ขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ
สำหรับการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลและกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล

ปฐวี พิพัฒนสมพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2560

ASSEMBLY LINE BALANCING ALGORITHMS FOR PRODUCING DIGITAL RICE COOKERS AND DIGITAL HOT POTS

Patawee Phiphatsomporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology
Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology
Academic Year 2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบสำหรับการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลและกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล
โดย	ปฐวี พิพัฒนสมพร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร. บุญฑริกา เกษมสันติธรรม)

.....กรรมการ

(ดร. กันติชา กิตติพีรชล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์)

ปฐวี พิพัฒนสมพร : ขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบสำหรับการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลและกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล. อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์, 42 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบดั้งเดิมแบบต่างๆ มาประยุกต์ใช้ โดยมีทั้งขั้นตอนวิธีที่ใช้เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบดั้งเดิม และขั้นตอนวิธีที่ใช้เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนหลัง นอกเหนือจากนี้ งานวิจัยนี้มีการปรับปรุงพัฒนาขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบใหม่ขึ้นมา โดยหาทั้งผลเฉลยจากการจัดองค์ประกอบงานที่ใช้เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบดั้งเดิมและผลเฉลยจากการจัดองค์ประกอบงานที่ใช้เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนหลัง แล้วจึงนำเอาผลเฉลยที่ดีที่สุดระหว่างทั้งสองผลเฉลยมาใช้ เพื่อปรับปรุงอัตราประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบในการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัล จำนวน 2 สาย และกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล จำนวน 1 สาย ของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถปรับปรุงอัตราประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัลสายแรกจากเดิม 66.6% เป็น 82.3% ประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัลสายสองจากเดิม 73.8% เป็น 82.0% และประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบกระติกน้ำร้อนจากเดิม 74.3% เป็น 82.1% นอกเหนือจากนี้ งานวิจัยนี้ยังได้สร้างแบบจำลองปัญหาสายการประกอบการในการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลอีก 2 สาย และแบบจำลองปัญหาสายการประกอบในการผลิตกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัลอีก 1 สาย โดยสร้างข้อมูลขึ้นจากการเพิ่มเวลารอบของสายการประกอบเดิมเป็น 2 เท่า เพื่อระบุขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

บัณฑิตวิทยาลัย ลายมือชื่อนักศึกษา .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2560

PATAWEE PHIPHATSOMPORN : ASSEMBLY LINE BALANCING ALGORITHMS FOR PRODUCING DIGITAL RICE COOKERS AND DIGITAL HOT POTS. ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. PISUT PONGCHAIRERKS, 42 PP.

To solve each generated assembly-line-balancing problem, this research applies various existing assembly-line-balancing algorithms; some of them use original precedence constraints and the others use reversed precedence constraints. Moreover, this research also develops new assembly-line-balancing algorithms, each of which use the best solution between the solution generated by using the problem's original precedence constraints and the solution generated by using the problem's reversed precedence constraints as its final solution. These algorithms are used for improving the assembly-line-balance efficiencies of three assembly lines of producing 2 digital rice cooker models and 1 digital hot pot model of a case-study factory. The best results from this research can improve the balance efficiency of each assembly line as follows: The first digital rice cooker line's balance efficiency is increased from 66.6% to 82.3%, the second line's balance efficiency is increased from 73.8% to 82.0%, and the hot pot line's balance efficiency is increased from 74.3% to 82.1%. Moreover, for comparing the algorithm performances, this research also generates 2 artificial models of digital rice cookers and 1 artificial model of digital hot pot whose their data is generated by increasing the cycle times of the above 3 models twice.

Graduate School Student's Signature.....

Field of Engineering of Technology Advisor's Signature.....

Academic Year 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์ ผู้ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนกำกับดูแลและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอน เพื่อให้งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ที่สุด

ขอขอบคุณ ดร. บุญฑริกา เกษมสันติธรรม, ดร. กันติชา กิตติพีรชล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ สำหรับการให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและวิทยานิพนธ์

ขอแสดงความขอบคุณ คุณเปมิกา สุวรรณมณี วิศวกรแผนก IPC, คุณวุฒิชัย เหลืองเอกทิน ผู้ช่วยผู้จัดการอาวุโส, คุณศักดา ดวงตา วิศวกรแผนก SHA, คุณธวัชชัย ภู่ดี หัวหน้าคุมไลน์ และคุณพรเทพ ศิลปวัฒนากิติ ผู้จัดการแผนก SHA สำหรับการเอื้อเฟื้อข้อมูล และคอยอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

ความดีอันเกิดจากการทำงานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ บิดา มารดา คุณครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ผู้เขียนมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดียิ่งจากทุกท่านที่ได้กล่าวนามมา และกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ปฐวี พิพัฒนสมพร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษาและวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ปัญหาสมดุลสายการประกอบ 6
2.2 ทฤษฎีวิธีการทำสมดุลสายการประกอบแบบ Heuristic 8
2.3 การประยุกต์ใช้จริงของวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ 10
2.4 บทความและงานวิจัยอื่นๆ 12

3 วิธีการดำเนินงาน 14
3.1 กรณีปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย 14
3.2 ขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ 27

4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 31
4.1 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา RC-10NMF-36 31
4.2 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา RC-10NMF-72 32
4.3 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา RC-18NMF-36 32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	4.4 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา RC-18NMF-72	33
	4.5 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35	34
	4.6 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา PLK-45SF-84.70	35
5	สรุปผลการวิจัย	36
	5.1 สรุปผลการวิจัย	36
	5.2 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม		38
ประวัติย่อผู้วิจัย		42

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน 5

2.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการจัดสมดุล 11

2.2 สรุปของบทความและงานวิจัยอื่นๆ 12

3.1 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา RC-10NMF-36 16

3.2 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา RC-18NMF-36 21

3.3 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35 25

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1.1	ยอดการผลิตหม้อหุงข้าวตั้งแต่เดือน เมษายน 2558 – มกราคม 2559	2
1.2	ยอดการผลิตกระติกน้ำร้อนตั้งแต่เดือน เมษายน 2558 – มกราคม 2559	2
3.1	แผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา RC-10NMF-36	15
3.2	แผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา RC-18NMF-36	20
3.3	แผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35	24

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

บทที่ 1
บทนำ

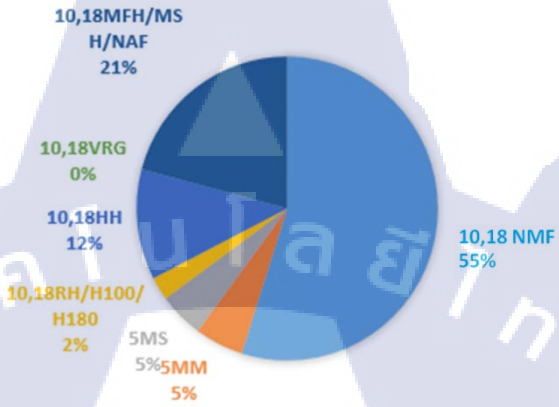
รายงานประกอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รวบรวมข้อมูลด้านการปรับปรุงและการจัดสมดุลของสายการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัล และสายการผลิตกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล กรณีศึกษาบริษัท ไทยโตชิบาอุตสาหกรรม จำกัด เพื่อหาขั้นตอนวิธีที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดแก่สายการประกอบในการผลิต ซึ่งขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีทั้งที่นำมาจากบทความวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่แล้ว และขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่งานวิจัยนี้พัฒนาต่อยอดขึ้นมาจากขั้นตอนวิธีเดิม สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของสถานประกอบการ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิจัย และแผนการดำเนินงาน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

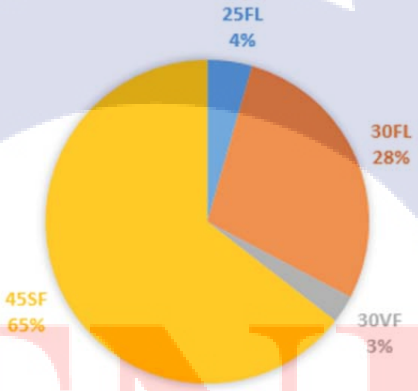
สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมใดๆ สมดุลของสายการประกอบถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญองค์ประกอบหนึ่งในความสำเร็จของธุรกิจ เนื่องจากความสำเร็จของเป้าหมายของผลิตผล รวมไปถึงอัตราผลิตภาพนั้น ได้รับอิทธิพลสำคัญมาจากสายการประกอบที่สมดุล ดังนั้น ในหลายๆ อุตสาหกรรม นักวิจัยจึงพยายามหาวิธีการ หรือเทคนิคที่จะทำให้สายการประกอบมีประสิทธิภาพความสมดุลที่สูงที่สุด งานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำข้อมูลของสายการผลิตจากบริษัท ไทยโตชิบาอุตสาหกรรม จำกัด เป็นกรณีศึกษา

บริษัท ไทยโตชิบาอุตสาหกรรม จำกัด ตั้งอยู่ที่ 129/1-5 ถนนติวานนท์ ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัด นนทบุรี 11000 เป็นบริษัทผู้ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ได้แก่ พัดลมตู้เย็น โทรศัพท์ มอเตอร์ ปั๊มน้ำ หม้อหุงข้าว กระติกน้ำร้อน เตาอบไมโครเวฟ และกระทะไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับในการจัดสมดุลสายการผลิตนั้น ในการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการจัดสมดุลในสายการประกอบหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลและกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลของการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัล จำนวน 2 รุ่นเป็นกรณีศึกษา คือ รุ่น RC-10NMF (หรือ ย่อว่า รุ่น 10 NMF) และ RC-18NMF (หรือ ย่อว่า รุ่น 18 NMF) ซึ่งเป็นหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลที่ผลิตเพื่อส่งออกไปขายในต่างประเทศ และสำหรับข้อมูลสายการผลิตกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัลนั้น งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลของการผลิตกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล จำนวน 1 รุ่น คือ PLK-45SF (หรือ ย่อว่า รุ่น 45SF) เนื่องจากสายการผลิตเหล่านี้ยังมีการกระจายงานและมีปัญหาความสมดุลของสายการประกอบ โดยก่อนปรับปรุงนั้น ประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัลรุ่น RC-10NMF คือ 66.6%, ประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัลรุ่น RC-18NMF คือ 73.8% และประสิทธิภาพความ

สมดุลของสายการประกอบกระติกน้ำร้อนดิจิทัลรุ่น PLK-45SF คือ 74.3% โดยที่รุ่นของหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลและกระติกน้ำร้อนเหล่านี้ยังมีความต้องการที่สั่งผลิตที่ค่อนข้างสูงอีกด้วย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 ยอดการผลิตหม้อหุงข้าวตั้งแต่เดือน เมษายน 2558 – มกราคม 2559



รูปที่ 1.2 ยอดการผลิตกระติกน้ำร้อนตั้งแต่เดือน เมษายน 2558 – มกราคม 2559

ยอดการผลิตหม้อหุงข้าวดิจิทัลทั้งหมดของโรงงาน ตั้งแต่เดือน เมษายน 2558 ถึง มกราคม 2559 แสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งในโรงงานมีการผลิตหม้อหุงข้าวดิจิทัลทั้งหมด 7 รุ่น โดยแสดงในกราฟเป็นเปอร์เซ็นต์การผลิตของทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่าโรงงานแห่งนี้มีการผลิตหม้อหุงข้าวดิจิทัลโดยเปอร์เซ็นต์การผลิตส่วนใหญ่จะอยู่ที่รุ่น RC-10NMF (10 NMF) และRC-18NMF (18 NMF) โดยคิดเป็น 55% จากทั้งหมด ถัดมาอันดับสองได้แก่ รุ่น 10,18 MFH คิดเป็น 21% ถัดมาอันดับสามได้แก่ รุ่น 10,18 HH คิดเป็น 12% ถัดมาอันดับสี่ได้แก่ รุ่น 10,18 Ms คิดเป็น 5% ถัดมาอันดับห้ารุ่น

10,18 MM คิดเป็น 5% ถัดมาอันดับหกรุ่น 10,18 RH คิดเป็น 2% และสุดท้าย รุ่น 10,18 VRF คิดเป็น 0% ซึ่งหมายถึงไม่มีการผลิตรุ่น VRF ตลอดเดือนเมษายนถึงมกราคม 2559

ยอดการผลิตกระติกน้ำร้อนทั้งหมดของโรงงาน ตั้งแต่เดือน เมษายน 2558 ถึง มกราคม 2559 แสดงในรูปที่ 1.2 ซึ่งในโรงงานมีการผลิตกระติกน้ำร้อนทั้งหมด 4 รุ่น โดยแสดงในกราฟ เป็นเปอร์เซ็นต์การผลิตของทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่าโรงงานแห่งนี้มีผลิตกระติกน้ำร้อน โดยเปอร์เซ็นต์การผลิตส่วนใหญ่อยู่ที่รุ่น PLK-45SF (45SF) โดยคิดเป็น 65% จากทั้งหมด ถัดมาอันดับสอง รุ่น 30FL คิดเป็น 28% ถัดมาอันดับสาม รุ่น 25FL คิดเป็น 4% และสุดท้ายรุ่น 30VF คิดเป็น 3%

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อการนำขั้นตอนวิธีการปรับสมดุลสายการประกอบต่างๆ ที่มีอยู่เดิม และขั้นตอนวิธีต่างๆ ที่งานวิจัยนี้พัฒนาต่อยอดขึ้น มาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการประกอบในการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัล และกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัลของบริษัท ไทยโตชิบาอุตสาหกรรม จำกัด จากนั้นจึงทำการเลือกขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสายการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัล และกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัลของบริษัทที่ถูกใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้

1.3 ขอบเขตของการศึกษาและวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ทำการศึกษาสายการประกอบในการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัล จำนวน 2 สาย ได้แก่สายการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลรุ่น RC-10NMF (10 NMF) และรุ่น RC-18NMF (18 NMF) และสายการประกอบในการผลิตกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล จำนวน 1 สาย ได้แก่ สายการผลิตกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัลรุ่น PLK-45SF (45 SF) ของบริษัท ไทยโตชิบาอุตสาหกรรม จำกัด โดยงานวิจัยนี้จะนำขั้นตอนวิธีการปรับสมดุลสายการประกอบต่างๆ ที่มีอยู่เดิม และขั้นตอนวิธีต่างๆ ที่งานวิจัยนี้พัฒนาต่อยอดขึ้น เพื่อมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการประกอบเหล่านี้ นอกเหนือจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้สร้างแบบจำลองปัญหาสายการประกอบการในการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัลอีก 2 สาย และแบบจำลองปัญหาสายการประกอบในการผลิตกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัลอีก 1 สาย โดยสร้างข้อมูลขึ้นจากการเพิ่มเวลารอบของสายการประกอบเดิมเป็น 2 เท่า เพื่อระบุขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- การได้ค้นพบขั้นตอนวิธีจัดสมดุลสายการประกอบที่เหมาะสมสำหรับสายการผลิตในโรงงานกรณีศึกษา โดยนำอัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ (Assembly-Line-Balance Efficiency Ratio) มาใช้เป็นตัวชี้วัด

- การได้ศึกษาประสิทธิภาพความสมดุลของสายการผลิตปัจจุบัน เรียนรู้ขั้นตอนการประกอบของสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา และแสดงแนวคิดในการเพิ่มความสมดุลของการผลิต โดยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีที่มีอยู่ และขั้นตอนวิธีที่พัฒนาต่อยอดขึ้นในงานวิจัย

- การเพิ่มประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบในโรงงานกรณีศึกษา อันนำมาสู่ การแบ่งภาระงาน การลดเวลาการผลิต การเพิ่มอัตราผลิตภาพ และการลดต้นทุนการผลิต

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ตารางที่ 1.1 แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน

แผนการดำเนินการ	ปี 2557												ปี 2558												ปี 2559	
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.ศึกษาข้อมูลสายการผลิต หม้อและกระติกน้ำร้อน																										
2. นำเวลามาเขียนตาราง และ precedence																										
3.ทำการคำนวณหาค่า Rp Twc Tc และ Ts																										
4.ใช้หลักการและทฤษฎีการจัดสมดุล																										
5.ทำการคำนวณประสิทธิภาพของไลน์																										
6. ทำการจัดสมดุลด้วย Forward & backward																										
7. ทำการสมดุลด้วยวิธีใหม่																										
8. ทำการสรุปผล																										
9. ทำpaper																										
10. ทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																										

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 2
หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงและการจัดสมดุลของสายการประกอบในการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัล และกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ใช้หลักการพื้นฐานที่ได้รับจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ปัญหาสมดุลสายการประกอบ

2.1.1 ความหมายของปัญหาสมดุลสายการประกอบ

ปัญหาสมดุลสายการประกอบ คือ การกำหนดองค์ประกอบงานเข้าสู่สถานีงานตามลำดับ โดยอาศัยความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลังระหว่างองค์ประกอบงาน ที่เรียกว่า เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลัง (Precedence Constraints) สำหรับประสิทธิภาพของสายการประกอบสามารถวัดได้จากหลายๆ ตัวชี้วัด เช่น อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ ความล่าช้า และจำนวนสถานีงาน ฯลฯ [1]

ดังที่กล่าวมาข้างต้น ปัญหาสมดุลสายการประกอบมีเป้าหมายต่างๆ เช่น จำนวนของสถานีงานที่น้อยที่สุด เวลารอบการทำงานที่น้อยที่สุดของของสายการผลิต ภาระงานที่ให้แต่ละสถานีงานมีความใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลังขององค์ประกอบงาน ที่เรียกว่าเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลัง (Precedence Constraints) โดยวัตถุประสงค์ของการผลิตโดยใช้สายการประกอบ หรือ สายการผลิต คือ เพื่อประกอบชิ้นส่วนจำนวนมากในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน ดังนั้น เมื่อเราทำให้สายการประกอบสมดุล จะทำให้ระบบการไหลของสายการผลิตมีประสิทธิภาพ [2]

2.1.2 เทคนิคในการหาผลเฉลยของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ

เทคนิคการหาผลเฉลย หรือ คำตอบ (Solution) ของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทอย่างกว้างๆ ดังนี้ คือ

1. Exact Algorithm คือ ขั้นตอนวิธีการที่จะได้ผลเฉลยที่เหมาะที่สุด (Optimal Solution) อย่างแน่นอนเป็นผลลัพธ์สุดท้าย อย่างไรก็ดี สำหรับในบางปัญหาที่มีขนาดใหญ่นั้น การแก้ปัญหาด้วย Exact Algorithm จะใช้เวลานานมาก นับเป็นข้อเสียสำคัญของขั้นตอนวิธีประเภทนี้ [3] ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิต เช่น

• งานวิจัยของ I. Baybars [4] ในหัวข้อ A Survey of Exact Algorithms for the Simple Assembly Line Balancing Problem ใน ค.ศ. 1986

• งานวิจัยของ J. E. Aronson and G. Klein [5] ในหัวข้อ An Exact Algorithm for Variations of The Assembly Line Balancing Problem ใน ค.ศ. 1988

2. Heuristic Algorithm ถูกใช้งานโดยวิศวกรและนักวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา ที่มีข้อดีคือ สามารถให้ผลเฉลย หรือ คำตอบเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาได้ในเวลาที่รวดเร็ว ข้อเสียคือ ไม่รับประกันว่าผลเฉลย หรือ คำตอบที่ได้รับจะเป็นผลเฉลยที่เหมาะที่สุด [6], [7] ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิต เช่น

• งานวิจัย T. R. Teja and S. K. Chaitanya [8] ในหัวข้อ Optimize The Heuristic Line Balancing Using Nn Technique ใน ค.ศ. 2013

• งานวิจัยของ R. M. A. Hamza and J. Y. Al-Manaa [9] ในหัวข้อSelection of Balancing Method for Manual Assembly Line of Two Stages Gearboxใน ค.ศ. 2013

3. Meta-Heuristic คือ ขั้นตอนวิธีทั่วไปที่เป็นกรอบ (Framework) ที่สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันด้วยการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะกับปัญหาที่เฉพาะเจาะจง [10] ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิต เช่น

• งานวิจัยของ S. M. McGovern and S. M. Gupta [11] ในหัวข้อ Metaheuristic Technique For The Disassembly Line Balancing Problem

• งานวิจัยของ C. H. Wei [12] ในหัวข้อ A Meta-Heuristic Web-Based Optimization Tool For Assembly Line Balancing Problems

2.1.3 สูตรที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์สมดุลสายการประกอบ

งานวิจัยนี้ ใช้สูตรการคำนวณเพื่อคำนวณและวิเคราะห์ผลการจัดสมดุลสายการประกอบทั้งหมด จาก M. P. Groover [13] ดังแสดงในสมการที่ (1), (2) และ (3) ดังต่อไปนี้

$$w^* = \text{Minimum Integer} \geq \frac{T_{wc}}{T_c} \quad (1)$$

ซึ่ง w^* = จำนวนของสถานีงานที่น้อยที่สุดตามทฤษฎี เมื่อ T_{wc} คือ เวลาเนื้องานรวม หรือ เวลาในการทำงานรวม (Work Content Time) และ T_c คือเวลารอบการทำงาน (Cycle Time)

$$T_s = \text{Max}\{T_{si}\} \leq T_c - T_r \quad (2)$$

ซึ่ง T_s = เวลาการให้บริการสูงสุด ซึ่งจะเท่ากับ $Max\{T_{si}\}$ = เวลาสูงสุดของเวลาให้บริการจากทุกๆ สถานีงาน, T_{si} = เวลาการให้บริการของสถานีงานที่ i, T_c = เวลารอบการทำงานของสายการผลิต และ T_r = เวลาการกลับสู่ที่เดิม (Repositioning Time) ซึ่งคือเวลาที่เสียไปในการกลับที่เดิมของคนงาน หรือชิ้นงาน หรือทั้งสองอย่าง [13]

ประสิทธิภาพของสายการประกอบมีตัววัดที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ประสิทธิภาพความสมดุล (Balance Efficiency) ซึ่งคือเวลาเนื้องานรวมหารด้วยเวลาให้บริการรวมในสายการผลิต ซึ่งหาได้จากสูตรในสมการ (3) ซึ่งอ้างอิงมาจาก M. P. Groover [13]

$$E_b = \frac{T_{wc}}{wT_s} \quad (3)$$

เมื่อ E_b = ประสิทธิภาพความสมดุล, T_s เวลาการให้บริการสูงสุดในสายการผลิต ($Max\{T_{si}\}$) และ w = จำนวนสถานีงาน

ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบ และวิธีการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบสามารถสืบค้นเพิ่มเติมได้จากบทความของ [13] และ [14] เป็นต้น

2.2 ทฤษฎีวิธีการทำสมดุลสายการประกอบแบบ Heuristic

2.2.1 Largest Candidate Rule (LCR)

ขั้นตอนวิธี Largest Candidate Rule (LCR) เป็นวิธีการจัดองค์ประกอบงานเข้าสู่สถานีงาน ตามลำดับของเวลาองค์ประกอบงานจากมากไปน้อย [9, 13, 15, 16, 17, 18, 19] โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดองค์ประกอบงานให้สถานีงานแรกโดยเริ่มต้นที่องค์ประกอบงานที่มีเวลาองค์ประกอบงานสูงสุด ที่สอดคล้องตามเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังและไม่ทำให้ผลรวมของ T_{ek} ที่สถานีงานนั้นๆ เกินกว่าค่า $T_c - T_r$ ที่คำนวณไว้ เมื่อองค์ประกอบงานหนึ่งถูกเลือกสำหรับการจัดงานให้สถานีงานแล้ว ห้ามเลือกองค์ประกอบงานนั้นซ้ำอีก

2. เมื่อไม่มีองค์ประกอบงานใดเลยที่สามารถจัดให้สถานีงานนั้นๆ โดยไม่เกินค่า $T_c - T_r$ ดังนั้นให้เริ่มจัดองค์ประกอบงานให้กับสถานีงานถัดไป

3. กลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 1 และ ขั้นตอนที่ 2 สำหรับสถานีงานอื่นๆ จนกว่าจะจัดองค์ประกอบงานทั้งหมดจนครบ

4. คำนวณอัตราประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบ E_b

2.2.2 Ranked Positional Weight (RPW)

ขั้นตอนวิธี Ranked Positional Weight (RPW) เป็นวิธีการจัดองค์ประกอบงานเข้าสู่สถานีงานตามลำดับของเวลารวมของเวลาองค์ประกอบงานหนึ่งๆ กับเวลาองค์ประกอบงานขององค์ประกอบงานอื่นๆ ทั้งหมดที่ตามหลังมาตามเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลัง เวลารวมดังกล่าวถูกเรียกว่าค่า RPW [13, 14, 17, 18, 20, 21]

วิธี Reversed Ranked Positional Weight (RRPW) เป็นวิธีการ RPW ซึ่งใช้ Reversed Precedence Constraints แทนการใช้ Original Precedence Constraints สำหรับ Reversed Precedence Constraints นั้นสามารถสร้างได้โดยการสลับทิศของหัวลูกศรทั้งหมดในแผนภาพลำดับงาน (Precedence Diagram) ของปัญหาดั้งเดิม หลังจากนั้นจึงจัดเรียงองค์ประกอบงานตามวิธี RPW เมื่อจัดเรียงองค์ประกอบงานทั้งหมดลงในสถานีงานทั้งหมดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผลเฉลยที่ได้จะยังใช้กับปัญหาดั้งเดิมไม่ได้ จะต้องถูกปรับแก้ก่อนดังนี้คือ องค์ประกอบงานใดที่ถูกจัดเรียงลงในสถานีงานแรกจะต้องถูกระบุใหม่ให้ไปจัดลงสถานีงานสุดท้าย องค์ประกอบงานใดที่ถูกจัดเรียงลงในสถานีงานที่ 2 จะต้องถูกระบุใหม่ไปจัดลงในสถานีงานที่รองสุดท้าย และทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงสถานีงานสุดท้าย ยิ่งไปกว่านั้น องค์ประกอบงานต่างๆ ที่ถูกจัดเรียงลงในสถานีงานเดียวกันจะต้องถูกเรียงใหม่ด้วย โดยองค์ประกอบงานที่ถูกจัดเรียงก่อนจะต้องกลายเป็นถูกจัดเรียงทีหลัง วิธี RRPW ถูกพบในงานวิจัยต่างๆ เช่น W. P. Helgeson and D. P. Birnie [20] หมายเหตุ: วิทยานิพนธ์เล่มนี้เรียก RRPW ว่า R-RPW

ขั้นตอนวิธี RPW [13, 14, 17, 18, 20, 21] มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คำนวณหาค่า RPW สำหรับองค์ประกอบงานแต่ละองค์ประกอบงาน โดยการนำค่า T_{ek} ขององค์ประกอบงานนั้นๆ มาบวกกับค่า T_{ek} ขององค์ประกอบงานที่ต่อหลังมาทั้งหมดตามสายลูกศรในแผนภาพลำดับงาน (Precedence Diagram)

2. จัดองค์ประกอบงานให้กับสถานีงานแรกโดยเริ่มต้นที่องค์ประกอบงานที่มีค่า RPW สูงสุด ที่สอดคล้องตามเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังและไม่ทำให้ผลรวมของ T_{ek} ที่สถานีงานนั้นๆ เกินกว่าค่า $T_c - T_r$ ที่คำนวณไว้ เมื่อองค์ประกอบงานหนึ่งถูกเลือกสำหรับการจัดงานให้สถานีงานแล้ว ห้ามเลือกองค์ประกอบงานนั้นซ้ำอีก

3. เมื่อไม่มีองค์ประกอบงานใดเลยที่สามารถจัดให้สถานีงานนั้นๆ โดยไม่เกินค่า $T_c - T_r$ ดังนั้นให้เริ่มจัดองค์ประกอบงานให้กับสถานีงานถัดไป

4. กลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 1 และ ขั้นตอนที่ 2 สำหรับสถานีงานอื่นๆ จนกว่าจะจัดองค์ประกอบงานทั้งหมดจนครบ

5. คำนวณประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบ E_b

2.2.3 Most Following Tasks (MFT)

ในวิธีการ Most Following Task คือ การใช้เกณฑ์จำนวนงานย่อยที่ตามมาทั้งหมดมากที่สุด กรณีถ้ามีจำนวนงานย่อยเท่ากันจะเลือกงานที่ใช้เวลามากกว่าก่อน Longest T_{ek} (หมายเหตุ: ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะไม่ใช้คำว่า Task ในชื่อของ Most Following Task หรือ MFT แต่จะใช้คำว่า Work Element หรือ องค์ประกอบงาน จึงกลายเป็น Most Following Work Element Method หรือ MFWE) ซึ่งมีขั้นตอนต่อไปนี้ [22, 23]

1. จัดองค์ประกอบงานให้กับสถานีงานแรก โดยให้ความสำคัญกับองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบที่ตามมาทั้งหมดมากที่สุดก่อน (กรณีที่มีหลายองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมามากที่สุดเท่ากัน จำเป็นต้องพึ่งวิธีการอื่นเป็น Secondary Criterion เพื่อตัดสิน เช่น เลือกองค์ประกอบงานที่มีเวลาองค์ประกอบงานมากที่สุดก่อน ยกตัวอย่างบทความของ [22] และ [23] ซึ่งต้องที่ไม่ขัดต่อเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังและไม่ทำให้ผลรวมของ T_{ek} ที่สถานีงานนั้นๆ เกินกว่าค่า $T_c - T_r$ ที่คำนวณไว้ เมื่อองค์ประกอบงานหนึ่งถูกเลือกการจัดงานให้สถานีงานแล้ว ห้ามเลือกองค์ประกอบงานนั้นซ้ำอีก

2. เมื่อไม่มีองค์ประกอบงานใดเลยที่สามารถจัดให้สถานีงานนั้นๆ โดยไม่เกินค่า $T_c - T_r$ ดังนั้นให้เริ่มจัดองค์ประกอบงานให้กับสถานีงานถัดไป

3. กลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 1 และ ขั้นตอนที่ 2 สำหรับสถานีงานอื่นๆ จนกว่าจะจัดองค์ประกอบงานทั้งหมดจนครบ

4. คำนวณประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบ E_b

2.3 การประยุกต์ใช้จริงของวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ

การจัดสมดุลสายการผลิตโดยการนำทฤษฎีเข้ามาประยุกต์ใช้จริงกับสายการประกอบ นั้นมีการนำทฤษฎีหลายทฤษฎีเข้ามาช่วยพัฒนาและทำการปรับปรุงสายการผลิต ซึ่งล้วนส่งผลให้ มีการพัฒนาประสิทธิภาพความสมดุลของสายการผลิต ดังแสดงในตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการจัดสมดุล

ลำดับที่	ปี พ.ศ.	ผู้แต่ง	ชื่อบทความ	บทสรุป
1	2556	T. R. Teja and S. K. Chaitanya [8]	Optimize The Heuristic Line Balancing Using Nn Technique	แก้ปัญหาของการจัดสมดุลและมีการต่อยอดพัฒนาโปรแกรม โดยใช้ขั้นตอนวิธี LCR และ Neural Network Tool in Mat Lab อย่างไรก็ดี ยังพบข้อจำกัดว่าเหมาะสมกับเฉพาะปัญหาขนาดเล็กและกลาง
2	2556	R. M. A. Hamza and J. Y. Al-Manaa [9]	Selection of Balancing Method for Manual Assembly Line of Two Stages Gearbox Gearbox	ปรับปรุงสายการประกอบแบบใช้คน โดยใช้ขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลแบบต่างๆ ได้แก่ LCR, KWM และ RPW ซึ่งมีการพิจารณา RPW ว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในกรณีปัญหาที่ศึกษา
3	2545	B. Rekiek et al. [14]	Assembly Line Design A Survey	ปัญหาการออกแบบสายการผลิตโดยเน้นที่การจัดสมดุลด้วย Heuristics แบบต่างๆ เช่น RPW, RRPW และ KWM
4	2557	V. V. Pachghare and R. S. Dalu [15]	Assembly Line Balancing Method : A Case Study	เป็นการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีต่างๆ เช่น RPW, LCR, KWM เป็นต้น ในการเพิ่มประสิทธิภาพความสมดุลของกรณีปัญหา
5	2557	V. P. Jaganathan [16]	Line Balancing Using Largest Candidate Rule Algorithm in a Garment Industry : A Case Study	กรณีปัญหาเป็นโรงงานเสื้อผ้าแฟชั่น โดยมีการนำขั้นตอนวิธี LCR มาใช้ในการปรับปรุงสายการผลิต และทำให้สามารถลดพนักงานจาก 16 เหลือ 8 และเพิ่มประสิทธิภาพความสมดุลจาก 59.5% เป็น 85.5%

2.4 บทความและงานวิจัยอื่นๆ

ตารางที่ 2.2 สรุปของบทความและงานวิจัยอื่นๆ

ลำดับที่	ปี พ.ศ.	ผู้แต่ง	ชื่อบทความ	บทสรุป
1	2555	ณัฐพล ภู่สว่าง [24]	การปรับปรุงผลิตภาพโดยเทคนิคจัดสมดุลสายการผลิตกระเทียมเจียวของห้างหุ้นส่วนจำกัด คาธาราการ์ลิค แอนด์ โพรเซสฟูดส์ จังหวัดลาพูน	ปรับปรุงกระบวนการผลิตกระเทียมเจียว โดยการจัดสมดุลสายการผลิต ซึ่งทำให้กระบวนการมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม และมีประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบเพิ่มขึ้น
2	2555	สันทัด เมฆอรียะ [25]	แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตในโรงงานข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องของ บริษัท ทรอปิคคอลพรีเมียร์ฟูดส์ จำกัด	งานวิจัยได้แสดงวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพความสมดุลของกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องขนาด 15 ออนซ์ จาก 84.63% เป็น 89.54% และกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องขนาด 18 ออนซ์ จาก 85.34% เป็น 86.62%
3	2555	ธัชพงศ์ ดิษเลิศยะ [26]	การปรับปรุงสายการผลิตในกระบวนการผลิตเต้าเจี้ยวบรรจุขวด ขนาด 12 ออนซ์ ของบริษัท อาหารสากล จำกัด (มหาชน) โดยวิธีการจัด	แสดงการจัดสมดุลสายการผลิตเต้าเจี้ยว โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพความสมดุลสายการผลิตจากเดิมร้อยละ 47.78 เป็นร้อยละ 60.67 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.89

ตารางที่ 2.2 สรุปของบทความและงานวิจัยอื่นๆ (ต่อ)

ลำดับที่	ปี พ.ศ.	ผู้แต่ง	ชื่อบทความ	บทสรุป
4	2555	วิทยา ชัยสุข [27]	การออกแบบผังสายการผลิตโคมไฟข้างกระจกรถยนต์สาหรับโมเดลใหม่ บริษัท ไทยโคะอิโท	จัดงานเข้าสถานีงานด้วยวิธีฮิวริสติกส์ 3 วิธี ได้แก่ วิธี Kilbride และ Wester, วิธี Helgeson-Birnie และการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STORM เพื่อเลือกรูปแบบการจัดงานเข้าสถานีงาน โดยสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพความสมดุล จาก 73.20% เป็น 87.83%
5	2553	นุชสรา เกรียงกรกฎ และคณะ [28]	การปรับปรุงสมดุลสายการผลิตในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป	แก้ไขปัญหาสมดุลสายการผลิตโดยขั้นตอนวิธี 4 วิธี ได้แก่ KWM, RPW, Maximum Task Time และ Total Maximum Number of Task Time ซึ่งทำให้ค่าประสิทธิภาพความสมดุลดีขึ้นจากเดิม 55.48% เป็น 67.37%
6	2557	ภาณุภัณฑ์ ภาระเวช และคณะ [29]	การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานประกอบโดยวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป	แก้ไขปัญหาสมดุลสายการผลิตโดยขั้นตอนวิธี 3 วิธี ได้แก่ Maximum Task Time, KWM, และ RPW ซึ่งทำให้ค่าประสิทธิภาพความสมดุลดีขึ้นจากเดิม 65.39 เปอร์เซ็นต์ เป็น 95.58 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

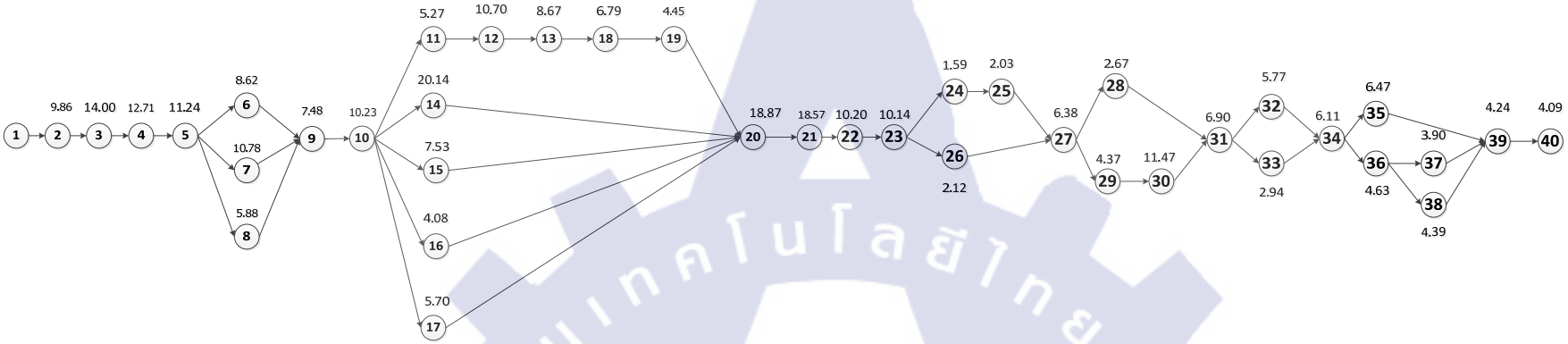
บทที่ 3 จะแสดงกรณีปัญหาสมดุลสายการประกอบที่ใช้ในงานวิจัยในหัวข้อที่ 3.1 และแสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาสมดุลสายการประกอบแบบต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ในหัวข้อที่ 3.2

3.1 กรณีปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย

กรณีปัญหา RC-10NMF-36 นำข้อมูลมาจากสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัล รุ่น RC-10NMF โดยใช้เวลารอบการทำงาน (Cycle Time) เท่ากับ 36 วินาที, กรณีปัญหา RC-10NMF-72 นำข้อมูลมาจากสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัล รุ่น RC-10NMF โดยใช้เวลารอบการทำงาน (Cycle Time) เท่ากับ 72 วินาที, กรณีปัญหา RC-18NMF-36 นำข้อมูลมาจากสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัล รุ่น RC-18NMF โดยใช้เวลารอบการทำงานเท่ากับ 36 วินาที, กรณีปัญหา RC-18NMF-72 นำข้อมูลมาจากสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัล รุ่น RC-18NMF โดยใช้เวลารอบการทำงานเท่ากับ 72 วินาที, กรณีปัญหา PLK-45SF-42.35 นำข้อมูลมาจากสายการประกอบกระติกน้ำร้อนดิจิทัล รุ่น PLK-45SF โดยใช้เวลารอบการทำงานเท่ากับ 42.35 วินาที และกรณีปัญหา PLK-45SF-84.70 นำข้อมูลมาจากสายการประกอบกระติกน้ำร้อนดิจิทัล รุ่น PLK-45SF โดยใช้เวลารอบการทำงานเท่ากับ 84.70 วินาที ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังที่แสดงในหัวข้อที่ 3.1.1 ถึง 3.1.6

3.1.1 กรณีปัญหา RC-10NMF-36

ข้อมูลของเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังและเวลาองค์ประกอบงานในกรณีปัญหานี้ได้จากการศึกษาขั้นตอนการทำงาน และการศึกษาเวลาของสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัล รุ่น RC-10NMF โดยมีรายละเอียดดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 และตารางที่ 3.1 โดยรูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา RC-10NMF-36 และตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลของเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังและเวลาองค์ประกอบงาน



รูปที่ 3.1 แผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา RC-10NMF-36

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ข้อมูลจากแผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา RC-10NMF-36 ในรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ เริ่มโดยทำองค์ประกอบงานที่ 1, 2, 3, 4, 5 ตามลำดับ จากนั้นจะเลือกทำองค์ประกอบงานที่ 6, 7, 8 ลำดับใดก่อนก็ได้ เมื่อทำองค์ประกอบงาน 6, 7 และ 8 เสร็จ จากนั้นจึงทำองค์ประกอบงานที่ 9 และ 10 ตามลำดับ เมื่อทำองค์ประกอบงานที่ 10 เสร็จแล้ว จะต้องทำชุดขององค์ประกอบงาน 11-12-13-18-19 (ทำองค์ประกอบงานที่ 11, 12, 13, 18 และ 19 ตามลำดับ), องค์ประกอบงานที่ 14, องค์ประกอบงานที่ 15, องค์ประกอบงานที่ 16 และ องค์ประกอบงานที่ 17 โดยจะเลือกทำลำดับใดก่อนหลังก็ได้ เมื่อทำองค์ประกอบงานที่ 19, 14, 15, 16, 17 เสร็จสิ้นทั้งหมดแล้ว จึงสามารถเริ่มทำองค์ประกอบงานที่ 20, 21, 22, 23 ตามลำดับ จากนั้นทำชุดขององค์ประกอบงาน 24-25 (ทำองค์ประกอบงานที่ 24 แล้วจึงทำองค์ประกอบงานที่ 25) และองค์ประกอบงานที่ 26 โดยจะเลือกทำลำดับใดก่อนหลังก็ได้

เมื่อทำองค์ประกอบงานที่ 25 และ 26 เสร็จแล้ว จึงทำองค์ประกอบงานที่ 27 ถัดมา แล้วจึงทำองค์ประกอบงานที่ 28 และชุดขององค์ประกอบงาน 29-30 (ทำองค์ประกอบงานที่ 29 แล้วจึงทำองค์ประกอบงานที่ 30) โดยจะเลือกทำลำดับใดก่อนหลังก็ได้ ต่อจากนั้นจึงทำองค์ประกอบงานที่ 31 และทำองค์ประกอบงานที่ 32 และ 33 โดยจะเลือกทำองค์ประกอบงานที่ 32 หรือ 33 ก่อนก็ได้ จากนั้นจึงเริ่มทำองค์ประกอบงาน 34 แล้วทำองค์ประกอบงาน 35 และองค์ประกอบงานที่ 36 โดยจะเลือกทำองค์ประกอบงานที่ 35 หรือ 36 ก่อนก็ได้ อย่างไรก็ดี ภายหลังการทำองค์ประกอบงานที่ 36 จะต้องตามด้วยองค์ประกอบงาน 37 และ 38 โดยจะเลือกทำองค์ประกอบงานที่ 37 หรือ 38 ก่อนก็ได้ เมื่อทำองค์ประกอบงาน 35, 37, 38 เสร็จสิ้นทั้งหมดแล้ว จึงทำองค์ประกอบงานที่ 39 และ 40 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา RC-10NMF-36

No.	Work Element	T_{ek}	Preceded by
1	หยิบ Jig และนำบอดี้ประกอบเข้ากับ Inner Frame	4.87	
2	ใส่สาย + ยิงสกรู	9.86	1
3	หยิบ UNIT CASE นำมาประกอบ + ใส่สายไฟ	14.00	2
4	จับชิ้นงานนำ SHIELD PLATE มาใส่ + ยิงสกรู	12.71	3
5	ประกอบสายไฟ	11.24	4
6	จัดสายไฟนำมาต่อ Unit Case + เช็คสาย	8.62	5
7	ยิงสกรูยึดสายกับ SHIELD PLATE	10.78	5
8	หยิบ BOTTOM PLATE และยิงสายดิน	5.88	5

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา RC-10NMF-36 (ต่อ)

No.	Work Element	T_{ek}	Preceded by
9	ประกอบBOTTOM PLATE	7.48	6,7,8
10	ยิงสกรูยึดBOTTOM PLATE พลิกงานวางบน Jig	10.23	9
11	วาง OUTER LID บน BODY	5.27	10
12	ต่อสายไฟเข้ากับLID HEATER + ใส่ Hinge Spring และ Hinge Shaft	9.95	11
13	ยิงสกรูเกี่ยว Hinge Spring เข้า Outer Lid	8.67	12
14	แปะสติ๊กเกอร์ด้านข้าง 2 ชิ้น	20.14	10
15	แปะสติ๊กเกอร์ด้านหลัง 2 ชิ้น	7.53	10
16	ประกอบ CLAMP BOTTON SET	4.08	10
17	ใส่สายไฟด้านหลังหม้อและต่อสายเข้ากับ Jig	5.70	10
18	ประกอบ OUTER LID + ใส่ยาง	6.79	13
19	ประกอบ STEAM CASE SET	4.45	18
20	Machine Test	18.87	14,15,16,17,19
21	เสียบสายเครื่องตั้งเวลาเข้าหม้อ + ใส่ HANDLE	18.57	20
22	ลอกพลาสติก เป่าลมใส่แผ่นปิดของชุด CONTROL	10.20	21
23	เสียบสายไฟ วัดค่า Power Consumption Test	10.14	22
24	ใส่กระดาษ	1.59	23
25	ใส่หม้อ	2.03	24
26	ประกอบ INNER LID	2.12	23
27	ปิดฝาติดสติ๊กเกอร์	6.38	25,26
28	หยิบหม้อตรวจ INNER LID	2.67	27
29	หยิบ PAN + กระดาษออก เป่าลม	4.37	27
30	ตรวจหม้อ	11.45	29
31	หยิบ PAN + ทัพพี ใส่หม้อ	6.90	28,30
32	ติดสติ๊กเกอร์ด้านหลัง 2 ชิ้น	5.77	31
33	วางใบรับประกัน	2.94	31
34	หยิบกล่องใส่กันกระแทก + หยิบหม้อใส่กล่อง	6.11	32,33
35	ติดบาร์โค้ด	6.47	34

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา RC-10NMF-36 (ต่อ)

No.	Work Element	T_{ek}	Preceded by
36	ใส่แผ่น PE	4.63	34
37	ใส่คู่มือ	3.90	36
38	ใส่เอกสารลงกล่อง	4.39	36
39	ใส่ตัวกันกระแทกด้านบน	4.24	35,37,38
40	ปิดฝากล่อง	4.09	39
	รวม	306.08	

โดยกำหนดให้ T_c = 36 วินาที ซึ่งโรงงานเป็นผู้กำหนด และ T_r = 1.67 วินาที ซึ่งได้จากการสังเกตการณ์จริง สำหรับเวลาการกลับสู่ที่เดิม T_r ซึ่งมีค่าน้อยนั้น เนื่องจากตัวชิ้นงานอยู่บนสายการประกอบ และคนงานยืนประกอบตรงสายพาน ส่งผลให้เวลาที่มือคนงานเอื้อมไปหยิบชิ้นงานมาทำงานบวกกับเวลาที่วางชิ้นงานคืนกลับมาที่สายพานมีค่าน้อย เพราะฉะนั้น T_c - T_r = 36 – 1.67 = 34.33 วินาที หมายความว่าเวลาการให้บริการในแต่ละสถานีงาน i หรือ T_{si} ห้ามเกิน 34.33 วินาที

3.1.2 กรณีปัญหา RC-10NMF-72

ข้อมูลของกรณีปัญหา RC-10NMF-72 เหมือนกับของ RC-10NMF-36 ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และตารางที่ 3.1 ทุกประการ อย่างไรก็ดี เวลารอบการทำงานจะเพิ่มขึ้นจากที่ใช้ใน RC-10NMF-36 เป็นสองเท่า นั่นคือ T_c = 72 วินาที และ T_r = 1.67 วินาที เพราะฉะนั้น T_c - T_r = 72 – 1.67 = 70.33 วินาที หมายความว่าเวลาให้บริการในทุกๆ สถานีงาน i หรือ T_{si} ห้ามเกิน 70.33 วินาที

3.1.3 กรณีปัญหา RC-18NMF-36

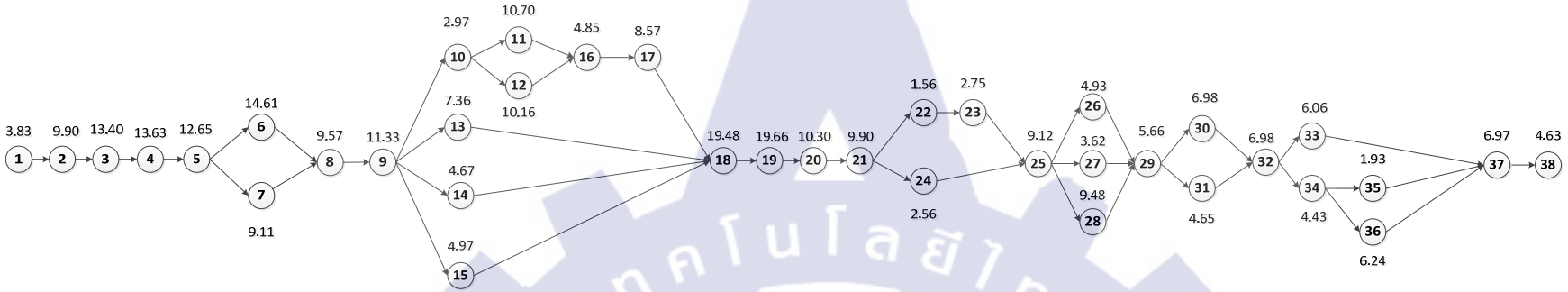
ข้อมูลของเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังและเวลาองค์ประกอบงานในกรณีปัญหา RC-18NMF-36 ได้จากการศึกษาขั้นตอนการทำงาน และการศึกษาเวลาในสายการประกอบหม้อหุงข้าวดิจิทัล รุ่น RC-18NMF โดยมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.2 และตารางที่ 3.2

แผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา RC-18NMF-36 ในรูปที่ 3.2 สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ เริ่มโดยทำองค์ประกอบงานที่ 1, 2, 3, 4, 5 ตามลำดับ จากนั้นทำองค์ประกอบงานที่ 6 และองค์ประกอบงานที่ 7 โดยจะเลือกทำองค์ประกอบงานที่ 6 หรือ 7 ก่อนหลังก็ได้ จากนั้นจึงทำองค์ประกอบงานที่ 8 และ 9 ตามลำดับ แล้วจึงทำชุดองค์ประกอบงาน 10-11-12-16-17 (ทำ 10

ก่อนทำ 11 กับ 12 โดยเลือกทำ 11 หรือ 12 ก่อนหลังก็ได้ เมื่อทำ 11 กับ 12 เสร็จแล้ว ให้ทำ 16 และ 17 ตามลำดับ), องค์ประกอบงานที่ 13, องค์ประกอบงานที่ 14 และ องค์ประกอบงานที่ 15 โดยทำลำดับใดก่อนหลังก็ได้

เมื่อทำองค์ประกอบงานที่ 17, 13, 14 และ 15 เสร็จสิ้นทั้งหมดแล้ว ให้องค์ประกอบงานที่ 18, 19, 20, 21 ตามลำดับ จากนั้นจึงทำชุดองค์ประกอบงาน 22-23 (ทำองค์ประกอบงานที่ 22 ต่อด้วย 23) และองค์ประกอบงานที่ 24 โดยจะทำลับดับใดก่อนหลังก็ได้ เมื่อทำองค์ประกอบงานที่ 23 และ 24 เสร็จสิ้นทั้งหมดแล้ว จึงทำองค์ประกอบงานที่ 25 แล้วจึงทำองค์ประกอบงานที่ 26, 27, 28 โดยเลือกทำองค์ประกอบงานใดก่อนหลังก็ได้ จากนั้นจึงทำองค์ประกอบงานที่ 29 แล้วจึงทำองค์ประกอบงานที่ 30 และ 31 โดยจะเลือกทำองค์ประกอบงานที่ 30 หรือ 31 ก่อนหลังก็ได้ จากนั้นจึงทำองค์ประกอบงานที่ 32

เมื่อทำองค์ประกอบงานที่ 32 เสร็จแล้ว จึงทำองค์ประกอบงาน 33 และชุดองค์ประกอบงาน 34-35-36 (ทำ 34 ก่อน แล้วทำ 35 กับ 36 โดยจะทำ 35 หรือ 36 ก่อนก็ได้) โดยเลือกทำองค์ประกอบงานใดก่อนก็ได้ หากเลือก 34 ต้องตามด้วยองค์ประกอบงาน 35 และ 36 เมื่อทำองค์ประกอบงาน 33, 35, 36 เสร็จทั้งหมดแล้ว จึงทำองค์ประกอบงานที่ 37 และ 38 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 แผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา RC-18NMF-36

สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา RC-18NMF-36

No.	Work Element	T_{ek}	Preceded by
1	หยิบ Jig และนำบอดี้ประกอบเข้ากับ Inner Frame	3.83	
2	ใส่สาย + ยิงสกรู	9.90	1
3	หยิบ UNIT CASE นำมาประกอบ+ใส่สายไฟ	13.40	2
4	จับชิ้นงานนำ SHIELD PLATE มาใส่ + ยิงสกรู	13.63	3
5	ประกอบสายไฟ	12.65	4
6	จัดสายไฟนำมาต่อ Unit Case + เช็คสาย	14.61	5
7	ยิงสกรูยึดสายกับ SHIELD PLATE	9.11	5
8	หยิบ BOTTOM PLATE	9.57	6,7
9	ประกอบ BOTTOM PLATE พลิกงานวางบน Jig	11.33	8
10	วาง OUTER LID บน BODY	2.97	9
11	ต่อสายไฟเข้ากับ LID HEATER + ใส่ Hinge Spring และ Hinge Shaft	10.70	10
12	ยิงสกรูเกี่ยว Hinge Spring เข้า Outer Lid	10.16	11
13	แปะสติ๊กเกอร์ด้านหลัง 2 ชิ้น	7.36	9
14	ประกอบ CLAMP BOTTON SET	4.67	9
15	ใส่สายไฟด้านหลังหม้อและต่อสายเข้ากับ Jig	4.97	9
16	ประกอบ OUTER LID + ใส่ยาง	4.85	12
17	ประกอบ STEAM CASE SET	8.57	16
18	Machine Test	19.48	13,14,15,17
19	เสียบสายเครื่องตั้งเวลาเข้าหม้อ + ใส่ HANDLE	19.66	18
20	ลอกพลาสติก เป่าลมใส่แผ่นปิดของชุด CONTROL	10.30	19
21	เสียบสายไฟ วัดค่า Power Consumption Test	9.90	20
22	ใส่กระดาษ	1.56	21
23	ใส่หม้อ	2.75	22
24	ประกอบ INNER LID	2.56	21
25	ปิดฝาติดสติ๊กเกอร์	9.12	23,24
26	หยิบหม้อตรวจ INNER LID	4.93	25
27	หยิบ PAN + กระดาษออก เป่าลม	3.62	25

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา RC-18NMF-36 (ต่อ)

No.	Work Element	T_{ek}	Preceded by
28	ตรวจหม้อ	9.48	27
29	หยิบ PAN + ทัพพี ใส่หม้อ	5.66	26,27,28
30	ติดสติ๊กเกอร์ด้านหลัง 2 ชิ้น	6.98	29
31	วางใบรับประกัน	4.65	29
32	หยิบกล่องใส่กันกระแทก + หยิบหม้อใส่กล่อง	6.98	30,31
33	ติดบาร์โค้ด	6.06	32
34	ใส่แผ่น PE	4.43	32
35	ใส่คู่มือ	1.93	34
36	ใส่เอกสารลงกล่อง	6.24	34
37	ใส่ตัวกันกระแทกด้านบน	6.97	35,35,36
38	ปิดฝากล่อง	4.63	37
	รวม	300.17	

โดยกำหนดให้ T_c = 36 วินาที ซึ่งโรงงานเป็นผู้กำหนด และ T_r = 1.67 วินาที ซึ่งได้จากการสังเกตการณ์จริง สำหรับเวลาการกลับสู่ที่เดิม T_r ซึ่งมีค่าน้อยนั้น เนื่องจากตัวชิ้นงานอยู่บนสายการประกอบ และคนงานยืนประกอบตรงสายพาน ส่งผลให้เวลาที่มือคนงานเอื้อมไปหยิบชิ้นงานมาทำงานบวกกับเวลาที่วางชิ้นงานคืนกลับมาที่สายพานมีค่าน้อย เพราะฉะนั้น T_c - T_r = 36 - 1.67 = 34.33 วินาที หมายความว่าเวลาให้บริการในทุกๆ สถานีงาน i หรือ T_{si} ห้ามเกิน 34.33 วินาที

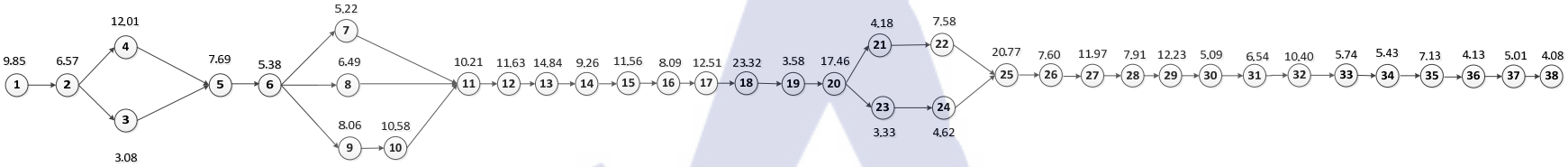
3.1.4 กรณีปัญหา RC-18NMF-72

ข้อมูลของกรณีปัญหา RC-18NMF-72 เหมือนกับของ RC-18NMF-36 ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และตารางที่ 3.2 อย่างไรก็ดี เวลารอบการทำงานจะเพิ่มขึ้นจากที่ใช้ใน RC-10NMF-36 เป็นสองเท่า นั่นคือ T_c = 72 วินาที และ T_r = 1.67 วินาที เพราะฉะนั้น T_c - T_r = 72 - 1.67 = 70.33 วินาที หมายความว่าเวลาให้บริการในทุกๆ สถานีงาน i หรือ T_{si} ห้ามเกิน 70.33 วินาที

3.1.5 กรณีปัญหา PLK-45SF-42.35

ข้อมูลของเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังและเวลาองค์ประกอบงานในกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35 ที่ได้จากการศึกษาขั้นตอนการทำงาน และการศึกษาเวลาของสายการประกอบกระติกน้ำร้อน รุ่น PLK-45SF ซึ่งมีรายละเอียดดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แสดงแผนภาพลำดับงานขององค์ประกอบงานต่างๆ ในกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ เริ่มต้นด้วยการทำองค์ประกอบงานที่ 1 และองค์ประกอบงานที่ 2 ตามลำดับให้เสร็จ จากนั้นทำองค์ประกอบงานที่ 3 กับ 4 โดยทำลำดับใดก่อนก็ได้ แล้วตามด้วยการทำองค์ประกอบงานที่ 5 และ6 ตามลำดับจนเสร็จ จากนั้นทำองค์ประกอบงานที่ 7, องค์ประกอบงานที่ 8 และชุดองค์ประกอบงาน 9-10 (ทำ 9 แล้วตามด้วย 10) โดยจะทำลำดับใดก่อนหลังก็ได้ เมื่อทำองค์ประกอบงานที่ 7, 8 และ 10 เสร็จสิ้นทั้งหมดแล้ว ให้ทำองค์ประกอบงานที่ 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 และ 20 ตามลำดับ จากนั้นทำชุดองค์ประกอบงานที่ 21-22 (ทำ 21 แล้วต่อด้วย 22) และชุดองค์ประกอบงานที่ 23-24 (ทำ 23 แล้วต่อด้วย 24) โดยจะทำชุดใดก่อนก็ได้ จากนั้นทำองค์ประกอบงานที่ 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 และ 38 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 แผนภาพลำดับงานของกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35

No.	Work Element	T_{ek}	Preceded by
1	ตรวจ Tank Assy นำ Tank มาประกอบยาง Tank pk วางบน Jig	9.85	
2	สวม Power Lid ที่ tank Assy	6.57	1
3	ทา Silicone T-16 ลงที่ Tank	3.08	2
4	เสียบสาย Warm Lead Set บน Power Lid	12.01	2
5	ประกอบชุด Base Plate Assy บนก้น Tank Assy	7.69	4
6	กดยางบน Base Plate และนำสายจาก Base Plate ต่อ Until Assy	5.38	5
7	ต่อสายขั้ว Heater 3 สายกับ Base Plate Assy	5.22	6
8	ต่อสาย TEMP. Fuse Set ที่ Base Plate และเสียบสายที่ Until Assy	6.49	6
9	ใส่ Fool Metal 2 ตัวที่ Base Plate	8.06	6
10	ยิงสกรู M4 * 8 จำนวน 3 ตัว บน Base Plate	10.58	9
11	นำ Boiling Sensor ยิงสกรู 1 ตัว เสียบสายเข้า Until Assy	10.21	7,8,10
12	พันปลายสาย Warm Lead Set คล้อง Terminal	11.63	11
13	ใส่ SPRING WASHER M3 และ NUT M3	14.84	12
14	ใช้เครื่องบล็อค NUT M3 ทำให้ Nut แน่น	9.26	13
15	ตรวจเช็ค Until Assy ประกอบ ประกอบ Until Case	11.56	14
16	นำ Water Level Pipe Set ต่อกับท่อ Power Pump	8.09	15
17	ยิงสกรู M4 * 10 ยึด ที่ Until Case 1 ตัว และ Water Level Pipe 1 ตัว	12.51	16
18	นำ Body Assy สวมทับ Tank เพื่อประกอบกับ Lower Lid	23.32	17
19	ใส่ Slip Pipe 2 ชิ้น	3.58	18
20	เสียบสายไฟก้นกระติก	17.46	19
21	นำแผ่น Bottom Sheet BA วาง Body Assy	4.18	20
22	ยิงสกรู M4 * 14 2 ตัว ยึด Bottom Sheet กับ Body	7.58	21

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลองค์ประกอบงานของกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35 (ต่อ)

No.	Work Element	T_{ek}	Preceded by
23	ทา Silicone ลงในร่องของ Body Assy	3.33	20
24	ใส่ยาง Rotary base	4.62	23
25	Test Leak	20.77	22,24
26	ทดสอบของเครื่องทดสอบไฟรั่ว รอผลและถอดสายออก	7.60	25
27	ทดสอบการกินกระแส กดปุ่มบน Panel ดึงสายทดสอบออก	11.97	26
28	แปะสติ๊กเกอร์ด้านข้างกระติก	7.91	27
29	หยิบกระติกมาตรวจและประกอบ Upper Lid	12.23	28
30	เช็ดทำความสะอาดกระติก	5.09	29
31	แปะ Barcode ด้านข้างกระติก	6.54	30
32	Manual, Connecting, Caution, ใบศูนย์บริการ, ปลั๊กวางข้างกระติก	10.40	31
33	หยิบกล่อง และหยิบตัวกันกระแทกออก 2 ชิ้น	5.74	32
34	หยิบกระติกวางในกล่อง	5.43	33
35	ใส่แผ่น PE และตัวกันกระแทก 2 ชิ้น	7.13	34
36	วาง Manual, Connecting, Caution, ใบศูนย์บริการ, ปลั๊กบน PE	4.13	35
37	ปิดฝากล่อง	5.01	36
38	ติด Barcode บนกล่อง	4.08	37
	รวม	331.13	

โดยกำหนดให้ T_c = 42.35 วินาที ซึ่งโรงงานเป็นผู้กำหนด และ T_r = 1.66 วินาที ซึ่งได้จากการสังเกตการณ์จริง สำหรับเวลาการกลับสู่ที่เดิม T_r ซึ่งมีค่าน้อยนั้น เนื่องจากตัวชิ้นงานอยู่บนสายการประกอบ และคนงานยืนประกอบตรงสายพาน ส่งผลให้เวลาที่มือคนงานเอื้อมไปหยิบชิ้นงานมาทำงานบวกกับเวลาที่วางชิ้นงานคืนกลับมาที่สายพานมีค่าน้อย เพราะฉะนั้น $T_c - T_r$ = 42.35 - 1.66 = 40.69 วินาที หมายความว่าเวลาการให้บริการในแต่ละสถานีงาน i หรือ T_{si} ห้ามเกิน 40.69 วินาที

3.1.6 กรณีปัญหา PLK-458F-84.70

ข้อมูลของกรณีปัญหา PLK-458F-84.70 จะเหมือนกับข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.3 ของ PLK-45SF-42.35 ทุกประการ อย่างไรก็ดี เวลารอบการทำงานจะเพิ่มขึ้นจากที่ใช้ในกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35 เป็นสองเท่า นั่นคือ T_c = 84.70 วินาที และ T_r = 1.66 วินาที เพราะฉะนั้น $T_c - T_r$ = 84.70 - 1.66 = 83.04 วินาที หมายความว่าเวลาให้บริการในทุกๆ สถานีงาน i หรือ T_{si} ห้ามเกิน 83.04 วินาที

3.2 ขั้นตอนวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้

3.2.1 ขั้นตอนวิธี LCR, R-LCR และ D-LCR

สำหรับขั้นตอนวิธี Largest Candidate Rule (LCR) นั้นมีขั้นตอนดังที่เคยแสดงไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.2.1 ในบทที่ 2 และสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน R. M. A. Hamza and J. Y. Al-Manaa [9], Verma et al. [17], Jaggi et al. [18], A. Malik and U. Khod [19], M. P. Groover [13]

ขั้นตอนวิธี Reversed Largest Candidate Rule (R-LCR) คือขั้นตอนวิธี LCR ที่ใช้เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนกลับ (Reversed Precedence Constraints) ซึ่งเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนกลับสามารถหาได้โดยการใช้แผนภาพลำดับงาน (Precedence Diagram) ที่ลูกศรทั้งหมดถูกกลับทิศทางของหัวลูกศรจากของแผนภาพลำดับงานเดิม หลังจากนั้นทำตามขั้นตอนของขั้นตอนวิธี LCR เมื่อได้ผลเฉลยออกมาแล้ว ให้ทำการแปลงผลเฉลยที่ได้มาดังนี้คือ องค์ประกอบงานทั้งหมดที่ถูกจัดลงสถานีงานแรกจะกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานสุดท้าย องค์ประกอบงานทั้งหมดที่ถูกจัดลงสถานีงานที่ 2 จะกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานรองสุดท้าย และทำการแปลงเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบทุกสถานีงาน ยิ่งไปกว่านั้น สำหรับองค์ประกอบงานในสถานีงานเดียวกัน องค์ประกอบงานใดถูกจัดลงสถานีงานก่อนต้องกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานทีหลัง ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [30]

สำหรับขั้นตอนวิธี Double Largest Candidate Rule (D-LCR) นั้น คือขั้นตอนวิธีที่นำผลเฉลยที่ดีที่สุดระหว่างผลเฉลยของขั้นตอนวิธี LCR กับผลเฉลยของขั้นตอนวิธี R-LCR มาใช้ ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [30]

3.2.2 ขั้นตอนวิธี RPW, R-RPW และ D-RPW

สำหรับขั้นตอนวิธี Ranked Positional Weight (RPW) นั้นมีขั้นตอนดังที่เคยแสดงไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.2.2 ในบทที่ 2 และสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน M. P. Groover [13], W. P. Helgeson and D. P. Birnie [20], Verma et al. [17], Jaggi et al. [18], และ Manoria et al. [21]

ขั้นตอนวิธี Reversed Ranked Positional Weight (R-RPW) [20] คือขั้นตอนวิธี RPW ที่ใช้เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนกลับ (Reversed Precedence Constraints) ซึ่งเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนกลับสามารถหาได้โดยการใช้แผนภาพลำดับงาน (Precedence Diagram) ที่ลูกศรทั้งหมดถูกกลับทิศทางของหัวลูกศรจากของแผนภาพลำดับงานเดิม หลังจากนั้นทำตามขั้นตอนของขั้นตอนวิธี RPW โดยค่า RPW ขององค์ประกอบงานใดๆ จะถูกคำนวณ โดยการบวก T_{ek} ขององค์ประกอบงานนั้นกับเวลารวมขององค์ประกอบงานทั้งหมดที่ต่อจากองค์ประกอบงานนั้นตามสายลูกศรในแผนภาพลำดับงานแบบย้อนกลับ เมื่อได้ผลเฉลยออกมาแล้ว ให้ทำการแปลงผลเฉลยที่ได้มาดังนี้คือ องค์ประกอบงานทั้งหมดที่ถูกจัดลงสถานีงานแรกจะกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานสุดท้าย องค์ประกอบงานทั้งหมดที่ถูกจัดลงสถานีงานที่ 2 จะกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานรองสุดท้าย และทำการแปลงเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบทุกสถานีงาน ยิ่งไปกว่านั้น สำหรับองค์ประกอบงานในสถานีงานเดียวกัน องค์ประกอบงานใดถูกจัดลงสถานีงานก่อนต้องกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานทีหลัง ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก W. P. Helgeson and D. P. Birnie [20]

สำหรับขั้นตอนวิธี Double Ranked Positional Weight (D-RPW) นั้น คือขั้นตอนวิธีที่เป็นการนำผลเฉลยที่ดีที่สุดระหว่างผลเฉลยของขั้นตอนวิธี RPW กับผลเฉลยของขั้นตอนวิธี R-RPW มาใช้ ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [30]

3.2.3 ขั้นตอนวิธี MFWEL, R-MFWEL และ D-MFWEL

สำหรับขั้นตอนวิธี Most Following Work Element Method Using Longest Work Element Time Rule as Secondary Criterion (MFWEL) นั้นมีขั้นตอนดังที่เคยแสดงไว้แล้วในขั้นตอนวิธี MFWE ในหัวข้อที่ 2.2.3 ในบทที่ 2 โดยระบุเพิ่มเติมว่าจะใช้ Longest T_{ek} Rule เป็น Secondary Criterion นั่นหมายความว่า ขั้นตอนวิธี MFWEL ให้ความสำคัญกับองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมาทั้งหมดมากที่สุดก่อน สำหรับกรณีถ้ามีหลายๆ องค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมาเป็นจำนวนมากที่สุดเท่ากัน ขั้นตอนวิธี MFWEL จะให้ความสำคัญกับองค์ประกอบงานที่มีเวลาองค์ประกอบงานที่มากที่สุดก่อนสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน J. K. Shim and J. G. Siegel [22] และ S. Bhattacharya [23]

ขั้นตอนวิธี Reversed Most Following Work Element Method Using Longest Work Element Time Rule as Secondary Criterion (R-MFWEL) คือขั้นตอนวิธี MFWEL ที่ใช้เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนกลับ (Reversed Precedence Constraints) ซึ่งเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนกลับสามารถหาได้โดยการทำให้แผนภาพลำดับงาน (Precedence Diagram) มีลูกศรทั้งหมดที่ถูกกลับทิศทางของหัวลูกศรจากของแผนภาพลำดับงานเดิม หลังจากนั้นทำตามขั้นตอนของขั้นตอนวิธี MFWEL คือ ใช้เกณฑ์จัดองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมาทั้งหมดมากที่สุดก่อน สำหรับกรณีถ้ามีหลายๆ องค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมาเป็นจำนวนมากที่สุดเท่ากัน ให้ทำการเลือกองค์ประกอบงานจากองค์ประกอบงานเหล่านั้นที่มีเวลาองค์ประกอบงานที่มากที่สุดก่อน เมื่อได้ผลเฉลยออกมาแล้ว ให้ทำการแปลงผลเฉลยที่ได้มาดังนี้คือ องค์ประกอบงานทั้งหมดที่ถูกจัดลงสถานีงานแรกจะกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานสุดท้าย องค์ประกอบงานทั้งหมดที่ถูกจัดลงสถานีงานที่ 2 จะกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานรองสุดท้าย และทำการแปลงเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบทุกสถานีงาน ยิ่งไปกว่านั้น สำหรับองค์ประกอบงานในสถานีงานเดียวกัน องค์ประกอบงานใดถูกจัดลงสถานีงานก่อนต้องกลายเป็นถูกจัดลงสถานีงานทีหลัง ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [30]

สำหรับขั้นตอนวิธี Double Most Following Work Element Method Using Longest Work Element Time Rule as Secondary Criterion (D-MFWEL) นั้น คือขั้นตอนวิธีที่เป็นการนำผลเฉลยที่ดีที่สุดระหว่างผลเฉลยของขั้นตอนวิธี MFWEL กับผลเฉลยของขั้นตอนวิธี R-MFWEL มาใช้ ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [30]

3.2.4 ขั้นตอนวิธี MFWES, R-MFWES และ D-MFWES

สำหรับขั้นตอนวิธี Most Following Work Element Method Using Shortest Work Element Time Rule as Secondary Criterion (MFWES) นั้นมีขั้นตอนที่คล้ายกับขั้นตอนวิธี MFWEL ในหัวข้อที่ 3.2.3 ยกเว้นแต่ขั้นตอนวิธี MFWES จะใช้วิธี Shortest T_{ek} Rule เป็น Secondary Criterion หรือก็คือ ขั้นตอนวิธี MFWES จะให้ความสำคัญกับองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมาทั้งหมดมากที่สุดก่อน สำหรับกรณีถ้ามีหลายๆ องค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมาเป็นจำนวนมากที่สุดเท่ากัน ขั้นตอนวิธี MFWES จะให้ความสำคัญกับองค์ประกอบงานที่มีเวลาองค์ประกอบงานที่น้อยที่สุดก่อน สำหรับการใช้ Shorest T_{ek} Rule สามารถพบได้ใน J. Heizer and B. Render [31] และ B. Ibrahim [32]

สำหรับขั้นตอนวิธี Reversed Most Following Work Element Method Using Shortest Work Element Time Rule as Secondary Criterion (R-MFWES) นั้น คือขั้นตอนวิธี MFWES ที่ใช้เงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนกลับ (Reversed Precedence Constraints) ซึ่งเงื่อนไขบังคับลำดับงานก่อนหลังแบบย้อนกลับสามารถหาได้โดยการใช้แผนภาพลำดับงาน (Precedence Diagram) ที่ลูกศรทั้งหมดถูกกลับทิศทางหัวลูกศรจากของแผนภาพลำดับงานเดิม หลังจากนั้นทำตามขั้นตอนของวิธีการ MFWES คือ ใช้เกณฑ์จัดองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมาทั้งหมดมากที่สุดก่อน สำหรับกรณีถ้ามีหลายๆ องค์ประกอบงานซึ่งมีจำนวนองค์ประกอบงานที่ตามมาเป็นจำนวนที่มากที่สุดเท่ากัน ให้ทำการเลือกองค์ประกอบงานจากองค์ประกอบงานเหล่านั้นที่มีเวลาองค์ประกอบงานที่น้อยที่สุดก่อน ดูรายละเอียดของขั้นตอนวิธี R-MFWES เพิ่มเติมได้จาก P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [30]

สำหรับขั้นตอนวิธี Double Most Following Work Element Method Using Shortest Work Element Time Rule as Secondary Criterion (D-MFWES) นั้น คือขั้นตอนวิธีที่เป็นการนำผลเฉลยที่ดีที่สุดระหว่างผลเฉลยของขั้นตอนวิธี MFWES กับขั้นตอนวิธี R-MFWES มาใช้ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [30]

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 4
การวิเคราะห์ผลการทดลอง

สำหรับเนื้อหาในบทนี้เป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธี LCR, RPW, MFWEL, MFWES, R-LCR, R-RPW, R-MFWEL, R-MFWES, D-LCR, D-RPW, D-MFWEL และ D-MFWES ในกรณีปัญหา RC-10NMF-36, RC-10NMF-72, RC-18NMF-36, RC-18NMF-72, PLK-45SF-42.35 และ PLK-45SF-84.70 ตามลำดับ ผลลัพธ์ในบทที่ 4 นี้ได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่แล้วใน P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [30]

4.1 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา RC-10NMF-36

อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบที่ได้จากขั้นตอนวิธีต่างๆ เป็นดังนี้ คือ

- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) ก่อนปรับปรุง คือ 66.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก LCR คือ 82.3%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก RPW คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWEL คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWES คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-LCR คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-RPW คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWEL คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWES คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-LCR คือ 82.3%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-RPW คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWEL คือ 81.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWES คือ 81.6%

ดังนั้น สรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา RC-10NMF-36 คือ LCR กับ D-LCR โดยให้อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบเท่ากับ 82.3% โดยผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้จากงานวิจัยนี้มีการจัดองค์ประกอบงานที่เรียงลำดับดังนี้ คือ จัดองค์ประกอบงานที่ 1, 2, 3 เข้าสถานีงานที่ 1, จัดองค์ประกอบงานที่ 4, 5, 6 เข้าสถานีงานที่ 2, จัดองค์ประกอบงานที่ 7, 8, 9 เข้าสถานีงานที่ 3, จัดองค์ประกอบงานที่ 10 กับ 14 เข้าสถานีงานที่ 4, จัดองค์ประกอบงานที่ 15, 17, 11, 12 เข้าสถานีงานที่ 5, จัดองค์ประกอบงานที่ 13, 18, 19, 16 เข้าสถานีงานที่ 6, จัดองค์ประกอบ

งานที่ 20 เข้าสถานีงานที่ 7, จัดองค์ประกอบงานที่ 21 กับ 22 เข้าสถานีงานที่ 8, จัดองค์ประกอบงานที่ 23, 24, 25, 26, 27, 29 เข้าสถานีงานที่ 9, จัดองค์ประกอบงานที่ 30, 28, 31, 32, 33 เข้าสถานีงานที่ 10, และ จัดองค์ประกอบงานที่ 34, 36, 37, 38, 35, 39, 40 เข้าสถานีงานที่ 11

4.2 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา RC-10NMF-72

อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบที่ได้จากขั้นตอนวิธีต่างๆ เป็นดังนี้ คือ

- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก LCR คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก RPW คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWEL คือ 91%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWES คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-LCR คือ 87.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-RPW คือ 87.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWEL คือ 87.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWES คือ 90.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-LCR คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-RPW คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWEL คือ 91%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWES คือ 90.1%

ดังนั้น สรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา RC-10NMF-72 คือ MFWEL กับ D-MFWEL โดยให้อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบเท่ากับ 91% โดยผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้จากงานวิจัยนี้มีการจัดองค์ประกอบงานที่เรียงลำดับดังนี้ คือ จัดองค์ประกอบงานที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7 เข้าสถานีงานที่ 1, จัดองค์ประกอบงานที่ 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19 เข้าสถานีงานที่ 2, จัดองค์ประกอบงานที่ 14, 15, 17, 16, 20 เข้าสถานีงานที่ 3, จัดองค์ประกอบงานที่ 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30 เข้าสถานีงานที่ 4, และจัดองค์ประกอบงานที่ 28, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 37, 35, 39, 40 เข้าสถานีงานที่ 5

4.3 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา RC-18NMF-36

อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบที่ได้จากขั้นตอนวิธีต่างๆ เป็นดังนี้ คือ

- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) ก่อนปรับปรุง คือ 73.8%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก LCR คือ 79.6%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก RPW คือ 82%

- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWEL คือ 82%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWES คือ 82%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-LCR คือ 81%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-RPW คือ 80.9%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWEL คือ 80.9%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWES คือ 81.5%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-LCR คือ 81%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-RPW คือ 82%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWEL คือ 82%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWES คือ 82%

ดังนั้น สรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา RC-18NMF-36 คือ RPW, MFWEL, MFWES, D-RPW, D-MFWEL และ D-MFWES โดยให้อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบเท่ากับ 82% โดยผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้จากงานวิจัยนี้มีการจัดองค์ประกอบงานที่เรียงลำดับดังนี้ คือ จัดองค์ประกอบงานที่ 1, 2, 3 เข้าสถานีงานที่ 1, จัดองค์ประกอบงานที่ 4, 5 เข้าสถานีงานที่ 2, จัดองค์ประกอบงานที่ 7, 6, 8 เข้าสถานีงานที่ 3, จัดองค์ประกอบงานที่ 9, 10, 11 เข้าสถานีงานที่ 4, จัดองค์ประกอบงานที่ 12, 16, 17, 13 เข้าสถานีงานที่ 5, จัดองค์ประกอบงานที่ 15, 14, 18 เข้าสถานีงานที่ 6, จัดองค์ประกอบงานที่ 19, 20 เข้าสถานีงานที่ 7,จัดองค์ประกอบงานที่ 21, 22, 23, 24, 25 เข้าสถานีงานที่ 8, จัดองค์ประกอบงานที่ 28, 26, 27, 29, 30 เข้าสถานีงานที่ 9, จัดองค์ประกอบงานที่ 31, 32, 33, 34, 35, 36 เข้าสถานีงานที่ 10, และ จัดองค์ประกอบงานที่ 37, 38 เข้าสถานีงานที่ 11

4.4 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา RC-18NMF-72

อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบที่ได้จากขั้นตอนวิธีต่างๆ เป็นดังนี้ คือ

- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก LCR คือ 88.3%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก RPW คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWEL คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWES คือ 92.8%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-LCR คือ 87.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-RPW คือ 87%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWEL คือ 87%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWES คือ 90.5%

- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-LCR คือ 88.3%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-RPW คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWEL คือ 88.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWES คือ 92.8%

ดังนั้น สรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา RC-18NMF-72 คือ MFWES กับ D-MFWES โดยให้อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบเท่ากับ 92.8% โดยผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้จากงานวิจัยนี้มีการจัดองค์ประกอบงานที่เรียงลำดับดังนี้ คือ จัดองค์ประกอบงานที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7 เข้าสถานีงานที่ 1, จัดองค์ประกอบงานที่ 6, 8, 9, 10, 11, 12, 16 เข้าสถานีงานที่ 2, จัดองค์ประกอบงานที่ 17, 14, 15, 13, 18, 19 เข้าสถานีงานที่ 3, จัดองค์ประกอบงานที่ 20 – 25, 27, 26, 28, 29, 31 เข้าสถานีงานที่ 4, และ จัดองค์ประกอบงานที่ 30, 32, 34-36, 33, 37, 38 เข้าสถานีงานที่ 5

4.5 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35

อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบที่ได้จากขั้นตอนวิธีต่างๆ เป็นดังนี้ คือ

- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) ก่อนปรับปรุง คือ 74.3%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก LCR คือ 82.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก RPW คือ 82.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWEL คือ 82.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWES คือ 82.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-LCR คือ 81.8%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-RPW คือ 81.8%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWEL คือ 81.8%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWES คือ 81.8%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-LCR คือ 82.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-RPW คือ 82.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWEL คือ 82.1%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWES คือ 82.1%

ดังนั้น สรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา PLK-45SF-42.35 คือ LCR, RPW, MFWEL, MFWES, D-LCR, D-RPW, D-MFWEL และ D-MFWES โดยให้อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบเท่ากับ 82.1% โดยผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้จากงานวิจัยนี้มีการจัดองค์ประกอบงานที่เรียงลำดับดังนี้ คือ จัดองค์ประกอบงานที่ 1, 2, 4, 3, 5 เข้าสถานีงานที่ 1, จัดองค์ประกอบงาน

ที่ 6, 9, 10, 8, 7 เข้าสถานีงานที่ 2, จัดองค์ประกอบงานที่ 11-13 เข้าสถานีงานที่ 3, จัดองค์ ประกอบงานที่ 14-16 เข้าสถานีงานที่ 4, จัดองค์ประกอบงานที่ 17-19 เข้าสถานีงานที่ 5, จัดองค์ประกอบงานที่ 20-24 เข้าสถานีงานที่ 6, จัดองค์ประกอบงานที่ 25-27 เข้าสถานีงานที่ 7, จัดองค์ประกอบงานที่ 28-31 เข้าสถานีงานที่ 8, จัดองค์ประกอบงานที่ 32-37 เข้าสถานีงานที่ 9, และจัดองค์ประกอบงานที่ 38 เข้าสถานีงานที่ 10

4.6 ผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีต่างๆ ในกรณีปัญหา PLK-45SF-84.70

อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบที่ได้จากขั้นตอนวิธีต่างๆ เป็นดังนี้ คือ

- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก LCR คือ 80.3%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก RPW คือ 80.3%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWEL คือ 80.3%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก MFWES คือ 84.8%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-LCR คือ 81.7%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-RPW คือ 81.7%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWEL คือ 81.7%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก R-MFWES คือ 82.7%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-LCR คือ 81.7%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-RPW คือ 81.7%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWEL คือ 81.7%
- อัตราประสิทธิภาพความสมดุล (E_b) จาก D-MFWES คือ 84.8%

ดังนั้น สรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา PLK-45SF-84.70 คือ MFWES กับ D-MFWES โดยให้อัตราประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบเท่ากับ 84.8% โดยผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้จากงานวิจัยนี้มีการจัดองค์ประกอบงานที่เรียงลำดับดังนี้ คือ จัดองค์ประกอบงานที่ 1-10 เข้าสถานีงานที่ 1, จัดองค์ประกอบงานที่ 11-17 เข้าสถานีงานที่ 2, จัดองค์ประกอบงานที่ 18-20, 23, 24, 21, 22 เข้าสถานีงานที่ 3, จัดองค์ประกอบงานที่ 25-31 เข้าสถานีงานที่ 4, และ จัดองค์ประกอบงานที่ 32-38 เข้าสถานีงานที่ 5

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาสายการผลิตหม้อหุงข้าวแบบดิจิทัล รุ่น RC-10NMF กับ RC-18NMF และกระติกน้ำร้อนแบบดิจิทัล รุ่น PLK-45SF โดยก่อนจัดสมดุลการผลิตสายการผลิตหม้อหุงข้าวรุ่น RC-10NMF มีประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบอยู่ที่ 66.6% ซึ่งหลังการจัดสมดุลการผลิตได้ผลสรุปคือ วิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา RC-10NMF-36 (cycle time = 36 sec. ซึ่งใช้เป็น cycle time ในการผลิตปัจจุบัน) คือ LCR กับ D-LCR โดยมีผลประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบ 82.3% และวิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา RC-10NMF-72 (cycle time = 72 sec. ซึ่งใช้เป็นหากเพิ่มเวลา cycle time) คือ MFWEL กับ D-MFWEL โดยมีประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบ 91% ถัดมาในสายการผลิตหม้อหุงข้าวรุ่น RC-18NMF ก่อนจัดสมดุลการผลิตสายการผลิต มีประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบอยู่ที่ 73.8% ซึ่งหลังการจัดสมดุลการผลิตได้ผลสรุปคือ วิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา RC-18NMF-36 (cycle time = 36 sec. ซึ่งใช้เป็น cycle time ในการผลิตปัจจุบัน) คือ RPW, MFWEL, MFWES, D-RPW, D-MFWEL และ D-MFWES โดยมีผลประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบ 82% และ วิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา RC-18NMF-72 (cycle time = 72 sec. ซึ่งใช้เป็นหากเพิ่มเวลา cycle time) คือ MFWES กับ D-MFWES โดยมีประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบเท่ากับ 92.8%

สำหรับสายการผลิตกระติกน้ำร้อน รุ่น PLK-45SF นั้น ก่อนจัดสมดุลการผลิตสายการผลิตมีประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบอยู่ที่ 74.3% ซึ่งหลังการจัดสมดุลการผลิตได้ผลสรุปคือ วิธีที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหา PLK-458F-42.35 (cycle time = 42.35 sec. ซึ่งใช้เป็น cycle time ในการผลิตปัจจุบัน) คือ LCR, RPW, MFWEL, MFWES, D-LCR, D-RPW, D-MFWEL และ D-MFWES โดยมีผลประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบ 82.1% และ วิธีที่ดีที่สุดกรณีปัญหา PLK-45SF-84.70 (cycle time = 84.70 sec. ซึ่งใช้เป็นหากเพิ่มเวลา cycle time) คือ MFWES กับ D-MFWES โดยมีประสิทธิภาพสมดุลสายการผลิต 84.8%

ดังนั้น จากผลลัพธ์ของกรณีปัญหาทั้งหมด ทำให้ทราบว่าขั้นตอนวิธี D-MFWES ให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย รองลงมาคือ ขั้นตอนวิธี MFWES และขั้นตอนวิธี R-MFWES ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

• เมื่อมีการจัดสมดุลสายการผลิตต้องมีการปรับเพิ่มหรือลดจำนวนคนงาน ซึ่งต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ เนื่องจากอาจเกิดปัญหาทางด้านจิตใจ หรือมีปัญหาเมื่อต้องย้ายคนงานไปทำงานอื่น ดังนั้นควรมีการพิจารณาในเรื่องนี้เพิ่มเติมนอกจากทางด้านการจัดสมดุลสายการผลิต

• นอกจากการจัดการสมดุลสายการผลิต ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของวัสดุก่อนส่งเข้าสายการประกอบ เนื่องจากพบว่าบางครั้งวัสดุมีการชำรุด ทำให้สายการประกอบต้องหยุดเพื่อคัดวัสดุที่เสียออก

• การเข้าไปเก็บข้อมูลในสายการผลิตต้องเรียนรู้กฎของโรงงาน และช่วงเวลาทำการการผลิตของรุ่นที่ศึกษาในแต่ละเดือน สำหรับการวางแผนทำการเก็บข้อมูลสายการผลิตนั้นๆ ได้อย่างสมบูรณ์ ควรมีการสอบถามช่วงเวลาที่แน่นอนจากหัวหน้าของสายการผลิต และวิศวกรที่ดูแลการสายการผลิตนั้นๆ เพื่อลดอุปสรรคการเก็บข้อมูลไม่ทันเวลา

• การศึกษาเวลาโดยการจับเวลาในสายการประกอบควรมีการสังเกตคนงานที่ทำการประกอบอยู่ว่ามีอาการปกติหรือไม่ บางครั้งคนงานเห็นเราทำการจับเวลา บางคนอาจทำงานเร็วกว่าปกติหรือช้ากว่าปกติได้

• การศึกษาสายการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายฝ่าย ดังนั้นผู้ที่ทำการศึกษาควรมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี เพื่อที่จะสามารถสอบถามข้อมูล หรือขอความร่วมมือได้อย่างสะดวก ร่วมถึงควรมีมารยาท และให้ความเคารพผู้ที่อาวุโสกว่า หรือพนักงานในโรงงานด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

[1] N. Kriengkorakot and N. Pianthong, "The U-line assembly line balancing problem," *KKU Engineering Journal,* vol. 34, no. 3, pp. 267-274, May-June 2007.

[2] A. Adeppa, "A study on basics of assembly line balancing," *International Journal on Emerging Technologie (Special Issue on NCRIET-2015),* vol. 6, no. 2, pp. 294-297, May 2015.

[3] F. Grandoni, *"Exact Algorithms for Hard Graph Problems (Algoritmi Esatti per Problemi Difficili su Grafi),"* B.Eng. Thesis (Automation Engineering), University of Rome Tor Vergata, Rome, Italy. 2004.

[4] I. Baybars, "A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem," *Management Science,* vol. 32, no. 8, pp. 909-932, August 1986.

[5] J. E. Aronson and G. Klein, *"An exact algorithm for variations of the assembly line balancing problem,"* M.S. Thesis (Management Information Systems), The University of Georgia, Texas, USA, 1988.

[6] E. Sickafus, *Heuristics for solving technical problems : Theory, derivation, application,* MI : Ntelleck, L.L.C., 2004.

[7] S. S. Skiena, *The Algorithm Design Manual,* New York : Springer, 2008.

[8] T. R. Teja and S. K. Chaitanya, "Optimize the heuristic line balancing using nn technique," *International Journal of Engineering Research and Technology,* vol. 2, no. 3, pp. 86-89, March 2013.

[9] R. M. A. Hamza and J. Y. Al-Manaa, "Selection of balancing method for manual assembly line of two stages gearbox," *Global Perspectives on Engineering Management,* vol. 2, no. 2, pp. 70-81, May 2013.

[10] C. Blum and A. Roli, "Metaheuristics in combinatorial optimization : overview and conceptual comparison," *ACM Computing Surveys,* vol. 35, no. 3, pp. 268-308, September 2003.

[11] S. M. McGovern and S. M. Gupta, "Metaheuristic technique for the disassembly line balancing problem," *Proceedings of the 2004 Northeast Decision Science Institute Conference, NEDSI 2004 Proceedings,* New Jersey, USA, March 2004, pp. 223-225.

[12] C. H. Wei, *A meta-heuristic web-based optimization tool for assembly line balancing problems,* M.S. Thesis (Computer Science), Faculty of Computer Science & Information System, University Teknologi, Malaysia, February 2011.

[13] M. P. Groover, *Work Systems and the Methods Measurement and Management of Work,* New Jersey : Pearson Prentice Hall, 2007.

[14] B. Rekiek et al., "Assembly line design : a survey," *15th Triennial World Congress of the International Federation of Automatic Control, IFAC'02,* Barcelona, Spain, 2002, pp. 155-166.

[15] V. V. Pachghare and R. S. Dalu, "Assembly line balancing method: A case study," *International Journal of Science and Research,* vol. 3, no. 5, pp. 1,901-1,909, May 2014.

[16] V. P. Jaganathan, "Line balancing using largest candidate rule algorithm in a garment industry : a case study," *International Journal of Lean Thinking,* vol. 5, no. 1, pp. 1-11, December 2014.

[17] Verma et al., "Analysis and evaluation of assembly line balancing in a refrigeration plant," *International Journal of Engineering Research and Industrial Applications,* vol. 3, no. 2, pp. 71-82, May 2010.

[18] Jaggi et al., "Application of line-balancing to minimize the idle time of workstations in the production line with special reference to automobile industry," *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research,* vol. 4, no. 7, pp. 65-68, July 2015.

[19] A. Malik and U. Khod, "Experimental study for assembly line balancing using largest candidate rule algorithm in automobile lighting industries: A case study," *International Journal of Technical Research,* vol. 5, no. 1, pp. 63-67, Mar-April 2016.

[20] W. P. Helgeson and D. P. Birnie, "Assembly line balancing using the ranked positional weight technique," *Journal of Industrial Engineering,* vol. 12, no. 6, pp. 394-398, November-December 1961.

[21] Manoria et al., "Expert system based on RPW technique to evaluating multi product assembly line balancing solution," *International Journal of Computer Applications,* vol. 40, no. 4, pp. 27-32, February 2012.

[22] J. K. Shim and J. G. Siegel, *Operations Management,* New York : Barron's Educational Series, INC. 1999.

[23] S. Bhattacharya, *Operations Management,* Delhi : PHI Learning Private, 2014.

[24] ณัฐพล ภู่สว่าง, *"การปรับปรุงผลิตภาพโดยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตกระเทียมเจียวของห้างหุ้นส่วนจำกัด คำธาราการ์ลิค แอนด์ โพรเซสฟูดส์ จังหวัดลำพูน,"* สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรมเกษตร), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2555.

[25] สันทัด เมฆอรียะ, *"แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตในโรงงานข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องของบริษัท ทรอปิคคอลพรีเมียร์ฟูดส์ จำกัด,"* สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรมเกษตร), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2555.

[26] ธัชพงศ์ ดิษเลิศยะ, *"การปรับปรุงสายการผลิตในกระบวนการผลิตเต้าเจี้ยวบรรจุขวด ขนาด 12 ออนซ์ของบริษัท อาหารสากล จำกัด (มหาชน) โดยวิธีการจัดสมดุลสายการผลิต,"* สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรมเกษตร), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2555.

[27] วิทยา ชัยสุข, *"การออกแบบผังสายการผลิตโคมไฟข้างกระจกรถยนต์สาหรับโมเดลใหม่ บริษัทไทยโคะอิโท,"* สารนิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2555.

[28] นุชสรา เกรียงกรกฎ และคณะ, "การปรับปรุงสมดุลสายการผลิตในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป," *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 2553, IE Network 2010,* อุบลราชธานี, 13-15 ตุลาคม 2553, หน้า 5.

[29] ภาณุภัณฑ์ ภาระเวช และคณะ, "การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบโดยวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลอิโวลูชั่น กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป," *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์,* ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า 92-104, มีนาคม-กรกฎาคม, 2557.

[30] P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks, "Double assembly line balancing algorithms on real-world instances of producing digital rice cookers and digital hot pots," *Science and Technology RMUTT Journal,* vol. 5, no. 2, pp. 96-107, December 2015.

[31] J. Heizer and B. Render, *Principle of Operations Management,* 10th ed. New Jersey : Prentice Hall, 2011.

[32] B. Ibrahim, "Production flow in gas cooker assembly line," *Journal of Babylon University,* vol. 21, no. 5, pp. 1,752-1,761, December 2013.