



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

Production scheduling for parallel machines using simulation techniques: case study of plastic packaging factory

จิรัศยา ปาณะศรี* นรา สมัตถภาพงศ์

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Jiratsaya Panasri^{1*} Nara Samattapapong²

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000

* Corresponding author.

E-mail: jiratsaya.panasri@hotmail.com; Telephone: 06 3765 8524

วันที่รับบทความ 14 กุมภาพันธ์ 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 24 พฤษภาคม 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 7 กันยายน 2565

วันที่ตอบรับบทความ 4 ตุลาคม 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักรให้เหมาะสมที่สุดและเพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้คุ้มค่าที่สุด รวมถึงส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนดและทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด (Makespan) จากการศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก พบว่าประสบปัญหาในการตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักร เนื่องจากไม่มีการศึกษาการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์ของผู้วางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตและเครื่องมือในการจัดตารางการผลิตไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคจำลองสถานการณ์มาใช้เพื่อสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดและค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักร ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่าการจัดลำดับการผลิตโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์สามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด 40 ทางเลือก และทางเลือกที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดใช้เวลาทำงานรวมเท่ากับ 96,018.01 วินาที จากเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันเท่ากับ 208,850 วินาที โดยสามารถลดเวลาทำงานรวมได้เท่ากับ 112,831.99 วินาที คิดเป็นร้อยละ 54.03

คำสำคัญ

การจัดลำดับการผลิต เครื่องจักรแบบขนาน เวลาทำงานรวม เทคนิคจำลองสถานการณ์ โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

Abstract

The purpose of this study is to use simulation techniques to examine the production scheduling process for parallel machines. This examination focuses on improving the work sequence in the machine and making the most cost-effective use of raw materials, as well as delivering goods on time to customers and reducing total uptime (Makespan). After examining and collecting data on the planning and sequencing operations of the plastic packaging factory, it was discovered that there was a problem in determining how to assign work to the machines due to a lack of systematic analysis of production scheduling. In addition, the sequence is based on the planner's experience in the production planning department, so scheduling systems and tools can't tell if the current sequence is the best one. The researchers

then used simulation techniques to create all possible alternatives and identify the best solution for the sequencing process on the machine. The simulation results showed that sequencing using simulation techniques can create a total of 40 possible alternatives. In addition, 96,018.01 seconds is the most ideal total uptime, compared to the 208,850 seconds that the current production sequence worked for. This reduces the total uptime to 112,831.99 seconds by 54%.

Keywords

production sequencing, parallel machine, makespan, simulation technique, plastic packaging factory

1. คำนำ

ในการดำเนินธุรกิจ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจไทย เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับระบบเศรษฐกิจของประเทศปีละหลายแสนล้านบาท จากสถิติของศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกในปี 2563 ประเทศไทยมีมูลค่าจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่อใช้งานภายในประเทศกว่า 8.4 แสนล้านบาท และมีอัตราการเติบโตจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 0.9 อีกทั้งอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกซึ่งเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกหลักของประเทศยังสร้างมูลค่าได้มากกว่า 2 แสนล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 24.3 ของมูลค่ารวม และมีอัตราการเติบโตร้อยละ 4.5 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ซึ่งคาดการณ์ว่าส่งผลมาจากการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ที่ส่งผลให้พฤติกรรมของผู้บริโภคได้เปลี่ยนแปลงไป โดยผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญกับสุขภาพและสุขอนามัยมากขึ้น [1] นอกจากนี้สภาวะการแข่งขันของธุรกิจอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น การดำเนินธุรกิจเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าจึงต้องมีการปรับกลยุทธ์ให้เข้ากับสภาวะที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เพื่อความอยู่รอดในการดำเนินธุรกิจและเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยมีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตและการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ การส่งมอบสินค้าในเวลาที่กำหนด ทรัพยากร และวัตถุดิบ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้การดำเนินธุรกิจบรรลุเป้าหมายสูงสุด กระบวนการวางแผนการผลิตและการจัดการการผลิตจึงเป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการปัจจัยการผลิตต่าง ๆ และเพิ่มความสามารถในการตอบสนองต่อสภาวะการแข่งขันในการดำเนินธุรกิจ

งานวิจัยมุ่งเน้นการศึกษาไปที่โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการผลิตสินค้าตามอุปสงค์ของลูกค้าเป็นหลัก โดยผลิตสินค้าที่มีความหลากหลายทั้งรูปแบบและปริมาณในช่วงเวลาการผลิตหนึ่ง ๆ ภายใต้สายการผลิตเดียวกัน นอกจากนี้รูปแบบการทำงานของเครื่องจักรการผลิตพบว่าเป็นเครื่องจักรแบบขนานที่มีกำลังการผลิตแตกต่างกัน ปัจจุบันทางโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาประสบปัญหาในกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตพบว่าไม่ศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการจัดลำดับการผลิตขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรตามวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก และมีการแทรกตารางการผลิตเมื่อมีงานด่วนเข้ามากระทบทันที เพื่อผลิตสินค้าให้ทันกำหนดส่งมอบสินค้าเป็นสำคัญ จึงส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบปัจจุบันต่ำกว่าเป้าหมายขององค์กร นอกจากนี้เครื่องมือการจัดการตารางการผลิตปัจจุบันจากโปรแกรม Microsoft Office Excel ไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อจัดการตารางการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim [2] ในการหาทางเลือกของการจัดลำดับงานที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากโปรแกรม Flexsim มีเครื่องมือที่ช่วยในการหาทางเลือกที่เหมาะสมให้กับการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักรตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของการปฏิบัติจริงได้ โดยไม่เกิดความเสียหายกับระบบการทำงานจริง เพื่อให้เห็นการทำงานที่จะเกิดขึ้นและสามารถปรับเปลี่ยนทางเลือกให้เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดลำดับการผลิต เพื่อให้สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลาและใช้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการตัดสินใจเพื่อมอบหมายงานให้กับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดไม่ว่าจะเป็นคน เครื่องจักร อุปกรณ์ รวมถึงเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน [3] และเป็นกระบวนการที่มีลักษณะแตกต่างกันตามข้อจำกัดและเงื่อนไขของกระบวนการผลิต ทำให้ระบบการจัดตารางการผลิตมีหลากหลายรูปแบบและมีความซับซ้อนมาก [4] ดังนั้นองค์กรธุรกิจจำเป็นต้องหาเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้องค์กรธุรกิจสามารถบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ [5] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่มีลักษณะการทำงานและรูปแบบในการทำงานที่เหมือนกันแต่อัตราการผลิตของเครื่องจักรแตกต่างกัน [6] โดยใช้การจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ที่เป็นกระบวนการเลียนแบบพฤติกรรมหรือการดำเนินงานของระบบการทำงานต่าง ๆ เช่น ระบบการผลิตในอุตสาหกรรม การบริการ ระบบขนส่ง เป็นต้น [7] เพื่อวิเคราะห์การดำเนินงานปัจจุบันและหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อหาวิธีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับการดำเนินงานจริง [8]

การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานเป็นปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีตัวแปรของจำนวนงาน เวลาในการผลิต และกำหนดส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าที่แตกต่างกัน [9] รวมถึงข้อจำกัดของเครื่องจักรในการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตที่มีอยู่อาจมีประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากันหรือแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานหรือเทคโนโลยีของเครื่องจักร [10] หากเครื่องจักรแบบขนานที่ใช้ในการผลิตมีประสิทธิภาพที่ต่างกันจะส่งผลให้เวลาในการทำงานแล้วเสร็จแตกต่างกัน จึงอาจส่งผลให้ผลิตสินค้าไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้าได้ ดังนั้นการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและจัดการอย่างเป็นระบบ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Caputo et al. [11] ได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาช่วยในการจัดตารางการผลิต โดยใช้เครื่องมือ OptQuest for

Arena ในซอฟต์แวร์ Arena สำหรับวิเคราะห์หาลำดับที่เป็นไปได้ในกระบวนการผลิต ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินงานเริ่มต้นจากการจัดสรรทรัพยากรให้กับสถานงานต่าง ๆ โดยเขียนคำสั่งให้ข้อมูลการผลิตประมวลผลตามโค้ด VBA ที่อยู่ในฐานข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลมาทำการจำลองกระบวนการผลิตเพื่อหาลำดับการผลิตที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด จากการศึกษาพบว่าซอฟต์แวร์ Arena สามารถวิเคราะห์หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลองการจัดตารางการผลิตได้

Cheng and Chan [12] ได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาช่วยในการวางแผนการผลิตเพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim โดยเริ่มต้นจากการนำข้อมูลการผลิตจากสเปรดชีตในโปรแกรม Microsoft Office Excel มาประมวลผลลงในแบบจำลองสถานการณ์ Flexsim โดยการจัดกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่เป็นไปได้ และจัดเรียงกลุ่มข้อมูลที่ให้ค่า Slack time สูงสุดเข้าผลิตก่อน จากการจำลองสถานการณ์พบว่าการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมทำให้ค่า Slack time ลดลง แต่ส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลแบบจำลองเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมมา

วิสพล ธารณา และคณะ [13] ได้พัฒนาวิธีการจัดการการผลิตเพื่อให้เวลาในการทำงานรวมต่ำที่สุด โดยใช้วิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การจัดกลุ่มงาน ซึ่งประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อมอบหมายงานเข้าเครื่องจักรให้เหมาะสมที่สุด และ 2) การจัดลำดับงานที่ประยุกต์ใช้เทคนิคฮิวริสติกส์ โดยพิจารณาจากวันกำหนดส่งเร็วที่สุดและการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดการการผลิตดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิต ร้อยละ 7.83 ของการจัดตารางการผลิตแบบเดิม

บุริม นิลแป้น และพงษ์ชัย จิตตะมัย [14] ได้นำเสนอการวางแผนการขนส่งอ้อยโดยการกำหนดลำดับการทำงานของรถตัดอ้อย โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) และหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะในการคำนวณเปรียบเทียบกับการทำงานปัจจุบัน ผลจากการศึกษาพบว่าสามารถลดจำนวนรถบรรทุกในการใช้งานลงได้ระหว่างร้อยละ 9-42 และระยะทางในการเดินทางรวมของรถ

ตัดอ้อยลดลงในช่วงระหว่างร้อยละ 2-27 รวมถึงต้นทุนในการวางแผนลดลงได้ประมาณร้อยละ 3-5

ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์ [15] ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อหาเวลาปิดงานของระบบที่สั้นที่สุด โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mixed Integer Linear Programming ส่งให้เซิร์ฟเวอร์ NEOS ช่วยประมวลผลและคำนวณหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด แต่ในการประมวลผลข้อมูลพบว่าข้อมูลมีขนาดใหญ่และตัวแปรมีจำนวนมาก จึงได้นำโปรแกรม CPLEX ซึ่งมีขนาดของเซิร์ฟเวอร์ที่ใหญ่กว่ามาช่วยในการคำนวณ จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรม CPLEX บนเซิร์ฟเวอร์ NEOS สามารถลดเวลาปิดงานของระบบได้ดีกว่าการจัดตารางการผลิตแบบเดิมร้อยละ 17.49 อย่างไรก็ตามตามงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะการลดเวลาปิดงานของระบบ แต่ไม่ได้พิจารณาถึงต้นทุนในการผลิตด้านอื่น ๆ

อารดา ไชยโคตร [16] ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรสำหรับขึ้นรูปยางรถยนต์ เพื่อลดต้นทุนรวมจากค่าแรงงานและค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mixed Integer Linear Programming สำหรับแก้ปัญหา โดยใช้ซอฟต์แวร์ OpenSolver ด้วยโปรแกรมประมวลผล Gurobi 7.5.2 มาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งกระบวนการผลิตมีข้อจำกัดของเครื่องจักรบางเครื่องไม่สามารถผลิตงานบางขนาดได้และลำดับในการผลิตงานมีผลต่อเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร จากการศึกษาพบว่าสามารถลดต้นทุนรวมได้ 328,848 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 13.3

ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล [17] ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อปรับลดจำนวนเครื่องจักรที่ใช้งานให้เหมาะสมและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัตราการใช้เครื่องจักร รวมถึงลดต้นทุนรวมของระบบการผลิต โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมและใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ผสมผสาน จากการศึกษาพบว่าการจัดตารางการผลิตโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ผสมผสาน และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบปัจจุบันโดยสามารถลดต้นทุนโดยรวมของระบบร้อยละ 13.43 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปัจจุบัน

ตารางที่ 1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	เครื่องมือที่ใช้
Caputo, Gallo and Guizzi	การหาลำดับการผลิตที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด	ซอฟต์แวร์ Arena
Cheng and Chan	การจัดลำดับโดยพิจารณาจาก Slack time เพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด	โปรแกรม Microsoft office excel และโปรแกรม Flexsim
วิศพล ธารณา, ลูติมา ชูกิจรุ่งโรจน์ และมธุรดา วิริยะพงษ์	จัดลำดับโดยพิจารณาจากกำหนดส่งมอบสินค้าเร็วที่สุดและเวลาทำงานน้อยที่สุด เพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเทคนิคฮิวริสติกส์
บุริม นิลแบน และพงษ์ชัย จิตตะมัย	เพื่อลดระยะทางในการเดินทางรวม และต้นทุนในการวางแผน	โปรแกรมเชิงเส้นตรงและหลักการของการจัดเส้นทาง
ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์	เพื่อหาเวลาปิดงานของระบบที่สั้นที่สุด	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรม CPLEX
อารดา ไชยโคตร	เพื่อลดต้นทุนรวมจากค่าแรงงาน และค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรม Gurobi
ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล	เพื่อลดจำนวนเครื่องจักรเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักร และลดต้นทุนรวมของระบบ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเทคนิคฮิวริสติกส์ผสมผสาน
จิรัชยา ปาณะศรี และนรา สมัตตภาพงศ์	จัดลำดับโดยพิจารณาจากความสามารถในการขึ้นรูปและเครื่องจักร รวมถึงลำดับงาน เพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด	โปรแกรม Microsoft office excel และโปรแกรม Flexsim

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการคิดค้นวิธีการสำหรับหาเวลาการทำงานรวมที่น้อยที่สุดและหาคำตอบที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งมีการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์โดยใช้ระบบทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตและหาทางเลือกที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต แต่การศึกษาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel ประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Flexsim เพื่อหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องจักรแบบขนาน โดยพิจารณาจากเงื่อนไขการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกพบว่ายังไม่มีการศึกษามาก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ Flexsim มาประยุกต์ใช้กับการจัดตาราง

การผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน โดยพิจารณาจากการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และสร้างแบบจำลองให้หาลำดับการผลิตบนเครื่องจักร ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะการทำงานในปัจจุบันและรวบรวมข้อมูลในกระบวนการจัดลำดับการผลิต ผลจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะนำไปสร้างแบบจำลองการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง แล้วทำการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตโดยพิจารณาจากปัจจัยในกระบวนการผลิต เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสม และผลที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์และสรุปผล ขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกของกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยสูญญากาศจะทำการผลิตสินค้าตามอุปสงค์ของลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งสินค้าที่ผลิตมีความหลากหลายทั้งรูปแบบและปริมาณทำให้กระบวนการผลิตมีความซับซ้อน ปัจจุบันกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิต ซึ่งจะพิจารณาผลิตสินค้าตามกำหนดส่งมอบของลูกค้าเป็นหลัก เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้ทันเวลาและสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้าต่อองค์กร นอกจากนี้เครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยสูญญากาศมีจำนวน 2 เครื่อง ที่มีรูปแบบการทำงานที่เหมือนกันแต่อัตราการผลิตแตกต่างกัน โดยมีขั้นตอนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

- 1) รับคำสั่งซื้อมาจากลูกค้า
- 2) ค้นหาข้อมูลและบันทึกจำนวนการผลิตใน Master List บนโปรแกรม Microsoft Office Excel
- 3) จัดลำดับการผลิต โดยพิจารณาจากกำหนดส่งมอบสินค้า และขนาดของแม่พิมพ์ที่ใกล้เคียงกัน
- 4) ตรวจสอบวัสดุในการผลิต
- 5) บันทึกแผนการจัดลำดับการผลิต

หมายเหตุ: ถ้ามีงานเร่งด่วนพนักงานวางแผนจะทำการแทรกแผนการผลิต เพื่อผลิตสินค้าให้ทันกำหนดของลูกค้า

3.2 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์กระบวนการจัดลำดับ

การรวบรวมข้อมูลกระบวนการจัดลำดับการผลิตเริ่มจากการประชุมกับโรงงานกรณีศึกษา จากนั้นสอบถามขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตและปัจจัยการผลิตที่นำมาพิจารณาในกระบวนการผลิต รวมถึงข้อจำกัดของเครื่องจักรในการผลิตสินค้า นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สอบถามตัวอย่างสินค้าที่ผลิตให้กับลูกค้าเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ที่มีความสามารถในการผลิตบนเครื่องจักรที่แตกต่างกัน จากสินค้าทั้งหมด 1145 ชนิด ซึ่งคิดเป็น 0.007% ของสินค้าทั้งหมดในโรงงานกรณีศึกษา โดยตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลอง

สินค้า	เวลาผลิต (วินาที)	จำนวน Cavity	ปริมาณผลิต (ชิ้น)	เครื่องจักรการผลิต	% Mat
1	18.8	1	3,000	B	75.56
2	12.0	2	4,900	B	57.74
3	11.6	2	1,000	B	57.74
4	11.6	2	440	B	57.74
5	27.0	1	1,000	A	78.31
6	27.0	2	3,000	A	56.62
7	23.9	2	10,000	A	53.13
8	22.1	2	1,000	A	53.13

หมายเหตุ: เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 1 ชม./สินค้า

3.3 การสร้างแบบจำลองการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim สำหรับกระบวนการจัดลำดับการผลิตเริ่มจากการกำหนดหน่วยที่ใช้ในแบบจำลองทั้งหมด จากนั้นทำการสร้างเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองลงบนโปรแกรม แล้วทำการกำหนดพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้ ชนิดสินค้า ปริมาณการผลิต จำนวนช่อง (Cavity) เวลาการผลิต ขนาดของแม่พิมพ์ ขนาดของวัสดุ กำหนดส่งมอบสินค้า เครื่องจักรการผลิต และเวลาปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตลงในแบบจำลองสถานการณ์ให้สามารถทำงานตามเงื่อนไขของกระบวนการผลิตปัจจุบันได้ ซึ่งเงื่อนไขของกระบวนการผลิตปัจจุบัน ประกอบด้วย 3 เงื่อนไขสำคัญดังต่อไปนี้

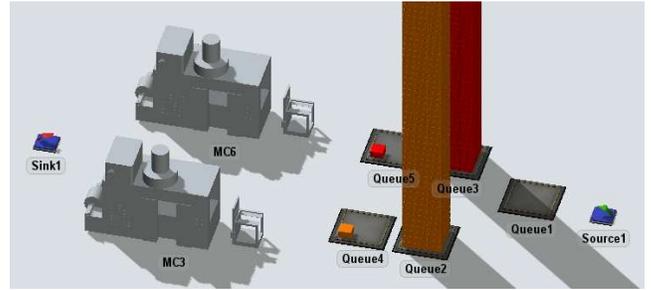
เงื่อนไขที่ 1 ลำดับในการผลิต โดยพิจารณาจากปัจจัยการผลิต ดังนี้ กำหนดส่งมอบสินค้าและขนาดของแม่พิมพ์ที่ใกล้เคียงกันเป็นหลัก เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนดและใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรให้น้อยที่สุด

เงื่อนไขที่ 2 ความสามารถของเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรบางเครื่องไม่สามารถผลิตงานบางขนาดได้

เงื่อนไขที่ 3 การปรับตั้งเครื่องจักร เมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของสินค้าในการผลิต โดยใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ประมาณ 1 ชั่วโมงต่อสินค้า

เมื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบันเสร็จแล้วจะทำการรันโปรแกรมเพื่อดูผลจากการทดลอง หลังจากนั้นจะทำการ

การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน

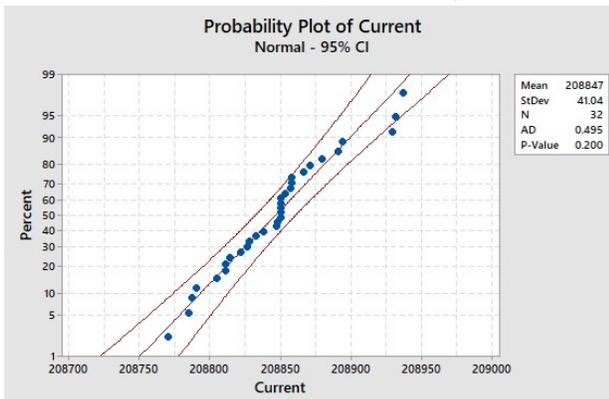
3.4 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำไปใช้งานจริง เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องและได้ผลการดำเนินงานที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด [18] จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์พบว่าแบบจำลองสามารถทำงานได้ตามสภาพแวดล้อมการทำงานจริงและไม่มีการแจ้งเตือนความผิดพลาด สำหรับขั้นตอนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองผู้วิจัยได้เปรียบเทียบเวลาทำงานรวมปัจจุบันและเวลาทำงานรวมของแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Minitab ในการคำนวณค่าทางสถิติ ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลเริ่มจากการตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้การทดสอบ Normality Test เพื่อดูว่าชุดข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ [19] แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 ผลจากการทดสอบพบว่าค่า P-value ของกระบวนการจัดลำดับปัจจุบันเท่ากับ 0.200 และแบบจำลองสถานการณ์เท่ากับ 0.359 ซึ่งค่า P-value ของข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลทั้ง 2 ชุด เป็นการแจกแจงแบบปกติ จากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบ Paired T-Test ซึ่งสมมติฐานของการทดสอบคือ

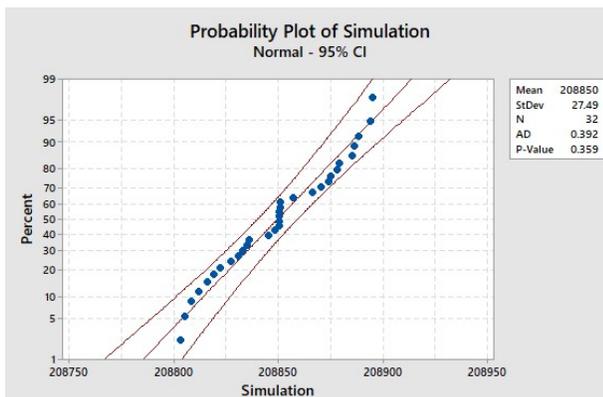
H_0 = แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้

H_1 = แบบจำลองไม่สามารถเป็นตัวแทนของ กระบวนการ จัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้

ผลจากการทดสอบ Paired T-Test เพื่อเปรียบเทียบ กระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันกับแบบจำลอง กระบวนการจัดลำดับการผลิตพบว่าค่า P-value เท่ากับ 0.748 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตที่ สร้างขึ้นมานี้มีความสมเหตุสมผลและสามารถเป็นตัวแทนการ ทำงานของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้



รูปที่ 3 ผลจากการทดสอบ Normality Test ของกระบวนการจัด ลำดับปัจจุบัน



รูปที่ 4 ผลจากการทดสอบ Normality Test ของแบบจำลอง

จากนั้นหาจำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำ (Number of Replication) [20] ที่เหมาะสม เพื่อให้ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของการประมวลผลแบบจำลองไม่เกิน 10% ของค่าเฉลี่ย [21] ซึ่งหาได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$N = \left(\frac{t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} * s}{e} \right)^2 \quad (1)$$

$$\text{Standard Error} = t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} * s / \sqrt{n} \quad (2)$$

โดย

N = จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำ

n = จำนวนข้อมูลในการประมวลผลซ้ำ

t = ค่าการแจกแจง t ที่ได้จากการเปิดตารางที่ระดับความ เชื่อมั่น 0.05

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จาก การ ประมวลผลเริ่มต้น 10 รอบ

e = ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ โดยกำหนดให้ ไม่เกิน 10% ของค่าเฉลี่ย

การคำนวณโดยใช้ค่าการจำลองสถานการณ์เบื้องต้นที่ จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 10 รอบ พบว่าค่า ความผิดพลาดเท่ากับ 16.17 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าความผิดพลาด ที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นจึงทำการคำนวณหาจำนวนรอบของ การประมวลผลซ้ำที่เหมาะสม ผลจากการคำนวณโดยใช้ จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 30 รอบ พบว่าค่า ความผิดพลาดมีค่าเท่ากับ 10.31 ซึ่งมากกว่าค่าความผิดพลาด ที่สามารถยอมรับได้ จึงทำการคำนวณหาจำนวนรอบในการ ประมวลผลซ้ำที่เหมาะสมใหม่ แสดงดังสมการที่ 3 และจาก การประมวลผลซ้ำที่ 32 รอบ พบว่าให้ค่าความผิดพลาดเท่ากับ 9.91 ซึ่งน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ที่ 10% ของค่าเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 3 ดังนั้นการประมวลผลของ แบบจำลองสถานการณ์จะเลือกใช้จำนวนรอบของการ ประมวลผลซ้ำเท่ากับ 32 รอบ

ตารางที่ 3 การคำนวณความผิดพลาดของแบบจำลองที่ 32 รอบ

Mean	208849.66
Standard Deviation	27.49
t for alpha = 0.05, 31 d.f.	2.04
Standard Error	9.91

$$N = \left(\frac{2.05 \times 27.61}{10.00} \right)^2 = 31.89 \approx 32 \quad (3)$$

3.5 การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต

ปัจจุบันฝ่ายวางแผนการผลิตจะเป็นผู้วางแผนการผลิต หากพนักงานวางแผนได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจะดำเนินการวางแผนการผลิตล่วงหน้าประมาณ 1 วัน โดยตัดสินใจมอบหมายงานจากกำหนดการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก จากนั้นจะพิจารณาจากขนาดของเครื่องจักรเพื่อตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรที่ต้องผลิต หลังจากนั้นจะดำเนินการส่งแผนการผลิตให้กับพนักงานฝ่ายผลิตเพื่อผลิตงานตามใบสั่งผลิตในแต่ละวัน จากการศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกพบว่า ประสพปัญหาจากการไม่ศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการจัดลำดับการผลิตขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรตามวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบต่ำกว่าเป้าหมายขององค์กร รวมทั้งเครื่องมือในการจัดลำดับการผลิตโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบขั้นตอนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตเพื่อหาวิธีการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสม เพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้คุ้มค่ามากที่สุดและสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลา รวมทั้งทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร

ขั้นตอนที่ 3 การจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร

โดยการออกแบบขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นจะพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในกระบวนการผลิตของตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 8 ตัวอย่าง โดยใช้การเขียนโค้ด VBA (Visual Basic for Application) ในโปรแกรม Microsoft Office Excel เพื่อตัดสินใจและสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการจัดลำดับงาน แล้วนำทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการตัดสินใจตามขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตนำเข้าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim สำหรับหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 1 ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างสินค้า 8 ตัวอย่าง จะพิจารณาจากปัจจัยในการผลิตดังนี้ พื้นที่แม่พิมพ์ ชนิดของวัสดุ ความหนาของวัสดุ และความสูงของแม่พิมพ์ เมื่อพิจารณาจากปัจจัยการผลิตดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้สามารถจัดกลุ่มงานได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม ตัวอย่างเช่น สินค้า 1 ไม่สามารถขึ้นรูปกับสินค้าอื่น ๆ ได้ จัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 1 และสินค้า 2, 3 และ 4 สามารถขึ้นรูปร่วมกันบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันได้ จัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 2 เป็นต้น ผลจากการตัดสินใจในขั้นตอนที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลกลุ่มงานทั้งหมดที่ได้จากขั้นตอนที่ 1

กลุ่มงาน	สินค้า	เวลาผลิต (วินาที)	จำนวน Cavity	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	% Mat
1	1	18.8	1	3,000	75.56
2	2, 3, 4	12.0	6	6,340	94.40
3	5, 6	27.0	3	4,000	91.22
4	7, 8	23.9	4	11,000	94.12

ขั้นตอนที่ 2 ความสามารถในการผลิตงานทั้งหมด 4 กลุ่มของเครื่องจักรจะพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในการผลิตดังนี้

- ผลิตบนเครื่องจักร A: พื้นที่แม่พิมพ์จะต้องน้อยกว่าหรือมากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์เครื่องจักร B

- ผลิตบนเครื่องจักร B: พื้นที่แม่พิมพ์จะต้องน้อยกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์เครื่องจักร B เท่านั้น

โดยพื้นที่แม่พิมพ์คือขนาดของงานที่ต้องการผลิต (ความกว้าง x ความยาว x จำนวน Cavity) ซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกันในการผลิตงานแต่ละชนิด และพื้นที่แผ่นพิมพ์ (ความกว้างของวัตถุดิบในการผลิต x ความยาวของแผ่นพิมพ์) คือขนาดของวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งขนาดของแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร A และ B จะมีขนาดแตกต่างกัน ดังนี้ เครื่องจักร A จะมีความยาวเท่ากับ 1.3 เมตร และเครื่องจักร B จะมีความยาวเท่ากับ 1.0 เมตร จึงส่งผลให้เครื่องจักร A สามารถผลิตงานได้จำนวนมากกว่าเครื่องจักร B ดังนั้นงานที่มีพื้นที่แม่พิมพ์น้อยกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B จึงมีความสามารถในการผลิตงานทั้งเครื่องจักร A และ B แต่งานที่มีพื้นที่แม่พิมพ์มากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B จะสามารถผลิตบนเครื่องจักร A เท่านั้น

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในการผลิตดังกล่าวข้างต้นพบว่ากลุ่มงานที่ 1 และ 3 สามารถผลิตงานได้บนเครื่องจักร A และ B แต่กลุ่มงานที่ 2 และ 4 สามารถผลิตงานได้บนเครื่องจักร A เท่านั้น แสดงดังตารางที่ 5 โดยหมายเลข 1 แทนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักรนั้นได้ และหมายเลข 0 แทนกลุ่มงานที่ไม่สามารถผลิตบนเครื่องจักรนั้นได้ โดยเครื่องจักรที่สนใจศึกษาเป็นเครื่องจักรที่สามารถขึ้นรูปด้วยสูญญากาศทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษาพบว่ามีจำนวน 2 เครื่อง ซึ่งเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่องมีความสามารถในการผลิตแตกต่างกันแต่มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน

ตารางที่ 5 เงื่อนไขของเครื่องจักรที่สามารถผลิตกลุ่มงานได้

กลุ่มงานที่	เครื่องจักรที่สามารถผลิตได้	
	เครื่องจักร A	เครื่องจักร B
1	1	1
2	1	0
3	1	1
4	1	0

ขั้นตอนที่ 3 การจัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักรจะนำวิธีการเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) และการจัดหมู่ (Combination) มาประยุกต์ใช้เพื่อหาลำดับกลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดตามเงื่อนไขของเครื่องจักรที่สามารถผลิตกลุ่มงานนั้น ๆ ได้ จากตารางที่ 5 พบว่ากลุ่มงานที่ 1-4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ แต่กลุ่มงานที่ 2 และ 4 จำนวน 2 กลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้เท่านั้น งานวิจัยนี้จึงได้หาทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตกลุ่มงานบนเครื่องจักร B จากสูตร $2n$ โดยกำหนดให้ n แทนจำนวนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้ ผลจากการคำนวณพบว่ากรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดเท่ากับ 4 กรณี จึงได้นำ 4 กรณีที่เป็นไปได้ในการผลิตกลุ่มงานบนเครื่องจักร B มาใช้ในการหาลำดับกลุ่มงานที่เป็นไปได้ในการผลิตบนเครื่องจักร แสดงดังสมการที่ 4 โดยที่ r แทนจำนวนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ที่เป็นไปได้ในแต่ละทางเลือก

$$S_{(n,r)} = (n-r)!r! \quad (4)$$

ผลจากการจัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักรพบว่าสามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด 40 ทางเลือก โดยมาจากการคำนวณดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 กลุ่มงานที่ 1-4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ทั้งหมด จะสามารถหาลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตบนเครื่องจักรเท่ากับ $S_{(4,0)} = (4-0)!0! = 24$ ทางเลือก

กรณีที่ 2 กลุ่มงานที่ 1, 2 และ 4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ แต่กลุ่มงานที่ 3 สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้เท่านั้น จะสามารถหาลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตบนเครื่องจักรเท่ากับ $S_{(4,1)} = (4-1)!1! = 6$ ทางเลือก

กรณีที่ 3 กลุ่มงานที่ 2, 3 และ 4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ แต่กลุ่มงานที่ 1 สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้เท่านั้น จะสามารถหาลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตบนเครื่องจักรเท่ากับ $S_{(4,1)} = (4-1)!1! = 6$ ทางเลือก

กรณีที่ 4 กลุ่มงานที่ 2 และ 4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ แต่กลุ่มงานที่ 1 และ 3 ผลิตบนเครื่องจักร B ได้เท่านั้น จะสามารถหาลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตบนเครื่องจักรเท่ากับ $S_{(4,2)} = (4-2)!2! = 4$ ทางเลือก

3.6 การปรับปรุงแบบจำลองการจัดลำดับการผลิต

ข้อมูลทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในโปรแกรม Microsoft Office Excel จากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต จะทำการดึงลงในโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim เพื่อกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการหาเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้เครื่องมือ Experiment แสดงดังรูปที่ 5 และใช้เครื่องมือ Parameter และ Performance Measure ในการกำหนดพารามิเตอร์และข้อจำกัดในการผลิตงานบนเครื่องจักร รวมถึงการคำนวณค่าเวลาทำงานรวมของระบบการผลิต จากนั้นจะทำการรันโปรแกรมเพื่อดูผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม Flexsim

Parameters	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Parameters - G1	1	1	1	1
Parameters - G2	1	1	1	1
Parameters - G3	1	1	1	1
Parameters - G4	1	1	1	1
Parameters - Sequence	[1, 2, 3, 4]	[1, 2, 4, 3]	[1, 3, 2, 4]	[1, 3, 4, 2]

รูปที่ 5 การกำหนดทางเลือกทั้งหมดโดยใช้เครื่องมือ Experiment

3.7 สมมติฐานของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

จากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การจัดลำดับการผลิตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาทำงานรวมของระบบที่เหมาะสมที่สุด และเพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้คุ้มค่าที่สุด รวมถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในการผลิตของความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ดังนี้ พื้นที่แม่พิมพ์ ชนิดของวัสดุ ความหนาของวัสดุ และความสูงของแม่พิมพ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักรพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัด ดังนี้ พื้นที่แม่พิมพ์ และพื้นที่แผ่นพิมพ์ และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักรพิจารณาจากความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร ดังนั้นสมมติฐานของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการจัดลำดับการผลิตมีดังต่อไปนี้

- การสร้างแบบจำลองสามารถลดเวลาทำงานรวมของระบบการผลิตได้หรือไม่
- การสร้างแบบจำลองสามารถเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบของระบบการผลิตได้หรือไม่
- การสร้างแบบจำลองสามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนดได้หรือไม่

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการทดลองออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตทั้งหมด 3 ขั้นตอน โดยพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในกระบวนการผลิตของความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร โดยใช้การเขียนโค้ด VBA บนโปรแกรม Microsoft Office Excel มาประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Flexsim พบว่าสามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการหาเวลาทำงานรวมของระบบที่เหมาะสมที่สุด

จากการสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดเพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุดของการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนาน โดยการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตทั้งหมด 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร พบว่าสามารถจัดกลุ่มงานได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม

จากตัวอย่างสินค้า 8 ตัวอย่าง และในแต่ละกลุ่มงานมีความสามารถในการผลิตงานบนเครื่องจักรแตกต่างกัน รวมทั้งลำดับของกลุ่มงานในการผลิตบนเครื่องจักรมีผลต่อเวลาทำงานรวมของระบบแตกต่างกันส่งผลให้งานวิจัยนี้สามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด 40 ทางเลือก สำหรับจัดลำดับงานบนเครื่องจักร 2 เครื่อง โดยใช้เวลาในการประมวลผลการจัดลำดับกลุ่มงานบนโปรแกรม Flexsim ประมาณ 1 ชั่วโมง ซึ่งเวลาในการประมวลผลบนโปรแกรม Flexsim จะขึ้นอยู่กับเวลาการผลิตในแบบจำลองและจำนวนคำตอบที่ต้องการหา ตัวอย่างผลจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim แสดงดังตารางที่ 6

จากผลการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Flexsim 2021 เวอร์ชัน 21.0.7 สำหรับจัดลำดับงานบนเครื่องจักรเพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุดได้นำผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการจำลองสถานการณ์มาเปรียบเทียบกับการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน พบว่าทางเลือกที่ 25 คือกลุ่มงานที่ 2 และกลุ่มงานที่ 4 ผลิตบนเครื่องจักรที่ A ตามลำดับ กับกลุ่มงานที่ 1 และกลุ่มงานที่ 3 ผลิตบนเครื่องจักร B ตามลำดับ เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการผลิตงานน้อยที่สุดเท่ากับ 96,018.01 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกทั้งหมดที่เป็นไปได้ และสามารถลดเวลาทำงานรวมของระบบการจัดลำดับการผลิตจากปัจจุบันลงได้เท่ากับ 112,831.99 วินาที คิดเป็นร้อยละ 54.03 จากเดิมใช้เวลาทำงานรวมเท่ากับ 208,850 วินาที ซึ่งเก็บข้อมูลจากกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันและการจำลองกระบวนการจัดลำดับปัจจุบันในโปรแกรม Flexsim ของตัวอย่างสินค้า 8 ชนิด โดยจัดลำดับการผลิตจากตัวอย่างสินค้าทั้ง 8 ชนิด ตามวันส่งมอบสินค้าของลูกค้าเป็นหลักและขนาดของแม่พิมพ์เพื่อลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร จึงทำให้ตัวอย่างสินค้าที่ 1-4 ผลิตบนเครื่องจักร B และสินค้าตัวอย่างที่ 5-8 ผลิตบนเครื่องจักร A นอกจากนี้การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตยังส่งผลให้สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนดทั้งหมด 4 กลุ่มงาน จากเดิมของการจำลองสถานการณ์โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกปัจจุบันสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลาทั้งหมด 8 ตัวอย่างสินค้า และเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบเฉลี่ยของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 88.83

(ข้อมูลจากตารางที่ 4) จากเดิมการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกปัจจุบันเฉลี่ยเท่ากับ 61.25 (ข้อมูลจากตารางที่ 2) ส่งผลให้สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายขององค์กรได้

ตารางที่ 6 ตัวอย่างผลการทดลองจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์

ทางเลือก	เครื่องจักรในการผลิต		เวลาทำรวมของระบบ (วินาที)
	เครื่องจักร A	เครื่องจักร B	
25	2, 4	1, 3	96,018.01
26	2, 4	3, 1	99,591.01
27	4, 2	1, 3	96,018.01
28	4, 2	3, 1	99,591.01
29	1, 2, 4	3	141,997.01
30	1, 4, 2	3	142,009.01
31	2, 1, 4	3	145,597.01
32	2, 4, 1	3	145,597.01
33	4, 1, 2	3	145,609.01
34	4, 2, 1	3	145,597.01
ค่าเฉลี่ยของเวลาทำงานรวมของระบบ			160,260.01
Standard Deviation			32,038.8

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim มาใช้ในการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนานเพื่อหาเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมที่สุดจากการศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก พบว่าไม่มีการศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ เนื่องจากในการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิต รวมทั้งเครื่องมือในการจัดลำดับการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต 3 ขั้นตอน ดังนี้ ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร เพื่อสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักร และใช้โปรแกรม

จำลองสถานการณ์ Flexsim ในการประมวลผลเพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดและทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กับการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน ผลจากการทดลองตัวอย่างสินค้า 8 ตัวอย่าง พบว่าสามารถจัดกลุ่มงานเพื่อผลิตบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันหรือความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากปัจจัยในกระบวนการผลิตได้ทั้งหมด 4 กลุ่มงาน ทั้งนี้แต่ละกลุ่มงานมีข้อจำกัดของเวลาการผลิต ปริมาณการผลิต และจำนวนช่อง (Cavity) ไม่เท่ากัน รวมทั้งกลุ่มงานบางกลุ่มสามารถผลิตงานได้บางเครื่องจักรเท่านั้น ส่งผลให้สามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ในการจัดลำดับการผลิตทั้งหมด 40 ทางเลือก เมื่อนำทางเลือกทั้งหมดมาประมวลผลบนโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim พบว่ากลุ่มงานที่ 2 และกลุ่มงานที่ 4 ผลิตบนเครื่องจักร A ตามลำดับ กับกลุ่มงานที่ 1 และกลุ่มงานที่ 3 ผลิตบนเครื่องจักร B ตามลำดับ ทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 96,018.01 วินาที จากเดิมเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันเท่ากับ 208,850 วินาที ซึ่งสามารถลดเวลาทำงานรวมได้ถึง 112,831.99 วินาที คิดเป็นร้อยละ 54.03 แต่ถ้ามีการเพิ่มจำนวนงานที่ต้องการประมวลผลมากกว่า 8 งาน จะใช้เวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้นตามเวลาการผลิตในแบบจำลองและจำนวนคำตอบที่ต้องการหา และจะต้องทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม Flexsim ใหม่ เพื่อกำหนดข้อจำกัดในการผลิตงานบนเครื่องจักรและข้อจำกัดของแต่ละกลุ่มงาน โดยไม่ต้องทำการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับใหม่ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถพัฒนาการใช้งานให้โปรแกรม Flexsim สามารถประมวลผลได้เพียงโปรแกรมเดียวจะสามารถลดความยุ่งยากและซับซ้อนในการใช้งานได้ รวมถึงการนำซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการประมวลผลให้เร็วขึ้นมาใช้งานจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและลดความล่าช้าในการประมวลผลข้อมูลได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ในกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิต รวมทั้งสละเวลาในการให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยในการดำเนินงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมพลาสติก. โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติกไทยปี 2564. เข้าถึงได้จาก: <http://plastic.oie.go.th/ReadArticle.aspx?id=21857> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2565].
- [2] Flexsim software products, Inc. Flexsim Simulation Software. Available from: www.flexsim.com [Accessed 13th June 2022].
- [3] นมิตา ศรีผล. การจัดการการผลิตเพื่อปรับปรุงปริมาณงานล่าช้า: กรณีศึกษา[วิทยานิพนธ์]. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
- [4] พงษ์ธาดา ศุภกิจกำจร. การเปรียบเทียบการจัดการจัดการการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันโดยใช้โปรแกรมการจัดการการผลิตและการใช้แบบจำลองมอเดลงาน [วิทยานิพนธ์]. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2556.
- [5] พิภพ ลลิตาภรณ์. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2545.
- [6] ปารเมศ ชูติมา. เทคนิคการจัดการดำเนินงาน. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2546.
- [7] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การจำลองสถานการณ์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2544.
- [8] พรศิริ จงกล และทวีศักดิ์ ภิรามร. การวิเคราะห์หาระยะเวลาในการดำเนินการของแบบจำลองเหตุการณ์แถวคอย. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2553; 3(1): 12-19.
- [9] นัฐพงศ์ สุดพุ่ม และสรรพสิทธิ์ ลิ้มนรัตน์. การจัดการการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานโดยมีเวลาเตรียมการผลิตเป็นแบบไม่อิสระ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 กรุงเทพฯ. 2551 หน้า 329-336.
- [10] ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล. การจัดการการผลิตเครื่องจักรขนานในกระบวนการทดสอบวงจรรวม. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน. 2564; 9(1): 153-162.
- [11] Caputo G, Mose Gallo M, Guizzi G. Optimization of production plan through simulation techniques. *Wseas Transactions on Information Science and Applications*. 2009; 3(6). 352-362.
- [12] Cheng HC, Chan DYK. Simulation optimization of part input sequence in a flexible manufacturing system. In: *Proceeding of 2011 Winter Simulation Conference (WSC)*. Phoenix Arizona, USA: IEEE. 2011. p. 2374-2382.
- [13] วิสพล ธารณา, ฐิติมา ชูกิจรุ่งโรจน์, มธุรดา วิริยะ พงษ์. การจัดการการผลิตของเครื่องพิมพ์บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก. การประชุมวิชาการช่่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555 เพชรบุรี. 2555 หน้า 339-345.
- [14] บุริม นิลแป้น, พงษ์ชัย จิตตะมัย. การวางแผนการขนส่งอ้อยโดยการกำหนดลำดับการทำงานของรถตัดอ้อย. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2552; 2(2): 17-25.
- [15] ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์. การจัดการการผลิตบนเครื่องจักรขนานที่แตกต่างกันของแผนบรรจุ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยาแห่งหนึ่ง[วิทยานิพนธ์]. การจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร; 2560.
- [16] อารดา ไชยโคตร. การจัดการการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับงานมีผลต่อเวลาการตั้งเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ [วิทยานิพนธ์]. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา; 2561.
- [17] ธนวัฒน์ วงศ์เครือ, วรวุฒิ หวังวัชรกุล. การจัดการการผลิตเครื่องจักรขนานในกระบวนการทดสอบวงจรรวม. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน. 2564; 9(1): 153-162.
- [18] Sargent RG. Verification and validation of simulation models: an advanced tutorial. *Proceeding of Winter Simulation Conference (WSC)*. Orlando Florida, USA: IEEE. 2020. p. 16-29.
- [19] Thongman P, Samattapapong N. Production sequence using simulation techniques: case study of mineral production plants for dairy cow.

In: Proceeding of 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Singapore: IEOM Society International. 2021. p. 650-659.

[20] พัฒนพงศ์ น้อยนวล, ธัญญา วสุศรี. การปรับปรุงกระบวนการขนส่งภายในคลังสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาอุตสาหกรรมน้ำอัดลม. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*. 2555; 35(3): 323-334.

[21] Chung CA. *Simulation modeling handbook a practical approach*. Boca Raton, London, New York, Washington: United States; 2004.