



วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร

MUT Journal of Business Administration

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2557)

Volume 11 Number 1 (January – June 2014)

การจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตขวดพลาสติกแบบที่มีการพิมพ์สี

Job Shop Scheduling for Color Printing of Plastic Bottle Production

พรไพบูลย์ ปุณปาตม Pornpaiboon Pushpakom ^{1,*}

¹ อาจารย์ประจำ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
จังหวัดสมุทรปราการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง เพื่อลดเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมให้หมีค่าน้อยที่สุด โดยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการแบ่งกลุ่มงาน มอบหมายงานให้เครื่องจักรโดยใช้กฎการจ่ายงานด้วยเกณฑ์ทำงานที่ถึงวันกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน โดยพิจารณาข้อจำกัดในการผลิตขวดพลาสติกและลำดับความสำคัญของลูกค้า ขั้นตอนที่สองการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักร โดยการค้นหาแบบตามูเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ส่วนการสร้างคำตอบตั้งต้นได้ทำการหาคำตอบข้างเคียงเพื่อช่วยหาคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยการหาคำตอบข้างเคียงได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณหาผลลัพธ์ตามวิธีการค้นหาคำตอบข้างเคียงและการค้นหาแบบตามูจากผลการทดลองในช่วงงานที่ 70-90 งาน ช่วงงานที่ 91-110 งาน ช่วงงานที่ 111-130 งาน และช่วงงานที่ 131-150 งาน พบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตโดยวิธี Insertion Interchange ให้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมน้อยกว่าการจัดตารางการผลิตแบบเก่าโดยใช้หลักเกณฑ์รับก่อนทำก่อนประมาณ 95% ส่วนของเวลาในการจัดตารางการผลิตใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเก่าโดยใช้หลักเกณฑ์รับก่อนทำก่อนประมาณ 80% ในทุกๆ ช่วงงาน ในการหาคำตอบการค้นหาที่ให้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมน้อยที่สุดมีลักษณะแบบสุ่ม ส่วนการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับพบว่าการค้นหาที่ 20 40 60 80 100 และ 120 รอบ วิธี Insertion Interchange ให้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมที่ดีแตกต่างกันขึ้นกับแต่ละช่วงงาน และเวลาในการรันโปรแกรมมีความสัมพันธ์กับรอบการค้นหาและจำนวนงานที่ทำการผลิต

คำสำคัญ: การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง, การผลิตขวดพลาสติก, การค้นหาแบบตามู

* E-mail address: golfsexy@hotmail.com

+ ขอขอบคุณ คุณชาติรี เห็นศิริสกุล กรรมการบริหารบริษัทตัวอย่างที่อนุเคราะห์เอกสารการวิจัยเพื่อการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งสำหรับการผลิตขวดพลาสติก และให้คำปรึกษาในส่วนของการเขียนบทความวิจัยรวมทั้งบทคัดย่อ

ABSTRACT

This research studies and solves the problem of Job Shop Scheduling for Plastic bottle Production. The objective of the study is to reduce the total tardiness of the scheduling results. A two-phase approach is proposed for solving this problem. In the initial phase, a starting solution is allocated that uses priority rule common Earliest Due Date and constraint of machine. The second phase is a sequencing that uses a tabu search. In the start of operation, an initial building answer uses the Neighborhood Search with Insertion Interchange. Finally, a tabu search approach is used to search and optimize the answer. The experiments are ran using range 70-90, 91-110, 111-130, and 131-150 jobs. The result reveals that the Insertion Interchange method has 95 percent less total tardiness than the First Come – First Served method. The method can reduce the time for planning scheduling by 80 percent. The number of iteration resulting the minimum total tardiness has the random pattern. The result indicates that the total tardiness is different at each iteration 20, 40, 60, 80, 100 and 120 iterations. In addition, the run time is related to number of iteration and number of job.

Keywords: Job Shop Scheduling, Plastic Bottle Production, Tabu Search

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตขวดพลาสติกนั้นการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่ง เป็นการจ้ดลำดับงานและกำล้งการผลิตที่มีความสำคัญต่อการผลิตแบบตามสั่ง เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมีความสามารถในการผลิตที่ต่างกันคือ จำนวนหน้าที่พิมพ์ลงบนขวดพลาสติก จำนวนสีที่พิมพ์ลงบนขวดพลาสติกได้ของเครื่องจักร ขวดพลาสติกมีหลากหลายรูปทรงต่อครั้งในการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่ง และข้อจำกัดในการจัดลำดับความสำคัญของลูกค้า ดังนั้นการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่งที่ผิดพลาดจะส่งผลให้ส่งงานไม่ทันกำหนด ในโรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษากการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่งเป็นโรงงานผลิตขวดพลาสติก ทำการผลิตขวดพลาสติกในรูปทรงต่างๆ เช่น ขวดพลาสติกทรงกลม ขวดพลาสติกทรงเหลี่ยม และขวดพลาสติกรูปทรงต่างๆ โดยมีรูปทรงต่างๆ ที่ทำการผลิตประมาณ 200-300 รูปทรงต่อเดือน การผลิตเป็นแบบตามสั่ง มีลูกค้าประมาณ 60-80 ราย ลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการขวดพลาสติกหลายรูปทรง โดยมีจำนวนสีที่พิมพ์แตกต่างกันไป และจำนวนหน้าที่พิมพ์เป็นแบบ 2 หน้า หรือ 4 หน้า โรงงานพิจารณาการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่งตามข้อจำกัดของเครื่องที่สามารถพิมพ์จำนวนสีและจำนวนหน้าที่แตกต่างกัน การจัดการตารางผลิตต้องคำนึงถึงลำดับความสำคัญของลูกค้า ส่งผลให้ทางโรงงานเกิดปัญหาการส่งงานไม่ทันกำหนด โดยที่ในการจัดการ

การผลิตของทางโรงงานเป็นการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งของเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machine) เพื่อลดเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมให้มีค่าน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนสีที่พิมพ์ และจำนวนหน้าที่พิมพ์ของแต่ละเครื่องจักร และพิจารณาถึงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร โดยให้ความสนใจเครื่องจักรพิมพ์สีจำนวน 14 เครื่อง ในส่วนงานพิมพ์สี ข้อมูลที่นำมาทำการจัดตารางการผลิตจะเป็นคำสั่งซื้อในช่วง 1 ปี ของลูกค้าทั้งหมด เนื่องจากการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งมีความซับซ้อนและยากในการแก้ไขด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ทั่วไป จึงได้นำวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic Approach) มาใช้ในการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง โดยเลือกวิธีการค้นหาแบบตาบู่ (Tabu Search) สำหรับการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหาเชิงป้องกันคือ ไม่ให้มีการวนซ้ำรอบของคำตอบเดิมและเหมาะสมกับการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานที่มีความซับซ้อนได้ดี สามารถหาคำตอบที่ดีได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนที่ง่ายและรวดเร็วในการค้นหา (Ponsich and Coello, 2013)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำวิธีการค้นหาแบบตาบู่มาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งสำหรับการผลิตขวดพลาสติก

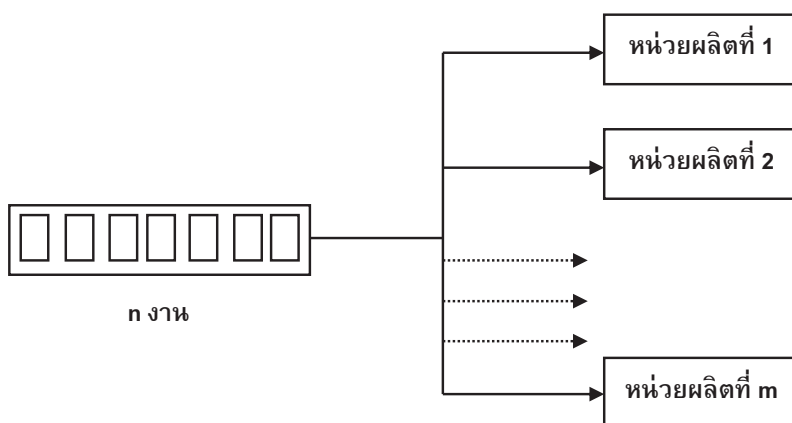
ประโยชน์ของการวิจัย

เป็นแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาแบบตาบู่ในการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตขวดพลาสติกที่คำนึงถึงข้อจำกัดของเครื่องจักร และข้อจำกัดในการจัดลำดับความสำคัญของลูกค้า

การทบทวนวรรณกรรม

การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง (Job Shop Scheduling)

การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งมีระบบที่ประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่อง ในแต่ละงานจะมีเส้นทางการไหลของงานเฉพาะของตนเอง ตามที่ผู้วางแผนกระบวนการกำหนดให้เท่านั้น ทิศทางการไหลของงานมิได้หลายทิศทาง (Non-Unidirectional Flow) แต่ละงานสามารถที่จะดำเนินงานบนเครื่องจักรใดๆ ก็ตามที่อยู่บนเส้นทางงานของตนได้เพียงแค่ 1 ครั้งเท่านั้น โดยในส่วนแรกจะเป็นการพิจารณาปัญหาของหน่วยผลิต m หน่วยที่ขนานกัน (m Parallel Processors) โดยการจัดลำดับงานบนหน่วยผลิตแบบขนาน 2 หน่วยขึ้นไปให้เหมือนกันและประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละหน่วยงานเท่ากัน ดังรูปที่ 1 เมื่อมีงานหลายงานที่เข้ามาในระบบ เราจะเลือกหน่วยผลิตทุกหน่วยมาใช้แล้วทำการจัดลำดับงานบนหน่วยผลิตแต่ละหน่วย งานแต่ละงานนั้นไม่ว่าจะถูกจัดให้ทำงานบนหน่วยผลิตใดก็จะใช้เวลาเท่ากัน (Gaither and Frazier, 1999)



รูปที่ 1: ปัญหาการจัดการตารางผลิตบนหน่วยผลิตแบบขนาน m หน่วย

งานวิจัยนี้เป็นการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่งที่คำนึงถึงคุณลักษณะของการจัดงานเป็นกลุ่มที่ขึ้นกับงานก่อนหน้า การแบ่งกลุ่มของปัญหาการจัดการตารางผลิตที่คำนึงถึงเครื่องจักร โดยสามารถแบ่งการปรับตั้งเครื่องได้เป็น 2 รูปแบบคือ การปรับตั้งเครื่องที่เกิดขึ้นกับงานที่ทำอยู่ก่อนหน้า (Sequence-Independent) และการปรับตั้งเครื่องไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับงานที่ทำอยู่ก่อนหน้าเท่านั้น แต่ยังขึ้นกับงานที่ตามมาด้วย (Sequence-Dependent) ในการจัดการตารางผลิตที่การปรับตั้งเครื่องที่เกิดขึ้นกับงานที่ทำอยู่ก่อนหน้าโดยเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม เพื่อลดเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวม โดยการจัดการตารางผลิตสำหรับหน่วยผลิตแบบขนานนั้น แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการแบ่งกลุ่มงาน (Allocation) และการจัดลำดับก่อนหลัง (Sequencing) โดยทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (Vilcot and Billaut, 2008)

การค้นหาลำดับสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่ง

วิธีการค้นหาลำดับสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่งเป็นวิธีการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงการจัด (Combinatorial Optimization Problem) ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่สามารถใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์โดยตรงในการแก้ปัญหาได้ สำหรับในกรณีที่ปัญหามีขนาดใหญ่วิธีการค้นหาลำดับสามารถดำเนินการค้นหาคำตอบต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดในช่วงกว้าง (Near Global Optimum) (Ponnambalam *et al.*, 2000)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการตารางผลิตแบบตามสั่งของเครื่องจักรแบบขนานนั้น มีวิธีการที่ใช้ในการจัดการตารางผลิตแบ่งได้ 3 วิธีการ คือ วิธีเชิงวิเคราะห์ (Analytical Approaches) วิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic Approaches) และวิธีการเชิงปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Approaches) ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาของการจัดการตารางผลิตนั้น วิธีสุ่มอย่างมีเหตุผลมีความเหมาะสมกับปัญหาที่ซับซ้อน นอกจากนั้นวิธีพรูปบูลย์ ปุษาปาคม

สุมอย่างมีเหตุผลยังมีความสะดวกและรวดเร็วในการแก้ปัญหา (Shao *et al.*, 2009) วิธีสุมอย่างมีเหตุผลที่นำมาใช้แก้ปัญหการจัดตารางการผลิตจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการแก้ปัญหการจัดตารางการผลิตบนหน่วยงานผลิตแบบขนาน ซึ่งเวลาในการตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับของงาน เพื่อให้ช่วงกว้างของเวลาการทำงานทั้งหมด (Make Span) มีค่าต่ำที่สุด สามารถแก้ปัญหาก็ได้เป็นอย่างดี (Li *et al.*, 2010) โดยวิธีการค้นหาแบบตามูสามารถแก้ปัญหการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน โดยมีข้อจำกัดของเวลาตั้งเครื่องที่ขึ้นกับลำดับของงาน และแต่ละงานนั้นมีเวลากำหนดส่งแตกต่างกัน เพื่อให้ความล่าช้ารวมมีค่าต่ำที่สุด สามารถลดเวลาล่าช้ารวมให้มีค่าลดลง (Zhang *et al.*, 2007)

วิธีการต่อมาที่ใช้ในการแก้ปัญหการจัดตารางการผลิตคือ วิธี Branch-and-Bound ใช้แก้ปัญหการจัดตารางการผลิตบนหน่วยงานแบบขนาน โดยให้ความสนใจด้านเวลาล่าช้าและวันกำหนดส่งของแต่ละงาน รวมถึงพิจารณาการแบ่งกลุ่มงาน ซึ่งเป็นการคำนึงถึงการรวมงานหลายงานโดยจัดงานที่เหมือนกันเข้าด้วยกัน เพื่อลดเวลาในการตั้งเครื่อง มุ่งเน้นการลดความเบี่ยงเบนสูงสุด (Maximum Lateness) ให้มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งให้ผลดีกับการจัดตารางงานที่มีจำนวนงานไม่มากเกินไป (Lin *et al.*, 2011)

วิธีที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหการจัดตารางการผลิตอีกวิธีหนึ่งคือ Simulated Annealing ในการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานโดยที่เวลาตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับงาน เพื่อให้เวลาล่าช้ามีค่าต่ำสุด นำเสนอวิธีการจัดเรียงงาน 6 วิธี แล้วทำการเปรียบเทียบผลกับการหาคำตอบข้างเคียง (Naderi *et al.*, 2010) การแก้ปัญหการจัดตารางการผลิตบนหน่วยงานแบบขนาน โดยวิธีสุมอย่างมีเหตุผล โดยพิจารณาถึงเวลาตั้งเครื่องที่ขึ้นกับลำดับของงาน เพื่อให้เวลาเสร็จสิ้นเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของงานมีค่าต่ำที่สุด ทำการจำลองสถานการณ์ และเปรียบเทียบผลของการจัดตารางการผลิตโดยวิธีสุมอย่างมีเหตุผล 7 วิธี โดยได้ที่พิจารณาภายใต้เงื่อนไขของเครื่องจักรที่มีจำนวนต่างกันที่ 4 6 8 10 และ 12 เครื่องจักรตามลำดับ กับจำนวนงานที่ต่างกันที่ 40 60 80 100 และ 120 งาน ผลเวลาเสร็จสิ้นเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของงาน ซึ่งได้ผลดีกับจำนวนงานน้อยแต่เครื่องจักรจำนวนมาก (Bozorgirad and Logendran, 2012)

ระเบียบวิธีการวิจัย

การกำหนดปัญหการจัดตารางผลิตแบบตามสั่ง

ปัญหการจัดตารางผลิตแบบตามสั่ง กำหนดขึ้นจากความต้องการของลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการขอผลิตพลาสติกหลายรูปทรง โดยมีจำนวนสีที่พิมพ์แตกต่างกัน และจำนวนหน้าที่พิมพ์เป็นแบบ 2 หน้า หรือ 4 หน้า ดังนั้นการจัดตารางผลิตแบบตามสั่งต้องคำนึงถึงลำดับความสำคัญของลูกค้า เพื่อลดเวลาส่งไม่ทันกำหนดรวมให้มีค่าน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดการจัดตารางผลิตแบบตามสั่งของเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machine) ดังนี้

1. จำนวนสีที่พิมพ์ลงบนขวดพลาสติก เนื่องจากเครื่องพิมพ์สีแต่ละเครื่อง มีจำนวนสีที่พิมพ์ได้ไม่เท่ากันคือ เครื่องพิมพ์สีได้ 12 สี และเครื่องพิมพ์สีได้ 3 สี

2. จำนวนหน้าที่พิมพ์ลงบนขวดพลาสติกได้ในแต่ละเครื่อง มีจำนวนหน้าที่พิมพ์ได้ไม่เท่ากัน คือ เครื่องพิมพ์ได้ 2 หน้า และเครื่องพิมพ์ได้ 4 หน้า

3. เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ถ้าทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ หรือ ต้องการเปลี่ยนเพียงขวดพลาสติกที่มีสีเหมือนกัน 3 สี ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

4. ความเร็วของเครื่องจักร เครื่องจักรส่วนใหญ่ของทางโรงงานเป็นเครื่องจักรที่ใช้คนงานควบคุม และเครื่องจักรอัตโนมัติมีความเร็วประมาณ 2 เท่าของเครื่องจักรที่ใช้คนงานควบคุม

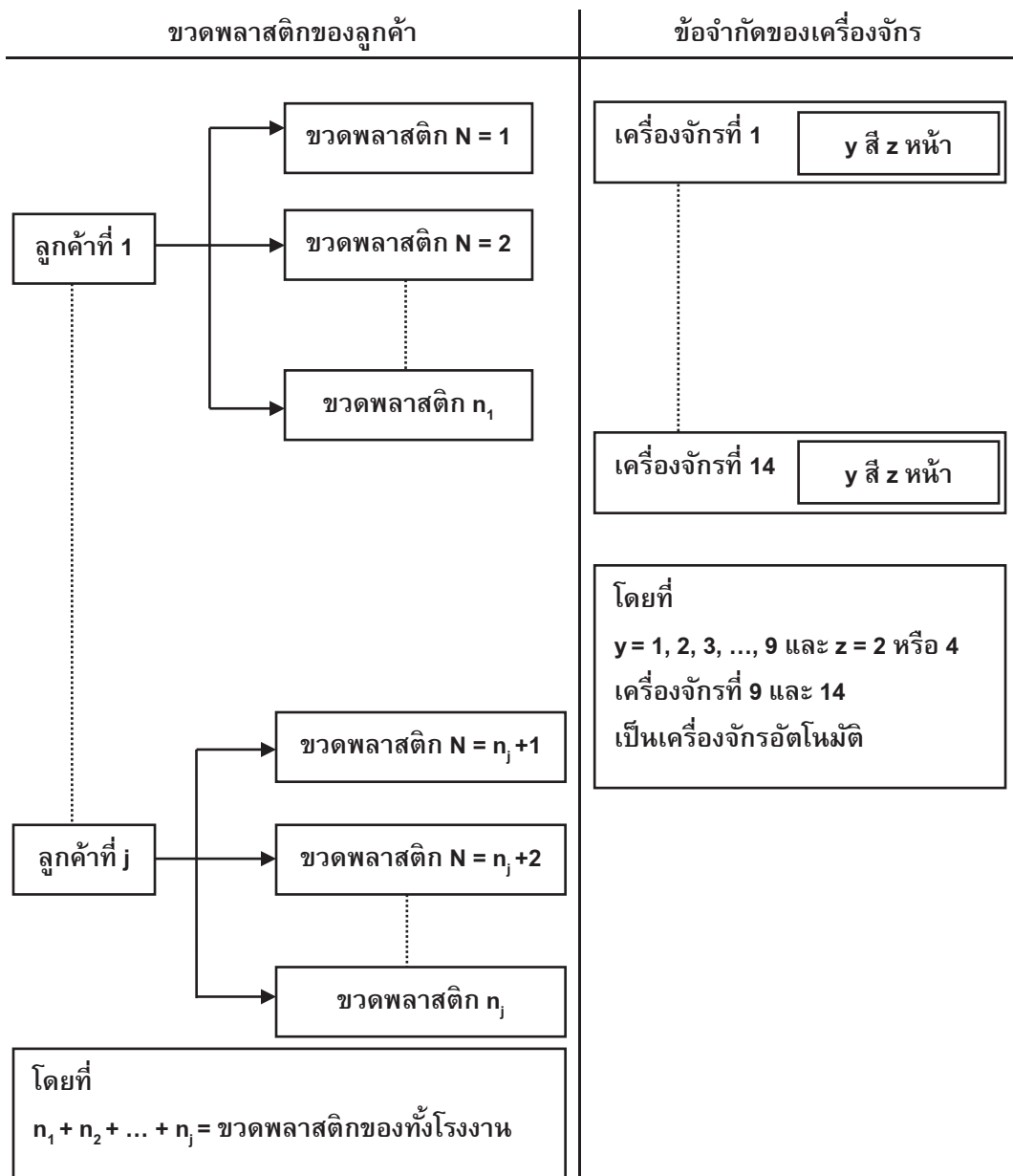
ข้อจำกัดของลูกค้าที่มีลำดับความสำคัญของลูกค้าและความต้องการชนิดของขวดพลาสติกที่แตกต่างกัน มีดังนี้

1. ลำดับความสำคัญของลูกค้า มีลูกค้ารายใหญ่ 5 ราย ที่เป็นลูกค้าประจำ และรายย่อยอีกประมาณ 70 ราย โดยที่ลูกค้ารายใหญ่มีปริมาณคำสั่งซื้ออยู่ที่ 65 - 75% ของคำสั่งซื้อทั้งหมด

2. ความหลากหลายของขวดพลาสติกของการจัดการตารางการผลิต 1 ครั้ง ต้องทำการจัดรูปทรงขวดพลาสติก 80 ถึง 150 รูปทรง ซึ่งเป็นการยากที่จะทำการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่ง หรือทำการเปลี่ยนแผนการผลิตใน 1 ครั้ง

การสร้างตัวแบบแทนระบบปัญหาสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่ง

การสร้างตัวแบบแทนระบบปัญหาสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่งนั้น โรงงานมีลูกค้าจำนวนตั้งแต่ 1 ถึง j ราย ผลิตภัณฑ์ของลูกค้าแต่ละรายเริ่มที่ลำดับที่ $N = 1$ ถึง n_j ของลูกค้าที่ 1 และลูกค้าถัดไปเป็น $N = n_j + 1$ จนถึง n_j ซึ่งผลิตภัณฑ์ของลูกค้าแต่ละรายจะไม่เหมือนกัน เมื่อนำผลิตภัณฑ์ของลูกค้าแต่ละรายมารวมกันจะเท่ากับผลิตภัณฑ์รวมของทั้งโรงงาน ในส่วนของผลิตภัณฑ์ของลูกค้านั้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์มีจำนวนสีตั้งแต่ 1 สี ถึง y สี มีลักษณะการพิมพ์ที่แตกต่างกันคือจำนวนหน้าที่พิมพ์เป็นแบบ 2 หน้า ถึงจำนวนหน้าที่พิมพ์ Z หน้า ดังรูปที่ 2 แสดงรูปแบบปัญหาสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่ง



รูปที่ 2: รูปแบบปัญหาสำหรับการจัดตารางผลิตแบบตามสั่ง

การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งของเครื่องจักรแบบขนานต้องมีการคำนึงถึงลำดับความสำคัญของลูกค้า ข้อกำหนดต่างๆของเครื่องจักรที่มีความเหมือนและแตกต่างกัน เวลาที่ทำการผลิตหมวดพลาสติก เพื่อลดเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดร่วมให้มียุค่าน้อยที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งของงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับเวลาที่ใช้ในการผลิตหมวดพลาสติกในส่วนงานเดียว โดยเวลาที่ใช้ในการผลิตคือ เวลาในการผลิตบนเครื่องจักร เวลาปรับตั้ง

เครื่องจักร เวลาที่เริ่มทำการผลิต และเวลากำหนดส่งของสินค้า ดังแสดงดังสมการที่ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์ของเวลาที่ทำการผลิตขวดพลาสติก

$$T.T = \sum_{j=1}^j \sum_{i=1}^{n_j} (D_{ji} - E_{ji}) - \sum_{j=1}^j \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{m=1}^m S_{j,i,m} - \sum_{j=1}^j \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{m=1}^m H_{j,i,m} \quad (1)$$

โดยที่

T.T.	=	เวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมของการจัดการตารางการผลิต
D_{ji}	=	เวลากำหนดส่งขวดพลาสติก n_j ของลูกค้า j
E_{ji}	=	เวลาที่เริ่มทำการผลิตขวดพลาสติก n_j ของลูกค้า j
$S_{j,i,m}$	=	เวลาในการตั้งเครื่องจักรที่ m ในการผลิตขวดพลาสติก n_j ของลูกค้า j
$H_{j,i,m}$	=	เวลาที่ใช้ในการผลิตขวดพลาสติก n_j บนเครื่องจักรที่ m

การหาผลลัพธ์ของตัวแบบแทนระบบปัญหาสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่ง

จากตัวแบบแทนระบบปัญหาสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่งในการผลิตขวดพลาสติกที่มีความซับซ้อน เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ของลูกค้า รูปทรงของขวดพลาสติก และความสามารถของเครื่องจักร ทำให้ไม่สามารถใช้การหาผลลัพธ์ของตัวแบบแทนระบบปัญหาด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์กับตัวแบบแทนระบบปัญหานี้ได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้ใช้วิธีการค้นหาแบบตาม โดยการสร้างคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดซึ่งในขั้นตอนนี้ได้นำวิธีการค้นหาคำตอบข้างเคียงโดยใช้ วิธี Insertion Interchange มาช่วยในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมจากค่าต่างๆ ที่อยู่ใกล้เคียง

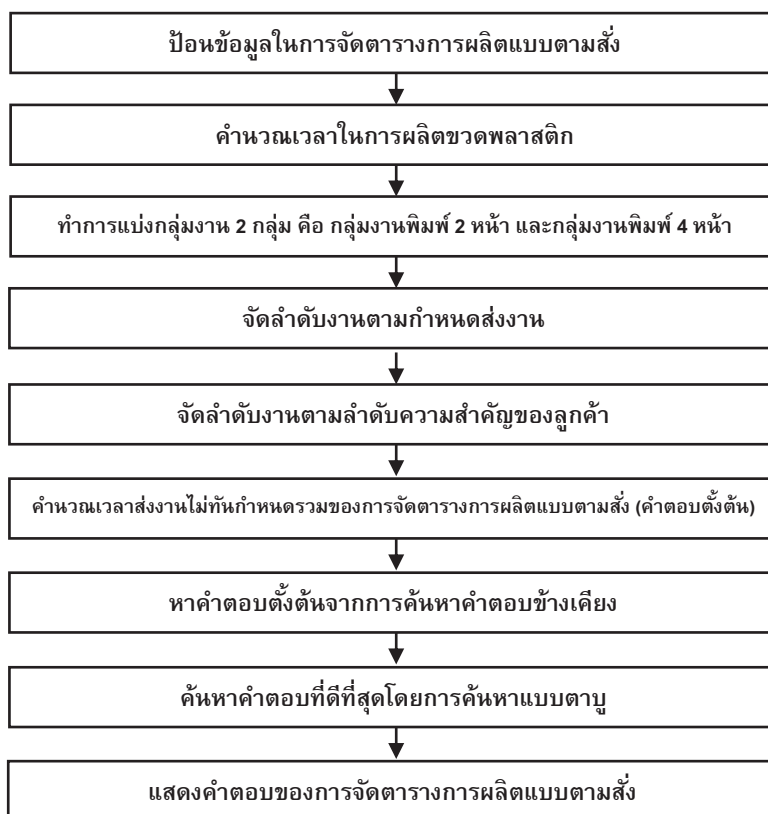
การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบแทนระบบปัญหาสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่ง

การจัดการตารางผลิตแบบตามสั่งของเครื่องแบบขนาน (Parallel Machine) รวมถึงชนิดของขวดพลาสติกที่มีความหลากหลาย โดยคำนึงถึงลำดับความสำคัญของลูกค้าในการจัดการตารางผลิตงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการจัดการตารางผลิตแบบตามสั่งโดยดำเนินงานเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งกลุ่มงาน (Allocation) โดยจัดลำดับรายการขวดพลาสติกที่ทำการผลิตโดยใช้เกณฑ์ทำงานที่จะถึงวันกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน (Early Due Date) โดยจัดลำดับงานงาน เรียงลำดับด้วยวันกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน และนำงานนี้มาทำการจัดการตารางผลิตให้กับหน่วยผลิตที่พร้อมที่สุดก่อน แล้วทำซ้ำสำหรับงานในลำดับต่อไปจนกระทั่งงานหมดรายการที่จัดลำดับไว้

ขั้นตอนที่ 2 การจัดลำดับงาน (Sequencing) งานวิจัยนี้ใช้วิธีการค้นหาแบบตามในการจัดลำดับงาน เพื่อลดเวลาส่งไม่ทันกำหนดรวมให้มีค่าน้อยที่สุด จากขั้นตอนการแบ่งกลุ่มงานทำให้ได้ตารางการผลิตที่เป็นคำตอบตั้งต้นของการค้นหาแบบตาม โดยใช้วิธีการสร้างคำตอบข้างเคียงด้วยวิธี Insertion Interchange ซึ่งเป็นวิธีการค้นหาคำตอบข้างเคียงในการจัดลำดับงาน และทำการหยุดการค้นหาตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้หรือได้ค่าเป้าหมายตามที่ต้องการ ในที่นี้คือค่าเวลาส่งไม่ทันกำหนดรวมเท่ากับ 0

ศูนย์ โดยมีรายละเอียดวิธีการการจัดตารางการผลิต ดังรูปที่ 3 แสดงถึงวิธีการในการจัดตารางการผลิต โดยเริ่มจากการรับข้อมูลป้อนเข้าประกอบด้วย รายการสินค้า จำนวนสีที่พิมพ์ ประเภทของสีที่ใช้พิมพ์ ปริมาณที่ผลิต เวลากำหนดส่งงาน ข้อจำกัดของเครื่องจักรคือ จำนวนหน้า จำนวนสี ความเร็วของเครื่องจักร เวลาปรับตั้งเครื่องจักร และลำดับความสำคัญของลูกค้า



รูปที่ 3: วิธีการในการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง

การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งเริ่มต้นจากการคำนวณเวลาในการผลิตของขวดพลาสติกแต่ละใบ จากนั้นแบ่งกลุ่มงานเป็น 2 กลุ่ม คืองานที่มีจำนวนหน้าที่พิมพ์เป็นแบบ 2 หน้า และงานที่มีจำนวนหน้าที่พิมพ์เป็นแบบ 4 หน้า ภายในแต่ละกลุ่มทำการจัดลำดับงานตามเวลากำหนดส่งงาน โดยงานกำหนดส่งก่อนจะทำก่อน แต่ถ้ามีกำหนดส่งวันเดียวกันให้เลือกงานของลูกค้าที่มีความสำคัญมากกว่าทำก่อน เมื่อทำการแบ่งกลุ่มงานเสร็จจะนำงานลงบนเครื่องจักร ในขั้นตอนการจัดลำดับงานลงบนเครื่องจักร โดยมอบงานให้กับเครื่องพิมพ์แบบ 4 หน้าก่อน จากนั้นทำการตรวจสอบจำนวนสีที่เครื่องจักรสามารถพิมพ์ได้ โดยต้องมีจำนวนสีที่มากกว่าหรือเท่ากับสีของขวดพลาสติก เมื่อทำการจัดลำดับงานเสร็จจะทำการคิดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร โดยดูจากงานที่ทำก่อนหน้า สุดท้ายทำการคิดเวลาส่งไม่ทันกำหนดรวมจากการจัดตารางการผลิต โดยคำตอบที่ได้เป็นคำตอบตั้งต้นของการค้นหาแบบตามู

การค้นหาแบบตามูที่นำมาใช้ในการจัดลำดับงานต้องทำการสร้างคำตอบที่เป็นไปได้ก่อนทำการค้นหา โดยการสร้างคำตอบได้นำวิธีการสร้างคำตอบข้างเคียงโดยวิธี Insertion Interchange ซึ่งนำงานทั้งหมดในเครื่องจักรที่มีเวลาส่งไม่ทันกำหนดรวมมากที่สุดไปทำการสลับกับงานในตำแหน่งอื่นๆ ที่เป็นไปได้โดยตำแหน่งที่เป็นไปได้นั้นต้องทำการตรวจสอบข้อจำกัดของเครื่องจักรในเรื่องจำนวนสี และจำนวนหน้าก่อนว่าสามารถนำไปสลับในตำแหน่งนั้นๆ ของเครื่องจักรอื่นๆ ได้หรือไม่ เมื่อทำการสร้างผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว การค้นหาแบบตามูจะทำการดึงผลลัพธ์ของการสลับงานที่ทำให้เวลาส่งไม่ทันกำหนดรวมน้อยที่สุดในแต่ละรอบการค้นหาไปทำการเก็บไว้ในรายการของการค้นหาแบบตามู เพื่อป้องกันไม่ให้คำตอบใหม่ซ้ำคำตอบเดิมเมื่อทำการค้นหาไปในแต่ละรอบการค้นหาจะหยุดและแสดงผลลัพธ์ โดยเกณฑ์ในการหยุดการค้นหาแบ่งได้ 2 กรณี คือเมื่อเวลาส่งไม่ทันกำหนดรวมในการจัดการมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือครบจำนวนรอบในการค้นหาที่ได้ป้อนข้อมูล

การนำตัวแบบแทนระบบปัญหาสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามูไปใช้

การนำตัวแบบแทนระบบปัญหาสำหรับการจัดการตารางผลิตแบบตามูไปใช้นี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวม และเวลาในการจัดการตารางการผลิต ซึ่งเวลาทั้ง 2 ค่านี้ เป็นเวลาที่ต้องการจากการจัดการตารางการผลิตในแต่ละครั้ง โดยทดลองทำการรันโปรแกรม เพื่อหาค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมและเวลาในการรันโปรแกรม โดยการวิเคราะห์ข้อมูลของจำนวนงานและจำนวนรอบการค้นหาให้มีค่าคงที่ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลรอบการค้นหาและช่วงงานที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง พบว่ามีการกระจายตัวแบบปกติจึงนำมาทดลองจัดการตารางการผลิตต่อไปดังนี้

1. จำนวนงานของช่วงงานที่ 70-90 งาน 91-110 งาน 111-130 งาน และ 131-150 งาน
2. จำนวนรอบการค้นหาที่ 20 รอบ 40 รอบ 60 รอบ 80 รอบ 100 รอบ และ 120 รอบ

ผลการวิจัย

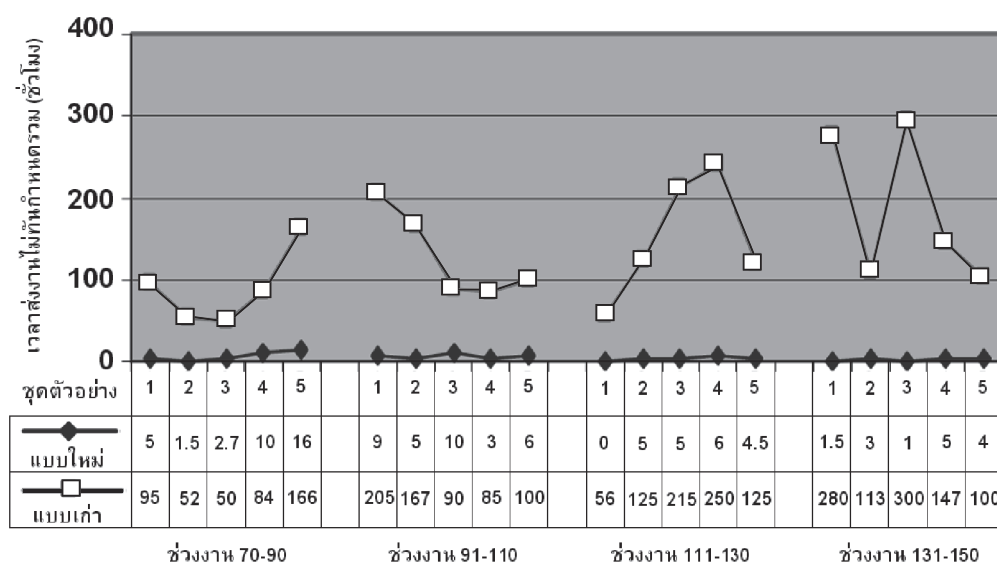
การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบใหม่กับแบบเก่า

การศึกษาเปรียบเทียบผลของการจัดการแบบใหม่และแบบเก่า เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมกับการจัดการตารางการผลิตแบบตามูในการผลิตขวดพลาสติก โดยทำการวัดผลจากค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมของการจัดการตารางการผลิตและเวลาในการจัดการตารางการผลิต จากการทดลองใช้ข้อมูลในช่วงงานที่ 70-90 งาน 91-110 งาน 111-130 งาน และ 131-150 งาน โดยสุ่มข้อมูลตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง ในแต่ละช่วงงานมาทำการเปรียบเทียบ และกำหนดรอบการค้นหาของการจัดการแบบตามูไว้ที่ 100 รอบ จากผลการทดลองแสดงผลการเปรียบเทียบการจัดการตารางการผลิตแบบใหม่และแบบเก่า ดังตารางที่ 1 รูปที่ 4 และรูปที่ 5 พบว่าในช่วงงานที่ 70-90 งาน 91-110 งาน 111-130 งาน และ 131-150 งาน ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมของวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบใหม่มีค่าน้อยกว่าค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมของวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบเก่า โดยวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบใหม่ให้ค่าใน

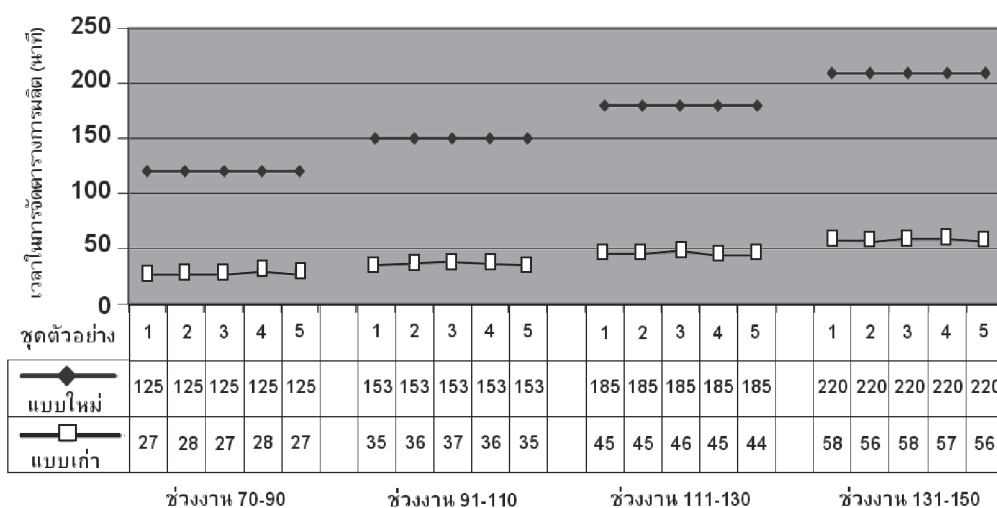
ช่วงเวลาไม่เกิน 20 ชั่วโมงของทุกช่วงงาน แต่วิธีการจัดการการผลิตแบบเก่าให้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวม 296 ชั่วโมง ดังนั้นวิธีการจัดการการผลิตแบบใหม่ให้ผลการจัดการการผลิตที่ดีกว่าสำหรับค่าเวลาในการจัดการการผลิต พบว่าวิธีการจัดการการผลิตแบบใหม่ใช้เวลาในการจัดการการผลิตดังนี้คือ ในช่วงงาน 70-90 งาน ใช้เวลาประมาณ 28 นาที แบบเก่าใช้เวลาประมาณ 125 นาที ช่วงงาน 91-110 งาน ใช้เวลาประมาณ 39 นาที แบบเก่าใช้เวลาประมาณ 155 นาที ช่วงงาน 111-130 งาน ใช้เวลาประมาณ 51 นาที แบบเก่าใช้เวลาประมาณ 185 นาที และช่วงงาน 131-150 งาน ใช้เวลาประมาณ 63 นาที แบบเก่าใช้เวลาประมาณ 215 นาที ดังนั้นวิธีการจัดการการผลิตแบบใหม่ใช้เวลาในการจัดการน้อยกว่าวิธีการจัดการการผลิตแบบเก่า จากการทดลองพบว่า วิธีการจัดการการผลิตแบบใหม่สามารถแก้ปัญหาได้ดี เนื่องจากใช้เวลาในการจัดการการผลิตที่รวดเร็ว และผลการจัดการการผลิตจากค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมที่ดีกว่าวิธีการจัดการการผลิตแบบเก่า

ตารางที่ 1: ผลการศึกษาเปรียบเทียบเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมและเวลาที่ใช้ในการจัดการการผลิตของช่วงงานจากการจัดการการผลิตแบบเก่าและแบบใหม่

ช่วงงานที่	ชุดข้อมูล	การจัดการการผลิตแบบใหม่		การจัดการการผลิตแบบเก่า	
		เวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวม (ชั่วโมง)	เวลาในการจัดการ (นาที)	เวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวม (ชั่วโมง)	เวลาในการจัดการ (นาที)
70-90 งาน	1	5.61	26.15	95.55	125
	2	3.23	29.07	52.66	125
	3	3.84	28.60	49.55	125
	4	12.57	31.17	84.56	125
	5	13.55	28.44	165.33	125
91-110 งาน	1	11.67	39.06	207.67	155
	2	9.82	40.77	166.58	155
	3	8.55	39.56	91.10	155
	4	6.34	39.67	85.54	155
	5	1.57	38.88	101.77	155
111-130 งาน	1	1.75	50.34	56.60	185
	2	9.44	51.56	126.88	185
	3	12.56	52.41	213.87	185
	4	8.66	50.34	242.23	185
	5	13.54	51.45	120.66	185
131-150 งาน	1	19.56	62.32	278.63	215
	2	4.25	63.85	112.35	215
	3	8.75	64.29	296.55	215
	4	6.77	61.33	145.37	215
	5	11.25	62.76	101.44	215



รูปที่ 4: ผลการศึกษาเปรียบเทียบเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมของช่วงงานจากการจัดการตารางผลิตแบบเก่าและแบบใหม่



รูปที่ 5: ผลการศึกษาเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการจัดการตารางผลิตของช่วงงานจากการจัดการตารางผลิตแบบเก่าและแบบใหม่

การหาความสัมพันธ์ของเวลาในการจัดตารางการผลิต

ในการจัดตารางการผลิตนั้นนอกจากศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางการผลิต สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ เวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต เนื่องจากการจัดตารางการผลิตที่จำนวนรอบมากขึ้น ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการจัดตารางมากขึ้นด้วย จากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของเวลาในการจัดตารางการผลิต โดยใช้ข้อมูลในช่วงงานที่ 70-90 งาน 91-110 งาน 111-130 งาน และ 131-150 งาน โดยแบ่งข้อมูล 5 ชุดตัวอย่าง และรอบการค้นหาที่ 20 40 60 80 100 และ 120 รอบ การวิเคราะห์ผลได้ใช้สมการที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของค่าเวลาในการรันโปรแกรมกับจำนวนงานและจำนวนรอบการค้นหา พบว่าเวลาในการรันโปรแกรมมีค่ามากแปรผันตามกับจำนวนรอบการค้นหามากขึ้นและจำนวนงานที่มากขึ้น ดังนี้

$$R.T_{ij} = - 31.7 + 0.523 I_{ij} + 0.353 J_{ij} \quad (2)$$

โดยที่

$R.T_{ij}$ = เวลาในการรันโปรแกรมของวิธี Insertion Interchange

I_{ij} = จำนวนรอบการค้นหาวีธี Insertion Interchange

J_{ij} = จำนวนงานของวิธี Insertion Interchange

การเลือกจำนวนรอบที่เหมาะสมกับจำนวนงานสำหรับการจัดลำดับงาน

การหารอบของการค้นหาที่ให้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมที่เหมาะสมนั้น จากการทดลองได้พิจารณาเวลาในการรันโปรแกรม ช่วงการทดลองที่ช่วงงานที่ 70-90 งาน ช่วง 91-110 งาน ช่วง 111-130 งาน และช่วงงานที่ 131-150 งาน โดยใช้ตัวอย่าง 5 ชุดตัวอย่าง และใช้รอบการค้นหาที่ 20 40 60 80 100 และ 120 รอบ โดยนำผลที่ได้จากชุดตัวอย่างมาทำการเฉลี่ยค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวม และเวลาในการรันโปรแกรม ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 พบว่าช่วงงานที่ 70-90 งาน และช่วงงานที่ 91-110 งาน ใช้รอบการค้นหาที่ 60 รอบ ให้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดที่เหมาะสม ถ้าใช้รอบการค้นหาที่ 80 รอบ ถึงแม้ที่ช่วงงานที่ 91-110 งาน เวลาส่งงานไม่ทันกำหนดเท่ากัน แต่ใช้เวลาในการรันโปรแกรมที่มากขึ้น 4 นาที ส่วนช่วงงานที่ 111-130 งาน ใช้จำนวนรอบที่ 80 รอบ ให้เวลาส่งงานไม่ทันกำหนดที่เหมาะสม สุดท้ายช่วงงานที่ 131-150 งาน ใช้จำนวนรอบที่ 100 รอบ ให้เวลาส่งงานไม่ทันกำหนดที่เหมาะสม

ตารางที่ 2: แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดของช่วงงาน (ชั่วโมง)

ช่วงงานที่	รอบการค้นหาค่าที่					
	20 รอบ	40 รอบ	60 รอบ	80 รอบ	100 รอบ	120 รอบ
70 - 90 งาน	10.873	9.667	7.882	7.882	7.665	7.713
91 - 110 งาน	10.413	8.843	7.463	7.613	6.713	6.883
111 - 130 งาน	20.355	20.876	13.784	9.784	9.765	9.765
131 - 150 งาน	22.781	10.256	4.582	4.234	3.771	3.771

ตารางที่ 3: แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาในการรันโปรแกรมของช่วงงาน (นาที)

ช่วงงานที่	รอบการค้นหาค่าที่					
	20 รอบ	40 รอบ	60 รอบ	80 รอบ	100 รอบ	120 รอบ
70 - 90 งาน	2.66	4.05	8.56	12.45	17.73	23.65
91 - 110 งาน	3.66	6.58	11.85	15.54	23.31	32.68
111 - 130 งาน	5.34	10.57	14.84	23.83	30.45	37.34
131 - 150 งาน	5.45	13.75	20.13	29.77	39.45	45.82

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่ง โดยใช้การค้นหาแบบตามูมาช่วยในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด การสร้างคำตอบใหม่ทุกรอบการค้นหาได้นำวิธีการค้นหาคำตอบข้างเคียงด้วยวิธี Insertion Interchange โดยใช้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการตารางการผลิตและได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณตามวิธีการค้นหาคำตอบข้างเคียงและการค้นหาแบบตามู ส่วนผลการศึกษาเปรียบเทียบการจัดการตารางการผลิตแบบใหม่และแบบเก่า พบว่าวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบใหม่ให้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมน้อยกว่าแบบเก่าประมาณ 95% และเวลาที่ใช้ในการจัดการตารางการผลิตน้อยกว่าประมาณ 80% ในทุกๆ ช่วงงาน จากการหาความสัมพันธ์ของเวลาในการจัดการตารางการผลิต การเลือกจำนวนรอบที่เหมาะสมกับจำนวนงานสำหรับการจัดลำดับงาน พบว่าจำนวนรอบและจำนวนงานที่สูงขึ้นจะทำให้เวลาในการจัดการตารางการผลิตเพิ่มขึ้น สุดท้ายในการเลือกจำนวนรอบการค้นหาที่เหมาะสมกับจำนวนงานสำหรับการจัดลำดับงานพบว่า ช่วงงานที่ 70-90 งาน ช่วงงานที่ 91-110 งาน ใช้จำนวนรอบที่ 60 รอบ ส่วนช่วงงานที่ 111-130 งาน ใช้จำนวนรอบที่ 80 รอบ และช่วงงานที่ 131-150 งาน ใช้จำนวนรอบที่ 100 รอบ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่งสำหรับการผลิตขวดพลาสติกที่มีความสามารถของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน ขวดพลาสติกมีหลากหลายรูปทรงต่อครั้งในการจัดการตารางการผลิต โดยมีรูปทรงต่างๆ ที่ทำการผลิตประมาณ 200-300 รูปแบบต่อเดือน ปัญหาที่พบคือ การจัดการตารางการผลิตมีความยุ่งยากและซับซ้อน ส่งผลให้การผลิตขวดพลาสติกเกิดความล่าช้า และเสียค่าใช้จ่ายในการจ้างงานล่วงเวลาเป็นจำนวนมาก ในการจัดการตารางการผลิตนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่ง ซึ่งเหมาะสมกับปัญหาที่มีการจัดการตารางการผลิตที่ยุ่งยากและซับซ้อน เนื่องจากพรไพบูลย์ ปุษาปาคม

เงื่อนไขของการจัดตารางการผลิต คือ ขวดพลาสติกมีจำนวนสีและจำนวนหน้าที่พิมพ์แตกต่างกัน เครื่องจักรมีความสามารถในการพิมพ์จำนวนสีและจำนวนหน้าที่ต่างกัน และต้องคำนึงถึงความสำคัญของลูกค้าอีกด้วย การแก้ปัญหานี้จึงได้เลือกการค้นหาลำดับตามสำหรับการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหาเชิงป้องกันคือ ไม่ให้มีการวนซ้ำรอบของคำตอบเดิมและเหมาะสมกับการแก้ปัญหการจัดลำดับงานที่มีความซับซ้อนได้ดี สามารถหาคำตอบที่ดีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการค้นหานั้นต้องมีการสร้างคำตอบใหม่ทุกรอบการค้นหา หรือการสร้างคำตอบข้างเคียง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำวิธี Insertion Interchange มาใช้ในการสร้างคำตอบข้างเคียงในการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง ส่วนตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตได้ใช้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวม เนื่องจากทางโรงงานประสบปัญหาการส่งงานไม่ทันกำหนดส่ง โดยตัวชี้วัดจะเป็นตัววัดถึงประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตแบบเก่าของทางโรงงานกับการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่ใช้การค้นหาแบบตามลำดับท้าย คือ การทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตแบบใหม่กับการจัดตารางการผลิตแบบเก่าเพื่อหาว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใดที่ให้ค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมน้อยที่สุด จากนั้นทำการทดลองเพื่อดูความสัมพันธ์ที่มีผลต่อค่าเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดรวมและค่าเวลาในการจัดตารางการผลิตว่ามีผลมาจากปัจจัยใดบ้าง จากนั้นเลือกจำนวนรอบการค้นหาเกี่ยวกับวิธีการจัดตารางการผลิตให้เหมาะสมแต่ละช่วงงาน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้้นำการค้นหาแบบตามลำดับมาช่วยในการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง ซึ่งในปัจจุบันมีนักวิจัยหลายท่านได้นำมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหการจัดเรียงลำดับ ในอนาคตยังมียุทธวิธีที่อาจจะแก้ปัญหาลดได้ดีกว่านี้ ซึ่งควรมีการพัฒนาการแก้ปัญหการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งให้มีประสิทธิภาพสามารถส่งสินค้าให้ตรงตามกำหนดเวลา ซึ่งเป็นปัญหาหลักของอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมีความสามารถในการผลิตที่ต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายรูปแบบต่อการสั่งในการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง และข้อจำกัดในการจัดลำดับความสำคัญของลูกค้า

รายการอ้างอิง

- Bozorgirad, Mir Abbas and Logendran, Rasaratnam. 2012. Sequence-Dependent Group Scheduling Problem on Unrelated-Parallel Machines. **Original Research Article Expert Systems with Applications**. Vol. 39. No. 10. 9021-9030.
- Gaither, Norman. and Frazier, Gregory. 1999. **Production and Operations Management**. 8th ed. Ohio: South-Western College Publishing.

- Li, Jun-Qing.; Pan, Quan-Ke. and Liang, Yun-Chia. 2010. An Effective Hybrid Tabu Search Algorithm for Multi-Objective Flexible Job-Shop Scheduling Problems. **Original Research Article Computers & Industrial Engineering**. Vol. 59. No. 4. 647-662.
- Lin, Yo K.; Pfund, Mason E. and Fowler, John W. 2011. Heuristics for Minimizing Regular Performance Measures in Unrelated Parallel Machine Scheduling Problems. **Original Research Article Computers & Research**. Vol. 38. No. 6. 901-916.
- Naderi, Bahman; Fatemi S.M.T. Ghomi and Aminnayeri, M. 2010. A High Performing Metaheuristic for Job Shop Scheduling with Sequence-Dependent Setup Times. **Original Research Article Applied Soft Computing**. Vol. 10. No. 3. 703-710.
- Ponnambalam, S. G.; Aravindan, P. and Rajesh, S.V. 2000. A Tabu Search Algorithm for Job Shop Scheduling. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology August**. Vol. 16. No. 10. 765-771.
- Ponsich, Antonin and Coello Coello, Carlos A. 2013. A Hybrid Differential Evolution—Tabu Search Algorithm for the Solution of Job-Shop Scheduling Problems. **Original Research Article Applied Soft Computing**. Vol. 13. No. 1. 462-474.
- Shao, Xinyu; Li, Xinyu; Gao, Liang and Zhang, Chaoyong. 2009. Integration of Process Planning and Scheduling—A Modified Genetic Algorithm-Based Approach. **Original Research Article Computers & Operations Research**. Vol. 36. No. 6. 2082-2096.
- Vilcot, Geoffrey. and Billaut, Jean-Charles. 2008. A Tabu Search and a Genetic Algorithm for Solving a Bicriteria General Job Shop Scheduling Problem. **Original Research Article European Journal of Operational Research**. Vol. 190. No.2. 398-411.
- Zhang, Chaoyong; Li, PeiGen.; Guan, ZaiLin. and Rao, YunQing. 2007. A Tabu Search Algorithm with a New Neighborhood Structure for the Job Shop Scheduling Problem. **Original Research Article Computers & Operations Research**. Vol. 34. No. 11. 3229-3242.