลี่ยต่อเดือน

ต้นทุน/รายได้/กำไร	สถานการณ์ปัจจุบัน	สถานการณ์ปรับปรุง
ต้นทุนเฉลี่ย (บาท)	57,862,590.46	57,862,590.46
รายได้เฉลี่ย (บาท)	102,989,797.22	117,052,834.33
กำไรเฉลี่ย (บาท)	45,127,206.76	59,190,243.87

6) สรุปผล

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการขึ้นสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการปัจจุบัน พบว่ามีปัญหาความล่าช้าเกิดขึ้นในกระบวนการในช่วงเวลา 13.00–17.00 น. แบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 รถขนส่งมีเวลารอคอยนานก่อนจะเข้าไปรับสินค้า กรณีที่ 2 การลำเลียงสินค้าภายในคลังเพื่อนำขึ้นรถขนส่งใช้เวลานาน ปัญหาดังกล่าวเกิดจากบริษัทกรณีศึกษายังไม่มีกระบวนการจัดการแถวคอยที่เหมาะสม และยังไม่มีรูปแบบสำหรับการจัดวางสินค้าภายในคลัง (5 เฟส) เมื่อทราบถึงขั้นตอนการทำงานปัจจุบันแล้วจึงเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานภายในคลัง และนำไปสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นตัวแทนของกระบวนการทำงานปัจจุบัน

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องและความเสมือนจริงของแบบจำลองแล้วจึงกำหนดแนวทางการปรับปรุงระบบงานผ่านแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งออกเป็นการจัดแถวคอย 3 แนวทาง และการวิเคราะห์พื้นที่จัดวางสินค้าภายในเฟสโดยใช้การวิเคราะห์ FSN ทำให้ได้แนวทางการปรับปรุงทั้งหมด 7 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประมวผล 35 รอบทำซ้ำ ในช่วงเวลา 13:00 น.-17:00 น. โดยใช้เวลารอคอย และจำนวนรถที่ออกจากระบบ เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการ

ผลการจำลองสถานการณ์ปรับปรุงของ 7 แนวทางเปรียบเทียบกับสถานการณ์ก่อนปรับปรุง พบว่าการจัดการแถวคอย 3 แนวทาง สามารถทำให้เวลารอคอยของรถขนส่งส่วนใหญ่ลดลง ส่วนการจัดสรรพื้นที่จากการทำ FSN ทำให้เวลารอคอยของรถขนส่งลดลงและยังทำให้รถขนส่งทุกประเภทที่ออกจากระบบเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อนำการจัดการแถวคอยมาใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ FSN ยังพบว่าเวลารอคอยของรถขนส่งทุกประเภทลดลง อีกทั้งจำนวนรถขนส่งของรถทุกประเภทที่ออกจากระบบเพิ่มขึ้น

ในงานวิจัยเลือกการจัดแถวคอยที่ 1 - การวิเคราะห์ FSN เป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย เนื่องจากสามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยของรถทุกประเภท และทำให้จำนวนรถที่ออกจากระบบโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในภาพรวมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์อื่น ๆ สถานการณ์ดังกล่าวเป็นสถานการณ์ที่สร้างโอกาสในการขายสินค้าและเพิ่มกำไรให้แก่บริษัทกรณีศึกษามากที่สุด

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสถานการณ์ที่เหมาะสมและสามารถลดความล่าช้าของกระบวนการขึ้นสินค้าได้ดีที่สุดเกิดจากการนำการจัดระเบียบแถวคอยและการจัดวางสินค้าจากการวิเคราะห์ FSN มาใช้ร่วมกัน เนื่องจากปัญหาในงานวิจัยเกิดในการดำเนินงานที่ต่อเนื่องกัน คือ เวลารอคอยของรถขนส่งในแถวคอยนานก่อนที่รถขนส่งจะเข้าไปรับสินค้าภายในคลังซึ่งมีเวลาการลำเลียงสินค้ายาวนาน การผสมผสาน 2 เทคนิคเข้าด้วยกันจึงเป็นสถานการณ์ที่เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดในงานวิจัย

7) ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยมีข้อสังเกตซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจทำการศึกษาและวิจัยต่อไปในอนาคต ดังนี้

หากพิจารณาการจัดการแถวคอยที่ 1 - การวิเคราะห์ FSN ซึ่งเป็นวิธีการที่ถูกเลือก จะเห็นว่าเวลารอคอยของรถประเภท B และ D มากกว่าการจัดการแถวคอยร่วมกับการทำ FSN อีก 2 วิธี สามารถวิเคราะห์ได้ว่าแนวทางปรับปรุงกระบวนการดังกล่าวเป็นการให้ความสำคัญกับรถประเภท C ดังนั้น อาจทำให้รถประเภทอื่นๆ ซึ่งมีช่วงห่างการมาถึงมากกว่าหรือใกล้เคียงมีเวลารอคอยที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากรถประเภท C จะมีสิทธิ์เข้าคลังก่อนเสมอเมื่อมาถึงระบบงาน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางปรับปรุงอื่นๆ เวลารอคอยจะมากกว่าเล็กน้อย อย่างไรก็ตามจากผลการจำลองสถานการณ์พบว่าเวลารอคอยของรถประเภท B และ D ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากสถานการณ์ปรับปรุงอื่นๆ ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบ เนื่องจากยังเป็นแนวทางการปรับปรุงที่ทำให้ผลรวมจำนวนรถที่ออกจากระบบเฉลี่ยมากที่สุด จึงถูกเลือกให้เป็นสถานการณ์ที่เหมาะสม สามารถสร้างรายได้และผลกำไรได้สูงที่สุด ทั้งนี้การหาแนวทางพัฒนาระบบเพื่อให้เวลารอคอยของรถทุกประเภทต่ำที่สุดซึ่งจะส่งผลให้จำนวนรถที่ออกจากระบบเพิ่มมากขึ้น เป็นสิ่งที่น่าสนใจศึกษาทำให้ประสิทธิภาพของระบบงานเพิ่มขึ้น

และจากการสังเกตแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์พบว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการขึ้นสินค้า เฟสว่างบ่อยขึ้น แสดงให้เห็น

ถึงค่าอรรถประโยชน์มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเวลารอคอยของรถขนส่งลดลงและเวลาลำเลียงสินค้าเร็วขึ้น ทำให้เกิดช่วงเวลาที่ไม่มีรถเข้ามาในเฟสบ่อยขึ้น เฟสที่ว่างมากขึ้นแสดงให้เห็นว่าคลังสินค้ามีศักยภาพในการรองรับรถขนส่งที่มากขึ้นได้ หากสามารถบริหารจัดการให้อัตราการเข้ามาของรถขนส่งเพิ่มขึ้น จะช่วยให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถเพิ่มอรรถประโยชน์ของเฟสขนส่งสินค้าได้เต็มที่และเพิ่มโอกาสการสร้างกำไรให้กับบริษัทได้มากขึ้น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาพื้นที่การจัดเก็บสินค้า พบว่าปริมาณสินค้าประเภท FSN ที่อยู่ในแต่ละเฟสมีปริมาณไม่แน่นอน ทำให้สินค้าไม่ครบถ้วนตามใบสั่งซื้อ จึงต้องมีค่าเผื่อเวลาการลำเลียงสินค้าจากเฟสอื่น จึงเป็นเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้การขึ้นสินค้าเกิดความล่าช้า หากปรับสัดส่วนการจัดเก็บให้เหมาะสมและสามารถระบุตำแหน่งจัดวางได้ละเอียดมากขึ้น จะสามารถลดเวลาการลำเลียงสินค้าลงและทำให้รูปแบบการลำเลียงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การพัฒนากระบวนการลดเวลารอคอย การวิเคราะห์อรรถประโยชน์ และปรับสัดส่วนการจัดเก็บให้เหมาะสมต้องมีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจสำหรับการวิจัยต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท ทีเอ็มที สตีล จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ รวมถึงข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ทำให้การพัฒนางานวิจัยนี้เกิดประโยชน์สูงสุด

REFERENCES

- [1] Kasikorn Research Center. "Thai steel prices projected to fall by 6% YoY in 2024 due to intense competition from imported steel from China," *Current Issue*, no. 3475, Mar. 2024. [Online] Available: <https://www.kasikornresearch.com/EN/analysis/k-econ/business/Pages/Steel-CIS3475-23-03-2024.aspx>
- [2] J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson, and D. M. Nicol, *Discrete-Event System Simulation*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall. 2005.
- [3] R. Pisuchpen, *The Handbook of Simulation Modeling with ARENA*, revised ed. Bangkok, Thailand: SE-EDUCATION (in Thai), 2010.
- [4] J. Pichitlamken, *Fundamentals of Random Simulation for Real-World Applications*. Bangkok, Thailand: Kasetsart University Press (in Thai), 2015.
- [5] D. Devarajan and M. S. Jayamohan, "Stock control in a Chemical Firm: Combined FSN and XYZ Analysis," *Procedia Technol.*, vol. 24, pp. 562–567, 2016.
- [6] D. C. Montgomery and G. C. Runger, "Hypothesis testing for two populations," in *Engineering Statistics*, P. Sudasna-Na-Ayudhya and P. Luangpaiboon, Eds., 3rd ed. Bangkok, Thailand: Top Publishing (in Thai), 2011, ch. 8, sec. 2, pp. 251–266.
- [7] X. Zhu, R. Zhang, F. Chu, Z. He, and J. Li, "A FlexSIM-based optimization for the operation process of cold-chain logistics distribution centre," *J. Appl. Res. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 270–278, 2014.
- [8] M. A. Millstein, L. Yang, and H. Li, "Optimizing ABC inventory grouping decisions," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 148, pp. 71–80, 2014.
- [9] N. Panyapanich and S. Sirisoponsilp, "The application of a simulation model to analyze the efficiency of order picking process," (in Thai), *Chulalongkorn Bus. Rev.*, vol. 37, no. 144, pp. 24–50, 2015.
- [10] N. Wongsamajan, "Finish goods storage layout improvement to reduce the total inventory movement: a case of foundry and machining manufacturing," (in Thai), M.S. independent study, Dept. Ind. Eng., Thammasat Univ., Pathum Thani, Thailand, 2017.
- [11] C. Bunterngchit, "Simulation-based application in warehouse layout design for reducing material handling time," (in Thai), *Kasem Bundit Eng. J.*, vol. 8, no. 3, pp. 1–14, 2018.
- [12] T. Chanyeam and N. Akarapichet, "Reduction the delivery time spare parts for improvement the spare parts lay out: Case study of AY Company Limited," (in Thai), in *Proc. 6th Nat. Conf. Nakhonratchasima Coll.*, Nakhon Ratchasima, Thailand, Mar. 2019, pp. 232–250.
- [13] C. Anurattananon, P. Klomjit, T. Chuenyindee, and P. Songsuktawan, "Efficiency improvement of drinking warehouse case study of sample drinking company," (in Thai), *Thai Ind. Eng. Netw. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 49–58, 2019.
- [14] P. Petchan and A. Karoonsoontawong, "Development of simulation for queuing system at Saphan-Taksin BTS station by using PTV Viswalk," (in Thai), *Kasem Bundit Eng. J.*, vol. 10, no. 3, pp. 25–45, 2020.

- [15] C. Kraiwong and S. Setamanit, "Loading process improvement of wood substitute industry using value stream mapping and simulation," (in Thai), *Res. J. Rajamangala Univ. Technol. Thanyaburi*, vol. 19, no. 2, pp. 60–72, 2020.
- [16] O. Ganbold, K. Kundu, H. Li, and W. Zhang, "A Simulation-based optimization method for warehouse worker assignment," *Algorithms*, vol. 13, no. 12, 2020, Art. no. 326.
- [17] P. Jirapatsil, "Improvement of fresh food location and outbound process for e-commerce business warehouse," (in Thai), M.S. thesis, Dept. Ind. Eng., Chulalongkorn Univ., Bangkok, Thailand, 2021.
- [18] A. Chaimanee and S. Kaewcharoensithong, "The simulation to reduce rice in the process of paddy processing," (in Thai), *UBU Eng. J.*, vol. 14, no. 4, pp. 24–37, 2021.
- [19] P. Preedawat, W. Panprung, and W. Atthirawong, "Improving efficiency of warehouse management using a simulation technique: A case study of industrial gas distribution company," (in Thai), *J. Appl. Stat. Inf. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 26–47, 2022.
- [20] K. Phimkan, "The management of hardware warehouse maintenance system of Ordnance Company Anti-aircraft Artillery Division using ABC-FSN analysis," (in Thai), *CRMA J.*, vol. 20, pp. 62–74, 2022.
- [21] P. Likitkarn, "Improving the inventory storage process with ABC analysis for increase storage management efficiency: The case of XYZ Co., Ltd.," (in Thai), *J. Logist. Supply Chain Coll.*, vol. 9, no. 1, pp. 5–19, 2023.
- [22] C. Nigischer, F. Reiterer, S. Bougain, and M. Grafinger, "Finding the proper level of detail to achieve sufficient model fidelity using FlexSim: An industrial use case," *Procedia CIRP*, vol. 119, pp. 1240–1245, 2023.
- [23] K. Khotyota, W. Ngamsaard, and P. Nakseedee, "Reducing picking errors and picking time in warehouse: Case study of Eurosia Foods Trading & Agencies Co., Ltd.," (in Thai), *J. Sci. Technol., Southeast Bangkok Univ.*, vol. 3, no. 2, pp. 14–31, 2023.
- [24] S. Tuammee, S. Cheevapruk, P. Rontlaong, P. Junsanad, and T. Pikul, "Efficiency improvement of location assignment of products in a warehouse: An empirical study," (in Thai), in *Proc. 14th Hatyai Nat. and Int. Conf.*, Songkhla, Thailand, May 2023, pp. 643–658.
- [25] T. Sringean, P. Nakseedee, and W. Ngamsaard, "Increase inventory management performance: A case study of a government agenc AAA," (in Thai), *J. Sci. Technol., Southeast Bangkok Univ.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–28, 2023.
- [26] K. Chatsatayu, C. Budsupho, S. Doemsriphum, S. Sajjanan, S. Dumsrikong, and K. Piriyaipun, "The improvement of the system and storage location to reduce time for finding and picking products in packaging warehouses: A case study of ABC Co., Ltd.," (in Thai), *Sripatum Chonburi Interdiscip. J. (Online)*, vol. 9, no. 2, pp. 30–47, 2023.
- [27] D. P. Ardiansyah, F. A. O. Reynaldi, and D. L. Widaningrum, "Improving warehouse layout effectiveness and process picking efficiency with the discrete event system simulation approach," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 234, pp. 1753–1760, 2024.
- [28] P. Lumsakul, P. Saengkhiao, and P. Kaweejitbundit, "Improvement of inbound logistics process in coconut manufacturing using FlexSim simulation: A case study," *J. Eng. Digit. Technol. (JEDT)*, vol. 12, no. 1, pp. 12–22, 2024.
- [29] R. G. Sargent, D. M. Goldsman, and T. Yaacoub, "A tutorial on the operational validation of simulation models," in *Proc. 2016 Winter Simulation Conf. (WSC)*, Washington, DC, USA, Dec. 2016, pp. 163–177.