

การจัดสมดุลสายการผลิตกรณีรอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิต Line Balancing for Varied Cycle Time Following Production Constraints

นุชสรุา เกรียงกรกฎ* และ ปรีชา เกรียงกรกฎ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

*Email: nuchkr@mail2.ubu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุดของสายการผลิต โดยทำการเปรียบเทียบการจัดสมดุลสายการผลิตใน 2 ลักษณะคือ (1) แบบวิธีปกติหรือแบบที่กำหนดให้รอบเวลาการผลิตมีเพียงค่าคงที่ค่าเดียว และ(2)แบบที่รอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิต ซึ่งในการจัดสมดุลสายการผลิต จะใช้วิธีฮิวริสติกจำนวน 4 วิธี คือ วิธีเวลาที่มากที่สุด, วิธีเวลาที่น้อยที่สุด, วิธีงานที่มีน้ำหนักตำแหน่งสูงสุด, และวิธีงานที่มีจำนวนงานตามหลังที่มากที่สุด หลังจากนั้นทำการทดสอบวิธีการต่างๆ กับปัญหาตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนสถานีงานและประสิทธิภาพของสายการผลิต ทั้งนี้เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

ผลจากการศึกษาหลังจากที่ทดสอบกับปัญหาตัวอย่าง สรุปได้ว่า (1) กรณีการจัดสมดุลแบบปกติ คือที่ค่ารอบเวลาการผลิตเท่ากับ 13 นาที/ชิ้น วิธีที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดคือ วิธีงานที่มีน้ำหนักตำแหน่งสูงสุด และวิธีงานที่มีจำนวนงานตามหลังที่มากที่สุด คือให้ค่าจำนวนสถานีงานน้อยที่สุดคือ 9 สถานีงานและค่าประสิทธิภาพสายการผลิตเป็น 89.74% และ (2) กรณีการจัดสมดุลแบบที่รอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิตที่กำหนดนั้น ที่รอบเวลาการผลิตเท่ากับ 18 นาที/ชิ้น วิธีเวลาที่มากที่สุด และวิธีงานตามหลังที่มากที่สุด จะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

คำสำคัญ : การจัดสมดุลสายการผลิต รอบเวลาการผลิต วิธีฮิวริสติก

Abstract

The aim of this paper was to investigate the optimization of the production line by comparing 2 cases of line balancing, a case in which the given cycle time was constant and a case in which the cycle time was varied according to production constraints. The heuristic method was applied using the rules of Maximum Time, Minimum Time, Ranked Positional Weight, and Maximum Follower to determine the optimal solutions related to the number of stations and line efficiency. It was found that in the first case the cycle time was 13 minutes/piece and the best solutions were produced by the use of Ranked Positional Weight and Maximum Follower. The minimum number of stations was 9 and the line efficiency was 89.74%. In the second case the cycle time was 18 minutes/piece and the best results were from the use of Maximum Time and Maximum Follower.

Keywords: Line balancing, Cycle time, Heuristic method

1. บทนำ

ในการผลิตสินค้าของโรงงานโดยทั่วไปแล้วมักจะต้องการผลิตสินค้าให้ได้เร็วที่สุดเพื่อตอบสนองกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งเทคนิควิธีการอย่างหนึ่งของการจัดการการผลิตเพื่อที่จะทำให้ผลิตสินค้าได้รวดเร็วคือ การจัดสมดุลสายการผลิต เทคนิคนี้โดยปกติแล้วจะศึกษาถึง

วิธีการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุด โดยจะแบ่งการผลิตออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ที่มีลำดับก่อนหลังของขั้นตอนเหล่านั้นอย่างชัดเจน จากนั้นจะดำเนินการผลิตโดยจะพิจารณาเวลาของงานย่อยที่มีเวลาทำงานมากที่สุดในสายการผลิตนั้นมากำหนดเป็นค่าของรอบเวลาการผลิต หลังจากนั้นจะใช้รอบเวลาการผลิตดังกล่าวนี้เป็นหลักใน

การพยายามจัดให้มีสถานีนงานการผลิตให้น้อยที่สุด รวมถึงพยายามจัดให้เวลาการผลิตในแต่ละสถานีนงานดังกล่าวมีค่าเท่ากันให้มากที่สุดด้วย ถ้าสามารถจัดสายการผลิตสินค้าได้ตามเงื่อนไขเหล่านี้ก็จะทำให้การผลิตสินค้านั้นไม่เกิดการรอคอย ลดปัญหาการติดขัด และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [1]

แต่ในบางกรณีก็ไม่จำเป็นที่จะต้องพิจารณาเช่นนั้น สินค้าบางอย่างอาจจะไม่ระบุระยะเวลาที่ต้องการแน่นอนหรืออาจจะระบุเป็นช่วงเวลามาให้ ซึ่งในกรณีแบบนี้ไม่จำเป็นที่จะผลิตสินค้าให้เร็วที่สุด อาจจะช้าลงบ้างแต่ยังถือว่าอยู่ในช่วงเวลาที่ยอมรับได้ เงื่อนไขลักษณะแบบนี้จะทำให้รอบเวลาการผลิตมีความยืดหยุ่นขึ้น หรือสามารถปรับค่าได้ และหลังจากการจัดสมดุลด้วยรอบเวลาการผลิตใหม่ อาจทำให้สถานีนงานมีจำนวนน้อยลง และมีค่าประสิทธิภาพสายการผลิตมากขึ้นกว่าเดิมอีกด้วย ดังนั้นเพื่อที่จะศึกษาวิเคราะห์ปัญหาของสายการผลิตที่มีรอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิต ได้อย่างถูกต้องชัดเจน จึงได้ทำการเปรียบเทียบการจัดสมดุลสายการผลิตใน 2 ลักษณะคือ แบบวิธีปกติหรือแบบที่กำหนดให้รอบเวลาการผลิตมีเพียงค่าเดียว กับแบบที่รอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิต โดยได้ทดสอบกับปัญหาตัวอย่างวิเคราะห์หาจำนวนสถานีนงานและประสิทธิภาพในแต่ละรอบเวลาการผลิต ทั้งนี้เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดตามที่ต้องการได้

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิต และในกรณีที่มีการปรับค่ารอบเวลาการผลิต มีดังนี้ กิตติชัย สองนาค และคณะ [2] ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสายการประกอบรถยนต์ โดยก่อนทำการปรับปรุง มีรอบเวลาการผลิตที่ 63 นาทีต่อคัน ประสิทธิภาพการทำงานของสายการประกอบเท่ากับร้อยละ 49.78 มีจำนวนสถานีนงานเท่ากับ 11 สถานีนงาน แต่เมื่อทำการปรับปรุงโดยใช้รอบเวลาการผลิตใหม่ที่ 52 นาทีต่อคัน พบว่าประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 76.92 และจำนวนสถานีนงานลดลงเหลือเท่ากับ 8 สถานีนงาน ในขณะที่สรารุช เอี่ยมตระกูล และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงสายการประกอบหม้อหุงข้าวไฟฟ้าของโรงงานผลิตอุปกรณ์เครื่องครัวแห่งหนึ่ง ซึ่งสายการประกอบแต่เดิมนั้นไม่ได้ทำการจัดสมดุลแต่อย่างใด ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยการกำหนดรอบเวลาการผลิตจากเวลาที่มากที่สุดของงานย่อยในสายการผลิตนั้น และทำการจัดสมดุล

ด้วยวิธี Kilbridge & Wester, RPW, และ COMSOAL พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของสายการประกอบหลังจากที่ได้ทำการจัดสมดุลแล้วมีค่าสูงขึ้นคือ จากร้อยละ 49.93 เป็นร้อยละ 77.67 และจำนวนสถานีนงานจากเดิมมีจำนวน 14 สถานีนงาน ลดลงเหลือเท่ากับ 9 สถานีนงาน แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้เสนอแนะให้ตรวจสอบเวลามาตรฐานของงานย่อยต่างๆ ในสายการประกอบให้ถูกต้องแม่นยำ เพราะจะมีผลทำให้รอบเวลาการผลิตและประสิทธิภาพของสายการประกอบเปลี่ยนแปลงได้ สำหรับการทบทวนงานวิจัยในต่างประเทศ มีดังนี้ Becker C. and Scholl A. [4] ได้ทำการสำรวจวรรณกรรมวิจัยเรื่อง "A Survey on Problems and Methods in Generalized Assembly Line Balancing" ที่เกี่ยวกับปัญหาและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบทั่วไป (GALBP) โดยมีการพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่าย การเลือกใช้อุปกรณ์ สถานีนงาน/ชั้นงานแบบขนาน ฯลฯ ซึ่งมีการรายงานเกี่ยวกับงานวิจัยที่ผ่านมาตามแต่ละประเภทสรุปผลการสำรวจงานวิจัย พบว่า การพัฒนาเทคนิคและวิธีอีวิริสติกอื่นๆ เพื่อแก้ปัญหา นี้ ยังมีไม่มากนักซึ่งก็เป็นเรื่อง ที่ควรศึกษาวิจัยต่อไป Scholl A. and Becker C. [5] ก็ได้ทบทวนวรรณกรรมวิจัย " State-of-the-art Exact and Heuristic Solution Procedures for Simple Assembly Line Balancing." ที่เป็นการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบที่ใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ และวิธีอีวิริสติก ในการหาผลลัพธ์ นอกจากนี้ยังได้ แบ่งประเภทของปัญหาและเสนอแนะทิศทางการทำวิจัยในอนาคตของปัญหาทางด้านนี้ และนอกจากนี้ S.T. Pyo [6] ก็ได้ศึกษาปรับปรุงการจัดสมดุลสายการผลิตในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยใช้วิธีอีวิริสติก 3 วิธี คือ 1.วิธี standard work assignment 2. วิธีimproved heuristic 3. วิธี kilbridge&wester ในการแก้ปัญหาในสายการผลิตที่มีการปรับเปลี่ยนปริมาณการผลิตตามความต้องการที่ผ่านมา คือ 5000 ชิ้น/เดือน, 10000 ชิ้น/เดือน และ 15000 ชิ้น/เดือน โดยมีค่ารอบการผลิตที่คำนวณได้เป็น 3 ค่าตามลำดับ คือ 162 วินาที, 81 วินาที และ 54 วินาทีตามลำดับ จากผลการศึกษา พบว่า วิธีอีวิริสติกทั้ง 3 วิธี ให้ผลคำตอบที่ใกล้เคียงกันในทุกกรณี

จากงานวิจัยข้างต้น จะเห็นได้ว่าวิธีอีวิริสติกก็ยังนิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านนี้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์วิธีอีวิริสติก 4 วิธี เพื่อจัดสมดุลสายการผลิตที่รอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิต และตาม

องค์ประกอบอื่นๆ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่ระบุ

2. วิธีวิวัตติก

วิธีวิวัตติก หรือกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตที่นำมาใช้ มี 4 วิธี [7] คือ

2.1 วิธีเวลาที่มากที่สุด (Max. Time) หมายถึงงานย่อยที่มีเวลาทำงานมากที่สุดจะถูกเลือกก่อน

2.2 วิธีเวลาที่น้อยที่สุด (Min. Time) หมายถึงงานย่อยที่มีเวลาทำงานน้อยที่สุดจะถูกเลือกก่อน

2.3 วิธีงานที่มีน้ำหนักตำแหน่งสูงสุด (Ranked Positional Weights หรือ RPW) โดยที่ค่าน้ำหนักดังกล่าวคือเวลาของงานย่อยรวมกับเวลาของงานทั้งหมดที่ตามหลังงานย่อยนั้น ซึ่งงานย่อยที่มีค่า RPW สูงสุดจะถูกเลือกก่อน

2.4 วิธีงานที่มีจำนวนงานที่ตามหลังสูงสุด (Max. Follower) หมายถึงงานย่อยที่มีจำนวนงานที่ตามหลังมากที่สุดจะถูกเลือกก่อน

3. ปัญหากรณีศึกษา

ปัญหากรณีศึกษาเป็นการศึกษาถึงสายการผลิตสินค้าของโรงงานแห่งหนึ่งที่มีรายละเอียดของลำดับขั้นตอนงานย่อย เงื่อนไขการสั่งซื้อ การส่งมอบสินค้า รวมทั้งเงื่อนไขอื่นๆ ดังนี้

3.1 เวลาและลำดับก่อนหลังของงานย่อย

ปัญหากรณีศึกษาที่นำมาศึกษาเป็นสายการผลิตสินค้าอย่างหนึ่งที่มีงานย่อย (Task) จำนวน 21 งาน โดยแต่ละงานย่อยมีเวลาทำงานแสดงดังตารางที่ 1 ส่วนงานย่อยแต่ละงานจะมีลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 งานย่อยและเวลา (นาที) ของปัญหากรณีศึกษา

Task	Time	Task	Time	Task	Time
1	4	8	7	15	5
2	3	9	5	16	3
3	9	10	1	17	13
4	5	11	3	18	5
5	9	12	1	19	2
6	4	13	5	20	3
7	8	14	3	21	7

ตารางที่ 2 ลำดับก่อนหลัง (Precedence) ของปัญหากรณีศึกษา

Pred.	Task	Pred.	Task	Pred.	Task
1	2	7	8	12	15
1	3	7	14	13	17
2	21	8	9	13	18
3	4	9	10	14	19
4	5	9	11	15	16
4	21	9	12	15	18
5	6	9	13	16	17
5	7	10	15	17	20
6	8	11	15	18	19

หมายเหตุ Pred. คือ Predecessor หมายถึงงานย่อยที่อยู่ก่อนหน้า

3.2 เงื่อนไขการสั่งซื้อและการส่งมอบสินค้า

ลูกค้าได้สั่งซื้อสินค้าดังกล่าวจำนวน 12,450 ชิ้น และกำหนดให้ส่งมอบสินค้าไม่ต่ำกว่าเดือนละ 720 ชิ้น ตลอดช่วงระยะเวลาภายใน 22 เดือน

3.3 เงื่อนไขการทำงานของโรงงาน

โรงงานทำงานวันละ 8 ชั่วโมง เดือนละ 30 วัน

3.4 เงื่อนไขการทำงานฝ่ายการผลิต

กำหนดให้จำนวนการผลิตสินค้าจะต้องคงที่ทุกเดือนโดยที่ประสิทธิภาพของสายการผลิตจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90

3.5 รอบเวลาการผลิต

เนื่องจากเงื่อนไขการส่งมอบสินค้าระบุเป็นช่วงเวลา ทำให้รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) สามารถแปรเปลี่ยนตามแผนการผลิต และตามกำหนดการส่งมอบสินค้า ในตารางที่ 1 ระบุว่างานย่อยที่ 17 มีเวลาการทำงานที่มากที่สุดคือ 13 นาที ดังนั้น รอบเวลาการผลิตจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 13 นาที ขณะเดียวกันจำนวนสินค้าที่ผลิตได้จะต้องไม่ต่ำกว่า 720 ชิ้นต่อเดือน

สมการที่ใช้หาจำนวนและรอบเวลาการผลิต มีดังนี้

$$P = Q/T \tag{1}$$

$$c = (hmd) T/Q \tag{2}$$

โดยที่ P คือแผนการผลิตต่อเดือน Q คือจำนวนสินค้าทั้งหมด T คือจำนวนเดือนที่ผลิตสินค้า c คือรอบเวลาการผลิต h คือจำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน m คือจำนวนนาทีต่อชั่วโมง และ d คือจำนวนวันทำงานต่อเดือน ถ้านำทั้ง 2 สมการไปวิเคราะห์เพื่อหาเวลาการ

ผลิตในช่วงเดือนที่ 1 ถึง 22 จะได้ดังตารางที่ 3 ซึ่งรอบเวลาการผลิตที่ผ่านเงื่อนไขทั้งหมดคือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 13 นาทีต่อชิ้น จนถึง 20 นาทีต่อชิ้น โดยที่ช่วงรอบเวลาการผลิตอื่นที่ไม่ผ่านเงื่อนไขได้แก่ Reject₁ หมายถึงรอบเวลาการผลิตน้อยกว่า 13 นาทีต่อชิ้น และ Reject₂ หมายถึงแผนการผลิตมีจำนวนน้อยกว่า 720 ชิ้นต่อเดือน ดังนั้นรอบเวลาการผลิตที่จะนำมาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตคือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 13 ถึง 20 นาทีต่อชิ้น

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เพื่อหารอบเวลาการผลิต

จำนวนเดือนที่ผลิต	แผนการผลิต (ชิ้น/เดือน)	Cycle Time (นาที/ชิ้น)	หมายเหตุ
1	12,450	1	Reject ₁
2	6,225	2	Reject ₁
3	4,150	3	Reject ₁
4	3,113	5	Reject ₁
5	2,490	6	Reject ₁
6	2,075	7	Reject ₁
7	1,779	8	Reject ₁
8	1,556	9	Reject ₁
9	1,383	10	Reject ₁
10	1,245	12	Reject ₁
11	1,132	13	Accept
12	1,038	14	Accept
13	958	15	Accept
14	889	16	Accept
15	830	17	Accept
16	778	19	Accept
17	732	20	Accept
18	692	21	Reject ₂
19	655	22	Reject ₂
20	623	23	Reject ₂
21	593	24	Reject ₂
22	566	25	Reject ₂

3.6 จำนวนงานที่ตามหลังและค่า RPW ของงานย่อย

จากตารางที่ 1 และ 2 เมื่อนำมาวิเคราะห์หาจำนวนงานที่ตามหลัง (Follower) และค่า RPW ของงานย่อย จะได้ค่าดังตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 จำนวน Follower และค่า RPW ของงานย่อย

Task	Follower	RPW	Task	Follower	RPW
1	20	105	12	6	32
2	1	10	13	4	28
3	18	98	14	1	5
4	17	89	15	5	31
5	15	77	16	2	19
6	12	57	17	1	16
7	13	64	18	1	7
8	11	53	19	0	2
9	10	46	20	0	3
10	6	32	21	0	7
11	6	34			

4. การจัดสมดุลสายการผลิต

ในการจัดสมดุลสายการผลิตนี้ จะทำการจัดสมดุลใน 2 ลักษณะเพื่อทำการเปรียบเทียบกันคือ

4.1 จัดแบบปกติหรือจัดสมดุลในแบบให้ผลิตสินค้าได้เร็วที่สุด โดยที่กำหนดให้ค่ารอบเวลาการผลิตมีเพียงค่าเดียวคือเท่ากับ 13 นาทีต่อชิ้น

4.2 จัดสมดุลในแบบที่ไม่จำเป็นจะต้องผลิตสินค้าได้เร็วที่สุดแต่จะต้องอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนด หรือพิจารณาในรูปแบบที่ค่ารอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิตตามช่วงที่กำหนด ดังนั้นจากตารางที่ 3 รอบเวลาการผลิตที่เป็นไปได้ของกรณีศึกษานี้ จะมีหลายค่าคือช่วงเวลาตั้งแต่ 13 ถึง 20 นาทีต่อชิ้น

สำหรับวิธีการจัดสมดุลนั้นจะใช้วิธีวิวิธวิธีจำนวน 4 วิธี ได้แก่ Max.Time, Min.Time, RPW, และ Max. Follower ในการจัดสมดุลและวัดผลลัพธ์ใน 2 รูปแบบ คือ จำนวนสถานีงานและประสิทธิภาพของสายการผลิตที่รอบเวลาการผลิตนั้น โดยประสิทธิภาพของสมดุลสายการผลิตหาได้จากสมการที่ (3)

$$E = \sum t / nc \tag{3}$$

โดยที่

E คือ Efficiency หรือประสิทธิภาพของสายการผลิต

$\sum t$ คือ เวลาของงานย่อยทั้งหมดรวมกัน

n คือ จำนวนสถานีงาน

c คือ Cycle Time [8]

5. ผลการจัดสมดุสสายการผลิต

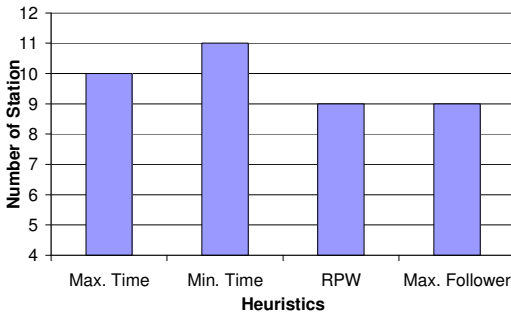
5.1 ผลการจัดสมดุสแบบปกติ

จากการจัดสมดุสแบบปกติที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเท่ากับ 13 นาทีต่อชิ้น จะได้ผลดังตารางที่ 5

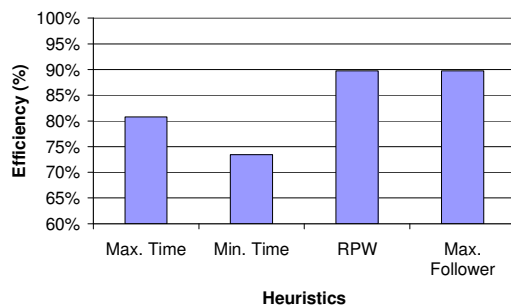
ตารางที่ 5 ผลการจัดสายการผลิตแบบปกติที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเท่ากับ 13 นาทีต่อชิ้น

วิธีฮิวริสติก	จำนวนสถานีงาน	Efficiency (%)
Max. Time	10	80.77%
Min. Time	11	73.43%
RPW	9	89.74%
Max. Follower	9	89.74%

จากตารางที่ 5 เมื่อนำผลมาเขียนเป็นกราฟจะได้ดังรูปที่ 1 และ 2 ดังนี้



รูปที่ 1 จำนวนสถานีงานที่ได้จากวิธีฮิวริสติกแบบต่าง ๆ



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพการผลิตจากวิธีฮิวริสติกแบบต่าง ๆ

จากการจัดสมดุสแบบปกติที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเท่ากับ 13 นาทีต่อชิ้น เมื่อพิจารณาค่าจำนวนสถานีงานที่น้อยสุดและค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตที่ให้ค่ามาก

สุด พบว่าวิธี RPW Max. และวิธี Follower จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ

5.2 ผลการจัดสมดุสกรณีทีรอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิตตามช่วงที่กำหนด

จากการจัดสมดุสโดยใช้ช่วงรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 13 ถึง 20 นาทีต่อชิ้น จะได้ผลดังตารางที่ 6 ถึง 9 และเมื่อนำผลมาเขียนเป็นกราฟจะได้ดังรูปที่ 3 และ 4 ดังนี้

ตารางที่ 6 ผลการจัดสายการผลิตด้วยวิธี Max. Time

Cycle Time (นาที/ชิ้น)	จำนวนสถานีงาน	Efficiency (%)
13	10	80.77%
14	9	83.33%
15	9	77.78%
16	7	93.75%
17	7	88.24%
18	6	97.22%
19	6	92.11%
20	6	87.50%

ตารางที่ 7 ผลการจัดสายการผลิตด้วยวิธี Min. Time

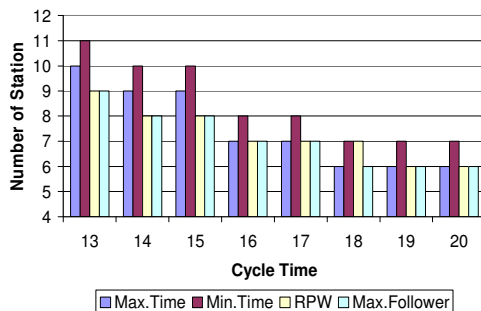
Cycle Time (นาที/ชิ้น)	จำนวนสถานีงาน	Efficiency (%)
13	11	73.43%
14	10	75.00%
15	10	70.00%
16	8	82.03%
17	8	77.21%
18	7	83.33%
19	7	78.95%
20	7	75.00%

ตารางที่ 8 ผลการจัดสายการผลิตด้วยวิธี RPW

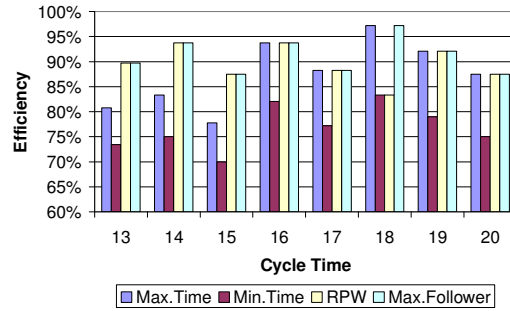
Cycle Time (นาที/ชิ้น)	จำนวน สถานีงาน	Efficiency (%)
13	9	89.74%
14	8	93.75%
15	8	87.50%
16	7	93.75%
17	7	88.24%
18	7	83.33%
19	6	92.11%
20	6	87.50%

ตารางที่ 9 ผลการจัดสายการผลิตด้วยวิธี Max. Follower

Cycle Time (นาที/ชิ้น)	จำนวน สถานีงาน	Efficiency (%)
13	9	89.74%
14	8	93.75%
15	8	87.50%
16	7	93.75%
17	7	88.24%
18	6	97.22%
19	6	92.11%
20	6	87.50%



รูปที่ 3 จำนวนสถานีงานที่รอบเวลาการผลิตต่าง ๆ



รูปที่ 4 ประสิทธิภาพการผลิตที่รอบเวลาการผลิตต่าง ๆ

6. การอภิปรายและสรุปผล

จากปัญหาของกรณีศึกษา เมื่อนำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของทุกวิธีในการจัดสมดุลทั้ง 2 แบบข้างต้นมาเปรียบเทียบกัน จะได้ผลดังตารางที่ 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบผลลัพธ์การจัดสมดุลที่ดีที่สุดของแต่ละวิธี

วิธีสต็อก	Cycle Time (นาที/ชิ้น)	จำนวน สถานี งาน	Efficiency (%)
(1) การจัดสมดุลแบบปกติ			
RPW	13	9	89.74%
Max.Follower	13	9	89.74%
(2) การจัดสมดุลแบบที่รอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิตที่กำหนด			
Max.Time	18	6	97.22%
Min.Time	18	7	83.33%
Max.Follower	18	6	97.22%
RPW ¹	14	8	93.75%
RPW ²	16	7	93.75%

หมายเหตุ

- (1) วิธี RPW มี 2 ทางเลือกที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากัน
- (2) สำหรับรายละเอียดผลการจัดสายการประกอบแสดงในภาคผนวก ก

จากตารางที่ 10 สรุปได้ว่า (1) กรณีแรกคือ การจัดสมดุลแบบปกติ คือที่ค่ารอบเวลาการผลิตเท่ากับ 13 นาที/ชิ้น วิธีที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดคือ วิธี RPW และวิธี Max.Follower คือให้ค่าจำนวนสถานีงานน้อยสุดคือ 9 สถานีงาน

และค่าประสิทธิภาพสายการผลิตเป็น 89.74% (ใกล้เคียง 90% สามารถยอมรับได้) และ (2) กรณีการจัดสมดุลแบบที่รอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิตที่กำหนดนั้น ที่รอบเวลาการผลิตเท่ากับ 18 นาที/ชิ้น วิธี Max.Time และวิธี Max. Follower จะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และที่รอบเวลาการผลิตอื่น ๆ ที่เป็นไปได้ ก็สามารถพิจารณาเลือกใช้วิธีวิธีใดก็ได้ให้คำตอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้เช่นกัน

ดังนั้น ในกรณีที่แผนการผลิตและเงื่อนไขการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ มีผลทำให้ต้องปรับรอบเวลาการผลิตอยู่บ่อยครั้ง ทำให้การจัดสมดุลสายการผลิตในกรณีนี้ จะต้องพิจารณารอบเวลาการผลิตที่สามารถเป็นไปได้ทั้งหมด จากนั้นก็พิจารณาเลือกใช้วิธีวิธีใดก็ได้ที่เหมาะสมที่ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด นั่นคือมีค่าจำนวนสถานีงานต่ำสุดและค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตสูงสุดที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ และนอกจากนี้ ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจให้กับผู้บริหารได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2550. การวางแผนและควบคุมการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- [2] กิตติชัย สองนาถ, คณิศร์ สุวรรณชัยทัศน์, เพชรรัตน์ กิจสวัสดิ์, ภาษิต ทินนาม, และนันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร. 2547. การประยุกต์ใช้วิศวกรรมวิธีการและการวัดงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในบริษัทผลิตรถยนต์ กรณีศึกษา สายการประกอบรถยนต์, การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ครั้งที่ 13, ณ โรงแรมดวง

ตะวัน เชียงใหม่ 20-22 ตุลาคม 2547 หน้า 685-692.

- [3] สราวุธ เอี่ยมตระกูล, ฉัตรชัย ไม้อุดม, นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร, และมนัสชนก จงประสิทธิ์พร. 2547. การจัดสมดุลสายการประกอบในโรงงานผลิตอุปกรณ์เครื่องครัว กรณีศึกษา สายการประกอบหม้อหุงข้าวไฟฟ้า, การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ครั้งที่ 13, ณ โรงแรมดวงตะวัน เชียงใหม่ 20-22 ตุลาคม 2547 หน้า 709-716.
- [4] Becker, C. and Scholl, A. 2006. "A Survey on Problems and Methods in Generalized Assembly Line Balancing". **European Journal of Operational Research**. 168 (3), 694-715.
- [5] Scholl, A. and C. Becker. 2006. "State-of-the-art Exact and Heuristic Solution Procedures for Simple Assembly Line Balancing". **European Journal of Operational Research**. 168 (3), 666-693.
- [6] Pyo, S.T. 2000. **Implementation and Line Balancing of Assembly Line Balancing of ABS Motor for Implement of Assembly Line Productivity**. Logistics Report. Industrial Engineering, Pusan National University. Korea.
- [7] พิภพ ลลิตาภรณ์. 2545. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- [8] Krajewski, L.J., and Ritzman, L.P. 1996. "**Operations Management: Strategy and Analysis**. 4th Edition. Addison-Wesley.

ภาคผนวก ก

สำหรับรายละเอียดตัวอย่างผลการจัดสมดุลงานสายการผลิต แสดงดังตารางที่ ก1 ดังนี้

ตารางที่ ก1 รายละเอียดผลการจัดสมดุลงานสายการผลิต

อีวิริสติกและ รอบเวลาการผลิต	รายละเอียด ผลการจัดสมดุลงานสายการผลิต [*]
RPW (c = 13 นาที/ชิ้น)	(1) 1, 3 (2) 4, 2 (3) 5, 6 (4) 7, 14 (5) 8, 9, 10 (6) 11, 12, 15, 16 (7) 13, 21 (8) 17 (9) 18, 20, 19
Max. Follower (c = 13 นาที/ชิ้น)	(1) 1, 3 (2) 4, 2 (3) 5, 6 (4) 7, 14 (5) 8, 9, 10 (6) 11, 12, 15, 16 (7) 13, 18, 19 (8) 17 (9) 21, 20
Max. Time (c = 18 นาที/ชิ้น)	(1) 1, 3, 4 (2) 5, 7 (3) 6, 8, 9, 10, 12 (4) 13, 2, 21, 14 (5) 11, 15, 18, 16, 19 (6) 17, 20
Min. Time (c = 18 นาที/ชิ้น)	(1) 1, 2, 3 (2) 4, 21 (3) 5, 6 (4) 7, 14, 8 (5) 9, 10, 12, 11, 13 (6) 15, 16, 18, 19 (7) 17, 20
Max. Follower (c = 18 นาที/ชิ้น)	(1) 1, 3, 4 (2) 5, 7 (3) 6, 8, 9, 10, 12 (4) 11, 15, 13, 16 (5) 2, 14, 18, 21 (6) 17, 19, 20
RPW ¹ (c = 14 นาที/ชิ้น)	(1) 1, 3 (2) 4, 5 (3) 7, 6 (4) 8, 9, 10, 12 (5) 11, 15, 13 (6) 16, 2, 21 (7) 17 (8) 18, 14, 20, 19
RPW ² (c = 16 นาที/ชิ้น)	(1) 1, 3, 2 (2) 4, 5 (3) 7, 6, 14 (4) 8, 9, 11, 10 (5) 12, 15, 13, 16 (6) 17, 20 (7) 21, 18, 19

หมายเหตุ

ความหมายของตัวเลขในวงเล็บคือ ลำดับของสถานีงาน, และตัวเลขนอกวงเล็บคือ ชื่อของงานย่อย เช่น (1) 1, 3, 4 หมายถึงให้จัดงานย่อยที่ 1, 3, และ 4 อยู่ในสถานีงานที่ 1 เป็นต้น