

## การปรับปรุงระบบการผลิตด้วยการจำลองเสมือนจริง The Improvement of Production System using Virtual Simulation

พงษ์พันธุ์ ฤกษ์ขุมทรัพย์<sup>1,\*</sup> วีรวิญญ์ คำมาก<sup>1</sup> จรัสศรี เสือทับทิม<sup>2</sup> และ ปราโมทย์ ศรีน้อย<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง <sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

<sup>3</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

\*Email: pongpun@pit.ac.th, rerkkumsup@hotmail.com

Pongpun Rerkkumsup<sup>1,\*</sup>, Veerawit Kammag<sup>1</sup>, Jaratsri Soeatuptim<sup>2</sup> and Pramot Srinoi<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Department of Advanced Manufacturing Technology <sup>2</sup>Department of Mechatronics Engineering

Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology

<sup>3</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasembundit University

\*Email: pongpun@pit.ac.th, rerkkumsup@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้กล่าวถึงการจำลองเสมือนจริงของระบบการผลิตด้วย DELMIA V5 โดยใช้แผนภาพเพิร์ทจัดลำดับการทำงานและใช้แผนภูมิแกนต์กำหนดเวลาทำงานของแต่ละขั้นตอน การเปรียบเทียบรอบเวลาของผลการจำลองกับระบบการผลิตที่ใช้ในการทดลองให้ความแม่นยำในระดับน่าพอใจ แบบจำลองของระบบการผลิตดั้งเดิมจึงถูกใช้เพื่อศึกษาจนทราบถึงปัจจัยหลักที่มีความยืดหยุ่นในการปรับปรุงระบบการผลิต ได้แก่ ความเร็วสายพานลำเลียงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามความถี่ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง และตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานที่เหมาะสม ผลการจำลองระบบการผลิตแบบเสมือนจริงแสดงถึงขีดจำกัดและขอบเขตของอุปกรณ์ในระบบการผลิต และแสดงให้เห็นถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเมื่อศึกษาและปรับปรุงระบบการผลิตที่มีความซับซ้อน การปรับปรุงระบบการผลิตด้วยผลการจำลองสามารถลดรอบเวลาของระบบการผลิตเดิมลงได้สูงสุด 8.64%

**คำสำคัญ:** การจำลองระบบการผลิต, การจำลองเสมือนจริง, การปรับปรุงระบบการผลิต

### Abstract

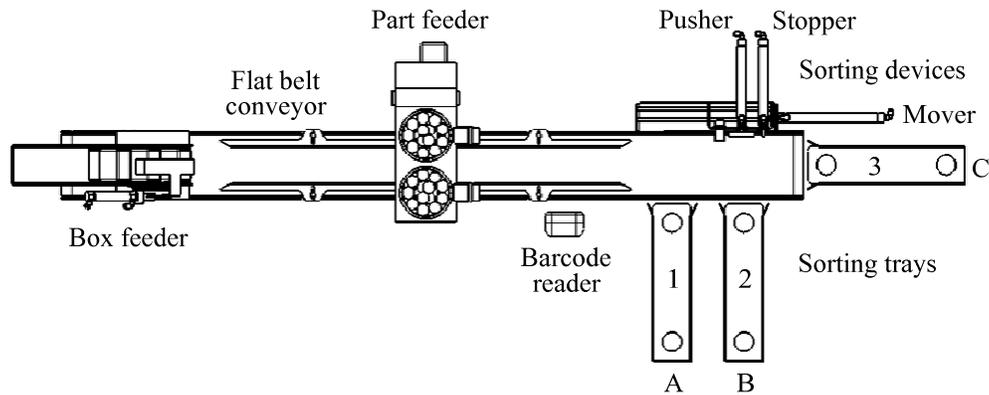
This research describes the virtual simulation of a production system using DELMIA V5 in which PERT chart is used to define the operation procedure and Gantt chart is used to specify the duration of each step. Comparison of cycle time from the simulation result with the experimental production system had satisfied

accuracy level. The model of an original production system is used to study to know the main flexible factors for improving the system i.e. the adjustable speed of belt conveyor that vary via inverter frequency applied to a motor and the appropriate installation position of the part feeder. The virtual simulation results of production system show the limitation and bottleneck of devices in the system and illustrate the problem that might happen when study and improve the complicated production system. The improvement of production system using the simulation result can reduce cycle time of the original system with maximum value of 8.64%.

**Keywords:** Production system simulation, Virtual simulation, Production system improvement

## 1. บทนำ

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible manufacturing system, FMS) เป็นระบบการผลิตอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์แบบบูรณาการที่ประกอบด้วยกลุ่มของสถานีงาน (Work station) ซึ่งเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยระบบลำเลียงวัสดุ (Material handling system) ระบบจัดเก็บอัตโนมัติ (Automated storage system) [1] เป็นระบบที่ตอบสนองต่อการผลิตในยุคที่มีการแข่งขันสูง เนื่องจากสามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้รวดเร็วและสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติตามนโยบายเร่งด่วน ที่มุ่งเน้นนวัตกรรมการผลิตบนพื้นฐานของระบบอัตโนมัติ (Automation) หุ่นยนต์ (Robotics) และการเชื่อมต่อในยุคดิจิทัล ผังการจัดวางสถานีงานในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานอย่างมาก และส่งผลต่อการลดระยะเวลาการผลิตโดยตรง [2] นักวิจัยหลายกลุ่มจึงศึกษาความเป็นไปได้และนำเสนอแนวทางการตัดสินใจเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดวางเครื่องมือและเครื่องจักรในเซลล์ผลิต โดยใช้วิธีจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยวิเคราะห์พื้นที่โรงงาน ปัจจัยที่เป็นคอขวดของระบบ และขนาดชุดงานที่เหมาะสม [3-6] ทั้งนี้รวมถึงงานวิจัยที่นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์ต้นทุนและผลกำไรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น [7] ด้วยเหตุผลที่ส่วนประกอบในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นมีราคาแพงและมีการทำงานซับซ้อน ทำให้วิธีจำลองการทำงานของระบบหรือสายการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไม่มีการสูญเสียทรัพยากร ค่าแรงงาน และเวลาการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ สถานการณ์ที่จำลองขึ้นในแบบจำลองยังสร้างความเชื่อมั่นและเป็นข้อมูลสำคัญต่อการวางแผนและปรับปรุงระบบการผลิตก่อนทำการปรับปรุงจริง [8-13] ระบบการผลิตแบบดิจิทัล (Digital manufacturing) เป็นแนวคิดของบริษัทพัฒนาซอฟต์แวร์สำเร็จรูปเฉพาะด้าน DELMIA [14] ที่สนับสนุนการจำลองการทำงานของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประสิทธิภาพมาก เนื่องจากรองรับการสร้างแบบจำลองครอบคลุมการกำหนดขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ย่อยแต่ละส่วนจนถึงการทำงานของระบบทั้งหมด สามารถติดตามเวลาทำงานได้ในทุกกระบวนการ สนับสนุนการวิเคราะห์รอบเวลาดั้งแต่ระดับอุปกรณ์ จนถึงอัตราการผลิตของระบบโดยรวม อีกทั้งสามารถแสดงผลการจำลองด้วยภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้พนักงานวางแผนปรับปรุงระบบการผลิตได้ตรวจสอบการทำงานได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 1 ส่วนประกอบหลักของชุดทดลองระบบการผลิต

คณะนักวิจัยจึงสร้างแบบจำลองระบบการผลิตของระบบที่ใช้ในการทดลอง และจำลองเพื่อทดสอบการทำงานด้วยซอฟต์แวร์ DELMIA โดยนำผลการจำลองที่ได้มาวิเคราะห์ปัจจัยที่สามารถนำไปปรับปรุงระบบการผลิตที่ใช้ในการทดสอบและทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุง

## 2. ระบบการผลิต

### 2.1 ส่วนประกอบและการทำงานของชุดทดลองระบบการผลิต

ชุดทดลองระบบการผลิตที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ ชุดป้อนกล่อง (Box feeder) สายพานลำเลียง (Flat belt conveyor) ชุดป้อนชิ้นส่วน (Part feeder) เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode reader) ชุดคัดแยก (Sorting devices) และถาดจัดเก็บ (Sorting trays) จำนวน 3 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยสายพานลำเลียงมีความยาว 152 เซนติเมตร ลำดับการทำงานของชุดทดลองระบบการผลิตเริ่มจากชุดป้อนกล่องปล่อยกล่องที่ติดแถบบาร์โค้ดชนิด A, C และ B ตามลำดับ ลงบนสายพานลำเลียงครั้งละ 1 กล่อง โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1** กล่อง A ที่ถูกปล่อยลงบนสายพานถูกลำเลียงมาถึงตำแหน่งที่เซนเซอร์ตรวจจับได้ สายพานลำเลียงจะหยุดเพื่อรอให้ชุดป้อนชิ้นส่วนปล่อยชิ้นงาน (ลูกบอล 4 ลูก) ลงใส่กล่อง หลังจากนั้นสายพานลำเลียงเดินอีกครั้งเพื่อนำส่งกล่อง A ต่อไปยังเครื่องอ่านบาร์โค้ด

**ขั้นตอนที่ 2** ขณะที่กล่อง A เริ่มถูกลำเลียงออกจากชุดปล่อยชิ้นงาน ชุดป้อนกล่องจะปล่อยกล่อง C ลงบนสายพาน กล่อง C จึงเคลื่อนไปถึงตำแหน่งที่เซนเซอร์ตรวจจับและหยุดรอ ทำให้กล่อง A บนสายพานที่ถูกลำเลียงมาก่อนหน้าหยุดในจังหวะเดียวกัน หลังจากชุดป้อนชิ้นงานปล่อยลูกบอลลงกล่อง C เรียบร้อยแล้ว ทั้งกล่อง C และ A จึงถูกลำเลียงต่อไป

**ขั้นตอนที่ 3** ขณะที่กล่อง C และ A เริ่มถูกลำเลียงอีกครั้ง ชุดป้อนกล่องจะปล่อยกล่อง B ลงบนสายพาน ระหว่างการลำเลียงกล่อง B ไปยังชุดป้อนชิ้นงาน กล่อง A จะถูกลำเลียงผ่านตัวอ่านบาร์โค้ดเพื่อตรวจสอบและสั่งการให้ตัวกั้นชิ้นงาน (Stopper) ของชุดคัดแยกทำงานเพื่อให้ตัวผลักชิ้นงาน (Pusher) ดันกล่อง A เข้าถาดที่ 1

ตารางที่ 1 ขีดจำกัดของอุปกรณ์ในชุดทดลองระบบการผลิต

ส่วนประกอบ	อุปกรณ์หลัก	รอบเวลา	ความยืดหยุ่น
Box feeder ( $t_b$ )	กระบอกลูกสูบนิวเมติกส์	0.5 วินาที	ไม่มี
Flat belt conveyor ( $t_c$ )	มอเตอร์ขับเคลื่อน อินเวอร์เตอร์	0.005 – 0.045 เมตรต่อวินาที (ความถี่ 1 – 16 Hz)	ปรับความถี่ อินเวอร์เตอร์ได้
Part feeder ( $t_p$ )	โซลินอยด์วาล์ว	≈ 4 วินาที	ปรับตำแหน่งได้
Barcode reader	ออปติคอลลสแกนเนอร์	น้อยกว่า 0.5 วินาที	ไม่มี
Sorting devices ( $t_s$ )	กระบอกลูกสูบนิวเมติกส์	2 วินาที	ไม่มี

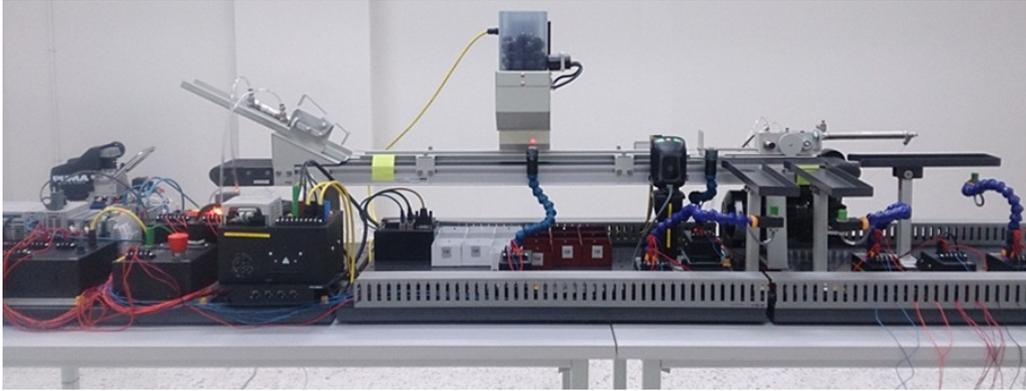
**ขั้นตอนที่ 4** หลังจากชุดป้อนชิ้นงานปล่อยลูกบอลลงกล่อง B เรียบร้อยแล้ว สายพานจึงลำเลียงกล่อง B และ C เดินหน้าต่อไปจนกระทั่งกล่อง C ถูกเครื่องอ่านบาร์โค้ดตรวจสอบและสั่งให้ปล่อยผ่านไปยังถาดที่ 3 หลังจากนั้นเครื่องอ่านบาร์โค้ดจึงตรวจสอบกล่อง B ที่เดินทางมาถึง และสั่งการชุดคัดแยกให้กั้นและดันกล่อง B เข้าถาดที่ 2

## 2.2 การวิเคราะห์ขีดจำกัดและความยืดหยุ่นของระบบการผลิต

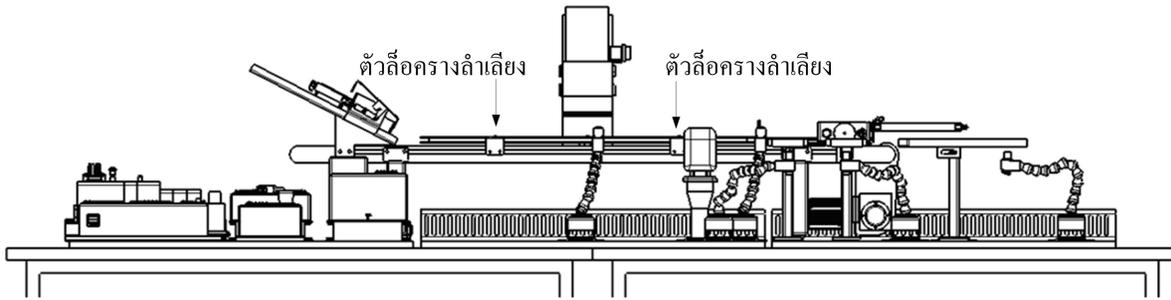
เพื่อให้การจำลองระบบการผลิตมีความแม่นยำสูงสุดและสัมพันธ์กับขีดจำกัดของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบจริง คณะนักวิจัยจึงทำการศึกษาศักยภาพของอุปกรณ์ในระบบการผลิตที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ดังแสดงผลการทดสอบในตารางที่ 1 จากการศึกษาฮาร์ดแวร์ในระบบอย่างละเอียดพบว่าระบบสามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้ด้วยการปรับความถี่ของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์สายพานลำเลียงให้นำส่งกล่องได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาของสายพานเนื่องจากแรงเฉื่อยของมอเตอร์จะหยุดแปรตามความถี่ของอินเวอร์เตอร์ กล่าวคือ เมื่อสายพานลำเลียงมีความเร็วสูงขึ้น จะทำให้ระยะเวลาหยุดมากขึ้นจนกล่องอาจเลยตำแหน่งของชุดป้อนชิ้นงาน ในงานวิจัยนี้จึงเลือกความถี่ที่ใช้ในการทดสอบที่ 6 Hz, 11 Hz และ 16 Hz ซึ่งทำให้สายพานลำเลียงมีความเร็ว 0.019 เมตร/วินาที 0.031 เมตร/วินาที และ 0.045 เมตร/วินาที ตามลำดับ จากการศึกษาความเร็วสายพานลำเลียงทั้ง 3 กรณีพบว่าชุดป้อนชิ้นงานทำงานโดยมีรอบเวลาประมาณ 4 วินาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของลูกบอลในช่องเก็บลูกบอล ตัวอ่านบาร์โค้ดสามารถตรวจสอบชนิดของกล่องได้รวดเร็วสอดคล้องกับทุกความเร็วของสายพานและใช้เวลาน้อยมาก

## 3 การสร้างแบบจำลองด้วย DELMIA

มิติทางกายภาพที่จำเป็นของอุปกรณ์ในชุดทดลองระบบการผลิต ขีดจำกัด ลำดับและสถานะการทำงาน ของส่วนประกอบหลักดังแสดงในตารางที่ 1 และตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ในรูปที่ 2(ก) รวมถึงสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิตของชุดทดลองถูกสร้างเป็นแบบจำลองขึ้นในซอฟต์แวร์ DELMIA V5 ดังแสดงในรูปที่ 2(ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 (ก) ภาพถ่ายด้านข้างของชุดทดลองระบบการผลิต

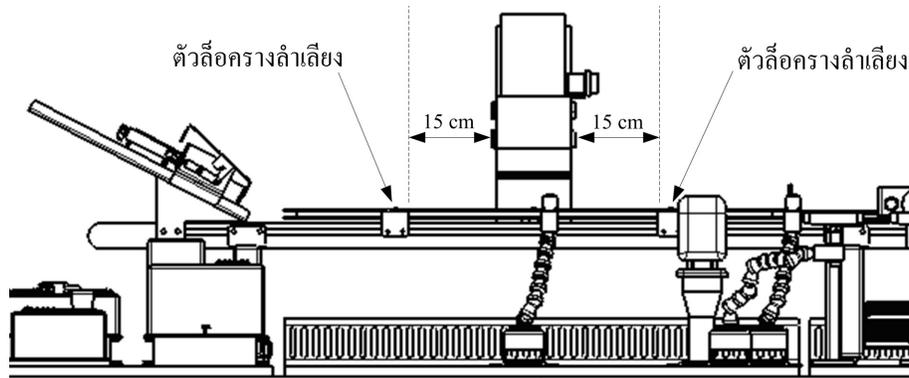
(ข) ภาพ 2 มิติของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

เพื่อใช้ทดสอบและวิเคราะห์ระบบการผลิตระหว่างการปรับปรุง โดยมุ่งหวังให้ระยะเวลาในการผลิตลดลง ส่งผลต่อต้นทุนการดำเนินการลดลงและอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้นกว่าระบบเดิม โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถจำลองการทำงานของระบบการผลิตได้ตั้งแต่การป้อนและลำเลียงชิ้นงาน จนถึงระบบคัดแยกและจัดเก็บได้อย่างสมบูรณ์ การจำลองการทำงานด้วยภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้นนี้ ช่วยให้คณะนักวิจัยสามารถสังเกตการทำงานของระบบการผลิตได้ทุกส่วนและทุกขั้นตอนอย่างชัดเจน จึงสามารถสำรวจความผิดพลาดและวิเคราะห์เวลาสูญเปล่าที่อาจจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์แต่ละส่วนได้ อันนำไปสู่การศึกษาแนวทางปรับปรุง และออกแบบระบบใหม่ที่ตอบสนองวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงระบบการผลิตได้ดียิ่งขึ้น

#### 4. การจำลองเสมือนจริง

##### 4.1 การจำลองเพื่อตรวจสอบการทำงาน

จากการศึกษาขีดจำกัดของชุดทดลองระบบการผลิตที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ สามารถนำข้อมูลมาสร้างเป็นแบบจำลองใน DELMIA V5 โดยกำหนดตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานไว้ที่กึ่งกลางของตัวถือครองลำเลียงดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งติดตั้งดั้งเดิมมาจากโรงงาน โดยมีระยะที่สามารถปรับเลื่อนตำแหน่งชุดป้อนชิ้นงานได้หน้าหลังด้านละ 15 เซนติเมตร จากนั้นจึงใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นตามระบบดั้งเดิมนี้เพื่อเปรียบเทียบ



รูปที่ 3 ตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นส่วนไว้ที่กึ่งกลางตัวล้อครางลำเลียง

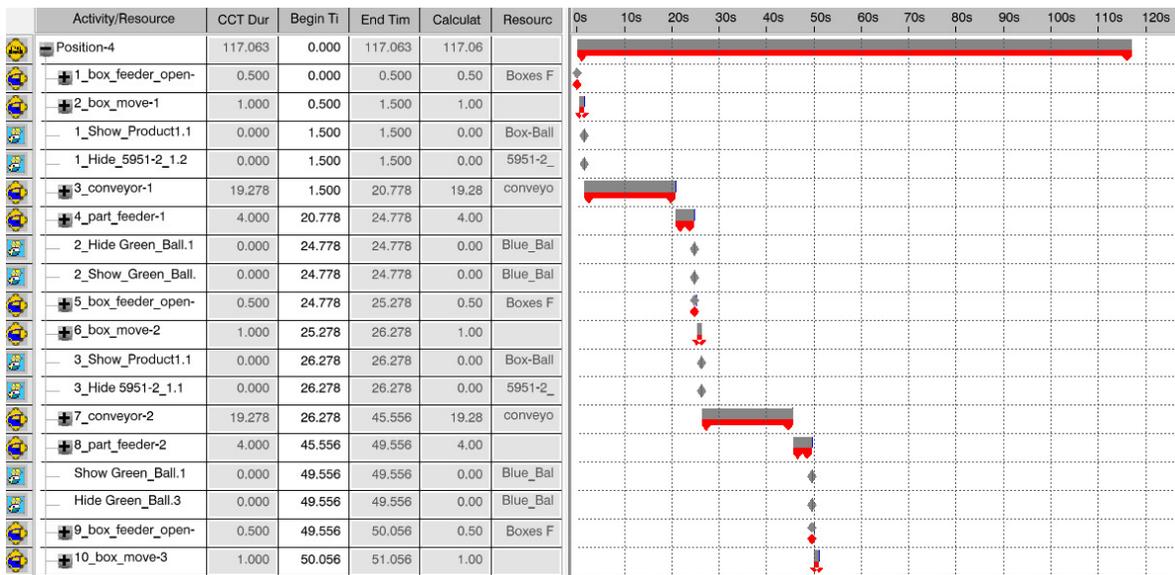


รูปที่ 4 แผนภาพ PERT ที่ใช้กำหนดลำดับการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ

อัตราการผลิตระหว่างแบบจำลองกับระบบจริงก่อนการศึกษาและปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตต่อไป ในการจำลองนี้ นักวิจัยใช้แผนภาพเพิร์ท (PERT chart) ดังแสดงในรูปที่ 4 จัดลำดับการทำงานของอุปกรณ์ทุกสถานะในแบบจำลอง โดยหลังจากจัดวางอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นในแบบจำลองแล้ว สามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานเรียงลำดับได้ทั้งแบบอนุกรมและขนาน ลำดับการทำงานนี้มีความสัมพันธ์กับแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) ดังแสดงในรูปที่ 5 ที่ใช้กำหนดเวลาทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละลำดับ โดยสามารถปรับเปลี่ยนการจำลองด้วยการแก้ไขเวลาเริ่มต้น (Begin time) ของแต่ละลำดับ อีกทั้งสามารถตรวจสอบรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของ

ตารางที่ 2 ผลการจำลองเพื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตระหว่างแบบจำลองกับระบบจริง

ความถี่อินเวอร์เตอร์ (Hz)	ความเร็วสายพาน (เมตรต่อวินาที)	เวลาในการจำลอง (วินาที)	เวลาในระบบจริง (วินาที)	ร้อยละ ความผิดพลาด (%)
6	0.019	128	127	0.79
11	0.031	83	81	2.47
16	0.045	63	63	0



รูปที่ 5 แผนภูมิ Gantt ที่ใช้กำหนดเวลาทำงานของอุปกรณ์ในระบบ

การจำลองได้ ผลการเปรียบเทียบรอบเวลาการทำงานระหว่างเวลาที่ได้จากการจำลองกับระบบจริงเมื่อป้อนความถี่ขั้วมอเตอร์สายพานลำเลียงที่ 6 Hz, 11 Hz และ 16 Hz ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความผิดพลาดเฉลี่ย 1.08% โดยมีความแม่นยำต่ำสุดเมื่อสายพานลำเลียงทำงานที่ความถี่ 11 Hz ซึ่งความแม่นยำนี้อยู่ในระดับมากพอที่จะใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาแนวทางปรับปรุงระบบการผลิตต่อไป

#### 4.2 การจำลองและวิเคราะห์เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มผลผลิต

จากลำดับการทำงานจากระบบการผลิต สามารถวิเคราะห์รอบเวลาทั้งหมดของการทำงานเพื่อลำเลียงและคัดแยกชิ้นงาน A, C และ B ทั้ง 3 ชิ้นจนครบ 1 รอบ ได้

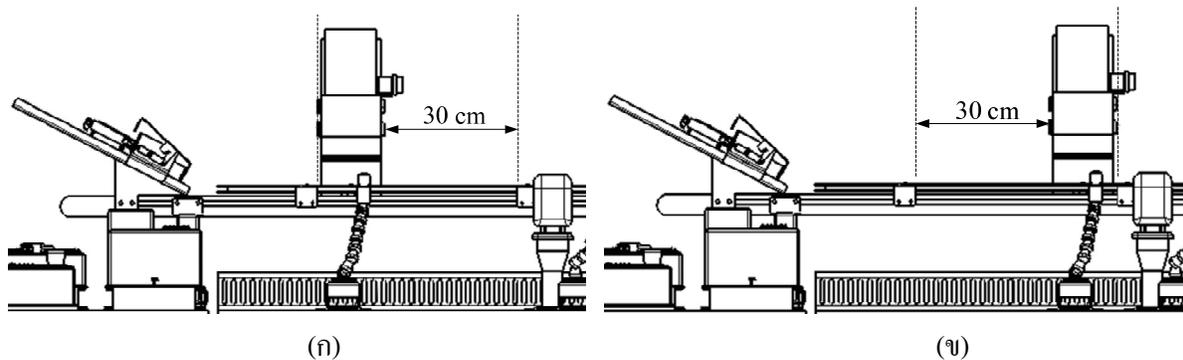
$$t_{loop} = t_{bA} + t_{c1A} + t_{pA} + t_{c2A} + t_{pC} + t_{c3A} + t_{pB} + t_{c3C} + t_{sB} \quad (1)$$

เมื่อ  $t_{loop}$  คือ รอบเวลาที่ใช้ในการทำงาน 1 รอบ

$t_{bA}$  คือ เวลาในการปล่อยกล่อง A

ตารางที่ 3 ผลการจำลองเพื่อศึกษารอบเวลาของแบบจำลองกรณีติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานไว้ ณ ตำแหน่งที่ 1 และ 2

สายพานลำเลียง		รอบเวลาของระบบ	รอบเวลาของระบบ	รอบเวลาของระบบ
ความถี่ (Hz)	ความเร็ว (m/s)	ดั้งเดิม (วินาที)	ตำแหน่งที่ 1 (วินาที)	ตำแหน่งที่ 2 (วินาที)
6	0.019	128	112	144
11	0.031	83	74	93
16	0.045	63	56	69



รูปที่ 6 ตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นส่วน (ก) ตำแหน่งที่ 1 โกล้ชุดป้อนกล่องมากที่สุด 0-30 เซนติเมตร  
(ข) ตำแหน่งที่ 2 โกล้ชุดคัดแยกมากที่สุด 30-0 เซนติเมตร

$t_{c1A}$  คือ เวลาในการลำเลียงกล่อง A ครั้งที่ 1 ก่อนสายพานหยุดเพื่อรอป้อนชิ้นงานลงกล่อง A

$t_{pA}$ ,  $t_{pC}$ ,  $t_{pB}$  คือ เวลาในการปล่อยชิ้นงานลงกล่อง A, C และ B

$t_{c2A}$  คือ เวลาในการลำเลียงกล่อง A ครั้งที่ 2 ก่อนสายพานหยุดเพื่อรอป้อนชิ้นงานลงกล่อง C

$t_{c3A}$  คือ เวลาในการลำเลียงกล่อง A ครั้งที่ 3 จนไปถึงการคัดแยกเข้าถาดที่ 1

$t_{c3C}$  คือ เวลาในการลำเลียงกล่อง C ครั้งที่ 3 ก่อนสายพานหยุดเพื่อรอป้อนชิ้นงานลงกล่อง B

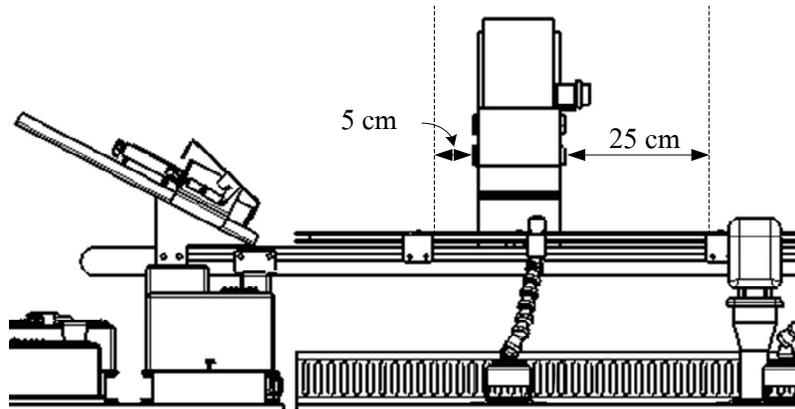
$t_{sB}$  คือ เวลาในการคัดแยกกล่อง B เข้าถาดที่ 2

จาก (1) จะเห็นว่ารอบเวลาของระบบการผลิตสามารถลดลงได้ด้วยการปรับความเร็วสายพานลำเลียงให้มากขึ้น เพื่อลด  $t_c$  และลดระยะห่างระหว่างกล่องซึ่งเท่ากับระยะห่างระหว่างตำแหน่งปล่อยกล่องถึงชุดป้อนชิ้นงาน ทั้ง 2 ปัจจัยนี้คือความยืดหยุ่นที่ใช้ในการศึกษาเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบการผลิต รูปที่ 6(ก) แสดงการติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานในตำแหน่งที่ 1 โดยปรับเลื่อนให้ชุดป้อนชิ้นงานอยู่ใกล้ชุดป้อนกล่องให้มากที่สุด (หน้า 0 เซนติเมตร หลัง 30 เซนติเมตร) และ 6(ข) แสดงการติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานในตำแหน่งที่ 2 โดยปรับเลื่อนให้อยู่ใกล้ชุดคัดแยกมากที่สุด (หน้า 30 เซนติเมตร หลัง 0 เซนติเมตร) ซึ่งได้ผลการจำลองดังแสดงในตารางที่ 3

ผลการวิเคราะห์กระบวนการในแบบจำลองของระบบที่ติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานไว้ที่ตำแหน่งที่ 1 แสดงให้เห็นว่ารอบเวลาดลดลงกว่าระบบดั้งเดิม และน้อยกว่ากรณีติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานไว้ที่ตำแหน่งที่ 2 ก่อนข้างมาก

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการเพิ่มอัตราการผลิตกรณีปรับเปลี่ยนจำลองเพื่อติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานไว้ที่ตำแหน่ง 5 – 25

สายพานลำเลียง		รอบเวลาของระบบ	รอบเวลาของระบบ	ร้อยละของรอบเวลาที่ลดลง (%)
ความถี่ (Hz)	ความเร็ว (m/s)	ดั้งเดิม (วินาที)	ตำแหน่ง 5 – 25 (วินาที)	
6	0.019	128	117	8.59
11	0.031	83	77	7.23
16	0.045	63	58	7.94



รูปที่ 7 ตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นส่วนที่ 5 – 25 เซนติเมตร

อย่างไรก็ตาม แม้การปรับเพิ่มความถี่อินเวอร์เตอร์จะทำให้ความเร็วสายพานลำเลียงสูงขึ้น ส่งผลให้รอบเวลาของระบบลดลงตาม  $t_c$  แต่การจำลองด้วยภาพเคลื่อนไหวแสดงให้เห็นว่าชุดคัดแยกชิ้นงานทำงานไม่สัมพันธ์กับส่วนอื่นจนก้านหยุดกล่องของชุดคัดแยกเคลื่อนที่ไปชนกับกล่องในจังหวะคัดแยกชิ้นงานจากชนิด C ไป ชนิด B เมื่อพิจารณาภาพเคลื่อนไหวของการจำลองกรณีติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานไว้ ณ ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งมีรอบเวลามากขึ้นกว่าตำแหน่งดั้งเดิม (15 – 15) มาก ปรากฏว่าชุดคัดแยกไม่ชนกับกล่องเหมือนกรณีติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานไว้ที่ตำแหน่งดั้งเดิม (15 – 15) จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มความถี่สายพานลำเลียงและการปรับเลื่อนจุดติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานให้ใกล้ชุดป้อนกล่องมากขึ้นทำให้รอบเวลาของระบบการผลิตลดลงส่งผลให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้น แต่ตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานที่เหมาะสมเป็นปัจจัยหลักให้ระบบทำงานถูกต้อง การปรับปรุงระบบการผลิตที่เหมาะสมจึงควรปรับเลื่อนชุดป้อนชิ้นงานให้ใกล้ชุดป้อนกล่องเพื่อลดรอบเวลา โดยที่ยังเหลือระยะห่างระหว่างกล่องเหมาะสมเพื่อให้ชุดคัดแยกทำงานได้เป็นปกติ จากการปรับเปลี่ยนแผนภูมิแกนต์เพื่อปรับเวลาในแต่ละขั้นตอนในแบบจำลองให้สอดคล้องกับการปรับเลื่อนระยะติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานอย่างเหมาะสม ภาพเคลื่อนไหวแสดงให้เห็นว่าระยะเหมาะสมสำหรับติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานควรเพิ่มขึ้นอีก 5 เซนติเมตร ซึ่งทำให้เหลือระยะด้านหลัง 25 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7 จะทำให้ออกของชุดคัดแยกไม่ชนกับกล่อง C ในกระบวนการคัดแยก ผลการปรับเลื่อนชุดป้อนชิ้นงานในระบบการผลิตตามตำแหน่งในแบบจำลองแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการจำลองเมื่อปรับเลื่อนตำแหน่งของชุดป้อนชิ้นงานไปที่ตำแหน่งหน้า 5 เซนติเมตร หลัง 25 เซนติเมตร มีรอบเวลาดลดลงโดยเฉลี่ย

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานตามผลการจำลอง

สายพานลำเลียง		รอบเวลาของระบบจริง	รอบเวลาของระบบจริง	ร้อยละของรอบเวลา
ความถี่ (Hz)	ความเร็ว (m/s)	ก่อนปรับปรุง (วินาที)	หลังปรับปรุง (วินาที)	ที่ลดลง (%)
6	0.019	127	117	7.87
11	0.031	81	74	8.64
16	0.045	63	59	6.35

7.92% โดยมีค่าสูงสุดถึง 8.59% เมื่อขับเคลื่อนสายพานลำเลียงด้วยความถี่ 6 Hz เมื่อทำการปรับปรุงระบบการผลิตจริงให้มีระยะติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานตามระยะที่เหมาะสมที่สุดจากผลการจำลอง สามารถเปรียบเทียบรอบเวลาได้ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงระบบการผลิตตามผลการจำลองภาพเคลื่อนไหวช่วยลดรอบเวลาของระบบลงได้เฉลี่ย 7.62% โดยลดรอบเวลาได้สูงสุด 8.64% เมื่อสายพานลำเลียงมีความเร็ว 0.031 เมตรต่อวินาที โดยระบบทำงานได้เป็นปกติและชุดคัดแยกไม่ชนกับกล่อง

## 5. สรุปผลการทดลอง

การจำลองเสมือนจริงของระบบการผลิตดั้งเดิมด้วย DELMIA V5 โดยจัดลำดับการทำงานด้วยแผนภาพเพิร์ทและกำหนดเวลาทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละขั้นตอนด้วยแผนภูมิแกนต์ ให้ผลการจำลองเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการผลิตจริงด้วยความแม่นยำสูงในระดับที่ยอมรับได้ คณะนักวิจัยจึงใช้แบบจำลองของระบบดั้งเดิมเพื่อศึกษาจนทราบถึงปัจจัยหลักที่มีความยืดหยุ่นสำหรับปรับปรุงระบบการผลิตที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ความเร็วสายพานลำเลียงที่ปรับเปลี่ยนได้ตามความถี่ของอินเวอร์เตอร์ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ซึ่งส่งผลต่อการลดรอบเวลาของระบบการผลิตโดยตรง และการปรับเลื่อนตำแหน่งติดตั้งชุดป้อนชิ้นงานที่เหมาะสมซึ่งนอกจากจะช่วยลดรอบเวลาการทำงานแล้วยังส่งผลต่อการทำงานที่ถูกต้องในระบบการผลิต การจำลองระบบการผลิตด้วยภาพเคลื่อนไหวทำให้ทราบถึงขีดจำกัดและข้อขาดของอุปกรณ์ในระบบการผลิต จากการสร้างแบบจำลองในกรณีต่างๆ ตามเงื่อนไขและขีดจำกัดของอุปกรณ์ในชุดทดลองระบบการผลิต และปรับแก้ปัจจัยที่มีความยืดหยุ่นต่อการปรับปรุงระบบการผลิตเดิมอย่างเหมาะสม ทำให้ระบบการผลิตหลังการปรับปรุงมีรอบเวลาดลดลงได้สูงสุด 8.64% จึงเป็นที่น่าเชื่อว่าสามารถนำแนวทางการปรับปรุงระบบการผลิตด้วยการจำลองเสมือนจริงในซอฟต์แวร์ DELMIA V5 จากงานวิจัยนี้ไปปรับใช้กับระบบขนาดใหญ่ หรือระบบการผลิตในสถานประกอบการจริงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น หรือเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นได้อย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตได้เป็นอย่างดีโดยส่งผลกระทบต่อสายการผลิตที่ใช้งานอยู่จริงน้อยที่สุด

## เอกสารอ้างอิง

- [1] M.P. Groover. Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems. Edition: 4. Publisher: John Wiley & Sons. 2010. pp. 935.

- [2] C. Srinivas, K. Ramji, B. Satyanarayana and N. Ravela, "Simulation based layout design of large sized multi-row Flexible Manufacturing Systems," *Journal of Engineering & Architecture*, 1(1), 2013, pp.34-44.
- [3] R. Sharma, P. Jain and G. Sharma, "Implementation Issues in FMS: A Literature Review," *International of Innovations in Engineering and Technology*, Vol. 2, Issue 2, 2013, pp. 190 – 197.
- [4] M. Gregor, J. Matuszek and D. Plinta, "Modelling and Simulation of Manufacturing Processes in Managing and Planning of Machines' Setup," *Advances in Manufacturing Science and Technology*, Vol. 37, No. 1, 2013, pp. 7 – 17.
- [5] E. Gingu and E.M. Zapciu, "Improving layout and workload of manufacturing system using Delmia Quest simulation and inventory approach," *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering*, Vol. 1, Issue 6, 2014, pp. 52 – 61.
- [6] M. Pivnička and D. Ferenčíková, "Possibilities of Using Computer Simulation in Production Process," *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Bali, Indonesia, January 7 – 9, 2014, pp.1273 – 1280.
- [7] M. Al-Kahtani, M. Safitra, A. Ahmad and A. Al-Ahmari, "Cost-Benefit Analysis of Flexible Manufacturing Systems," *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Bali, Indonesia, January 7 – 9, 2014.
- [8] P. Tamas, B. Illes and S. Tollar, "Simulation of a Flexible Manufacturing System," *Advanced Logistic Systems*, Vol. 6, No. 1, 2012, pp. 25 – 32.
- [9] บุษบา พุกกาพันธ์รัตน์ และ พชร อุไรพงษ์, "การวิเคราะห์ปรับปรุงสายการผลิตตามการผลิตแบบลีนโดยอาศัยการจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์," *วิศวกรรมสารธรรมศาสตร์*, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1, มกราคม-มิถุนายน 2556, หน้า 3 – 11.
- [10] G. A. Chang and W. R. Peterson, "Modeling and Analysis of Flexible Manufacturing Systems: A Simulation Study," *122nd ASEE Annual Conference & Exposition*, June 2015, pp. 4681 – 4699.
- [11] Z. Liu and H. Chen, "Mechanical Design and Kinematic Simulation of Automated Assembly System for Relay," *World Journal of Mechanics*, Vol.6, 2016, pp. 1 – 7.
- [12] M.A. Abidi, B. Lyonnet, P. Chevaillier and R. Toscano, "Contribution of Virtual Reality for Lines Production's Simulation in a Lean Manufacturing Environment," *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Vol. 8, No. 3, 2016, pp. 182 – 189.
- [13] B.S. Kumar, V. Mahesh and B.S. Kumar, "Modeling and Analysis of Flexible Manufacturing System with FlexSim," *International Journal of Computational Engineering Research*, Vol. 5, Issue 10, pp. 1 – 6.
- [14] DELMIA<sup>®</sup> is a registered trademark of the Dassault Systemes.