

การวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตโดยใช้การจำลอง สถานการณ์: กรณีศึกษาในห้องปฏิบัติการ Analysis and Efficiency Improvement of a Production Line Using Simulation: A Laboratory Case Study

วสันต์ กัลยา

สาขาวิชาโลจิสติกส์และดิจิทัลซัพพลายเชน
คณะเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อธุรกิจอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
กรุงเทพมหานคร
Wasan@tni.ac.th

สมบุญ ใจประการ

สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย
คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันสารสนเทศเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ
จังหวัดสมุทรปราการ
Somboon.chn@svit.ac.th

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการบริหารการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม *Tecnomatix Plant Simulation* โดยใช้ชุดทดลอง *LEGO* ประกอบเป็นตัวอย่างชิ้นงาน เป็นกรณีศึกษาในการจำลองกระบวนการผลิตในห้องปฏิบัติการ ระบบการผลิตประกอบด้วยสถานีการทำงานหลัก ได้แก่ การเตรียมชิ้นส่วน การประกอบชิ้นงาน การตรวจสอบคุณภาพ การปิดผนึกถุง และการบรรจุสินค้า ผลการวิเคราะห์พบว่ากระบวนการบรรจุสินค้า (*Packing*) เป็นคอขวดของระบบการผลิต ทำให้เกิดการสะสมของชิ้นงานและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสายการผลิต ดังนั้นจึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุง 3 แนวทาง ได้แก่ การใช้สายพานลำเลียง การใช้สายพานลำเลียงร่วมกับการเพิ่มสถานี *Packing* และการใช้ระบบขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ผลการจำลองสถานการณ์พบว่า การเพิ่มสถานี *Packing* สามารถลดค่า *Cycle Time* จาก 60 วินาที เหลือ 50 วินาที และเพิ่มค่า *Throughput* จาก 0.016 เป็น 0.020 ชิ้นต่อวินาที ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นจาก 48.78% เป็น 61.50% ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการปรับสมดุลสายการผลิตโดยการเพิ่มสถานีการทำงานในกระบวนการที่เป็นคอขวดสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ - การจำลองสถานการณ์, สายการผลิต, การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต, *Tecnomatix Plant Simulation*, *Discrete Event Simulation*

ABSTRACT - This research aims to improve the efficiency of the production system and analyze production management using *Tecnomatix Plant Simulation* software. A LEGO set was used as a case study to simulate the production process in the laboratory. The production system consists of main workstations: parts preparation, assembly, quality control, bag sealing, and packaging. Analysis revealed that the packing process is a bottleneck in the production system, resulting in product accumulation and negatively impacting production line efficiency. Therefore, three improvement approaches were proposed: using a conveyor belt, using a conveyor belt in

conjunction with adding packing stations, and using an automated guided vehicle (AGV). Simulation results showed that adding a packing station reduced the cycle time from 60 seconds to 50 seconds and increased the throughput from 0.016 to 0.020 pieces per second, resulting in a system efficiency increase from 48.78% to 61.50%. The research demonstrates that balancing the production line by adding workstations in bottleneck processes can effectively improve production system efficiency.

Keywords — *Simulation, production line, production optimization, Tecnomatix Plant Simulation, Discrete Event Simulation*

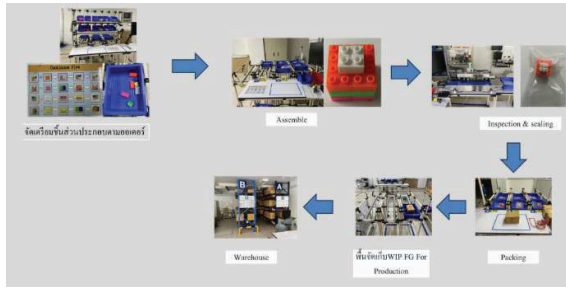
1. บทนำ

ซึ่งในปัจจุบันนี้ การจัดการสายการผลิตทำให้มีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้สามารถเพิ่มการแข่งขันกับคู่แข่งได้ นั่นถ้าหากพบว่ากระบวนการผลิตไม่มีความสมดุลกัน อาจจะก่อให้เกิดปัญหาคอขวด (Bottleneck) ระหว่างกระบวนการผลิตได้ การสะสมของชิ้นงานระหว่างผลิต และการใช้ทรัพยากรที่ไม่เต็มประสิทธิภาพนั้นจะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการผลิตเพิ่มมากขึ้นและเกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต ทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตโดยรวมจะลดลงไม่เป็นไปตามเป้า

การศึกษาประสิทธิภาพของสายการผลิตนั้นสามารถทำได้หลากหลายวิธีแต่วิธีที่นิยมใช้กันนั้นคือการศึกษาเวลาในการทำงาน หรือ Time ร่วมกับการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาระบบการผลิตจำลองในห้องปฏิบัติการของสาขาโดยใช้ ชิ้นส่วน LEGO เป็นชิ้นงานตัวอย่างในการประกอบผลิตภัณฑ์ เพื่อจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตในสายการผลิตจริงซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตหลักได้แก่การเตรียมชิ้นงานตามออเดอร์ (Store) การประกอบชิ้นงาน (Assemble) การตรวจสอบและซีลถุงผลิตภัณฑ์ (Inspection & Sealing) และการบรรจุสินค้า (Packing) ก่อนนำไปจัดเก็บในคลังสินค้า

(Warehouse) โดยลำดับกระบวนการผลิตของระบบดังกล่าวแสดงในรูปที่ i



รูปที่ i แผนผังกระบวนการผลิตของระบบการผลิตจำลอง

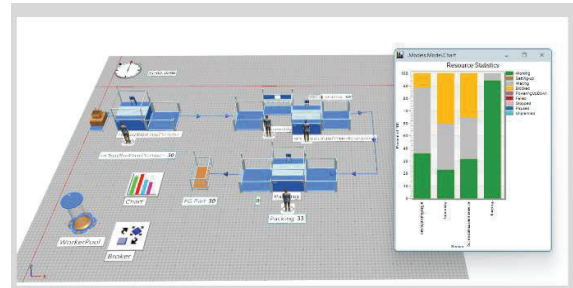
ดังนั้นเพื่อเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสายการผลิตจำลองทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานแต่ละกระบวนการผลิตโดยการใช้การจัดเวลาในการผลิตชิ้นงานจำนวน 30 ชิ้นแบบต่อเนื่อง เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงว่าแต่ละกระบวนการใช้เวลาทำงานแตกต่างกัน โดยเฉพาะกระบวนการผลิตบรรจุสินค้า (Packing) ซึ่งใช้เวลามากกว่ากระบวนการอื่น จึงทำให้ส่งผลการสะสมชิ้นงานหรือคอขวดชิ้นงานระหว่างการผลิตเป็นจำนวนมากผลการศึกษาค่าเวลาเฉลี่ยของแต่ละกระบวนการแสดงในรูปที่ i

ตารางที่ i ค่าเวลาเฉลี่ยของแต่ละกระบวนการจากการทดลองผลิตชิ้นงานจำนวน 30 ชิ้น

กระบวนการ	เวลาเฉลี่ย(วินาที)
Store	25
Assemble	16
Inspection & Sealing	22
Packing	60
รวม	123

จากข้อมูลในตารางแสดงให้เห็นว่าขั้นตอน Packing มีเวลาทำงานที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่น จึงพบว่าจะมีแนวโน้มเป็นคอขวดของกระบวนการผลิต

เพื่อเป็นการศึกษาของปัญหาผลกระทบทางผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลของการศึกษา Time Study มาพัฒนาเป็นแบบจำลองสถานการณ์ของสายการผลิตโดยการใช้โปรแกรม Plant Simulation เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบการผลิตเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละสถานี เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตแบบจำลองสถานการณ์ของระบบการผลิตแสดงดังรูปที่ ii



รูปที่ ii Simulation Model

จากที่ผู้วิจัยได้พบว่ามีความแตกต่างแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดคอขวด ผู้ทำวิจัยจึงได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา Time Study มาพัฒนาแบบจำลองการผลิตเพื่อหากระบวนการผลิตที่เหมาะสมและให้เกิดการผลิตที่มีเวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation 16.0 - Student ในการสร้างแบบจำลองสายการผลิต โดยใช้ข้อมูลเวลาการทำงานที่ได้จากการทดลองประกอบชิ้นงานตัวอย่างด้วย LEGO ภายในห้องปฏิบัติการ และนำค่าที่ได้จากการศึกษา Time Study ไปใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง จากนั้นทำการจำลองกระบวนการผลิตโดยกำหนด จำนวนชิ้นงาน 100 ชิ้นเป็นข้อมูลป้อนเข้าสู่ระบบการจำลอง (Simulation) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบการผลิต วิเคราะห์คอขวดของกระบวนการ และประเมินแนวทางในการปรับปรุงสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสม

II. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

II.A แนวคิดเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสายการผลิต

ประสิทธิภาพของสายการผลิต (Production Line Efficiency) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการแข่งขันขององค์กรอุตสาหกรรม เนื่องจากกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดต้นทุน เพิ่มกำลังการผลิต และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ [10] ในยุคอุตสาหกรรม 4.0 องค์กรจึงให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีและข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิตตัวชี้วัดที่นิยมใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของสายการผลิต ได้แก่ อัตราการผลิต (Throughput) เวลารอบการผลิต (Cycle Time) ระยะเวลานำ (Lead Time) อัตราการใช้เครื่องจักร (Machine Utilization) และปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิต (Work-in-Process Inventory) [1] การวิเคราะห์ตัวชี้วัดเหล่านี้ช่วยให้สามารถระบุคอขวดของสายการผลิตและกำหนดแนวทางในการปรับปรุงระบบการผลิตได้อย่างเหมาะสม

II.B แนวคิดเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์ในระบบการผลิต

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นเทคนิคที่ใช้สร้างแบบจำลองของระบบจริงเพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องทดลองกับระบบจริง ซึ่งช่วยลดต้นทุน เวลาและความเสี่ยงในการทดลอง [2]ในการศึกษาระบบการผลิต มักใช้ Discrete Event Simulation (DES) ซึ่งเป็นการจำลองที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของสถานะระบบตามเหตุการณ์ เช่น การเริ่มต้นและสิ้นสุดกระบวนการผลิต หรือการเคลื่อนย้ายวัสดุในสายการผลิต [10] วิธีการนี้

สามารถจำลองระบบการผลิตที่มีความซับซ้อนและมีความไม่แน่นอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้การจำลองสถานการณ์ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการผลิตและทดลองแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตหลายรูปแบบ เช่น การปรับผังการผลิต การเพิ่มจำนวนเครื่องจักร หรือการปรับการจัดสรรแรงงาน [1] นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับแนวคิด Lean Manufacturing และ Industry 4.0 เพื่อช่วยลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิต [2]

II.C การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต

มีงานวิจัยจำนวนมากที่นำการจำลองสถานการณ์มาใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงสายการผลิต Goyal [2] ศึกษาการปรับปรุงผังการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องจักรหนักโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ พบว่าการปรับตำแหน่งเครื่องจักรและระบบขนถ่ายวัสดุสามารถช่วยลดระยะเวลาการเคลื่อนย้ายและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิตได้ Mofokeng และคณะ [3] ใช้ Discrete Event Simulation วิเคราะห์กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยปรับขนาดลดการผลิตและลำดับการทำงานของเครื่องจักร ส่งผลให้ระยะเวลาการผลิตลดลงและอัตราการผลิตเพิ่มขึ้น Naser และคณะ [4] ศึกษาการเพิ่มอัตราการผลิตในอุตสาหกรรมโดยใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์คอขวดของสายการผลิต ผลการศึกษาพบว่าสามารถเพิ่ม Throughput และลด Cycle Time ของระบบการผลิตได้ นอกจากนี้ Wai [9] ใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์ระบบการผลิตหมวกกันน็อกและประเมินแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตในหลายสถานการณ์ ซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต

II.D งานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์ในประเทศไทย

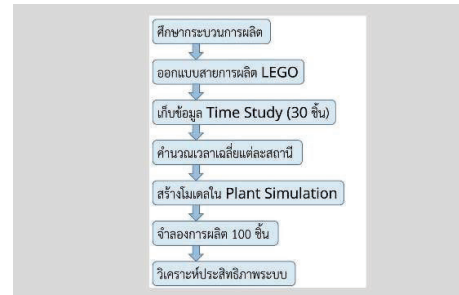
ในประเทศไทยมีงานวิจัยหลายงานที่ใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการผลิต ศิวศิษฐ์ และคณะ [6] ใช้โปรแกรม FlexSim จำลองกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อก โดยปรับผังโรงงานและใช้ระบบอัตโนมัติ ส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 37 เป็น 40 พาเลทต่อวัน และผลผลิตภาพเพิ่มขึ้นจาก 83.95% เป็น 90.76% Promprasansuk [5] ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการเชื่อมในสายการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้การจำลองสถานการณ์ ซึ่งช่วยลดเวลารอคอยของชิ้นงานและเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต Na Badalung และคณะ [7] ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์กระบวนการหล่อโลหะและปรับปรุงการจัดสรรเครื่องจักรและแรงงาน ส่งผลให้สามารถลดเวลารอคอยและเพิ่มอัตราการผลิตของระบบได้ Weerawat และคณะ [8] ใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบผังสายการผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปกระจก และพบว่าสามารถช่วยเลือกผังการผลิตที่มีประสิทธิภาพที่สุดได้

III. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษากระบวนการผลิตจำลองในห้องปฏิบัติการและการใช้ชิ้นงานที่ประกอบจาก LEGO และเก็บข้อมูลการทำงานแต่ละกระบวนการเพื่อศึกษา Time Study

2) เพื่อพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ของสายการผลิตโดยการ Simulation โดยใช้ข้อมูลเวลาในแต่ละสถานการณ์การผลิตเป็นพารามิเตอร์ของแบบจำลองสถานการณ์เพื่อหาการผลิตที่เหมาะสมก่อนดำเนินการปรับปรุงกระบวนการจริง

III. วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ iii แผนผังการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้เริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตจำลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้การประกอบชิ้นงานตัวอย่างจาก LEGO เพื่อจำลองลักษณะของสายการผลิต จากนั้นทำการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานของแต่ละกระบวนการเพื่อศึกษา Time Study ด้วยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ชิ้น เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าเวลาเฉลี่ยของแต่ละสถานีการผลิต จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแบบจำลองสายการผลิตในโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation โดยกำหนดจำนวนชิ้นงาน 100 ชิ้นเป็นข้อมูลป้อนเข้าสู่ระบบการจำลอง เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการผลิต

IV. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

IV.I เครื่องมือที่ใช้

- 1) ชิ้นงานตัวอย่างในการผลิตใช้เป็น LEGO แทนการใช้ชิ้นงานจริง
- 2) โปรแกรมจำลองสถานการณ์ โปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation 16.0 – Student
- 3) แผนภาพยามาซุมิ (Yamazumi Chart)

IV.II สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 1) สมการค่าเวลาเฉลี่ยของกระบวนการ

$$T_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (1)$$

โดยที่

T_{avg} = ค่าเวลาเฉลี่ยของกระบวนการ
 T_i = เวลาที่วัดได้ในแต่ละครั้ง
 n = จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวัดเวลา

- 2) สมการอัตราการผลิตของระบบ

$$Throughput = \frac{\text{Number of completed units}}{\text{Total simulation time}} \quad (2)$$

โดยที่

Number of completed units = จำนวนชิ้นงานที่ผลิตเสร็จ
Total simulation time = เวลาที่ใช้ในการจำลองระบบ

3) สมการประสิทธิภาพของระบบการผลิต

$$Efficiency = \frac{Actual\ Output}{Maximum\ Possible\ Output} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่

Actual Output = จำนวนผลผลิตจริงของระบบ

Maximum Possible Output = จำนวนผลผลิตสูงสุดที่ระบบ

สามารถผลิตได้

4) สมการ Cycle Time ของสายการผลิต

$$Cycle\ Time = \max(T_1, T_2, T_3, \dots, T_n) \quad (4)$$

โดยที่

$T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ คือ เวลาการทำงานของแต่ละสถานี
การผลิต

ตารางและรูปประกอบในส่วนที่มีการกล่าวถึงเป็นครั้งแรก ควรมีความกว้างไม่เกิน 8 เซนติเมตร จัดตารางกึ่งกลางคอลัมน์ หากกรณีที่มีความจำเป็นต้องรักษาความละเอียดของข้อมูลไว้ สามารถวาง 2 คอลัมน์ได้ ที่ความกว้างไม่เกิน 16 เซนติเมตร จัดตารางกึ่งกลางหน้ากระดาษ

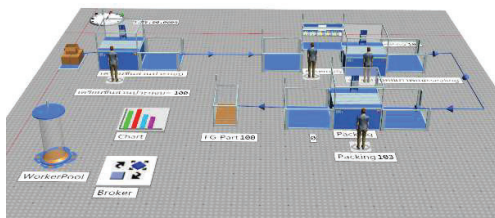
V. ผลการวิจัย

V.I ผลการวิจัยก่อนการปรับปรุง

จากการศึกษากระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง พบว่าการประกอบชิ้นงานนั้นประกอบไปด้วย 4 สถานี ได้แก่ Store, Assemble, Inspection & Sealing และ Packing โดยทางผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเฉลี่ยของแต่ละกระบวนการจากการทดลองผลิตจำนวน 300 ชิ้น เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

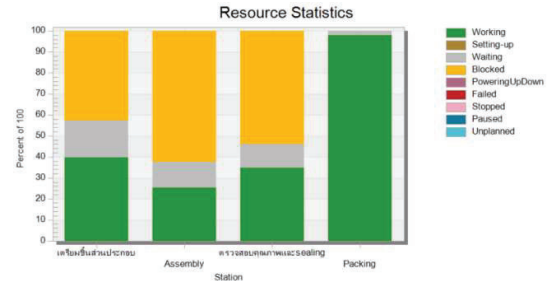
จากการศึกษาพบว่าแต่ละสถานีใช้เวลาเฉลี่ยดังต่อไปนี้ 1) Store ใช้เวลาเฉลี่ย 25 วินาที 2) Assemble ใช้เวลาเฉลี่ย 16 วินาที 3) Inspection & Sealing ใช้เวลาเฉลี่ย 22 วินาที 4) Packing ใช้เวลาเฉลี่ย 60 วินาที รวมเวลาเฉลี่ยทั้งหมด 123 วินาทีดังแสดงในตารางที่ i

ซึ่งจะพบว่าเวลาสถานีที่ใช้เวลาสูงที่สุดคือ Packing ใช้เวลาเฉลี่ย 60 วินาที กว่าสถานีอื่นจึงทำให้พบว่าสถานีนี้เป็นคอขวดของกระบวนการผลิตซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานเพื่อให้เวลาในการผลิตนั้นใกล้เคียงกัน



รูปที่ iv แบบจำลองระบบการผลิตก่อนการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation

จากรูปที่ IV แสดงแบบจำลองระบบการผลิตก่อนการปรับปรุงที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation ซึ่งประกอบด้วยสถานีการทำงาน 4 สถานี ได้แก่ Store, Assemble, Inspection & Sealing และ Packing โดยแบบจำลองดังกล่าวใช้วิเคราะห์การไหลของชิ้นงานในสายการผลิตและศึกษาประสิทธิภาพของระบบการผลิตก่อนการปรับปรุง



รูปที่ v การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรของสถานีการผลิตก่อนการปรับปรุงตามแนวคิด Yamazumi Chart

จากกราฟการใช้ทรัพยากรของสถานีการผลิตพบว่า สถานี Packing มีสัดส่วนการทำงานในสถานะ Working สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่น แสดงให้เห็นว่าสถานีดังกล่าวมีภาระงานสูงและต้องทำงานอย่างต่อเนื่อง ขณะที่สถานีอื่นยังมีช่วงเวลาที่อยู่ในสถานะ Waiting หรือ Idle อยู่บางส่วนเมื่อพิจารณาตามแนวคิด Yamazumi Chart ซึ่งใช้วิเคราะห์ความสมดุลของสายการผลิต จะเห็นได้ว่าสถานี Packing มีภาระงานสูงที่สุด จึงสามารถสรุปได้ว่า สถานี Packing เป็นคอขวดของระบบการผลิตก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ ii ผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพของระบบก่อนการปรับปรุง
จากสมการที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	ตัวชี้วัด	ผลลัพธ์
1	ค่าเวลาเฉลี่ยของกระบวนการ	30.75 วินาที
2	อัตราการผลิตของระบบ	0.016 ชิ้น/วินาที
3	ประสิทธิภาพของระบบการผลิต	48.78 %
4	Cycle Time ของระบบการผลิต	60 วินาที/ชิ้น

สรุปผลก่อนการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง พบว่าสายการผลิตมีจำนวน 4 สถานีการทำงาน โดยสถานี Packing ใช้เวลาในการทำงานสูงที่สุดเท่ากับ 60 วินาที ส่งผลให้สถานีดังกล่าวเป็นคอขวดของระบบการผลิต และทำให้เกิดความไม่สมดุลของภาระงานในสายการผลิต ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบการผลิตอยู่ที่ 48.78% ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดให้สถานี Packing เป็นจุดสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ในขั้นตอนการจำลองสถานการณ์และพัฒนาแนวทางปรับปรุงต่อไป

V.II ผลดำเนินการหลังปรับปรุง

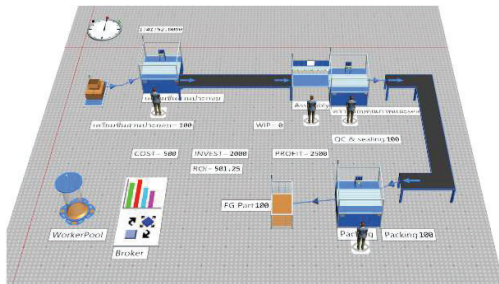
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิต ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม

Tecnomatix Plant Simulation และทำการทดลองปรับปรุงระบบการผลิตจำนวน 3 วิธี ได้แก่

- 1) การใช้สายพานลำเลียงและมีสถานี Packing 1 สถานี
- 2) การใช้สายพานลำเลียงและเพิ่มสถานี Packing เป็น 2 สถานี
- 3) การใช้ระบบขนส่งอัตโนมัติ AGV

โดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังต่อไปนี้

1) การใช้สายพานลำเลียงและมีสถานี Packing 1 สถานี



รูปที่ vi แสดงแบบจำลองระบบการผลิตหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation

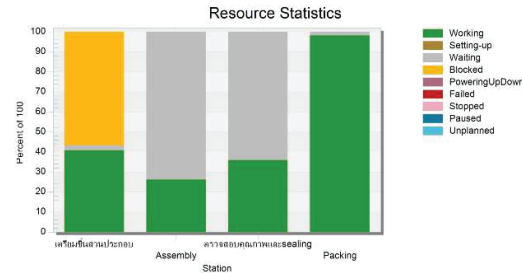
จากรูปที่ vi แสดงแบบจำลองระบบการผลิตหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation โดยในแนวทางการปรับปรุงวิธีที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการเพิ่ม สายพานลำเลียง (Conveyor System) เพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างสถานีการผลิต การเพิ่มสายพานลำเลียงช่วยให้การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างสถานีมีความต่อเนื่องมากขึ้น ลดการเคลื่อนย้ายโดยพนักงาน และลดเวลาการรอคอยของชิ้นงานในกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุง ระบบการผลิตยังคงประกอบด้วย 4 สถานีการทำงาน ได้แก่ เตรียมชิ้นส่วนประกอบ, Assembly, ตรวจสอบคุณภาพและ Sealing, และ Packing

ตารางที่ iii แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการผลิตหลังการปรับปรุงด้วยวิธีที่ 1

ตัวชี้วัด	ค่า
Average Process Time	30.75 วินาที
Cycle Time	60 วินาที
Throughput	0.016 ชิ้น/วินาที
Efficiency	51.25 %

ผลการจำลองพบว่า การใช้สายพานลำเลียงช่วยให้การไหลของชิ้นงานในระบบการผลิตมีความต่อเนื่องมากขึ้น และช่วยลดเวลาการเคลื่อนย้ายวัสดุภายในสายการผลิต

การวิเคราะห์ภาระงานของสถานีการผลิต (Yamazumi Chart)



รูปที่ vii แสดงกราฟของสถานีการผลิต ซึ่งสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ภาระงานของแต่ละสถานีตามแนวคิด Yamazumi Chart

ตารางที่ iv แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรของแต่ละสถานีการผลิต

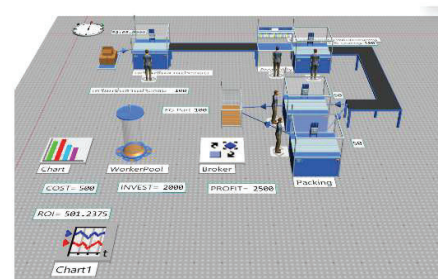
สถานีการผลิต	Working (%)	Waiting (%)	Blocked (%)
เตรียมชิ้นส่วนประกอบ	41	2	57
Assembly	26	74	0
ตรวจสอบคุณภาพและ sealing	35	65	0
Packing	98	2	0

จากการวิเคราะห์กราฟ Yamazumi Chart พบว่า

- สถานี Packing มีค่า Working สูงที่สุดประมาณ 98%
- สถานี Assembly และ Inspection & Sealing มีค่า Waiting ค่อนข้างสูง
- สถานีเตรียมชิ้นส่วนประกอบมีค่า Blocked สูง

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แม้ว่าการใช้สายพานลำเลียงจะช่วยให้มีความต่อเนื่องของกระบวนการผลิต แต่ สถานี Packing ยังคงมีภาระงานสูงที่สุดในสายการผลิต และยังคงเป็นคอขวดของระบบการผลิต

2) การใช้สายพานลำเลียงและเพิ่มสถานี Packing เป็น 2 สถานี



รูปที่ viii แสดงแบบจำลองระบบการผลิตหลังการปรับปรุงด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation

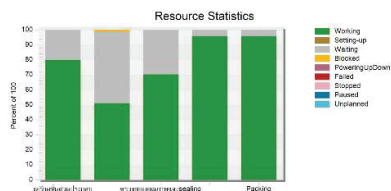
จากรูปที่ viii แสดงแบบจำลองระบบการผลิตหลังการปรับปรุงโดยใช้แนวทางการปรับปรุงวิธีที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้ง สายพานลำเลียง (Conveyor System) เพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างสถานีการผลิต และเพิ่มจำนวนสถานี Packing จากเดิม 1 สถานีเป็น 2 สถานี

การเพิ่มสถานี Packing เพื่อกระจายภาระงานของกระบวนการบรรจุสินค้าที่เป็นคอขวดของระบบการผลิตก่อนการปรับปรุง ทำให้สามารถลดเวลาการรอคอยของชิ้นงานในกระบวนการบรรจุ และช่วยให้การไหลของชิ้นงานในสายการผลิตมีความต่อเนื่องมากขึ้น หลังการปรับปรุงระบบการผลิตประกอบด้วย 5 สถานีการทำงาน ได้แก่ เตรียมชิ้นส่วนประกอบ, Assembly, ตรวจสอบคุณภาพและ sealing, Packing1, Packing 2

ตารางที่ v แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการผลิตหลังการปรับปรุงด้วยวิธีที่ 2

ตัวชี้วัด	ค่า
Average Process Time	30.75 วินาที
Cycle Time	50 วินาที
Throughput	0.020 ชิ้น/วินาที
Efficiency	61.50 %

จากผลการจำลองพบว่า ถ้ามีการเพิ่มสถานี Packing เป็น 2 สถานี จะช่วยลด Cycle Time ของระบบการผลิตได้ และเพิ่ม Throughput ของสายการผลิตได้ดีขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพของระบบการผลิตสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับระบบก่อนการปรับปรุงและวิธีที่ 1



รูปที่ ix กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรของแต่ละสถานีการผลิตจากการจำลองสถานการณ์

ตารางที่ vi แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรของแต่ละสถานีการผลิต

สถานีการผลิต	Working (%)	Waiting (%)	Blocked (%)
เตรียมชิ้นส่วนประกอบ	80	20	0
Assembly	50	50	0
ตรวจสอบคุณภาพและsealing	70	30	0
Packing 1	96	4	0
Packing 2	95	5	0

จากตารางที่ vi และกราฟรูปที่ ix สามารถวิเคราะห์ภาระงานของแต่ละสถานีการผลิตได้ดังนี้

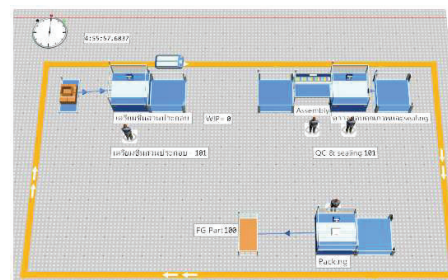
- ภาระงานของกระบวนการ Packing ถูกแบ่งออกเป็นสองสถานี
- สถานี Packing 1 และ Packing 2 มีค่า Working ประมาณ 95–96%

- สถานี Assembly และ Inspection & Sealing มีค่า Waiting ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบก่อนการปรับปรุง
- ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มสถานี Packing ช่วยลดภาระงานของสถานี Packing เดิม และช่วยเพิ่มสมดุลของสายการผลิต (Line Balancing)

สรุปผลการปรับปรุง วิธีที่ 2

จากผลการจำลองสถานการณ์พบว่า การเพิ่มจำนวนสถานี Packing เป็น 2 สถานี สามารถช่วยลดปัญหาคอขวดของกระบวนการบรรจุสินค้า และทำให้ภาระงานของแต่ละสถานีมีความสมดุลมากขึ้น ส่งผลให้ Cycle Time ของระบบการผลิตลดลง และ Throughput ของระบบเพิ่มขึ้น

3) การใช้ระบบขนส่งอัตโนมัติ AGV



รูปที่ x แสดงแบบจำลองระบบการผลิตหลังการปรับปรุงโดยใช้ Automated Guided Vehicle (AGV)

การปรับปรุงวิธีที่ 3 ผู้วิจัยได้เปลี่ยนวิธีการเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากการเคลื่อนย้ายด้วยแรงงานคน เป็นการใช้ AGV (Automated Guided Vehicle) ซึ่งเป็นระบบขนส่งอัตโนมัติที่สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ภายในโรงงาน โครงสร้างของระบบการผลิตยังคงประกอบด้วย 4 สถานีการผลิตหลัก ได้แก่ เตรียมชิ้นส่วนประกอบ, Assembly, ตรวจสอบคุณภาพและ sealing, และ Packing โดย AGV จะทำหน้าที่ขนย้ายชิ้นงานระหว่างสถานีการผลิตตามเส้นทางที่กำหนดในแบบจำลอง

ตารางที่ vii แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการผลิต

ตัวชี้วัด	ค่า
Average Process Time	30.75 วินาที
Cycle Time	60 วินาที
Throughput	0.016 ชิ้น/วินาที
Efficiency	51.25 %

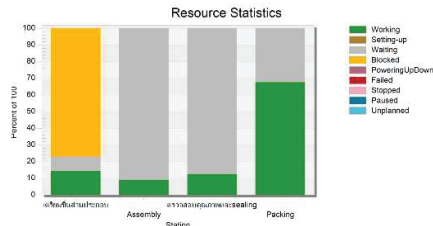
จากผลการจำลองพบว่าการใช้ระบบ AGV ช่วยลดภาระงานของพนักงานในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างสถานีการผลิตก็จริง อย่างไรก็ตามก็ยังพบว่าประสิทธิภาพของระบบยังคงได้รับผลกระทบจากความไม่สมดุลของเวลาการทำงานในแต่ละสถานี โดยเฉพาะกระบวนการ Packing ซึ่งยังคงเป็นสถานีที่มีเวลาการทำงานสูงที่สุดในสายการผลิต

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณ จากการจำลองกรณีผลิตชิ้นงาน 100 ชิ้น

ค่า Throughput ที่ได้จากการจำลอง 0.016 ชิ้น/วินาที สามารถคำนวณเวลาในการผลิตได้ดังนี้

$$\text{Total Production Time} = \frac{100}{0.016} = 6,250 \text{ วินาที}$$

Total Production Time = 104.17 นาที $\approx$ 1.74 ชั่วโมง



รูปที่ xi กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรของแต่ละสถานีการผลิตจากการจำลองสถานการณ์

ตารางที่ viii แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรของแต่ละสถานีการผลิตจากการจำลองสถานการณ์

สถานีการผลิต	Working (%)	Waiting (%)	Blocked (%)
เตรียมชิ้นส่วนประกอบ	14	9	77
Assembly	9	91	0
ตรวจสอบคุณภาพและ sealing	12	88	0
Packing	67	33	0

จากตารางที่ viii และกราฟซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- สถานี Packing มีค่า Working สูงที่สุดประมาณ 67% แสดงให้เห็นว่าสถานีนี้ยังคงเป็นสถานีที่มีการใช้งานสูงที่สุดในสายการผลิต
- สถานี Assembly และ Inspection & Sealing มีค่า Waiting สูงถึง 88-91% แสดงให้เห็นว่ามีการรอชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการค่อนข้างมาก
- สถานีเตรียมชิ้นส่วนประกอบมีค่า Blocked สูงถึง 77% ซึ่งเกิดจากการที่ชิ้นงานไม่สามารถส่งต่อไปยังสถานีถัดไปได้ทันเวลา

แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าการใช้ระบบ AGV จะช่วยลดภาระการเคลื่อนย้ายของพนักงาน แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาความไม่สมดุลของสายการผลิตได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากเวลาการทำงานของแต่ละสถานียังมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (Cost-Benefit Analysis)

สมมติฐาน

- ค่าแรงขั้นต่ำ กทม. ปี 2568 = 400 บาท/วัน
- จำนวนแรงงานขนย้าย = 2 คน

- ทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน
- ต้นทุน AGV = 300,000 บาท
- ผลิตชิ้นงานจำนวน 100 ชิ้น

คำนวณต้นทุนแรงงาน

ค่าแรงรวม = 400 × 2 = 800 บาท/วัน

ค่าแรงต่อชั่วโมง = 800 / 8 = 100 บาท/ชั่วโมง

ต้นทุนแรงงานต่อ 100 ชิ้น = 100 × 1.74 = 174 บาท

ระยะเวลาคืนทุน

Payback Period = 300,000 / 800 = 375 วัน $\approx$ 1.03 ปี

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพนักงาน (Stochastic Variability)

จากผลการจำลองในงานวิจัยนี้ พบว่าแม้การใช้รถ AGV จะช่วยลดความแปรปรวนของกระบวนการขนส่งได้ แต่ค่าตัวชี้วัดหลักของระบบยังคงเดิม ได้แก่ Throughput เท่ากับ 0.016 ชิ้นต่อวินาที Cycle Time เท่ากับ 60 วินาที และเวลาในการผลิต 100 ชิ้น เท่ากับ 6,250 วินาที หรือประมาณ 1.74 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาพร้อมกับผลการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร พบว่าสถานี Packing มีค่า Working สูงที่สุดเท่ากับ 67 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่สถานีอื่นมีค่า Waiting สูงถึง 88-91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าข้อจำกัดหลักของระบบเกิดจากความไม่สมดุลของสายการผลิต โดยเฉพาะสถานี Packing ซึ่งพบว่าเป็นคอขวดของระบบ ดังนั้นถึงแม้ว่าการใช้รถ AGV จะสามารถลดความแปรปรวนของกระบวนการขนส่งได้จากประมาณ 0.10-0.20 เหลือ 0.02-0.05 แต่ไม่สามารถเพิ่ม Throughput หรือ ลด Cycle Time ได้ เนื่องจากกระบวนการขนส่งไม่ใช่คอขวดของระบบการผลิต

สรุปได้ว่า การจัดการความแปรปรวนควรมุ่งเน้นไปที่กระบวนการที่เป็นคอขวดของระบบเป็นหลัก เนื่องจากการลดความแปรปรวนในกระบวนการที่ไม่ใช่คอขวดจะไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลการปรับปรุงวิธีที่ 3

การใช้ AGV สามารถลดแรงงานและความแปรปรวนของการขนส่งได้ แต่ไม่สามารถเพิ่ม Throughput หรือ ลด Cycle Time ได้ เนื่องจากติดคอขวดที่สถานี Packing จึงยังไม่คุ้มค่าสำหรับการผลิตขนาดเล็ก

V.III การเปรียบเทียบผลการจำลองระบบการผลิตในแต่ละวิธี

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบการผลิตระหว่าง ระบบก่อนการปรับปรุง และแนวทางการปรับปรุงทั้ง 3 วิธี ดังตารางที่ ix

ตารางที่ ix การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบการผลิตก่อนและหลังปรับปรุง

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ	ก่อนปรับปรุง	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
Average Process Time(วินาที)	30.75	30.75	30.75	30.75
Cycle Time (วินาที)	60	60	50	60
Throughput (ชิ้น/วินาที)	0.016	0.016	0.020	0.016
Efficiency (%)	48.78%	51.25%	61.50%	51.25%
จำนวนสถานี Packing	1	1	2	1
ระบบขนส่งภายใน	พนักงาน	Conveyor	Conveyor	AGV

ภายหลังจากการพัฒนาแบบจำลองระบบการผลิตและทำการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบการผลิตระหว่าง ระบบก่อนการปรับปรุง และ แนวทางการปรับปรุงทั้ง 3 วิธี ได้แก่

วิธีที่ 1 การใช้สายพานลำเลียง (Conveyor System)

วิธีที่ 2 การใช้สายพานลำเลียงร่วมกับการเพิ่มสถานีการทำงานในกระบวนการบรรจุสินค้า

วิธีที่ 3 การใช้ระบบขนส่งอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle: AGV)

โดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ Average Process Time, Cycle Time, Throughput และ Efficiency

จากผลการวิเคราะห์พบว่า Average Process Time ของทุกแนวทางมีค่าเท่ากับ 30.75 วินาที เนื่องจากเวลาการทำงานของแต่ละสถานีไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงในการทดลองครั้งนี้ ดังนั้นการปรับปรุงระบบจึงไม่ได้ส่งผลต่อระยะเวลาเฉลี่ยของกระบวนการโดยตรง แต่เป็นการปรับปรุงในด้านการไหลของชิ้นงานและระบบการขนส่งภายในสายการผลิตมากกว่า

เมื่อพิจารณาในด้าน Cycle Time พบว่า ระบบก่อนการปรับปรุงมีค่า 60 วินาที ซึ่งมีค่าเท่ากับวิธีที่ 1 และวิธีที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการใช้สายพานลำเลียงเพียงอย่างเดียว หรือการนำระบบ AGV มาใช้ ยังไม่สามารถช่วยลดเวลารอบการผลิตของระบบได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากยังคงมีความไม่สมดุลของภาระงานในสายการผลิต โดยเฉพาะในกระบวนการ Packing ที่ใช้เวลาการทำงานมากกว่าสถานีอื่น อย่างไรก็ตาม ใน วิธีที่ 2 ซึ่งมีการเพิ่มสถานีการทำงานในกระบวนการ Packing ทำให้ค่า Cycle Time ลดลงเหลือ 50 วินาที หรือลดลงประมาณ 16.67% เมื่อเทียบกับระบบเดิม

ในด้าน Throughput พบว่า ระบบก่อนการปรับปรุงมีค่า 0.016 ชิ้นต่อวินาที ซึ่งมีค่าเท่ากับวิธีที่ 1 และวิธีที่ 3 แสดงให้เห็นว่าแนวทางการปรับปรุงทั้งสองวิธีนี้ยังไม่สามารถเพิ่มอัตราการผลิตของระบบได้อย่างไรก็ตาม ใน วิธีที่ 2 ค่า Throughput เพิ่มขึ้นเป็น 0.020 ชิ้นต่อวินาที หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 25% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบก่อนการปรับปรุง

สำหรับ Efficiency พบว่า ระบบก่อนการปรับปรุงมีค่า 48.78% ซึ่งมีค่าเท่ากับวิธีที่ 1 และวิธีที่ 3 ขณะที่ วิธีที่ 2 สามารถเพิ่มค่า Efficiency เป็น 61.50% หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 10.25% จากระบบเดิม จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า

วิธีที่ 2 (การใช้สายพานลำเลียงร่วมกับการเพิ่มสถานี Packing) เป็นแนวทางที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด เนื่องจากสามารถช่วยลดค่า Cycle Time เพิ่มค่า Throughput และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิตได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการปรับปรุงอื่น ๆ ในการศึกษา

V. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Tecnomatix Plant Simulation โดยใช้ชุดทดลอง LEGO เป็นกรณีศึกษาในการจำลองกระบวนการผลิตในห้องปฏิบัติการ โดยมีการทดลองประกอบชิ้นงานจริงจำนวน 30 ชิ้น เพื่อเก็บข้อมูลเวลาการทำงานของแต่ละสถานีการผลิต และนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบในระดับการผลิต 100 ชิ้น ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินพฤติกรรมของระบบการผลิตในภาพรวมได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ระบบก่อนการปรับปรุงพบว่า สถานี Packing เป็นคอขวดของระบบการผลิต เนื่องจากมีเวลาการทำงานสูงกว่าสถานีอื่น ส่งผลให้เกิดการสะสมของชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตและทำให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตลดลง ดังนั้นจึงได้ออกแบบแนวทางการปรับปรุงระบบการผลิต 3 แนวทาง ได้แก่

- การใช้ระบบสายพานลำเลียง (Conveyor System)
- การใช้สายพานลำเลียงร่วมกับการเพิ่มสถานี Packing
- การใช้ระบบขนส่งอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle: AGV)

ผลการจำลองสถานการณ์พบว่า ค่า Average Process Time ของระบบมีค่าเท่ากับ 30.75 วินาที ในทุกกรณี เนื่องจากเวลาการทำงานของแต่ละสถานีไม่ได้เปลี่ยนแปลงในแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงระบบส่งผลต่อค่า Cycle Time, Throughput และ Efficiency ของระบบการผลิต

ระบบก่อนการปรับปรุงมีค่า Cycle Time เท่ากับ 60 วินาที และ Throughput เท่ากับ 0.016 ชิ้นต่อวินาที เมื่อทำการปรับปรุงด้วย วิธีที่ 1 และ วิธีที่ 3 พบว่าค่า Cycle Time ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากสถานี Packing ยังคงเป็นคอขวดของระบบ อย่างไรก็ตาม เมื่อปรับปรุงด้วย วิธีที่ 2 ซึ่งเพิ่มสถานี Packing เป็น 2 สถานี พบว่าสามารถลดค่า Cycle Time เหลือ 50 วินาที และเพิ่มค่า Throughput เป็น 0.020 ชิ้นต่อวินาที ส่งผลให้ Efficiency ของระบบเพิ่มขึ้นจาก 48.78% เป็น 61.50%

อย่างไรก็ตาม จากผลการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้ยังพบว่า แนวทางการปรับปรุงที่ 1 และวิธีที่ 3 ที่ไม่ส่งผลต่อค่า Cycle Time, Throughput และ Efficiency ของระบบอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกรณีของวิธีที่ 3 การใช้ระบบขนส่งอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle: AGV) พบว่า แม้ระบบดังกล่าวจะช่วยลดภาระงานของ

พนักงานและลดความแปรปรวนของกระบวนการขนส่ง (Stochastic variability) ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยระดับความแปรปรวนของการเคลื่อนย้ายสามารถลดลงจากประมาณ 0.10–0.20 เหลือ 0.02–0.05 แต่ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าค่าตัวชี้วัดหลักของระบบยังคงเดิม ได้แก่ Throughput เท่ากับ 0.016 ชิ้นต่อวินาที Cycle Time เท่ากับ 60 วินาที และเวลาในการผลิต 100 ชิ้นเท่ากับ 6,250 วินาที (1.74 ชั่วโมง)

ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การปรับปรุงในกระบวนการที่ไม่ใช่คอขวดของระบบ (Non-bottleneck process) แม้จะสามารถลดความแปรปรวนของการทำงานได้ แต่ไม่สามารถเพิ่มอัตราการผลิต (Throughput) ของระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Theory of Constraints (TOC) ที่ระบุว่าประสิทธิภาพของระบบจะถูกกำหนดโดยคอขวดของกระบวนการผลิตเป็นหลัก

เมื่อพิจารณาควบคู่กับการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรของระบบ พบว่า สถานี Packing ยังคงมีค่า Working สูงสุดที่ 67% และเป็นคอขวดของระบบ ขณะที่สถานีอื่นมีค่า Waiting สูงถึง 88–91% แสดงให้เห็นว่าข้อจำกัดหลักของระบบไม่ได้อยู่ที่กระบวนการขนส่ง แต่เกิดจากความไม่สมดุลของสายการผลิต

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า แม้การใช้ AGV จะสามารถลดต้นทุนแรงงานได้ประมาณ 800 บาทต่อวัน (แรงงาน 2 คน) แต่มีต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นสูงถึง 300,000 บาท และมีระยะเวลาดำเนินทุนประมาณ 375 วัน หรือประมาณ 1.03 ปี ขณะที่ไม่สามารถเพิ่ม Throughput หรือ ลด Cycle Time ได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นถึงความไม่สอดคล้องระหว่างการลงทุนในเทคโนโลยีอัตโนมัติกับผลลัพธ์เชิงประสิทธิภาพของระบบ โดยเฉพาะในกรณีของระบบการผลิตขนาดเล็ก ซึ่งการลงทุนใน AGV ไม่ได้ก่อให้เกิดผลตอบแทนในเชิงการเพิ่มผลผลิต แต่เป็นเพียงการปรับปรุงในเชิงโครงสร้างของกระบวนการเท่านั้น

ดังนั้น ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า แม้ว่าการใช้ AGV จะมีข้อดีในด้านการลดแรงงานและเพิ่มความสม่ำเสมอของกระบวนการขนส่ง แต่ในกรณีที่กระบวนการขนส่งไม่ใช่คอขวดของระบบ การลงทุนในระบบอัตโนมัติอาจไม่ก่อให้เกิดประโยชน์เชิงประสิทธิภาพอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อจำกัดของแบบจำลองที่กำหนดให้เวลาการทำงานของแต่ละสถานี (Process Time) คงที่และไม่ได้รวมเวลาในการเคลื่อนย้ายเป็นปัจจัยหลักในการ Cycle Time

จากการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่างานวิจัยนี้จึงไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการประยุกต์ใช้เครื่องมือการจำลองสถานการณ์เท่านั้น นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังมีการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของระบบการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ได้ โดยใช้ชุดทดลอง LEGO เป็นตัวแทนของกระบวนการผลิตจริง และนำข้อมูลจากการทดลองจำนวน 30 ชิ้น ไปใช้ในการจำลองและวิเคราะห์ระบบในระดับ 100 ชิ้น ซึ่งสะท้อนแนวทางการพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการเรียนรู้และการตัดสินใจเชิงอุตสาหกรรม

แนวทางดังกล่าวช่วยให้ผู้ประกอบการ SMEs สามารถทดลองและประเมินผลของการปรับปรุงระบบ เช่น การเพิ่มสถานีการทำงาน หรือการนำระบบอัตโนมัติมาใช้ ได้ก่อนการลงทุนจริง ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในการตัดสินใจและเพิ่มความมั่นใจในการวางแผนปรับปรุงกระบวนการผลิต ทั้งนี้ถือเป็นการเชื่อมโยงองค์ความรู้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการไปสู่การประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม

ถึงแม้การปรับกระบวนการมาใช้สายพานลำเลียงหรือรถ AGV จะสามารถลดภาระงานของพนักงานลงได้ และเพิ่มการไหลของงานแบบต่อเนื่องได้ แต่สถานี Packing ยังคงเป็นคอขวดของระบบ ซึ่งมีความสำคัญสูงที่สุด จึงทำให้ค่าตัวชี้วัดหลักของระบบยังคงถูกจำกัดโดยสถานีดังกล่าว

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การปรับสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) โดยการเพิ่มสถานีการทำงานในกระบวนการที่เป็นคอขวดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการปรับปรุงระบบขนส่งภายในสายการผลิตเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ การใช้ Yamazumi Chart ในการวิเคราะห์ภาระงานของแต่ละสถานีช่วยให้สามารถระบุคอขวดของระบบได้อย่างชัดเจน และช่วยกำหนดแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัยครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Goyal [2] และ Mofokeng et al. [3] ที่พบว่า การใช้ Discrete Event Simulation สามารถช่วยวิเคราะห์คอขวดของกระบวนการผลิตและประเมินแนวทางการปรับปรุงระบบการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Naser et al. [4] ซึ่งรายงานว่า การปรับปรุงกระบวนการในตำแหน่งที่เป็นคอขวดสามารถช่วยเพิ่ม Throughput และลด Cycle Time ของระบบการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวโดยสรุป การใช้การจำลองสถานการณ์ร่วมกับการวิเคราะห์ภาระงานของสายการผลิตสามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงระบบการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาระบบการผลิตทั้งในภาคอุตสาหกรรมและในห้องปฏิบัติการ

ในการทำวิจัยในครั้งนี้ แบบจำลองยังไม่ได้พิจารณาถึงปัจจัยด้านต้นทุนแรงงาน ระยะเวลาในการขนส่ง และต้นทุนการลงทุนในระบบอัตโนมัติ ดังนั้น แม้ว่าการใช้แม้ว่าการใช้ Conveyor หรือรถ AGV จะมีประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ แต่ผลลัพธ์ในเชิงตัวชี้วัดของแบบจำลองจึงไม่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนยังพบข้อจำกัดนี้ชี้ให้เห็นว่า การปรับปรุงที่มุ่งเน้นเฉพาะระบบขนส่งโดยไม่แก้คอขวดหลักของกระบวนการ อาจไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการผลิต

บรรณานุกรม

- [1] M. R. Ciasu-Sliwa, "Discrete-event simulation for smart manufacturing: Assessing software solutions and industrial applications," 2025.
- [2] A. Goyal, "Simulation-driven production layout optimization: A case study in heavy machinery manufacturing," 2025.
- [3] P. N. Mofokeng, O. Tijani, J. Swanepoel, and T. Nenzhelele, "A discrete-event simulation for optimising cutting process in furniture manufacturing SMEs," Journal of Information Systems Engineering and Management, 2025.

- [4] M. M. R. Naser, M. S. AbdulJalil, and A. Taha, "Production rate optimization through discrete-event simulation: A case study at pharmaceutical industry in Iraq," 2021.
- [5] S. Promprasansuk, "Analysis and improvement of PCB manufacturing efficiency using discrete event simulation," 2025.
- [6] ศิวศิษฐ์ ปิจมิตร และคณะ, "การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของธุรกิจตัวสต็อกก่อสร้างด้วยหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ," วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 35, ฉบับที่ 1, 2568.
- [7] C. Na Badalung et al., "Application of Simulation Program to Increase Efficiency Production Line Core," Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal, vol. 18, no. 2, pp. 78–88, 2025.
- [8] W. Weerawat, S. Khodtecha, and H. Taweesubpaiboon, "Selection of production layout by simulation modeling: A case study of glass processing industry," 2023.
- [9] K. T. Wai, "Modelling helmet manufacturing system using discrete-event simulation," 2026.
- [10] T. Huynh and N. Akhtar, "Discrete event simulation for manufacturing performance analysis," 2022.