

การออกแบบและประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดลำดับแบบผสมผสานในสายการประกอบ ยานยนต์ด้วยเทคนิคการจำลองดิจิทัล

Design and Performance Evaluation of a Hybrid Sequencing System in an Automotive Assembly Line Using Digital Simulation Techniques

อนุศักดิ์ อุ่นแทน^{1*}

Anusak Ounthan^{1*}

¹ผู้จัดการโครงการ, บริษัท อินเตอร์รอยแอล เอ็นจิเนียริง จำกัด (มหาชน),

กรุงเทพมหานคร, 10700, ประเทศไทย

¹Project Manager, Interroyal Engineering Public Company Limited,

Bangkok, 10700, Thailand

*Corresponding Author E-mail: anusakounthan@gmail.com

รับบทความ (Received) : November 27, 2025 / ปรับแก้ไข (Revised) : December 22, 2025 / ตอรับบทความ (Accepted) : December 25, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเก็บสินค้าคงคลังสำรอง (Buffer) ที่มากเกินไปในสายการประกอบยานยนต์ โดยนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ เพื่อพยากรณ์ขนาดพื้นที่พักคอยที่เหมาะสม ควบคู่ไปกับการปรับปรุงจำนวนพนักงานและกลยุทธ์การจัดลำดับการผลิต งานวิจัยเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเทียบกับข้อมูลจริง จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตและเวลาการผลิต ผลการศึกษาพบว่า กลยุทธ์การจัดลำดับการผลิตแบบคละรูนในอัตราส่วน 2 รุนปกติ ต่อ 1 รุนใหม่ เป็นกลยุทธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยสามารถลดขนาดพื้นที่พักคอยลงได้ถึงร้อยละ 46.6 (จาก 15 เหลือ 8 ช่อง) โดยยังคงรักษายอดการผลิตที่ 48 คันต่อกะ ในกรณีไม่เพิ่มพนักงาน และสามารถเพิ่มยอดการผลิตเป็น 58 คันต่อกะ เมื่อมีการเพิ่มพนักงาน 1 คน นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้ หลักการปิดกั้นหลังสถานีแบบปรับปรุง (Modified Blocking After Station: MBAS) ยังช่วยเพิ่มความแม่นยำในการกำหนดความต้องการพื้นที่พักคอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงเป็นเครื่องมือวางแผนที่มีคุณค่าสำหรับการจัดการความซับซ้อนของการผลิต

คำสำคัญ : สายการประกอบ, การผลิต, การจำลองสถานการณ์, ขนาดสินค้าคงคลังสำรอง, กลยุทธ์การจัดลำดับ

Abstract

This research addresses the challenge of excessive buffer inventory within an automotive assembly line by integrating discrete-event simulation (DES) with workforce optimization and production sequencing strategies. The study initially involved the development and validation of a simulation model against empirical production data to analyze throughput and cycle time efficiency. Results demonstrate that a mixed-model

sequencing strategy, utilizing a 2:1 ratio (standard vs. new model), is optimal. This configuration achieved a 46.6% reduction in buffer capacity (decreasing from 15 to 8 slots) while maintaining a consistent throughput of 48 units per shift without increasing labor requirements. Further analysis indicates that throughput can be scaled to 58 units per shift with the strategic addition of a single operator. Additionally, the application of the Modified Blocking After Service (MBAS) protocol significantly refined the accuracy of buffer requirement calculations by accounting for downstream constraints. This study provides a robust decision-support framework for managing production complexity and minimizing work-in-process (WIP) inventory in high-variability manufacturing environments.

Keywords : Assembly line, Manufacturing, Simulation, Buffer size, Sequencing strategies

บทนำ

สายการประกอบยานยนต์ คือกระบวนการผลิตที่นำส่วนประกอบและชุดประกอบย่อยต่าง ๆ มาประกอบกันอย่างเป็นระบบเพื่อสร้างรถยนต์สำเร็จรูป กระบวนการนี้โดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับชุดของ สถานีงาน (Workstations) โดยแต่ละสถานีรับผิดชอบงานเฉพาะอย่าง และตัวยานพาหนะจะเคลื่อนที่ไปตามสายพานลำเลียงหรือระบบอัตโนมัติอื่น ๆ เพื่อดำเนินผ่านขั้นตอนการประกอบต่าง ๆ สายการประกอบถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการผลิตรถยนต์หลายรุ่นหรือหลายรูปแบบ ซึ่งเป็นเรื่องปกติในการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ เนื่องจากความยืดหยุ่นและความสามารถในการผลิตรุ่นที่หลากหลายบนสายการผลิตเดียวกันถือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการตอบสนองความต้องการของตลาดที่แตกต่างกัน

ในการผลิตยานยนต์ร่วมสมัย การบูรณาการรุ่นรถยนต์ใหม่เข้าสู่สายการผลิตที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการตอบสนองความต้องการของตลาดและการรักษาขีดความสามารถในการแข่งขัน อย่างไรก็ตาม ความท้าทายที่สำคัญเกิดขึ้นเมื่อมีการนำรุ่นใหม่ที่มีเวลาในการดำเนินการเพิ่มขึ้นเข้ามา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพนักงานประกอบไม่คุ้นเคยเพียงพอกับรายละเอียดที่ซับซ้อนของรุ่นใหม่ ความท้าทายนี้แสดงให้เห็นในความจำเป็นที่ต้องมีขนาด สิ้นค้าคงคลังสำรอง (Buffer) ที่ใหญ่ขึ้นภายในสายการผลิต เพื่อรองรับเวลาการดำเนินการที่ยืดเยื้อและบรรเทาความหยุดชะงักที่อาจเกิดขึ้น ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์แบบพลวัตระหว่างขนาดสินค้าคงคลังสำรอง ความคุ้นเคยของพนักงาน และความสำเร็จในการบูรณาการรุ่นรถยนต์ใหม่เข้าสู่กระบวนการผลิต เมื่อพนักงานเผชิญกับงานที่ไม่คุ้นเคย เวลาในการดำเนินการสำหรับการประกอบรุ่นใหม่มักจะเกินกว่ารุ่นที่จัดตั้งไว้แล้ว ซึ่งส่งผลให้จำเป็นต้องมีการปรับขนาดสินค้าคงคลังสำรองเพื่อป้องกัน ภาวะคอขวด (Bottlenecks) ความล่าช้าในการผลิต และการหยุดชะงักที่อาจเกิดขึ้นต่อการไหลของการผลิตโดยรวม

กรณีศึกษานี้มุ่งเน้นที่โรงงานประกอบยานยนต์ที่เชี่ยวชาญในการผลิตรถยนต์สี่รุ่น โดยมีเป้าหมายด้านประสิทธิภาพอยู่ที่ 68 คันต่อกะ ในการดำเนินงานประจำวัน โดยทั่วไปมีการผลิตรุ่นมาตรฐานสองรุ่นเป็นคู่ (ตามที่แสดงในรูปที่ 1(ก)) ในอัตราที่คงที่ที่ 6.5 นาทีต่อคัน (ดังรูปที่ 2 (ก)) อย่างไรก็ตาม การนำรุ่นใหม่เข้ามาในรูปแบบคู่ (ตามที่แสดงในรูปที่ 1(ข)) ได้ขัดขวางอัตราการผลิตทำให้เกิดกระบวนการทำงานที่ไม่เสถียร (ดังรูปที่ 2 (ข))

สาเหตุหลักของการหยุดชะงักนี้อยู่ที่กระบวนการประกอบ ณ สถานี A1 ซึ่งรับผิดชอบการประกอบฝากระโปรงหน้าและฝากระโปรงท้าย และสถานี A2 ซึ่งจัดการการประกอบประตูและ การขันแน่นซ้ำ (Retorque) ทั้งสองสถานีจำเป็นต้องใช้เวลาเพิ่มเติมเนื่องจากความไม่คุ้นเคยกับงานใหม่ที่เกี่ยวข้องกับรุ่นที่นำเข้ามา ส่งผลให้ปริมาณงานที่ผลิตได้โดยรวมของสายการประกอบลดลงเหลือ 48 คันต่อกะ ซึ่งจำเป็นต้องมีการรวมสินค้าคงคลังสำรองระหว่างสายหลักกับสถานี A1

ตามข้อมูลที่ได้รับจากบริษัทกรณีศึกษา ขนาดสินค้าคงคลังสำรองถูกกำหนดไว้ที่ 10 คัน อย่างไรก็ตาม การจำลองสถานการณ์เบื้องต้น (ตามรายละเอียดในตารางที่ 1) เปิดเผยว่าพื้นที่สินค้าคงคลังสำรองถูกใช้งานเต็ม 10 คันอย่างสม่ำเสมอ คิดเป็นร้อยละ 56 ของเวลา (เทียบเท่ากับ 7 ชั่วโมง 36 นาที) ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีความจำเป็นต้องใช้พื้นที่เพิ่มเติมอีก 3 ช่อง ซึ่งนำไปสู่การขยายเวลาออกไป 72.96 นาที ซึ่งเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตต่อไป

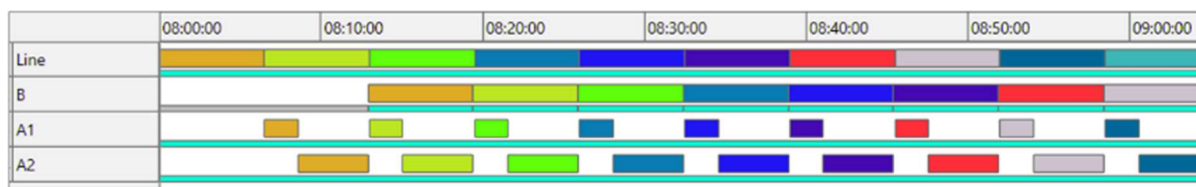
การศึกษานี้ได้อธิบายระเบียบวิธีที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองที่สะท้อนคุณลักษณะของสายการประกอบยานยนต์ คุณลักษณะเหล่านี้ครอบคลุมถึง การควบคุมการไหลแบบดั้งเดิม (Classic Flow Line Control) การกำหนด อุปทานแบบมีให้ตลอดเวลา (Saturated Supply) และ การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการทำงาน (Processing Time Distribution) โดยไม่รวมประเภทการปิดกั้นจากอุปสงค์ แต่รวมเอาแนวคิดของ สายการผลิตที่เชื่อถือได้ (Reliable Line) เข้าไปด้วย โดยกำหนดให้อุปสงค์เป็นแบบ ไม่อิ่มตัว (Unsaturated) เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกลยุทธ์การจัดลำดับที่หลากหลาย

เพื่อเพิ่มความสมจริงของแบบจำลอง ประเภทการปิดกั้นซึ่งเดิมคือ หลักการปิดกั้นหลังให้บริการ (Blocking After Service: BAS) ถูกปรับเปลี่ยนผ่านการเพิ่ม พื้นที่พักคอยจำลอง (Dummy Buffer) ซึ่งเรียกว่า สินค้าคงคลังสำรองแบบผันแปร (Variable Buffer) สินค้าคงคลังสำรองแบบผันแปรนี้มีบทบาทสำคัญในการกำหนดความต้องการพื้นที่พักคอย นอกจากนี้ยังมีการนำแนวคิดของสายการผลิตที่เชื่อถือได้เข้ามาใช้ โดยมีการรวมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์การจัดลำดับและขนาดพนักงาน

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้คือการนำเสนอข้อมูลเชิงลึกที่มีคุณค่าเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างกลยุทธ์การจัดลำดับและขนาดพนักงานและผลกระทบต่อขนาดสินค้าคงคลังสำรอง ปริมาณผลผลิต และอัตราการผลิต สิ่งนี้สำเร็จได้ผ่านแนวทางจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดปริมาณผลผลิตให้คงที่ ขณะที่อนุญาตให้อัตราการผลิตเป็นพลวัต และการกำหนดอัตราการผลิตให้คงที่ ขณะที่นำเสนอความแปรปรวนในปริมาณผลผลิต



รูปที่ 1 สายการประกอบยานยนต์ (ก) กรณีไม่มีรุ่นใหม่ (ข) กรณีมีรุ่นใหม่



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 อัตราการผลิต (ก) ที่เสถียร (ข) ไม่เสถียร

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสายการประกอบโดยมีและไม่มีรุ่นใหม่

กรณี	ปริมาณงานที่ผลิตได้ (คัน)	การใช้สถานีงาน เปอร์เซ็นต์ (%)				สินค้าคงคลังสำรอง		สินค้าคงคลังสำรอง ที่ต้องการ (ช่อง)
		Main	A1	A2	B	ที่ใช้ (ช่อง)	Avg (%)	
ไม่มีรุ่นใหม่	68	100	100	100	98	0	0	0
มีรุ่นใหม่	48	100	100	100	68	10	56	3

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของกลยุทธ์การจัดลำดับการผลิต
- 1.2 เพื่อพัฒนารอบแนวทางในการพยากรณ์และกำหนดความต้องการสินค้าคงคลังสำรอง

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมการไหลแบบดั้งเดิม (Classic Flow Line Control: FC) หมายถึงการจัดการและการประสานงานกิจกรรมต่าง ๆ ในสายการผลิตแบบไหลหรือสายการประกอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการไหลเวียนของวัสดุและชิ้นงานอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพตลอดขั้นตอนการผลิต [1-5]

CONWIP (Constant Work-In-Process) ย่อมาจากงานระหว่างทำคงที่ เป็นระบบควบคุมการผลิตที่ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อจัดการและควบคุมการไหลของงานระหว่างทำ (WIP) ในสายการผลิตเป็นระบบแบบดึง (pull-based system) ที่มุ่งเป้าไปที่การรักษาระดับงานระหว่างทำให้คงที่ตลอดสายการผลิต [6-9]

อุปทานอิ่มตัว (Saturated Supply) หมายถึงสถานการณ์ที่มีวัตถุดิบหรือทรัพยากรป้อนเข้าจำนวนมากและโดยพื้นฐานแล้วไม่จำกัด ณ จุดก่อนหน้าสถานีแรกหรือจุดเริ่มต้นของสายการผลิต [2,3] สำหรับบางกรณี สถานีแรกอาจเกิดภาวะวัตถุดิบขาดแคลน (starve) เนื่องจากขาดแคลนวัตถุดิบ [10,11] หรือเนื่องจากนโยบายการสั่งซื้อที่จัดการการมาถึงของชิ้นงาน [1]

อุปสงค์อิ่มตัว (Saturated Demand) หมายถึงสถานการณ์ที่ความต้องการผลิตภัณฑ์หรือบริการสูงอย่างต่อเนื่องและถึงหรือเกินขีดความสามารถในการผลิตของระบบ [2,3] สำหรับบางกรณี สถานการณ์อุปสงค์ไม่อิ่มตัว (unsaturated demand) เทียบเท่ากับกรณีของสินค้าคงคลังสำรองที่มีความจุแบบเอ็กซีโปเนนเชียลหรือลือกอนอร์มอลอยู่ด้านหลังสถานีสุดท้าย [12,13]

Blocking After Service (BAS) เกิดขึ้นเมื่อสินค้าคงคลังสำรองเต็มและสถานีต้นน้ำยังคงดำเนินการกับชิ้นงานเพิ่มเติมต่อไป อย่างไรก็ตามชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้วไม่สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ เนื่องจากไม่มีพื้นที่ว่างในสินค้าคงคลังสำรองปลายน้ำ [1,2]

Blocking Before Service (BBS) หมายถึงการดำเนินการกับชิ้นงานจะสามารถเริ่มได้ก็ต่อเมื่อมีพื้นที่ว่างในสินค้าคงคลังสำรองปลายน้ำเท่านั้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือสถานีต้นน้ำจะตรวจสอบความพร้อมของสินค้าคงคลังสำรองก่อนที่จะเริ่มดำเนินการกับชิ้นงานใหม่ [3,14]

สายการผลิตที่เชื่อถือได้ (Reliable Line) หมายถึงสายการผลิตที่มีลักษณะเด่นคือประสิทธิภาพที่สม่ำเสมอ เวลาการทำงานของอุปกรณ์สูง ปริมาณงานที่ผลิตได้ที่คาดการณ์ได้ การใช้ทรัพยากรที่เหมาะสมและการวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ [3,14,2,1]

สายการผลิตที่ไม่น่าเชื่อถือ (Unreliable Line) หมายถึงสายการผลิตที่มีลักษณะเด่นคือประสิทธิภาพที่ไม่สม่ำเสมอ มีการหยุดทำงานบ่อยครั้ง ปริมาณงานที่ผลิตได้ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ความท้าทายในการใช้ทรัพยากร ปัญหาความแปรปรวนและความยากลำบากในการวางแผนการผลิต [5,15,10]

การกระจายเวลาในการดำเนินการ (Processing Time Distribution) หมายถึงรูปแบบทางสถิติหรือแบบจำลองที่อธิบายว่าเวลาในการดำเนินการของงาน/งานย่อย/การดำเนินการมีการกระจายตัวอย่างไรภายในระบบหรือกระบวนการ [1-5,14]

การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) เป็นระเบียบวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงปริมาณงานที่ผลิตได้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองของระบบและจำลองการดำเนินงานเพื่อระบุข้อขัดและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร [16-18] ปริมาณงานที่ผลิตได้หมายถึงอัตราที่ระบบสามารถประมวลผลหรือผลิตผลลัพธ์ได้ ด้วยการจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง นักวิจัยสามารถศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความน่าเชื่อถือของระบบสินค้าคงคลังสำรอง เวลาว่างรอบ และเวลาการผลิตต่อปริมาณงานที่ผลิตได้

นอกจากนี้การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องยังสามารถใช้เพื่อลดเวลาการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เมื่อพัฒนาเทคโนโลยีของระบบการผลิตใหม่ การใช้การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องพร้อมกับระเบียบวิธีที่ปรับปรุงแล้วสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับที่มีคุณค่าและช่วยในการประเมินการลงทุนในเทคโนโลยีใหม่ [19] ยิ่งไปกว่านั้นในระบบโลจิสติกส์ เช่น คลังสินค้า การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องได้ถูกใช้เพื่อสร้างแบบจำลองและประเมินการดำเนินการหยิบสินค้า ซึ่งส่งผลให้เวลาการดำเนินงานและระยะทางการเดินของผู้หยิบสินค้าลดลง [20]

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้างแบบจำลองระบบการผลิต

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ครอบคลุมคุณลักษณะสำคัญของการควบคุมสายการผลิตแบบไหลตามลำดับ (Classic Flow Line Control) โครงสร้างของระบบประกอบด้วย สายการผลิตหลัก (Main-line) พื้นที่พักคอยจำนวน 10 ช่อง สถานีงาน A1 พื้นที่พักคอยย่อยจำนวน 1 ช่อง และสถานีงาน A2 ตามลำดับ โดยมีแหล่งกำเนิดชิ้นงาน (Source) ทำหน้าที่ป้อนงานเข้าสู่สายการผลิตหลักในรูปแบบอุปทานแบบมีให้ตลอดเวลา (Saturated Supply) โดยมีการสลับระหว่างรถยนต์รุ่นปกติและรุ่นใหม่ในอัตราส่วน 1:1 นอกจากนี้ ความน่าเชื่อถือของสายการผลิตในแบบจำลองถูกกำหนดให้ไม่มีความล้มเหลวของเครื่องจักร (Zero Failure) เพื่อมุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลกระทบจากกระบวนการประกอบเพียงอย่างเดียว

ข้อสมมติฐานของแบบจำลองถูกกำหนดไว้ 2 ประการ ได้แก่ 1) การกำหนดจุดสิ้นสุดกระบวนการ (Drain) ให้เป็นแบบอุปสงค์ไม่อิ่มตัว (Unsaturated Demand) หรือสามารถรับของได้ตลอดเวลา โดยมีเกณฑ์การยุติแบบจำลองเมื่อผลิตรถยนต์รุ่นปกติครบ 24 คัน และรถยนต์รุ่นใหม่ 24 คัน และ 2) การกำหนดเงื่อนไขด้านเวลา โดยจะยุติการจำลองเมื่อเวลาการผลิตครบ 7 ชั่วโมง 36 นาที ซึ่งสอดคล้องกับเวลาทำงานจริงในหนึ่งกะ

2. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation)

เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือและสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation) ก่อนนำไปใช้ทดสอบสมมติฐาน โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองในสถานการณ์ปัจจุบัน (Baseline) กับข้อมูลจริงที่เก็บรวบรวมจากโรงงาน

3. การวิเคราะห์ข้อมูลเวลาการทำงาน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเวลาในการดำเนินการ (Processing Time) สำหรับรถยนต์รุ่นใหม่และนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น (Fitting Distribution) โดยใช้วิธีปัญหากำลังสองน้อยที่สุด (Method of Least Square Error) เพื่อหาตัวแทนข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด ตารางที่ 2 แสดงค่าคงที่ของเวลาในการดำเนินการสำหรับรถยนต์รุ่นปกติในสถานีงาน A1 และ A2 โดยมีการกำหนดค่าที่แตกต่างกันสำหรับกรณีใช้พนักงาน 2 คนและ 3 คน สำหรับเวลาในการดำเนินการของรถยนต์รุ่นใหม่จะถูกกำหนดผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ที่ระบุไว้อย่างชัดเจนภายในแบบจำลอง

4. การกำหนดพื้นที่พักคอยและหลักการ MBAS

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ หลักการปิดกั้นหลังสถานีแบบปรับปรุง (Modified Blocking After Station: MBAS) ซึ่งจำแนกประเภทของพื้นที่พักคอย (Buffer) ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พื้นที่พักคอยแบบคงที่ (Fixed Buffer) และพื้นที่พักคอยแบบผันแปร (Variable Buffer) พื้นที่พักคอยแบบคงที่หมายถึงขนาดพื้นที่พักคอยจริงที่มีอยู่ในสายการผลิต ในขณะที่พื้นที่พักคอยแบบผันแปรเป็นตัวบ่งชี้ถึงความต้องการพื้นที่พักคอยที่จำเป็น (Required Buffer) การจำแนกเช่นนี้มีความจำเป็นเนื่องจากลักษณะทางกายภาพของสายการผลิตหลักที่ควบคุมด้วยระบบสายพานลำเลียงและหุ่นยนต์ที่มีข้อจำกัดด้านเวลาที่แน่นอน ทำให้ไม่สามารถหยุดการทำงานโดยสมบูรณ์ได้ในทันที

5. การกำหนดสถานการณ์จำลอง

การทดลองด้วยแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ได้กำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบร่วมกันระหว่างกลยุทธ์การจัดลำดับการผลิตและขนาดของกำลังคน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3 โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนด "กลยุทธ์การจัดลำดับแบบคละรุ่น" โดยอ้างอิงอัตราส่วนการผลิตที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) รุ่นปกติ 1 คันต่อรุ่นใหม่ 1 คัน (1:1), 2) รุ่นปกติ 2 คันต่อรุ่นใหม่ 1 คัน (2:1) และ 3) รุ่นปกติ 1 คันต่อรุ่นใหม่ 2 คัน (1:2) นอกจากนี้ ยังได้กำหนดตัวแปรด้านจำนวนพนักงานเพื่อแก้ปัญหาคอขวดตามวิธีดั้งเดิม โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้พนักงาน 2 คน และ 3 คน เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 2 เวลาในการดำเนินการของแต่ละสถานีงานและจำนวนพนักงานที่แตกต่างกัน

รุ่น	สถานีงาน			
	A1		A2	
	พนักงาน 2 คน	พนักงาน 3 คน	พนักงาน 2 คน	พนักงาน 3 คน
ปกติ	150	90	270	225
ใหม่	596 + EXPO(63.4)	332 + WEIB(56.1, 0.713)	535 + EXPO(54.5)	289 + EXPO(55.6)

ตารางที่ 3 การกำหนดสถานการณ์จำลองที่แตกต่างกันสำหรับการทดลอง

กลยุทธ์	สถานการณ์จำลอง											
	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
รุ่นปกติ	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
รุ่นใหม่	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
พนักงานสถานี A1	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3
พนักงานสถานี A2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3

6. แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล

กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ผลการศึกษาประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์เวลาการผลิต (Production Time Analysis) และ การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต (Throughput Analysis) โดยทั้งสองแนวทางมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์อัตราการใช้งานและความต้องการพื้นที่พักคอย (Buffer) ที่เหมาะสม การวิเคราะห์เวลาการผลิตมุ่งเน้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพื้นที่พักคอยกับเวลาที่ใช้ในการผลิตรวม ในขณะที่การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตจะมุ่งเน้นอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพื้นที่พักคอยกับยอดการผลิตที่ได้ การบูรณาการแนวทางทั้งสองเข้าด้วยกันช่วยให้ผู้วิจัยสามารถทำความเข้าใจพลวัตภายในแบบจำลองการประกอบได้อย่างครอบคลุมและแม่นยำ

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์เวลาการผลิต (Production Time Analysis)

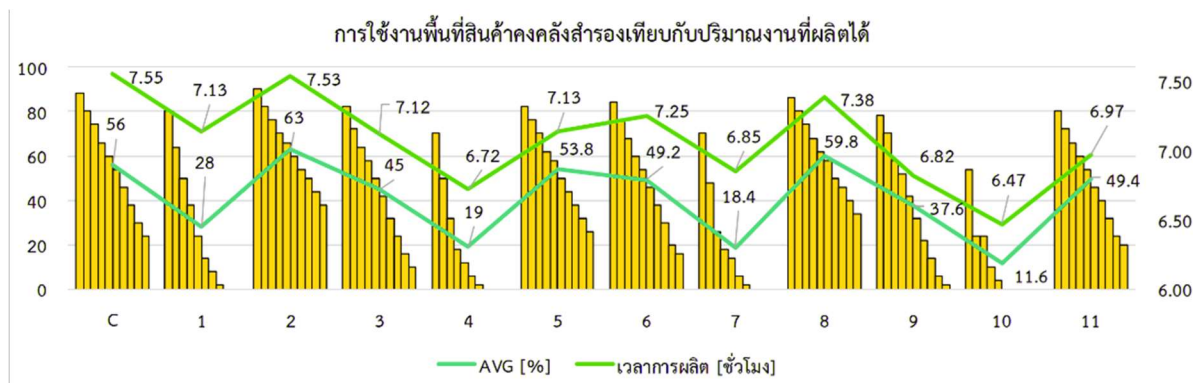
จากการทดลองจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบกลยุทธ์การจัดลำดับการผลิตและขนาดจำนวนพนักงานที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ใน รูปที่ 3 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างการใช้พื้นที่พักคอย (Buffer Usage) กับเวลาในการผลิต (Production Time) โดยพบว่าสถานการณ์ที่มีอัตราการใช้พื้นที่พักคอยต่ำ จะใช้เวลาในการผลิตรวมที่สั้นกว่าด้วย

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกลยุทธ์ (ดังแสดงใน รูปที่ 4) พบว่า "กลยุทธ์การจัดลำดับแบบ 2 รุ่นปกติ ต่อ 1 รุ่นใหม่ (2:1)" เป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีรายละเอียดการเปรียบเทียบดังนี้:

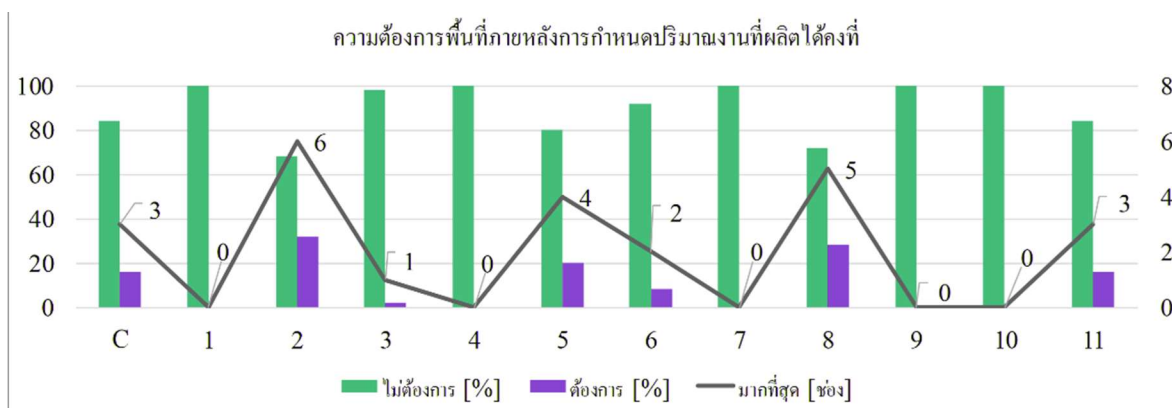
การเปรียบเทียบระหว่างกลยุทธ์: ในสถานการณ์จำลองที่ 1 (ใช้อัตราส่วน 2:1) มีประสิทธิภาพเหนือกว่าสถานการณ์จำลองที่ 2 (ใช้อัตราส่วน 1:2) อย่างชัดเจน โดยสถานการณ์ที่ 1 สามารถลดเวลาการผลิตและลดการใช้พื้นที่พักคอยได้ดีกว่า

การเปรียบเทียบด้านกำลังคน: แม้ว่าการเพิ่มจำนวนพนักงานในสถานการณ์จำลองที่ 3, 6 และ 9 จะช่วยลดการใช้พื้นที่พักคอยลงได้เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น (Baseline) แต่ผลลัพธ์ที่ได้ก็ ยังไม่ดีเท่ากับ ผลลัพธ์ในสถานการณ์จำลองที่ 1 ที่ใช้เพียงการปรับกลยุทธ์การจัดลำดับโดยไม่ต้องเพิ่มคน

จุดที่น่าสนใจที่สุดปรากฏใน รูปที่ 4 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การใช้อัตราส่วน 2 รุ่นปกติ ต่อ 1 รุ่นใหม่ (ดังปรากฏในสถานการณ์จำลองที่ 1, 4, 7 และ 10) ส่งผลให้ ความต้องการพื้นที่พักคอยลดลงจนเหลือศูนย์ (Zero Buffer Requirement) ผลลัพธ์นี้ยืนยันว่าการปรับปรุง "กลยุทธ์การจัดลำดับ" มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาคอขวดมากกว่าการมุ่งเน้นเพียง "การเพิ่มจำนวนพนักงาน" เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้งานพื้นที่สินค้าคงคลังสำรองกับเวลาการผลิต



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพื้นที่กับเวลาการผลิต

2. การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต (Throughput Analysis)

จากการกำหนดเวลาการผลิตให้คงที่เพื่อวิเคราะห์ความแปรผันของปริมาณผลผลิต พบว่าการเลือกใช้ กลยุทธ์การจัดลำดับแบบ 2 รุ่นปกติ ต่อ 1 รุ่นใหม่ มีประสิทธิภาพสูงอย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถเพิ่มยอดการผลิตได้ 4 คันต่อกะ (จากเดิม 48 เป็น 52 คัน) ดังแสดงในรูปที่ 8(ก) และเมื่อนำกลยุทธ์นี้มาใช้ร่วมกับการเพิ่มจำนวนพนักงาน (ดังปรากฏในสถานการณ์จำลองที่ 4, 7 และ 10) จะสามารถเพิ่มยอดการผลิตได้สูงสุดถึง 10 คันต่อกะ (เป็น 58 คัน)

ผลการวิเคราะห์ยังชี้ให้เห็นประเด็นสำคัญว่า การเพิ่มจำนวนพนักงานเพียงอย่างเดียว ที่สถานี A1, A2 หรือทั้งสองสถานี โดยไม่ปรับกลยุทธ์การจัดลำดับ ไม่ส่งผล ให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น สถานการณ์จำลองที่ 4, 7 และ 10 จึงมีความโดดเด่นที่สุด เนื่องจากมีอัตราการใช้พื้นที่พักคอยต่ำที่สุด (รูปที่ 8(ข)) มีประสิทธิภาพการใช้สถานีงานสูงสุด (รูปที่ 8(ค)) และที่สำคัญคือ ไม่มีความต้องการพื้นที่พักคอย (Zero Buffer Requirement) ดังแสดงในรูปที่ 8(ง)

3. การวิเคราะห์แผนการผลิต (Production Plans)

ผู้วิจัยได้นำผลจากการจำลองสถานการณ์มาสังเคราะห์เป็นแผนการผลิตทางเลือก และวิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่า ดังสรุปในตารางที่ 4 โดยจำแนกเป็น 5 แผนการดำเนินงานที่น่าสนใจดังนี้

แผนที่ 1 (อ้างอิงสถานการณ์จำลองที่ 1): เป็นแผนที่เน้นความประหยัดสูงสุด โดยใช้กลยุทธ์การจัดลำดับแบบ 2:1 และ ไม่มีการเพิ่มพนักงาน ผลลัพธ์ที่ได้คือยอดผลิต 52 คันต่อกะ โดยมีความต้องการใช้พื้นที่พักคอยเพิ่มเติมเพียง 5 ช่อง ในระยะเวลาสั้นๆ เพียง 0.47 ชั่วโมง (28 นาที) ส่วนเวลาที่เหลืออีก 7.13 ชั่วโมง ไม่มีความต้องการใช้พื้นที่พักคอย จุดเด่นของแผนที่คือ ไม่มีต้นทุนค่าแรงงานเพิ่ม

แผนที่ 2 และ 3 (อ้างอิงสถานการณ์จำลองที่ 4 และ 7): ทั้งสองแผนใช้กลยุทธ์ 2:1 ร่วมกับการเพิ่มพนักงาน 1 คน (ที่สถานี A1 หรือ A2 อย่างใดอย่างหนึ่ง) ผลลัพธ์ที่ได้คือยอดผลิตสูงสุดที่ 58 คันต่อกะ โดยตลอดเวลาการทำงาน 7.6 ชั่วโมง ไม่มีความต้องการใช้พื้นที่พักคอยเลย แผนที่ 2 มีต้นทุนเพิ่มขึ้นเพียงค่าแรงของพนักงาน 1 คนแลกกับยอดผลิตที่เพิ่มขึ้นสูงสุด

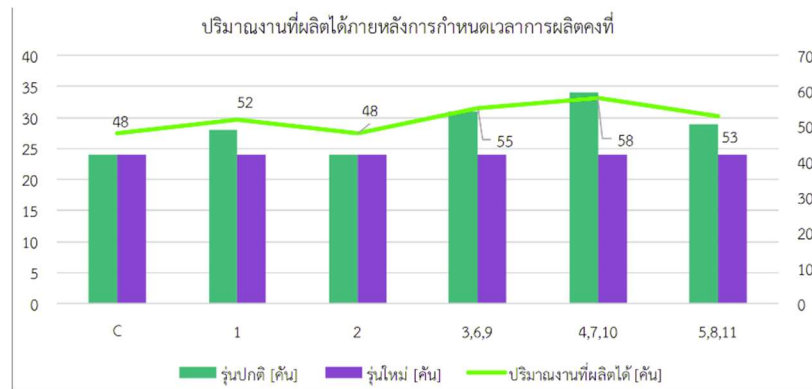
แผนที่ 4 (อ้างอิงสถานการณ์จำลองที่ 9): ใช้กลยุทธ์ 1:1 และเพิ่มพนักงาน 2 คน ได้ผลผลิต 55 คันต่อกะ ซึ่งถือว่าไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับแผนที่อื่น เนื่องจากใช้คนมากแต่ได้ผลผลิตน้อยกว่า และยังต้องมีการใช้พื้นที่พักคอยเพิ่มเติมอีก 0.78 ชั่วโมง

แผนที่ 5 (อ้างอิงสถานการณ์จำลองที่ 10): ใช้กลยุทธ์ 2:1 และเพิ่มพนักงาน 2 คน แม้จะได้ผลผลิตสูงสุดที่ 58 คันต่อกะ และไม่มีความต้องการพื้นที่พักคอย แต่ถือว่า มีความสูญเสียเปล่า เมื่อเทียบกับแผนที่ 2 และ 3 เพราะใช้พนักงานมากกว่า 1 คนแต่ได้ผลลัพธ์เท่ากัน

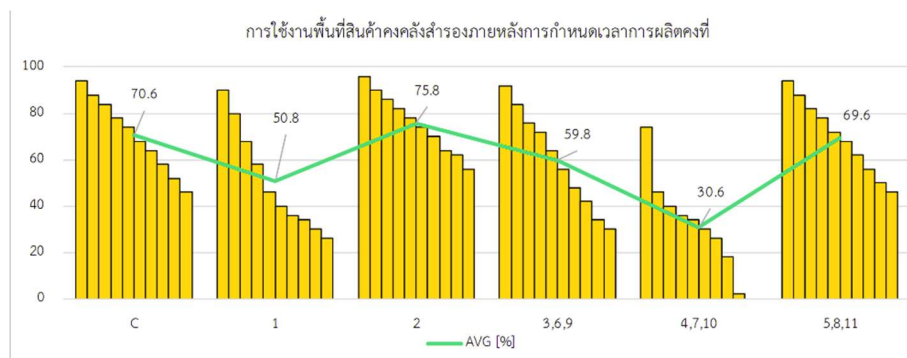
ตารางที่ 4 สรุปผลลัพธ์ของสถานการณ์จำลองต่าง ๆ

สถานการณ์จำลอง	กลยุทธ์		จำนวนพนักงาน		กำหนดปริมาณงานที่ผลิตได้คงที่ที่ 48 คัน				กำหนดเวลาการผลิตคงที่ที่ 7.6 ชั่วโมง			
					สินค้าคงคลังสำรอง			เวลาการผลิต (ชั่วโมง)	สินค้าคงคลังสำรอง			ปริมาณงานที่ได้ (คัน)
					จริง		ที่ต้องการ (ช่อง)		จริง		ที่ต้องการ (ช่อง)	
	รุ่นปกติ	รุ่นใหม่	A1	A2	การใช้งาน (ช่อง)	Avg (%)		การใช้งาน (ช่อง)	Avg (%)	การใช้งาน (ช่อง)		Avg (%)
	C	1	1	2	2	10	56.0	3	7.55	10	70.6	9
1	2	1	2	2	8	28.0	0	7.13	10	50.8	5	52

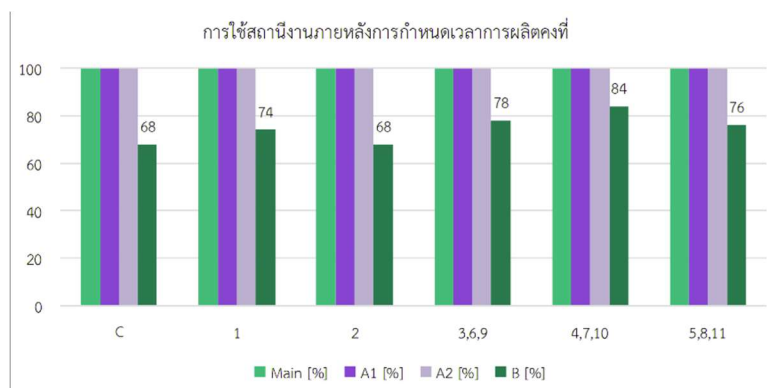
4	2	1	3	2	7	19.0	0	6.72	9	30.6	0	58
7	2	1	2	3	7	18.4	0	6.85	9	30.6	0	58
9	1	1	3	3	10	37.6	0	6.82	10	59.8	2	55
10	2	1	3	3	5	11.6	0	6.47	9	30.6	0	58



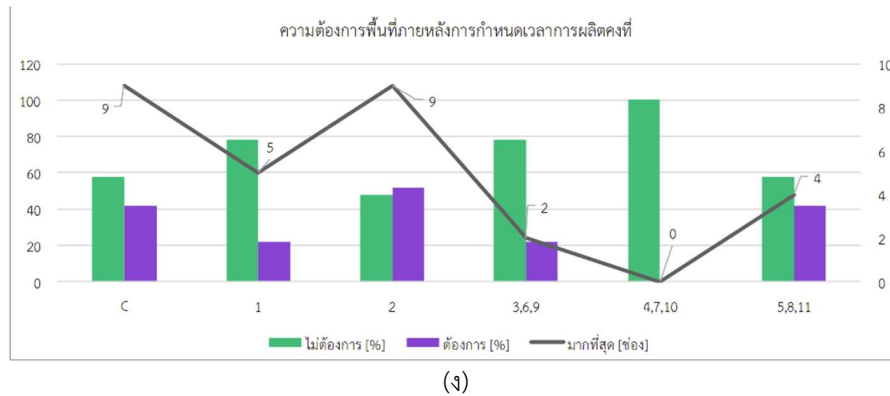
(ก)



(ข)



(ค)



รูปที่ 5 การวิเคราะห์ภายใต้การกำหนดเวลาการผลิตที่ (ก) ปริมาณงานที่ผลิตได้ (ข) การใช้งานพื้นที่สินค้าคงคลังสำรอง (ค) การใช้สถานีงาน (ง) ความต้องการพื้นที่

อภิปรายผล

1. ประสิทธิภาพของกลยุทธ์การจัดลำดับการผลิตแบบคละรุ่น (Mixed-Model Sequencing Efficiency) จากผลการวิจัยที่พบว่า กลยุทธ์การจัดลำดับแบบ 2 รุ่นปกติ ต่อ 1 รุ่นใหม่ (2:1) เป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถอธิบายได้ว่า ความสำเร็จนี้เกิดจากกลไก การเกลี่ยภาระงาน (Load Balancing) ที่เหมาะสมภายในสายการผลิต เนื่องจากการประกอบรถยนต์ "รุ่นใหม่" ต้องใช้เวลาในการดำเนินการ (Processing Time) ที่ยาวนานกว่าปกติ จนทำให้เกิดการสะสมงานและภาวะคอขวดสะสม (Cumulative Bottleneck) การจัดลำดับโดยแทรก "รุ่นปกติ" จำนวน 2 คัน ซึ่งใช้เวลาประกอบน้อยกว่า เข้าไประหว่างกลาง เปรียบเสมือนการสร้าง ช่วงเวลาพักฟื้น (Recovery Time) ให้กับสถานีงาน ช่วยให้พนักงานสามารถเคลียร์งานที่ค้างคั่งจากรุ่นใหม่ได้ทันเวลา ก่อนที่จะเริ่มประกอบรุ่นใหม่อีกคันถัดไป กลยุทธ์นี้จึงช่วยลดการพึ่งพาสินค้าคงคลังสำรอง (Buffer) ลงได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลยุทธ์แบบ 1:1 หรือ 1:2 ที่ภาระงานหนักเกินไปจนระบบระบายไม่ทัน

2. ความคุ้มค่าระหว่างการเพิ่มพนักงานกับการปรับปรุงกระบวนการ (Cost-Benefit Analysis: Workforce vs. Process Optimization) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นประเด็นที่น่าสนใจด้านการบริหารจัดการต้นทุน โดยพบว่าการแก้ปัญหาด้วยการเพิ่มจำนวนพนักงาน (Manpower Addition) ตามแนวทางดั้งเดิม แม้จะช่วยเพิ่มยอดการผลิตได้ แต่ก็แลกมาด้วยต้นทุนค่าแรงที่สูงขึ้นและยังคงมีความสูญเสียเปล่าในกระบวนการ ในทางตรงกันข้าม การปรับปรุงที่ "กลยุทธ์การจัดลำดับ" (Sequence Optimization) สามารถลดความต้องการพื้นที่พักคอยลงจนเหลือศูนย์และรักษาระดับผลผลิตได้โดย ไม่ต้องเพิ่มต้นทุนด้านแรงงาน ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่า การจัดการปัญหาคอขวดที่มีสาเหตุจากความแปรปรวนของเวลาการทำงาน (Work Time Variation) ควรเริ่มต้นจากการจัดตารางการผลิตที่สอดคล้องกับขีดความสามารถของพนักงาน ก่อนที่จะพิจารณาลงทุนเพิ่มกำลังคน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ที่มุ่งเน้นการขจัดความสูญเปล่าก่อนการเพิ่มทรัพยากร

3. บทบาทของหลักการ MBAS ต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ การนำ หลักการปิดกั้นหลังสถานีแบบปรับปรุง (Modified Blocking After Station: MBAS) มาใช้ร่วมกับแนวคิด สินค้าคงคลังสำรองแบบผันแปร (Variable Buffer) เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้สามารถระบุขนาดพื้นที่พักคอยที่เหมาะสมที่สุดได้แม่นยำกว่าแบบจำลองทั่วไป แบบจำลองดั้งเดิม (Traditional BAS) มักกำหนดขนาดบัฟเฟอร์แบบตายตัว (Fixed Capacity) ซึ่งอาจนำไปสู่การจัดเตรียมพื้นที่เกินความจำเป็น (Over-design) แต่ MBAS ช่วยให้เห็นพฤติกรรมจริงของระบบว่าในแต่ละช่วงเวลาต้องการพื้นที่เท่าใด ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้อย่างมั่นใจว่า การลดขนาดพื้นที่พักคอยจาก 15 ช่อง เหลือ 8 ช่อง (ลดลงร้อยละ 46.6) เป็นสิ่งที่ทำได้จริงและปลอดภัยต่อสายการผลิต การค้นพบนี้ช่วยยืนยันว่า MBAS เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการวิเคราะห์และปรับปรุงสายการประกอบที่มีความซับซ้อนสูง

4. เวลาในการดำเนินการ (Operation Time) เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถของระบบการผลิต การแจกแจงของเวลานี้สะท้อนความไม่แน่นอนจากทั้งเครื่องจักร พนักงาน และสภาพแวดล้อมในการผลิต โดยทั่วไปการแจกแจงเวลาการดำเนินการมักอ้างอิงตามงานวิจัยก่อนหน้า [1–5,14] ซึ่งเสนอรูปแบบการแจกแจง เช่น Normal, Exponential, Gamma หรือ Weibull Distribution ขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการผลิต ในงานวิจัยนี้การแจกแจงเวลาการดำเนินการถูกใช้เพื่อจำลองสถานการณ์ของ การประกอบผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ (New Product Assembly) ซึ่งมักมีความไม่แน่นอนสูงจากการขาดประสิทธิภาพของพนักงานหรือการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ การใช้การแจกแจงเวลาที่เหมาะสมช่วยให้แบบจำลองสะท้อนสภาพการผลิตจริงได้ดียิ่งขึ้น ทำให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของเวลาเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้อย่างถูกต้อง

5. การวิเคราะห์ปริมาณงานที่ผลิตได้ (Throughput Analysis) ถือเป็นตัวชี้วัดหลักในการประเมินประสิทธิภาพของสายการผลิต โดยเฉพาะในระบบที่มีสินค้าคงคลังสำรอง (Buffer Inventory System) ซึ่งมีการศึกษามาอย่างต่อเนื่องในงานวิจัยหลายฉบับ [16–18] การวิเคราะห์นี้ช่วยให้สามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการผลิต เช่น ความจุบัฟเฟอร์ ระดับการปิดกั้น (Blocking Level) และความไม่น่าเชื่อถือของสถานีงาน ในขณะเดียวกัน การวิเคราะห์เวลาการปฏิบัติการ (Operation Time Analysis) ใช้เพื่อประเมินเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์หรือเวลารวมของกระบวนการทั้งหมดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น ปริมาณงานคงที่หรือกลยุทธ์การทำงานแบบต่อเนื่อง [20] การผสมผสานการวิเคราะห์ทั้งสองแนวทางเข้าด้วยกันช่วยให้สามารถสร้างความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับสมรรถนะของระบบ รวมถึงการวางแผนปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดคอขวด (Bottleneck) และเพิ่มผลผลิตโดยรวมของสายการผลิตได้อย่างเป็นระบบ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดเก็บสินค้าคงคลังสำรอง (Buffer) ที่มากเกินไปในสายการประกอบยานยนต์ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เพื่อพยากรณ์ความต้องการพื้นที่พักคอยที่เหมาะสม ควบคู่ไปกับการพัฒนา หลักการปิดกั้นหลังสถานีแบบปรับปรุง (Modified Blocking After Station: MBAS) ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์และจำแนกความต้องการพื้นที่พักคอยจริงและพื้นที่พักคอยแฝงได้อย่างแม่นยำ

ผลการศึกษาพบว่า กลยุทธ์การจัดลำดับการผลิตแบบคละรูนในอัตราส่วน 2 รุ่นปกติ ต่อ 1 รุ่นใหม่ (2:1) เป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากสามารถเกลี่ยภาระงาน (Workload Balancing) และลดเวลาที่เสียไปจากการประกอบรุ่นใหม่ได้ดีที่สุด โดยผลลัพธ์เชิงปริมาณชี้ให้เห็นว่า กลยุทธ์นี้สามารถลดขนาดพื้นที่พักคอยลงได้ถึง ร้อยละ 46.6 (ลดลงจาก 15 ช่อง เหลือเพียง 8 ช่อง) โดยไม่กระทบต่ออัตราการผลิตเป้าหมาย ในกรณีไม่เพิ่มพนักงาน สามารถผลิตได้ 48 คันต่อกะ และหากมีการเพิ่มพนักงาน 1 คน จะสามารถเพิ่มยอดการผลิตได้สูงสุดเป็น 58 คันต่อกะ โดยที่ ความต้องการพื้นที่พักคอยลดลงจนเหลือศูนย์ (Zero Buffer Requirement) งานวิจัยนี้จึงยืนยันได้ว่า การปรับปรุงกลยุทธ์การจัดลำดับมีความคุ้มค่ามากกว่าการมุ่งเน้นเพิ่มทรัพยากรบุคคลเพียงอย่างเดียว และแบบจำลองที่นำเสนอนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับผู้บริหารในการวางแผนรับมือกับความซับซ้อนของการผลิตรุ่นใหม่ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปปฏิบัติและพัฒนาต่อยอด ดังนี้ การปรับปรุงกระบวนการทันที: โรงงานกรณีศึกษาควรเปลี่ยนมาใช้กลยุทธ์การจัดลำดับแบบ 2 รุ่นปกติ ต่อ 1 รุ่นใหม่ เป็นมาตรฐานหลักในการปฏิบัติการทันที เพื่อลดพื้นที่พักคอยส่วนเกินและลดต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง การเพิ่มกำลังการผลิต: หากโรงงานมีความจำเป็นต้องเพิ่มยอดการผลิตให้ถึงระดับสูงสุดที่ 58 คันต่อกะ ควรพิจารณาเพิ่มพนักงานที่มีความเชี่ยวชาญเพียง 1 คน ณ สถานี A1 หรือ A2 (ตามผลการทดลองในสถานการณ์จำลองที่ 4 หรือ 7) ซึ่งเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าที่สุดและขจัดปัญหาคอขวดได้อย่างสมบูรณ์ การนำไปขยายผล: ควรนำ

หลักการ MBAS ไปประยุกต์ใช้กับสายการผลิตอื่นๆ ที่มีลักษณะการผลิตแบบคละรูน (Mixed-Model Line) เพื่อตรวจสอบและลดขนาดพื้นที่พักคอยที่เกินความจำเป็น ซึ่งจะช่วยเพิ่มพื้นที่ใช้สอยภายในโรงงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Weiss, S., Matta, A., & Stolz, R. (2018). Optimization of buffer allocations in flow lines with limited supply. *IIE Transactions*, 50(3), 191–202.
- [2] Li, L., Qian, Y., Du, K., & Yang, Y. (2016). Analysis of approximately balanced production lines. *Int. J. Prod. Res.*, 54(3), 647–664.
- [3] Alfieri, A., Matta, A., & Pastore, E. (2016). A column generation algorithm for the Buffer Allocation Problem approximated by the Time Buffer concept. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 739–744.
- [4] Costa, A., Alfieri, A., Matta, A., & Fichera, S. (2015). A parallel tabu search for solving the Primal Buffer Allocation Problem in serial production systems. *Comput. Oper. Res.*, 64, 97–112.
- [5] Weiss, S. & Stolz, R. (2015). Buffer allocation in stochastic flow lines via sample-based optimization with initial bounds. *OR Spectrum*, 37(4), 869–902.
- [6] Smith, J. M. (2016). Joint optimization of buffers and network population for closed finite queueing systems. *Int. J. Prod. Res.*, 54(17), 5111–5135.
- [7] Tsadiras, A. K., Papadopoulos, C. T., & O’Kelly, M. E. J. (2013). An ANN-based decision support system for solving the Buffer Allocation Problem. *Comput. Ind. Eng.*, 66(4), 1150–1162.
- [8] Staley, D. R. & Kim, D. S. (2012). Experimental results for the allocation of buffers in closed serial production lines. *Int. J. Prod. Econ.*, 137(2), 284–291.
- [9] Vergara, H. A. & Kim, D. S. (2009). A new method for the placement of buffers in serial production lines. *Int. J. Prod. Res.*, 47(16), 4437–4456.
- [10] Smith, J. & Daskalaki, S. (1988). Performance analysis of production systems with unreliable machines. *Int. J. Prod. Res.*
- [11] Smith, J. & Cruz, J. (2005). Production-inventory systems with stochastic demand.
- [12] Matta, A., Pedrielli, G., & Alfieri, A. (2014). Event Relationship Graph Lite: Event-based modeling for simulation-optimization of control policies in discrete event systems. *Winter Simulation Conference*, 3983–3994.
- [13] Pedrielli, G., Alfieri, A., & Matta, A. (2015). Integrated simulation-optimisation of pull control systems. *Int. J. Prod. Res.*, 53(14), 4317–4336.
- [14] Chiba, E. (2015). Heuristics for the Buffer Allocation Problem with collision probability using computer simulation. *Math. Probl. Eng.*, 2015, 1–7.
- [15] Kose, S. Y., Demir, L., Tunali, S., & Eliyi, D. T. (2015). Capacity improvement using simulation optimization approaches. *Eng. Optim.*, 47(2), 149–164.
- [16] Hema, V. & He, T. (2022). Throughput Analysis for Manufacturing Serial Systems using Discrete-Event Simulation and Analytical Calculation. *Eng. & Tech. Rev.*, 3(1), 15–28.
- [17] Vidanelage, L. D., Hebah, M., Mohammad, N., & Aziz, A. (2020). A DES-based approach to maximize patient throughput in outpatient clinic. *Eng. Sci. Technol.*, 1(1), 1–11.
- [18] Prasad, V., Thete, R., & Ramesh, R. (2019). Application of DES to Increase Throughput of Manufacturing System—A Case Study. *Springer LNME*, 531–539.
- [19] Hannes, A., John, W., Daniel, N., et al. (2019). Utilizing discrete event simulation to support conceptual development of production systems. *Winter Simulation Conference*, 2073–2084.
- [20] Lang, L., Chwif, L., & Pereira, W. (2022). Decision-Making Impacts of Originating Picking Waves Process for a Distribution Center Using DES. *Winter Simulation Conference*, 1509–1520.