

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ
แบบตัวยู ประเภทที่ 1

A MATHEMATICAL MODEL FOR SOLVING THE U-SHAPED ASSEMBLY
LINE BALANCING PROBLEM OF TYPE 1

พูนธนะ ศรีสระคู¹ และ กฤต จันทรสมัย²

¹อาจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

439 ถ.จระ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000, poontana.teay@gmail.com

²อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.

มหาสารคาม 44150, krit@msu.ac.th

Poontana SreSracoo¹ and Krit Chantarasamai²

¹Lecturer, Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University

439 Jira Rd, Nai Mueang District, Amphoe Mueang Buri Ram, BuriRam 31000, Thailand,

poontana.teay@gmail.com

²Lecturer, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Khamriang District,

Kantarawichai City, Mahasarakham 44150, Thailand, krit@msu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 (UALBP-1) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขของรอบเวลาการผลิตและลำดับงานก่อน-หลัง โดยใช้ชุดปัญหาของ Armin Scholl (1993) จำนวน 13 ชุดปัญหา ที่มีงานตั้งแต่ 7-53 งาน แต่ละชุดปัญหามีรอบเวลาการผลิตที่แตกต่างกัน ทำการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยโปรแกรม Lingo V.11.0 พบว่า สามารถแก้ปัญหาและจัดสมดุลสายการประกอบได้จำนวนสถานีงานที่น้อยกว่าเมื่อเทียบผลลัพธ์จากชุดปัญหา Armin Scholl จำนวน 7 ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 9 ได้จำนวนสถานีงานเท่ากัน 74 ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 84 และไม่สามารถประมวลผลได้จำนวน 6 ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 7

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ABSTRACT

This paper presents a mathematical model for solving the U-shaped assembly line balancing problem of type 1. The objectives of this study were to minimize the number of workstations, the cycle time of production and the precedence of tasks. The data set used in this study obtained from Armin Scholl (1993), totally 13 problems with 7-53 tasks, each with different cycle time. The Lingo V.11.0 was used to find the optimal solution. It was found that this program could solve problems and provided less number of workstations for 7 problems, approximately 9%, compared to the results from Armin Scholl. Seventy-four problems, about 84%, had equal number of workstations and six problems, approximately 7%, could not be solved.

KEYWORDS: U-shaped assembly line balancing problem, Mathematical Model

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมไทยนั้นเริ่มขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว และอุตสาหกรรมในประเทศมีการแข่งขันสูงขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของธุรกิจระหว่างประเทศ ทำให้เกิดอุตสาหกรรมขึ้นมากมาย รวมถึงมีการเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asian Economic Community; AEC) เพื่อที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้มากขึ้น ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมประสบกับปัญหาและความเสี่ยงต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ค่าแรงแรงงานขั้นต่ำ และภาวะเศรษฐกิจที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นโรงงานที่มีการบริหารจัดการที่ดีจึงได้เปรียบทางการค้ามากกว่า ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น กระบวนการผลิตในสายงานการประกอบผลิตภัณฑ์ถือเป็นกิจกรรมหลักขององค์กรที่ทำให้เกิดมูลค่า จึงทำให้โรงงานอุตสาหกรรมพยายามพัฒนาสายการประกอบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อที่จะลดต้นทุนการผลิตลง โดยรูปแบบการจัดสายการประกอบที่มีประสิทธิภาพและนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมรูปแบบหนึ่งคือการจัดสายการประกอบแบบตัวยู (U-Shaped Assembly Line Balancing Problem; UALBP) ซึ่งปัจจุบันมีผู้วิจัยหลายท่านนำเสนอวิธีการในการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบตัวยู (U-Shaped) หลากหลายวิธีการ เช่น [1] ใช้วิธีการ Branch and Bound (B&B) มาใช้สำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า ULINO (U-line optimizer) เพื่อลดจำนวนสถานีงาน หรือ รอบเวลาผลิต หรือ เพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งผลการเปรียบเทียบกับชุดปัญหาการทดสอบ พบว่า วิธี ULINO ให้คำตอบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู [2] ได้ประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm; GA) เพื่อนำมาแก้ปัญหาการสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 (UALBP-1) และทำการเปรียบเทียบกับค่า

คำตอบที่ดีที่สุดของงานวิจัยที่ผ่านมา ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า วิธีการ GA สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด หรือคำตอบที่ใกล้เคียงได้ในรอบแรกๆของการทดลอง [3] ได้นำเสนอวิธีเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest route formulation) ในการแก้ปัญหาการสมมูลงานแบบตัวยู ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการใหม่ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ [4] ได้นำเสนอวิธีระบบมดแม็กมิน (Max-Min Ant Colony) ร่วมกับวิธีโลคอลเสิร์ช (Local Search) ในการแก้ปัญหาการจัดสมมูลสายการประกอบแบบเส้นตรงและตัวยู โดยในการแก้ปัญหาการจัดสมมูลสายการประกอบแบบตัวยู ได้ทำการทดลองในชุดปัญหาตัวอย่างขนาดกลางที่มี 21-45 งาน และชุดปัญหาตัวอย่างบางส่วนของปัญหาขนาดใหญ่มี 75-297 งาน จากการวิจัยสรุปผลได้ว่าวิธีระบบมดแม็กมิน ที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีฮิวริสติก และวิธี Maximum Ranked Positional Weight heuristic (Max. RPW) [5] และ [6] เสนอการจัดสมมูลสายการประกอบแบบตัวยู ด้วยวิธีการอบอุ่น (Simulated Annealing; SA) กับปัญหาขนาดใหญ่ พบว่า วิธี SA สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมในช่วงเวลา 0.5 ชั่วโมงถึง 1.5 ชั่วโมง [7] นำเสนอวิธี Maximum Task Time, วิธี Minimum Task Time, วิธี Maximum Ranked Positional Weight (RPWmax) และ วิธี Greedy Randomized ในการจัดสมมูลสายการประกอบแบบตัวยูของโรงงานเย็บผ้า ในการผลิตเสื้อยืดโมเดล 53287 เพื่อหาจำนวนสถานีนงานที่น้อยที่สุด และประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งผลการจัดสมมูลสายการประกอบ พบว่า วิธี Maximum Task Time และ วิธี Greedy Randomized ให้คำตอบที่ดีที่สุดโดยสามารถลดจำนวนสถานีนงานจาก 17 สถานีนงานเหลือ 11 สถานีนงาน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพสายการประกอบได้จาก 55.48% เป็น 85.75% และ [8] ที่นำเสนอการจัดสมมูลสายงานการประกอบแบบตัวยู ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm; GA) ร่วมกับระบบมดแม็กมิน (Max-Min Ant System; MMAS) พบว่า สามารถลดค่าความแปรปรวนของภาระงานในทุกปัญหา เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Line; COMSOAL

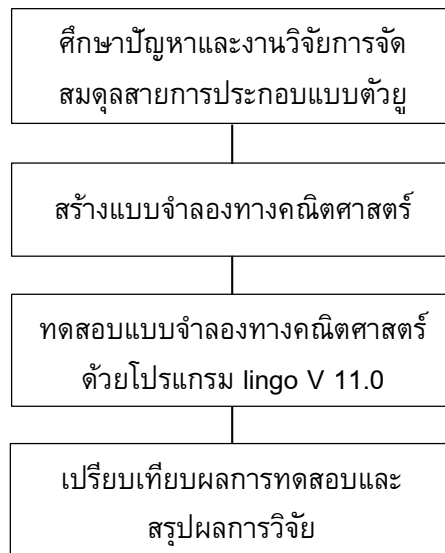
จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าในการแก้ปัญหาการจัดสมมูลสายการประกอบแบบตัวยูประเภทที่ 1 (UALBP-1) มีผู้วิจัยได้นำหลักการหลากหลายวิธีมาใช้งานการจัดสมมูลสายการประกอบ เช่น วิธีการ Branch and Bound (B&B), วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm; GA), วิธีเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest route formulation), วิธีระบบมดแม็กมิน (Max-Min Ant Colony) วิธีเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm; GA) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีการที่กล่าวมาจะมีขั้นตอนในการหาคำตอบที่แตกต่างและซับซ้อนต่างกันออกไป แต่มีวิธีการจัดสมมูลสายการประกอบวิธีการหนึ่งคือ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) เป็นเทคนิคที่มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง สำหรับบริหารงานทางด้านต่างๆ เช่น การวิเคราะห์เชิงปริมาณ และการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เนื่องจากผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ไม่มีความชำนาญด้าน Optimization หรือ

Simulation จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบได้

ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 (U-Shape Assembly Line Balancing Problem Type 1: UALBP-1) กรณีทราบค่ารอบเวลาการผลิต (C) และลำดับงานก่อน-หลัง เพื่อหาจำนวนสถานีงาน (M) น้อยที่สุด โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และประมวลผลแบบจำลองด้วยโปรแกรม Lingo V 11.0 เพื่อวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวางแผนการดำเนินงานการวิจัยในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบตัวยู เพื่อให้ได้จำนวนสถานีน้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของรอบการผลิต (Cycle time) และการลำดับงานก่อนหลัง (Precedence Diagram) สามารถกำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานได้ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการดำเนินวิจัย

2.1 ศึกษาปัญหาและงานวิจัยการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1

ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยูประเภทที่ 1 (UALBP-1) กรณีทราบค่ารอบเวลาการผลิต (C) และลำดับงานก่อน-หลัง เพื่อหาจำนวนสถานีงาน (M) ที่น้อยที่สุด โดยจะเริ่มศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ

เพื่อที่จะกำหนดขอบเขตของการวิจัย วัตถุประสงค์ และเงื่อนไขที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบ

2.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เมื่อทำการศึกษารูปแบบของการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 แล้วผู้วิจัย จะทำการสร้างสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไขของปัญหาขึ้น โดยวัตถุประสงค์ของปัญหาคือ เพื่อหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขของงานทั้งหมดถูกกำหนดให้กับสถานีงาน แต่ละงานจะได้ถูกจัดอยู่ในสถานีงานเพียงสถานีงานเดียว โดยทำการตรวจสอบให้แน่ใจว่าการทำงานของสถานีใดๆ ต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิต และเงื่อนไขของงานก่อน-หลัง จะไม่ขัดแย้งต่อโครงข่ายเดิมและโครงข่ายเสมือน

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาเพื่อจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 กำหนดตัวแปรได้ดังนี้

C คือ รอบเวลาในการผลิต

N คือ จำนวนงาน

M_{max} คือจำนวนสถานีงานที่เราจำเป็นต้องทราบ โดยที่ j สถานีงานจะถูกเลือกตั้งแต่ $j = 1, 2, \dots, M_{max}$

T_i คือ เวลาการทำงานของแต่ละงาน $i = 1, 2, \dots, N$

P คือ เป็นชุดของคู่สิ่งของงานที่แสดงความสัมพันธ์ของงานก่อนหน้า

X_{ij} เท่ากับ 1 คืองาน i จะถูกกำหนดให้อยู่ในสถานีงาน j โดยเป็นงานไปข้างหน้า
เท่ากับ 0 คือกรณีอื่นๆ

Y_{ij} เท่ากับ 1 คืองาน i จะถูกกำหนดให้อยู่ในสถานีงาน j โดยเป็นงานย้อนกลับ
เท่ากับ 0 คือกรณีอื่นๆ

Z_j เท่ากับ 1 คือถ้าสถานี j ถูกใช้งานแล้ว i คือ งานที่ได้ถูกกำหนดให้ทำงานในสถานี j
เท่ากับ 0 คือกรณีอื่นๆ

สมการวัตถุประสงค์:

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^{m_{max}} Z_j \quad (1)$$

ภายใต้เงื่อนไข :

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} (x_{ij} + y_{ij}) = 1 \text{ for } i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{m_{max}} t_i(x_{ij} + y_{ij}) \leq Cz_j \text{ for } j = 1, \dots, [m_{max}] \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} (m_{max} - j + 1)(x_{rj} - x_{ri}) \geq 0 \text{ for all } (r, s) \in P \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{m_{max}} (m_{max} - j + 1)(y_{rj} - y_{ri}) \geq 0 \text{ for all } (r, s) \in P \quad (5)$$

$$x_{ij}, y_{ij}, z_j \in [1, 0] \text{ for all } i, j$$

สมการ (1) เป็นสมการวัตถุประสงค์ เพื่อหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด สมการ (2) จะแสดงว่างานทั้งหมดถูกกำหนดให้กับสถานีงาน และแต่ละงานจะได้ถูกจัดอยู่ในสถานีงานเพียงสถานีงานเดียว สมการ (3) จะเป็นการตรวจสอบให้แน่ใจว่าการทำงานของสถานีใดๆ ต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิต สมการ (4) และ (5) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าเงื่อนไขของงานก่อน-หลัง จะไม่ขัดแย้งต่อโครงข่ายเดิมและโครงข่ายเสมือน

2.3 ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เมื่อได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยจะทำการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 ด้วยโปรแกรม Lingo V 11.0 ดังรูปที่ 2 โดยใช้ข้อมูลชุดปัญหา [9] จาก www.assembly-line-balancing.de จำนวน 13 ชุดปัญหา ที่มีงานตั้งแต่ 7-53 งาน ดังตารางที่ 1 มาทำการทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยจะนำผลการจัดสมดุลสายการประกอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการจัดสมดุลสายการประกอบของชุดปัญหา เพื่อดูจำนวนสถานีงาน ของการจัดสมดุลสายการประกอบว่ามีจำนวนสถานีงาน ที่แตกต่างกับชุดปัญหามากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 1 ชุดปัญหาของ Armin Scholl

ชุดปัญหา	จำนวนงาน	เวลางานน้อยที่สุด	เวลางานมากที่สุด	เวลางานรวม
Mertens	7	1	6	29
Bowman	8	3	17	75
Jaeschke	9	1	6	37
Jackson	11	1	7	46
Mansoor	11	2	45	185

ตารางที่ 1 ชุดปัญหาของ Armin Scholl (ต่อ)

ชุดปัญหา	จำนวนงาน	เวลางานน้อยที่สุด	เวลางานมากที่สุด	เวลางานรวม
Mitchell	21	1	13	105
Heskiaoff	28	1	108	1024
Buxey	29	1	25	324
Sawyer	30	1	25	324
Lutz1	32	100	1400	14140
Gunther	35	1	40	483
Kilbridge	45	3	55	557
Hahn	53	40	1775	14026

จากตารางที่ 1 แสดงถึงขนาดปัญหาทั้ง 13 ชุดปัญหาที่มีจำนวนงานตั้งแต่ 7 - 53 งาน ที่แสดงจำนวนงาน เวลาสูงสุดของงาน เวลาต่ำสุดของงาน และเวลารวมของงานที่แตกต่างกัน โดยจะใช้เป็นข้อมูลในการทดสอบและเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับชุดปัญหา

```

MODEL :
SETS:
    TASK/@file('case study.txt')/:T;
    PRED(TASK,TASK)/@file('case study.txt')/;
    STATION/1 2..20/;
    TXS(TASK,STATION):X;
    TYS(TASK,STATION):Y;
    TZS(STATION):Z;
ENDSETS
DATA:
    T = @file('case study.txt');
    CYCTIME = @file('case study.txt');
    MMAX=20;
ENDDATA
MIN=@SUM(STATION(J):Z(J));
@FOR(TASK(I):@SUM(STATION(J):(X(I,J)+Y(I,J)))=1);
@FOR(STATION(J):@SUM(TXS(I,J):T(I)*X(I,J))+
    @SUM(TYS(I,J):T(I)*Y(I,J))<=CYCTIME*Z(J));
@FOR(PRED(r,s):@SUM(STATION(J):(MMAX-J+1)*(X(r,J)-X(s,J)))>=0);
@FOR(PRED(r,s):@SUM(STATION(J):(MMAX-J+1)*(Y(s,J)-Y(r,J)))>=0);
@FOR(TXS:@BIN(X));
@FOR(TYS:@BIN(Y));
@FOR(TZS:@BIN(Z));
END
    
```

รูปที่ 2 การจัดสมมูลสายการประกอบด้วยโปรแกรม Lingo

3. ผลการวิจัย

เมื่อนำข้อมูลชุดปัญหาของ Armin Scholl มาจำนวน 13 ชุดปัญหา ที่มีจำนวนงาน เวลาของการทำงาน และรอบเวลาการผลิตที่แตกต่างกัน มาจัดสมดุลสายการประกอบด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม Lingo V 11.0 เพื่อหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด ซึ่งผลการจัดสมดุลสายการประกอบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1

ชุดปัญหา	รอบเวลา การผลิต	จำนวนสถานีงาน		เวลาในการ ประมวลผล (ชั่วโมง:นาที:วินาที)	ผลการ เปรียบเทียบ (%)
		ชุดปัญหา	โปรแกรม Lingo		
Mertens	6	6	6	0:00:01	0.00%
	7	5	5	0:00:00	0.00%
	8	5	5	0:00:00	0.00%
	10	3	3	0:00:00	0.00%
	15	2	2	0:00:00	0.00%
	18	2	2	0:00:00	0.00%
Bowman	20	4	4	0:00:01	0.00%
Jaeschke	6	8	8	0:00:01	0.00%
	7	7	7	0:00:00	0.00%
	8	6	6	0:02:13	0.00%
	10	4	4	0:00:00	0.00%
	18	3	3	0:00:00	0.00%
Jackson	7	7	7	0:00:00	0.00%
	9	6	6	0:00:00	0.00%
	1	5	5	0:00:00	0.00%
	13	4	4	0:00:01	0.00%
	14	4	4	0:00:00	0.00%
	21	3	3	0:00:01	0.00%

ตารางที่ 2 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 (ต่อ)

ชุดปัญหา	รอบเวลา การผลิต	จำนวนสถานีงาน		เวลาในการ ประมวลผล (ชั่วโมง:นาที:วินาที)	ผลการ เปรียบเทียบ (%)
Mansoor	48	4	4	0:00:00	0.00%
	62	3	3	0:00:00	0.00%
	94	2	2	0:00:00	0.00%
Mitchell	14	8	8	0:00:01	0.00%
	15	8	7	0:25:47	-12.50%
	21	5	5	0:00:01	0.00%
	26	5	5	0:00:00	0.00%
	35	3	3	0:00:00	0.00%
	39	3	3	0:00:01	0.00%
Heskiaoff	138	8	8	0:00:01	0.00%
	205	5	5	0:00:08	0.00%
	216	5	5	0:00:00	0.00%
	256	4	4	0:00:00	0.00%
	324	4	4	0:00:00	0.00%
	342	3	3	0:00:01	0.00%
Buxey	27	13	*	*	*
	30	11	11	0:36:59	0.00%
	33	10	*	*	*
	36	9	*	*	*
	41	8	8	0:00:04	0.00%
	47	7	7	0:00:18	0.00%
	54	6	6	0:00:21	0.00%

ตารางที่ 2 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 (ต่อ)

ชุดปัญหา	รอบเวลา การผลิต	จำนวนสถานีงาน		เวลาในการ ประมวลผล (ชั่วโมง:นาที:วินาที)	ผลการ เปรียบเทียบ (%)
Sawyer	25	14	13	0:00:34	-7.14%
	27	13	12	0:00:14	-7.69%
	30	11	11	0:02:18	0.00%
	33	10	10	0:00:10	0.00%
	36	9	9	1:57:20	0.00%
	41	8	8	0:00:03	0.00%
	47	7	7	0:00:05	0.00%
	54	6	6	0:04:05	0.00%
	75	5	5	0:00:01	0.00%
Luzt1	1414	11	11	0:00:02	0.00%
	1572	10	10	0:10:09	0.00%
	1768	9	*	*	*
	2020	8	*	*	*
	2357	7	7	0:00:02	0.00%
	2828	6	*	*	*
Gunther	41	12	11	0:00:20	-8.30%
	44	12	12	1:01:52	0.00%
	49	10	10	0:13:17	0.00%
	54	9	9	0:00:06	0.00%
	61	8	8	0:03:14	0.00%
	69	7	7	0:08:42	0.00%
	81	6	6	0:00:12	0.00%

ตารางที่ 2 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภที่ 1 (ต่อ)

ชุดปัญหา	รอบเวลา การผลิต	จำนวนสถานีงาน		เวลาในการ ประมวลผล (ชั่วโมง:นาที:วินาที)	ผลการ เปรียบเทียบ (%)
Kilbridge	56	10	10	0:00:01	0.00%
	57	10	10	0:00:01	0.00%
	62	9	9	0:00:02	0.00%
	69	8	8	0:00:39	0.00%
	79	7	7	0:00:05	0.00%
	92	6	6	0:00:14	0.00%
	110	6	6	0:00:02	0.00%
	111	5	5	0:00:14	0.00%
	138	4	4	0:00:03	0.00%
	184	3	3	0:00:01	0.00%
Hahn	2004	8	7	0:00:36	-12.50%
	2338	7	6	0:00:03	-14.30%
	2806	5	5	0:00:04	0.00%
	3507	5	4	0:00:05	-20.00%
	4676	3	3	0:00:03	0.00%

หมายเหตุ: เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนแบบจำลองกับชุดปัญหาคิดจาก

$$\frac{(\text{จำนวนสถานีงานจาก Lingo}) - (\text{จำนวนสถานีงานจากชุดปัญหา})}{(\text{จำนวนสถานีงานจากชุดปัญหา})} \times 100$$

* คือ ไม่สามารถประมวลผลได้

- คือ เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนจำนวนสถานีงานของแบบจำลองที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปัญหา

จากตารางที่ 2 แสดงผลการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภที่ 1 ที่นำมาทำการทดสอบทั้งหมด 13 ชุดปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหามีรอบเวลาการผลิตที่แตกต่างกัน พบว่า แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบโดยประมวลผลด้วยโปรแกรม Lingo V.11.0 สามารถจัดสมดุลสายการประกอบได้จำนวนสถานีงานที่น้อยกว่าปัญหายู 7 ปัญหา ได้จำนวน

สถานงานเท่ากับปัญหาจำนวน 70 ปัญหาและปัญหาที่ไม่สามารถประมวลผลได้จำนวน 6 ปัญหา และเมื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการประกอบ พบว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์สามารถจัดสมดุลสายการประกอบได้จำนวนสถานงานที่น้อยที่สุดเทียบเท่ากับวิธีการเมตาฮิวริสติก [4] ในปัญหาชุดเดียวกัน แต่เมื่อนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ประมวลผลด้วยโปรแกรม Lingo V.11.0 พบว่า ไม่สามารถจัดสมดุลสายการประกอบในปัญหาที่มีจำนวนงานมากกว่า 53 งานได้ ซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลนานสำหรับปัญหาที่มีงานก่อนหน้าจำนวนมากและความสัมพันธ์ของงานในโครงข่ายงานที่ซับซ้อน

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบตัวยู ประเภทที่ 1 (UALBP-1) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาจำนวนสถานงานที่น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขของรอบเวลาการผลิตและลำดับงานก่อน-หลัง โดยใช้ชุดปัญหาของ Armin Scholl จำนวน 13 ชุดปัญหา จาก www.assembly-line-balancing.de ที่มีงานตั้งแต่ 7-53 งาน แต่ละชุดปัญหามีรอบเวลาการผลิตที่แตกต่างกัน มาทำการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในโปรแกรม Lingo V.11.0 ซึ่งผลการจัดสมดุลสายการประกอบ พบว่า สามารถแก้ปัญหาและจัดสมดุลสายการประกอบได้จำนวนสถานงานที่น้อยกว่าเมื่อเทียบผลลัพธ์จากชุดปัญหา Armin Scholl จำนวน 7 ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 9 ได้จำนวนสถานงานเท่ากับ 74 ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 84 และไม่สามารถประมวลผลได้จำนวน 6 ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 7 และเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อจำกัดของโปรแกรม พบว่า ไม่สามารถจัดสมดุลสายการประกอบในปัญหาที่มีจำนวนงานมากกว่า 53 งานได้ และใช้เวลาในการประมวลผลนานสำหรับปัญหาที่มีงานก่อนหน้าจำนวนมากและความสัมพันธ์ของงานในโครงข่ายงานที่ซับซ้อน จากปัญหาดังกล่าวอาจต้องพัฒนาวิธีฮิวริสติก (Heuristics) หรือ เมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) ร่วมกับการเขียนโปรแกรมเข้ามาช่วยในการจัดสมดุลสายประกอบที่มีจำนวนงานมากกว่า 53 งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้ให้ใช้โปรแกรม Lingo V.11 ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

References

- [1] Scholl A, Klein R. ULINO: optimally balancing U-Shaped JIT assembly lines. International of Production Research 1999;37:721-36.

- [2] Martinez U, William S. Duff. Heuristic approached to solve the U-shaped line balancing problem augmented by genetic algorithms. Proceedings of the 2004 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium; 2004 April 16; Charlottesville, United Stated. 2004. p.287-93.
- [3] Gokcen H. A shortest route formulation of simple U-type assembly line balancing problem. Applied Mathematical Modelling 2005;29:373-80.
- [4] Nuchsa Kriengkorakot. Metaheuristic Approach for assembly line balancing problem. [Thesis]. Ubonratchatani, Ubonratchatani University; 2550. (In Thai)
- [5] Jayaswal S, Agarwal P. Balancing U-shaped assembly lines with resource dependent task times: A Simulated Annealing approach. Journal of Manufacturing Systems 2014;33:522-34.
- [6] Miltenburg G.J, Wijngaard J. The U-line line balancing problem. Management Sciences 1994;40:1378-88.
- [7] Kriengkorakot N, Kriengkorakot P. Heuristics comparison for u-shaped assembly line balancing in the apparel factory. KKU Engineering Journal 2014;41:155-62.
- [8] Amonpong Sa-nguansin and Jakrawarn Kunadilok. Heuristic method for workload variance reduction in U-shaped assembly line balancing. Thai Journal of Operations Reseach 2557;2:11-21. (In Thai)
- [9] Scholl A. Data of Assembly Line Balancing Problems. [Internet]. 1993 [cited 2017 December 21];16-28. Available from: <http://www.assembly-line-balancing.de/>

ประวัติผู้เขียนบทความ



พูนธนะ ศรีสระคู อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ
อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราช
ภัฏบุรีรัมย์ ที่อยู่ 439 ถนนจิระ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์
รหัสไปรษณีย์ 31000 เบอร์โทรศัพท์ 086-2285472

E-Mail. poontana.teay@gmail.com



กฤต จันทรสมัย อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทร
วิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150 เบอร์โทรศัพท์ 089-
7116906 E-mail. Krit@msu.ac.th