

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้การจำลองสถานการณ์
ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด
Simulation-based optimization for process improvement
A case study of TTH Trading Co.,Ltd.

สโรชา เกษแก้ว^{1*} และอุดม จันทรจรัสสุข²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: sarocha.nay@gmail.com^{1*}

E-mail: kjudom@yahoo.com²

Sarocha Ketkaew^{1*} and Udom Janjarassuk²

^{1,2} Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

E-mail: sarocha.nay@gmail.com^{1*}

E-mail: kjudom@yahoo.com²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป กรณีศึกษา โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ ปัญหาที่พบในโรงงานกรณีศึกษาคือ การผลิตไม่ทันตามวันที่กำหนด และการส่งมอบงานล่าช้า เนื่องจากผู้ผลิตจัดการตารางการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ และระบบมีความไม่แน่นอนของ เวลาการผลิต และการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า ผู้วิจัยจึงได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหา และศึกษาพฤติกรรมของระบบการผลิต และแก้ปัญหาโดยใช้เทคนิคการจัดการตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ 4 วิธี ได้แก่ เข้าก่อนออกก่อน (first come first serve, FCFS) เวลากำหนดส่งงานเร็วสุด (earliest due date, EDD) เวลาปฏิบัติงาน น้อยสุด (shortest processing time, SPT) และเวลาปฏิบัติงานมากที่สุด (longest processing time, LPT) การหาค่าที่ เหมาะสมอาศัยผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินจากแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อให้เวลาปิดงานของระบบ (makespan) มีค่าน้อยที่สุด และเวลาล่าช้าของงาน (tardiness) มีค่าน้อยที่สุด ในกรณีที่มีการกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพมากกว่า หนึ่งอย่าง ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธีผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างเวลาปิด งานของระบบและล่าช้าของงานเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่าวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบ SPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมเมื่อให้ ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเป็นอัตราส่วน 30:70 และ 50:50 โดยสามารถลดเวลา ปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานจากเดิมเท่ากับ 4.74% และ 73.99% ตามลำดับ

คำสำคัญ แบบจำลองสถานการณ์ การจัดการตารางการผลิต อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม

Abstract

This research presents a simulation-optimization technique for productivity improvement in an apparel factory. The case factory encounters tardiness in production and delivery of products due to many factors: production scheduling is based on personal experiences and there are uncertainties in the processing

times and the arrival of customer orders. Simulation is employed to analyze the behavior of the current production system. Optimization is done by using heuristics scheduling methods, i.e. first come first serve (FCFS), earliest due date (EDD), shortest processing time (SPT), and longest processing time (LPT). The methods are further evaluated by using simulation for minimizing the makespan and tardiness. In addition, multi-objective optimization is applied when considering makespan and tardiness simultaneously by using appropriately weighted sum method. The results showed that SPT is the best scheduling method when conducting experiments with the weigh ratios between makespan and tardiness equal to 30:70 and 50:50. The results give 4.74% and 73.99% reductions of the makespan and tardiness respectively, in comparison to the existing system.

Keywords: Simulation, Production scheduling, Apparel industrial

1. บทนำ

บริษัท ทีทีเอช เทคตติ้ง จำกัด ตั้งอยู่ในซอยราษฎร์บูรณะ 46 จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ในปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษาได้ใช้ประสบการณ์จากการทำงานมาจัดตารางการผลิต โดยพิจารณาให้งานใดที่ลูกค้าสั่งซื้อก่อนให้ทำการผลิตก่อน ซึ่งเปรียบเทียบกับกฎทางทฤษฎีการจัดตารางการผลิตคือกฎมาก่อนทำก่อน (first come first serve, FCFS) โดยไม่ได้คำนึงถึงพฤติกรรมของระบบงานจริงที่มีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่นเวลาการส่งมอบเวลาการผลิต และปริมาณสั่งผลิต ส่งผลให้ในช่วงที่มีคำสั่งซื้อเข้ามาทำให้เกิดปัญหาการผลิตไม่ทัน ทางผู้ประกอบการแก้ปัญหาโดยให้คนงานทำงานล่วงเวลาและทำสัญญาช่วงจากภายนอก (outsourcing) เพื่อให้ส่งงานทันเวลา แต่ก็ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นรวมทั้งเวลาปิดงานของระบบมีค่ามากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามจากผลกระทบค่าแรงขั้นต่ำที่ปรับตัวขึ้นผู้ประกอบการจึงไม่ต้องการเพิ่มกำลังการผลิตโดยการซื้อเครื่องจักรใหม่หรือจ้างคนงานเพิ่ม อีกทั้งไม่สามารถคาดการณ์ความต้องการของลูกค้าไว้ล่วงหน้าได้ หากเป็นช่วงที่คำสั่งซื้อเข้ามาน้อยจะทำให้ทรัพยากรเกิดความสูญเปล่า จึงจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตจากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม (simulation-optimization) [1] เหตุผลที่นำ

เทคนิคนี้มาใช้เนื่องจากระบบของโรงงานกรณีศึกษามีลักษณะที่ซับซ้อนและมีความไม่แน่นอนของข้อมูล (stochastic) เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งการจำลองสถานการณ์สามารถนำมาวิเคราะห์ระบบที่มีลักษณะดังกล่าวได้ โดยผู้วิจัยใช้โปรแกรม Arena ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบจริง และหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม OptQuest ซึ่งเป็นเครื่องมือในโปรแกรม Arena ที่ใช้หาผลลัพธ์ที่เหมาะสมภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) และข้อจำกัด (constraints) เพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้เวลาปิดงานของระบบ (makespan) และเวลาล่าช้าของงาน (tardiness) มีค่าน้อยที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำลองสถานการณ์ (simulation)

โดยทั่วไปการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาใดๆ จะอาศัยกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แต่ถ้าปัญหาของระบบมีลักษณะที่ซับซ้อนและมีความไม่แน่นอนของข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นการยากที่จะพัฒนาชุดสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายปัญหาของระบบเหล่านั้นได้ การใช้การจำลองสถานการณ์จึงเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ระบบดังกล่าวได้ โดย Shannon [2] ได้ให้คำจำกัดความของการจำลองสถานการณ์ว่าเป็นกระบวนการออกแบบจำลองของระบบจริงและใช้แบบจำลองนั้นเพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของระบบจริง

ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งช่วยให้สามารถมองเห็นภาพรวมของระบบ และทดลองปรับเปลี่ยนข้อมูลเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาลงมือได้โดยไม่กระทบต่อระบบจริง โดยแบบจำลองจะถูกใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพของวิธีการทำงานปัจจุบันและวิธีทางเลือกที่น่าเสนอ อีกทั้งยังสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหว (animation) เพื่อให้เข้าใจระบบได้ง่ายขึ้น ถือเป็นข้อได้เปรียบของวิธีการจำลองสถานการณ์เหนือจากการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว

2.2 การจัดตารางการผลิต (scheduling)

การจัดตารางการผลิตเป็นการจัดสรรงาน (job) ให้กับทรัพยากร (resource) เช่น คนงาน เครื่องจักร ภายใต้ช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ (objective) ที่องค์กรกำหนดไว้ ซึ่งเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตในทางปฏิบัติมีวัตถุประสงค์ในการจัดตารางการผลิตอยู่ 3 ประเภท คือ [3]

1) ตัวชี้วัดด้านปริมาณผลผลิต เช่น เวลาไหลของงาน (flow time) และเวลาปิดงานของระบบ (makespan)

2) ตัวชี้วัดด้านกำหนดส่งมอบ เช่น เวลาสายของงาน (lateness) เวลาล่าช้าของงาน (tardiness) และจำนวนงานล่าช้า (number of tardy job)

3) ตัวชี้วัดด้านค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น ค่าปรับตั้งเครื่องจักร ค่าพัสดุคงคลังของงานระหว่างกระบวนการ ค่าพัสดุคงคลังของสินค้าสำเร็จรูป

สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตให้กับ n งาน m เครื่องจักร จะมีคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดในทางทฤษฎีเท่ากับ $n!m^n \dots m_m$ อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่ทุกคำตอบที่จะเป็นไปได้จริง ลำดับงานจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขในด้านลำดับก่อนหลังของงาน และเงื่อนไขด้านกำลังการผลิตของเครื่องจักร เนื่องจากการหาคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ [4] ในทางปฏิบัติการจัดการกับปัญหาการจัด

ตารางการผลิตจึงนิยมใช้กฎการจ่ายงาน (dispatching rule) ซึ่งใช้ระบุว่าจะงานใดมีความสำคัญมากกว่าจะได้รับพิจารณาให้ดำเนินการก่อน ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเช่น

พัชรวัลย์ [5] ได้นำกฎการจ่ายงาน 7 วิธี มาทดลองจัดตารางการผลิตในโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ที่มีการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งกับข้อมูลการผลิตจริง ซึ่งมีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนโลหะชิ้นรูป 7 เครื่อง แล้วเปรียบเทียบแต่ละวิธีด้วยเวลาไหลของงานเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงาน และจำนวนงานล่าช้า จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเวลาการผลิตมากที่สุดทำก่อน (longest processing time, LPT) ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

สุรสิทธิ์ [6] ได้นำกฎการจ่ายงาน 5 วิธี มาทำการจัดตารางการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์กับข้อมูลจริงโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการศึกษาพบว่าวิธีการจัดการผลิตแบบเวลากำหนดส่งงานเร็วสุดทำก่อน (earliest due date, EDD) สามารถลดเวลาล่าช้าเฉลี่ยได้ 26% จำนวนงานล่าช้า 33% และเวลาสายของงานเฉลี่ย 55%

นิภา [7] ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม Arena สำหรับออกแบบการจำลองสถานการณ์ของอุตสาหกรรมแก้วเพื่อช่วยในการตัดสินใจหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม โดยนำกฎการจ่ายงานต่างๆ มาเปรียบเทียบกัน พบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเวลาการผลิตน้อยสุดทำก่อน (shortest processing time, SPT) สามารถลดจำนวนงานล่าช้าได้ 90% และลดเวลาปิดงานของระบบได้ 26.67%

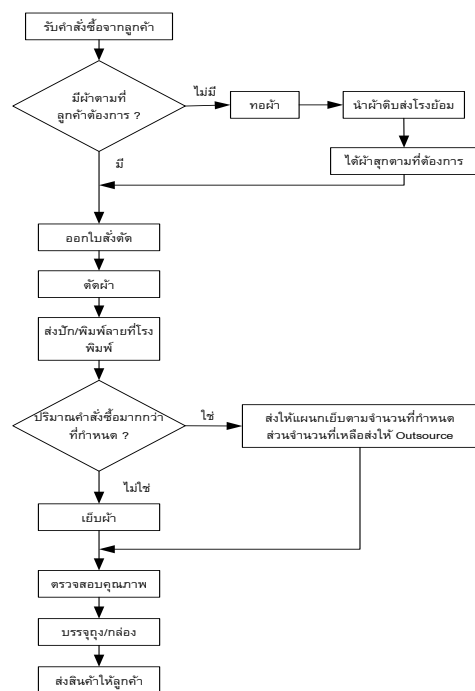
จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่นำกฎการจ่ายงานมาปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต เนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถทำได้โดยง่าย และช่วยสนับสนุนให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตดีขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้กฎการจ่ายงาน 3 วิธีคือ 1) เวลากำหนดส่งงานเร็วสุดทำก่อน (earliest due date, EDD) 2) เวลาการผลิตน้อยสุดทำก่อน (shortest processing time, SPT) และ 3) เวลาการผลิตมากที่สุดทำก่อน (longest

processing time, LPT) มาเปรียบเทียบกับ การจัดลำดับงานแบบเดิมคือ FCFS เพื่อหาวิธีการจัดลำดับงานที่เหมาะสมเพื่อให้เวลาปฏิบัติงานของระบบ และเวลาล่าช้าของงานมีค่าน้อยที่สุด

3. วิธีการวิจัย

3.1 การศึกษาปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

จากการศึกษาขั้นตอนการดำเนินการผลิตของโรงงานพบว่า การดำเนินงานจะเริ่มจากรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า นำผ้าดิบที่ผ่านการทอแล้วส่งฟอกย้อมที่โรงย้อมข้างนอก เมื่อได้ผ้าสุกตามที่ต้องการจะทำการออกไปส่งตัด ส่งให้แผนกตัดเพื่อทำการตัดชิ้นผ้า ส่งพิมพ์หรือปักลายเสื้อที่โรงพิมพ์ข้างนอก เมื่อได้ผ้าที่ผ่านการพิมพ์ลายแล้วก็นำชิ้นผ้าไปเย็บประกอบและตัดเศษด้ายออก ทำการใส่ถุงพลาสติกที่ละตัว แล้วบรรจุลงกล่องหรือถุงขนาดใหญ่ เพื่อรอส่งให้ลูกค้าต่อไป ขั้นตอนการดำเนินการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการผลิต
ของโรงงานกรณีศึกษา

จากการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ปัญหาความล่าช้าของงานเกิดขึ้นจากกระบวนการเย็บซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้กำลังการผลิตมากที่สุด และต้องอาศัยพนักงานที่มีทักษะและความชำนาญในการผลิต อีกทั้งมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีลำดับและขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน ในบางขั้นตอนอาจมีเครื่องจักรที่สามารถใช้ในการผลิตได้มากกว่า 1 เครื่อง และคนงาน 1 คน อาจทำงานได้มากกว่า 1 งาน สิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้กระบวนการผลิตเกิดความไม่แน่นอนและส่งผลให้เกิดความล่าช้าของงานได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกพิจารณาเฉพาะขั้นตอนการผลิตในแผนกเย็บ ส่วนกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกทำการศึกษาคือ เสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากลูกค้า และมีปัญหาในการจัดตารางการผลิตมากที่สุด

ความสามารถในการผลิตของแผนกเย็บสามารถผลิตเสื้อยืดคอกลมคือ 670 ถึง 900 ตัวต่อวัน ส่วนเสื้อโปโลสามารถผลิตได้ 220 ถึง 300 ตัวต่อวัน ในแผนกเย็บมีสถานีงานที่แตกต่างกันทั้งหมด 9 สถานีงานตามประเภทของจักรที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วยสถานีที่มีเครื่องจักร 8 สถานี และสถานีงานที่ใช้เพียงแรงงาน 1 สถานี ส่วนคนงานมีทั้งหมด 8 คน แทนชื่อคนงานด้วยหมายเลข 1 ถึงหมายเลข 8 ความสัมพันธ์ระหว่างจักรและคนงานแสดงดังตารางที่ 1 ยกตัวอย่างเช่น สถานีงาน A มีจักรเย็บอยู่ 7 เครื่อง และคนงานที่ทำงานกับจักรเย็บได้มีอยู่ 6 คน คือ หมายเลข 1-6

ตารางที่ 1 สถานีงานในแผนกเย็บ

สถานีงาน	ประเภทของจักร	จำนวนจักร	คนงานที่ใช้งานจักร
A	จักรเย็บ	7	1-6
B	จักรลา	3	5,7,8
C	จักรพุ่ง	9	1-6
D	จักรลากูโซ่	1	8
E	เครื่องตัดผ้าก๊วน	1	6
F	จักรเย็บปก	1	6
G	จักรถักรัดคัม	1	2
H	จักรติดกระดุม	1	7
I	ไม่ใช่จักร	-	1-8

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนกันยายน 2557 ถึงเดือนมกราคม 2558 โดยแบ่งวิธีการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 วิธีคือ

1) วิธีการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ ได้แก่ อัตราการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า วันกำหนดส่งงาน ปริมาณคำสั่งซื้อ

2) วิธีการเก็บข้อมูลด้วยการจับเวลา ได้แก่ เวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอน เก็บข้อมูลโดยการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา โดยสุ่มเก็บข้อมูลตัวอย่าง 40 ครั้งสำหรับทุกขั้นตอน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าที่มีค่าที่ไม่แน่นอนได้แก่ เวลาการมาถึงของคำสั่งซื้อ ปริมาณคำสั่งซื้อ เวลาในการหยิบเสื้อคอกกลม และเวลาในการหยิบเสื้อโปโล โดยใช้ Input Analyzer ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ โดยโปรแกรมจะแสดงผลแผนภูมิกราฟแท่งฮิสโตแกรมตามข้อมูลดิบที่ป้อนเข้าไป โดยใช้สมมติฐานการทดสอบดังนี้

H_0 : ข้อมูลนำเข้ามีการแจกแจงตามรูปแบบที่ใช้ทดสอบ

H_1 : ข้อมูลนำเข้าไม่มีการแจกแจงตามรูปแบบที่ใช้ทดสอบ

โดยใช้การทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีไคสแควร์ (Chi-square test) [8] โปรแกรม Input Analyzer จะรายงานผลการทดสอบด้วยค่า P-value หากค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05 จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ แสดงว่าข้อมูลนำเข้ามีการแจกแจงตามรูปแบบที่ใช้ทดสอบ โดยการเลือกการแจกแจงของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ ผู้วิจัยคำนึงถึงลักษณะธรรมชาติของข้อมูล การประยุกต์ใช้งานของแต่ละรูปแบบของการแจกแจง และค่า sum square-error เพื่อประกอบการพิจารณา

ตามธรรมชาติของข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึง (interarrival time) มีการแจกแจงในรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) เนื่องจากการแจกแจงในรูปแบบนี้เหมาะสำหรับการจำลองเวลาระหว่างเหตุการณ์ที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้าจึงใช้การแจกแจงแบบ EXPO(4.25) ดังตารางที่ 2 ซึ่งหมายถึงมีคำสั่งซื้อของลูกค้ามาถึงทุกๆ 4.25 วัน โดยเฉลี่ย และมีความน่าจะเป็นที่ลูกค้าสั่งเสื้อยืดคอกกลม และเสื้อโปโลที่ 59% และ 41% ตามลำดับ

ส่วนรูปแบบการแจกแจงปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 3 โดยตัวอย่างปริมาณคำสั่งซื้อของเสื้อยืดคอกกลมมีการแจกแจงแบบ UNIF(403, 9720) หมายถึงถ้าลูกค้าสั่งผลิตเสื้อยืดคอกกลม ปริมาณคำสั่งซื้อที่ลูกค้าสั่งน่าจะอยู่ในช่วง 403 ถึง 9720 ตัวต่อ 1 คำสั่งซื้อ

ส่วนรูปแบบการแจกแจงเวลาการผลิตของแต่ละขั้นตอนและเส้นทางการผลิตไปยังสถานีต่างๆ ของเสื้อยืดคอกกลมและเสื้อโปโล แสดงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ โดยใช้การแจกแจงแบบสามเหลี่ยมในการอธิบายเวลาการผลิต ตัวอย่างเช่นการโฟกัสต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ TRIA(0.43, 0.56, 0.82) หมายถึงขั้นตอนโฟกัสต่อไหล่ใช้เวลาในการทำต่ำสุดที่ 0.43 นาทีต่อชิ้น ใช้เวลามากสุดที่ 0.82 นาทีต่อชิ้น และเวลาที่เป็นไปได้มากที่สุดที่ 0.56 นาทีต่อชิ้น

ตารางที่ 2 รูปแบบการแจกแจงของเวลาการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า

รูปแบบการแจกแจงข้อมูล (วัน)	P-Value	ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าสั่ง	
		เสื้อยืดคอกกลม	เสื้อโปโล
EXPO(4.25)	0.250	59%	41%

ตารางที่ 3 รูปแบบการแจกแจงของปริมาณคำสั่งซื้อ

ประเภทผลิตภัณฑ์	รูปแบบการแจกแจงข้อมูล (ชิ้น)	P-Value
เสื้อยืดคอกกลม	UNIF(403, 9720)	0.097
เสื้อโปโล	UNIF(109, 822)	0.750

ตารางที่ 4 รูปแบบการแจกแจงของเวลาเย็บเสื้อยืดคอกลม

ขั้นตอนเย็บเสื้อยืดคอกลม	สถานีงาน	รูปแบบการแจกแจงข้อมูล (นาฬิกา)	P-Value
โพ้งต่อไหล่	C	TRIA(0.43, 0.56, 0.82)	0.094
ลาชายแขน	B	TRIA(0.15, 0.22, 0.28)	0.082
โพ้งเข้าตัว	C	TRIA(2.00, 2.41, 3.89)	0.057
เย็บทับไหล่	A	TRIA(0.26, 0.37, 0.51)	0.712
ลาชายเสื้อ	B	TRIA(0.42, 0.56, 0.69)	0.054
โพ้งผ่ารัดคอ	C	TRIA(0.04, 0.06, 0.09)	0.348
เรียงผ่ารัดคอ	I	TRIA(0.13, 0.16, 0.26)	0.400
โพ้งคอ	C	TRIA(0.46, 0.56, 0.71)	0.750
เย็บทับคอ	D	TRIA(0.69, 0.79, 0.94)	0.451

ตารางที่ 5 รูปแบบการแจกแจงของเวลาเย็บเสื้อโปโล

ขั้นตอนเย็บเสื้อโปโล	สถานีงาน	รูปแบบการแจกแจงข้อมูล (นาฬิกา)	P-Value
ลาชายชิ้นหน้า	B	TRIA(0.46, 0.53, 0.59)	0.750
เจาะโปโล	I	TRIA(1.02, 1.11, 1.33)	0.750
سابโปโล	A	TRIA(0.15, 0.22, 0.32)	0.179
سابกับชิ้นหน้า	A	TRIA(1.61, 2.37, 3.44)	0.475
ลาชายชิ้นหลัง	B	TRIA(0.43, 0.56, 0.66)	0.421
ลาชายแขน	B	TRIA(0.19, 0.22, 0.28)	0.193
โพ้งต่อไหล่	C	TRIA(0.42, 0.54, 0.91)	0.183
เย็บทับไหล่	A	TRIA(0.29, 0.42, 0.54)	0.414
โพ้งเข้าตัว	C	TRIA(2.44, 3.32, 4.89)	0.424
เก็บผ่าข้าง	A	TRIA(2.62, 3.00, 3.53)	0.750
เตรียมผ่าทำปก	E	TRIA(0.78, 0.95, 1.45)	0.449
ใส่ปก	A	TRIA(0.90, 1.22, 1.47)	0.476
กุนบก ใส่เบอร์	F	TRIA(1.61, 2.06, 2.46)	0.185
ปิดسابบนล่าง	A	TRIA(0.44, 0.50, 0.67)	0.075
เจาะรั้งคุด	G	TRIA(0.20, 0.42, 0.57)	0.162
แต้มจุดกระดุม	I	TRIA(0.30, 0.37, 0.47)	0.552
ติดกระดุม	H	TRIA(0.47, 0.60, 0.83)	0.347

3.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena แบบจำลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1) แบบจำลองในส่วนของการสร้างรูปแบบการแจกแจงการเข้ามาระหว่างคำสั่งซื้อ และแบ่งประเภทของคำสั่งซื้อ

2) แบบจำลองในส่วนของการขึ้นตอนการผลิตในแผนกเย็บ โดยแบ่งออกเป็น 9 สถานีงานตาม

ประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วยจักร 8 ประเภท และสถานีงานที่ใช้เพียงแรงงานเท่านั้น

3) แบบจำลองในส่วนของการบันทึกผล มีการบันทึกเวลาปฏิบัติงานของระบบ และเวลาลำช้าของงาน

3.5 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (model verification) [9] [10] [11] ของงานวิจัยนี้ทำได้โดย

1) ตรวจสอบจากภาพเคลื่อนไหวเพื่อติดตามการไหลของวัตถุในระบบ

2) ตรวจสอบสถานะของทรัพยากรจากภาพเคลื่อนไหวว่าเป็นอย่างไร เช่น เมื่อเครื่องจักรว่างงานจะแสดงสถานะด้วยรูปเครื่องจักรว่าง เมื่อเครื่องจักรทำงานจะแสดงสถานะด้วยรูปเครื่องจักรที่มีพนักงานกำลังทำงานอยู่

3) ใช้อุปกรณ์ช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง (debugger) ในการตรวจสอบการทำงานของแบบจำลอง หากแบบจำลองมีข้อบกพร่องในขณะที่โปรแกรมกำลังดำเนินการจะมีการแจ้งเตือนขึ้น

4) ดำเนินการแบบจำลองด้วยการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS ซึ่งเป็นวิธีการจัดตารางการผลิตปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาแล้วกำหนดให้บันทึกผลลงไฟล์ Excel เพื่อตรวจสอบผลการจัดตารางการผลิตในแต่ละสถานีงานว่าเป็นไปตามกฎการจ่ายงานแบบมาก่อนทำก่อนหรือไม่

5) อธิบายแบบจำลองให้ผู้ใช้งานฟังอย่างละเอียดทีละโมดูล และให้ผู้อื่นช่วยตรวจสอบแบบจำลอง

สำหรับการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (model validation) ใช้การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของค่าตัวแปรนำเข้าและผลลัพธ์ด้วยข้อมูลในอดีต (input-output validation: using historical input data) ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตที่แท้จริงมาใช้แทนตัวแปรนำเข้า [12] ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูล

ในช่วงเดือนธันวาคม 2557 ถึง เดือนมกราคม 2558 ซึ่งมีจำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมด 6 คำสั่งซื้อ ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและระบบจริง โดยผู้วิจัยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และแบ่งการตรวจสอบทางสถิติออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

- 1) เวลาปิดงานของระบบ
- 2) เวลาล่าช้าของงาน

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานจากระบบจริงอยู่ภายใต้ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของระบบที่จำลองขึ้น จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถนำมาใช้อธิบายการทำงานของระบบจริงได้

ตารางที่ 6 เวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงาน

ข้อมูล	ค่าจากระบบจริง	ผลการจำลองสถานการณ์ในช่วงความเชื่อมั่น 95%
เวลาปิดงานของระบบ	328	(314.53, 346.45)
เวลาล่าช้าของงาน	15.5	(12.1924, 18.1124)

3.6 การหาค่าที่เหมาะสมโดยใช้ OptQuest

หลังจากได้แบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถใช้แทนระบบจริงได้แล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาเพิ่มส่วนของการจัดการการผลิตอีก 3 วิธีที่นำเสนอคือ EDD, SPT และ LPT เพื่อให้สามารถเลือกกฎการจ่ายงานแล้วนำมาเปรียบเทียบกับตารางการผลิตแบบเดิมที่ใช้ FCFS ได้ โดยกำหนด attribute ชื่อ priority สำหรับเลือกลำดับการผลิตโดยใช้สูตรที่ต่างกันตามกฎการจ่ายงานดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การกำหนดสูตรที่ใช้เลือกลำดับการผลิต

กฎ	priority
FCFS	หมายเลขคำสั่งซื้อ
EDD	เวลากำหนดส่งงาน
SPT	ปริมาณคำสั่งซื้อ x เวลาผลิตเฉลี่ยต่อหน่วย
LPT	ส่วนกลับของ SPT

จากนั้นผู้วิจัยใช้ OptQuest ในการวิเคราะห์หาวิธีจัดการการผลิตที่เหมาะสมจากกฎการจ่ายงาน

ทั้ง 4 วิธี โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรมดังตารางที่ 8 จากตัวแปรประเภท controls ผู้วิจัยกำหนดให้กฎการจัดการตารางการผลิตมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 4 โดยที่กฎการจัดการตารางการผลิตแบบ FCFS, EDD, SPT และ LPT แทนด้วยเลข 1 2 3 และ 4 ตามลำดับและค่า objective มี 2 ค่าคือค่าเวลาปิดงานของระบบ และค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยกำหนดให้เป็น minimize เพราะต้องการหาค่าที่น้อยที่สุด

ตารางที่ 8 การกำหนดค่าตัวแปรในการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุด

ประเภท	ข้อมูล	เงื่อนไขในการกำหนดค่า
controls	กฎการจัดการตารางการผลิต (วิธีที่ 1-4)	ขอบเขตล่าง (lower bound) = 1
		ขอบเขตบน (upper bound) = 4
objectives	ค่าเวลาปิดงานของระบบ	minimize (makespan)
	ค่าเวลาล่าช้าของงาน	minimize (tardiness)

3.7 การหาค่าที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์

การตัดสินใจนำวิธีจัดการตารางการผลิตไปใช้ในโรงงานกรณีศึกษาอาจไม่สามารถสรุปได้จากการพิจารณาตัวชี้วัดประสิทธิภาพเพียงตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น ต้องคำนึงถึงตัวชี้วัดประสิทธิภาพในหลายๆ ตัวที่มีความสัมพันธ์กัน ผู้ประกอบการของโรงงานกรณีศึกษาต้องการให้เวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่เดียวกันเวลาล่าช้าของงานมีค่าน้อยด้วย ซึ่งคงเป็นเรื่องยากในการตัดสินใจกฎการจ่ายงานไปใช้งานในโรงงานกรณีศึกษา ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการของโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์ (multi-objective optimization) ด้วยวิธีผลรวมค่าถ่วงน้ำหนัก (weighted sum method) [13] เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาอาจให้ความสำคัญของตัวชี้วัดประสิทธิภาพแต่ละตัวไม่เท่ากัน โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{Minimize } z = w_1 F_1(x) + w_2 F_2(x) \quad (1)$$

$$\text{Subject to } F_1(x) = \frac{f_1(x) - \min(f_1(x))}{\max(f_1(x)) - \min(f_1(x))} \quad (2)$$

$$F_2(x) = \frac{f_2(x) - \min(f_2(x))}{\max(f_2(x)) - \min(f_2(x))} \quad (3)$$

$$w_1 + w_2 = 1 \quad (4)$$

$$w_1, w_2 \geq 0 \quad (5)$$

$$x = \{FCFS, EDD, SPT, LPT\} \quad (6)$$

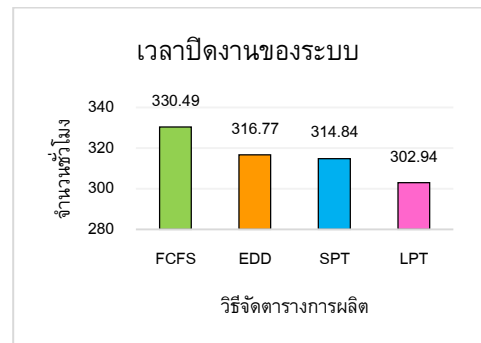
เมื่อ z คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์
 x คือวิธีการจัดตารางการผลิต
 $f_1(x)$ คือค่าเวลาปิดงานของระบบที่ทำการพิจารณา (ชั่วโมง)
 $F_1(x)$ คือค่าเวลาปิดงานของระบบที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้ว
 $f_2(x)$ คือค่าเวลาลำช้าของงานที่ทำการพิจารณา (ชั่วโมง)
 $F_2(x)$ คือค่าเวลาลำช้าของงานที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้ว
 w_1 คือค่าถ่วงน้ำหนักของค่าเวลาปิดงานของระบบ
 w_2 คือค่าถ่วงน้ำหนักของค่าเวลาลำช้าของงาน

สมการที่ (1) คือผลรวมค่าเวลาปิดงานของระบบและค่าเวลาลำช้าของงานที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้วคูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก สมการที่ (2) คือการแปลงค่าเวลาปิดงานของระบบให้เป็นบรรทัดฐาน สมการที่ (3) คือการแปลงค่าเวลาลำช้าของงานให้เป็นบรรทัดฐาน สมการที่ (4) คือผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักต้องเท่ากับ 1 สมการที่ (5) คือค่าถ่วงน้ำหนักต้องไม่เป็นลบ และสมการที่ (6) คือวิธีการจัดตารางการผลิตประกอบด้วย 4 วิธีคือ FCFS, EDD, SPT และ LPT

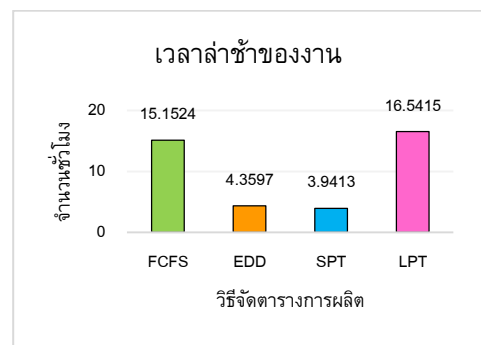
4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมด้วย OptQuest

จากการวิเคราะห์หาวิธีการทำงานที่เหมาะสมผ่านแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้จากโปรแกรม OptQuest พบว่าการจัดตารางการผลิตด้วยกฎ LPT ให้ผลลัพธ์ทางด้านเวลาปิดงานของระบบที่ดีที่สุดคือ มีเวลาปิดงานของระบบที่น้อยที่สุด รองลงมาคือ กฎ SPT กฎ EDD และ กฎ FCFS ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2 และการจัดตารางการผลิตด้วยกฎ SPT ให้ผลลัพธ์ทางด้านเวลาลำช้าของงานที่ดีที่สุดคือ มีเวลาลำช้าของงานที่น้อยที่สุด รองลงมาคือ กฎ EDD กฎ FCFS และ กฎ LPT ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 เวลาปิดงานของระบบ



รูปที่ 3 เวลาลำช้าของงาน

4.2 ผลการหาค่าที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์

หลังจากที่ได้ค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงานจากแต่ละวิธีการจัดตารางการผลิตแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณหาค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงานที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้วดังสมการที่ (2) และ (3) ได้ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงานที่ทำให้เป็นบรรทัดฐาน

กฎ	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
FCFS	330.49	15.152	1.000	0.890
EDD	316.77	4.360	0.502	0.033
SPT	314.84	3.941	0.432	0.000
LPT	302.94	16.542	0.000	1.000

จากนั้นทำการหาค่าผลรวมค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงานที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้วคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักตั้งสมการที่ (1) โดยผู้วิจัยได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักออกเป็น 3 กรณีคือให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงานเป็นอัตราส่วน 30:70, 50:50 และ 70:30 ซึ่งผลการหาค่าที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์แสดงดังตารางที่ 10 จะเห็นว่ากรณีที่ให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงานเป็นอัตราส่วน 30:70 และ 50:50 การจัดตารางการผลิตแบบ SPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด แต่ถ้าให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงานเป็นอัตราส่วน 70:30 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 10 ผลการหาค่าที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์

กรณี	w_1	w_2	กฎ	$z = w_1F_1(x) + w_2F_2(x)$
1	0.3	0.7	FCFS	0.923
			EDD	0.174
			SPT	0.130
			LPT	0.700
2	0.5	0.5	FCFS	0.945
			EDD	0.268
			SPT	0.216
			LPT	0.500
3	0.7	0.3	FCFS	0.967
			EDD	0.361
			SPT	0.302
			LPT	0.300

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของระบบการผลิตในปัจจุบันซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS และวิธีการจัดตารางการผลิตที่เสนอขึ้นอีก 3 วิธีคือ EDD SPT และ LPT พบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT สามารถลดเวลาปิดงานของระบบจากเดิม 8.34% และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT สามารถลดเวลาลำช้าของงานจากเดิม 73.99% และสามารถลดเวลาปิดงานของระบบจากเดิม 4.74%

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่ได้ ถึงแม้ว่า LPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดเมื่อให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงานเป็นอัตราส่วน 70:30 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ดังกล่าวระหว่าง SPT กับ LPT พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 0.783% ซึ่งถือว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นหากโรงงานกรณีศึกษาพิจารณาตัวชี้วัดประสิทธิภาพแค่ 2 ตัวคือเวลาปิดงานของระบบและเวลาลำช้าของงาน ผู้วิจัยขอแนะนำให้โรงงานกรณีศึกษาเลือกใช้ SPT เพื่อให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีอัตราส่วน 30:70 และ 50:50

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ทีทีเอส เทคดิง จำกัด ที่ให้ความร่วมมือและความอนุเคราะห์ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กาญจนนา กาญจนสุนทร. เทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสม. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 2550; 27(1):294-304.
- [2] Shannon RE. System simulation the art and science. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice hall; 1975.

- [3] ปารเมศ ชูติมา. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555.
- [4] Pinedo, M. Scheduling: theory, algorithm, and system. 2nd Ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice hall; 2002.
- [5] พัชรวาลย์ แสงอรุณ. การจัดตารางการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิตคอมพิวเตอร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ; จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2545.
- [6] สุรสิทธิ์ โสภณชัย. การจัดตารางการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์แบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ; จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2543.
- [7] นิภา จงจ่อหอ. การพัฒนาโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแก้ว [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2552.
- [8] จุฑา พิชิตล้ำเคญ. พื้นฐานการจำลองสถานการณ์เชิงสุ่มเพื่อการประยุกต์ใช้กับปัญหาจริง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2558.
- [9] Law AM. Simulation modeling and analysis. 4th Ed. New York: Mc Graw-hill; 2007.
- [10] Banks J, Carson JS, Nelson BL, Nicol DM. Discrete-event system simulation. 5th Ed. Upper saddle river, New Jersey: Prentice hall; 2010.
- [11] Altiock T, Melamed B. Simulation modeling and analysis with ARENA. Branford, Connecticut: Cyber Research Inc; 2001.
- [12] Naylor TH, Finger JM. Verification of computer simulation models. Management Science 1967;14(2):92-106.
- [13] Grodzevich O, Romanko O. Normalization and other topics in multi-objective optimization [study group report]. Proceeding of the fields-MITACS industrialproblem workshop; 2006 August 14-18; Toronto, Canada. 2006. p.89-101.