

การประยุกต์ใช้วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบในการผลิตช่องแอร์รถยนต์

ธัญญา ฉมารัตน์

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2559

ASSEMBLY LINE BALANCING ALGORITHMS APPLIED FOR PRODUCING VEHICLE'S
AIR OUTLETS

Thananya Chamarat

TNI

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 2016

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประยุกต์ใช้วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบในการผลิต
ช่องแอร์รถยนต์

โดย

ธัญญา ฉมารัตน์

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิเชิด สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร. บุญทริกา เกษมสันติธรรม)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ)

.....กรรมการ

(ดร. กันติชา กิตติพิรัช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์)

ธัญญา ฉมารัตน์ : การประยุกต์ใช้วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบในการผลิตช่องแอร์รถยนต์. อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์, 78 หน้า.

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบสำหรับแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบช่องแอร์รถยนต์ของบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยทำการศึกษาลิขิตภัณฑ์ช่องแอร์รถยนต์จำนวน 3 โมเดล ที่มีประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบในระดับที่ต่ำ โดยทั้งหมดมีประสิทธิภาพไม่ถึง 80% มาใช้กับวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ 12 วิธีได้แก่ Largest Candidate Rule (LCR), Ranked Positional Weight Method (RPW), Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWEL), Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWES), Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWEL), Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWES) และวิธีการย้อนกลับ (Reverse) ของทุกวิธีการ ข้อมูลทั้ง 3 โมเดลได้มาจากข้อมูลจริงที่ทำการจดบันทึกมาจากสายการผลิต

จากการทดลองพบว่าผลจากการประยุกต์ใช้วิธีการข้างต้นทำให้ทุกโมเดลมีประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบเพิ่มขึ้น โดยโมเดลที่ 1 วิธีการ R-RPW, R-MFWEL และ R-MFWES ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้สูงสุดเป็น 99.5% และจำนวนสถานีงาน ลดลง 2 สถานีงาน ในโมเดลที่ 2 วิธีการ MFWES ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้สูงสุดเป็น 81.2% และจำนวนสถานีงานลดลง 1 สถานีงาน และสำหรับโมเดลที่ 3 วิธีการ R-RPW และ R-MFWEL ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้สูงสุดเป็น 82.8% และจำนวนสถานีงานเท่าเดิม โดยเฉลี่ยแล้ว R-MFWES เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบเพิ่มขึ้นจากเดิมก่อนปรับปรุงมากที่สุดคือ 13.3%

บัณฑิตวิทยาลัย
สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

THANANYA CHAMARAT : ASSEMBLY LINE BALANCING ALGORITHMS APPLIED FOR PRODUCING VEHICLE'S AIR OUTLETS. ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. PISUT PONGCHAIRERKS, 78 PP.

This research tries to improve the line balance efficiencies of the assembly lines of vehicle's air outlets in a factory of Samut Prakan. The research focuses on the three air-outlet production lines, which have low assembly line balance efficiencies of less than 80%. This research improve this three production lines by applying the 12 line balancing algorithms, i.e. Largest Candidate Rule (LCR), Ranked Positional Weight Method (RPW), Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWEL), Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWES), Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWEL), Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWES) in addition with the 12 reverse techniques of the 12 methods mentioned above. The data of the three production lines are taken from real observations on shop floor.

The research finds that the results from the above methods increase assembly line balance efficiencies. In the first model R-RPW, R-MFWEL and R-MFWES can increase the line balance efficiency to 99.5% and reduce 2 stations. In the second model MFWES can increase the line balance efficiency to 81.2% and decrease 1 station. In the third model R-RPW and R-MFWEL can increase the line balance efficiency to 82.8%. On average, R-MFWES is the best method which returns 13.3% the line balance efficiency improvement.

Graduate School
Field of Engineering of Technology
Academic Year 2016

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้กระทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อันเนื่องมาจากความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ กรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่าน มาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับแนวทางในการทำวิจัย ช่วยเหลือ ตลอดจนกรุณาสละเวลาในการตรวจสอบงานวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร. บุญทริกา เกษมสันติธรรม ที่กรุณาสละเวลามาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงคำแนะนำในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกท่านได้แก่ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ และดร. กันติชา กิตติพิรชล ที่กรุณาสละเวลาและให้คำแนะนำในการเขียน ความเป็นระเบียบเรียบร้อยของการนำเสนอข้อมูล เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณ บริษัท ศรีไทย มียากาว่า จำกัด ที่อนุญาตให้ทำการศึกษาสายการผลิต และขอบพระคุณ คุณชาญชัย ทองเชื้อ หัวหน้าแผนกวิศวกรรม ผู้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ รวมถึงในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นต้องงานวิจัย

และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณ คุณแม่ และครอบครัว ที่ให้กำลังใจ และให้โอกาสในการศึกษา ขอบคุณอาจารย์ เพื่อนๆ พี่ๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น (MET รุ่น 2) ที่เป็นที่พักพิงในทุกๆ เรื่อง และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งผู้ที่กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามใน ณ ที่นี้ผู้เขียนมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดียิ่งจากทุกท่านและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ธัญญา ฉมารัตน์

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

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.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษาและวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ปัญหาความสมดุลสายการประกอบ	4
2.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
3 ระเบียบวิธีวิจัย	10
3.1 ขั้นตอนการทำวิจัย.....	10
3.2 วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบทั่วไปที่ใช้ในงานวิจัย	12
3.3 วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบย้อนหลังที่ใช้ในงานวิจัย.....	18
3.4 กรณีปัญหาจากโรงงาน	19
4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	31
4.1 ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานของโมเดล 1	31
4.2 ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานของโมเดล 2	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	4.3 ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานของโมเดล 3.....	55
	4.4 สรุปผลการคำนวณ.....	67
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	68
	5.1 สรุปผลการวิจัย.....	68
	5.2 ข้อเสนอแนะ.....	69
	บรรณานุกรม.....	70
	ภาคผนวก.....	73
	ภาคผนวก ก. การเก็บข้อมูลด้านเวลา.....	74
	ประวัติย่อผู้วิจัย.....	78



TNi

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 สถานีใหม่ที่จัดได้.....	18
3.2 ตารางใช้งาน.....	18
3.3 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 1	20
3.4 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 2	23
3.5 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 3	28
4.1 เพอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ	67
ก.1 ค่าเวลาจากการจับเวลา 5 ครั้งของโมเดลที่ 1.....	75
ก.2 ค่าเวลาจากการจับเวลา 4 ครั้งของโมเดลที่ 2.....	76
ก.3 ค่าเวลาจากการจับเวลา 5 ครั้งของโมเดลที่ 3.....	77



TNI

สารบัญรูป

รูป	หน้า
3.1 วิธี Largest Candidate Rule.....	12
3.2 วิธี Ranked Positional Weight Method.....	13
3.3 วิธี Most Following Work Element Method Using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion.....	14
3.4 วิธี Most Following Work Element Method Using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion.....	15
3.5 วิธี Least Following Work Element Method Using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion.....	16
3.6 วิธี Least Following Work Element Method Using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion.....	17
3.7 แผนภาพลำดับก่อนหลัง (Precedence Diagram) ของโมเดลที่ 1	22
3.8 แผนภาพลำดับก่อนหลัง (Precedence Diagram) ของโมเดลที่ 2.....	27
3.9 แผนภาพลำดับก่อนหลัง (Precedence Diagram) ของโมเดลที่ 3.....	30
4.1 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LCR.....	31
4.2 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LCR.....	32
4.3 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ RPW.....	33
4.4 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-RPW.....	34
4.5 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ MFWE.....	35
4.6 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-MFWE.....	36
4.7 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ MFWE.....	37
4.8 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-MFWE.....	38
4.9 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LFWE.....	39
4.10 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LFWE.....	40
4.11 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LFWE.....	41
4.12 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LFWE.....	42
4.13 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LCR.....	43
4.14 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LCR.....	44

สารบัญรูป (ต่อ)

[illegible]

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การที่จะทำให้สินค้าและบริการของตนเองเป็นที่พึงพอใจในตลาดนั้น ตัวชี้วัดคือ จำนวนของผู้บริโภคที่เข้ารับการบริการและเลือกซื้อสินค้านั้นๆ สิ่งที่ต้องดูผู้บริโภคเข้ามาคือคุณภาพ และการตอบสนองอย่างทันทั่วทั้งที่ หากกล่าวถึงสินค้าแล้วนั้น สินค้าในประเภททำตามคำสั่งผลิตที่ไม่มีให้เลือกหาได้ในท้องตลาดเป็นแบบสำเร็จรูป ยังจะต้องใช้การตอบสนอง และรองรับความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันทั่วทั้งมากที่สุด เพราะถ้าหากลูกค้าจะต้องรอคอยเพื่อรับสินค้า จะเป็นการเสียเวลาเป็นอย่างมาก และอาจจะไม่พอใจกับการตอบสนองในครั้งนี้ จึงปรับเปลี่ยนผู้ผลิตรายใหม่ที่สามารถทำตามความต้องการได้ ในส่วนของการผลิตภายในเองจึงต้องหันกลับมาพิจารณาเสียใหม่ว่า เหตุใดจึงไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าตนเองได้

จึงเกิดงานวิจัยครั้งนี้ขึ้น โดยได้ศึกษาในโรงงานแห่งหนึ่ง ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมบางปู จังหวัดสมุทรปราการ ดำเนินธุรกิจแม่พิมพ์และผลิตภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก สำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมยานยนต์ ด้วยการฉีดขึ้นรูป ทำสี และงานประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ลักษณะของสายการประกอบจะมีหลายๆสถานงานแตกต่างกันในแต่ละโมเดล สำหรับโมเดลที่จะทำการศึกษาจะมี 3 โมเดล ซึ่งเป็นโมเดลที่มีความต้องการของลูกค้าสูง มีคำสั่งสั่งผลิตต่อไปอีกหลายเดือน และที่สำคัญเป็นโมเดลที่ประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบไม่ได้ตามที่ฝ่ายวางแผนต้องการ

สำหรับในสายการประกอบ ณ ปัจจุบันนั้น แต่ละโมเดลจะมีจำนวนสถานงานที่แตกต่างกัน โดยโมเดลที่ 1 มี 4 สถานงาน โมเดลที่ 2 มี 6 สถานงาน โมเดลที่ 3 มี 3 สถานงานโดย 1 สถานงานจะมีผู้ปฏิบัติงานนั่ง 1 คน เมื่อขึ้นงานบนสายพานที่อยู่ติดกับโต๊ะทำงาน ไหลมาถึงสถานงานใด ผู้ปฏิบัติงานจะหยิบชิ้นงานมาประกอบเข้ากับชิ้นส่วนอื่นๆ ด้วยมือ หรืออุปกรณ์ที่อยู่บนโต๊ะทำงาน เมื่อประกอบเสร็จ ผู้ปฏิบัติงานจะวางชิ้นงานบนสายพานคืน โดยชิ้นงานจะไหลที่ละชิ้น หรือ One Piece Flow บนสายพานลำเลียง สายพานจะทำหน้าที่ลำเลียงชิ้นงานที่ทำเสร็จในสถานงานหนึ่งๆ ไปยังสถานงานถัดไป ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการผลิตหรือการบริการ จะต้องผลิตให้ได้ทันต่อความต้องการของลูกค้าหรือตลาด โดยโรงงานกรณีศึกษานี้ก็เช่นเดียวกัน ที่ปัญหาหลักของที่นี่คือ ผลิตสินค้าไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า ผลิตภัณฑ์ที่ออกจากสถานงานบางสถานมากเกินไปชิ้นงานมีการสะสมบนสายพาน บางสถานงานผู้ปฏิบัติงานต้องรอชิ้นงานไหลเข้ามา ทั้งๆ ที่มีการปรับปรุงสายการประกอบอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังเกิดปัญหาดังกล่าวอยู่

จากปัญหาดังกล่าวส่งผลทำให้โรงงานที่ผู้วิจัยเข้าไปทำการศึกษาค้นหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการประกอบ ทางวิศวกรผู้ดูแลจึงมอบหมายให้ผู้วิจัยเข้ามาแก้ปัญหาสมดุลในสายการประกอบช่องแอร์รถยนต์ทั้ง 3 โมเดลที่ยังมีการผลิตต่อเนื่อง ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้นำวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ 12 วิธี มาเพิ่มประสิทธิภาพสายการประกอบจำนวน 3 สายการประกอบ หลังจากนั้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ มาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงสายการประกอบนั้นๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบจำนวนทั้งหมด 12 วิธี ได้แก่ Largest Candidate Rule (LCR), Ranked Positional Weight Method (RPW), Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWEL), Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWES), Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWEL), Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWES) และวิธีการย้อนกลับ (Reverse) ของทุกวิธีการว่าส่งผลกระทบต่อความสมดุลสายการประกอบช่องแอร์รถยนต์มากน้อยเพียงใด

1.2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบช่องแอร์รถยนต์ที่ทำการผลิตอยู่ในปัจจุบันให้มีเวลาและภาระงานในแต่ละสถานีงานใกล้เคียงกัน ถ้ามีบางวิธีการสามารถลดจำนวนสถานีงานลงได้ จะเป็นผลดีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบโมเดลนั้นๆ

1.2.3 เพื่อให้ได้วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบที่เหมาะสมที่สุดมาเป็นแนวทางในการจัดสายการประกอบช่องแอร์รถยนต์ในโรงงาน ณ ปัจจุบัน และเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการประกอบให้กับสายการประกอบรุ่นอื่นๆต่อไป

1.3 ขอบเขตการศึกษาและวิจัย

1.3.1 ประชากร

ผลิตภัณฑ์ช่องแอร์รถยนต์ของทางโรงงานที่มีสายการประกอบชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์บนโต๊ะทำงาน และลำเลียงชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์มาตามสายพาน โดยที่ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์จะไหลไปหาสถานีงานที่ละชิ้น

1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

ผลิตภัณฑ์ช่องแอร์รถยนต์ของทางโรงงานที่ยังมีการดำเนินการผลิตอยู่ จำนวน 3 โมเดล ที่ทางแผนกวางแผนระบุว่าผลิตได้ไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ในด้านการจัดการพื้นที่ หลังจากจัดสมดุลสายการประกอบสายการประกอบช่องแอร์รถยนต์แล้ว หากสายการประกอบใดสามารถลดจำนวนสถานีงานลงได้ จะทำให้เหลือพื้นที่ทำงานมากขึ้น สามารถขยายสายการผลิตอื่นๆ เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าได้มากขึ้น

1.4.2 ในด้านต้นทุน บริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านบุคลากรลงได้ อันเนื่องมาจากการจัดสมดุลสายการประกอบช่องแอร์รถยนต์ในงานวิจัยนี้ ทำให้บางสถานีงานลดจำนวนลง และส่งผลให้สามารถปรับลดผู้ปฏิบัติงานตามสถานีงานลงได้ แต่ให้ผู้ปฏิบัติงานเดิมนั้น ไปทำในสถานีงานอื่นที่จะเกิดขึ้น เพื่อรองรับกำลังการผลิตที่มากขึ้นนั่นเอง

1.4.3 ในด้านการผลิต เมื่อแต่ละสถานีงานไม่มีงานสะสมบนสายพาน (คอขวด) จะทำให้ไม่เสียเวลาให้กับสถานีงานใดสถานีงานหนึ่ง และอีกสถานีงานหนึ่งก็จะต้องรอนาน เพราะนั่นคือเวลาที่สูญเปล่า ซึ่งไม่ควรเกิดบนสายการผลิตใดๆ

1.4.4 ในด้านการบริการ เมื่อมีงานมาเสร็จให้ลูกค้าตรงตามเวลาที่กำหนด ย่อมเป็นที่พึงพอใจ และไว้วางใจต่อสายการประกอบของบริษัท ทำให้ลูกค้ายังใช้บริการบริษัทแห่งนี้ด้วยความเชื่อมั่น

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาความสมดุลสายการประกอบ

ความหมายของการจัดสมดุลสายการประกอบนั้น มีผู้ให้ความหมายไว้มากมาย อาทิ

พิภพ ลลิตาภรณ์ [1] อธิบายความหมายของปัญหาความสมดุลสายการประกอบว่า สถานิงานใดๆ ที่ไม่สามารถรองรับอัตราความต้องการของลูกค้าได้ สถานิงานนั้นถือว่าเกิดความไม่สมดุลขึ้น ดังนั้นจะต้องพิจารณาองค์ประกอบงาน หรือขั้นตอนต่างๆ ที่อยู่ในสายการประกอบว่ามีภาระงานมากน้อยเพียงใด มีเวลาว่างเปล่าหรือไม่ โดยจะต้องทำให้สายการประกอบมีเวลาทำงานที่ใกล้เคียงกัน เวลาว่างเปล่าจะเหลือน้อย ความสมดุลจึงจะเกิดขึ้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพสายการประกอบที่สูงขึ้นด้วย

M. P. Groover [2] ได้อธิบายความหมายของปัญหาความสมดุลสายการประกอบว่า เป็นสิ่งที่เกิดกับการกำหนดองค์ประกอบงานที่อยู่ในสถานิงาน เพื่อให้ผู้ที่ทำงานในสถานิงานนั้นๆ มีภาระงานที่เท่ากัน การวัดประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบหาได้จากการนำเวลารวมของสายการประกอบนั้นๆ (T_{wc}) เทียบกับผลคูณของจำนวนสถานิงาน (w) กับเวลาในสถานิงานที่มากที่สุดที่ยอมให้ได้ (T_s) ตามสมการที่ 2.1 ค่าที่ได้จะคูณด้วย 100 เพื่อทำเป็นเปอร์เซ็นต์ หมายความว่า หากผลลัพธ์ที่ได้ เท่ากับ 100% แสดงว่า สายการประกอบนั้นๆ มีประสิทธิภาพดีเยี่ยม

$$E_b = \frac{T_{wc}}{wT_s} \quad (2.1)$$

สุนน มาลาสิทธิ [3] ได้อธิบายความหมายของปัญหาความสมดุลสายการประกอบว่า ในการคำนวณประสิทธิภาพสมดุลการผลิตคือการนำผลรวมของเวลาของงานย่อยในสถานิงาน (t) มาเฉลี่ยด้วยจำนวนสถานิงาน (N) คูณกับเวลาปฏิบัติงานในแต่ละสถานิงาน (C) จะได้ความสมดุลของสายการประกอบดังแสดงในสมการที่ 2.2 แต่ในทางปฏิบัติอัตราความเร็วที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันในสถานิงาน จะทำให้เกิดความสมดุลของสายการประกอบมากขึ้น

$$Efficiency = \frac{\sum t}{CN} \quad (2.2)$$

สุริยาญ เตียวสกุล [4] ได้อธิบายความหมายของการจัดสมดุลสายการประกอบว่า การที่แต่ละขั้นตอนในสายการประกอบมีเวลา และขั้นตอนมีอัตราการผลิตที่ใกล้เคียงกัน เพราะหากเวลาและขั้นตอนที่มีอัตราเท่ากัน จะทำให้สายการประกอบนั้นๆ มีความสมดุลกันมากที่สุด

พิภพ ลลิตาภรณ์ [5] ได้อธิบายความหมายของปัญหาความสมดุลสายการประกอบว่า สถานการณ์ที่น้อยลง ไม่ได้ทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้นเสมอไป แต่ความสมดุลต่างหากที่ทำให้อัตราการผลิตเป็นไปได้ตามความต้องการของลูกค้า เพราะความสมดุลมีผลต่อการการผลิตที่สูงขึ้นได้ สำหรับความสมดุลเกิดจากอะไรนั้น สามารถตอบได้ว่า เกิดจากการที่ในแต่ละสถานียานมีภาระงานที่ใกล้เคียงกัน และเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานียานใกล้เคียงกัน ส่งผลให้อัตราการทำงานเท่ากันนั่นเอง การจัดการกับสถานียานให้มีความสมดุลมากขึ้นต้องอาศัยหลักและวิธีการเข้ามาช่วยซึ่งในหนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึงการจัดสมดุลด้วยวิธีวิธีวิสติก ได้แก่ เกณฑ์เวลาขององค์ประกอบงานยาวที่สุด เกณฑ์เวลาขององค์ประกอบงานน้อยที่สุด เกณฑ์เลือกงานที่มีงานตามหลังทันทีมากที่สุดก่อน เกณฑ์เลือกงานที่มีงานอยู่ก่อนหน้าทันทีมากที่สุดก่อน เกณฑ์จำนวนงานที่ต่อเป็นลูกโซ่ตามหลังมากที่สุด เป็นต้น

กนกกาญจน์ จิรศิริเลิศ และคณะ [6] ได้อธิบายความหมายของปัญหาความสมดุลสายการประกอบว่า เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการไหลของงานในสายการประกอบส่งผลถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุน และประสิทธิภาพของสายการประกอบนั้นๆ เพราะสายการประกอบ ประกอบด้วยงานและสถานียาน ในสถานียานจะใช้แรงงานคนในการทำงาน หากการไหลไม่ต่อเนื่องและเกิดคอขวดขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตมีความเหลื่อมล้ำกัน ดังนั้นการจัดสมดุลจะทำให้ค่าเฉลี่ยของเวลาในสถานียานเท่าๆ กัน และไม่ทำให้เกิดการว่างงานในบางสถานียาน จึงสามารถลดต้นทุนได้ ซึ่งการหาค่าประสิทธิภาพการทำงานของสายการประกอบที่ปรากฏในงานวิจัยนี้แสดงในสมการที่ 2.3 โดยให้ค่าจำกัดความของค่า T_{ej} ว่าเป็นเวลาของงานที่ j , T_c เป็นรอบเวลาการผลิตชิ้นงาน, E เป็นประสิทธิภาพของสายการประกอบ, n เป็นจำนวนของสถานียานในสายการประกอบ

$$E = \frac{\sum T_{ej}}{nT_c} \times 100 \quad (2.3)$$

2.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

D. N. Rao [7] ได้ทำการศึกษาการปรับสมดุลสายการประกอบให้กับผู้ประกอบการ โดยที่ลักษณะของสายการประกอบ ถือได้ว่าโมเดลมีความหลากหลายดังนั้นจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ FORTRAN-IV เพื่อรองรับความหลากหลายของโมเดล จากการศึกษาพบว่า วิธีการย้อนกลับของการจัดสมดุลสายการประกอบเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการที่มีอยู่

โดยทั่วไปพบว่าวิธีการย้อนกลับเป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพมากกว่าฮิวริสติกทั่วไปเมื่อใช้กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา

B. Rekiek and A. Delchambre [8] ได้ศึกษาวิธีการจัดสมดุลการประกอบของวิธีการทั่วไปของฮิวริสติก ซึ่งฮิวริสติกหนึ่งที่น่าสนใจคือ RPW โดยมี Reverse RPW (RRPW) ที่เป็นการประยุกต์ตัว RPW มาแก้ปัญหาสายการผลิตโดยการกลับทางเงื่อนไขของการมาก่อน ซึ่งได้ผลการปรับสมดุลได้ไม่ต่างกับนักกับวิธี RPW ตั้งต้น

นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ [9] ได้ศึกษาปัญหาตัวอย่างที่เป็นสายการผลิตแบบปกติที่รอบเวลาการผลิตมี 1 ค่า และแบบรอบเวลาผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิต มาทดสอบกับวิธีฮิวริสติก 4 วิธีได้แก่ วิธีเลือกเวลาขององค์ประกอบงานที่มากที่สุด วิธีเลือกเวลาขององค์ประกอบงานที่น้อยที่สุด วิธีเลือกองค์ประกอบงานที่มีค่าเวลาของตำแหน่งสูงที่สุด และวิธีเลือกองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานตามหลังมากที่สุด ผลจากการศึกษาพบว่า ปัญหาตัวอย่างที่เป็นสายการผลิตแบบปกติ ใช้วิธีเลือกองค์ประกอบงานที่มีค่าเวลาของตำแหน่งสูงที่สุดจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และถ้าใช้วิธีเลือกองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานตามหลังมากที่สุดจะทำให้ได้จำนวนสถานีนงานน้อยที่สุด ส่วนปัญหาตัวอย่างที่เป็นแบบรอบเวลาผลิตแปรเปลี่ยนนั้นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือวิธีเลือกเวลาขององค์ประกอบงานที่มากที่สุดและวิธีเลือกองค์ประกอบงานที่มีจำนวนองค์ประกอบงานตามหลังมากที่สุด

นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ [10] ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมในการจัดสมดุลสายการประกอบในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยใช้ฮิวริสติกในการแก้ปัญหาทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ Ranked Positional Weight, Maximum Task Time, Minimum Task Time และ Greedy Randomized จากการศึกษพบว่า Ranked Positional Weight, Maximum Task Time และ Greedy Randomized ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเพราะจำนวนสถานีนงานลดลง 5 สถานีนงาน และประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 55.48% เป็น 78.60%

R. M. Ali-Hamza and J. Y. Al-Manaa [11] ได้ใช้วิธี Largest Candidate Rule (LCR) Method, Kilbridge and Wester Column (KWC) Method และ Ranked Positional Weight (RPW) Method มาใช้กับสายการผลิต Two Stages Gear Box (2SGB) เพื่อให้ได้เวลาการประกอบสั้นที่สุด โดยวิธี LCR นั้น องค์ประกอบงานจะถูกจัดอยู่ในลำดับของการมาก่อนหลัง ตามเวลาของแต่ละองค์ประกอบงานนั้นๆ ผู้ปฏิบัติงานจะถูกจัดเรียงเข้าสถานีนงานแรก โดยเริ่มจากด้านบนสุดของตาราง และเลือกองค์ประกอบงานแรกตามข้อจำกัดของการมาก่อนหลัง และผลรวมเวลาของแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกินเวลาของสถานีนงานที่ยอมให้ได้ (T_s) จากนั้นเริ่มใหม่ที่ด้านบนสุดของตาราง เช่นเดิม แต่จะเป็นองค์ประกอบงานที่มีเวลารองลงมา แล้วทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ สำหรับอีกวิธีที่ใช้คือ RPW นั้น จะต้องคำนวณเวลาขององค์ประกอบงาน (T_{ek}) แต่ละองค์ประกอบงานโดยดูที่ตำแหน่งที่

มันอยู่ ไล่ไปตามแผนภาพลำดับก่อนหลัง แล้วบวกเวลาไปจนจบสายการประกอบ จากนั้นจัดค่า RPW ใหม่แล้วจัด องค์ประกอบงานเข้าไปในสถานีนงานตามขั้นตอนของ LCR ผลจากการนำทั้งสามวิธีมาใช้กับสายการผลิต วิธีที่ให้ผลดีที่สุดคือ RPW LCR และ KWM ตามลำดับ เพราะวิธี RPW ให้เวลาการประกอบต่อชิ้นเพียง 4.25 นาที ประสิทธิภาพสายการประกอบ 96.4%

Y. K. Hao [12] ได้ใช้วิธีการของสายการประกอบมาปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการประกอบ ที่นั่งรถบัสให้มีความสมดุลและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมถึงการลดจำนวนสถานีนงานลงเพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำที่สุด มีการใช้หลายวิธีแต่ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยคือ Most Following Tasks (MFT) และ Least Following Tasks (LFT) โดยทั้งสองวิธีเป็นการแก้ปัญหาโดยการจัดองค์ประกอบงานเพื่อกำหนดให้กับสถานีนงานตามจำนวนงาน โดยจำนวนงานทั้งหมดจะแสดงอยู่ในลำดับของการมาก่อน-หลัง วิธีการคือ ทำรายการองค์ประกอบงานทั้งหมดเรียงจากบนลงล่าง MFT จะใช้จำนวนงานที่ตามกลังมากที่สุดขึ้นบนสุดของรายการ LFT จะใช้จำนวนงานตามหลังน้อยสุดขึ้นบนสุดของรายการ การกำหนดองค์ประกอบงานเข้าสู่ สถานีนงานแรก จะเริ่มต้นที่ด้านบนของตาราง เมื่อเลือกเสร็จให้เลือกองค์ประกอบงานต่อไปที่เป็นไปได้ก่อน องค์ประกอบที่เป็นไปได้คือตรงกับข้อกำหนดของการมาก่อนและไม่ทำให้ผลรวมของค่าเวลางานที่สถานีนเกินรอบการทำงาน

S. T. Ghutukade and S. M. Sawant [13] ได้ทำการศึกษาเรื่องการนำวิธี Ranked Positional Weighted Method (RPW) มาแก้ปัญหาสายการประกอบเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งทำในสถานีนงานเดียว แต่ความต้องการเครื่องจักรมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตไม่ทันต่อความต้องการลูกค้า จึงต้องพัฒนาสายการผลิตใหม่ให้เป็นแบบจำนวนมาก (Mass Production) และใช้วิธี Ranked Positional Weighted Method เข้ามาช่วย เพราะ RPW เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากในการกำหนดองค์ประกอบของงานให้กับสถานีนมากกว่าวิธีอื่น วิธี RPW สามารถกำหนดรอบการทำงานและคำนวณสถานีนงานที่ต้องการสำหรับสายการผลิตในขณะที่วิธีการอื่นๆทำไม่ได้ โดย วิธี RPW มีวิธีการคือ เริ่มจากเขียนแผนภาพของการมาก่อน-หลัง จากนั้นพิจารณาน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบงาน รวมตลอดเส้นทางตั้งแต่เริ่มดำเนินการไปจนถึงการทำงานสุดท้ายของ แผนภาพของการมาก่อน-หลังนั้น แล้วจะสามารถกำหนดตำแหน่งขององค์ประกอบงานตามลำดับก่อนหลังด้วยค่า RPW ได้ จากนั้นใส่องค์ประกอบงานลงไปในสถานีนงาน โดยเลือกที่ค่า RPW ที่สูงที่สุดก่อนแล้วเลือกรองลงมา ทำไปเรื่อยๆ แต่ต้องระวังรอบการทำงานจะเกินข้อกำหนด เมื่อองค์ประกอบงานเหลืออยู่ให้ทำซ้ำในขั้นตอนเลือกที่ค่า RPW ที่สูงที่สุดก่อนแล้วเลือกรองลงมา จนกว่าองค์ประกอบงานจะถูกจัดเข้าสถานีนงานจนหมด ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า สามารถลดคอขวด และอัตราการผลิตจากเดิม 26 เครื่องต่อเดือน เพิ่มขึ้นอีก 38%

V. P. Jaganathan [14] ได้ศึกษาการจัดสมดุลสายการประกอบและการวางแผนผังของสายการผลิตเสื้อผ้าใหม่เพราะความต้องการของลูกค้าสูงขึ้น การผลิตไม่ทันต่อความต้องการ ด้วยวิธีการ Largest Candidate Rule (LCR) เนื่องจากวิธีการนี้มีความเป็นไปได้มากที่สุดในการจัดการกับสายการประกอบ โดยมีการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ โดยคำนึงถึงลำดับก่อนหลังจากเวลาและองค์ประกอบงานในเงื่อนไขของการมาก่อนหลัง และในสถานีนงานใหม่นั้นเวลาในสถานีนรวมกันจะต้องไม่เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ ผลจากการศึกษาพบว่าใช้เวลาในการผลิตลดลงจาก 5.18 นาที เหลือ 3.90 นาที ประสิทธิภาพสายการประกอบเพิ่มขึ้นจาก 59.5% เป็น 85.5%

V. V. Rachghare and R. S. Dalu [15] ได้ศึกษาวิธีการจัดสมดุลการประกอบของ Ginning Machine โดยใช้วิธีการสามวิธีการคือ Largest Candidate Rule (LCR) Method, Kilbridge and Wester Column (KWC) Method และ Ranked Positional Weight (RPW) Method มาเปรียบเทียบผลลัพธ์กัน การที่จะทำให้มีรอบการผลิตน้อยที่สุดได้ วิธีการ LCR คือ องค์ประกอบงานจะถูกจัดอยู่ในลำดับของการมาก่อนหลัง ตามเวลาของแต่ละองค์ประกอบงานนั้นๆ ผู้ปฏิบัติงานจะถูกจัดเรียงเข้าสถานีนงานแรก โดยเริ่มจากด้านบนสุดของตาราง และเลือกองค์ประกอบงานแรกตามข้อจำกัดของการมาก่อนหลัง และผลรวมเวลาของแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกินเวลาของสถานีนงานที่ยอมรับได้ (C) เมื่อองค์ประกอบถูกเลือกเข้าสถานีนงานแล้ว ให้อย้อนกลับที่ด้านบนสุดของตาราง ตามขั้นตอนระบุว่าต้องไม่มีสถานีนใดที่เกินค่า (C) แล้วให้ไปดูยัง องค์ประกอบงานถัดไปจากนั้นทำซ้ำขั้นตอนดังกล่าวให้ได้เวลามากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้จนกว่า องค์ประกอบงานทั้งหมดตามที่แสดงในแผนภาพของการมาก่อนหลังจะหมด ส่วนวิธี RPW สามารถคิดค่าเวลาขององค์ประกอบงาน (T_{ek}) จากตำแหน่งในแผนภาพของการมาก่อนหลัง โดยการรวม (T_{ek}) ตัวมันเองและองค์ประกอบงานตัวอื่นในลูกศรของแผนภาพ ของการมาก่อนหลัง จากนั้นจัดเรียงค่าของเวลาโดยใช้ขั้นตอนก่อนหน้านี้ ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า ทั้งสามวิธีให้รอบการผลิตต่ำลง จาก 12 นาที เหลือ 10 นาทีเท่ากัน ประสิทธิภาพสายการประกอบ จาก 68.5% เพิ่มขึ้นเป็น 82.33% เท่ากันอัตราการผลิตต่อวันจากเดิม 40 หน่วย เพิ่มขึ้นเป็น 48 หน่วยเท่ากัน แต่ทั้งสามวิธียังให้จำนวนสถานีนงานเท่าเดิมคือ 6 สถานีนเท่ากัน

P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [16] ได้ศึกษาวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบของหม้อหุงข้าวไฟฟ้าและหม้อต้มน้ำไฟฟ้าโดยใช้วิธีการ Largest Candidate Rule method (LCR), Ranked Positional Weight method (RPW) และ Most Following Task method (MFT) ซึ่งวิธีการหลัก 3 วิธีการนี้จะมี การนำเสนอวิธีการอีกสองแบบมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ การกลับทางหัวลูกศรในแผนภาพลำดับก่อน-หลัง แล้วจัดงานจากสถานีนงานหลังสุดก่อน ที่เรียกว่าการทำ Reverse และนำเอาคำตอบจากวิธีปรกติกับคำตอบจากวิธี Reverse มาเปรียบเทียบกัน แล้วนำเอาคำตอบที่ดีที่สุดจากการเปรียบเทียบนั้น มาใช้ที่เรียกว่าการทำ Double ในส่วนของวิธีการ

MFT นั้น คือการใช้จำนวนงานที่ตามหลังองค์ประกอบงานนั้นๆมาพิจารณาเข้าสถานงานใหม่ แต่จำนวนองค์ประกอบงานมีโอกาสที่จะเท่ากันได้ จึงมีเงื่อนไขเพิ่มเติมเป็นเงื่อนไขลำดับที่สองว่า หากจำนวนงานเท่ากัน ให้พิจารณาเวลาขององค์ประกอบงานที่มากที่สุดเข้าสถานงานก่อน (Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion ;MFWEL) และหากจำนวนงานเท่ากัน ให้พิจารณาเวลาขององค์ประกอบงานที่น้อยที่สุดเข้าสถานงานก่อน (Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion ;MFWES) จากนั้นนำวิธีการเหล่านี้มาใช้กับผลิตภัณฑ์ 6 โมเดล แล้วนำประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบมาหาค่าเฉลี่ยในทุกๆโมเดล ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า D-MFWES ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด



TNI

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ขั้นตอนการทำวิจัย

เมื่อทราบถึงปัญหาของสายการประกอบของโรงงานในบทที่ 1 แล้วว่า เป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบไม่ได้ตามที่ฝ่ายวางแผนต้องการ ดังนั้น การจัดสมดุลสายการประกอบใหม่จึงมีความจำเป็นกับสายการประกอบของทั้ง 3 โมเดล โดยมีขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ประชุมวางแผนกับวิศวกรผู้ดูแลจนได้ข้อมูลเฉพาะของทางโรงงานที่สามารถเปิดเผยและเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ได้แก่ รอบการทำงาน (Cycle Time) ของแต่ละสายการประกอบหรือแต่ละโมเดล

2. ผู้ศึกษาจับเวลาการทำงานโดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลตามหลักการวิศวกรรมอุตสาหการ สืบค้นได้จาก รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม [17] โดยมีนาฬิกาจับเวลา ใช้ในการเก็บข้อมูลด้านเวลา โดยการบันทึกเวลาการทำงานของพนักงานในทุกสถานีนงานจากกล้องวิดีโอ แล้วจับเวลาในวิดีโออีกครั้ง โดยจับสถานีนงานละอย่างน้อย 4 ครั้ง แล้วนำค่าเวลาที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย จะได้เป็นเวลาขององค์ประกอบงานดังแสดงในภาคผนวก ก 1-3 เวลาการกลับสู่ที่เดิม (Repositioning Time) หาได้จากการจับเวลาและใช้เวลาเฉลี่ยในการคำนวณ โดยเวลาการกลับสู่ที่เดิม ของโมเดล 1 = 2.99 วินาที โมเดลที่ 2 = 1.35 วินาที และโมเดลที่ 3 = 1.80 วินาที มีการใช้สมุดบันทึกในการจดชื่อวิธีการวัสดุ หรือชิ้นส่วนต่างๆ ที่ใช้ประกอบกัน ในแต่ละสถานีนงานแล้วมาจัดทำเป็นคำอธิบายขององค์ประกอบงานในงานวิจัย

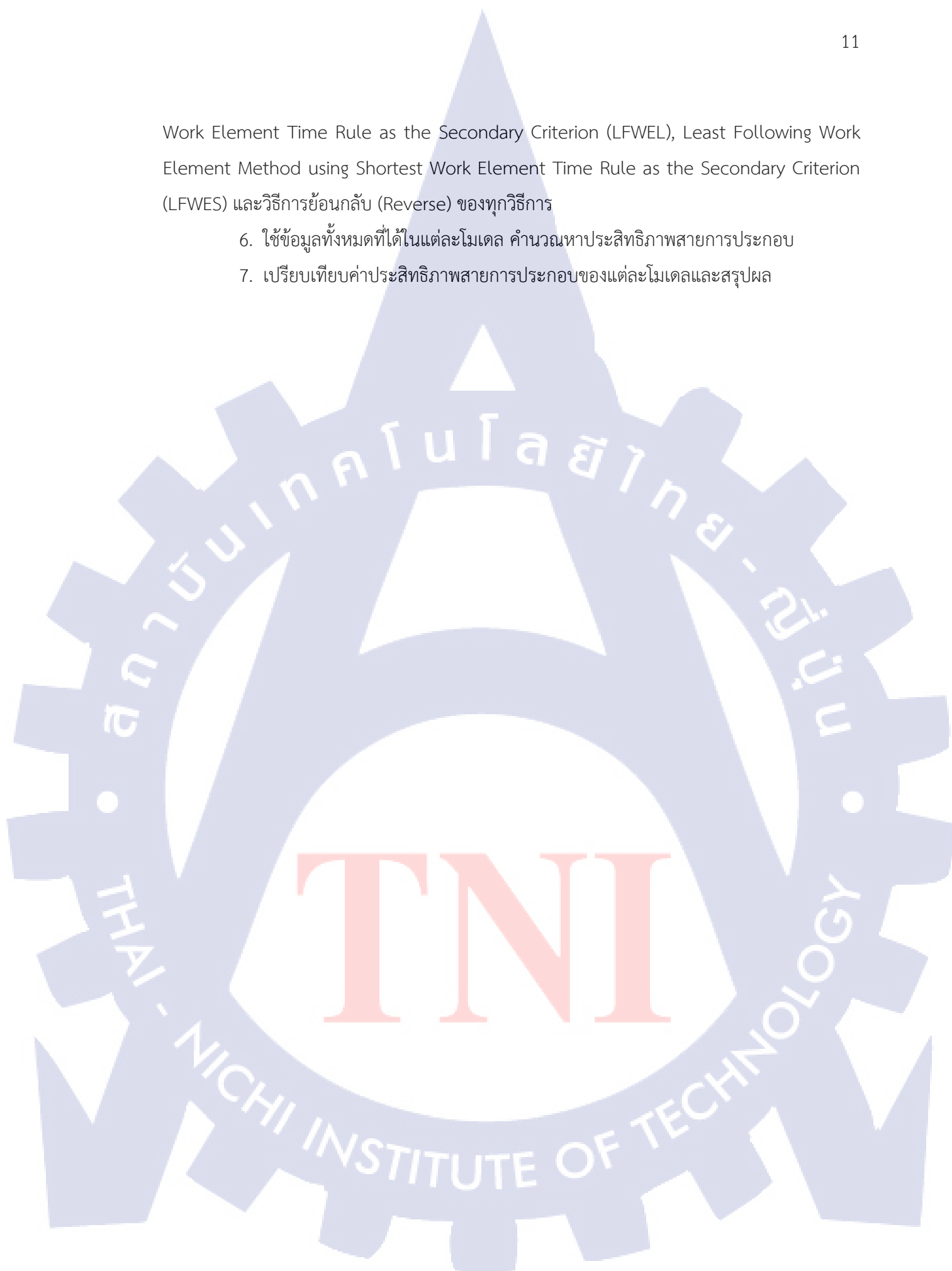
3. เมื่อได้ข้อมูลด้านเวลามาแล้ว ทำการหาค่าเฉลี่ยเวลาของแต่ละสถานีนเพื่อจะนำค่าเฉลี่ยนั้นมาใช้ในการคำนวณ

4. ใช้ รอบการทำงาน (Cycle time) กับเวลาการกลับสู่ที่เดิม (Repositioning Time) มาคำนวณเวลาหาเวลาสูงสุดที่ในแต่ละสถานีนใหม่จะต้องรวมกันแล้วไม่เกินค่านี้ซึ่งเรียกว่าเวลาการให้บริการ (T_s)

5. จัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ตามวิธีการทั้ง 12 วิธี ได้แก่ Largest Candidate Rule (LCR), Ranked Positional Weight Method (RPW), Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWEL), Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWES), Least Following Work Element Method using Longest

Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWEL), Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWES) และวิธีการย้อนกลับ (Reverse) ของทุกวิธีการ

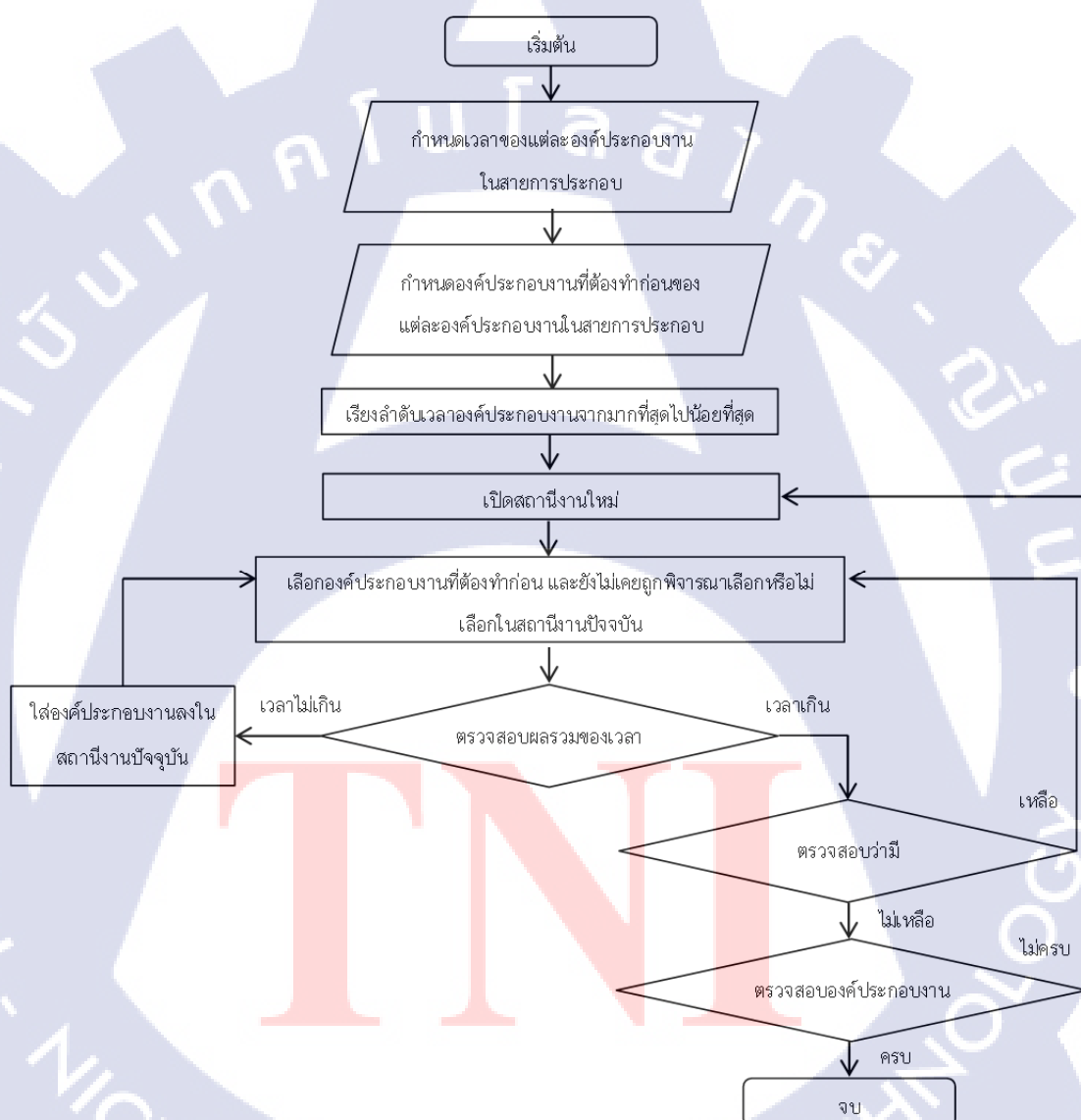
6. ใช้ข้อมูลทั้งหมดที่ได้ในแต่ละโมเดล คำนวณหาประสิทธิภาพสายการประกอบ
7. เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพสายการประกอบของแต่ละโมเดลและสรุปผล



3.2 วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบทั่วไปที่ใช้ในงานวิจัย

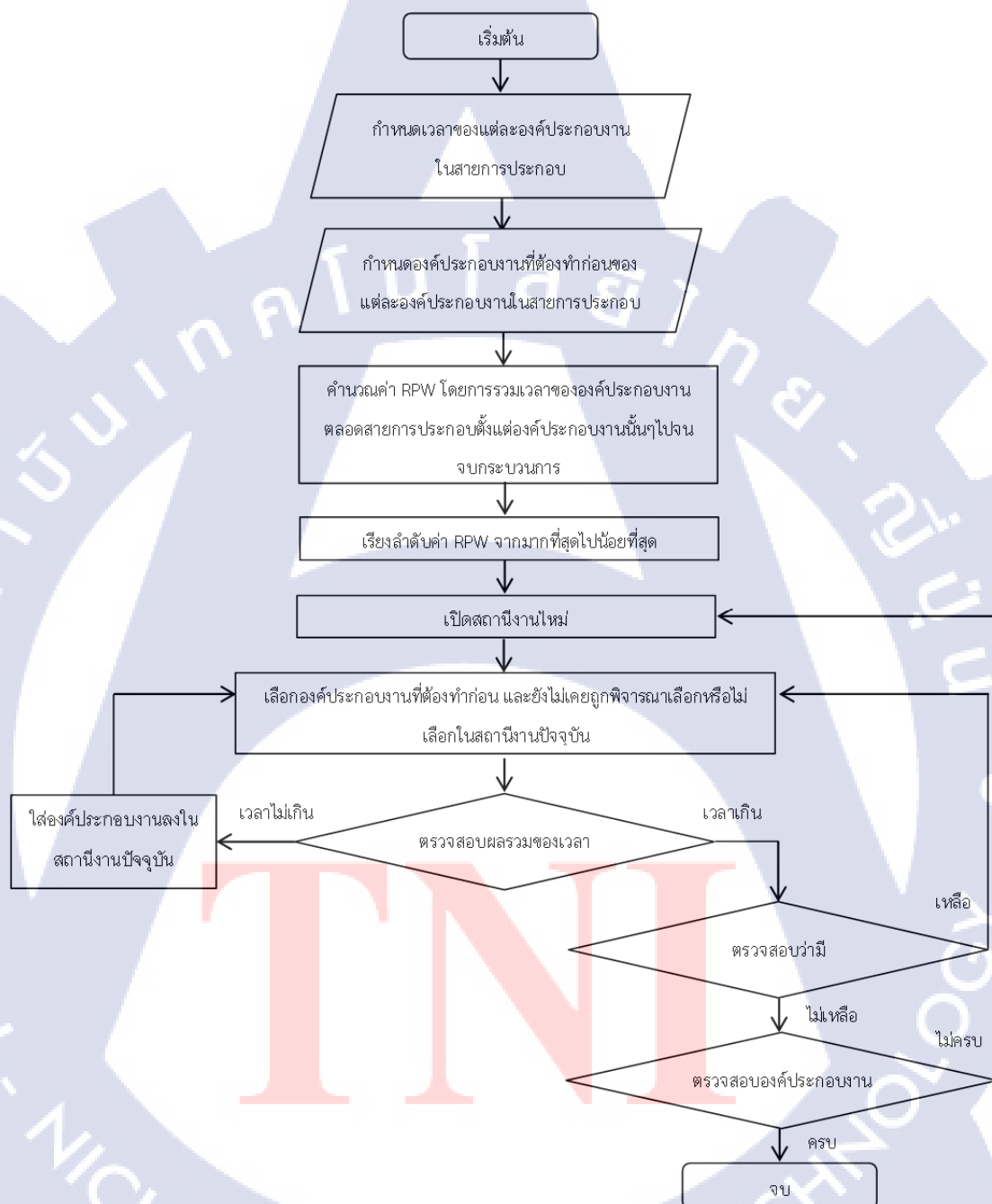
เมื่อได้ข้อมูลด้านเวลาและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบงานมาครบถ้วนแล้วจะสามารถจัดองค์ประกอบงานลงในสถานีนงานใหม่ได้โดยมีขั้นตอนตามวิธีการทั้ง 12 วิธีดังต่อไปนี้

3.2.1 วิธีการ Largest Candidate Rule (LCR) ซึ่งมีปรากฏใน สมุน มาลาสิทธิ์ [3], R. M. Ali-Hamza and J. Y. Al-Manaa [11], V. P. Jaganathan [14] และ V. V. Rachghare and R. S. Dalu [15] มีขั้นตอนตามผังงานที่แสดงในรูปที่ 3.1



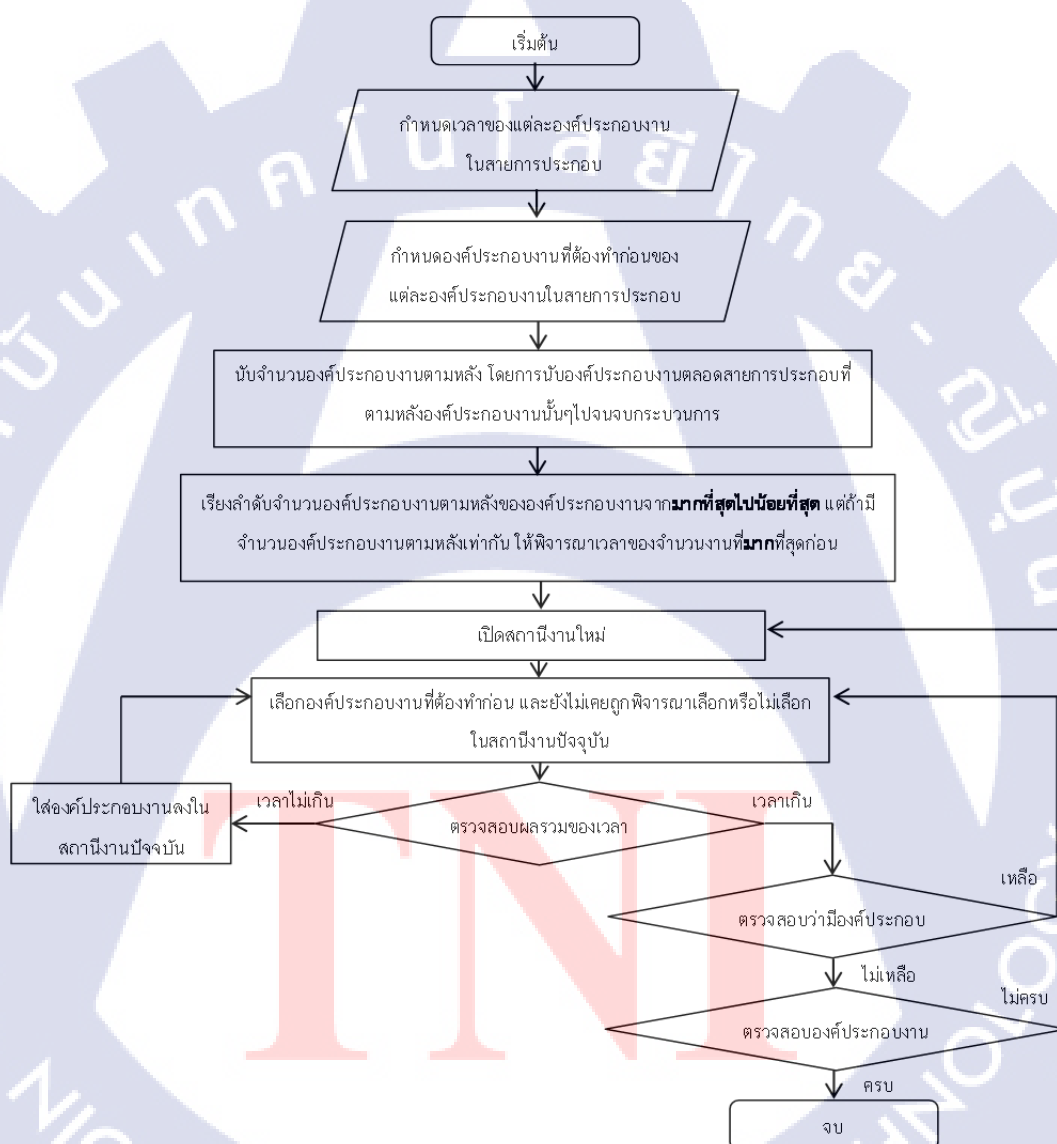
รูปที่ 3.1 วิธี Largest Candidate Rule

3.2.2 วิธีการ Ranked Positional Weight Method (RPW) ซึ่งมีปรากฏใน สุนน มาลาสิทธิ์ [3], R. M. Ali-Hamza and J. Y. Al-Manaa [11] และ S. T. Ghutukade and S.M. Sawant [13] มีขั้นตอนตามผังงานที่แสดงในรูปที่ 3.2



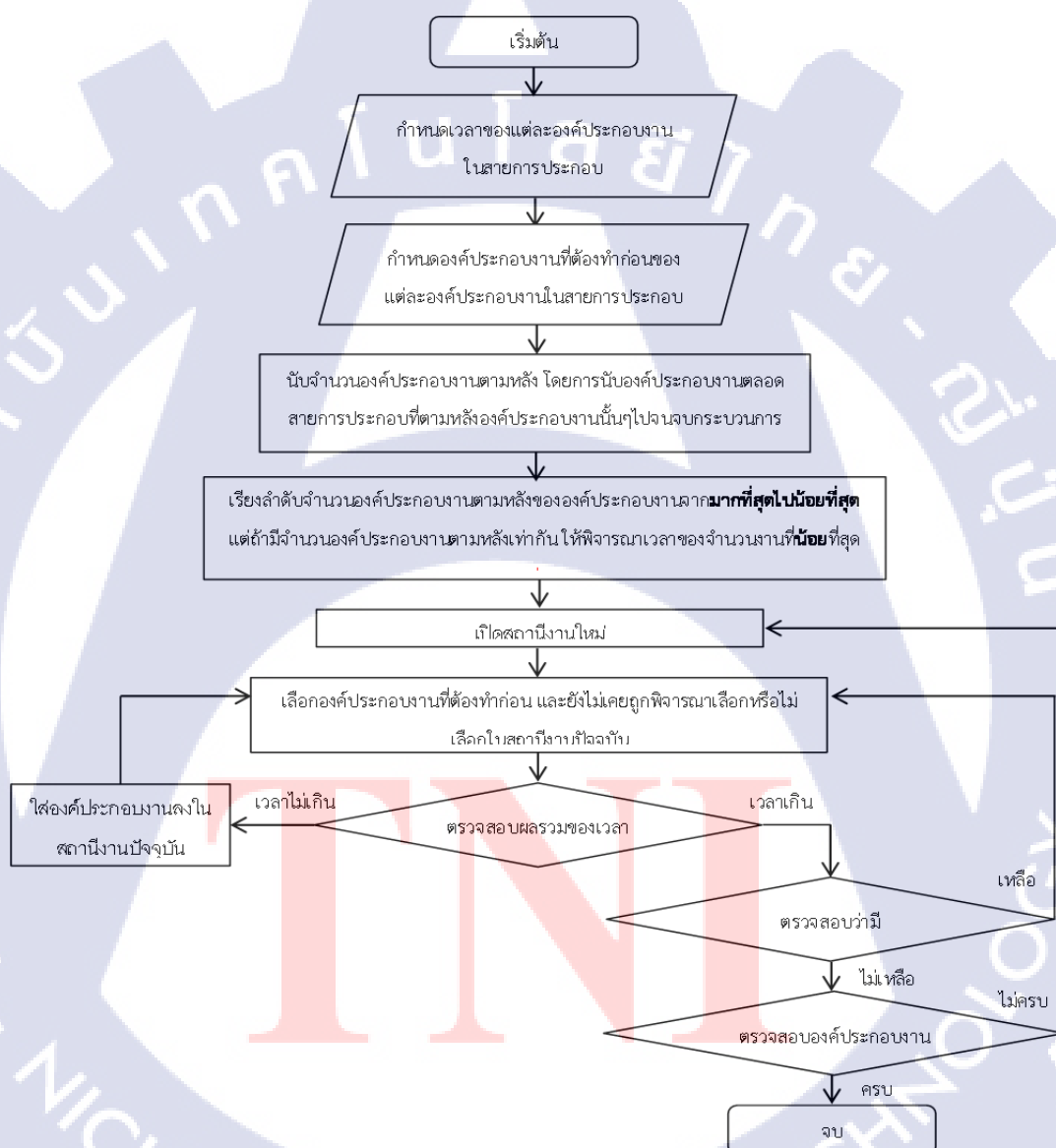
รูปที่ 3.2 วิธี Ranked Positional Weight Method

3.2.3 วิธีการ Most Following Work Element Method Using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWEL) ซึ่งมีปรากฏใน P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [16] โดย Most Following Work Element Method มีปรากฏใน สุมณ มาลาสิทธิ์ [3], พิกพ ลิติภรณ์ [5] และ นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ [9] และวิธี Longest Work Element Time Rule มีปรากฏใน สุมณ มาลาสิทธิ์ [3] มีขั้นตอนตามผังงานที่แสดงในรูปที่ 3.3



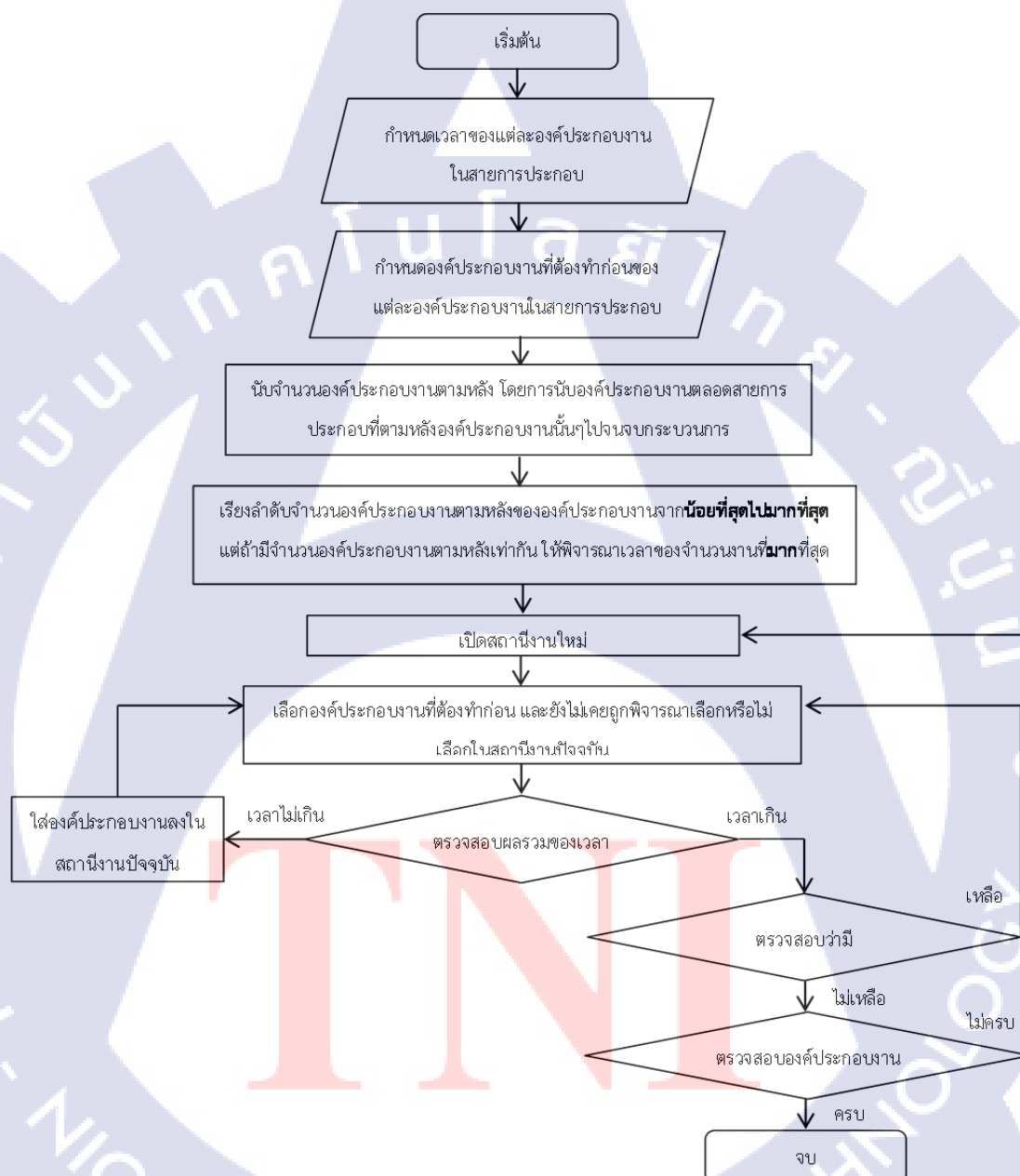
รูปที่ 3.3 วิธี Most Following Work Element Method Using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion

3.2.4 วิธีกร Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWES) ซึ่งมีปรากฏใน P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [16] โดย Most Following Work Element Method มีปรากฏใน สุมณ มาลาสิทธิ์ [3], พิภพ ลลิตาภรณ์ [5] และ นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ [9] และวิธี Shortest Work Element Time Rule มีปรากฏใน B. Ibrahim [18] มีขั้นตอนตามผังงานที่แสดงในรูปที่ 3.4



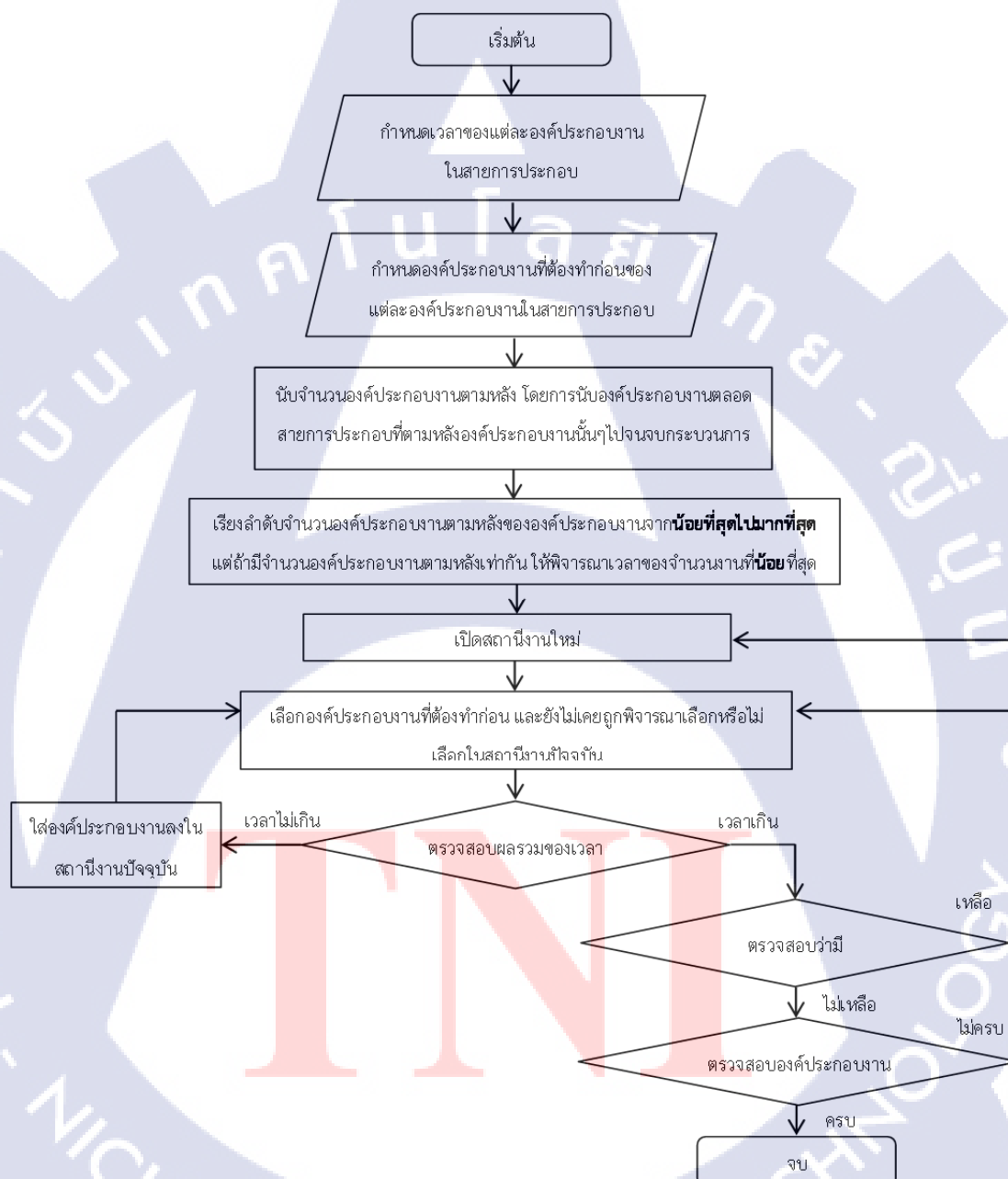
รูปที่ 3.4 วิธี Most Following Work Element Method Using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion

3.2.5 วิธี การ Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWEL) โดย Least Following Work Element Method มีปรากฏใน B. Ibrahim [18] และวิธี Longest Work Element Time Rule มีปรากฏใน สุมณ มาลาสิทธิ์ [3] ขั้นตอนตามผังงานที่แสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วิธี Least Following Work Element Method Using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion

3.2.6 วิธีกร Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWES) โดย Least Following Work Element Method มีปรากฏใน B. Ibrahim [18] และวิธี Shortest Work Element Time Rule มีปรากฏใน มีขั้นตอนตามผังงานที่แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วิธี Least Following Work Element Method Using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion

3.3 วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบย้อนหลังที่ใช้ในงานวิจัย

วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบย้อนหลัง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการทำ Reverse มีขั้นตอนเหมือนกับแบบปกติของแต่ละวิธีการ กล่าวได้ว่า หากจะทำ Reverse ของวิธีการใด ขั้นตอนเริ่มต้นคือ จะต้องเปลี่ยนทิศทางหัวลูกศรใน Precedence diagram เป็นตรงข้าม จากนั้นพิจารณาองค์ประกอบงานที่ต้องทำก่อน เพราะความสัมพันธ์ขององค์ประกอบงานที่ต้องทำก่อนจะเปลี่ยนไปจากแบบปกติ แล้วทำตามกระบวนการของการจัดสมดุลสายการประกอบแบบปกติ เช่นวิธี Reverse LCR (R-LCR) จะทำตามกระบวนการของการจัดสมดุลของ LCR เป็นต้น เมื่อจัดเรียงเข้าสถานีงานใหม่จนครบทุกองค์ประกอบงานแล้ว ต้องเรียงลำดับใหม่อีกรอบจึงจะเป็นคำตอบได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าลำดับการเรียงที่ได้ดังตารางที่ 3.1 แต่หากใช้งานจะต้องทำเรียงตามตารางที่ 3.2 กล่าวคือ จะต้องเป็นไปตามการทำงานปกติในสายการประกอบ เช่น จัดเรียงในสถานีงานใหม่แล้ว องค์ประกอบงานที่ 1 จะไปอยู่ในสถานีงานสุดท้าย แต่ในความเป็นจริง องค์ประกอบงานที่ 1 จะต้องอยู่ในการทำงานของสถานีงานแรกจึงจะถูกต้อง แล้วจึงคำนวณประสิทธิภาพสายการประกอบต่อไป วิธี R-RPW สำหรับวิธี R-LCR, R-MFWEL และ R-MFWES สามารถสืบค้นได้จาก P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks [16]

ตารางที่ 3.1 สถานีใหม่ที่จัดได้

สถานีงาน	องค์ประกอบงาน	เวลาสถานี (Sec)
1	20,18,17,19,16,15,14,10,9,8,7,6,13,12	27.99
2	4,5,2,11,3,1	28.23

ตารางที่ 3.2 ตารางใช้งาน

สถานีงาน	องค์ประกอบงาน	เวลาสถานี (Sec)
1	1,3,11,2,5,4	28.23
2	12,13,6,7,8,9,10,14,15,16,19,17,18,20	27.99

3.4 กรณีปัญหาจากโรงงาน

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาในโรงงานซึ่งมีลักษณะสายการประกอบเป็นสถานีงาน ชิ้นงานจะถูกลำเลียงจากสถานีงานหนึ่งไปอีกสถานีงานหนึ่งที่ติดกันด้วยสายพาน ผู้ปฏิบัติงานที่นั่งประจำสถานีงานจะหยิบชิ้นงานที่อยู่บนสายพานมาประกอบบนโต๊ะทำงานของตนเองจนเสร็จ แล้ววางชิ้นงานที่ประกอบเสร็จแล้วไว้บนสายพาน ให้สายพานเป็นตัวพาชิ้นงานนั้นๆ ไปให้ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่สถานีถัดไปได้หยิบชิ้นงานของตนขึ้นมาประกอบชิ้นส่วนอื่นๆบนโต๊ะทำงาน ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าชิ้นงานจะประกอบครบทุกชิ้นส่วน ผู้วิจัยจะทำการบันทึกภาพกิจกรรมต่างๆ ของผู้ปฏิบัติงานในแต่ละสถานีงาน จากนั้นจดบันทึกชื่อชิ้นส่วนต่างๆ ในแต่ละสถานี และในแต่ละโมเดล จับเวลาการปฏิบัติงานจากภาพที่บันทึกได้ ดังแสดงในแต่ละโมเดลดังต่อไปนี้

3.4.1 โมเดลที่ 1

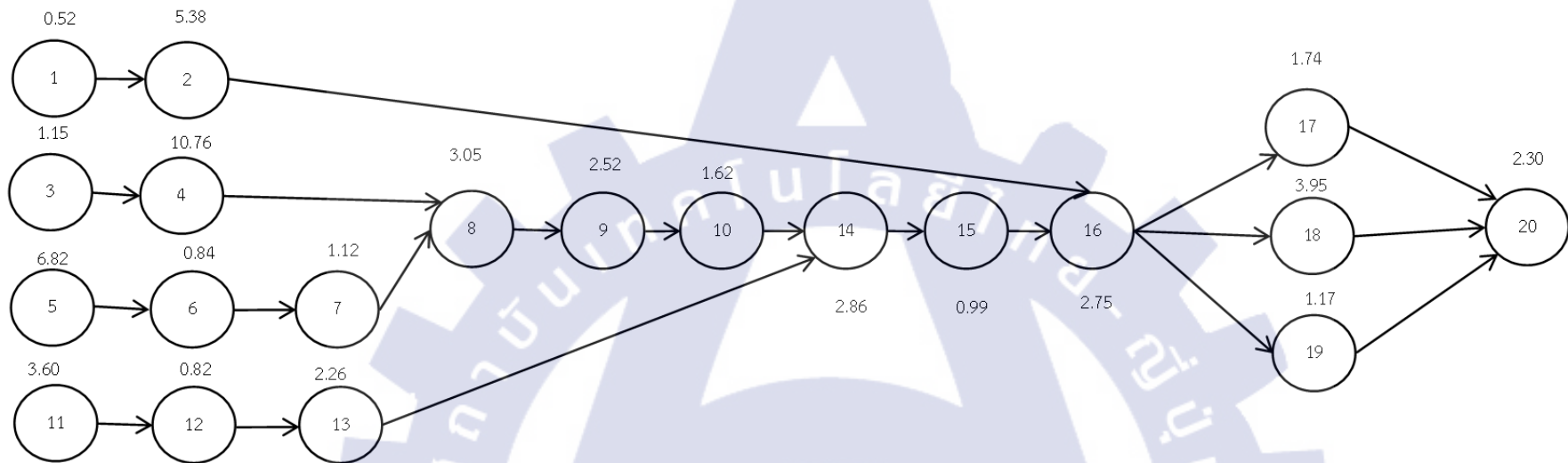
องค์ประกอบงานของการประกอบชิ้นงานโมเดลที่ 1 นั้นมีอยู่ทั้งหมด 20 องค์ประกอบงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.3 เวลาขององค์ประกอบงานซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที ได้มาจากค่าเฉลี่ยของการจับเวลาทั้งหมด 5 ครั้งในดังแสดงในตารางที่ ก.1 ในแต่ละองค์ประกอบงานจะมีความสัมพันธ์ของงานที่ต้องทำก่อนระบุอยู่ด้วยตามความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นว่าในวงกลมจะมีตัวเลขแทนองค์ประกอบงานย่อย มีลูกศรเป็นตัวกำหนดทิศทางว่า องค์ประกอบงานใดต้องทำก่อนองค์ประกอบงานใด และเมื่อองค์ประกอบงานหนึ่งทำเสร็จจะต้องทำองค์ประกอบงานใดต่อไป โดยมีตัวเลขที่แสดงอยู่ด้านบนของวงกลมเป็นเวลาขององค์ประกอบงานนั้นๆ เมื่อนำมาบันทึกในลักษณะตารางจะเห็นว่า ถ้าหากองค์ประกอบงานใดไม่มีตัวเลขขององค์ประกอบงานที่ต้องทำก่อนหมายความว่าสามารถพิจารณางานนั้นๆก่อนได้เลย เพราะไม่มีงานที่ต้องทำให้เสร็จก่อน แต่ถ้าองค์ประกอบงานใดมีตัวเลขขององค์ประกอบงานที่ต้องทำก่อนมากกว่า 1 ตัว เช่น 4,7 หมายความว่า จะทำงานนั้นๆได้ องค์ประกอบงานที่ 4 และ 7 จะต้องทำเสร็จก่อน ถ้าองค์ประกอบงานที่ 4 ทำเสร็จแล้ว แต่ องค์ประกอบงานที่ 7 ยังไม่ได้ทำ ก็ไม่มีสิทธิ์พิจารณางานนั้นๆ ได้ ซึ่งจะมีผลต่อการจัดเรียงเข้าสถานีงานใหม่ในแต่ละวิธีที่ได้กล่าวไว้ในวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบทั่วไปที่ใช้ในงานวิจัยนี้ข้างต้นแล้ว

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 1

k	คำอธิบายองค์ประกอบงาน	เวลาของ องค์ประกอบงาน (วินาที)	องค์ประกอบงาน ที่ต้องทำก่อน (Immediate Predecessors)
1	ทำเครื่องหมายถูกที่ฝาปิดหน้า (Bezel)	0.52	-
2	ประกอบคลิปล็อก (Clips) จำนวน 4 ตำแหน่งที่ ฝาปิดหน้า	5.38	1
3	นำกรอบ CTR (CTR Case) ออกมาจาก สายพาน	1.15	-
4	ติดยางกันลมรั่ว (Urethane) บนกรอบ CTR	10.76	3
5	ใส่บานปรับช่องแอร์ 5 ประเภท ประเภทละ 1 ชิ้น ได้แก่ บานปรับ A (Fin A) จำนวน 1 ชิ้น, บานปรับ B (Fin B) จำนวน 1 ชิ้น, บานปรับ C (Fin C) จำนวน 1 ชิ้น, บานปรับ D (Fin D) จำนวน 1 ชิ้น, และ บานปรับ E (Fin E) จำนวน 1 ชิ้น ลงในอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig)	6.82	-
6	โยกคันโยกเพื่ออัดบานปรับ A, บานปรับ B, บานปรับ C, บานปรับ D และ บานปรับ E ให้ เข้ากัน (บานปรับที่อัดรวมกันเสร็จแล้วจะถูก เรียกว่า ชุดบานปรับ A-E)	0.84	5
7	ทาน้ำมันหล่อลื่นที่ชุดบานปรับ A-E	1.12	6
8	ทาน้ำมันหล่อลื่นที่กรอบ CTR	3.05	4, 7
9	ประกอบกรอบ CTR เข้ากับชุดบานปรับ A-E (เรียกชุดบานปรับ A-E ที่ประกอบเข้ากับกรอบ CTR เสร็จแล้วว่า ชุด CTR RR)	2.52	8
10	ทดสอบโยก (Shaking Test) ชุด CTR RR	1.62	9

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 1 (ต่อ)

k	คำอธิบายองค์ประกอบงาน	เวลาของ องค์ประกอบงาน (วินาที)	องค์ประกอบงาน ที่ต้องทำก่อน (Immediate Predecessors)
11	ใส่บานปรับช่องแอร์ 3 ประเภท ประเภทละ 1 ชิ้น ได้แก่ บานปรับ A (Fin A) จำนวน 1 ชิ้น, บานปรับ B (Fin B) จำนวน 1 ชิ้น และบานปรับ C (Fin C) จำนวน 1 ชิ้น ลงในอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig)	3.60	-
12	โยกคันโยกเพื่ออัดบานปรับ A, บานปรับ B และ บานปรับ C, ให้เข้ากัน (บานปรับที่อัดรวมกันเสร็จแล้วจะถูกเรียกว่า ชุด CTR FR)	0.82	11
13	ประกอบชุด CTR RR กับชุด CTR FR เข้าด้วยกันโดยใช้ตัวโฮลเดอร์ (เรียกชิ้นส่วนที่เกิดจากการประกอบชุด CTR RR กับชุด CTR FR เข้าด้วยกันว่า ชุด CTR)	2.26	12
14	ประกอบชุด CTR ลงบนตัวดันบานปรับช่องแอร์ (Knob)	2.86	10, 13
15	ทดสอบโยก (Shaking Test) ชุด CTR	0.99	14
16	นำชุด CTR วางครอบลงบนฝาปิดหน้า (Bezel) ซึ่งได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์	2.75	2, 15
17	ทดสอบการทำงานพื้นฐานของผลิตภัณฑ์	1.74	16
18	ทำเครื่องหมายสัญลักษณ์เพื่อแสดงให้ทราบว่าผ่านการตรวจสอบแล้ว	3.95	16
19	ทดสอบการทำงานพื้นฐานของผลิตภัณฑ์อีกครั้งหนึ่ง	1.17	16
20	ตรวจสอบพื้นผิวของผลิตภัณฑ์และบรรจุลงกล่อง	2.30	17, 18, 19



รูปที่ 3.7 แผนภาพลำดับก่อนหลัง (Precedence Diagram) ของโมเดลที่ 1

3.4.2 โมเดลที่ 2

องค์ประกอบงานของการประกอบชิ้นงานโมเดลที่ 2 นั้นมีอยู่ทั้งหมด 30 องค์ประกอบงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.4 เวลาขององค์ประกอบงานซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที ได้มาจากค่าเฉลี่ยของการจับเวลาทั้งหมด 4 ครั้งในดังแสดงในตารางที่ ก.2 ในแต่ละองค์ประกอบงานจะมีความสัมพันธ์ของงานที่ต้องทำก่อนระบุอยู่ด้วยตามความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นว่าในวงกลมจะมีตัวเลขแทนองค์ประกอบงานย่อย มีลูกศรเป็นตัวกำหนดทิศทางว่า องค์ประกอบงานใดต้องทำก่อนองค์ประกอบงานใด และเมื่อองค์ประกอบงานหนึ่งทำเสร็จจะต้องทำองค์ประกอบงานใดต่อไป โดยมีตัวเลขที่แสดงอยู่ด้านบนของวงกลมเป็นเวลาขององค์ประกอบงานนั้นๆ เมื่อนำมาบันทึกในลักษณะตารางจะเห็นว่า ถ้าหากองค์ประกอบงานใดไม่มีตัวเลขขององค์ประกอบงานที่ต้องทำก่อน หมายความว่าสามารถพิจารณางานนั้นๆ ก่อนได้เลย เพราะไม่มีงานที่ต้องทำให้เสร็จก่อน แต่ถ้าองค์ประกอบงานใดมีตัวเลขขององค์ประกอบงานที่ต้องทำก่อนมากกว่า 1 ตัว เช่น 1,3 หมายความว่า จะทำงานนั้นๆ ได้ องค์ประกอบงานที่ 1 และ 3 จะต้องทำเสร็จก่อน ถ้าองค์ประกอบงานที่ 1 ทำเสร็จแล้ว แต่องค์ประกอบงานที่ 3 ยังไม่ได้ทำ ก็ไม่มีสิทธิ์พิจารณางานนั้นๆ ได้ ซึ่งจะมีผลต่อการจัดเรียงเข้าสถานีนงานใหม่ในแต่ละวิธีที่จะได้กล่าวไว้ในวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบทั่วไปที่ใช้ในงานวิจัยนี้ข้างต้นแล้ว

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 2

k	คำอธิบายขององค์ประกอบงาน	เวลาของ องค์ประกอบงาน (วินาที)	องค์ประกอบงาน ที่ต้องทำก่อน (Immediate Predecessors)
1	หยอดจารบีใส่ลงในแกนกลางของกรอบนอก (Outer Case)	1.68	-
2	ใส่สปริง 1 ตัวลงในตัวเชื่อม (Link) ของบาน ปรับ A	1.74	1
3	หยอดจารบีลงในตัวเชื่อมของบานปรับ A (Fin A) และหยอดจารบีลงในตัวเชื่อมของบานปรับ B (Fin B)	3.63	2

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 2 (ต่อ)

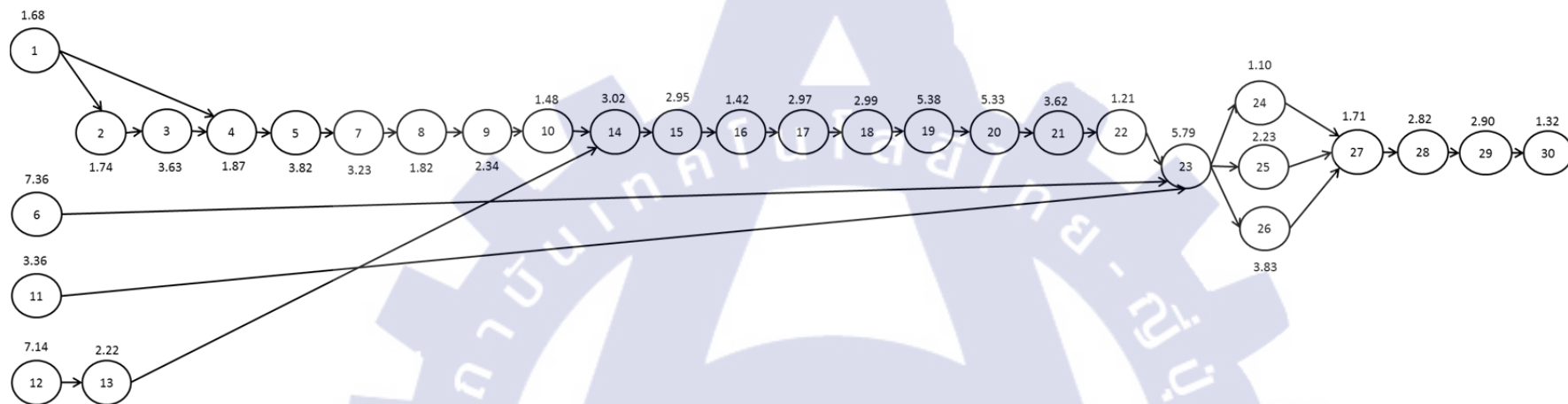
k	คำอธิบายองค์ประกอบงาน	เวลาของ องค์ประกอบงาน (วินาที)	องค์ประกอบงาน ที่ต้องทำก่อน (Immediate Predecessors)
4	ประกอบบานปรับ A และบานปรับ B โดยการ สอดลงในแกนกลางของกรอบนอก (เราเรียก บานปรับ A กับบานปรับ B ที่ประกอบกันเสร็จ แล้วนี้ว่า ชุดบานปรับ A-B และเรียกกรอบนอก ที่ประกอบเข้ากับชุดบานปรับ A-B ว่า ชุดกรอบ นอก โดยชุดบานปรับ A-B ได้กลายมาเป็น ชิ้นส่วนหนึ่งของชุดกรอบนอก)	1.87	1, 3
5	ทาน้ำมันหล่อลื่นที่ขาล็อกด้านนอกของชุดกรอบ นอก	3.82	4
6	นำตัวกันกระแทก (Seal) จำนวน 1 เส้น มาติด ที่ชุดกรอบนอก	7.36	-
7	ใส่ยาง (Rubber) ลงในตัวเชื่อมของชุดบานปรับ A-B	3.23	5
8	ใส่ชุดกรอบนอกลงในอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig) แล้วนำตัวดัน C (Knob C) มาครอบตัวเชื่อม ของชุดบานปรับ A-B	1.82	7
9	นำตัวปิดตัวเชื่อมบานปรับ (Joint Cover) 1 ชิ้น มาครอบตัวดัน C โดยการอัดให้ลงล็อก	2.34	8
10	นำชุดกรอบนอกออกจากอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน แล้วทดลองหมุนตัวปิดตัวเชื่อมบานปรับ	1.48	9
11	ประทับตรารุ่นการผลิต (Product Lot) ลงบน ชุดกรอบนอก	3.36	-
12	หยิบยาง (Rubber) 1 ชิ้น มาประกอบเข้ากับ บานปรับ A จำนวน 1 ชิ้น	7.14	-

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 2 (ต่อ)

k	คำอธิบายองค์ประกอบงาน	เวลาของ องค์ประกอบงาน (วินาที)	องค์ประกอบงาน ที่ต้องทำก่อน (Immediate Predecessors)
13	ทาน้ำมันหล่อลื่นที่บริเวณขาล็อกของบานปรับ A	2.22	12
14	กดบานปรับ A ลงในชุดกรอบนอก	3.02	10, 13
15	นำชุดกรอบนอกมาวางลงในอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน และนำตัวดัน A (Knob A) กับตัวดัน B (Knob B) มาประกอบกันและนำไปประกอบเข้ากับชุดกรอบนอก	2.95	14
16	ทาน้ำมันหล่อลื่นที่ขาตัวดัน B (Knob B) แล้ววางบนขาตัวดัน C (Knob C) แล้วอัดตัวดัน A, ตัวดัน B และตัวดัน C ลงไปในชุดกรอบนอกให้สุดด้วยเครื่องอัดนิวแมติกส์ (เรียกชุดตัวดัน)	1.42	15
17	นำชุดกรอบนอกที่อัดชุดตัวดันเรียบร้อยแล้ว ออกมาจากอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig) จากนั้นทดสอบความแน่นโดยการทดลองหมุนและโยก	2.97	16
18	ประกอบกรอบใน (Inner Case) กับชุดกรอบนอกเข้าด้วยกัน (เรียกกรอบในและชุดกรอบนอกที่ประกอบกันเรียบร้อยแล้วว่า ชุดกรอบ)	2.99	17
19	นำชุดกรอบมาพลิกเอาด้านล่างขึ้นแล้วนำไปวางใส่ลงในอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน จากนั้นนำฝาเปิดปิดลมเข้า (Flabs) จำนวน 2 ชิ้น มาประกอบที่ชุดกรอบ	5.38	18
20	นำชุดกรอบออกจากอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน จากนั้นหมุนชุดตัวดันเพื่อปิดฝาเปิดปิดลมเข้า	5.33	19
21	ทาน้ำมันหล่อลื่นบริเวณรอบๆ ฝาเปิดปิดลมเข้า	3.62	20

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 2 (ต่อ)

k	คำอธิบายองค์ประกอบงาน	เวลาของ องค์ประกอบงาน (วินาที)	องค์ประกอบงาน ที่ต้องทำก่อน (Immediate Predecessors)
22	หมุนชุดตัวดันเพื่อทดสอบการเปิดปิดของฝาเปิด ปิดลมเข้า	1.21	21
23	นำฝาปิดหน้ามาประกอบเข้ากับชุดกรอบ ซึ่งทำ ให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์	5.79	6, 11, 22
24	เขย่าผลิตภัณฑ์เบาๆ เพื่อฟังเสียงสปริง, ทดลอง โยกชุด บานปรับขึ้นลง และโยกซ้ายขวาเพื่อเช็ค น้ำหนักและฟังก์ชันอื่น	1.10	23
25	ตรวจสอบขาล็อกของชุดกรอบนอกกับฝาปิด หน้า และตรวจสอบขาล็อกของกรอบในกับชุด กรอบนอก	2.23	23
26	ตรวจสอบขาแหวนล็อกตรงบริเวณรอยเชื่อม	3.83	23
27	เป่าผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องเป่าลมไฟฟ้าสถิตย์	1.71	24,25,26
28	ทำเครื่องหมายสัญลักษณ์เพื่อแสดงให้ทราบว่า ผ่านการตรวจสอบแล้ว	2.82	27
29	นำผลิตภัณฑ์มาใส่ถุง และห่อให้เรียบร้อย	2.90	28
30	บรรจุใส่กล่อง	1.32	29



รูปที่ 3.8 แผนภาพลำดับก่อนหลัง (Precedence Diagram) ของโมเดลที่ 2

3.4.3 โมเดลที่ 3

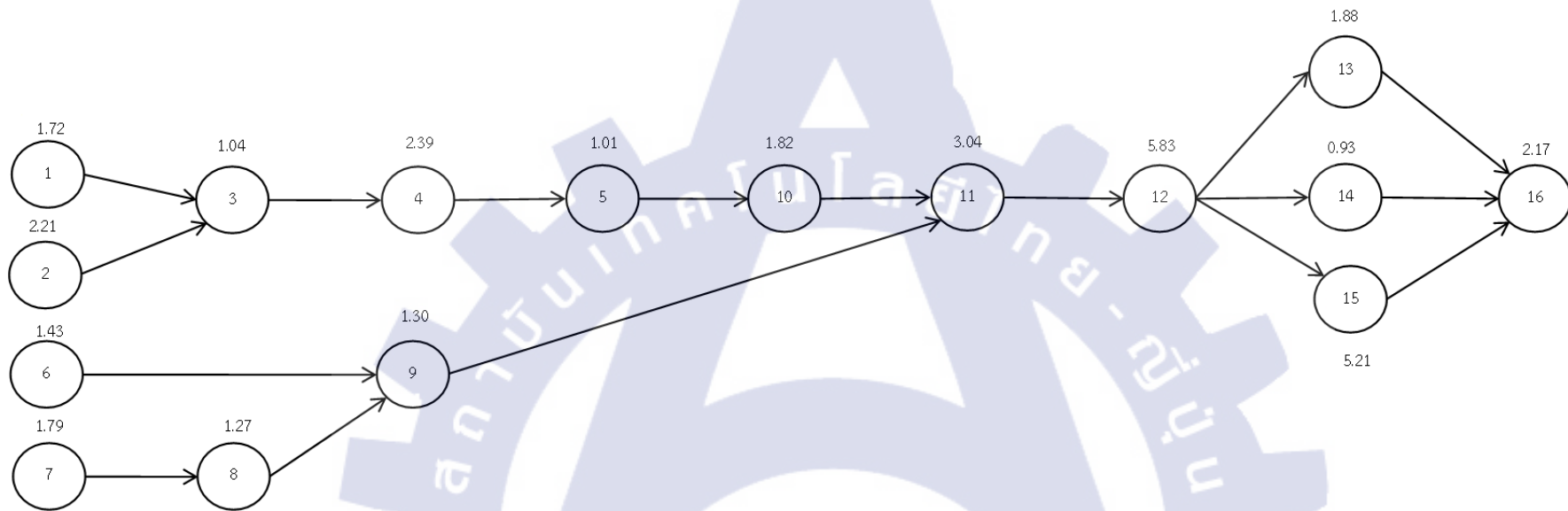
องค์ประกอบงานของการประกอบชิ้นงานโมเดลที่ 3 นั้นมีอยู่ทั้งหมด 16 องค์ประกอบงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.5 เวลาขององค์ประกอบงานซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที ได้มาจากค่าเฉลี่ยของการจับเวลาทั้งหมด 5 ครั้งในดังแสดงในตารางที่ ก.3 ในแต่ละองค์ประกอบงานจะมีความสัมพันธ์ของงานที่ต้องทำก่อนระบุอยู่ด้วย ตามความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.9 แสดงให้เห็นว่าในวงกลมจะมีตัวเลขแทนองค์ประกอบงานย่อย มีลูกศรเป็นตัวกำหนดทิศทางว่า องค์ประกอบงานใดต้องทำก่อนองค์ประกอบงานใด และเมื่อองค์ประกอบงานหนึ่งทำเสร็จจะต้องทำองค์ประกอบงานใดต่อไป โดยมีตัวเลขที่แสดงอยู่ด้านบนของวงกลมเป็นเวลาขององค์ประกอบงานนั้นๆ เมื่อนำมาบันทึกในลักษณะตารางจะเห็นว่า ถ้าหากองค์ประกอบงานใดไม่มีตัวเลขขององค์ประกอบงานที่ต้องทำก่อน หมายความว่าสามารถพิจารณางานนั้นๆก่อนได้เลย เพราะไม่มีงานที่ต้องทำให้เสร็จก่อน แต่ถ้าองค์ประกอบงานใดมีตัวเลขขององค์ประกอบงานที่ต้องทำก่อนมากกว่า 1 ตัว เช่น 1,2 หมายความว่า จะทำงานนั้นๆได้ องค์ประกอบงานที่ 1 และ 2 จะต้องทำเสร็จก่อน ถ้าองค์ประกอบงานที่ 1 ทำเสร็จแล้ว แต่องค์ประกอบงานที่ 2 ยังไม่ได้ทำ ก็ไม่มีสิทธิ์พิจารณางานนั้นๆได้ ซึ่งจะมีผลต่อการจัดเรียงเข้าสถานีงานใหม่ในแต่ละวิธีที่จะได้กล่าวไว้ในวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบทั่วไปที่ใช้ในงานวิจัยนี้ข้างต้นแล้ว

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 3

k	คำอธิบายขององค์ประกอบงาน	เวลาของ องค์ประกอบงาน (วินาที)	องค์ประกอบงาน ที่ต้องทำก่อน (Immediate Predecessors)
1	นำตัวเชื่อมบานปรับช่องแอร์ด้านข้าง (Side Link) มาใส่ลงในอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig)	1.72	-
2	ใส่บานปรับ A (Fin A), บานปรับ B (Fin B) และบานปรับ C (Fin C) ลงในตัวเชื่อมบานปรับช่องแอร์ด้านข้าง (Side Link)	2.21	-
3	โยกคันโยกอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อประกอบบานปรับ A, บานปรับ B, บานปรับ C และตัวเชื่อมบานปรับช่องแอร์ด้านข้างเข้าด้วยกัน โดยเรียกชิ้นงานการประกอบนี้ว่า ชุดบานปรับ	1.04	1, 2

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดขององค์ประกอบงานของโมเดลที่ 3 (ต่อ)

k	คำอธิบายองค์ประกอบงาน	เวลาของ องค์ประกอบงาน (วินาที)	องค์ประกอบงาน ที่ต้องทำก่อน (Immediate Predecessors)
4	นำชุดบานปรับมาประกอบฝาปิดหน้าด้านข้าง (Side Panel) และเรียกรวมกันว่า ชุดฝาปิดหน้า	2.39	3
5	ทำสัญลักษณ์เพื่อยืนยันความถูกต้อง	1.01	4
6	นำกรอบด้านข้าง (Side Case) จำนวน 1 ชิ้น มาใส่แหวนล็อก (Ring)	1.43	-
7	นำกรอบด้านข้าง จำนวน 1 ชิ้น มาใส่สปริง (Spring)	1.79	-
8	นำกรอบด้านข้าง จำนวน 1 ชิ้น มาใส่ลูกปืน (Bearing)	1.27	7
9	นำกรอบด้านข้างทั้ง 3 ชิ้น จากองค์ประกอบงานที่ 6, 7 และ 8 มาประกอบเข้าด้วยกัน โดยเรียกรวมกันว่าชุดกรอบ	1.30	6, 8
10	ทาน้ำมันหล่อลื่นที่ชุดฝาปิดหน้า	1.82	5
11	นำชุดฝาปิดหน้ามาใส่บนชุดกรอบ จากนั้นดึงแหวนล็อกมาสอดสปริงเพื่อให้เข้าล็อกตรงตำแหน่ง	3.04	9, 10
12	ทดสอบความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนต่างๆ ในผลิตภัณฑ์	5.83	11
13	ทดสอบบานปรับช่องแอร์	1.88	12
14	ทดสอบเปิดปิด	0.93	12
15	ตรวจสอบพื้นผิวของผลิตภัณฑ์	5.21	12
16	ทำเครื่องหมายสัญลักษณ์เพื่อแสดงให้ทราบว่าผ่านการตรวจสอบแล้ว และวางลงในกล่อง	2.17	13, 14, 15



รูปที่ 3.9 แผนภาพลำดับก่อนหลัง (Precedence Diagram) ของโมเดลที่ 3

บทที่ 4

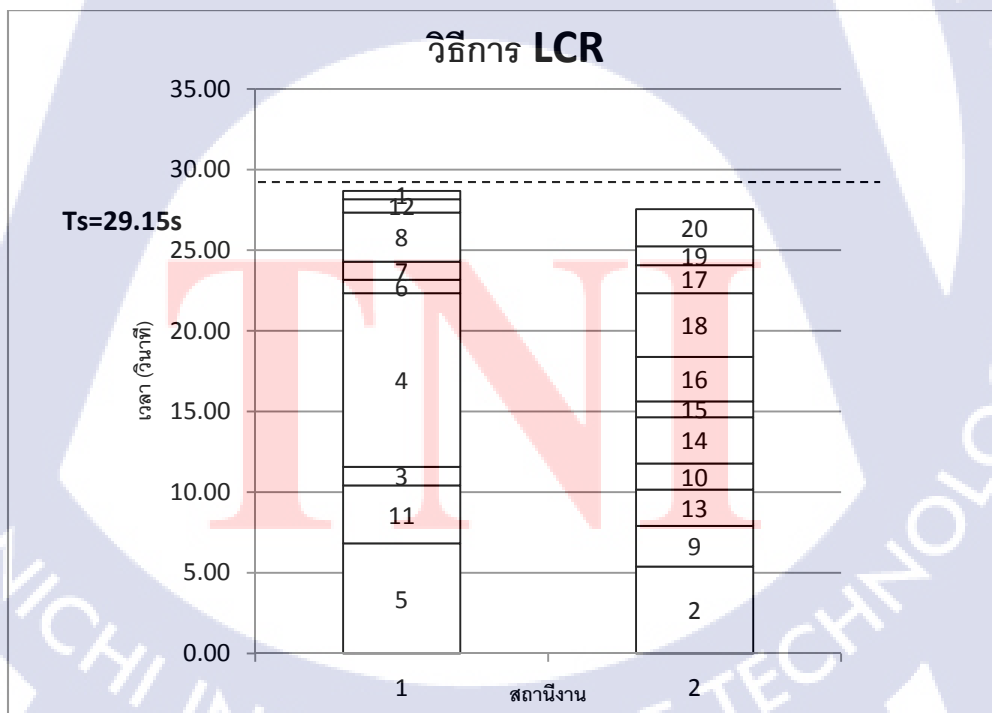
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานของโมเดล 1

จากการจัดองค์ประกอบงานเข้ายังสถานีนงานใหม่ตามวิธีการทั้ง 12 วิธีและเงื่อนไขของการมาก่อนหลัง จะทำให้ได้องค์ประกอบงานและจำนวนสถานีนงานเปลี่ยนไป โดยโมเดลที่ 1 นี้จากเดิม 4 สถานีนงาน ลดลงเหลือ 2 สถานีนงาน ทั้งนี้เป็นผลให้เกิดประสิทธิภาพของสายการประกอบที่ดีขึ้นดังต่อไปนี้

4.1.1 Largest Candidate Rule (LCR)

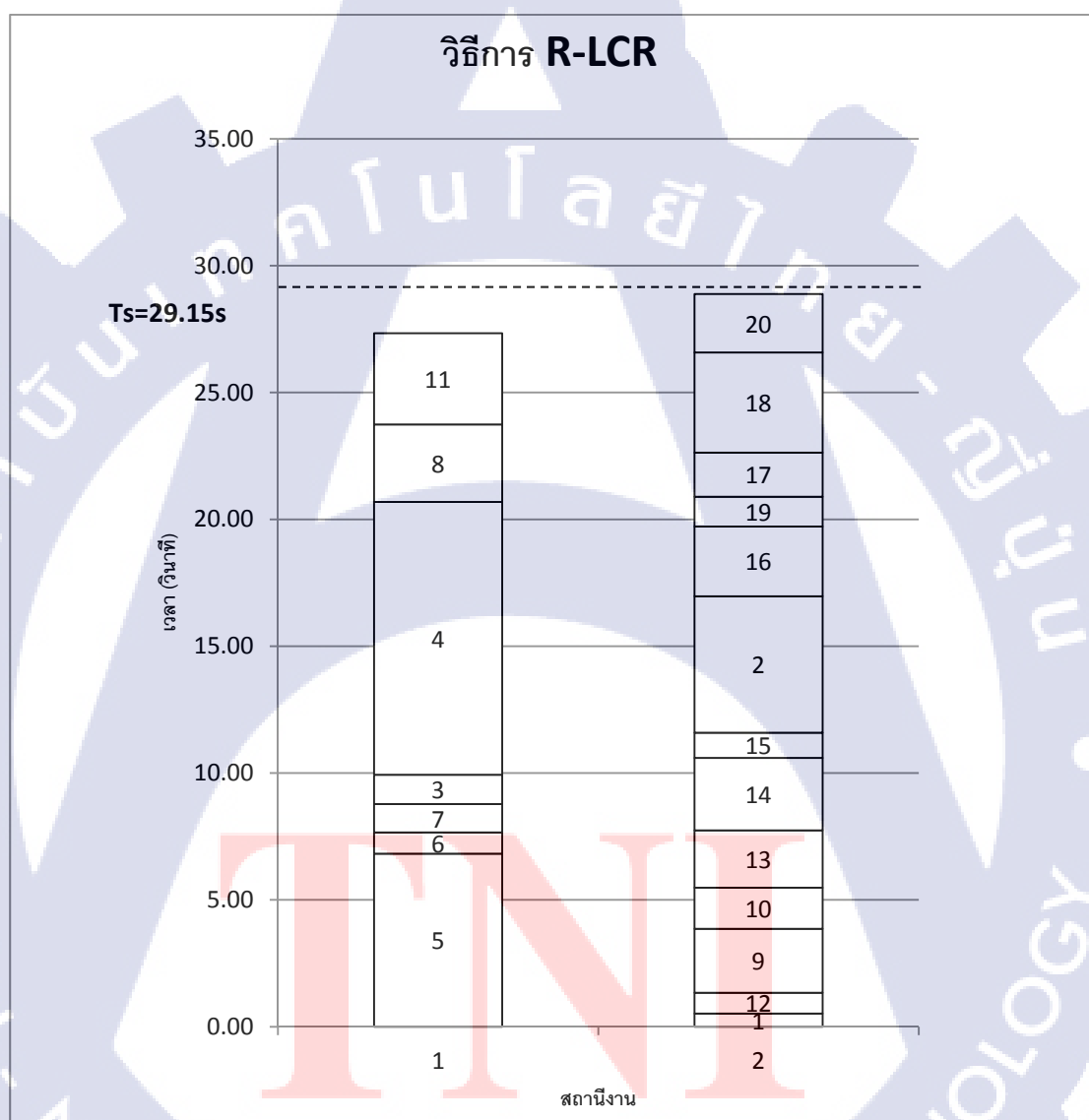
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ LCR เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิ เปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.1 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.980$ คิดเป็น 98.0 % (สามารถอ่านรายละเอียดของแผนภูมิมาซุมิได้ใน A. Blakeston [20])



รูปที่ 4.1 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LCR

4.1.2 Reversed Largest Candidate Rule (R-LCR)

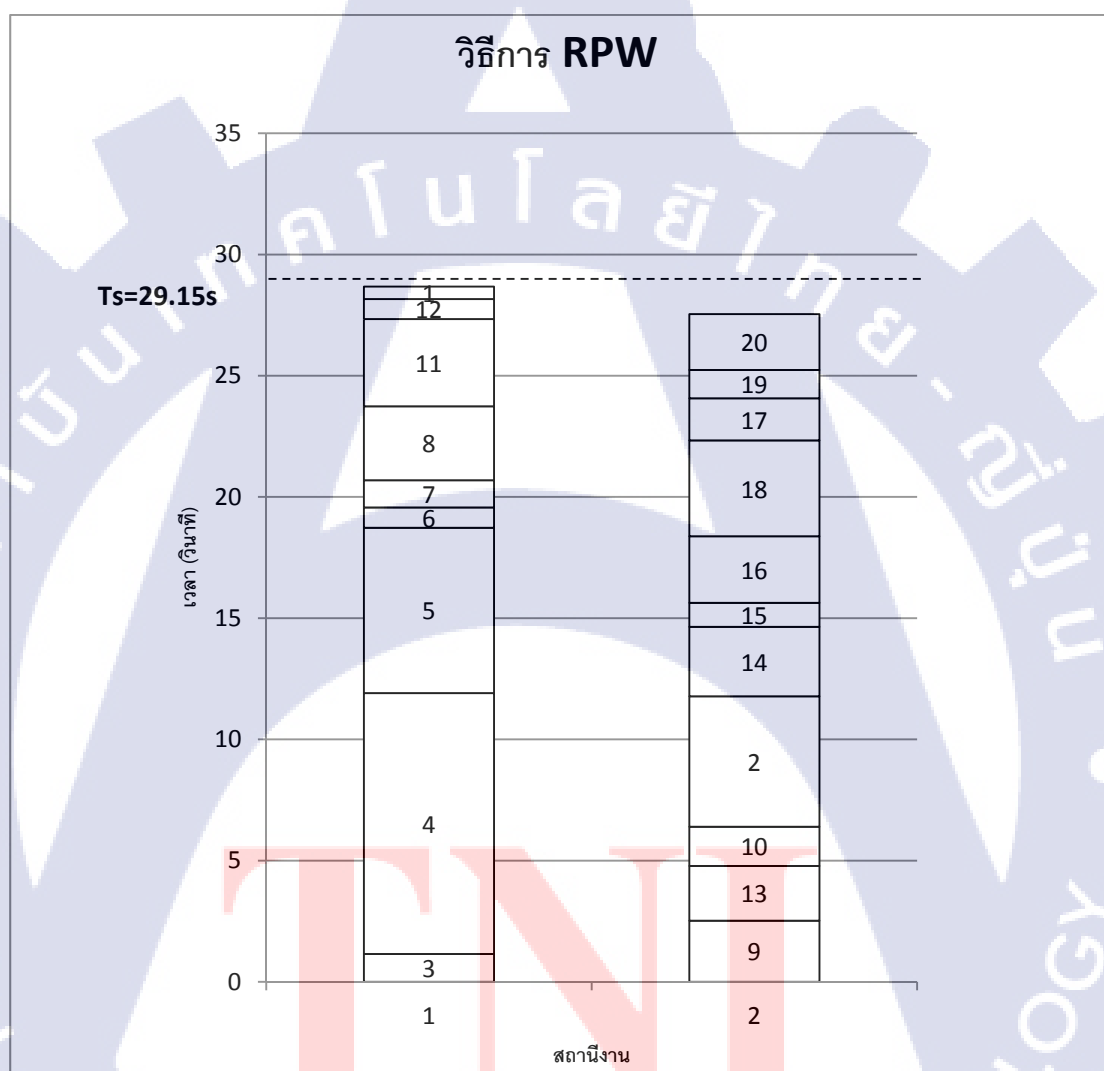
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ R-LCR เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิ เปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีนงานดังปรากฏในรูปที่ 4.2 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.973$ คิดเป็น 97.3%



รูปที่ 4.2 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LCR

4.1.3 Ranked Positional Weight Method (RPW)

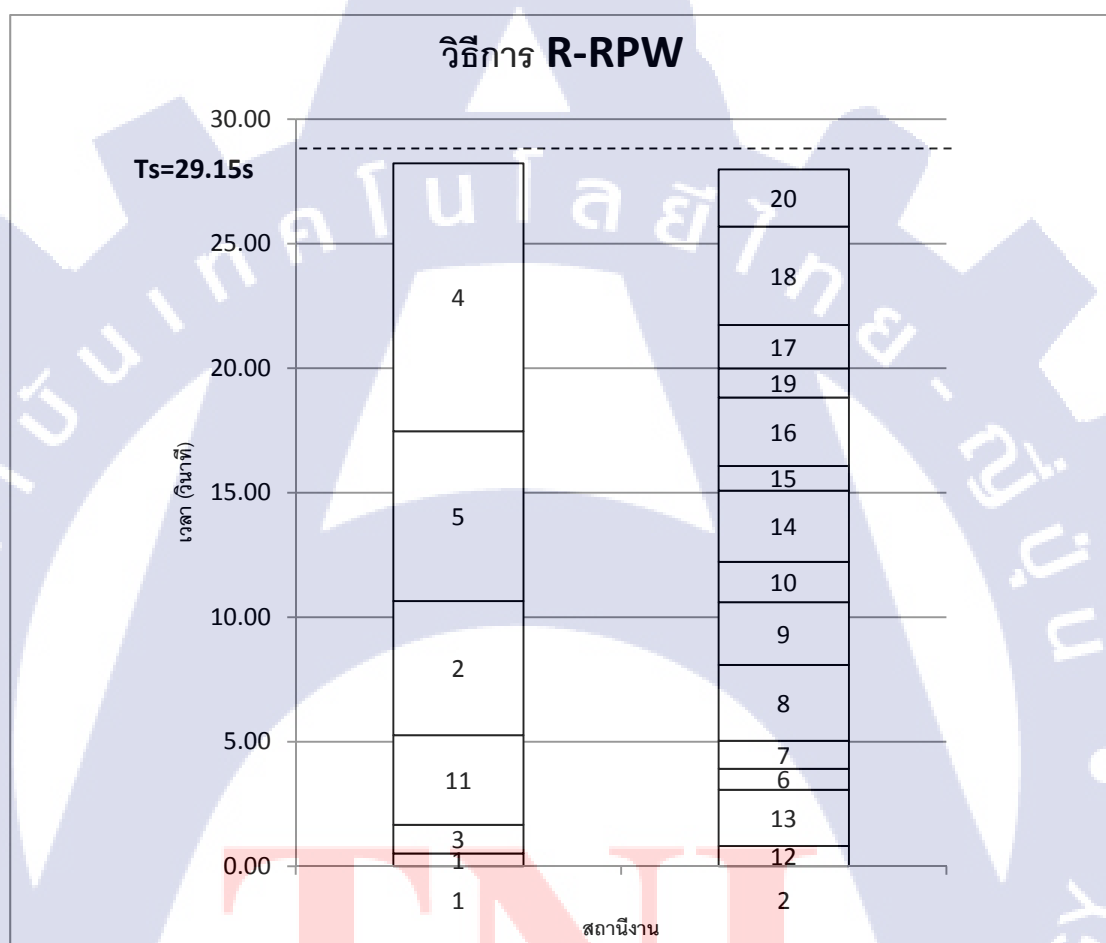
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ RPW เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิ เปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีนงานดังปรากฏในรูปที่ 4.3 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.980$ คิดเป็น 98.0%



รูปที่ 4.3 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ RPW

4.1.4 Reversed Ranked Positional Weight Method (R-RPW)

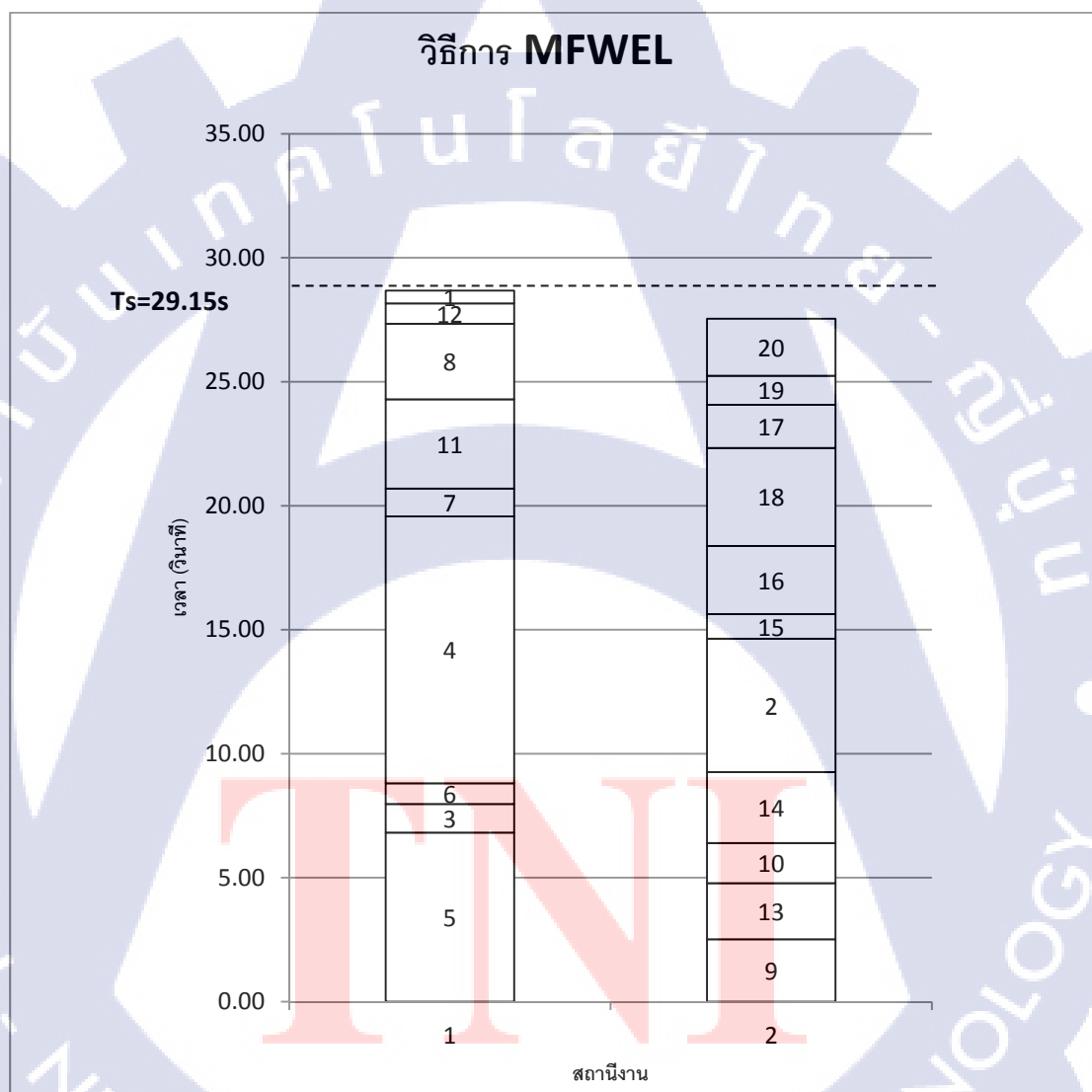
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ R-RPW เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบ เทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีนงานดังปรากฏในรูปที่ 4.4 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการ ประกอบ จะได้ $E_b = 0.995$ คิดเป็น 99.5%



รูปที่ 4.4 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-RPW

4.1.5 Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWEL)

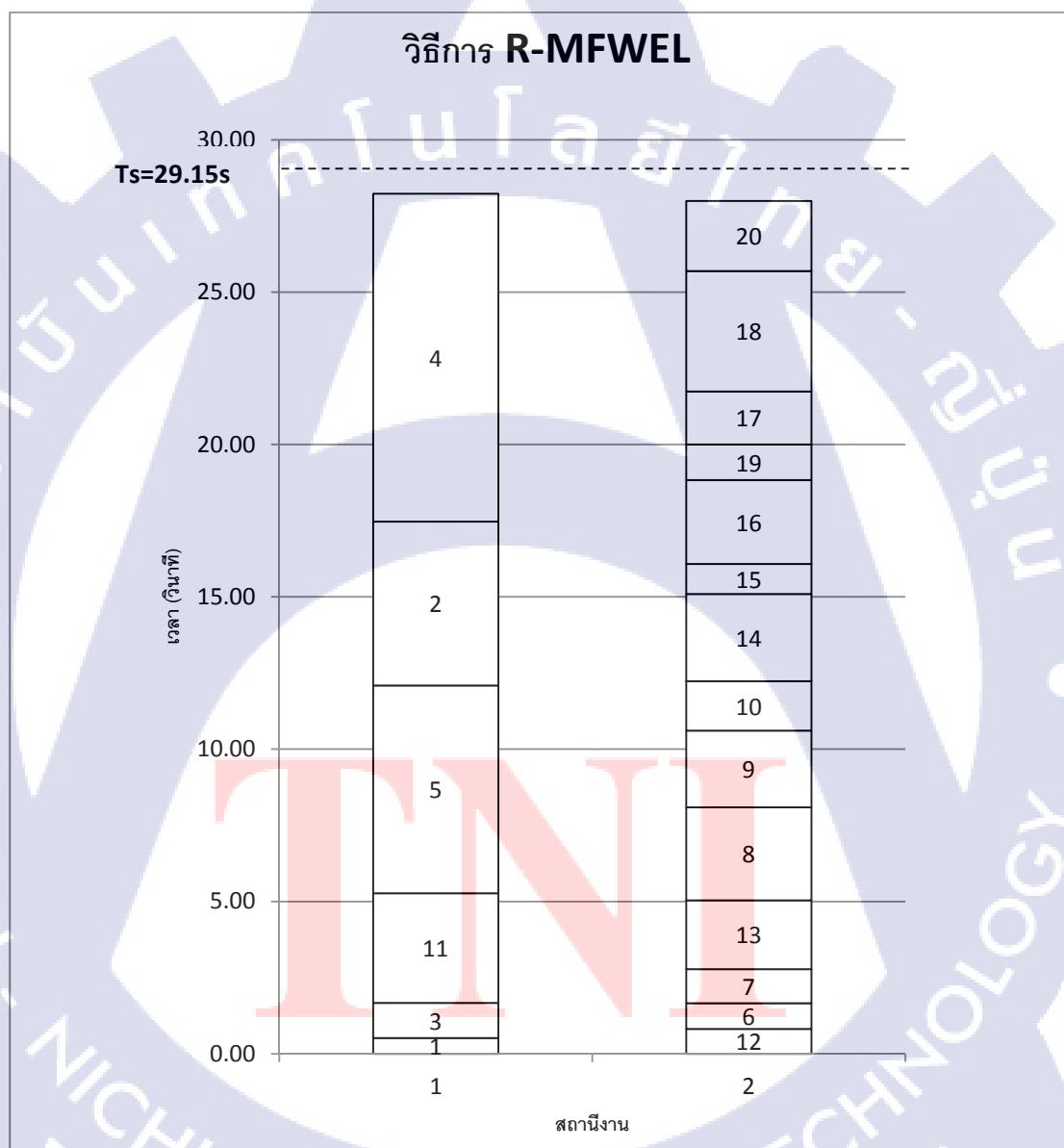
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ MFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบ เทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.5 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการ ประกอบ จะได้ $E_b = 0.980$ คิดเป็น 98.0%



รูปที่ 4.5 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ MFWEL

4.1.6 Reversed Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-MFWEL)

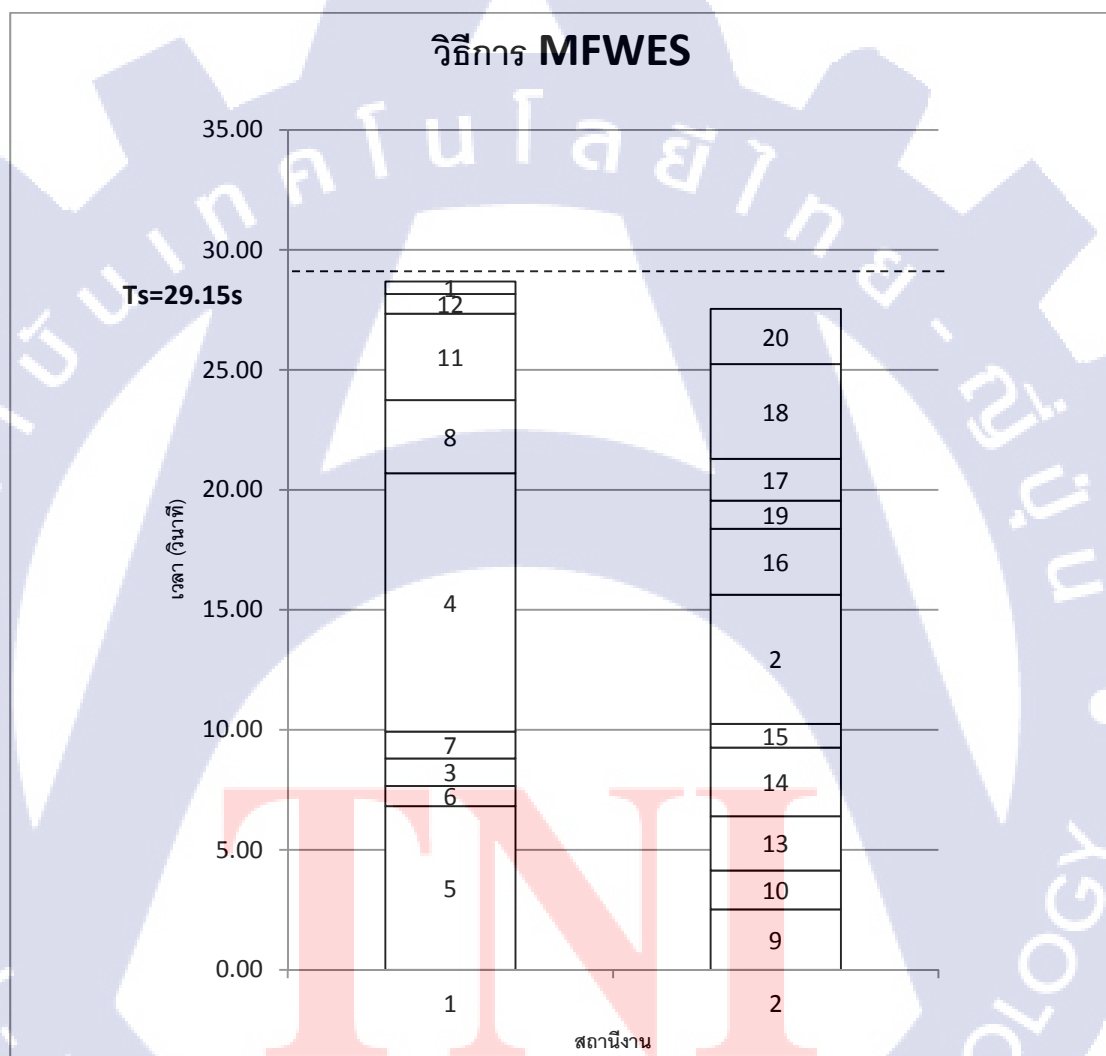
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ R-MFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.6 จำนวนประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.995$ คิดเป็น 99.5%



รูปที่ 4.6 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-MFWEL

4.1.7 Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWES)

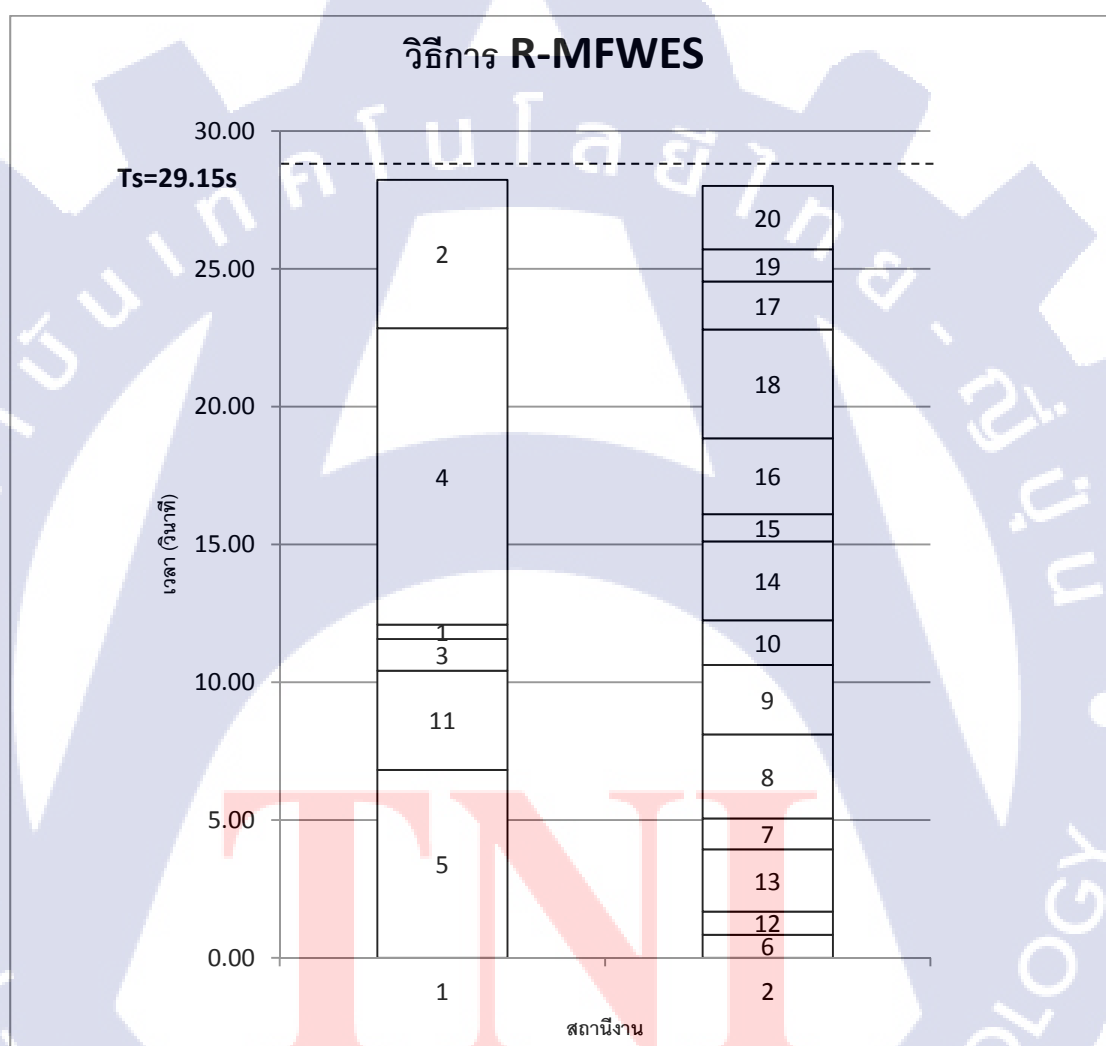
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ MFWES เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.7 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.989$ คิดเป็น 98.9%



รูปที่ 4.7 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ MFWES

4.1.8 Reverse Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-MFWES)

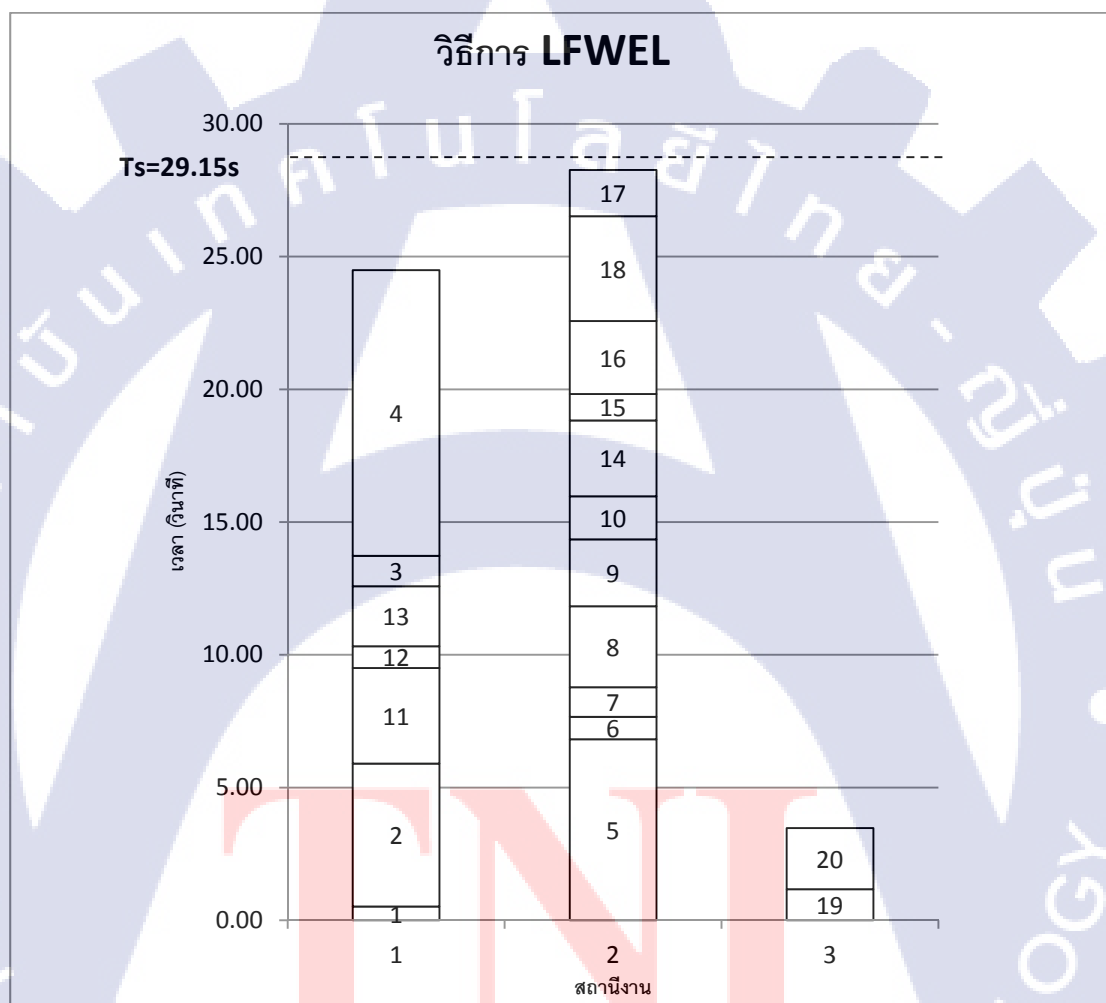
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานี่งานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ R-MFWES เวลาแต่ละสถานี่งานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานี่ดังปรากฏในรูปที่ 4.8 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.995$ คิดเป็น 99.5%



รูปที่ 4.8 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-MFWES

4.1.9 Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWEL)

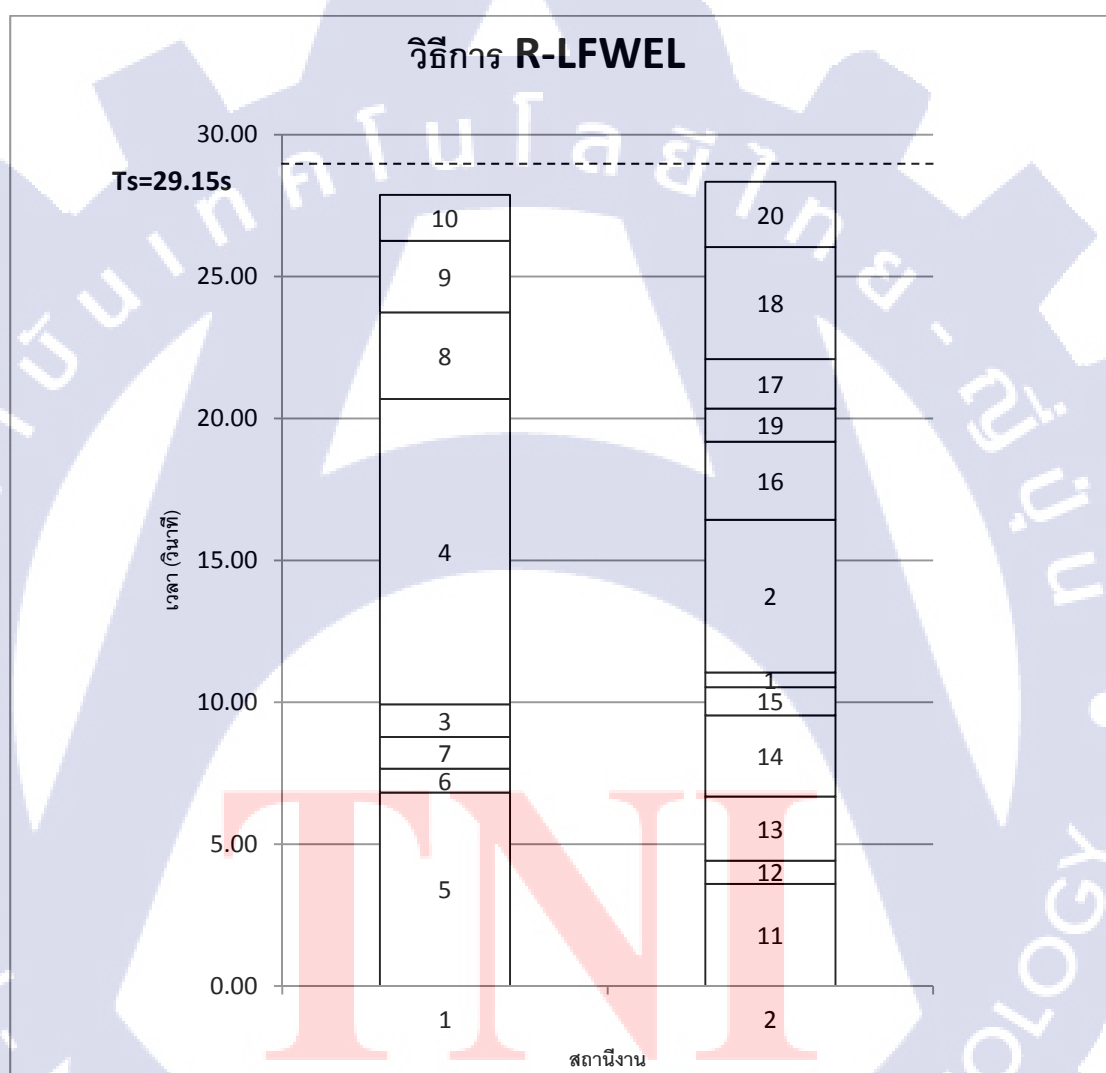
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ LFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 29.15 ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิ อ่านเพิ่มเติมในเปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.9 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.663$ คิดเป็น 66.3%



รูปที่ 4.9 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LFWEL

4.1.10 Reversed Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-LFWEL)

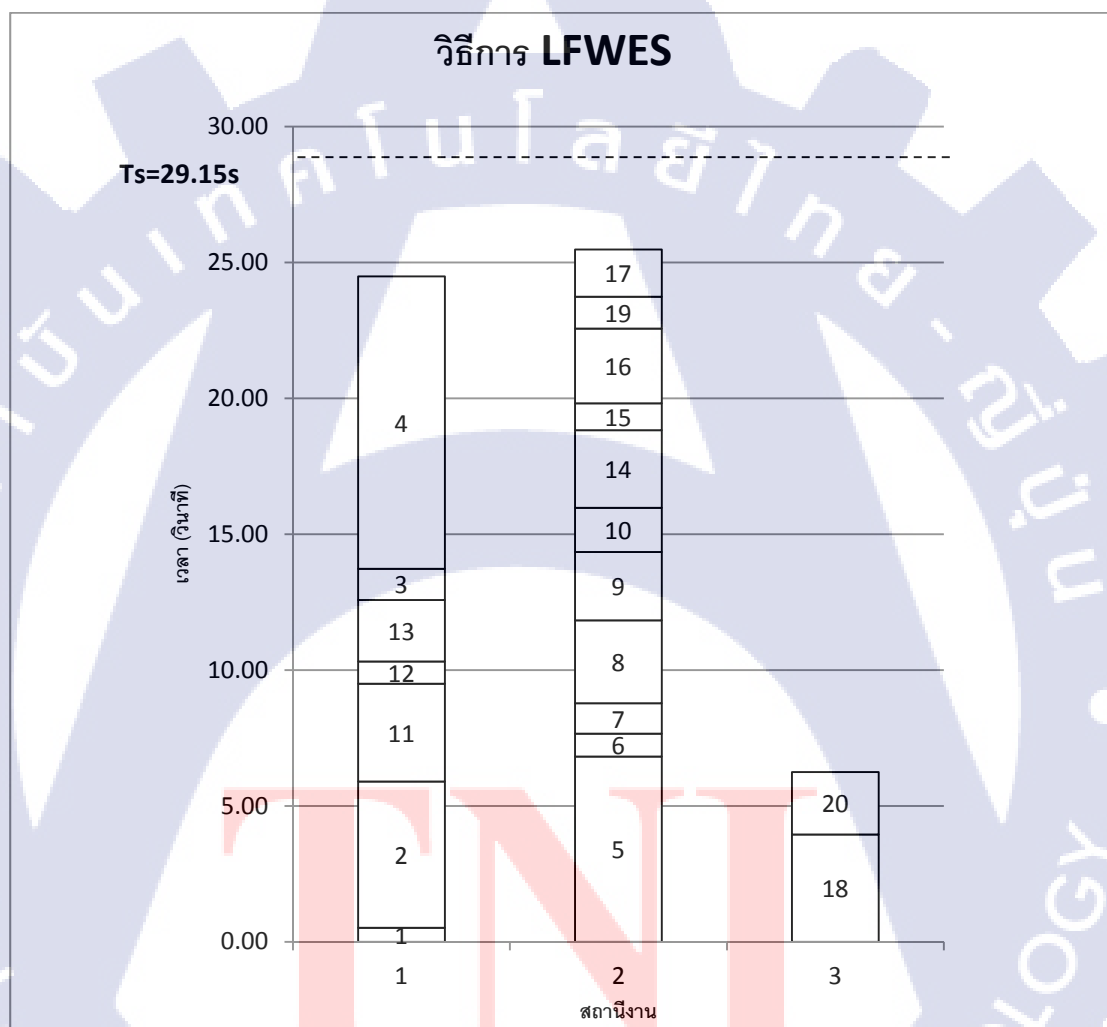
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ R-LFWEL เวลาแต่ละสถานงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานงานดังปรากฏในรูปที่ 4.10 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.991$ คิดเป็น 99.1%



รูปที่ 4.10 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LFWEL

4.1.11 Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWES)

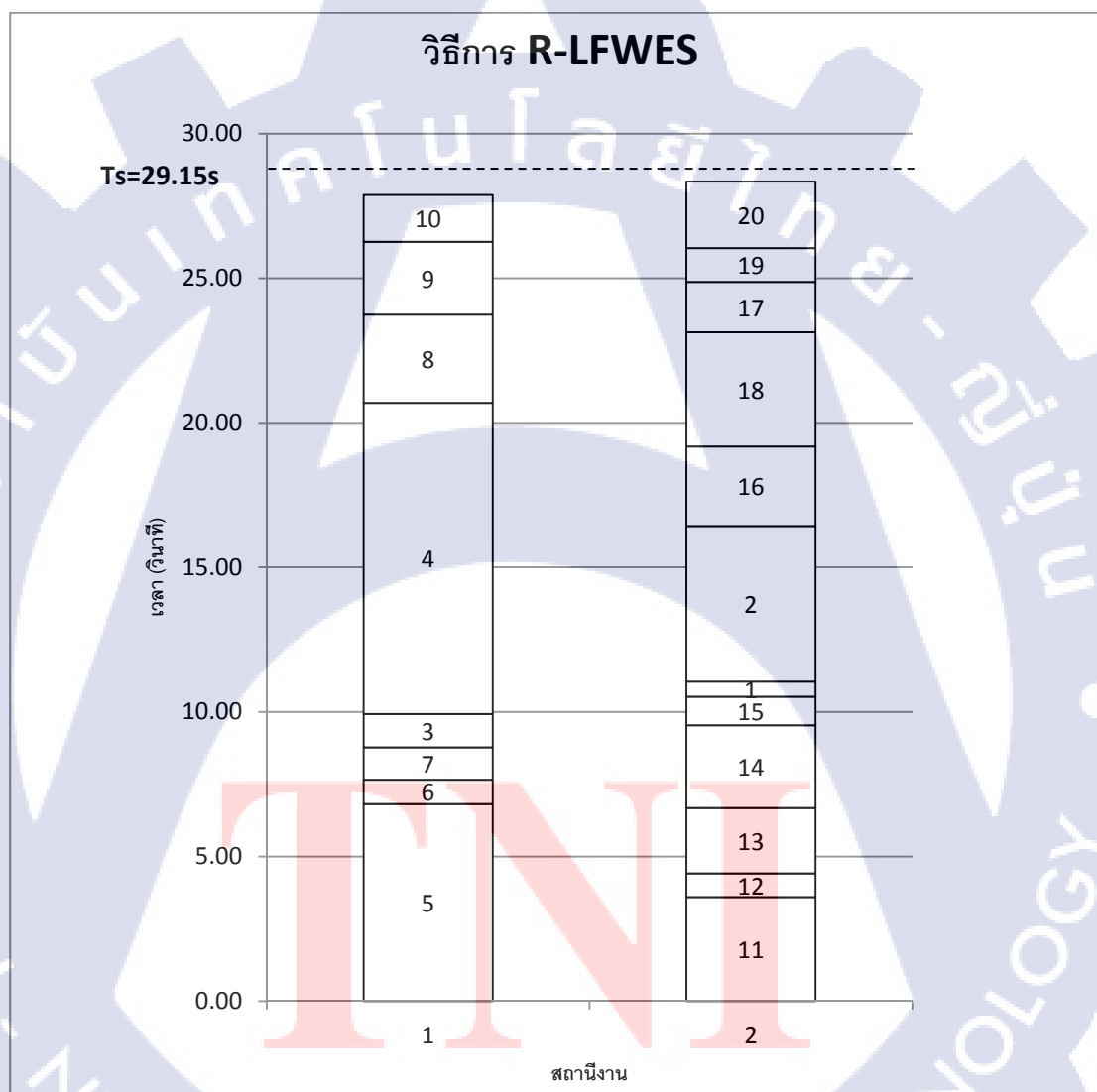
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ R-LFWES เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.11 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.735$ คิดเป็น 73.5%



รูปที่ 4.11 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LFWES

4.1.12 Reversed Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-LFWES)

ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 1 ด้วย วิธีการ R-LFWES เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 29.15 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีนงานดังปรากฏในรูปที่ 4.12 คำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ จะได้ $E_b = 0.991$ คิดเป็น 99.1%



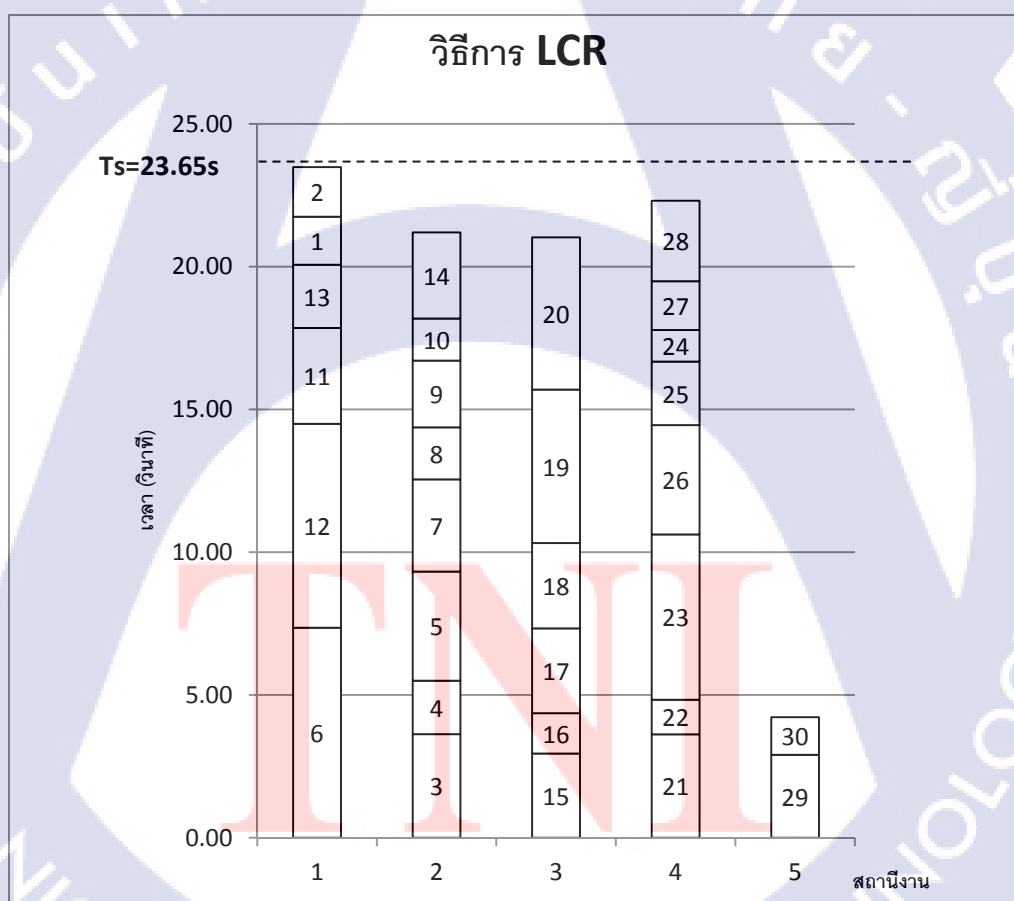
รูปที่ 4.12 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 1 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LFWES

4.2 ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานของโมเดล 2

จากการจัดองค์ประกอบงานเข้ายังสถานีนงานใหม่ตามวิธีการทั้ง 12 วิธีและเงื่อนไขของการมาก่อนหลัง จะทำให้ได้องค์ประกอบงานและจำนวนสถานีนงานเปลี่ยนไป โดยโมเดลที่ 2 นี้จากเดิม 6 สถานีนงาน ลดลงเหลือ 5 สถานีนงาน เป็นผลให้เกิดประสิทธิภาพของสายการประกอบที่ดีขึ้นดังต่อไปนี้

4.2.1 Largest Candidate Rule (LCR)

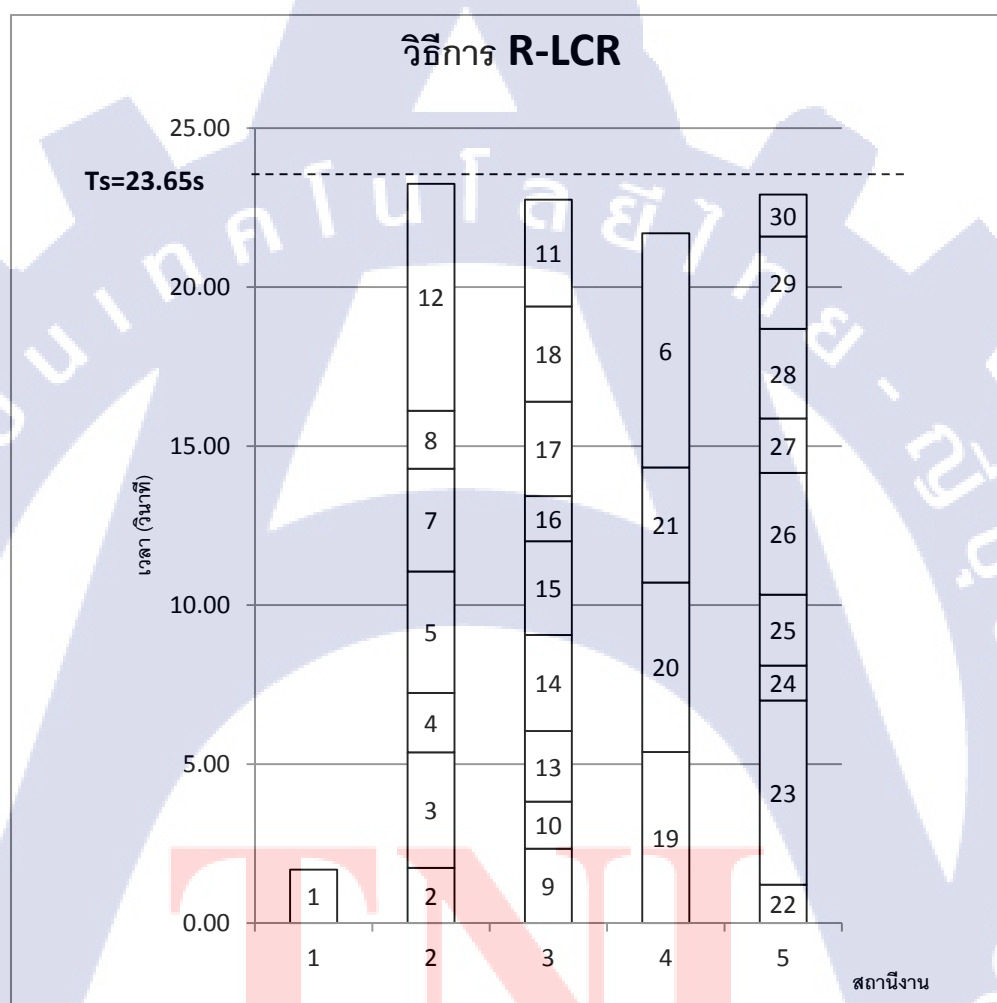
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ LCR เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิ เปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีนงานดังปรากฏในรูปที่ 4.13 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ LCR จะได้ $E_b = 0.785$ คิดเป็น 78.5%



รูปที่ 4.13 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LCR

4.2.2 Reversed Largest Candidate Rule (R-LCR)

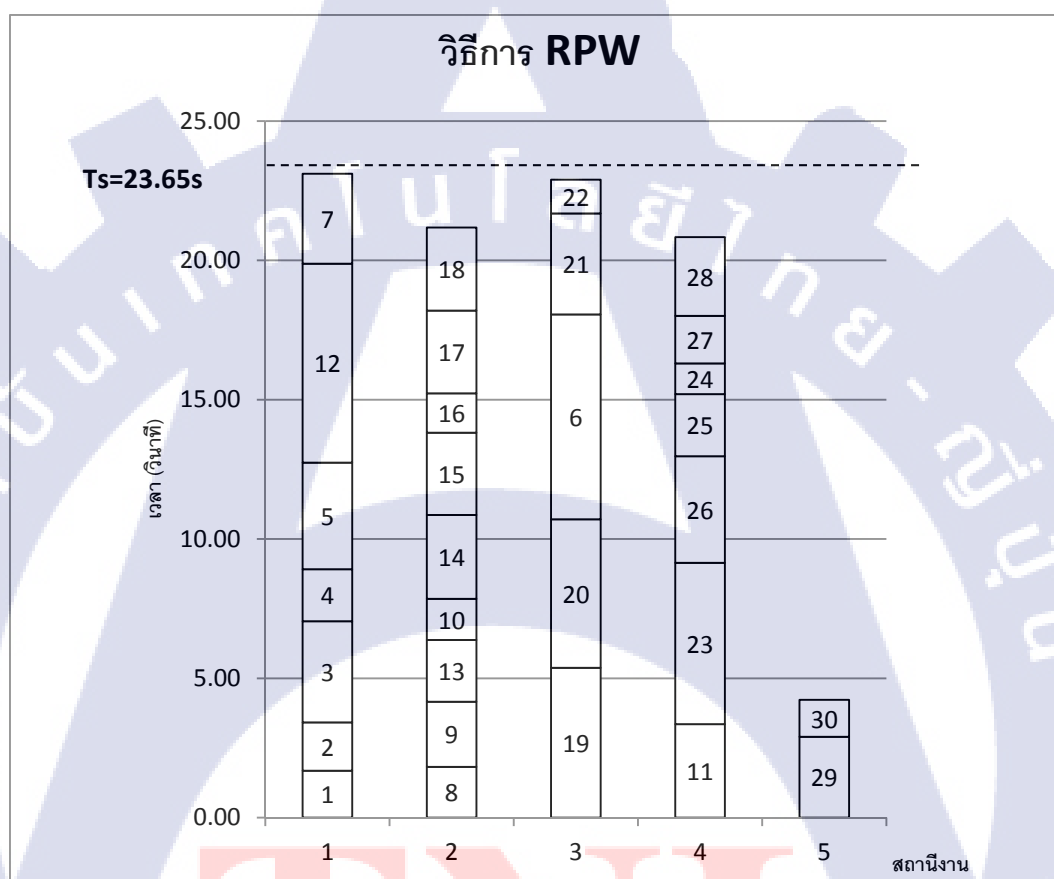
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ R-LCR เวลาแต่ละสถานงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานงานดังปรากฏในรูปที่ 4.14 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ R-LCR จะได้ $E_b = 0.793$ คิดเป็น 79.3%



รูปที่ 4.14 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LCR

4.2.3 Ranked Positional Weight Method (RPW)

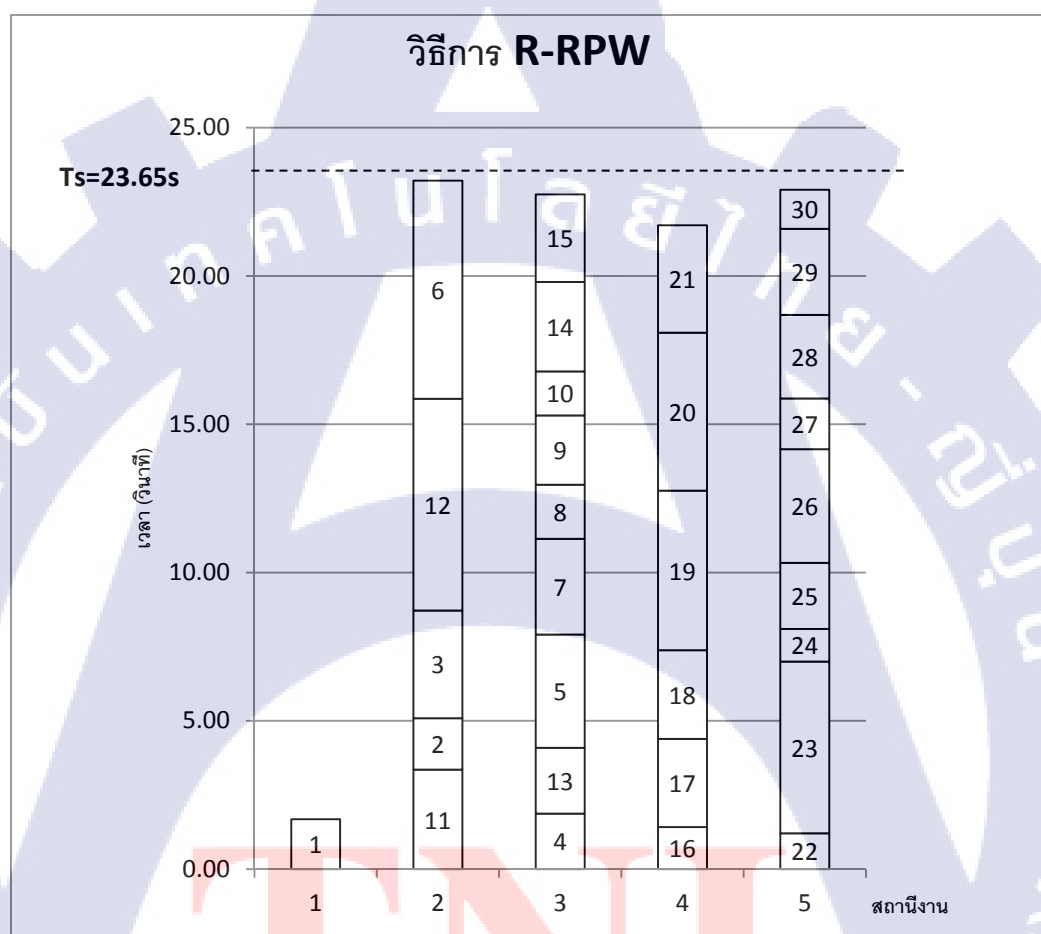
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ RPW เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิ เปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.15 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ RPW จะได้ $E_b = 0.798$ คิดเป็น 79.8%



รูปที่ 4.15 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ RPW

4.2.4 Reversed Ranked Positional Weight Method (R-RPW)

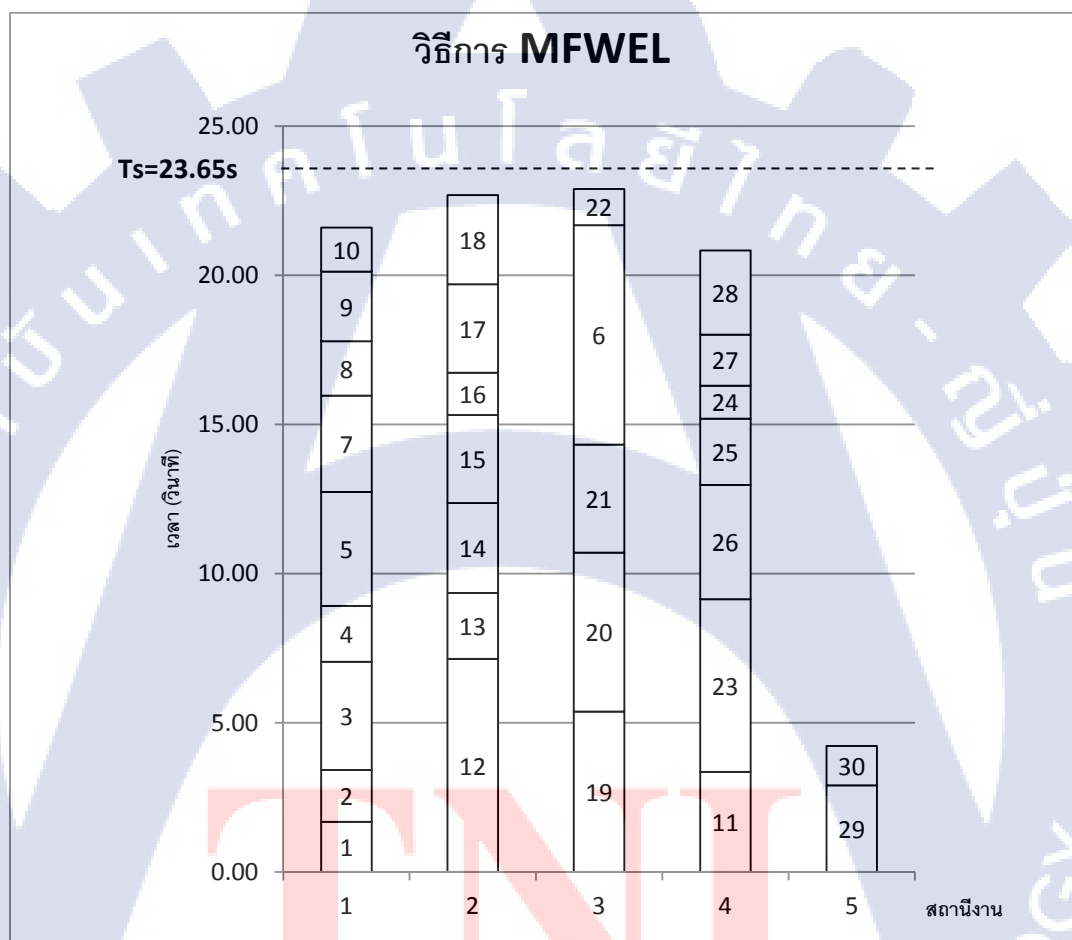
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ R-RPW เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.16 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ R-RPW จะได้ $E_b = 0.794$ คิดเป็น 79.4%



รูปที่ 4.16 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-RPW

4.2.5 Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWEL)

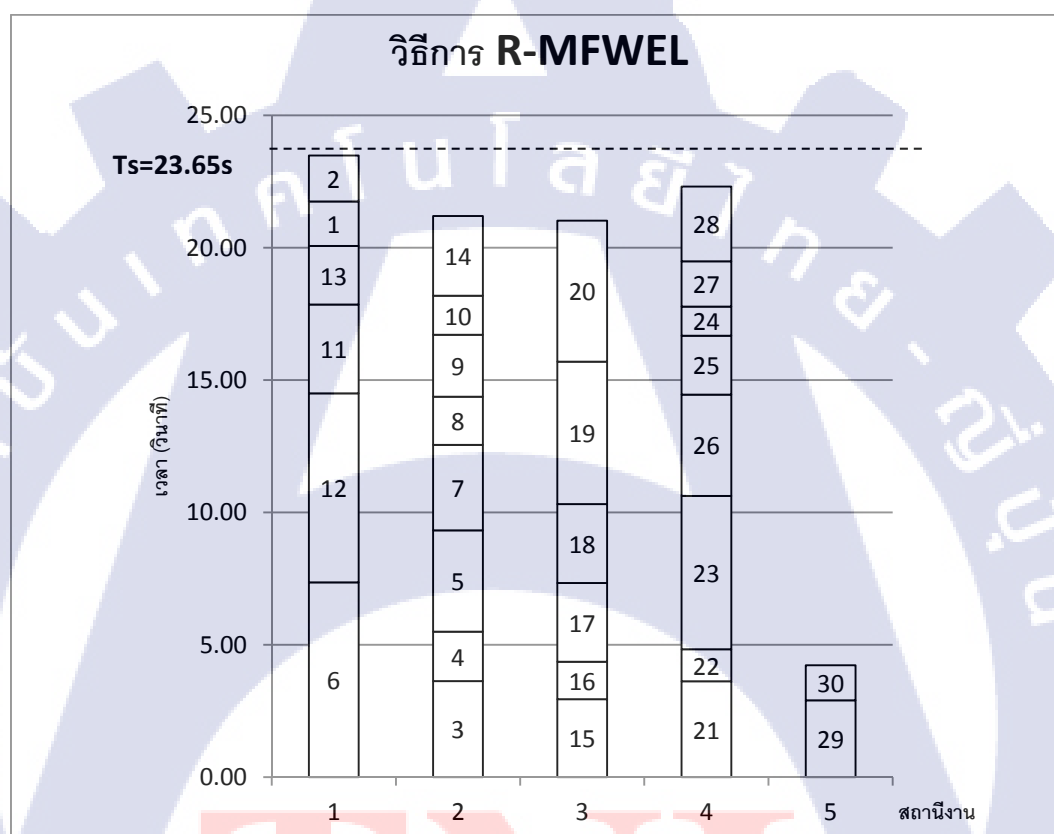
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ MFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิ เปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.17 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ MFWEL จะได้ $E_b = 0.805$ คิดเป็น 80.5%



รูปที่ 4.17 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ MFWEL

4.2.6 Reversed Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-MFWEL)

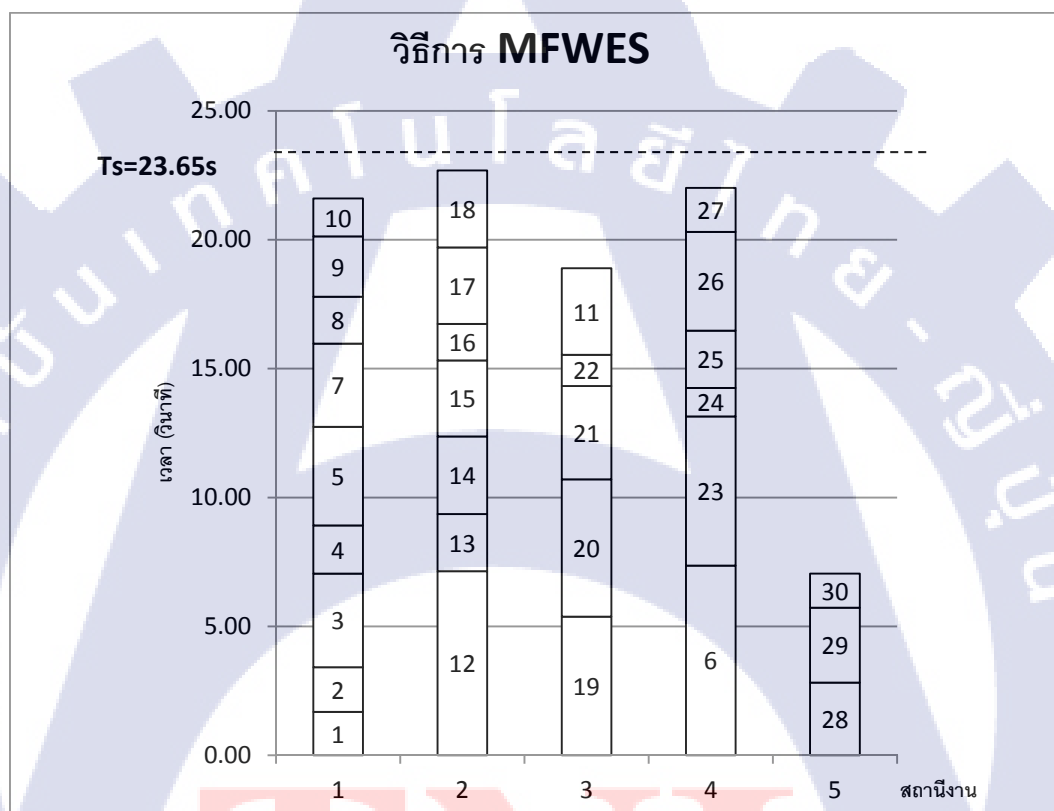
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ R-MFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.18 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ R-MFWEL จะได้ $E_b = 0.794$ คิดเป็น 79.4%



รูปที่ 4.18 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-MFWEL

4.2.7 Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWES)

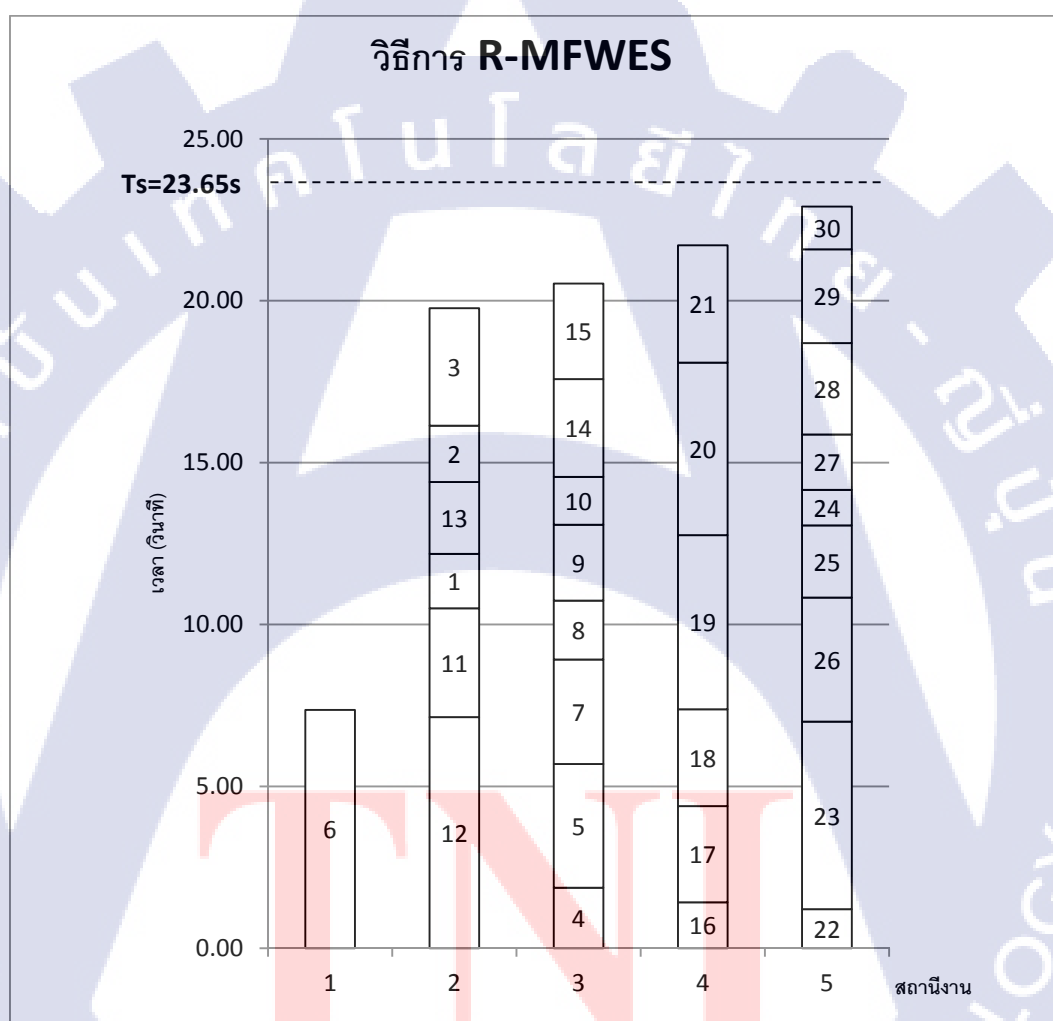
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ MFWES เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.19 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ MFWES จะได้ $E_b = 0.812$ คิดเป็น 81.2%



รูปที่ 4.19 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ MFWES

4.2.8 Reversed Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-MFWES)

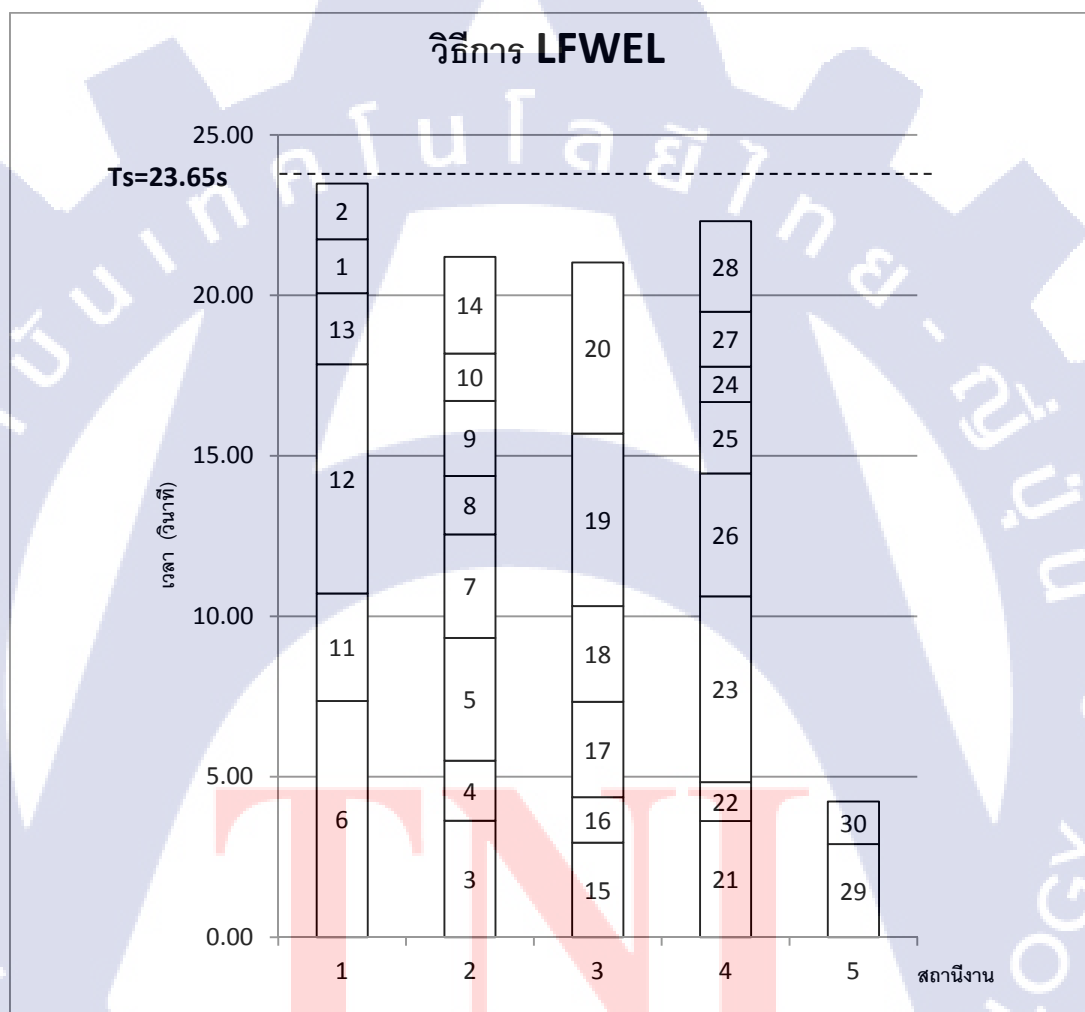
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานี่งานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ R-MFWES เวลาแต่ละสถานี่งานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานี่ดังปรากฏในรูปที่ 4.20 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ MFWES จะได้ $E_b = 0.805$ คิดเป็น 80.5%



รูปที่ 4.20 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-MFWES

4.2.9 Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWEL)

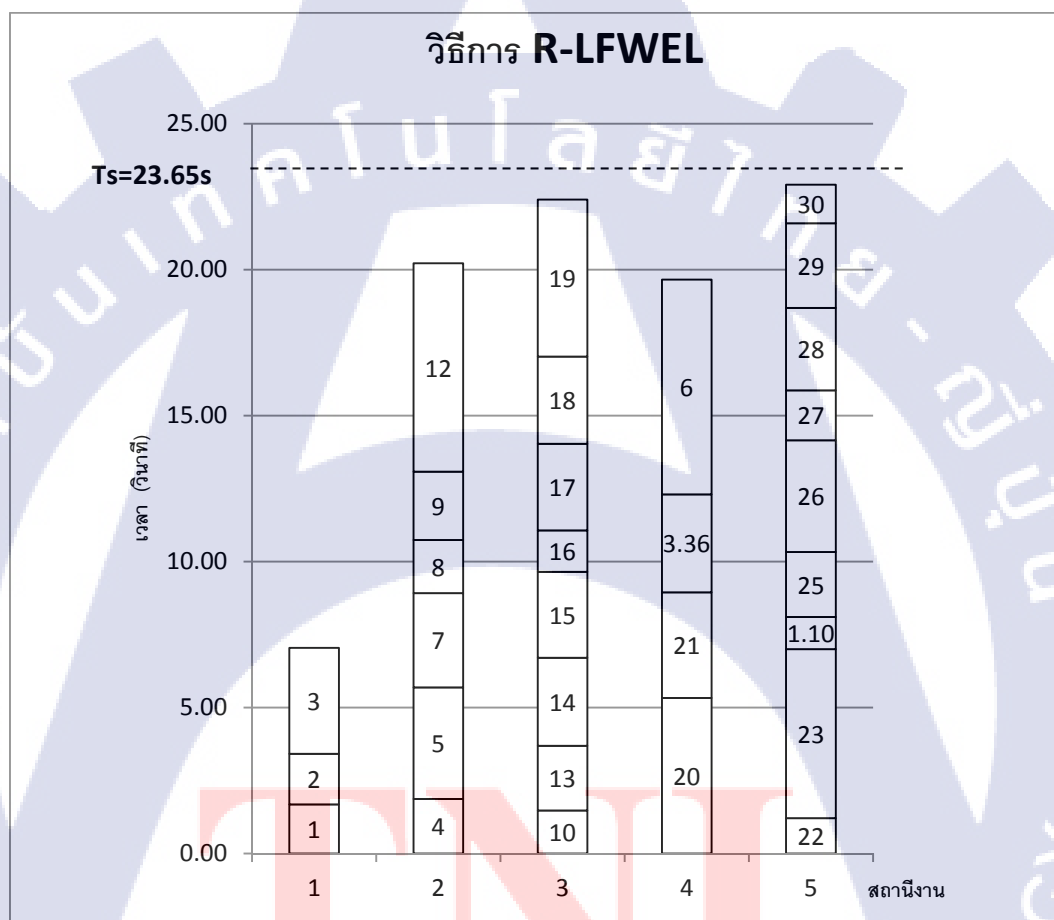
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ LFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.21 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ LFWEL จะได้ $E_b = 0.785$ คิดเป็น 78.5%



รูปที่ 4.21 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LFWEL

4.2.10 Reversed Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-LFWEL)

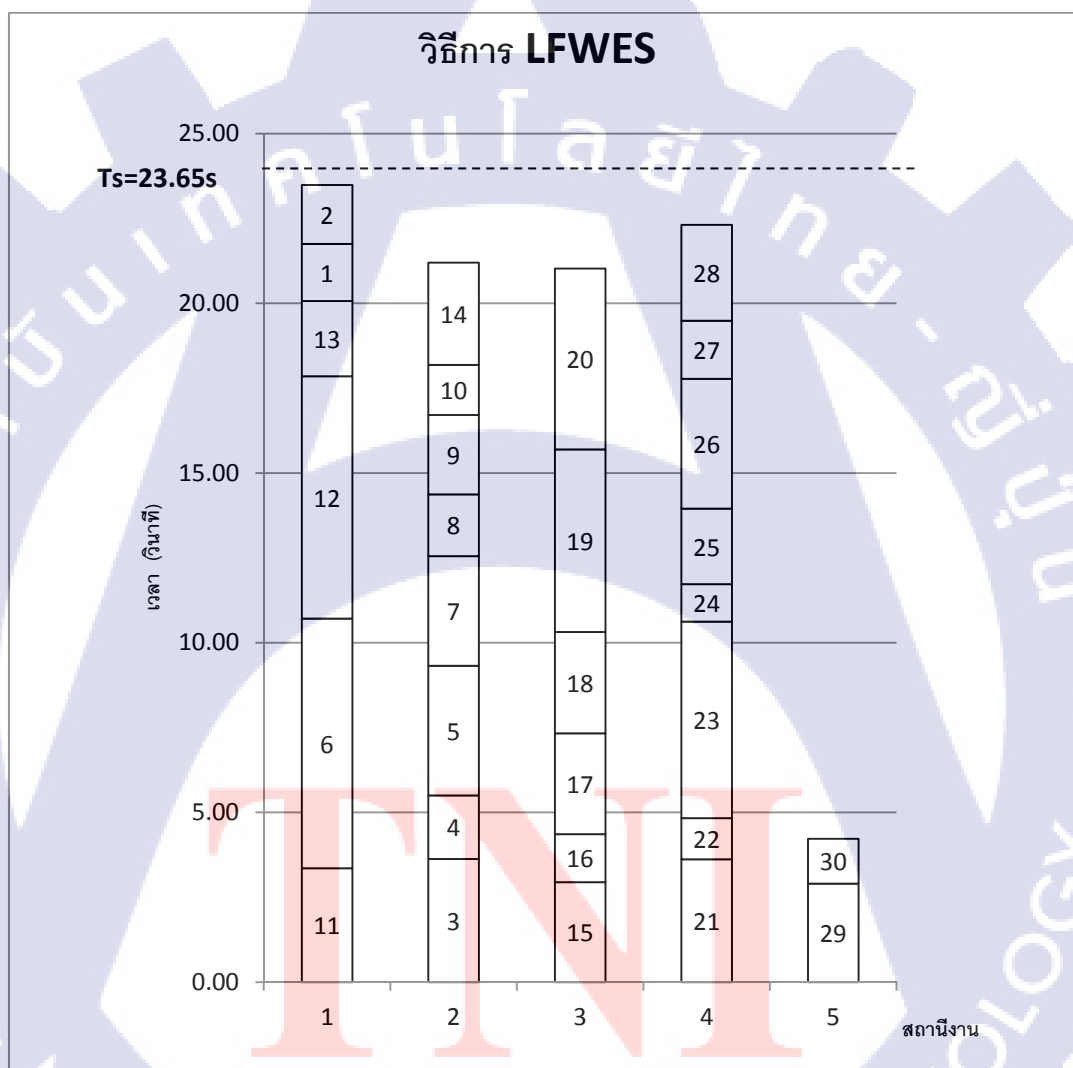
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ R-LFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.22 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ R-LFWEL จะได้ $E_b = 0.805$ คิดเป็น 80.5%



รูปที่ 4.22 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LFWEL

4.2.11 Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWES)

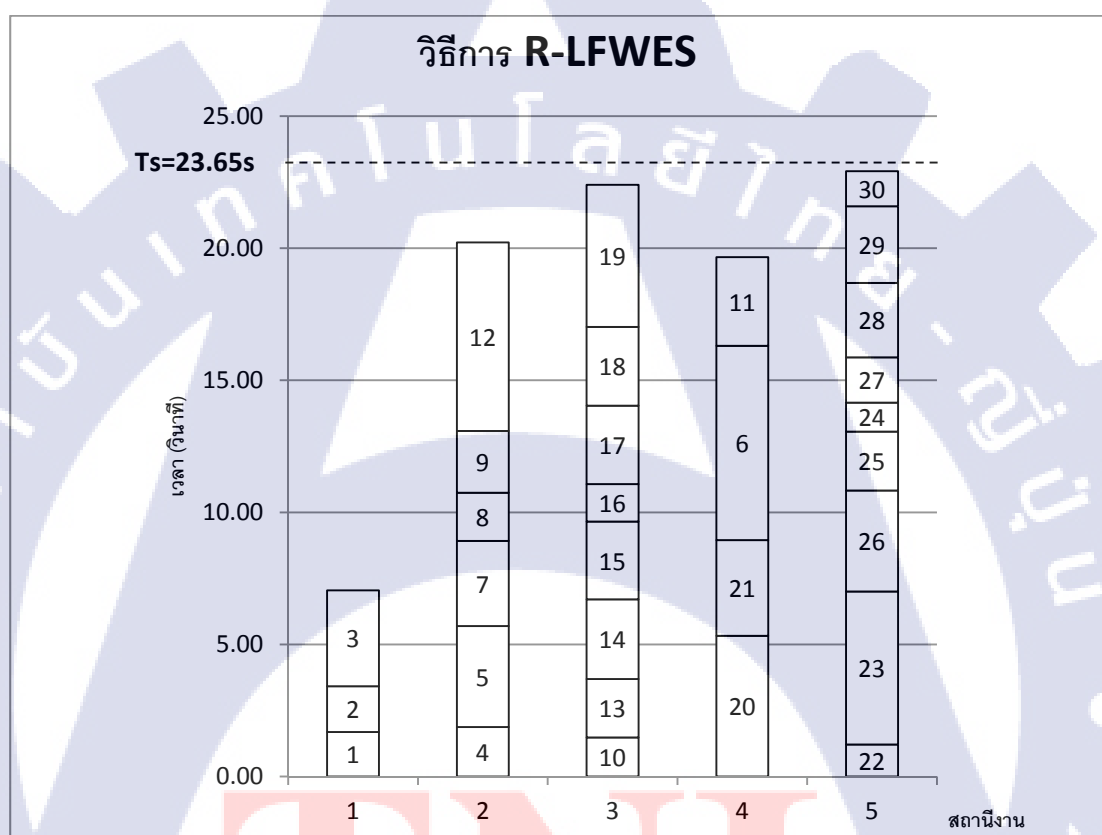
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ LFWES เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.23 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ LFWES จะได้ $E_b = 0.785$ คิดเป็น 78.5%



รูปที่ 4.23 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LFWES

4.2.12 Reversed Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-LFWES)

ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสู่สถานีงานใหม่ ของโมเดล 2 ด้วยวิธีการ R-LFWES เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 23.65 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.24 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 2 วิธีการ R-LFWES จะได้ $E_b = 0.805$ คิดเป็น 80.5%



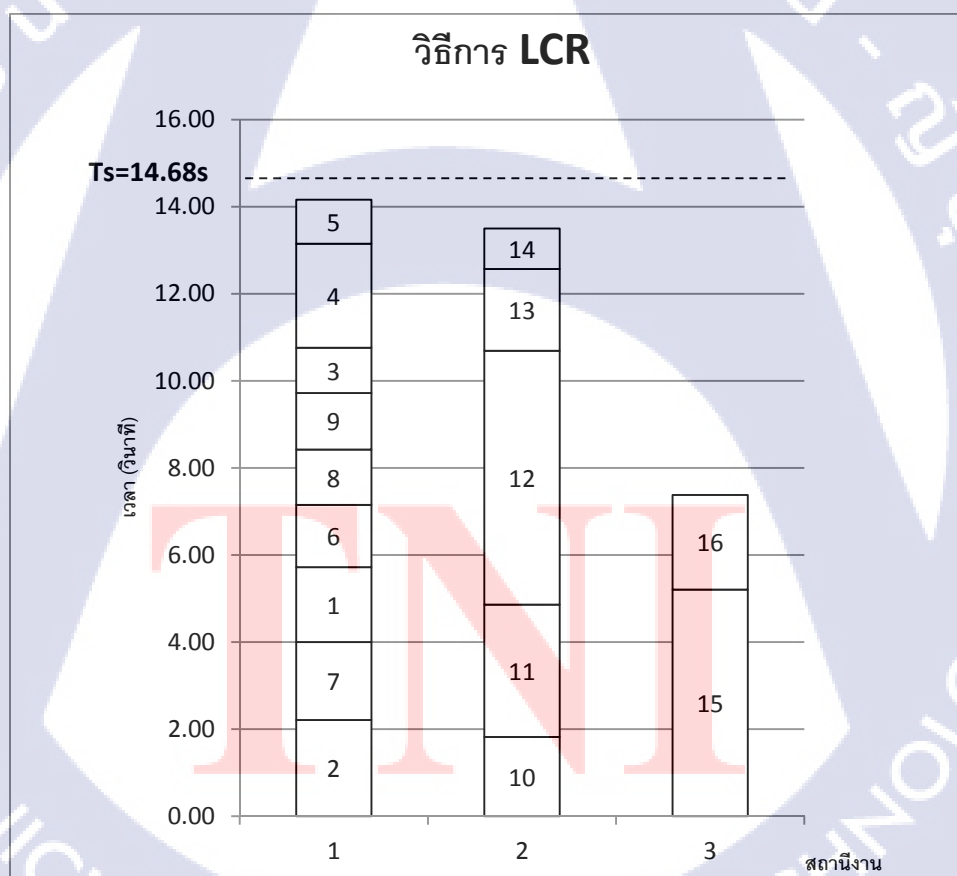
รูปที่ 4.24 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 2 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LFWES

4.3 ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานของโมเดล 3

จากการจัดองค์ประกอบงานเข้ายังสถานีงานใหม่ตามวิธีการทั้ง 12 วิธีและเงื่อนไขของการมาก่อนหลัง จะทำให้ได้องค์ประกอบงานและจำนวนสถานีงานเปลี่ยนไป โดยโมเดลที่ 3 นี้จากเดิม 3 สถานีงาน และหลังจากจัดแล้วจำนวนสถานีงานยังคงที่ เป็นผลให้เกิดประสิทธิภาพของสายการประกอบที่ดีขึ้นดังต่อไปนี้

4.3.1 Largest Candidate Rule (LCR)

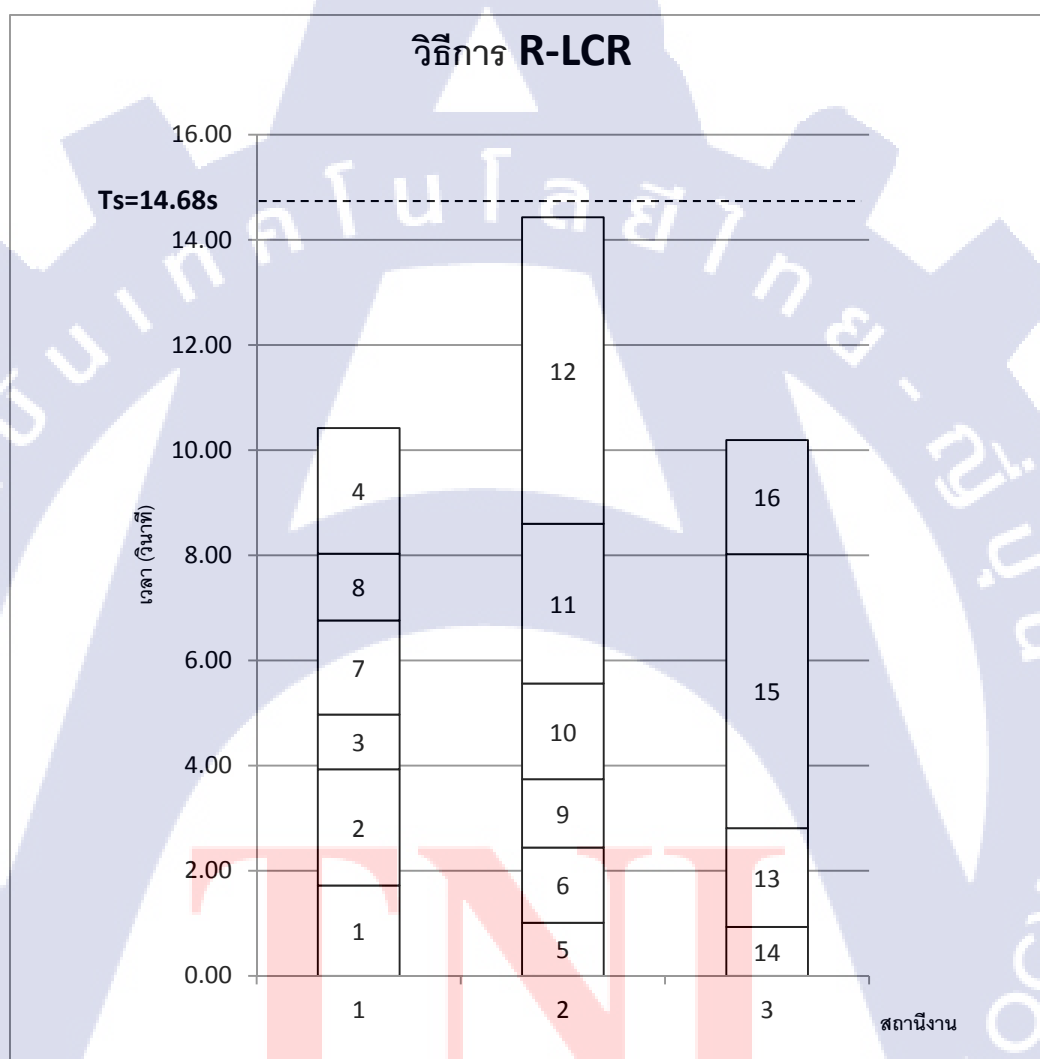
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ LCR เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิ เปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.25 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ LCR จะได้ $E_b = 0.824$ คิดเป็น 82.4%



รูปที่ 4.25 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LCR

4.3.2 Reversed Largest Candidate Rule (R-LCR)

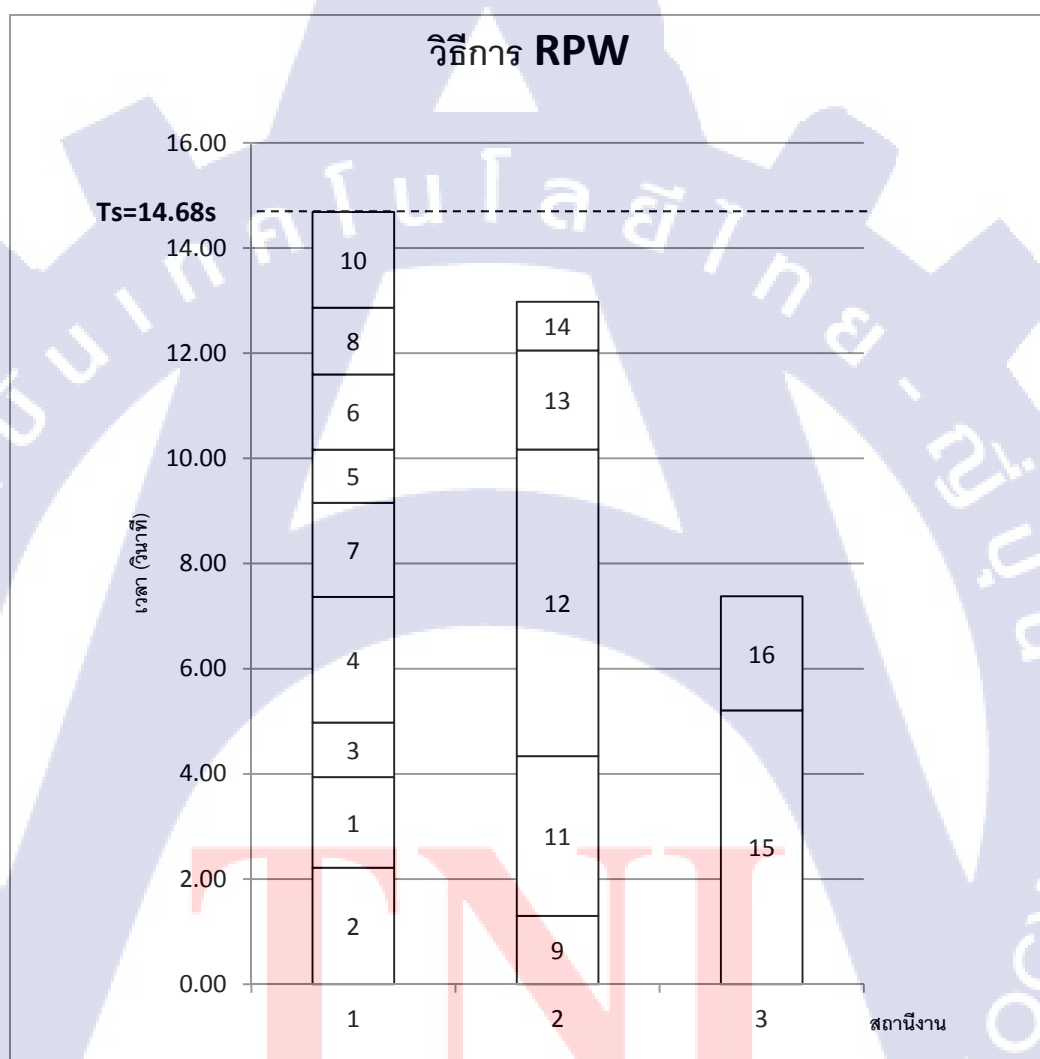
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ R-LCR เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีนงานดังปรากฏในรูปที่ 4.26 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ R-LCR จะได้ $E_b = 0.809$ คิดเป็น 80.9%



รูปที่ 4.26 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LCR

4.3.3 Ranked Positional Weight Method (RPW)

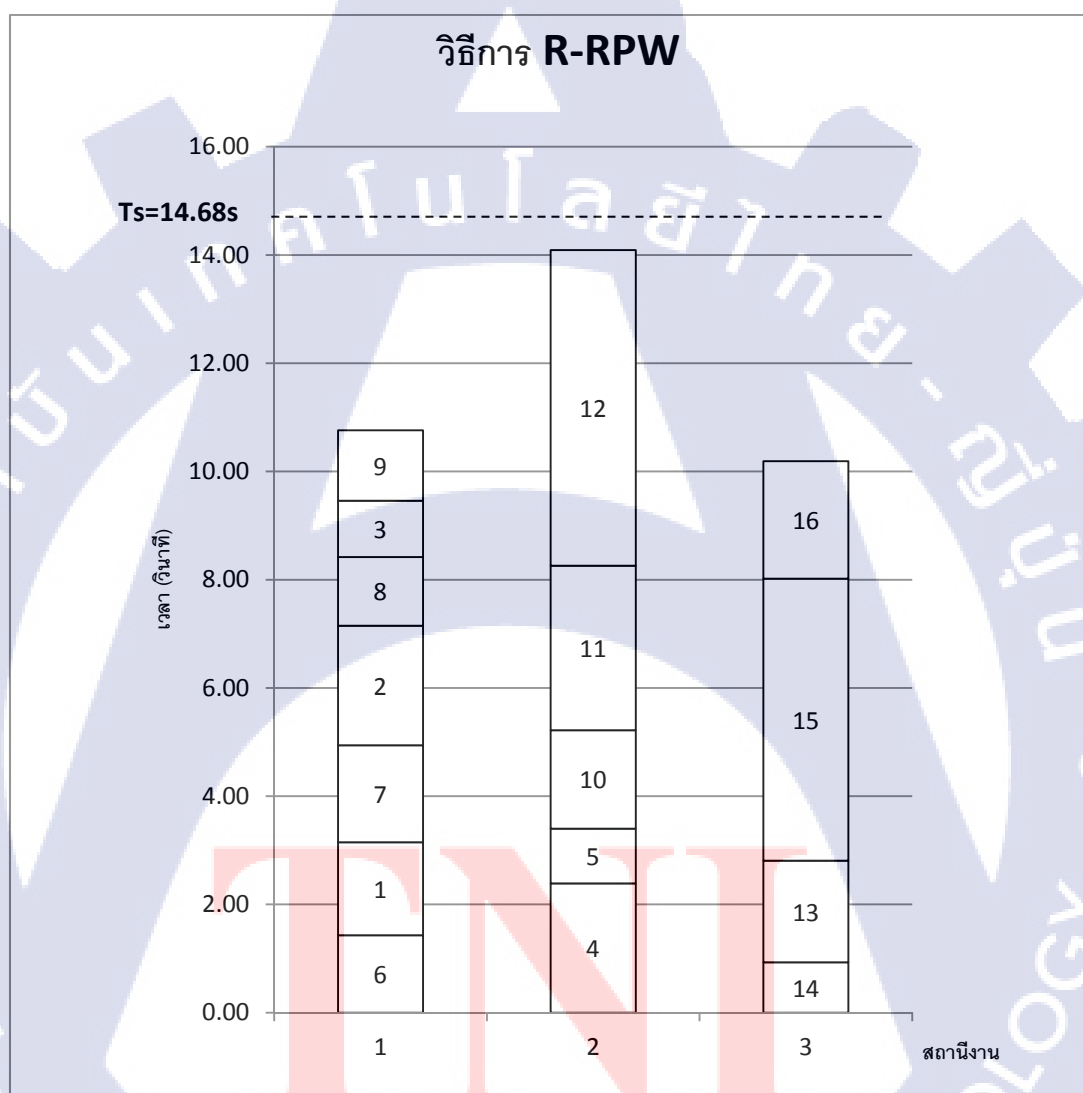
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ RPW เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิ เปรียบเทียบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีนงานดังปรากฏในรูปที่ 4.27 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ RPW จะได้ $E_b = 0.795$ คิดเป็น 79.5%



รูปที่ 4.27 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ RPW

4.3.4 Reversed Ranked Positional Weight Method (R-RPW)

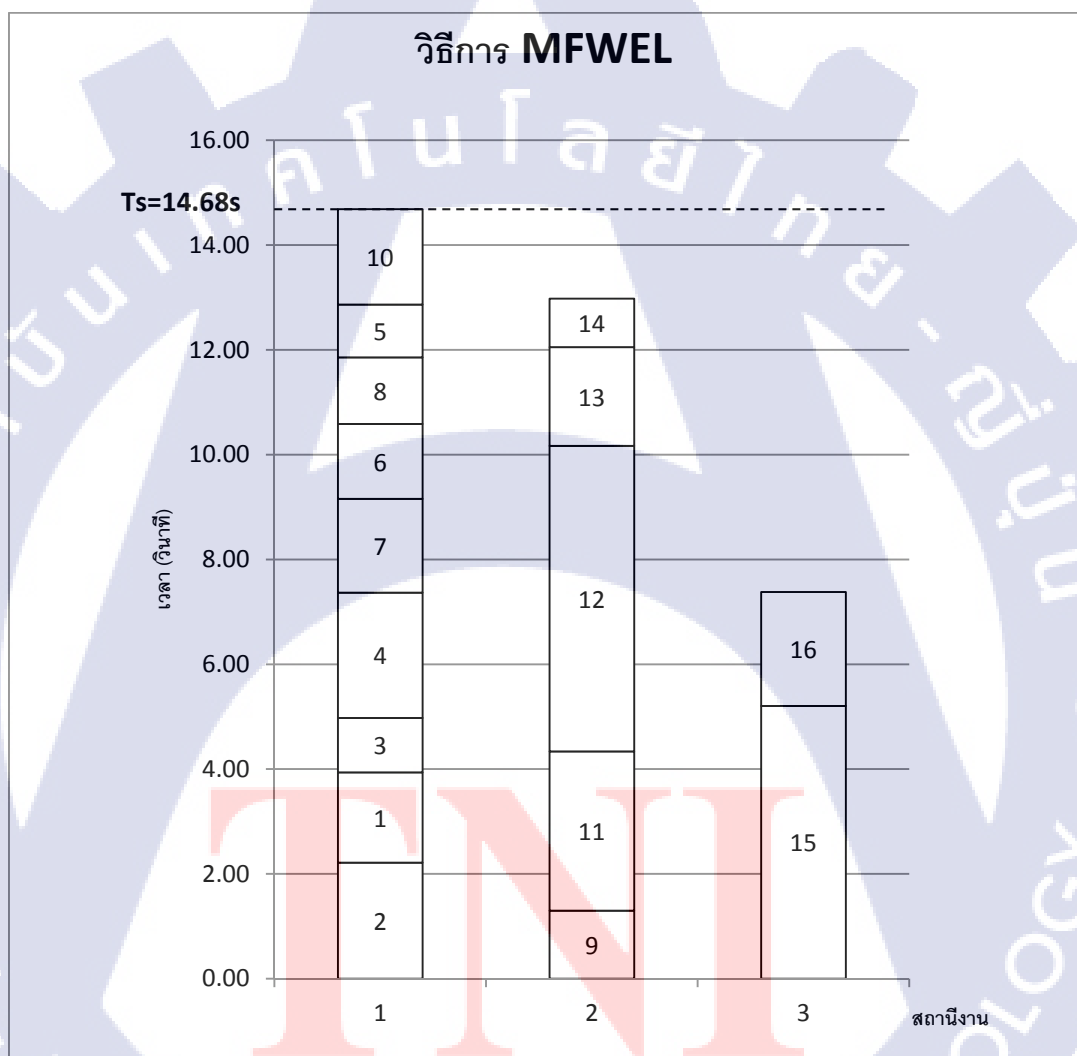
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีนงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ R-RPW เวลาแต่ละสถานีนงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิยามาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีนดังปรากฏในรูปที่ 4.28 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ R-RPW จะได้ $E_b = 0.828$ คิดเป็น 82.8%



รูปที่ 4.28 แผนภูมิยามาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-RPW

4.3.5 Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWEL)

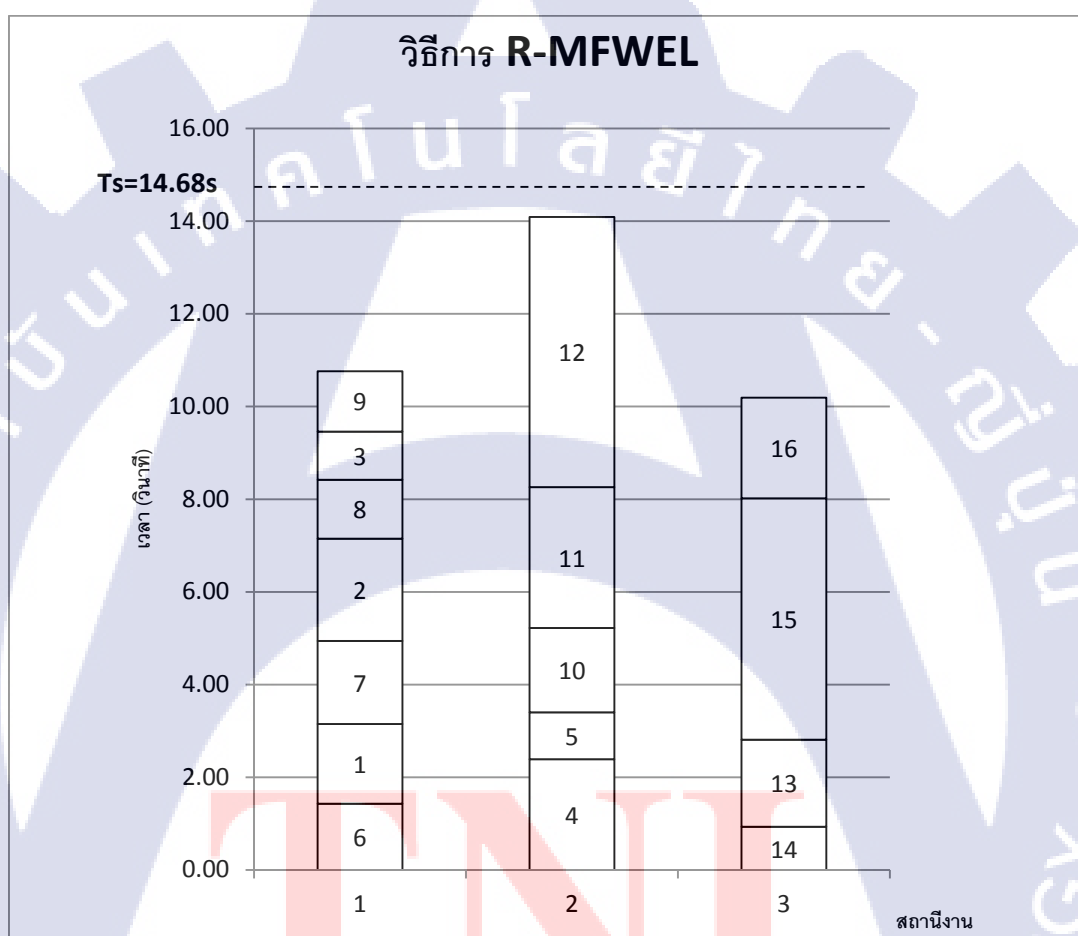
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ MFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.29 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ MFWEL จะได้ $E_b = 0.795$ คิดเป็น 79.5%



รูปที่ 4.29 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ MFWEL

4.3.6 Reversed Most Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-MFWEL)

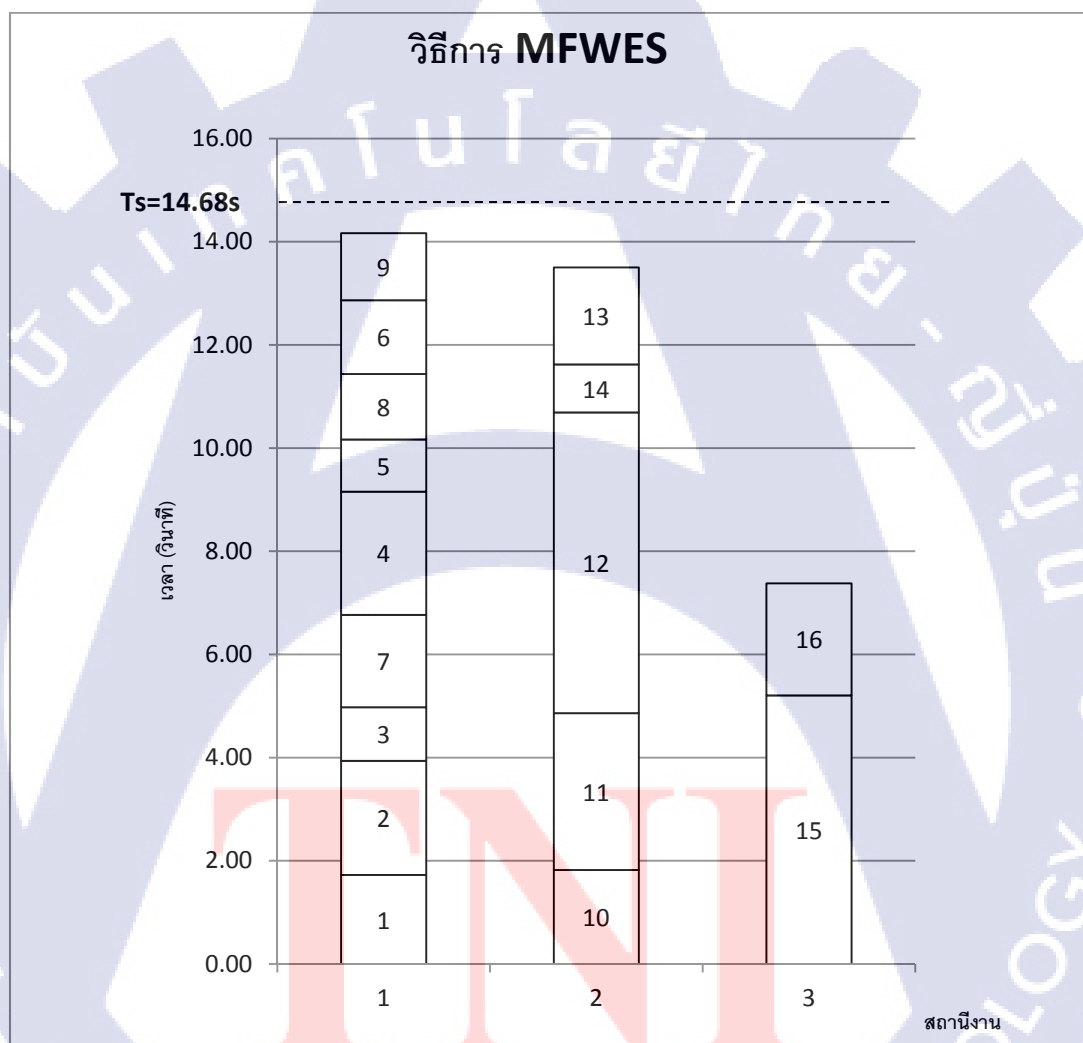
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ R-MFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.30 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ R-MFWEL จะได้ $E_b = 0.828$ คิดเป็น 82.8%



รูปที่ 4.30 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-MFWEL

4.3.7 Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (MFWES)

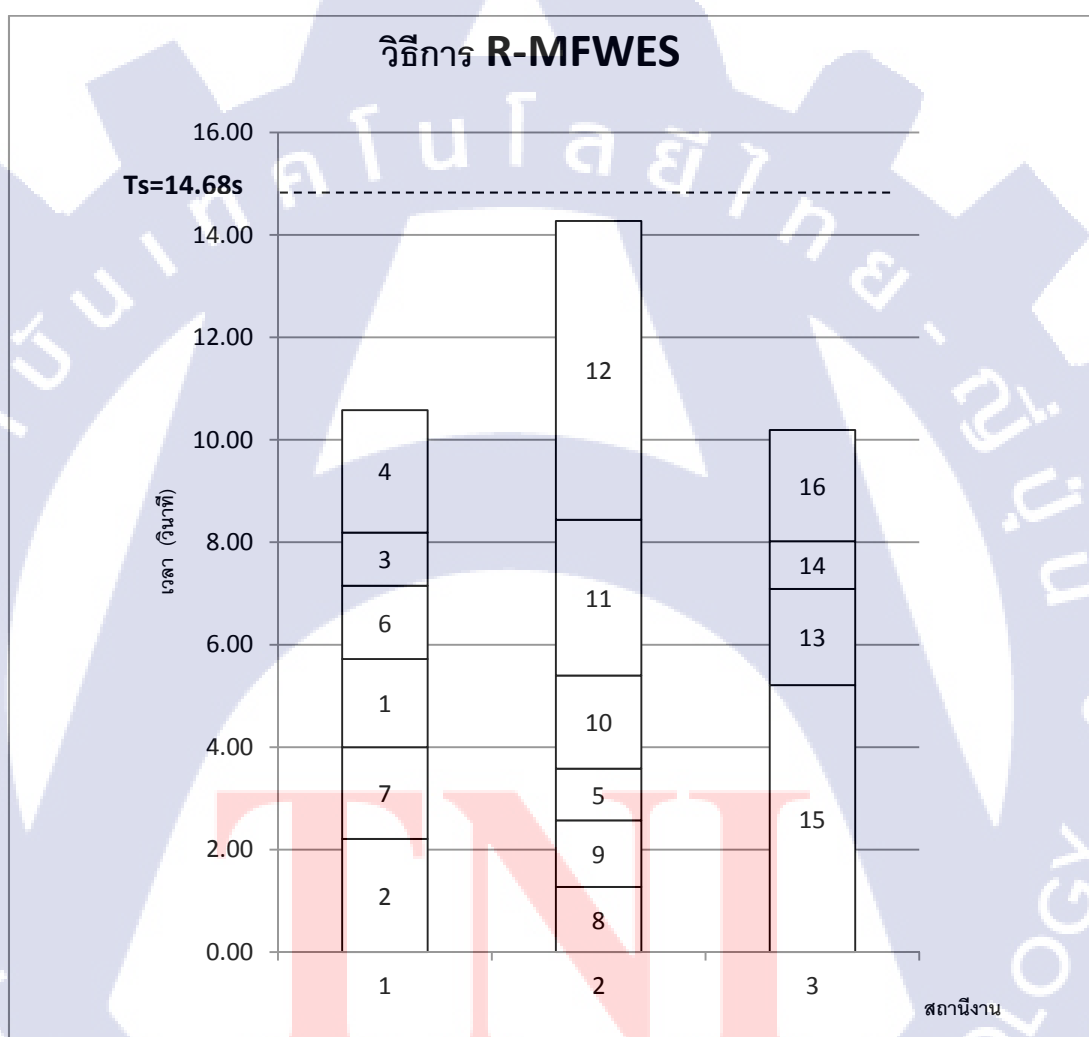
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานี่งานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ MFWES เวลาแต่ละสถานี่งานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานี่ดังปรากฏในรูปที่ 4.31 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ MFWES จะได้ $E_b = 0.824$ คิดเป็น 82.4%



รูปที่ 4.31 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ MFWES

4.3.8 Reversed Most Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-MFWES)

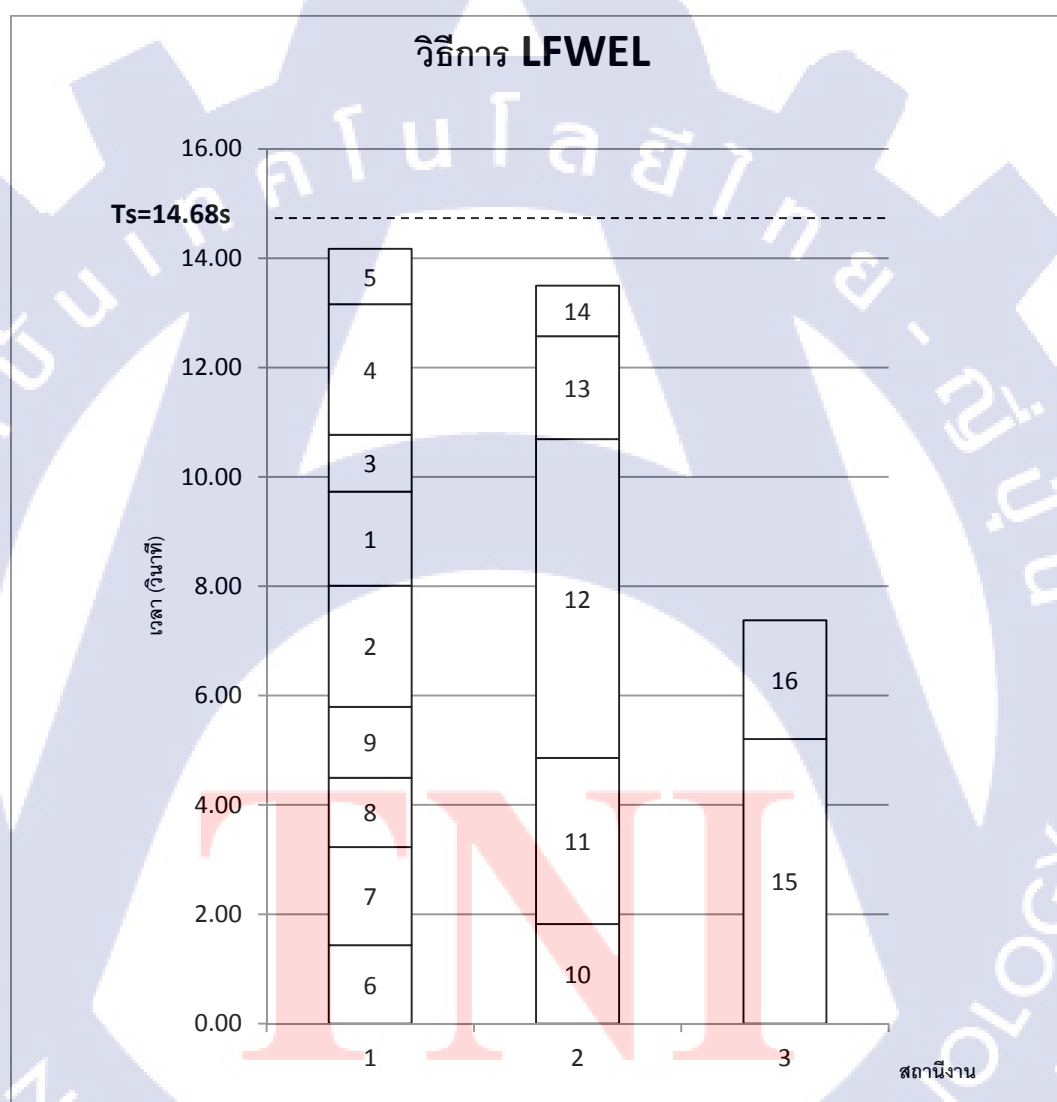
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานี่งานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ R-MFWES เวลาแต่ละสถานี่งานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานี่ดังปรากฏในรูปที่ 4.32 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ MFWES จะได้ $E_b = 0.818$ คิดเป็น 81.8%



รูปที่ 4.32 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-MFWES

4.3.9 Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWEL)

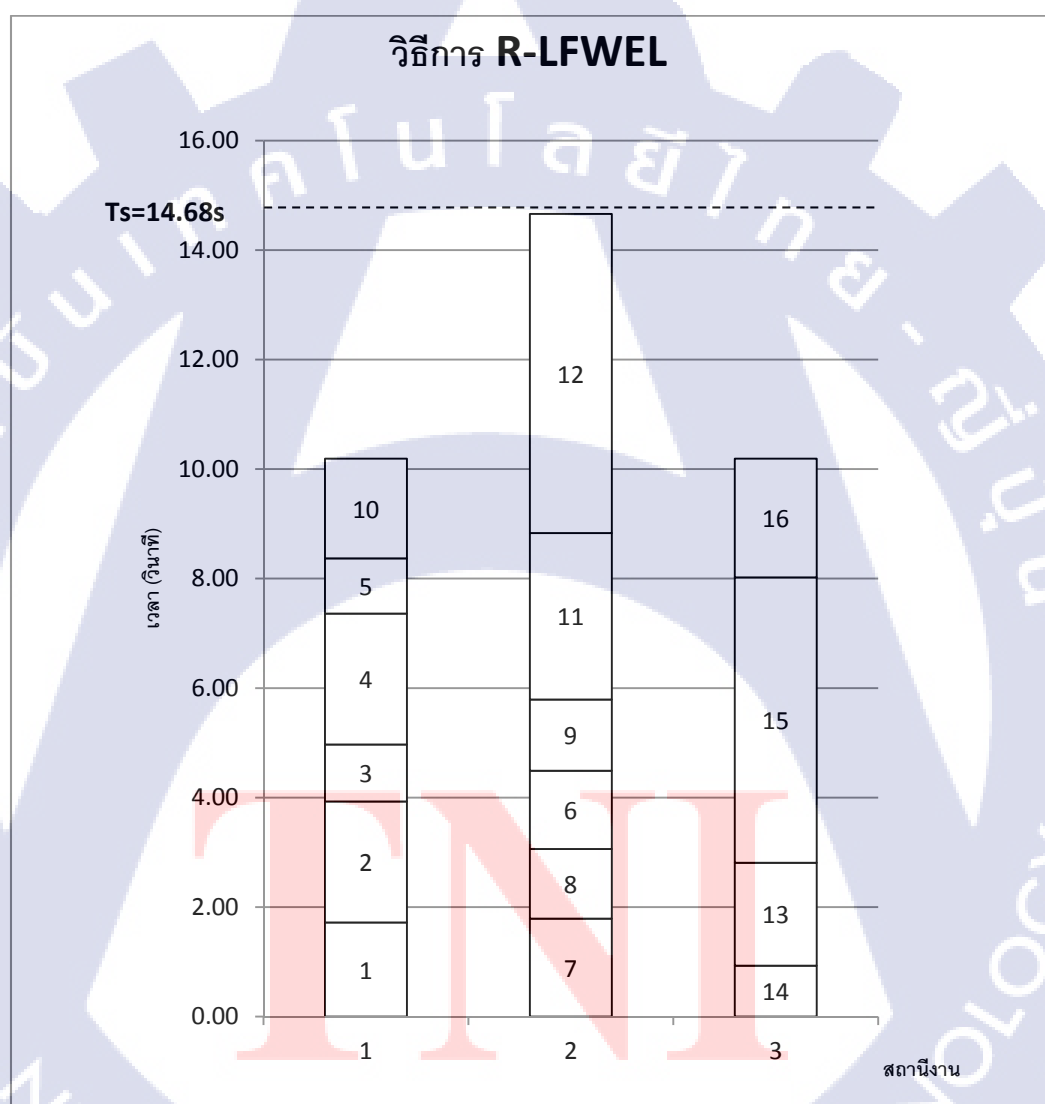
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานีงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ LFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.33 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ LFWEL จะได้ $E_b = 0.824$ คิดเป็น 82.4%



รูปที่ 4.33 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LFWEL

4.3.10 Reversed Least Following Work Element Method using Longest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-LFWEL)

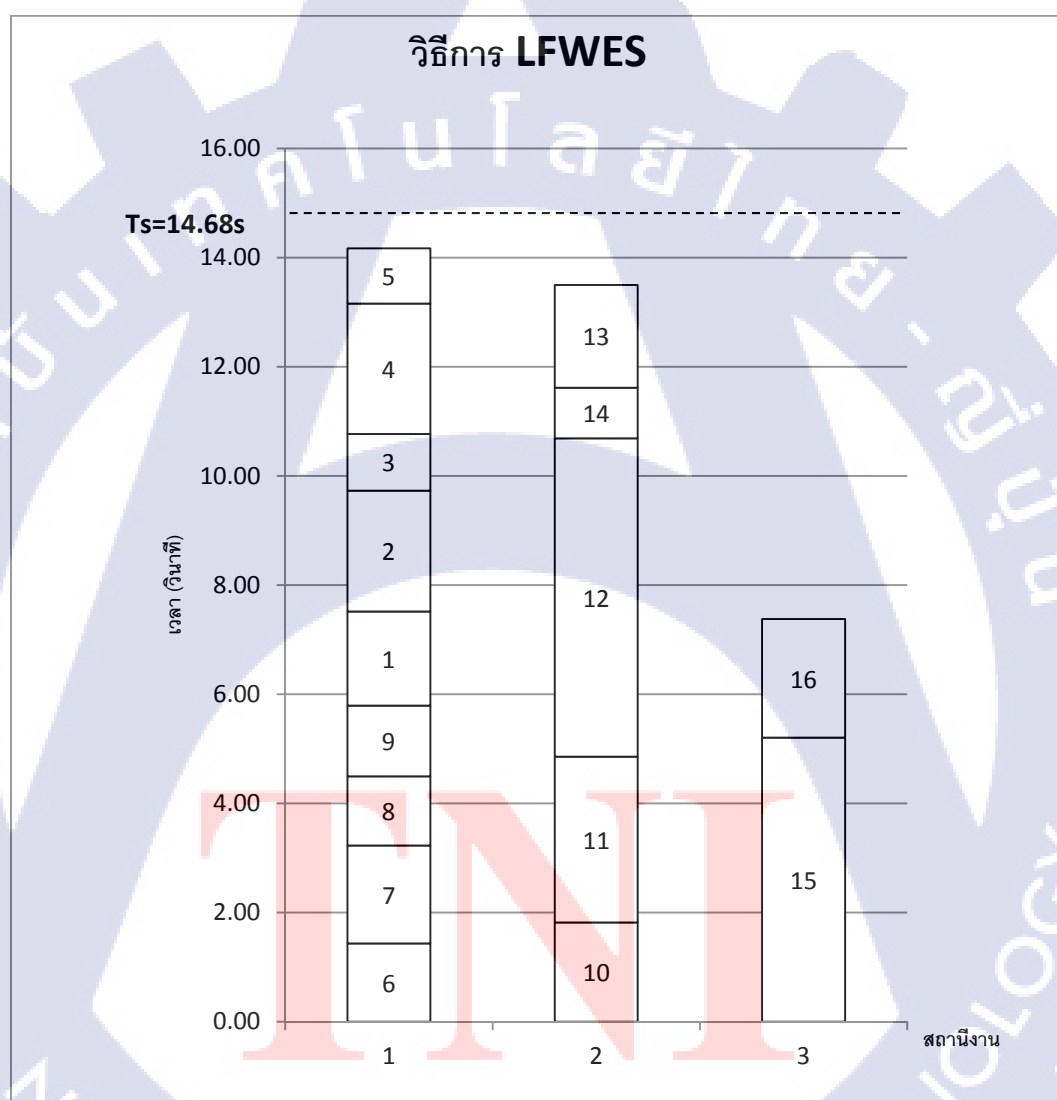
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสู่สถานีงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ R-LFWEL เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.34 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ R-LFWEL จะได้ $E_b = 0.796$ คิดเป็น 79.6%



รูปที่ 4.34 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LFWEL

4.3.11 Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (LFWES)

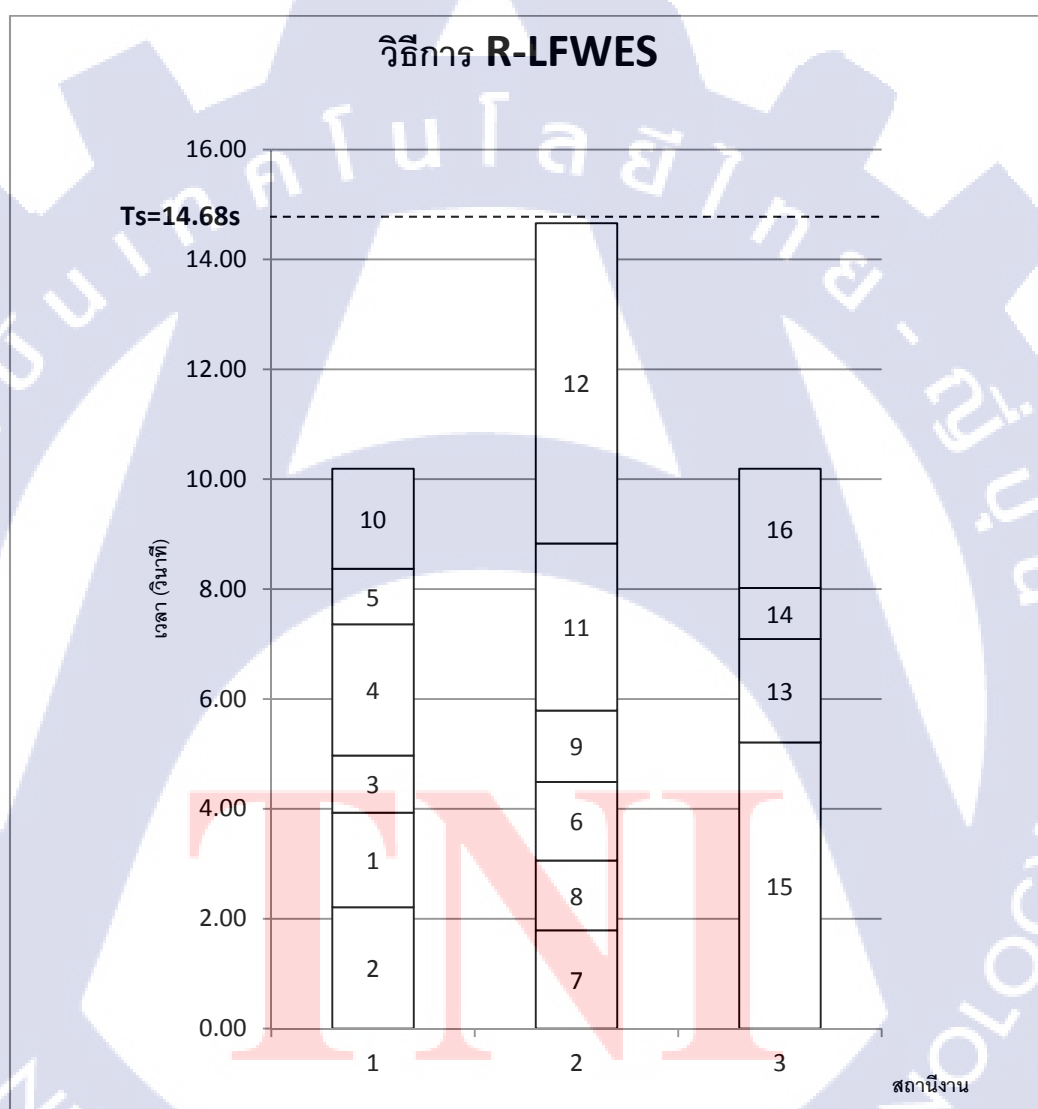
ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสู่สถานีงานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ LFWES เวลาแต่ละสถานีงานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานีดังปรากฏในรูปที่ 4.35 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ LFWES จะได้ $E_b = 0.824$ คิดเป็น 82.4%



รูปที่ 4.35 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ LFWES

4.3.12 Reversed Least Following Work Element Method using Shortest Work Element Time Rule as the Secondary Criterion (R-LFWES)

ผลการจัดองค์ประกอบงานเข้าสถานี่งานใหม่ ของโมเดล 3 ด้วย วิธีการ R-LFWES เวลาแต่ละสถานี่งานจะต้องไม่เกิน 14.68 วินาที ความสัมพันธ์แสดงเป็นแผนภูมิมาซุมิเปรียบเทียบ เวลาการทำงานของแต่ละสถานี่ดังปรากฏในรูปที่ 4.36 จากการคำนวณประสิทธิภาพความสมดุลสาย การประกอบของโมเดลที่ 3 วิธีการ R-LFWES จะได้ $E_b = 0.796$ คิดเป็น 79.6%



รูปที่ 4.36 แผนภูมิมาซุมิของโมเดลที่ 3 ที่ถูกจัดเรียงด้วยวิธีการ R-LFWES

4.4 สรุปผลการคำนวณ

จากการคำนวณประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบในแต่ละวิธี แล้วนำมาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพก่อนปรับปรุง ได้ผลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบ

วิธี	โมเดล I %	โมเดล II %	โมเดล III %	เฉลี่ย %
ก่อนปรับปรุง	78.9	72.1	70.9	74.0
LCR	98.0	78.5	82.4	86.3
RPW	98.0	79.8	79.5	85.8
MFWEL	98.0	80.5	79.5	86.0
MFWES	98.0	81.2	82.4	87.2
LFWEL	66.3	78.5	82.4	75.7
LFWES	73.5	78.5	82.4	78.1
R-LCR	97.3	79.3	80.9	85.8
R-RPW	99.5	79.4	82.8	87.2
R-MFWEL	99.5	79.4	82.8	87.2
R-MFWES	99.5	80.5	81.8	87.3
R-LFWEL	99.1	80.5	79.6	86.4
R-LFWES	99.1	80.5	79.6	86.4

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยการประยุกต์ใช้การจัดสมดุลสายการประกอบในการผลิตช่องแอร์ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 โมเดล ด้วยวิธีการ ทั้ง 12 วิธี ดังได้ผลการทดลองในบทที่ 4 แล้วนั้นสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานีงานกับเวลาขององค์ประกอบงาน หลังการปรับปรุง พบว่า โมเดลที่ 1 เวลาของสถานีงานสำหรับทุกวิธีการจะไม่เกิน 29.15 วินาที ทำให้โมเดลที่ 1 ที่มีประสิทธิภาพการประกอบก่อนปรับปรุงอยู่ที่ 78.9% หลังจากใช้วิธีการทั้ง 12 วิธี พบว่า ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 10 วิธี มีเพียง 2 วิธีที่จัดเข้าสถานีงานใหม่แล้วประสิทธิภาพลดลงคือ วิธีการ LFWEL และ LFWES เพราะจำนวนสถานีงานลดลงเพียง 1 สถานีงาน วิธีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพความสมดุลสายการประกอบได้มากคือ R-RPW, R-MFWEL และ R-MFWES ซึ่งจากเดิม 78.9% เป็น 99.5% เพราะมีความใกล้เคียงกันของเวลาในแต่ละสถานีใหม่ในสายการประกอบนี้ มากกว่าวิธีการอื่นๆ และจำนวนสถานีงานลดลงจาก 4 สถานีงานเหลือเพียง 2 สถานีงาน

โมเดลที่ 2 เวลาของสถานีงานสำหรับทุกวิธีการจะไม่เกิน 23.65 วินาที มีประสิทธิภาพการประกอบก่อนปรับปรุงอยู่ที่ 72.1% หลังจากใช้วิธีการทั้ง 12 วิธีพบว่า ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นทั้ง 12 วิธี แต่วิธีที่ควรนำมาพิจารณาคือ MFWES ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบจากเดิม 72.1% เป็น 81.2% เพราะมีความใกล้เคียงกันของเวลาในแต่ละสถานีใหม่ในสายการประกอบนี้ มากกว่าวิธีการอื่นๆโดยเฉลี่ย และจำนวนสถานีงานลดลงจาก 6 สถานีงานเหลือ 5 สถานีงาน

โมเดลที่ 3 เวลาของสถานีงานสำหรับทุกวิธีการจะไม่เกิน 14.68 วินาที มีประสิทธิภาพการประกอบก่อนปรับปรุงอยู่ที่ 70.9% หลังจากใช้วิธีการทั้ง 12 วิธีพบว่า ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นทั้ง 12 วิธี แต่วิธีที่ควรนำมาพิจารณาคือวิธี R-RPW และ R-MFWEL ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพสมดุลสายการประกอบจากเดิม 70.9% เป็น 82.8% เพราะมีความใกล้เคียงกันของเวลาในแต่ละสถานีใหม่ในสายการประกอบนี้มากกว่าวิธีการอื่นๆ โดยเฉลี่ย ถึงแม้ว่าจำนวนสถานีงานยังคงเท่าเดิมคือ 3 สถานีงาน

การที่ในสถานีงานใหม่หลังจากปรับปรุงด้วยวิธีการที่นำเสนอมีเวลาและภาระงานใกล้เคียงกัน จะทำให้การไหลของชิ้นงานคล่องตัวมากขึ้นเพราะปัญหางานสะสมในสายการประกอบ (คอขวด) ลดลง จึงเกิดความสมดุลในสายการประกอบ ส่งผลต่อการส่งมอบสินค้าให้ทันต่อกำหนดของลูกค้า เกิดความพึงพอใจ และไว้วางใจในสายการประกอบของบริษัท

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การเก็บข้อมูลด้านเวลาต้องเก็บจากผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญในระดับหนึ่ง จึงจะได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงความเป็นจริงกับสภาพที่เป็นอยู่จริงมากที่สุด

5.2.2 บางสถานงานที่มีการปรับลดจำนวนสถานงาน จะส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานในสายการประกอบนั้นลดลง จึงควรหามาตรการรองรับการเปลี่ยนแปลงนี้ เช่น การย้ายผู้ปฏิบัติงาน ไปทำในสายการประกอบของโมเดลใหม่ที่กำลังจะผลิต เป็นต้น

5.2.3 การที่จะนำแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการประกอบจากงานวิจัยไปใช้ ควรจะมีการบังคับใช้อย่างจริงจังและต่อเนื่อง เพื่อให้เห็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น และเพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุงให้อยู่ต่อไปในระยะยาว



TNI

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] พิกพ ลลิตาภรณ์, *ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต*, กรุงเทพฯ : ส.เอเซียเพรส, 2544.
- [2] M. P. Groover, *Work Systems and the Methods, Measurement and Management of Work*, NJ : Pearson Prentice Hall, 2007.
- [3] สุนน มาลาสิทธิ์, *การจัดการการผลิตและการดำเนินงาน*, กรุงเทพฯ : สามลดา, 2552.
- [4] สุวิชาญ เตียวสกุล, “การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเนื่อปลาทูน่านึ่งสุกแช่เย็น:กรณีศึกษา,” *วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการเทคโนโลยี)*, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 2556.
- [5] พิกพ ลลิตาภรณ์, *การวางแผนและควบคุมการผลิต*, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2556.
- [6] กนกกาญจน์ จิรศิริเลิศ และคณะ, “การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบเส้นตรงโดยวิธีการดิฟเฟอร์เรนเชียลวิธูลูชั่น : กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป,” *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า 153-164, มกราคม 2558.
- [7] D. N. Rao, “*Single and Mixed-Model Assembly Line Balancing Methods for Both Deterministic and Normally Distributed Work Element Times*,” M.Eng. Thesis (Industrial Engineering), Oregon State University, Oregon, USA, 1971.
- [8] B. Rekiek and A. Delchambre, *Assembly Line Design : The Balancing of Mixed-Model Hybrid Assembly Lines with Genetic Algorithms*, Germany : Springer, 2006.
- [9] นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ, “การจัดสมดุลสายการผลิตกรณีรอบเวลาการผลิตแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขการผลิต,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, ปีที่ 13, ฉบับที่ 2, หน้า 73-80, เมษายน 2554.
- [10] นุชสรา เกรียงกรกฎ และปรีชา เกรียงกรกฎ, “โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดสมดุลสายการประกอบ กรณีศึกษา : โรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป จ.อุบลราชธานี,” *KKU Engineering Journal*, vol. 39, no. 2, pp. 131-138, April 2012.
- [11] R. M. Ali-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.
- [12] Y. K. Hao, “*Efficiency Improvement of Assembly Line : Case Study of Bus Seat Manufacturer*,” M.Eng. Project Report (Mechanical and Manufacturing Engineering), Tun Hussein Onn University, Johor, Malaysia, 2013.

- [13] S. T. Ghutukade and S.M. Sawant. "Use of ranked position weighted method for assembly line balancing." *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, vol. 2, no. 4, pp. 1-3, July 2013.
- [14] 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.
- [15] V. V. Rachghare and R. S. Dalu, "Assembly line balancing methods : a case study," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 3, no. 5, pp. 1,901-1,905, May 2014.
- [16] P. Phiphatsomporn and P. Pongchairerks, "Double assembly line balancing algorithms on real-world instances of producing digital rice cookers and digital hot pots," *Journal of Science and Technology RMUTT*, vol. 5, no. 2, pp. 96-117, December 2015.
- [17] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, *การศึกษางานอุตสาหกรรม*, กรุงเทพฯ : ท้อป, 2552.
- [18] B. Ibrahim, "Production flow in gas cooker assembly line," *Journal of Babylon University/Engineering Sciences*, vol. 21, no. 5, pp. 1,752-1,760, May 2013.
- [19] S. Choudhary and S. Agrawal, "U-line assembly balancing for medium commercial vehicle eicher motors Ltd. : a case study," *5th International and 26th all India Manufacturing Technology, Design and Research Conference, AIMTDR 2014*, India, December 12-14, 2014, pp. 1-4.
- [20] A. Blakeston, "Yamazumi Charts," [Online]. Available : from <https://alesandrab.wordpress.com/2015/07/28/yamazumi-charts/>. [Accessed : July 28, 2015].

ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.
การเก็บข้อมูลด้านเวลา

TNI

ตารางที่ ก.1 ค่าเวลาจากการจับเวลา 5 ครั้งของโมเดลที่ 1

องค์ประกอบ งาน	จับเวลา ครั้งที่ 1 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 2 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 3 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 4 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 5 Tek (Sec.)	เฉลี่ย
1	0.54	0.59	0.41	0.53	0.51	0.52
2	4.53	6.53	4.73	5.65	5.47	5.38
3	1.21	1.47	1.14	1.19	0.73	1.15
4	9.73	9.89	9.67	14.4	10.09	10.76
5	8.40	6.68	6.89	5.86	6.28	6.82
6	0.73	0.59	1.09	1.01	0.80	0.84
7	1.21	1.40	0.75	1.15	1.10	1.12
8	2.67	3.14	3.03	3.39	3.01	3.05
9	5.28	3.61	1.11	1.23	1.35	2.52
10	2.27	1.29	1.47	1.67	1.39	1.62
11	3.35	3.01	2.72	4.22	4.71	3.60
12	0.85	0.47	0.84	1.03	0.89	0.82
13	2.54	3.35	1.97	1.90	1.53	2.26
14	2.64	2.85	3.42	2.67	2.73	2.86
15	0.78	0.98	1.16	1.10	0.93	0.99
16	3.14	2.43	2.72	2.67	2.79	2.75
17	1.79	1.42	2.01	1.47	2.03	1.74
18	4.10	3.61	3.71	4.42	3.90	3.95
19	1.27	1.37	1.39	1.16	0.66	1.17
20	1.59	2.91	1.84	2.55	2.59	2.30

ตารางที่ ก.2 ค่าเวลาจากการจับเวลา 4 ครั้งของโมเดลที่ 2

องค์ประกอบงาน	จับเวลา ครั้งที่ 1 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 2 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 3 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 4 Tek (Sec.)	เฉลี่ย
1	1.8	1.72	1.48	1.73	1.68
2	1.9	1.36	1.67	2.01	1.74
3	2.73	3.47	5.35	2.97	3.63
4	2.58	1.73	1.59	1.58	1.87
5	3.42	3.98	3.84	4.05	3.82
6	5.61	6.86	6.86	10.10	7.36
7	2.64	3.22	2.27	4.78	3.23
8	1.16	1.42	2.3	2.41	1.82
9	2.06	1.78	1.9	3.61	2.34
10	1.35	1.65	1.37	1.53	1.48
11	3.27	3.46	3.6	3.09	3.36
12	6.86	7.64	6.58	7.48	7.14
13	2.21	2.35	2.09	2.21	2.22
14	3.64	2.1	2.55	3.77	3.02
15	2.03	2.91	3.1	3.75	2.95
16	1.49	1.16	1.61	1.4	1.42
17	2.85	3.09	3.09	2.85	2.97
18	2.51	2.91	2.72	3.8	2.99
19	5.85	5.97	4.79	4.9	5.38
20	4.71	6.35	5.41	4.84	5.33
21	3.9	3.36	3.09	4.13	3.62
22	1.66	1.41	0.98	0.8	1.21
23	5.35	5.71	6.09	6.01	5.79
24	1.01	1.46	0.79	1.15	1.10
25	1.73	1.59	2.97	2.61	2.23
26	3.67	3.67	3.11	4.86	3.83

ตารางที่ ก-2 ค่าเวลาจากการจับเวลา 4 ครั้งของโมเดลที่ 2 (ต่อ)

องค์ประกอบงาน	จับเวลา ครั้งที่ 1 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 2 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 3 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 4 Tek (Sec.)	เฉลี่ย
27	2.4	1.79	1.66	0.99	1.71
28	3.4	2.07	2.47	3.35	2.82
29	3.21	2.79	2.99	2.62	2.90
30	1.97	1.05	0.98	1.29	1.32

ตารางที่ ก-3 ค่าเวลาจากการจับเวลา 5 ครั้งของโมเดลที่ 3

k	จับเวลา ครั้งที่ 1 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 2 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 3 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 4 Tek (Sec.)	จับเวลา ครั้งที่ 5 Tek (Sec.)	เฉลี่ย
1	1.79	1.73	1.66	1.52	1.92	1.72
2	1.27	2.03	2.62	2.72	2.43	2.21
3	1.66	1.15	0.77	1.03	0.58	1.04
4	2.06	2.66	2.55	2.65	2.03	2.39
5	0.48	0.8	1.16	1.23	1.39	1.01
6	0.8	1.48	1.22	1.77	1.9	1.43
7	0.97	2.09	3.72	0.66	1.53	1.79
8	1.17	1.3	1.35	1.23	1.29	1.27
9	1.92	1.14	1.22	1.1	1.11	1.30
10	2.06	1.85	1.43	2.09	1.67	1.82
11	3.17	3.66	2.98	2.59	2.79	3.04
12	2.8	2.61	8.61	7.35	7.79	5.83
13	1.91	1.61	0.91	2.09	2.90	1.88
14	0.89	0.96	0.72	1.23	0.83	0.93
15	3.77	5.47	4.29	5.4	7.1	5.21
16	2.04	3.09	1.98	1.91	1.84	2.17