

การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตด้านโลจิสติกส์ด้วยแบบจำลอง
ทางคณิตศาสตร์ของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
กรณีศึกษา บริษัท พี อี เทคนิก จำกัด จังหวัดพิษณุโลก
EFFICIENCY ENHANCEMENT AND REDUCING LOGISTICS COST
WITH MATHEMATICAL MODEL OF AUTO PART INDUSTRY
A CASE STUDY: P.E TECHNIC CO., LTD. IN PHITSANULOK PROVINCE

ธณิดา ขอนงนุช* และอลงกรณ์ เมืองไหว

Thanida Khanongnuch* and Alongkorn Muangwai

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เสนอการลดต้นทุนการผลิตด้านโลจิสติกส์ ซึ่งจะพิจารณาการจัดตารางการผลิต โดยคำนึงถึงข้อจำกัดของทรัพยากร สำหรับการทำงานประกอบที่เป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่องกัน และมีกำหนดส่งวันเดียวกัน ซึ่งการจัดตารางการผลิตนี้จะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ 1) การจัดลำดับของงาน (job) จะพิจารณาจากลำดับขั้นของการจัดลำดับงาน (hierarchical dispatching rule) 2) ใช้การโปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) เพื่อพิจารณาเวลาเริ่มผลิตที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้ต้นทุนรวมน้อยที่สุด โดยต้นทุนรวมประกอบด้วยต้นทุนการส่งสินค้าช้ากว่ากำหนด ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้า และต้นทุนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร ซึ่งจากการใช้ข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าการจัดลำดับของงานโดยพิจารณาจากลำดับขั้นของการจัดลำดับงาน และการใช้การโปรแกรมเชิงเส้น พิจารณาเวลาเริ่มผลิตที่เหมาะสมที่สุดนั้นส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิต นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (local search methodology) มาทดสอบประสิทธิภาพของการจัดลำดับการผลิตว่าจะสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้หรือไม่ ซึ่งพบว่าไม่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดลำดับการผลิตได้ การจัดลำดับที่ดีที่สุดยังคงเป็นการใช้ EDD Rule, การจัด Family Sequencing แบบ Level 3-2-1 และ Time Sequencing แบบ LPT Rule

คำสำคัญ: ต้นทุนโลจิสติกส์ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วิธีการค้นหาเฉพาะที่

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang District, Phitsanulok Province 65000

*corresponding author e-mail: thanida02@gmail.com

Received: 4 May 2021; Revised: 3 September 2021; Accepted: 6 September 2021

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2021.8>

Abstract

This research proposes a reduction of logistics cost in production process by using the Finite Capacity Scheduling (FCS) System for assembly flow shop with multiple common due dates. The proposed FCS system is a two-step procedure. Firstly, it uses hierarchical dispatching rules to sequence the jobs. Secondly, a linear programming model is used to determine the optimal start time of each operation to minimize total costs of tardiness penalty, holding cost of finished goods and work-in-process, and changeover cost, considering the finite capacity of all work centers and precedence constraints of operations. A case study using real industrial problems is conducted to demonstrate the performance of the proposed FCS system. The results show that all levels of the hierarchical dispatching rules significantly affect the scheduling performances. The linear programming (LP) approach can effectively determine the optimal start time of each operation to get the optimal schedule based on the sequence of jobs generated from the hierarchical dispatching rules. Moreover, the best sequence of jobs generated from the hierarchical dispatching rules is at least local optimal since when it is modified by local search methods, its performance cannot be improved.

Keywords: Logistics cost, Mathematical model, Local search

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์อยู่มากมายและเป็นประเทศลำดับที่ 13 ของโลกในการผลิตรถยนต์ มีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 9.2 แสนล้านบาทคิดเป็นร้อยละ 12 ของทั้งหมด (Thailand Automotive Institute, 2018) เพื่อผลิตเป็นส่วนประกอบของรถยนต์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการออกแบบรถยนต์ในแต่ละชนิดและแต่ละรุ่น ปัจจุบันนี้มีรถยนต์ในท้องตลาดอยู่หลายยี่ห้อที่มีการแข่งขันเพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้า ไม่ว่าจะเป็นคุณลักษณะทางกายภาพ หรือประสิทธิภาพของชิ้นส่วนที่อยู่ภายในรถยนต์ เป็นต้น อุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทยที่ถือว่าเป็นอันดับที่ 1 ในอาเซียนเพราะมีบริษัทค่ายยานยนต์จากทั่วโลกได้เข้ามาลงทุนตั้งโรงงานประกอบยานยนต์เป็นจำนวนมากทำให้การผลิตมีการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้รัฐบาลไทยจึงได้กำหนดยุทธศาสตร์ไว้ว่า “ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ในเอเชีย สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มในประเทศและมีอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีความแข็งแกร่ง” โดยกลยุทธ์หลัก คือ การสร้างสภาวะแวดล้อมในการดำเนินธุรกิจและการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (The Federation of Thai Industrial, 2018) ดังนั้นชิ้นส่วนจึงจำเป็นต้องมีการผลิตและเปลี่ยนแปลงตามรุ่นของรถยนต์ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของบริษัทผู้ว่าจ้างผลิตชิ้นส่วนเหล่านั้น ถ้าบริษัทผู้ถูกว่าจ้าง

ไม่สามารถที่จะผลิตชิ้นส่วนได้ตรงตามลักษณะหรือให้ทันกับความต้องการในการผลิตรถยนต์ของผู้ว่าจ้างแล้ว บริษัทนั้นอาจไม่ได้รับความเชื่อมั่นในการจ้างผลิตในครั้งต่อไปทำให้เสียรายได้ของบริษัทและเสียชื่อเสียงต่อองค์กรเป็นอย่างมาก นอกจากบริษัทจะต้องคำนึงถึงการผลิตแล้วยังต้องคำนึงถึงต้นทุนในการผลิตที่เหมาะสมในแต่ละสายการผลิต ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบในการผลิต แรงงานในการผลิต วิธีการหรือเทคนิคที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและปรับปรุงวิธีการในการทำงานเพื่อลดต้นทุนโลจิสติกส์ไปที่การจัดตารางในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของบริษัทกรณีศึกษาที่มีคนไทยเป็นเจ้าของกิจการทั้งหมดซึ่งบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในจังหวัดพิษณุโลกเพื่อทำการส่งออกให้ลูกค้าทั้งในและนอกประเทศ อาทิเช่น กลุ่มประเทศแอฟริกา เวียดนาม พม่า และมีคำสั่งซื้อจากประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นต้น โดยบริษัทแห่งนี้จะทำการผลิตชิ้นส่วน ได้แก่ ตัวกำเนิดไฟฟ้าสลับ (alternator) เครื่องควบคุมอัตโนมัติ (regulator) สัญญาณไฟกะพริบของรถยนต์ (flasher) และเครื่องเรียงกระแสตรง (rectifier)

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการจัดตารางการผลิตโดยคำนึงถึงข้อจำกัดของทรัพยากร (Finite Capacity Scheduling System: FCS System) (Pooya & Pakdaman, 2019) สำหรับบริษัทกรณีศึกษา โดยบริษัทกรณีศึกษามีลักษณะของการผลิต ดังนี้

1. ระบบการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง (flow shop)
2. มีการแบ่งกลุ่มสินค้าที่ผลิตออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ (product family)
3. ถ้าสินค้าที่ผลิตต่อกันเป็นสินค้าคนละกลุ่มกัน จะต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (changeover time) แต่ถ้าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะไม่ต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร
4. ลูกค้าแต่ละรายจะมีหลายคำสั่งซื้อ (ในที่นี้ใช้คำว่า job) ซึ่งสั่งสินค้าหลากหลายประเภท และคำสั่งซื้อของลูกค้ารายเดียวกัน จะมีกำหนดส่งสินค้า (due date) เดียวกัน ดังนั้นจึงมีหลายคำสั่งซื้อที่จะมีกำหนดส่งสินค้าในวันเดียวกัน
5. งานวิจัยนี้วัดประสิทธิภาพของแผนการผลิตที่ทำให้มีต้นทุนที่น้อยที่สุด ซึ่งต้นทุนจะประกอบด้วย

- 5.1 ต้นทุนการส่งสินค้าช้ากว่ากำหนด (tardiness penalty cost)
- 5.2 ต้นทุนการเก็บรักษาของระหว่างกระบวนการผลิต (holding costs of wip)
- 5.3 ต้นทุนการเก็บสินค้าสำเร็จรูป (finished goods cost)
- 5.4 ต้นทุนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (changeover cost)

แผนการผลิตที่ทีมผู้วิจัยได้นำเสนอประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การจัดลำดับของ job จะพิจารณาจากลำดับขั้นของการจัดลำดับงาน (hierarchical dispatching rule) ขั้นตอนนี้มีความสำคัญเนื่องจากการจัดลำดับของ job นั้นจะส่งผลต่อประสิทธิภาพ

ของแผนการผลิตเป็นอย่างมาก ถ้าการจัดลำดับของ job ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดแผนการผลิตในขั้นตอนต่อไปด้วย (Supithak et al., 2010) ลำดับขั้นของการจัดลำดับงานประกอบไปด้วย 3 ขั้น คือ

1.1 Job ที่มีกำหนดส่งสินค้าเร็วที่สุด (earliest due date) จะถูกจัดให้ผลิตเร็วที่สุด เพื่อให้เกิดต้นทุนจากการส่งสินค้าช้ากว่ากำหนด (tardiness penalty cost) น้อยที่สุด ซึ่งขั้นนี้เรียกว่า EDD rule (Rajendran & Ziegler, 2001)

1.2 เนื่องจากมีหลาย job ที่จะมีกำหนดส่งสินค้าในวันเดียวกัน ดังนั้นขั้นที่ 2 นี้จะพิจารณาให้ผลิตสินค้าที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันก่อน เพื่อลดต้นทุนจากการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (changeover cost) ซึ่งเราเรียกขั้นนี้ว่า family sequencing

1.3 แม้จะมีการจัดลำดับการผลิตตามสินค้าที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันในขั้นที่ 2 แล้ว แต่ก็ยังมีสินค้าหลายชนิดที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นในขั้นนี้จะใช้เทคนิคการจัดลำดับงาน (dispatching rule) มาช่วยในการจัดลำดับการผลิต เราเรียกขั้นนี้ว่า time sequencing

2. พิจารณาเวลาเริ่มผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) โดยพารามิเตอร์และตัวแปรต่าง ๆ ประกอบไปด้วย

พารามิเตอร์ (Parameters)

i = สถานีงาน เริ่มจาก 1 ถึง W

j = job เริ่มจาก 1 ถึง N

p_{ij} = เวลาในการผลิตที่สถานีงาน i ของ job j (วัน)

d_j = วันกำหนดส่งสินค้าของ job j (วัน)

q_j = จำนวนสินค้าของ job j ที่ลูกค้าสั่ง (หน่วย)

S = เวลาปรับเปลี่ยนเครื่องจักรรวม (วัน)

C_t = ต้นทุนการส่งสินค้าช้ากว่ากำหนด (บาท/หน่วย-วัน)

C_e = ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าสำเร็จรูป (บาท/หน่วย-วัน)

C_f = ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าระหว่างกระบวนการ (บาท/หน่วย-วัน)

C_s = ต้นทุนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (บาท/วัน)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable)

x_{ij} = เวลาเริ่มทำงานที่สถานีงาน i ของ job j (วัน)

c_j = เวลาเสร็จสิ้นของ job j (วัน)

t_j = ความล่าช้ากว่ากำหนดของ job j (วัน)

e_j = ความเร็วกว่ากำหนดของ job j (วัน)

f_j = ระยะเวลาที่อยู่ในกระบวนการผลิตของ job j (วัน)

สมการเป้าหมาย (Objective function)

เป้าหมายคือการหาต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ซึ่งต้นทุนจะประกอบด้วย ต้นทุนการส่งสินค้าต่ำกว่ากำหนด ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าสำเร็จรูป (ขึ้นอยู่กับความเร็วที่กำหนด) ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าระหว่างกระบวนการ (ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่อยู่ในกระบวนการผลิต) และต้นทุนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร ดังสมการ (1)

$$\text{Minimize } C_t \cdot \sum_{j=1}^N t_j \cdot q_j + C_e \cdot \sum_{j=1}^N e_j \cdot q_j + C_f \cdot \sum_{j=1}^N f_j \cdot q_j + C_s \cdot S \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

1. แต่ละสถานีงานไม่สามารถทำงานหลาย job พร้อม ๆ กันได้

$$x_{i,j+1} \geq x_{i,j} + p_{i,j} \text{ เมื่อ } j = 1, 2, \dots, N-1; \quad i = 1, 2, \dots, W \quad (2)$$

2. ลำดับของความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการผลิต เป็นไปตามรูปที่ 1 ซึ่งสามารถกำหนดเป็นเงื่อนไขได้ ดังนี้

$$x_{7,j} \geq x_{2,j} + p_{2,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

$$x_{7,j} \geq x_{3,j} + p_{3,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

$$x_{7,j} \geq x_{4,j} + p_{4,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

$$x_{7,j} \geq x_{5,j} + p_{5,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

$$x_{7,j} \geq x_{6,j} + p_{6,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (7)$$

$$x_{8,j} \geq x_{1,j} + p_{1,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

$$x_{8,j} \geq x_{7,j} + p_{7,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (9)$$

3. เวลาเสร็จสิ้น ความล่าช้ากว่ากำหนด ความเร็วกว่ากำหนด และระยะเวลาที่อยู่ในกระบวนการผลิตของแต่ละ job สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$c_j = x_{8,j} + p_{8,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

$$t_j = \max(c_j - d_j, 0) \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (11)$$

$$e_j = \max(d_j - c_j, 0) \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

$$f_j \geq c_j - x_{1,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (13)$$

$$f_j \geq c_j - x_{2,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (14)$$

$$f_j \geq c_j - x_{3,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (15)$$

$$f_j \geq c_j - x_{4,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (16)$$

$$f_j \geq c_j - x_{5,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (17)$$

$$f_j \geq c_j - x_{6,j} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (18)$$

สมการข้อจำกัดที่ (11) และ (12) สามารถเขียนรวมกันได้เป็น

$$d_j - c_j = e_j + t_j \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (19)$$

4. เงื่อนไขของค่าที่ต้องไม่ติดลบ ประกอบด้วย

$$c_j, f_j, t_j, e_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (20)$$

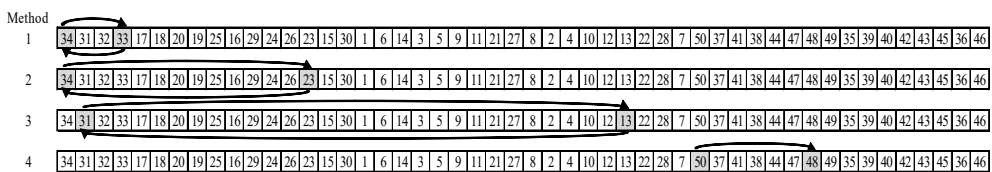
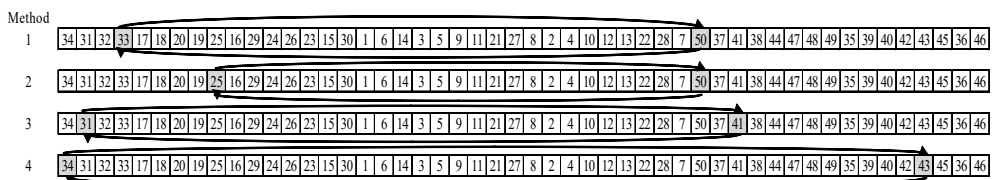
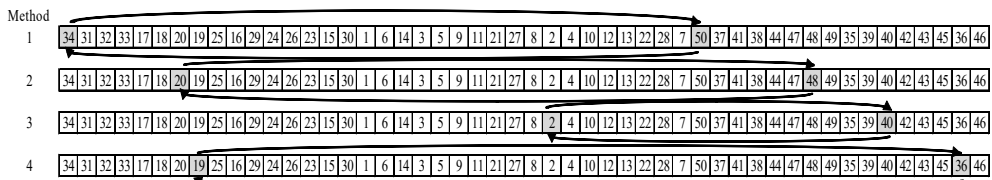
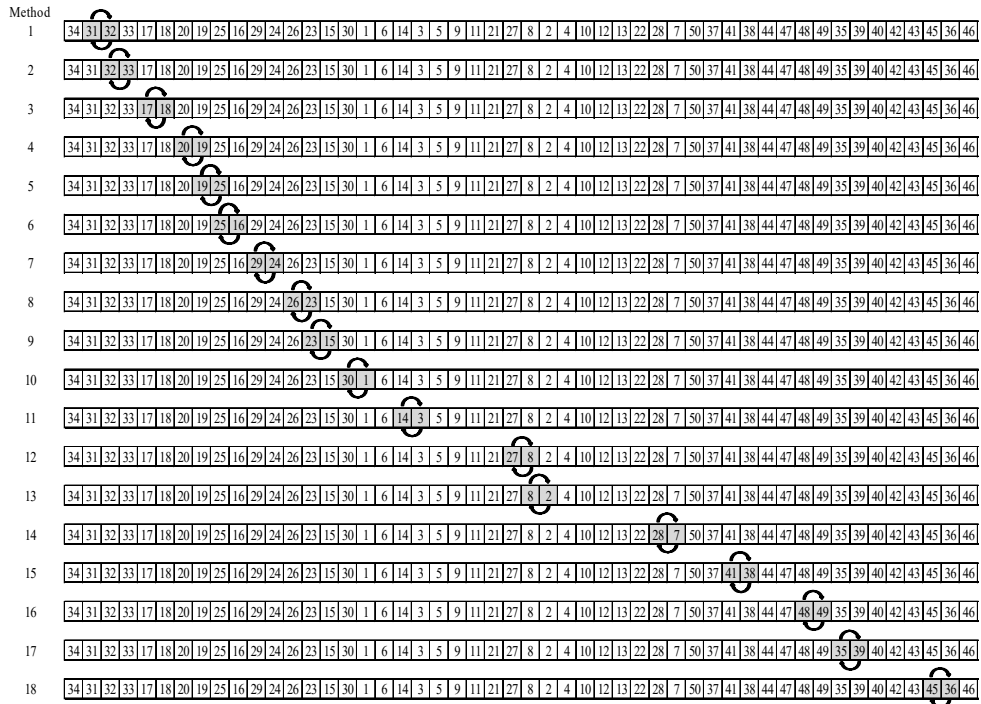
ข้อมูลของกรณีศึกษา

บริษัทพีอี เทคโนโลยี เป็นบริษัทผู้ผลิตไดซาร์สำหรับรถยนต์หลากหลายรูปแบบ กระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องที่มีขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนด้วย ส่วนประกอบของไดซาร์จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบชิ้นที่ 1 - 8 ซึ่งแต่ละส่วนประกอบจะถูกผลิตในสถานีนงาน 1 - 8 เช่นกัน สินค้าที่นำมาพิจารณาทั้งหมด 19 ชนิด ซึ่งแยกออกเป็น 3 กลุ่ม (Qiu et al., 2018) ลูกค้ของบริษัทนี้มี 2 กลุ่ม โดยลูกค้ากลุ่มแรกจะมีคำสั่งซื้อเดือนละ 34 job ซึ่งมีกำหนดส่งสินค้าในวันที่ 15 หลังสั่งซื้อ และลูกค้ากลุ่มที่ 2 จะมีคำสั่งซื้อเดือนละ 16 job ซึ่งมีกำหนดส่งสินค้าในวันที่ 30 หลังสั่งซื้อ ซึ่งปริมาณในการสั่งซื้อแต่ละ job จะเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ

3. ขั้นตอนการทดลองเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของ FCS system

ระบบการจ้ดตารางการผลิตโดยคำนึงถึงข้อจำกัดของทรัพยากรที่งานวิจัยนี้นำเสนอ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ 1) ใช้การจัดลำดับขั้นของงาน มาช่วยในการจัดลำดับของ Jobs ซึ่งขั้นนี้เป็นการจัดแบบฮิวริสติกส์ ที่อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของตารางการผลิตดีหรือไม่ดีก็ได้ จึงต้องทำการพิจารณาในขั้นตอนต่อไป 2) พิจารณาเวลาเริ่มผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้สามารถให้ความเชื่อมั่นได้ว่าตารางการผลิตที่ได้จะเหมาะสมที่สุด

ในขั้นตอนการจัดลำดับขั้นของงาน จะประกอบได้ด้วย 3 ขั้น คือ 1) EDD rule คือ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของ EDD rule เปรียบเทียบกับ random rule 2) family sequencing คือ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของ family sequencing และ time sequencing ตามลำดับ เนื่องจากสินค้าทั้งหมดมี 3 กลุ่ม จึงมี 6 วิธีในการจัดลำดับของกรุปสินค้า สำหรับ time sequencing แต่ละ job จะถูกจัดเป็น 3 กรุป คือ เวลาในการผลิตที่สั้นที่สุด (Shortest Processing Time: SPT) เวลาในการผลิตที่นานที่สุด (Longest Processing Time: LPT) และแบบสุ่ม (random) ทำให้ในการทดลองขั้นที่สองนี้ จะมีทั้งหมด 18 การทดลอง (experimental cases) การทดลองขั้นที่ 3 จะนำวิธีการค้นหาเฉพาะที่ (local search methodology) เพื่อพิสูจน์ว่าประสิทธิภาพของการจัดลำดับที่ดีที่สุดของการทดลองขั้นที่ 2 นั้นจะสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้หรือไม่ ถ้าสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ วิธีการค้นหาเฉพาะที่จะถูกนำมาใช้โดยจะสลับลำดับของ job ที่ได้จากการทดลองขั้นที่ 2 ซึ่งวิธีการสลับจะทำได้ทั้งสิ้น 4 วิธี คือ 1) สลับ job ที่อยู่ติดกัน ที่อยู่ในกลุ่มสินค้าและกำหนดส่งวันเดียวกัน แต่มีปริมาณการสั่งซื้อที่ต่างกัน 2) สลับ job ที่อยู่ในกลุ่มสินค้าเดียวกัน แต่กำหนดส่งคนละวัน 3) สลับ job ที่อยู่คนละกรุปสินค้า แต่มีกำหนดส่งวันเดียวกัน 4) สลับ job ที่อยู่คนละกรุปสินค้าและมีกำหนดส่งคนละวัน สำหรับวิธีการที่ 1 จะสามารถสลับลำดับของ job ได้ทั้งหมด 18 วิธี ดังภาพที่ 1 (Figure 1) ส่วนวิธีการที่ 2, 3 และ 4 จะสามารถจัดลำดับของ job ได้ทั้งหมด 4 วิธี ดังในภาพที่ 2-4 (Figure 2-4) ตามลำดับ



ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของ EDD rule

ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของ EDD rule เทียบกับ random rule โดยใช้ข้อมูลตัวอย่างจำนวน 10 ชุด ดังตารางที่ 1 (Table 1) แสดงต้นทุนที่เกิดจากการใช้ EDD rule และ random rule ซึ่งพบว่าต้นทุนรวมจะเท่ากับ 2,179.19 บาท และ 5,788.43 บาท ตามลำดับ และจากการทดสอบ T-test พบว่า EDD rule ให้ค่าที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งถือเป็นข้อพิสูจน์ได้ว่าควรนำการจัดลำดับของชิ้นและ EDD rule มาใช้ในการจัดลำดับของ job โดยเราจะสามารถแปลผลได้ว่า job ที่มีกำหนดส่งก่อน ควรจะต้องเริ่มผลิตก่อน job ที่มีกำหนดส่งทีหลัง

Table 1 Cost of random Rule and EDD rule

Data	Tardy cost		Holding cost of FG		Holding cost of WIP		Change over cost		Total cost	
	Random	EDD	Random	EDD	Random	EDD	Random	EDD	Random	EDD
1	439.21	266.75	4,858.95	1,517.29	341.57	266.92	77.00	84.00	5,716.73	2,134.95
2	437.17	359.42	5,004.75	1,570.74	407.55	306.22	77.00	84.00	5,926.47	2,320.38
3	468.82	283.62	4,813.12	1,546.55	358.37	276.45	77.00	84.00	5,717.31	2,190.62
4	471.25	355.59	5,051.53	1,494.60	381.37	284.55	77.00	84.00	5,981.15	2,218.74
5	450.03	287.54	4,952.52	1,555.85	390.10	293.36	77.00	84.00	5,869.65	2,220.75
6	423.22	275.36	4,807.93	1,466.25	351.56	261.60	77.00	84.00	5,659.71	2,087.22
7	447.62	267.17	4,821.85	1,461.60	344.51	261.24	77.00	84.00	5,690.98	2,074.00
8	427.75	272.32	4,933.81	1,514.02	356.45	272.46	77.00	84.00	5,795.01	2,142.79
9	442.38	287.66	4,895.65	1,576.71	378.77	286.48	77.00	84.00	5,793.79	2,234.84
10	452.75	345.98	4,844.84	1,467.08	358.87	270.58	77.00	84.00	5,733.46	2,167.63
Aver.	446.02	300.14	4,898.49	1,517.07	366.91	277.99	77.00	84.00	5,788.43	2,179.19

2. ประสิทธิภาพของ family sequencing และ time sequencing

การใช้ EDD rule นั้นมีประสิทธิภาพมากกว่า random rule ดังนั้นในขั้นแรกจึงควรนำการจัดลำดับของชิ้นและ EDD rule มาใช้ในการจัดลำดับของ job ส่วนขั้นที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยใช้ Two-way ANOVA มาทดสอบประสิทธิภาพของ family sequencing และ time sequencing ได้ผลใน ดังตารางที่ 2 (Table 2) ซึ่งพบว่า main effect ทุกตัว (family sequencing, time sequencing และ data set) significant แต่ interaction (family sequencing x time sequencing) จะไม่ significant ดังตารางที่ 3 (Table 3) คือผลของการทดสอบ Tukey's multiple range ซึ่งแบ่ง family sequencing ออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งกลุ่มที่ให้ผลทดสอบที่ดีที่สุด คือ level 3-2-1 ส่วน time sequencing ที่ให้ผลที่ดีที่สุด คือ Longest Processing Time Rule (LPT Rule)

Table 2 Test of ANOVA

Factors	P-value
Family sequencing	0.000
Time sequencing	0.000
Family sequencing x Time sequencing	0.563
Data set	0.000

Table 3 Test of Main effect

Main effect	Level	Mean
Family sequencing	2-1-3	2,366.3(4)
	3-2-1	2,103.9(1*)
	1-3-2	2,263.6(3)
	2-3-1	2,121.2(1)
	3-1-2	2,180.1(2)
	1-2-3	2,365.7(4)
Time sequencing	Random	2,221.3(2)
	LPT	2,213.8(1)
	SPT	2,265.4(3)

นอกจากนี้ เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ time sequencing แต่ละแบบ จึงแสดงประสิทธิภาพและต้นทุนของการใช้ family sequencing แบบ Level 3-2-1 กับ time sequencing แบบ random และประสิทธิภาพและต้นทุนของการใช้ family sequencing แบบ Level 3-2-1 กับ LPT และ SPT rule ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพและต้นทุนของ time sequencing แต่ละแบบได้สรุปไว้ใน ตารางที่ 4 (Table 4)

Table 4 Result of Time Sequencing

Time sequencing	Tardiness	Tardy cost	Earliness	Holding cost of FG	Flow time	Holding cost of WIP	Changeover time	Changeover cost	Total cost
Random	2.36	204.66	56.10	1559.36	18.60	255.92	0.2708	45.49	2065.45
LPT	5.07	255.07	37.72	1481.68	13.68	221.13	0.2708	45.49	2003.06
SPT	1.14	256.53	71.69	1569.82	20.17	269.21	0.2708	45.49	2141.07

3. การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (local search methodology)

การปรับปรุงกลุ่มสินค้าที่กำหนดส่งวันเดียวกัน ซึ่งพบว่ามี 7 วิธีการจากสลับ job ทั้งหมด 18 วิธี ที่มีต้นทุนสูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนอีก 11 วิธีที่เหลือนั้นต้นทุนเท่ากับต้นทุนที่ต่ำที่สุดที่เกิดจากลำดับของ job ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสลับลำดับของ job ในรูปแบบนี้ ไม่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของลำดับการผลิตได้ ต้นทุนของการสลับ job ที่อยู่ในกลุ่มสินค้าเดียวกัน แต่กำหนดส่งคนละวัน พบว่ามีต้นทุนที่สูงขึ้นในทุก ๆ กรณี จากการเพิ่มของต้นทุนการส่งสินค้าช้ากว่ากำหนด และต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าสำเร็จรูปส่วนต้นทุนของการสลับ job ที่อยู่คนละกลุ่มสินค้า แต่มีกำหนดส่งวันเดียวกัน ซึ่งพบว่ามีต้นทุนสูงขึ้นทุก ๆ กรณี อันเนื่องมาจากต้นทุนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร แสดงให้เห็นว่าการสลับ job ที่อยู่คนละกลุ่มสินค้าและมีกำหนดส่งคนละวัน ทำให้มีต้นทุนที่สูงขึ้น จากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนทุกชนิด

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ไม่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดลำดับการผลิตได้ การจัดลำดับที่ดีที่สุดยังคงเป็นการใช้ EDD rule, การจัด Family sequencing แบบ Level 3-2-1 และ Time sequencing แบบ LPT rule

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้สามารถช่วยบริษัทลดต้นทุนในด้านต้นทุนการส่งสินค้าช้ากว่ากำหนด (tardy cost) ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้า (Holding Costs of WIP and Finished Goods) และต้นทุนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (changeover cost) ซึ่งจากการทดลองสลับลำดับงานทั้งหมด 18 วิธีพบว่าการจัดลำดับที่ดีที่สุด (case 8) สามารถลดต้นทุนได้ 13.75% จากการจัดลำดับแบบเดิมของบริษัท (case 12) อีกทั้งยังสามารถทำให้เกิดการวางแผนการผลิตที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขในการผลิตต่าง ๆ ของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งในอนาคตงานวิจัยนี้สามารถต่อยอดได้เพราะยังไม่มีมีการพิจารณาต้นทุนการส่งสินค้าช้ากว่ากำหนด (tardy cost) ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้า (Holding Costs of WIP and Finished Goods) และต้นทุนการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (changeover cost) ซึ่งจะทำให้แผนการผลิตนั้นเหมาะสมมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถต่อยอดในด้านโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณซึ่งโปรแกรมเชิงเส้น (linear programming) งานวิจัยนี้จะเหมาะสมต่อปัญหาที่มีข้อจำกัดที่ไม่มากนักแต่ถ้ากรณีศึกษามีข้อจำกัดและปัจจัยในการผลิตเป็นจำนวนมากจะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณที่นานมาก ดังนั้นนักวิจัยอาจจะใช้วิธีการที่เหมาะสมตัวอย่างเช่น เมตาฮิวริสติกส์ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เสนอการจัดตารางการผลิตโดยคำนึงถึงข้อจำกัดของทรัพยากรสำหรับการทำงานประกอบที่เป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่องกันและมีกำหนดส่งวันเดียวกัน ซึ่งการจัดตารางการผลิตนี้จะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ๆ คือ 1) การจัดลำดับของ jobs จะพิจารณาจากลำดับขั้นของการจัดลำดับ

งานที่ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนย่อย ๆ 2) พิจารณาเวลาเริ่มผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งจากการใช้ข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าการจัดลำดับที่ดีที่สุด คือ การใช้ EDD rule, การจัด family sequencing แบบ Level 3-2-1 และ time sequencing แบบ LPT rule แต่อย่างไรก็ตาม แผนการผลิตนี้ได้มาจากการใช้ข้อมูลปริมาณการสั่งซื้อที่เป็นปริมาณที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ถ้าปริมาณการสั่งซื้อมากขึ้นหรือน้อยลงกว่าเกณฑ์ปกติอย่างมาก อาจจะได้แผนการผลิตที่แตกต่างไปจากนี้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณบริษัท พีอี เทคโนโลยี ที่ให้ข้อมูลในการศึกษา และขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัย (งบประมาณแผ่นดิน 2561) สัญญาทุนเลขที่ RDI-1-61-5-10 และขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Poonya A, Pakdaman M. Optimal control model for finite capacity continuous MRP with deteriorating items. *Journal of Intelligent Manufacturing* 2019;30(5):2203-2215.
- Qiu Y, Wang L, Xu X, Fang X, Pardalos P. Formulations and branch-and-cut algorithms for multi-product multi-vehicle production routing problems with startup cost. *Journal of Expert Systems with Applications* 2018;98:1-10.
- Rajendran C, Ziegler H. A performance analysis of dispatching rules and a heuristic in static flowshops with missing operations of jobs. *European Journal of Operational Research* (2001);131(3):622-634.
- Supithak W, Liman SD, Montes EJ. Lot-sizing and scheduling problem with earliness tardiness and setup penalties. *Computers & Industrial Engineering* 2010;58(3):363-372.
- Thailand Automotive Institute. Current situation of thai automotive industry. Bangkok: Hypemet Publisher; 2018.
- The Federation of Thai Industrial. the federation of thai industrial of automotive industrial club in Thailand; 2018.
- Wuttipornpun T, Yenradee P, Beullens P, Oudheusden D. A finite capacity material requirement planning system for a multistage automotive-part assembly factory. *Industrial Engineering and Management Systems* 2005; 4: 23-35.