



การแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีแบบจำลองกำหนดการเชิง
คณิตศาสตร์ กรณีศึกษาสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วน
รถบรรทุกในจังหวัดพิษณุโลก
SOLVING PRODUCTION SCHEDULING PROBLEMS USING A
MATHEMATICAL PROGRAMMING MODEL : CASE STUDY OF
A TRUCK PART PRODUCTION COMPANY
IN PHITSANULOK PROVINCE

ธีรวัฒน์ คำพรมมี¹, สุตติพงษ์ ครุฑพาหะ¹, ณัฐพร ตั้งเจริญชัย¹,
สุกฤษฎี เพชรสวัสดิ์¹ และ ธัชชัย เทพภรณ์^{1*}

Theerawat Khamphrmmi¹, Suttipong Khruthphaaha¹, Nattaporn Tungcharoenchai¹,
Sukrit Phetsawat¹ and Thatchai Thepphakorn^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author: thatchai.t@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 20 กันยายน 2562

วันที่แก้ไขบทความ 22 ตุลาคม 2562

วันที่ตอบรับบทความ 20 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ แก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตให้กับสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนรถบรรทุกแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical programming model) โดยให้เกิดเวลาปิดงาน (Makespan) น้อยที่สุด ข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้า ข้อมูลผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร รวมถึงข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจะถูกเก็บรวบรวมและนำมาสร้างเป็นข้อมูลโจทย์ปัญหาของสถานประกอบการกรณีศึกษา จากนั้นทำการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาดังกล่าวขึ้นมาและประยุกต์ใช้โปรแกรม Solver ซึ่งเป็นส่วนเสริม (Add-in) ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) เข้ามาใช้ในการค้นหาตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสามารถสร้างตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดได้ในทุกโจทย์ปัญหาภายในระยะเวลาที่ยอมรับได้ อีกทั้งคำตอบดังกล่าวยังสามารถลดการใช้งานเครื่องจักรโดยไม่จำเป็นได้ถึง 29 เปอร์เซ็นต์ในหลายโจทย์ปัญหา นอกจากนี้ตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดของสถานประกอบการ

กรณีศึกษาจะได้เวลาปิดงานที่น้อยที่สุดเท่ากับ 4,678.90 นาที ซึ่งดีกว่าเวลาในการปิดงานรวมที่ได้จากตารางการผลิตเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษา 36.48 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: แผนผังเวลาปิดงาน, แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์, จุดเหมาะสม

Abstract

The objective of this research aimed to solve scheduling problem for a Truck Part Production Company in Phitsanulok province using Mathematical Programming Model in order to minimize makespan. The data on purchasing from the customers, product and machine, and all related constraints were collected and generated to be datasets for this case study. Then, a Mathematical Programming Model for the datasets was developed before adopting Solver program, which is an add-in option provided for Microsoft Excel to find the optimal production schedule. The experimental results indicated that the proposed model can be applied to construct the optimal production schedule for all of the datasets within acceptable execution time. The optimal schedules also reduced the number of unnecessary machine usage by 29% in some datasets. Moreover, the makespan obtained from the optimal production schedule for this case study of this company was 4,678.90 minutes. This is better than the makespan of the current production schedule by 36.48%.

Keywords: Scheduling, Makespan, Mathematical programming model, Optimization

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยพึ่งพาการส่งออกสินค้าเป็นตัวขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ จากข้อมูลการค้าไทยในปี 2559 พบว่า มูลค่าการส่งออกของสินค้าหลักได้แก่ รถยนต์ อุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบ มีมูลค่า 574,579.88 ล้านบาท และเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบ มีมูลค่า 509,592.52 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2559) ซึ่งผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ชิ้นส่วนเหล่านี้ล้วนเป็นผลมาจากการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตภายในประเทศที่มีศักยภาพ จนมีบทบาทที่สำคัญในการผลักดันเศรษฐกิจภายในประเทศ ดังนั้นรัฐบาลจึงได้จัดให้มีแผนพัฒนา Thailand 4.0 ซึ่งเป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายที่เปลี่ยนเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมให้มาก

ขึ้น เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจในทุกๆ ด้านให้กับประเทศ

สถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนประกอบอะไหล่รถบรรทุกแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกเป็นสถานประกอบการกรณีศึกษาได้ดำเนินธุรกิจ SMEs ผลิตชิ้นส่วนประกอบอะไหล่รถบรรทุกประกอบด้วย ฝาปิดถังน้ำมัน บูทรับน้ำหนักช่วงล่างของตัวรถ สลักล็อกท้ายประตู และสลักล็อกพวงให้กับบริษัทผลิต/ประกอบรถบรรทุกพืชผลทางการเกษตรต่างๆ มากมาย โดยชิ้นส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของรถบรรทุกสินค้าและรถขนถ่ายวัสดุอุปกรณ์ทางการเกษตรเกือบจะทุกประเภท ซึ่งจัดเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในระบบห่วงโซ่อุปทานของการขนส่งสินค้าทางการเกษตรของประเทศ

การจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในสถานประกอบการจริงให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการภายใต้ข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ จำนวนมากจัดเป็นงานยากและท้าทาย โดยสถานประกอบการกรณีศึกษาแห่งนี้มีลักษณะการผลิตตามอุปสงค์ของลูกค้า (Make to Order) อย่างไรก็ตามการจัดตารางการผลิตของสถานประกอบการแบบเดิมจะอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานในการดำเนินงานเป็นหลัก ส่งผลให้การใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการผลิต (เช่น เครื่องจักร แรงงาน เป็นต้น) เป็นไปอย่างสะเปะสะปะและไม่แน่นอน ลำดับงานในการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์ไม่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถกำหนดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดหรือมีประสิทธิภาพมากที่สุดได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหามาจากปัจจัยภายนอกอีกด้วย เช่น ความล่าช้าของการจัดส่งวัตถุดิบ เป็นต้น ส่งผลให้การส่งมอบผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้กับลูกค้าล่าช้ากว่าที่กำหนดอยู่บ่อยครั้ง จนเกิดเป็นค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามมาโดยไม่จำเป็น รวมไปถึงต้นทุนในการการเสียโอกาสหรือเสียลูกค้าต่อไปในอนาคตซึ่งจัดเป็นความเสียหายที่ไม่สามารถประเมินด้วยเงินทุนได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นว่าควรดำเนินการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดให้กับสถานประกอบการกรณีศึกษาแห่งนี้ เพื่อช่วยลดเวลาในกระบวนการผลิตและจัดสรรการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัดของสถานประกอบการแห่งนี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ภายใต้ระยะเวลาและข้อจำกัดหรือข้อกำหนดตกลงในการส่งมอบชิ้นงานหรือสินค้าให้กับลูกค้า ซึ่งสามารถลดการปฏิบัติงานล่วงเวลาและลดโอกาสความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหาการส่งงานล่าช้าในอนาคต จนนำไปสู่การสูญเสียค่าใช้จ่ายต่างๆ เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

ประยุกต์ใช้วิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการ

ผลิตที่เหมาะสมที่สุดของสถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนรถบรรทุกแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกโดยพิจารณาจากเวลาปิดงาน (Makespan) ที่น้อยที่สุด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ปัญหาการจัดตารางการผลิต (Scheduling problem) เป็นปัญหาที่สำคัญและพบเจอได้บ่อยในภาคอุตสาหกรรมการผลิต เนื่องจากโรงงานต้องการแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการดำเนินการผลิตภายใต้ข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ มากมายในการผลิต เช่น เวลา เครื่องจักรทรัพยากรบุคคล เป็นต้น ดังนั้นการจัดตารางการผลิตโดยการเลือกจัดเรียงตามลำดับงานที่จะเข้ามาผลิตก่อนหรือหลังอย่างเหมาะสม ผลลัพธ์ที่เสร็จสิ้นตามกำหนดวันส่งมอบลูกค้าย่อมเป็นสิ่งที่แต่ละสถานประกอบการคาดหวังเป็นอย่างมาก (ทรงวิทย์, 2557)

โดยทั่วไปแล้วประเภทของการผลิตโดยแบ่งตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ จำแนกได้หลายประเภท เช่น การผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Make to stock) การผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to order) การผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อ (Assembly to order) การผลิตตามสั่งแบบพิเศษ (Engineering to order) เป็นต้น ซึ่งแต่ละประเภทเป็นการผลิตที่คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการของลูกค้า นอกจากนี้ถ้าจำแนกประเภทของการผลิตตามลักษณะของระบบการผลิต สามารถจำแนกได้เป็น การผลิตแบบตามคำสั่ง (Job shop) การผลิตแบบกลุ่ม (Batch production) การผลิตแบบโครงการ (Project manufacturing) การผลิตแบบไหลผ่านหรือการผลิตตามสายการประกอบ (Line-flow or assembly production) (ฉัตรแก้ว, 2557) และการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous flow production) (สาคร, 2556) ซึ่งแต่ละประเภทมีลักษณะของระบบการผลิตและปริมาณการผลิตที่ต่างกันออกไป ยกตัวอย่างเช่น การผลิตแบบตามคำสั่ง เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหลากหลายตามความต้องการของลูกค้า มีปริมาณการผลิตต่อครั้งจำนวนมากและเป็นล็อต มีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตค่อนข้างบ่อยและการเดินเครื่องจักรเพื่อผลิตจะเดินจนกว่าจะครบจำนวนที่ต้องการแล้วจึงเปลี่ยนไปผลิตสินค้าชนิดอื่นโดยใช้เครื่องจักรชุดเดิม (ฉัตรแก้ว, 2557)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่าวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตมีอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น (1) เพื่อลดการรอคอยในกระบวนการผลิต หมายถึงการลดจำนวนที่ต้องรอคอยโดยเฉลี่ยลงในขณะที่เครื่องจักรหรือคนยังต้องทำงานอยู่กับงานอื่นๆ (ปิยะธิดา, 2558) (2) เพื่อลดความล่าช้าของงานลง ในกรณีที่งานไม่เสร็จจะต้องถูกคิดค่าปรับ แนวทางการลดความล่าช้าอาจทำได้โดยลดความล่าช้าสูงสุดหรืออาจลดจำนวนงานที่ล่าช้าลง (ปิยะธิดา, 2558 และ สาคร, 2556) (3)

เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบ (Total cost) เช่น ได้แก่ ค่าใช้จ่ายงานเสร็จก่อนกำหนด ค่าใช้จ่ายงานเสร็จล่าช้า เป็นต้น (อนจ และ วิสุทธิ์, 2558 และ อรุยา, 2556) (4) เพื่อลดเวลาไหลของงานในระบบ (Mean flow time) (สาวิตรี, 2556) (5) เพื่อหาค่าพิสัยของเวลาเสร็จสิ้น (Makespan range) คำนวณจากเวลาเสร็จสิ้นในการผลิตระหว่างเวลาเสร็จสิ้นจากเครื่องจักรค่ามากกับเวลาเสร็จสิ้นจากเครื่องจักรค่าน้อย (จิระศักดิ์ และ สวัสดิ์, 2559) และ (6) เพื่อลดเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) (กัญชลา, 2552; ฉัตรแก้ว, 2557; ทรงวิทย์, 2557; นฤการ, 2558; ปรีดา, 2558; ปิยะธิดา, 2558; พัทธกาญจน์, 2558 และ พิเศษ, 2558)

สำหรับวิธีการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบแม่นยำตรง (Exact methods) เช่น วิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) (กัญชลา, 2552; ฉัตรแก้ว, 2557; ทรงวิทย์, 2557; นฤการ, 2558; ปรีดา, 2558; ปิยะธิดา, 2558; พัทธกาญจน์, 2558; วัชรพงษ์, 2557; สาวิตรี, 2556; อนจ และ วิสุทธิ์, 2558; อรุยา, 2556) เป็นต้น และการแก้ปัญหาด้วยวิธีการในกลุ่มของฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งประกอบไปด้วยวิธีการแบบเฉพาะเจาะจง (Specific heuristics) เช่น วิธีการ Short Processing Time (SPT) (ปรีดา, 2558; ปิยะธิดา, 2558; พัทธกาญจน์, 2558; สาคร, 2556 และ สาวิตรี, 2556) วิธีการ Longest Processing Time (LPT) (ปิยะธิดา, 2558; พิเศษ, 2558; สาคร, 2556; สาวิตรี, 2556) วิธีการ Least Slack Time First (LSTF) (สาคร, 2556) วิธีการ Earliest Due Date (EDD) (ปรีดา, 2558; ปิยะธิดา, 2558; พัทธกาญจน์, 2558 และ สาคร, 2556) วิธีการ Critical Ratio (CR) (ปรีดา, 2558) เป็นต้น และวิธีการในกลุ่มของเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) เช่น วิธีการอาณานิคม (จิระศักดิ์ และ สวัสดิ์, 2559) เป็นต้น โดยวิธีการในกลุ่มของฮิวริสติกส์มีจุดเด่นในการค้นหาคำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่ยอมรับได้แต่ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ขณะที่วิธีการแบบแม่นยำตรงแม้ว่าจะมีจุดด้อยในด้านต้องใช้เวลาในการค้นหาคำตอบนานกว่าแต่จะมีข้อดีในด้านการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) ได้

นอกจากนี้จากการทบทวนวรรณกรรมในด้านขนาดของโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยการประยุกต์ใช้วิธีการแบบแม่นยำตรงพบว่า โจทย์ปัญหาที่ถูกแก้ไขจะมีหลายขนาดจากโจทย์ปัญหขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่พอสมควรและสามารถแก้ปัญหาได้ภายในเวลาที่ยอมรับได้ โดยสามารถพิจารณาได้จากจำนวนเครื่องจักรและจำนวนงานในแต่ละโจทย์ ยกตัวอย่างงานวิจัย เช่น ทรงวิทย์ (2557) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดตาราง

ผลิตขนาด 8 เครื่องจักร 72 งานได้ นอกจากนี้ ปริดา (2558) ประยุกต์ใช้วิธีการแบบแม่นยำตรงเช่นกัน ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตขนาด 21 เครื่องจักร 52 งาน ขณะที่ พัทธกาญจน์ (2558) ได้ทำการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการแบบเดียวกันที่ขนาดโจทย์ปัญหา 4 เครื่องจักร 50 งาน เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าขนาดของโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีจำนวนเครื่องจักรประมาณ 21 เครื่องจักรและมีจำนวนงาน 72 งาน สามารถประยุกต์ใช้วิธีการแบบแม่นยำตรงในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตได้

3.1 สภาพปัญหาทั่วไปของสถานประกอบการ

สถานประกอบการกรณีศึกษาเป็นการผลิตชิ้นส่วนประกอบรถบรรทุกทางภาคเกษตรมีการดำเนินการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Make to order) ซึ่งลักษณะของงานจะเป็นแบบการกลึงชิ้นงาน งานตัดเฉือน เจาะรู และงานเชื่อม จากนั้นทำการผลิตตามจำนวนที่ลูกค้าสั่งซื้อและส่งมอบชิ้นตามระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนด ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ เช่น สลักล้อคประตูก้าย, สลักล้อคพวง, บูทช่วงล่าง และฝาปิดถังน้ำมัน เป็นต้น

สำหรับขั้นตอนในการผลิตปัจจุบันจะทำการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละเดือน โดยเริ่มขั้นตอนการผลิตหลังจากการสั่งซื้อวัตถุดิบเข้ามายังสถานประกอบการ มีกระบวนการดำเนินการหลักๆ ดังนี้

การตัดเฉือน (Cutting process) เป็นการตัดชิ้นงานของเหล็กเพลทำให้ได้ขนาดตามต้องการก่อนที่จะนำไปเข้ากระบวนการผลิตต่อไป

งานตัดแก๊ส (Oxygen cutting) เป็นการตัดชิ้นงานที่ใช้แก๊สในการตัดวัสดุที่หลอมละลายเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงออกจากชิ้นงานด้วยกัน

กระบวนการงานกลึง (Turning process) เป็นกระบวนการกลึงชิ้นงานขึ้นรูปตามแบบของชิ้นงานโดยรับชิ้นงานจากกระบวนการตัดและนำชิ้นงานมาปรับตั้งบนเครื่องกลึงเพื่อกลึงชิ้นงานตามคำสั่งการผลิต แต่ละชิ้นงานจะมีลักษณะการกลึงที่แตกต่างกันออกไป

- (1) การกลึงปาดหน้า (Turning page) เป็นการกลึงเพื่อควบคุมขนาดความยาวของชิ้นงาน
- (2) การกลึงปอก (Turning Page) เป็นการกลึงเพื่อลดขนาดของชิ้นงาน
- (3) การกลึงเกลียว (Turning Screw) เป็นการกลึงเพื่อทำให้ชิ้นงานมีเกลียวในการนำไปประกอบกับชิ้นส่วนในขั้นตอนต่อไป
- (4) การกลึงคว้านรู (Turning Lathe) เป็นการกลึงเพื่อให้ชิ้นงานเกิดรูด้านในของชิ้นงานเพื่อจะนำไปประกอบกับชิ้นงานประเภทอื่นๆในขั้นตอนต่อไป

(5) การกลึงลบคม (Turning Sharpen) เป็นการกลึงเพื่อลบคมของชิ้นงานหลังจากกระบวนการกลึงอื่นๆ

กระบวนการเจาะ (Drilling Process) เป็นการเจาะผิวของชิ้นงานเพื่อจะนำไปต๊าปเกลียวในขั้นตอนต่อไป

การทำเกลียว (Tap Screw) เป็นกระบวนการทำเกลียวในรูจากกระบวนการเจาะเพื่อจะนำไปประกอบกับชิ้นส่วนอื่นที่ได้ทำการเตรียมไว้ในกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

งานเชื่อม (Welding Process) เป็นการนำชิ้นส่วนต่างๆมาเชื่อมประกอบเข้าด้วยกัน



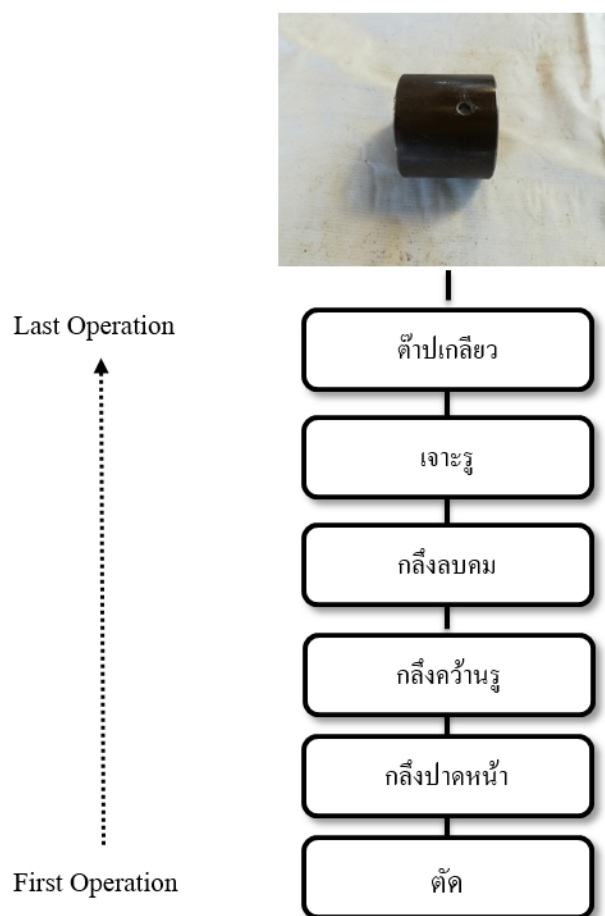
ภาพที่ 1 ตัวอย่างของตัวปั๊มล้อยางพวง (ซ้าย) และตัวอย่างของสลักล็อกประตูท้าย (ขวา)



ภาพที่ 2 ตัวอย่างของบูท (ซ้าย) และตัวอย่างของฝาปิดถังน้ำมัน (ขวา)

3.2 กระบวนการดำเนินงานของชิ้นงาน

ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ ขั้นตอนกระบวนการผลิตของทุกชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยตัวปั๊มล้อยางพวง สลักล็อกประตูท้าย บูท และฝาปิดถังน้ำมัน ซึ่งในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะของกระบวนการเป็นแบบลำดับและไม่สามารถข้ามขั้นตอนการดำเนินงานได้ (Precedence constraint) ยกตัวอย่างเช่น ชิ้นงานของบูทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร จะมีลำดับขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3 ตัวอย่างของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนบูทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3 ตัวอย่างของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนบุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร โดยเริ่มจากขั้นตอนการนำเหล็กเพลากมมาเข้าเครื่องตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการโดยประมาณแล้วส่งต่อไปยังกระบวนการกลึงแบบต่าง ๆ ตามขั้นตอน และส่งต่อไปยังกระบวนการเจาะรูที่เครื่องเจาะ จากนั้นนำมาเข้ากระบวนการตีปเกลียวซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของชิ้นงานนี้ เป็นต้น

3.3 ข้อมูลความสามารถของเครื่องจักรในการดำเนินงานกับชิ้นส่วนต่าง ๆ

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลความสามารถของแต่ละเครื่องจักรในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของแต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นข้อมูลจริงจากสถานประกอบการกรณีศึกษา เนื่องจากไม่มีเครื่องจักรใดในสถานประกอบการที่สามารถทำงานได้ทุกกระบวนการด้วยเครื่องจักรดังกล่าวเพียงเครื่องเดียวได้ ซึ่งจัดเป็นข้อจำกัดของเครื่องจักรในด้านความสามารถ (Capability constraint) งานวิจัยนี้กำหนดให้เครื่องหมาย / หมายถึง เครื่องจักรที่สามารถใช้งานได้ในกระบวนการที่กำหนด ขณะที่ช่องว่าง หมายถึง เครื่องจักรที่ไม่สามารถใช้งานได้ในกระบวนการที่กำหนด ยกตัวอย่างเช่น ในการผลิตบุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร แสดงดังตารางที่ 1 ตัวอย่างการกำหนดความสามารถของ

เครื่องจักรในการผลิตบุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตรจะประกอบไปด้วยกระบวนการทั้งหมด 6 กระบวนการ ในแต่ละกระบวนการจะมีการใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกันออกไป ในบางกระบวนการมีเครื่องจักรหลายเครื่องให้เลือกใช้ ขณะที่บางกระบวนการมีเพียงเครื่องจักรเดียวให้ใช้งานเท่านั้น

3.4 ข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิต

เนื่องจากทางโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานขนาดเล็กและดำเนินการผลิตไปตามประสบการณ์ของพนักงานเป็นหลัก จึงไม่มีข้อมูลของเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิตในทุกๆ ผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้จึงได้เข้าไปทำการเก็บเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตจริงในแต่ละผลิตภัณฑ์ด้วย โดยทำการจับเวลาในแต่ละขั้นตอนซ้ำทั้งหมด 30 ครั้งก่อนทำการหาค่าเฉลี่ยของเวลาในการผลิตซึ่งมีหน่วยเป็นนาที่ นอกจากนี้ยังได้ทำการเก็บเวลาในส่วนของการปรับตั้งเครื่องจักรด้วย เนื่องจากในบางกระบวนการมีเครื่องจักรประเภทเดียวกันแต่มีเวลาในการปรับตั้งไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามในส่วนของเวลาในการดำเนินการของเครื่องจักรกลับแตกต่างกันไม่มากจึงทำให้ในงานวิจัยนี้ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของเวลาดำเนินการและกำหนดให้ใช้เป็นค่าเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการกำหนดความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตบุทขนาดความยาว 7 มิลลิเมตร

ชิ้นส่วน	กระบวนการ	เครื่องจักรที่						
		1	2	3	4	5	6	7
บุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร	1. ตัด	/	/					
	2. กลึงปาดหน้า			/	/			
	3. กลึงคว้านรู			/	/			
	4. กลึงลบคม			/	/			
	5. เจาะรู					/	/	
	6. ตีแปเกลียว							/

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเวลาปรับตั้งและเวลาดำเนินงานของเครื่องจักรในการผลิตบุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร

ชิ้นส่วน	กระบวนการ	เวลาในการผลิต (นาที)		
		เวลาปรับตั้งเครื่องจักร		เวลาดำเนินงาน
บุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร	1. ตัด	1.01	1.31	20.95
	2. กลึงปาดหน้า	5.05	5.85	10.63
	3. กลึงคว้านรู	5.03	5.21	20.35
	4. กลึงลบคม	3.26	3.18	5.05
	5. เจาะรู	3.28	3.23	2.31
	6. ตีแปเกลียว	1.05		2.03

3.5 ข้อมูลคำสั่งซื้อจากลูกค้า

สำหรับข้อมูลจำนวนความต้องการในการผลิตชิ้นส่วนแต่ละชนิดประกอบไปด้วย บุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร บุทขนาดความยาว 178 มิลลิเมตร สลักล้อคประตูกุ๊ต ฝาปิดถังน้ำมัน และตัวปั๊มล้อยางพวง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจริงจากคำสั่งซื้อประจำเดือนพฤศจิกายน 2560 ของสถานประกอบการกรณีศึกษาเป็นจำนวนมาตรฐาน เนื่องจากเป็นเดือนที่มีช่วงเวลาในการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ต่างๆ ใกล้เคียงกันซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อความซับซ้อนในการจัดตารางการผลิตในขณะนั้น โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นจำนวนการสั่งซื้อที่แน่นอนจากลูกค้า

3.6 สร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ข้อมูลจริงจากสถานประกอบการกรณีศึกษา โดยได้ทำการกำหนดดัชนี (Indice) พารามิเตอร์ (Parameters) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) สมการเป้าหมาย (Objective function) และข้อบังคับต่างๆ (Constraints) ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้



ตารางที่ 3 ตัวอย่างรายการคำสั่งซื้อประจำเดือน พฤศจิกายน 2560

รายการผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน	จำนวน (ชิ้น)
บุทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร	138
บุทขนาดความยาว 178 มิลลิเมตร	32
สลักล๊อคประตูท้าย	50
ฝาปิดถังน้ำมัน	10
ตัวปั๊มล๊อคหางพ่วง	14

ดัชนี (Indicator)

i = ลำดับของงาน โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n$

j = ลำดับของเครื่องจักร โดยที่ $j = 1, 2, 3, \dots, m$

(1) พารามิเตอร์ (Parameters)

m = จำนวนเครื่องจักรทั้งหมด

n = จำนวนงานทั้งหมด

Q_i = ปริมาณการสั่งผลิตของงานที่ i (ชิ้น)

P_{ij} = เวลาในการผลิตของงาน i บนเครื่องจักร j (นาที/ชิ้น)

PT_{ij} = เวลารวมที่ใช้ในการผลิตของงาน i บนเครื่องจักร j (นาที)

S_{ij} = เวลาในการตั้งเครื่องจักรของงาน i บนเครื่องจักร j (นาที)

A_{ij} = เมทริกซ์แสดงรูปแบบของงาน i ที่เครื่องจักร j สามารถดำเนินการได้

C_j = เวลารวมในการดำเนินงานทั้งหมดที่ทำบนเครื่องจักร j

ST_{ij} = เวลาเริ่มต้นของการดำเนินงาน i บนเครื่องจักร j

$C_{\max}$ = เวลาปิดงานที่มากที่สุดของเครื่องจักรใดๆ

(2) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable)

x_{ij} = 1 ถ้ามีการมอบหมายงาน i ให้เครื่องจักร j ; 0

ถ้าไม่มีการมอบหมายงาน i ให้เครื่องจักร j

(3) สมการเป้าหมาย (Objective function)

สำหรับวัตถุประสงค์ของแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำการจัดตารางการผลิตภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่ได้จากสถานประกอบการจริงโดยให้เกิดเวลาปิดงาน (Makespan: Z) มีค่าน้อยที่สุด ดังสมการ (1)

$$\text{Min } Z = C_{\max} \quad (1)$$

โดยที่

$$C_{\max} = \text{Max}\{C_j\} \quad (2)$$

$$C_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} [(P_{ij} Q_i) + S_{ij}]; \quad \forall j \quad (3)$$

สมการเงื่อนไข

$$A_{ij} x_{ij} = 0; \quad \forall i, \forall j \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1; \quad \forall i \quad (5)$$

$$PT_{ij} = [(P_{ij} Q_i) + S_{ij}] x_{ij}; \quad \forall i, \forall j \quad (6)$$

$$ST_{1j} = 0; \quad \forall j \quad (7)$$

$$ST_{ij} \geq \sum_{i=1}^{i-1} PT_{ij}; \quad \forall i, \forall j; i \geq 2 \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq \sum_{j=1}^m x_{(i-1)j}; \quad \forall i; i \geq 2 \quad (9)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}; \quad \forall i, \forall j \quad (10)$$

โดยสมการ (1)-(3) เป็นสมการเป้าประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาเวลาปิดงานที่น้อยที่สุด สมการ (4) เป็นการกำหนดให้แต่ละกระบวนการของแต่ละผลิตภัณฑ์จะต้องเป็นไปตามความสามารถของเครื่องจักร สมการ (5) เป็นการกำหนดให้งานหนึ่งงานสามารถเข้าเครื่องจักรได้เครื่องเดียวเท่านั้นในเวลาเดียวกัน สมการ (6) เป็นการกำหนดให้เวลาที่เครื่องจักร j ผลิตผลิตภัณฑ์ i จะมีค่าเท่ากับเวลาที่ใช้ในการผลิตคูณกับจำนวนผลิตภัณฑ์ i บนเครื่องจักร j บวกกับเวลาติดตั้งเครื่องจักร สมการ (7) เป็นการกำหนดให้เวลาที่เริ่มต้นของทุกงานหรืองานแรก i บนเครื่องจักร j ต้องเท่ากับศูนย์ สมการ (8) เป็นการกำหนดให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องจะสามารถดำเนินงานถัดไปได้ก็ต่อเมื่อกระบวนการผลิต i บนเครื่องจักร j ก่อนหน้าเสร็จสิ้น สมการ (9) เป็นการกำหนดให้งานแต่ละงาน i จะดำเนินงานถัดไปได้ก็ต่อเมื่องาน i ก่อนหน้านั้นเสร็จสิ้น และสมการ (10) เป็นการกำหนดตัวแปรตัดสินใจเป็นเลขฐานสอง (Binary) เท่านั้น

3.7 การประยุกต์ใช้ Solver ในการรันแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

โปรแกรม Solver จัดเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถเพิ่มเข้า (Add-in) ไปใช้งานร่วมกับ

โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) ได้ โดยโปรแกรม Solver สามารถช่วยในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่มีอยู่ ผู้ใช้งานสามารถกำหนดประเภทของวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดทั้งที่เป็นผลลัพธ์สูงที่สุด (Maximization) หรือผลลัพธ์ต่ำที่สุด (Minimization) ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้หลังจากทำการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดตารางการผลิตแล้ว ผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-in ในโปรแกรม Microsoft excel เข้ามาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

4. ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง โดยในการทดลองแรกเป็นการค้นหตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ ในขณะที่การทดลองที่สองมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาโดยการเปรียบเทียบเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดของตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์กับการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา นอกจากนี้ในแต่ละการทดลองจะถูกทดสอบบนคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 3.00 GHz มีหน่วยความจำ (RAM) 4 GB บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 แบบ 64 บิต

สำหรับโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตในงานวิจัยนี้ได้จากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานประกอบการจริง เนื่องจากมีจำนวนหลายผลิตภัณฑ์และเพื่อความสะดวกในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนการประมวลผลในเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งขนาดของโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตออกเป็น 3 ขนาดโดยพิจารณาจากจำนวนงานกับจำนวนเครื่องจักรดังนี้ โดยในโจทย์ปัญหขนาดเล็ก (Small) จะประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์บูท 76 มิลลิเมตร, บูท 178 มิลลิเมตร, สลักล้อคประตูท้าย และฝาปิดถังน้ำมัน สำหรับโจทย์ปัญหขนาดกลาง (Medium) คือ ผลิตภัณฑ์สลักล้อคพวง ในขณะที่ปัญหขนาดใหญ่มุ่งจะเป็นการนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมาทำการจัดตารางการผลิตรวม ซึ่งรายละเอียดของโจทย์ปัญหาแสดงดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 แสดงโจทย์ปัญหาการจัดตารางการผลิตของสถานประกอบการ

ขนาดโจทย์ปัญหา	รายการผลิตภัณฑ์	จำนวนงาน (n)	จำนวน เครื่องจักร (m)
เล็ก (Small 1)	บูท 76 มิลลิเมตร	6	7
เล็ก (Small 2)	บูท 178 มิลลิเมตร	6	7
เล็ก (Small 3)	สลักล๊อคประตูท้าย	6	7
เล็ก (Small 4)	ฝาปิดถังน้ำมัน	11	4
กลาง (Medium)	สลักล๊อคพ่วง	16	9
ใหญ่ (Large)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของสถาน ประกอบการ	45	10

4.1 ผลการการค้นหатарางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

สำหรับผลการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม Solver ในการจัดตารางการผลิตให้มีเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดในโจทย์ปัญหาขนาดเล็กและกลาง ดังแสดงในตารางที่ 4 สามารถค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) ได้ทุกโจทย์ปัญหา ยกตัวอย่างผลการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก (Small 1) ของผลิตภัณฑ์ บูท 76 มิลลิเมตรด้วยโปรแกรม Solver ดังแสดงในตารางที่ 5

จะเห็นว่าโจทย์ปัญหานี้เป็นปัญหาที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 7 เครื่องที่มีจำนวนงานหรือกระบวนการ 6 งาน/ขั้นตอนตามลำดับ (โดยที่ 0 คือ ไม่เลือกใช้งานเครื่องจักรบนงานใดๆ) ซึ่งผลการรันข้อมูลพบว่าได้เวลาปิดงานที่มากที่สุดจากเครื่องจักรทั้ง 7 เครื่องจักรแต่เป็นค่าที่น้อยที่สุดจากทุกๆ คำตอบ คือ 2,892.11 นาที โดยเวลาปิดงานที่มากที่สุดจากทุกเครื่องจักรจะอยู่บนเครื่องจักรที่ 1 อย่างไรก็ตามจะเห็นว่ามียางเครื่องจักร เช่น เครื่องจักร 2, เครื่องจักร 6 ไม่ได้ถูกเลือกใช้งานหมายความว่าในโจทย์นี้สามารถลดจำนวนการใช้เครื่องจักรลง 2 เครื่อง เป็นต้น



ตารางที่ 5 ตัวอย่างเวลาปฏิบัติงานที่ได้ของผลิตภัณฑ์ บูท 76 มิลลิเมตร (นาทีก)

ลำดับงาน/เครื่องจักร	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7
n1	2892.11	0	0	0	0	0	0
n2	0	0	0	1472.79	0	0	0
n3	0	0	2813.33	0	0	0	0
n4	0	0	0	700.08	0	0	0
n5	0	0	0	0	322.06	0	0
n6	0	0	0	0	0	0	281.19
รวมเวลาปฏิบัติงาน	2892.11	0	2813.33	2172.87	322.06	0	281.19

นอกจากนี้ผลการรันโปรแกรม Solver ในการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) เพื่อให้มีเวลาปฏิบัติงานที่น้อยที่สุดในโจทย์ปัญหาอื่นๆ สามารถแสดงดังตารางที่ 6 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจะพบว่าในโจทย์ปัญหขนาดเล็บบางโจทย์พบคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแต่ใช้เวลาเวลาปฏิบัติงานนานกว่าโจทย์ปัญหขนาดเล็บบางโจทย์หรือโจทย์ปัญหขนาดกลางนั้น เนื่องจากในแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นเวลาที่ต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนหรือแต่ละกระบวนการผลิตนั้นแตกต่างกัน มีการใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกัน รวมไปถึงมีจำนวนในการสั่งซื้อจากลูกค้าไม่เท่ากัน ยกตัวอย่าง เช่น บูทขนาดความยาว 76 มิลลิเมตร ในโจทย์ปัญหขนาดเล็ (Small 1) เป็นต้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่มีจำนวนการสั่งซื้อในปริมาณที่มากต้องใช้เวลาและทรัพยากรในการผลิตที่มากขึ้นตามลำดับ สำหรับเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะเห็นได้ว่าใช้ระยะเวลาที่ไม่นาน (วินาที) และยอมรับได้ในโจทย์ปัญหขนาดเล็และขนาดกลาง

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ในด้านการลดการใช้ทรัพยากรในการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องจักรที่ใช้ พบว่า ตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละโจทย์ปัญหานั้นยังสามารถลดการใช้งานโดยไม่จำเป็นของเครื่องจักรได้อย่างมาก โดยเฉพาะในโจทย์ปัญหขนาดเล็ 1-3 (Small 1-3) สามารถลดได้ถึง 28.57 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องจักรในแต่ละกระบวนการผลิตของสถานประกอบการกรณีศึกษาเดิมนั้น มีการใช้เครื่องจักรไม่มีแบบแผน ใช้เครื่องจักรตามประสบการณ์ ใช้งานเครื่องจักรสะเปะสะปะโดยไม่ได้นิ่งถึงคุณค่าในการใช้ทรัพยากรหรือการซ่อมบำรุงรักษาที่จะเกิดขึ้นในภายหลัง จึงทำให้นักวิจัยนี้พิจารณาถึงประเด็นดังกล่าวด้วย อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะลดการใช้งานเครื่องจักรได้จำนวนหนึ่งแต่เครื่องจักรที่ไม่ได้ถูกเลือกใช้งานดังกล่าว ควรจะต้องอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานอยู่เสมอในกรณีที่มีเหตุขัดข้องเกิดขึ้นกับเครื่องจักรหลักได้

ตารางที่ 6 สรุปผลการค้นหาเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

โจทย์ปัญหา	ขนาด ปัญหา (n × m)	เวลา ปิดงาน (นาทีก)	เวลา ประมวลผล (วินาที)	จำนวน เครื่องจักรที่ ลดลง (เครื่อง)	เปอร์เซ็นต์ลด การใช้ เครื่องจักร (%)
เล็ก (Small 1)	6 × 7	2,892.11	0.328	2	28.57
เล็ก (Small 2)	6 × 7	820.96	2.875	2	28.57
เล็ก (Small 3)	6 × 7	544.71	2.219	2	28.57
เล็ก (Small 4)	11 × 4	378.23	46.844	1	25.00
กลาง (Medium)	16 × 9	803.10	3.907	2	22.22

4.2 ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาโดยทำการเปรียบเทียบเวลาปิดงานที่น้อยที่สุดของตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (แบบใหม่) กับตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา (แบบเดิม) ในงานวิจัยนี้ข้อมูลการจัดตารางการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษาจะประกอบด้วยเครื่องจักร 10 เครื่อง และมีจำนวนงานหรือขั้นตอนทั้งหมด 45 งานตามลำดับซึ่งเกิดจากการนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมาทำการจัดตารางการผลิตร่วมกันโดยได้ถูกจัดให้เป็นปัญหามาตรฐานใหญ่ (Large) ดังแสดงในตารางที่ 4

ผู้วิจัยได้ทำการนำข้อมูลตารางการผลิตจริงจากโรงงานกรณีศึกษาทั้งในด้านของเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน ประเภทของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ถูกดำเนินการบนเครื่องจักรประเภทต่างๆ มาทำการสร้างตารางการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษาเพื่อค้นหาเวลาในการปิดงานจริง (Makespan) โดยพบว่าเวลาปิดงานที่มากที่สุดจากทุกเครื่องจักรของสถานประกอบการจะอยู่ที่เครื่องจักรที่ 3 ซึ่งมีเวลาปิดงานอยู่ที่ 7,366.20 นาที

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม Solver ร่วมกับโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) มารันแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาในโจทย์ปัญหามาตรฐานใหญ่อีกครั้ง หลังจากประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดีในการค้นหาตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองแรก ซึ่งผลการประมวลผลพบว่า โปรแกรมสามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้โดยพบเวลาปิดงานที่มากที่สุดที่เครื่องจักรที่ 3 จากทุกๆ เครื่องจักรแต่น้อยที่สุดจากทุกๆ คำตอบอยู่ที่ 4,768.90 นาที

เมื่อเปรียบเทียบเวลาปิดงานที่ได้ระหว่าง ตารางการผลิตแบบเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษา กับ ตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่า ตารางการผลิตแบบเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษาใช้เวลาปิดงานเท่ากับ 7,366.20 นาที หรือคิดเป็นระยะเวลาประมาณ 16 วัน (กำหนดให้ 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง) ในขณะที่ตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ใช้เวลาเพียง 4,678.90 นาที หรือคิดเป็นระยะเวลาประมาณเพียง 10 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าตารางการผลิตที่ได้จากจากวิธีการแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ทำให้เวลาในการปิดงานของระบบมีค่าลดลงถึง 2,687.30 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับตารางการผลิตแบบเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษา โดยสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการปรับปรุงประสิทธิภาพได้เท่ากับ 36.48 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลเนื่องจากการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษา จะอาศัยทักษะและประสบการณ์ของพนักงานในการจัดตารางการผลิตเป็นหลัก จึงไม่มีรูปแบบตารางการผลิตที่ชัดเจนและแน่นอน ส่งผลให้ลำดับการป้อนงานเข้าสู่เครื่องจักรเกิดความไม่เหมาะสม การผลิตเกิดความล่าช้า และเกิดต้นทุนในการดำเนินงานโดยไม่จำเป็น จนนำไปสู่ความล่าช้าในการส่งมอบงานต่อไปได้

ตารางที่ 7 ผลเปรียบเทียบเวลาการปิดงานรวมที่ได้จากตารางการผลิตแบบเดิมกับแบบใหม่ในปัญหาขนาดใหญ่

ประเด็น เปรียบเทียบ	การเปรียบเทียบเวลาปิดงาน ในปัญหาขนาดใหญ่ (นาที)		เวลาที่ แตกต่าง (นาที)	เปอร์เซ็นต์การ ปรับปรุง ประสิทธิภาพ
	แบบเดิมจากสถาน ประกอบการกรณีศึกษา	แบบใหม่จากวิธีการ		
		แบบจำลองกำหนดการเชิง คณิตศาสตร์		
เวลาปิดงาน	7,366.20	4,678.90	2,687.30	36.48 %

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

โดยทั่วไปแล้วการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในสถานประกอบการจริงให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการภายใต้ข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ จำนวนมากจัดเป็นงานที่ทำหายอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนประกอบอะไหล่รถบรรทุกแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นสถานประกอบการกรณีศึกษาได้ประสบปัญหาการกำหนดตารางการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพภายใต้เครื่องจักรและบุคลากรที่มีอยู่อย่างจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ จัด

ตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดของสถานประกอบการกรณีศึกษาด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical programming model) โดยให้เกิดเวลาปิดงาน (Makespan) น้อยที่สุด

สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลนำเข้าประกอบด้วย รายการผลิตภัณฑ์ที่ต้องดำเนินการผลิต จำนวนการสั่งซื้อของลูกค้า ประเภทและจำนวนของเครื่องจักร เวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักรและการดำเนินการผลิตในแต่ละกระบวนการของแต่ละผลิตภัณฑ์ รวมถึงข้อบังคับและข้อจำกัดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งกำหนดรูปแบบของโจทย์ปัญหาและแบ่งโจทย์ปัญหาออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (Small) ขนาดกลาง (Medium) และขนาดใหญ่ (Large) โดยที่ปัญหาขนาดใหญ่จะเป็นโจทย์ที่รวมผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของสถานประกอบการไว้ด้วยกัน จากนั้นทำการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาดังกล่าวขึ้นมาโดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-in ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft excel) เข้ามาใช้ในการคำนวณหาตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสามารถถูกนำมาใช้ค้นหาตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดได้ในทุกโจทย์ปัญหาภายในระยะเวลาที่ยอมรับได้ อีกทั้งยังสามารถลดการใช้งานโดยไม่จำเป็นของเครื่องจักรได้ถึง 29 เปอร์เซ็นต์ในหลายโจทย์ปัญหา นอกจากนี้ตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดของสถานประกอบการกรณีศึกษาซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ในงานวิจัยนี้ จะได้เวลาปิดงานที่น้อยที่สุดเท่ากับ 4,678.90 นาที ซึ่งสามารถช่วยลดเวลาในการปิดงานรวมที่ได้จากตารางการผลิตเดิมของสถานประกอบการกรณีศึกษาได้ถึง 36.48 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

7. เอกสารอ้างอิง

- กัญชลา สุดตาชาติ. (2552). ฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนาน กรณีมีเวลาติดตั้งเครื่องจักรและมีข้อจำกัดของเครื่องจักร. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*. 5(2), 77-88.
- จิระศักดิ์ ชาบง และ สวัสดิ์ ภาระราช. (2559). การประยุกต์ใช้วิธีอาณาจักรมดกับการจัดลำดับการผลิตแบบไหลเลื่อนที่มีเวลาการผลิตไม่แน่นอน. *วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*. 6(2), 18-33.

- ฉัตรแก้ว ราชรักษ์. (2557). **การจัดตารางการผลิตแบบไหลลื่นของชิ้นส่วนยานยนต์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ทรงวิทย์ ศรีจันทร์รักษ์. (2557). **การจัดตารางการผลิตเครื่องกลึงโลหะชิ้นส่วนยานยนต์แบบขนานที่ไม่เหมือนกัน**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- นฤการ ธรรมศิรินิเวศ. (2558). **การจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ปรีดา จันทร์ดี. (2558). **การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์แบบขนานที่ไม่เหมือนกัน**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ปิยะธิดา สุวรรณประเสริฐ. (2558). **การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์สีผ้าแบบโรตา**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- พัชรกาญจน์ ไทยราช. (2558). **การจัดตารางการผลิตของเครื่องหุ้มสายไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผลิตสายไฟฟ้า**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- พิเศษ รักราชภูริ. (2558). **การจัดตารางการผลิตด้วยกฎการจัดลำดับงานในกระบวนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- วัชรพงษ์ จันทร์เงิน. (2557). **การจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สาคร ไชยไวยาร. (2556). **การจัดตารางการผลิตในสายการผลิตชิ้นส่วนปั๊มขึ้นรูปของเฟรมเบาะรถยนต์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

- สาวิตรี สิงห์ปาน. (2556). **การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์สีในพลาสติก บรรจุภัณฑ์.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- อนจ ชัยมณี และวิสุทธิ สุพิทักษ์. (2558). **การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่นโดยมีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรซึ่งขึ้นอยู่กับลำดับงานภายใต้นโยบายการผลิตแบบทันเวลาพอดี, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 25(2), 219-231.
- อรุยา อริยโสภารักษ์. (2556). **การจัดตารางการผลิตของกระบวนการเป่าฟิล์มบรรจุภัณฑ์พลาสติกบนเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่เหมือนกัน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.