สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของสายการผลิตรถบรรทุก กรณีศึกษาโรงงาน ไทย-สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด

นายปัชญา กิจประยูร
นายภาณุ ปฐมเอกลักษณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55628
วัน,เดือน,ปี 20 พ.ค. 2548
.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Efficiency Improvement of a Truck Production Line:

A Case Study of Thai-Swedish Assembly Co., Ltd.

MR. PATCHAYA KITPRAYOON

MR. PANU PHRATHOMEAKALAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของสายการผลิตรถบรรทุก
กรณีศึกษา โรงงาน ไทย-สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด
Efficiency Improvement of a Truck Production Line: A Case Study of Thai-Swedish Assembly Co., Ltd.

นักศึกษา นายปัชญา กิจประยูร รหัสประจำตัว 43010691
นายภาณุ ปฐมเอกลักษณ์ รหัสประจำตัว 43010729

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล)

(อาจารย์ เชาวลิต หามนตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของสายการผลิตรถบรรทุก กรณีศึกษา โรงงาน ไทย-สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด
นักศึกษา	นายปัชญา กิจประยูร นายภาณุ ปฐมเอกลักษณ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล อาจารย์ เชาวลิต หามนตรี

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และปรับปรุงการทำงานในสายการผลิตรถบรรทุกในโรงงานไทย-สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิชาการด้านวิศวกรรมอุตสาหการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการผลิต โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้ (1) ศึกษาขั้นตอนการทำงานของสายการผลิตในปัจจุบัน (2) จัดลำดับในแต่ละงานย่อยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเวลาในการผลิตและลำดับก่อน-หลังของงานย่อย เพื่อหาความสัมพันธ์ของแต่ละงานย่อยแล้วนำมาเขียนเป็นผังแสดงลำดับขั้นตอน (3) ประยุกต์ใช้ทฤษฎีคอมโซล (COMSOAL Theory) ในการแก้ปัญหาการจัดสถานีการทำงานในสายการผลิต โดยใช้โปรแกรม Visual Basic (4) เก็บรวบรวมผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 และนำมาเขียนเป็นบทสรุปในการปรับปรุงแก้ไขสายการผลิต ในงานวิจัยนี้ งานย่อยจะถูกแบ่งเป็นกลุ่ม และมอบหมายงานตามลำดับของสถานีการทำงานโดยทฤษฎีคอมโซล นอกจากนี้ยังใช้กฎการถ่วงน้ำหนักของแต่ละงานย่อยในการจัดสถานีของการทำงาน และทำการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากทฤษฎีคอมโซลเพื่อนำมาใช้ในการจัดลำดับงานย่อย ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดสถานีของสายการผลิตที่คล้ายกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Efficiency Improvement of a Truck Production Line: A Case Study of Thai-Swedish Assembly Co., Ltd.
Student	Mr.Patchaya Kitprayoon Mr.Panu Phrathomeakalak
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2003
Thesis Advisor	Dr. Sittiporn Pimsakul Mr. Chaowalit Hamontri

Abstract

The main purpose of this study is to study, analyze, and improve working procedures in a truck production line in Thai-Swedish Assembly Co., Ltd. Researchers have applied Industrial Engineering knowledge for improving productivity and reducing manufacturing costs. Steps for this study include: (1) investigating the existing process in the truck assembly line (2) breaking down the process into a set of work elements, each of which is associated with work element time and precedence requirements for developing a precedence diagram (3) applying a pre-selected line balancing technique called "COMSOAL Theory" to this line balancing problem and writing a computer program using a Visual Basic program (4) discussing the results obtained from the step 3, and then drawing a conclusion from the study to redesign a production line. In this research, the work elements are grouped and assigned to a sequence of work stations, with rules for weighting work elements. A computer program written for this study is used in step 3. It can also be applied in solving similar line balancing problems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือแนะนำและควบคุมจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล และอาจารย์เชาวลิต หามนตรี ในการให้คำแนะนำและการช่วยเหลือปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ทางผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ โรงงาน ไทย-สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด ที่อนุเคราะห์ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นการให้ข้อมูล การให้คำแนะนำ และการสนับการเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้คอยช่วยเหลือในทุกๆ ด้านและคำแนะนำต่างๆ แก่ผู้วิจัย

นายปัชญา กิจประยูร

นายภาณุ ปฐมเอกลักษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการประกอบ 3

2.2 ระบบการประกอบและการจัดความสมดุลของสายการผลิต 3

2.3 สายการผลิตแบบธรรมดา 4

2.4 ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลของสายการผลิต 5

2.5 การจัดความสมดุลของสายงานผลิตด้วยวิธีต่างๆ 9

2.5.1 กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด 9

2.5.2 วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ 11

2.5.3 วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง 13

2.6 การจัดความสมดุลของสายการผลิตโดยใช้วิธีทางคอมพิวเตอร์ 15

บทที่ 3 แผนการดำเนินงาน

3.1 ระบบการจัดสายการประกอบในปัจจุบัน 16

3.2 วิธีการวิจัย 17

3.2.1 การดำเนินการของคอมโซลอัลกอริทึม 17

3.2.2 กฎการถ่วงน้ำหนัก 18

3.3 โครงสร้างของอัลกอริทึมของโปรแกรมจัดสมดุลสายการประกอบ 19

3.4 องค์ประกอบของโปรแกรมจัดสมดุลสายการประกอบ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

3.5 การแก้ปัญหาตัวอย่างของโรงงานด้วยโปรแกรมคอมโซลที่ได้พัฒนา 26

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลจากการศึกษาสายการผลิตในปัจจุบัน 28
4.2 ผลจากการปรับปรุงสายการผลิตโดยใช้ทฤษฎีคอมโซล 29
4.3 การเปรียบเทียบรอบเวลา 31
4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ 33
4.5 การเปรียบเทียบการสูญเสียความสมดุลสายการประกอบ 34

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 35
5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน 35
5.3 แนวทางพัฒนาและปรับปรุงในอนาคต 35

บรรณานุกรม 37
ภาคผนวก 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงส่วนต่างๆ ของงาน 6

ตารางที่ 2.2 แสดงการจัดส่วนของงานตามค่า T_e 10

ตารางที่ 2.3 แสดงการจัดส่วนของงานลงในสถานีการทำงานโดยใช้กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งด้วยค่าสูง 10

ตารางที่ 2.4 การจัดส่วนของงานลงในตารางจากรูปที่ 2.3 ด้วยวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ 12

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการจัดส่วนประกอบลงสถานีการทำงานตามวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ 13

ตารางที่ 2.6 ส่วนของงานที่จัดตามค่า RPW โดยวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง 14

ตารางที่ 2.7 ส่วนของงานที่ถูกจัดลงสถานีการทำงาน ตามวิธีการที่ใช้เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง 15

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบรอบเวลาและเวลาที่สูญเปล่าระหว่างสายการผลิตก่อนปรับปรุงและหลัง 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงการเคลื่อนที่ในสายการผลิต 4
รูปที่ 2.2 ผังแสดงลำดับขั้นตอนของส่วนของงานจากตัวอย่างที่ 2 18
รูปที่ 2.3 การจัดส่วนของงานจากตัวอย่างที่ 2.3 ลงในสดมภ์ตาม วิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ 12
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงวิธีการทำงานของคอมโซล อัลกอริทึม 19
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างหลักเป็นโค๊ดหลักของโปรแกรมในแต่ละขั้นตอน 20
รูปที่ 3.3 แสดงการใส่ข้อมูล 22
รูปที่ 3.4 แสดงเมตริกซ์แสดงลำดับก่อน- หลังของงานย่อย 23
รูปที่ 3.5 แสดงเมตริกซ์คำนวณการเลือกงานย่อย 24
รูปที่ 3.6 แสดงการถ่วงน้ำหนักลงงานย่อย 25
รูปที่ 3.7 แสดงงานย่อยที่ถูกจัดลงในสถานีการทำงาน 26
รูปที่ 4.1 ผังการจัดสถานีการทำงานของการผลิตในปัจจุบัน 28
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบรอบเวลา 29
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบกฎทั้ง 5 ของทฤษฎีคอมโซล 30
รูปที่ 4.4 ผลลัพธ์ของ โปรแกรม 31
รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบรอบเวลาการทำงาน 32
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่สูญเปล่า 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมยานยนต์จัดว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักสำหรับแผนพัฒนาอุตสาหกรรมของไทยเนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีการเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เป็นจำนวนมาก ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตรถยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์จึงต้องให้ความสนใจในทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าที่นับวันจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่สูญเปล่าลง และเพื่อทำการปรับปรุงระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อที่สามารถแข่งขันกับคู่แข่งและเพื่อรองรับการเติบโตของสภาพเศรษฐกิจ

สายการผลิตเป็นปัญหาหนึ่งที่มักจะเกิดขึ้นในโรงงานต่างๆ แต่ไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควรในการแก้ปัญหาโดยส่วนมาก ปัญหาในสายการผลิตนั้นเกิดจากมีการจัดวางของสถานีการทำงานที่ไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดของโรงงานและลักษณะของการผลิต มีการใช้งานของวัตถุดิบและเครื่องมืออย่างไม่เหมาะสม รวมทั้งยังมีลำดับของงานที่ซับซ้อน ทำให้เกิดความยุ่งยากในการจัดลำดับก่อน-หลังของงานต่างๆ ในสายการผลิต

สายการผลิตของรถบรรทุกรุ่น FM ในโรงงานไทย – สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด (Thai – Swedish Assembly Co., Ltd.) กำลังพบปัญหาหลักที่เกิดขึ้น คือ เกิดปัญหาคอขวดในบางสถานีการทำงาน เนื่องจากมีการกระจายงานให้แก่พนักงานในแต่ละสถานีการทำงานและมีการจัดลำดับก่อน - หลังของงานบางงานอย่างไม่เหมาะสม ทำให้ไม่สามารถผลิตรถบรรทุกได้ตามแผนงานรายปีที่กำหนดไว้ ซึ่งทางโรงงานได้มีการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นโดยการว่าจ้างพนักงานให้มีการทำงานล่วงเวลา โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 8 ชั่วโมง ซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าวก็ยังไม่สามารถทำให้สายการผลิตมีกำลังการผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการที่กำหนดไว้

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิชาการทางวิศวกรรมอุตสาหการในการแก้ปัญหาของสายการผลิต เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานและเพิ่มผลผลิต โดยให้ใช้ปัจจัยทางด้านแรงงาน วัสดุ เครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างคุ้มค่าและก่อให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตลดต่ำลงและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งทั้งในประเทศและต่างประเทศได้ สิ่งเหล่านี้จึงเป็นเหตุจูงใจให้มีการศึกษาการปรับปรุงสายการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แก่

1. เพื่อศึกษาระบบการทำงานของสายการผลิตรถบรรทุกรุ่น FM ในโรงงานไทย – สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด
2. เพื่อนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของสายการผลิตรถบรรทุกรุ่น FM ในโรงงานไทย – สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

โครงงานนี้ทำขึ้น โดยมีขอบเขตของงานครอบคลุมเฉพาะส่วนหลักที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลสายการผลิต เพราะเนื่องจากในแต่ละสายการผลิตจะมีลักษณะของส่วนประกอบและข้อจำกัดที่ต่างกัน และขอบเขตของงานครอบคลุมเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตเท่านั้น จึงมีผลทำให้ต้องจำกัดขอบเขตของงานที่ทำการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาการทำงานเฉพาะของสายการผลิตรถบรรทุกรุ่น FM เพียงรุ่นเดียวในโรงงาน ไทย – สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด

2. ขอบเขตการศึกษาจะไม่พิจารณาบางตัวแปรที่จะทำให้เกิดผลกระทบที่ไม่แน่นอนในสายการผลิต ซึ่งส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการจัดสมดุลสายการผลิต โดยมีสมมติฐานของตัวแปร 4 ข้อ ดังนี้

2.1 เวลามาตรฐาน (Standard Time) ในการทำงานย่อยหนึ่งๆมีค่าคงที่

2.2 เวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานจะไม่นำมารวมเข้ากับเวลาของแต่ละงานย่อย เพราะเวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานเมื่อนำมาเทียบกับเวลาทั้งหมดแล้วถือว่าเป็นส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อทำการจัดสายการผลิตใหม่แล้วเวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานก็จะเปลี่ยนไปด้วย เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของงานและที่เก็บวัสดุต่างๆ

2.3 พนักงานแต่ละคนมีความสามารถในการทำงานที่เท่ากัน

2.4 ตัวชิ้นงานมีการเคลื่อนที่ไปในสถานีต่างๆ ในสายการผลิต โดยที่พนักงานประจำอยู่ในแต่ละสถานีการทำงาน ไม่มีเคลื่อนที่ข้ามสถานีการทำงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ และลดความสูญเสียของการทำงานในสายการผลิตของรถบรรทุกรุ่น FM ในโรงงานไทย – สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด

2. เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการปรับปรุงสายการผลิตในประเภทงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีความคล้ายคลึงกับอุตสาหกรรมยานยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะของการผลิตที่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ส่วนมากเป็นการประกอบขึ้นจากส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งแนวคิดในเรื่องของเทคนิคการประกอบที่ใช้ในระบบการผลิตแบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ

1. กระบวนการประกอบ (Assembly Process)
2. ระบบการประกอบและการจัดความสมดุลของสายการผลิต (Assembly Systems and Line Balancing)

2.1 กระบวนการประกอบ

การประกอบ หมายถึง การนำชิ้นส่วนย่อยตั้งแต่ 2 ชิ้น หรือมากกว่ามารวมกัน เพื่อให้เกิดรูปลักษณะใหม่ขึ้นมา หรือเรียกว่า ส่วนประกอบย่อย กระบวนการผลิตที่ใช้ชิ้นส่วนประกอบดังกล่าวนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ใช้ชิ้นยึดติดกันทางกล (Mechanical Fastening Methods) ซึ่งมักใช้กันโดยทั่วๆ ไป ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น็อต สกรู หรืออาจใช้วิธีการอัดแน่น

2. ใช้วิธีเชื่อม (Joining Methods) โดยทั่วๆ ไปแล้วหมายถึง กระบวนการที่เกี่ยวกับการเชื่อมชนิดต่างๆ เช่น การเชื่อม, การบัดกรี, การเชื่อมทองเหลือง เป็นต้น

3. ใช้วัสดุเป็นตัวประสาน (Adhesive Bonding Methods) เป็นการยึดส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยใช้สารบางอย่างเป็นตัวประสาน เช่น กาวชนิดพิเศษ (Expoxy) วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะให้ความแข็งแรงและทนต่ออุณหภูมิสูงได้

2.2 ระบบการประกอบและการจัดความสมดุลของสายการผลิต

ระบบการประกอบที่ใช้ในอุตสาหกรรมนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีความเหมาะสมกับลักษณะงานแบบหนึ่งๆ ดังได้กล่าวในรายละเอียด ดังนี้

1. สายการผลิตแบบมีสถานีการทำงาน 1 แห่ง (Manual Single Station Assembly) เป็นการประกอบผลิตภัณฑ์ที่มีความประณีต และผลิตเป็นจำนวนน้อยๆ ในบางครั้งอาจมีผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว สำหรับขนาดของแรงงานนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนของผลิตภัณฑ์และอัตราการผลิตที่ต้องการ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ เครื่องจักรอุปกรณ์ทางอุตสาหกรรม เครื่องบินต้นแบบ ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่

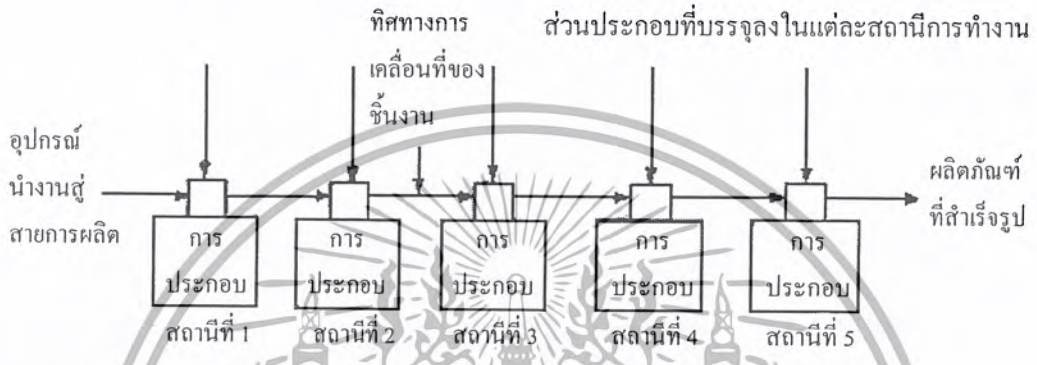
2. สายการผลิตแบบธรรมดา (Manual Assembly Line) เป็นการประกอบผลิตภัณฑ์ (หรือส่วนประกอบย่อย) ที่ส่งผ่านสถานีประกอบหลายๆ แห่ง ซึ่งในแต่ละสถานีงานอาจมีผู้ปฏิบัติงาน 1 คน หรือมากกว่า ที่ช่วยกันประกอบส่วนต่างๆ เข้ากับส่วนประกอบย่อยที่มีอยู่ก่อน จนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในสถานีการทำงานสุดท้าย

3. สายการผลิตแบบอัตโนมัติ (Automated Assembly System) เป็นวิธีการประกอบที่ใช้เครื่องจักรทำงานแทนคนงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สายการผลิตแบบธรรมดา

สายการผลิตแบบธรรมดา มักนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ ที่มีอัตราการผลิตที่มีปริมาณสูง มีการแบ่งงานออกเป็นงานย่อยๆ หรือเรียกว่า ส่วนของงานย่อย แล้วจัดลงสถานีการทำงานบนสายการผลิต ปัจจัยที่สำคัญสำหรับสายการผลิตแบบนี้ก็คือ ความชำนาญของคนงานที่ได้กำหนดหน้าที่ ให้ทำงานแบบเดียวซ้ำๆ กัน จนคนงานมีความชำนาญเป็นพิเศษ และสามารถทำงานนั้นๆได้อย่างรวดเร็ว และคงเส้นคงวา ตัวอย่างของสายงานประกอบประเภทนี้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงการเคลื่อนที่ในสายการผลิต

การเคลื่อนย้ายงานระหว่างสถานีการทำงาน

วิธีการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน จากสถานีการทำงานหนึ่งไปยังสถานีการทำงานถัดไปในขณะปฏิบัติงานแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. ไม่ใช้อุปกรณ์เชิงกล

การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างสถานีการทำงาน เป็นไปโดยใช้มือ ซึ่งมักเกิดปัญหาในการรอคอย ทำให้การเคลื่อนที่ของงานไม่สม่ำเสมอ รอบเวลาไม่คงที่ และอัตราการผลิตไม่แน่นอน ดังนั้นในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น จึงมักจะมีชิ้นงานสำรองเพื่อความปลอดภัยไว้ระหว่างสถานีการทำงาน

2. ใช้อุปกรณ์ลำเลียง

การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างสถานีการทำงาน อาจใช้สายพานลำเลียงหรือโซ่ลำเลียง ระบบการเคลื่อนย้ายแบบนี้ จะเป็นไปอย่างต่อเนื่องหรือหยุดเป็นช่วงๆ ซึ่งโดยทั่วไป นิยมใช้กับการเคลื่อนย้ายชิ้นงานในสายการประกอบ แต่มักมีปัญหาเกิดขึ้นกับบางสถานีการทำงาน ที่คนงานไม่สามารถประกอบชิ้นงานที่ต้องส่งไปยังสถานีการทำงานถัดไปให้เสร็จได้ทันเวลา ดังนั้นการมีชิ้นงานสำรองเพื่อความปลอดภัยสำรองไว้บางส่วน ก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นต่อสายการผลิตประเภทนี้เช่นกัน

บนสายพานลำเลียง สามารถที่จะควบคุมอัตราการผลิตของสายการประกอบได้ โดยการควบคุมอัตราการป้อน ถ้าให้ f หมายถึง อัตราการป้อน การวัดจากจำนวนชิ้นงานต่อหน่วยเวลา ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ตัว คือ ความเร็วของสายพานลำเลียง และระยะห่างของชิ้นงานบนสายพาน ถ้าให้ v หมายถึง อัตราความเร็วของสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำเลียง (ฟุต/นาที หรือ เมตร/วินาที) และ S หมายถึง ช่วงห่างระหว่างชิ้นงานบนสายพานลำเลียง (ฟุต หรือ เมตร/ชิ้นงาน) โดยสามารถคำนวณหาอัตราการป้อนได้ดังสมการที่ 2.1

$$f = \frac{V}{S} \tag{2.1}$$

ในขณะที่ชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามสายงาน โดยการควบคุมอัตราการป้อนระดับหนึ่ง คนงานจะมีช่วงเวลาหนึ่งที่เขาต้องปฏิบัติงาน หลังจากนั้นงานจะผ่านเลยไป ช่วงเวลาปฏิบัติงาน (T) (นาที/สถานี) หาได้จากความเร็วของสายพาน และความยาวของแต่ละสถานีการทำงาน (L) ดังสมการที่ 2.2

$$T = \frac{L}{V} \tag{2.2}$$

ตัวอย่างของสายการผลิต เช่น สมมติว่าต้องการอัตราการผลิตบนสายการประกอบจำนวน 60 ชิ้น/ชั่วโมง บนสายพานลำเลียง หรือใช้อัตราการป้อน (f) 1 ชิ้น/นาที อัตราความเร็วสายพาน (V) 0.5 เมตร/นาที และระยะห่างระหว่างชิ้นงานเท่ากับ (S) 0.5 เมตร ถ้าความยาวของแต่ละสถานีการทำงานเท่ากับ (L) 1.5 เมตร เวลาของคนงานในแต่ละสถานีการทำงานควรจะเป็น 3 นาที ซึ่งโดยทั่วไปมักเพิ่มเวลาในการทำงานเข้าไปอีกเพื่อให้เป็นเวลาเผื่อไว้ เนื่องจากความแปรผันของการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

2.4 ปัญหาเกี่ยวกับการจัดสมดุลของสายการผลิต

การเคลื่อนที่ของงานในสายการผลิตมีกระบวนการดำเนินงาน หรือขั้นตอนการประกอบที่ระบุไว้อย่างชัดเจน ดังตัวอย่างเช่น การทำรูเกลียว ซึ่งต้องทำการเจาะรู ก่อนที่ทำเกลียว หรือการยึดหน้าแปลนเข้าด้วยกัน ต้องใส่แหวนรองก่อนที่ขันนอตยึดหน้าแปลนให้แน่น ข้อจำกัดต่างๆ เหล่านี้ ในภาษาการจัดสมดุลสายการผลิตเรียกว่าข้อจำกัดที่อยู่ก่อนหน้า (Precedence Constraints) ในการผลิตหรือการประกอบผลิตภัณฑ์ โดยทั่วๆ ไปไม่ว่าเป็นแบบสายการผลิตแบบธรรมดา หรือแบบอัตโนมัติ ก็มักมีจุดประสงค์หลักอันเดียวกัน คือ การออกแบบสายการผลิต ให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้

ปัญหาเรื่องการจัดสมดุลสายการผลิต ขึ้นอยู่กับการจัดกระบวนการผลิตของแต่ละสถานีการทำงาน และงานการประกอบของสถานีการทำงานต่างๆ ซึ่งต้องทำให้เวลาในแต่ละสถานีการทำงานมีค่าเท่ากันหรือมีค่าใกล้เคียงกัน โดยการรวมส่วนของงานต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นสถานีการทำงาน จึงจะทำให้การผลิตเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ในทางปฏิบัติเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีการทำงานมักจะแตกต่างกัน ดังนั้นเวลาที่เป็นตัวกำหนดอัตราการผลิตของสายงาน จึงขึ้นอยู่กับกับสถานีการทำงานที่มีเวลาการทำงานมากที่สุด

สิ่งที่ควรรู้ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตก็คือ คำต่างๆ ที่นำมาใช้ ตลอดจนความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน โดยใช้ตัวอย่างที่ 2.1 อธิบายประกอบการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 2.1 โรงงานประกอบอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในครัวเรือนขนาดเล็กแห่งหนึ่ง ได้วางแผนการประกอบผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง โดยการแบ่งงานออกเป็นส่วนของงานย่อยๆ แผนกวิศวกรรมได้กำหนดเวลามาตรฐานขึ้นจากงานที่มีลักษณะคล้ายกับที่เคยทำอยู่ก่อน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.1 และความต้องการต่อปีเท่ากับ 120,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้น เมื่อเปลี่ยนเป็นอัตราการผลิตบนสายการผลิต จะได้ 1 ชิ้น/นาที (สมมุติให้ 1 ปี มี 50 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์ทำงาน 40 ชั่วโมง)

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงส่วนต่างๆ ของงาน

ลำดับที่	รายละเอียด	T_{ej} (นาที)	ลำดับของงานที่มาก่อน
1	วางโครงอุปกรณ์บนตัวจับและยึดให้แน่น	0.20	-
2	ประกอบจุดต่อสำหรับต่อสายไฟ	0.40	-
3	ประกอบฐานรองต่างๆเข้ากับโครงอุปกรณ์	0.70	1
4	เดินสายไฟเข้ามอเตอร์	0.10	1 , 2
5	เดินสายไฟเข้าสวิตช์	0.30	2
6	ประกอบแผ่นบังคับเข้ากับฐานรองรับ	0.11	3
7	ประกอบใบพัดเข้ากับฐานรองรับ	0.32	3
8	ประกอบมอเตอร์เข้ากับฐานรองรับ	0.60	3 , 4
9	จัดใบพัดให้ได้ระดับและยึดเข้ากับมอเตอร์	0.27	6 , 7 , 8
10	ประกอบสวิตช์เข้ากับฐานรองรับมอเตอร์	0.38	5 , 8
11	ใส่ฝาครอบ ดูความเรียบร้อยและทดสอบ	0.50	9 , 10
12	ใส่กล่อง	0.12	11

1. ส่วนของงาน (Work Element) คือ การแบ่งงานที่ต้องประกอบ ให้อยู่ตามสถานีการทำงานในสายงาน โดยการแบ่งงานออกเป็นส่วนย่อยๆ จนไม่สามารถแบ่งต่อไปได้อีก ดังตัวอย่างเช่น การเจาะรู เป็นต้น เวลาสำหรับส่วนของงานนี้แทนด้วยสัญลักษณ์ T_{ej} เมื่อ j หมายถึง งานส่วนหนึ่งของส่วนงาน n_e ที่ประกอบขึ้นเป็นงาน จากตัวอย่างที่ 2.1 ค่า T_{ej} สำหรับส่วนของงานที่ 1 คือ 0.2 นาที

เวลา T_{ej} ของส่วนของงานกำหนดให้มีค่าคงที่ แต่ถ้าการดำเนินงานโดยใช้วิธีแบบธรรมดาในหัวข้อที่ 2.3 เวลาที่กำหนดให้ในแต่ละส่วนของงาน อาจเปลี่ยนแปลงไปได้ในแต่ละรอบ

ข้อกำหนดที่นำมาใช้กับค่า T_{ej} เป็นแบบการเพิ่ม คือ ผลบวกของเวลาสำหรับส่วนของงานต่างๆเท่ากับเวลางาน ซึ่งในทางปฏิบัติอาจไม่จริงเสมอไป จากหลักของการเคลื่อนไหวอย่างประหยัด

2. เวลาของงานทั้งหมด (Total Work Content Time) คือ ผลรวมของเวลาของงานต่างๆ ที่ต้องประกอบบนสายงาน เวลาทั้งหมดแทนด้วยสัญลักษณ์ T_{wc}

$$T_{wc} = \sum_{j=1}^{n_e} T_{ej} \qquad (2.3)$$

จากตัวอย่างที่ 2.1 $T_{wc} = 4.0$ นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เวลางานของสถานีการทำงาน (Workstation Processing Time) คือ เวลาที่ต้องใช้สำหรับการประกอบในแต่ละสถานี โดยที่ส่วนของงานอาจมีมากกว่า 1 งานก็ได้ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ T_{si} ค่า i หมายถึง สถานีงานจากจำนวนสถานีการทำงานทั้งหมด n แห่ง และต้องแน่ใจว่าเวลาของสถานีการทำงานต้องเท่ากับผลบวกของส่วนของงานในสถานีการทำงานนั้นๆ

$$\sum_{i=1}^{n} T_{si} = \sum_{j=1}^{n_e} T_{ej} \qquad (2.4)$$

4. รอบเวลา (Cycle Time) คือ ช่วงเวลาระหว่างชิ้นงานแต่ละชิ้นที่ออกจากสายการผลิต ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี (T_c) การหาค่า T_c นั้นขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตที่ต้องการบนสายงาน นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงเวลาที่ต้องสูญเสียไปในสายงานด้วย ดังสมการที่ 2.5

$$T_c \leq \frac{E}{R_p} \qquad (2.5)$$

เมื่อ E หมายถึง ประสิทธิภาพของสายการผลิต ถ้าเป็นสายการผลิตแบบอัตโนมัติ โดยปกติจะมีค่าประสิทธิภาพมากกว่าสายการผลิตแบบธรรมดา ทั้งนี้เนื่องจากการขัดข้องทางเชิงกลมีโอกาสเกิดขึ้นน้อย สำหรับ R_p หมายถึง อัตราการผลิตที่ต้องการ

จากตัวอย่างที่ 2.1 กำหนดให้อัตราการผลิตที่ต้องการเท่ากับ 60 ชิ้น/ชั่วโมง หรือ 1 ชิ้น/นาที โดยที่ประสิทธิภาพของสายการผลิตเท่ากับ 100% จะได้ค่า T_c เท่ากับ 1 นาที แต่ถ้าประสิทธิภาพของสายการผลิตน้อยกว่า 100% รอบเวลาทางทฤษฎีจะมีค่าลดลง เพื่อชดเชยกับเวลาที่ต้องสูญเสียไป ดังนั้นค่า T_c ที่ต่ำสุดที่เป็นไปได้ขึ้นอยู่กับสถานีการทำงานที่มีค่าเวลาสูงสุด (T_s) นั่นคือ

$$T_c \geq \text{Max } T_{si} \qquad (2.6)$$

ถ้า $T_c = \text{Max } T_{si}$ จะมีเวลาว่างเกิดขึ้นกับทุกๆ สถานีการทำงานที่ T_s น้อยกว่า T_c ซึ่งในที่สุดแล้วจะได้

$$T_c \geq T_{si} \quad (\text{สำหรับทุกๆค่าของ } j = 1, 2, \ldots, n_e) \qquad (2.7)$$

นั่นคือรอบเวลาต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าใดๆ ในส่วนของงานในสายงาน (การคำนวณค่า T_c จากสมการที่ 2.5 ถึง 2.7 ของตัวอย่างที่ 2.1 นั้นไม่พิจารณาเวลาการขนถ่าย)

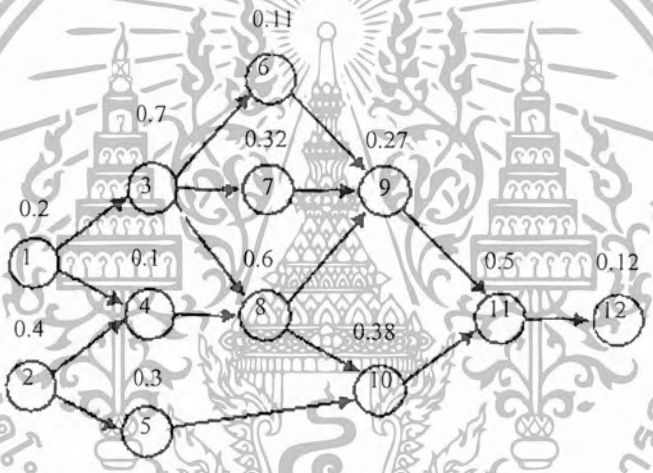
5. ข้อจำกัดที่อยู่ก่อนหน้า (Precedence Constraint) คือ ลำดับขั้นตอนที่จำเป็นทางเทคนิคในสายการผลิต ดังแสดงในตัวอย่างที่ 2.1 จำเป็นต้องประกอบสวิตซ์เข้ากับฐานมอเตอร์ก่อนที่จะปิดฝาครอบ ส่วนทางด้านขวามือของตารางแสดงถึง ข้อจำกัดที่อยู่ก่อนหน้าในการประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากข้อจำกัดที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการจัดสถานีการทำงาน หรือที่เรียกว่า ข้อจำกัดด้านโซน (Zoning Restriction) ซึ่งมีทั้งด้านบวกและด้านลบ กล่าวคือ ถ้าส่วนของงานที่สามารถจัดให้อยู่ใกล้กันและอยู่ในสถานีการทำงานเดียวกันได้ เรียกว่า ข้อจำกัดด้านบวก ส่วนข้อจำกัดด้านลบ หมายถึง ส่วนของงานที่ไม่สามารถจัดได้ให้อยู่ใกล้กันได้ ซึ่งต้องจัดให้อยู่ห่างกันตามลักษณะของผลิตภัณฑ์และสายการผลิต

ข้อจำกัดอื่นๆ ที่จัดอยู่ในข้อจำกัดด้านบวกเหมือนกันคือ การประกอบผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น รถยนต์ ซึ่งวางตำแหน่งคนงานไว้ทั้งสองด้านของสายการผลิต

6. ผังแสดงลำดับขั้นตอน (Precedence Diagram) คือ การแสดงขั้นตอนของส่วนของงานโดยใช้กราฟที่เป็นไปตามข้อจำกัด ซึ่งโดยทั่วๆไปจะใช้จุดเชื่อม (Node) เป็นสัญลักษณ์ในการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของงาน และมีตัวลูกศรเป็นตัวกำหนดทิศทางในการดำเนินงาน การดำเนินงานเริ่มจากด้านซ้ายสุดของผังผ่านกระบวนการประกอบต่างๆ จนได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ด้านขวาของผังดังในรูปที่ 2.2 แสดงถึงผังลำดับงานจากตัวอย่างที่ 2.1 เช่น ในงานย่อยที่ 12 มีเวลาในการทำงานเท่ากับ 0.12 นาที



รูปที่ 2.2 ผังแสดงลำดับขั้นตอนของส่วนของงานจากตัวอย่างที่ 2.1

7. การสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) คือ เครื่องชี้ถึงประสิทธิภาพของสายการผลิตที่มีความไม่สมบูรณ์เกิดขึ้น โดยพิจารณาเวลาที่สูญเปล่า (Idle Time) จากการจัดงานลงในสถานีการทำงาน ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ d และสามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการที่ 2.8

$$d = \frac{nT_c - T_{wc}}{nT_c} \qquad (2.8)$$

8. ประสิทธิภาพของสายการผลิต (Line Efficiency) คือ ตัววัดที่ใช้เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของสถานีการทำงานหรือทั้งสายการผลิต โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$E = 1 - \frac{\sum T_{cj}}{n \times T_c} \qquad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การจัดความสมดุลของสายงานผลิต

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะพิจารณาถึงการแก้ปัญหา เรื่องการจัดสมดุลของสายการผลิตด้วยวิธีการแบบธรรมดาชนิดต่างๆ โดยยังใช้ข้อมูลจากตัวอย่างที่ 2.1 ประกอบการอธิบาย วิธีการที่ใช้แก้ปัญหานี้เป็นแบบฮิวริสติก (Heuristic) คือ อาศัยสามัญสำนึก (Common Sense) มากกว่าที่จะเป็นการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงไม่อาจรับรองได้ว่าคำตอบที่ได้นั้นจะเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด วิธีการเหล่านี้ได้แก่

1. กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด (Largest-Candidate Rule)
2. วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester's Method)
3. วิธีการที่ใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method)

สำหรับในหัวข้อที่ 2.6 ผู้วิจัยจะอธิบายใช้กระบวนการทางคอมพิวเตอร์ สำหรับการแก้ปัญหาเรื่องการจัดสมดุลของสายการผลิต

2.5.1 กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด

วิธีการนี้เริ่มต้นด้วยการเลือกส่วนของงาน เพื่อจัดลงในสถานีการทำงาน โดยดูจากค่าของเวลา (T_c) เป็นหลัก

ขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลของสายการผลิตมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ลงรายการงานทั้งหมด โดยเรียงลำดับค่า T_c จากค่าที่สูงสุดไปยังค่าที่ต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 2 จัดส่วนของงานลงในสถานีการทำงานแรก โดยเริ่มจากรายการที่อยู่บนสุดลงมา และทำการเลือกส่วนของงานที่เป็นไปได้ลงในสถานีการทำงาน โดยพิจารณาถึงลำดับขั้นตอนการทำงานก่อน-หลังในการทำงานเป็นหลัก แต่ผลบวกของ T_c ในแต่ละสถานีการทำงาน ต้องไม่เกินรอบเวลา (T_c)

ขั้นตอนที่ 3 จัดส่วนของงานลงในสถานีการทำงานอื่นๆ เหมือนกับขั้นตอนที่ 2 และตรวจสอบดูว่าส่วนของงานที่เพิ่มเข้าไปนั้นไม่เกินค่า T_c

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการเหมือนขั้นตอนที่ 2 และ 3 กับสถานีการทำงานอื่นๆ จนไม่มีส่วนของงานเหลืออยู่

ตัวอย่างที่ 2.2 จัดส่วนของงานในตัวอย่างที่ 2.1 ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 ตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนที่ 1 พร้อมทั้งการจัดลำดับขั้นตอนก่อนหลังของแต่ละงาน ซึ่งค่าต่างๆที่เป็นไปได้ของส่วนของงานเหล่านี้จะถูกจัดลงในสถานีงานที่กำหนดขึ้น

ตามด้วยขั้นตอนที่ 2 ซึ่งเริ่มต้นที่ด้านบนสุดของรายการ คือ ส่วนของงานที่ 3 จะเห็นว่าไม่เหมาะสมทั้งนี้เพราะต้องมีส่วนของงานที่ 1 นำหน้ามาก่อน ดังนั้นจึงไม่สามารถจัดส่วนของงานที่ 3 นี้ลงในสถานีงานที่ 1 ได้ ส่วนงานที่ได้รับการจัดลงในสถานีการทำงานที่ 1 เป็นอันดับแรกก็คือ ส่วนของงานที่ 2 ส่วนของงานอื่นๆตามมา จนส่วนของงานทั้งหมดในสถานีการทำงานที่ 1 คือ 2 , 5 , 1 และ 4 โดยใช้เวลาทั้งสิ้นเท่ากับ 1 นาที ดังนั้น $T_{s1} = 1.0$ ซึ่งเท่ากับ T_c สำหรับการจัดส่วนของงานลงในสถานีการทำงานอื่นๆ ใช้กระบวนการแบบเดียวกัน ซึ่งในที่สุดจะได้สถานีการทำงานทั้งหมด 5 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การจัดส่วนของงานตามค่า T_c โดยใช้กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งด้วยค่าสูงสุด

ส่วนของงานย่อย	T_c (นาที)	ส่วนของงานที่อยู่ก่อนหน้า
3	0.70	1
8	0.60	3 , 4
11	0.50	9 , 10
2	0.40	-
10	0.38	5 , 8
7	0.32	3
5	0.30	2
9	027	6 , 7 , 8
1	0.20	-
12	0.12	11
6	0.11	3
4	0.10	1 , 2

ตารางที่ 2.3 การจัดส่วนของงานลงในสถานีการทำงาน
โดยใช้กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งด้วยค่าสูงสุด

สถานีการทำงาน	ส่วนของงานย่อย	T_c (นาที)	$\sum T_c$ ในแต่ละสถานีการทำงาน
1	2	0.40	
	5	0.30	
	1	0.20	
	4	0.10	1.00
2	3	0.70	
	6	0.11	0.81
3	8	0.60	
	10	0.38	0.98
4	7	0.32	
	9	0.27	0.59
5	11	0.50	
	12	0.11	0.62

กฎการกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้แก้ปัญหาการสมดุลของสายการผลิตแบบง่ายๆ แต่ถ้าเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก ก็จำเป็นต้องใช้เทคนิคที่ซับซ้อนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์

เทคนิคของกิลบริดจ์และเวสเตอร์นี้ได้นำมาถูกประยุกต์ใช้แก้ปัญหาเรื่องการจัดสมดุลสายการผลิตที่มีความสลับ
ซับซ้อนได้เป็นผลสำเร็จ และได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก วิธีการนี้เริ่มต้นด้วยการเลือกส่วนของงานเพื่อจัดลงสถานีการทำงาน โดยเป็นไปตามลำดับตำแหน่งที่อยู่ในผังการจัดลำดับงาน กล่าวคือ ส่วนของงานที่อยู่ตอนต้นของผัง จะได้รับการเลือกและจัดลงสถานีการทำงานก่อน ด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับส่วนของงาน ที่อยู่ตอนต้นของผังที่มีค่า T_c สูง ซึ่งในกฎการกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุดแล้วจะได้รับการพิจารณาก่อน

เพื่อแสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีกิลบริดจ์และเวสเตอร์โดยใช้ตัวอย่างที่แล้วมา ซึ่งไม่มีความซับซ้อนมากนัก ดังนั้นกระบวนการที่ออกแบบมาเพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีความยุ่งยาก เมื่อนำมาใช้กับตัวอย่างนี้จึงขาดหายไป

ขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลของสายการผลิตสำหรับตัวอย่างที่ 2.2 โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่างที่ 2.1 มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างผังการจัดลำดับงาน โดยมีจุดเชื่อมเพื่อเชื่อมส่วนของงาน ถูกแสดงไว้ในสดมภ์ดังรูปที่ 2.3 ส่วนของงานที่ 1 และ 2 อยู่ในสดมภ์ที่ I ส่วนของงานที่ 3 , 4 และ 5 อยู่ในสดมภ์ที่ II และส่วนของงานอื่นๆ จะถูกจัดไว้อยู่ในสดมภ์ถัดไป อย่างไรก็ตามก็มีข้อควรสังเกต คือ ส่วนของงานที่ 5 อาจอยู่ได้ทั้งในสดมภ์ที่ II และ III โดยไม่ทำให้ขัดต่อข้อจำกัดของงานแต่อย่างใด

ขั้นตอนที่ 2 ลงรายการส่วนของงานตามลำดับของสดมภ์ โดยเริ่มจากส่วนบนสุดของสดมภ์ที่ I ถ้าปรากฏว่ามีส่วนของงานที่สามารถจัดแจงได้มากกว่า 1 สดมภ์ ให้ใส่ส่วนของงานนั้นในทุกๆ สดมภ์ ซึ่งสามารถสับเปลี่ยนไปมาได้ ขั้นตอนดังกล่าวนี้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 นอกจากนั้น ยังมีค่าอื่นๆ อีก เช่น ค่า T_c ของแต่ละส่วนของงาน และผลบวกของงานและผลบวกของค่า T_c ในแต่ละสดมภ์

ขั้นตอนที่ 3 จัดส่วนของงานลงสถานีงาน โดยเริ่มจากส่วนของงานที่อยู่ในสดมภ์ที่ I และสดมภ์อื่นๆ ตามลำดับ ผลรวมของเวลาในแต่ละสถานีการทำงานควรเท่ากับค่า T_c สำหรับตัวอย่างของผู้วิจัย คือ 1 นาที จากผลรวมของค่า T_c ในแต่ละสดมภ์ ซึ่งนับว่ามีประโยชน์มาก ทั้งนี้เพราะแสดงให้เห็นถึงรอบเวลาในสดมภ์ต่างๆ เช่น ในสดมภ์ที่ 1 ใช้เวลาทั้งหมดเท่ากับ 0.6 นาที จึงสามารถจัดอยู่ในสถานีการทำงานที่ 1 ได้ แต่ไม่สามารถจัดส่วนของงานในสดมภ์ที่ 2 ลงในสถานีการทำงานที่ 1 ได้ทั้งหมด เพราะจะทำให้ผลบวกของค่า T_c ทั้งหมดเกินค่า T_c คือ 1.0 นาที ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตัดส่วนของงาน T_{c3} ซึ่งมีเวลาเท่ากับ 0.7 นาทีออกไป

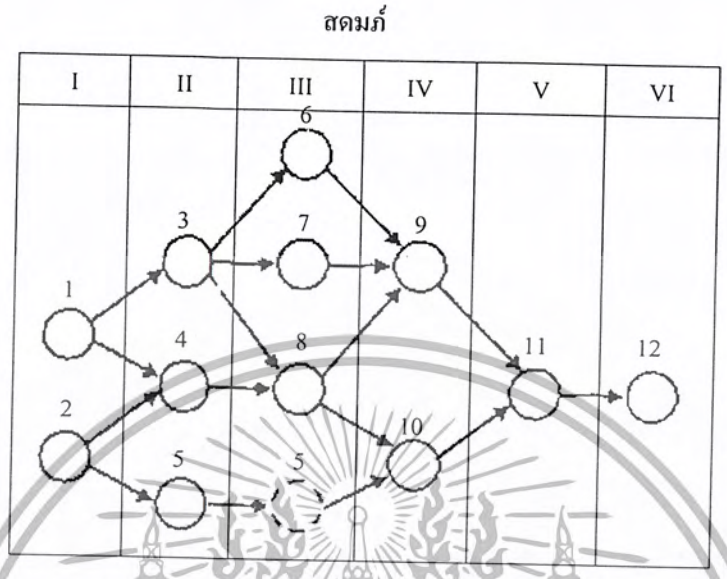
จึงเหลือค่า T_{c4} และ T_{c5} ซึ่งเมื่อนำมารวมเข้ากับส่วนของงานอื่นๆ ในสถานีการทำงานที่ 1 ได้ค่า T_c เท่ากับ T_c จากวิธีดังกล่าวนี้ จะเห็นถึงความแตกต่างของจากกฎการกำหนดโดยใช้ค่าสูงสุด คือ การจัดลำดับงานจะอยู่ในสดมภ์โดยอัตโนมัติ

สำหรับสถานีการทำงานที่ 2 ส่วนของงานที่ 3 จากสดมภ์ที่ II ถูกจัดลงไปก่อน แล้วจึงพิจารณาส่วนของงานในสดมภ์ที่ III เป็นอันดับต่อไป ซึ่งจะเห็นว่ามีเพียงส่วนของงานที่ 6 เท่านั้น ที่สามารถจัดลงได้

กระบวนการจัดส่วนของงานลงในสถานีการทำงานต่างๆ ดำเนินไปเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วจนครบทุกๆ ส่วนของงาน ดังรูปที่ 2.3 แสดงคำตอบของการจัดสมดุลของสายการผลิตโดยใช้วิธีกิลบริดจ์ ที่มีสถานีการทำงานทั้งหมด 5 สถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วๆไปแล้ววิธีการกิลบริดจ์และเวสเตอร์ จะให้คำตอบในการจัดสมดุลของสายการผลิตได้ดีกว่ากฎการกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด แต่อาจไม่จริงเสมอไปดังเช่นในตัวอย่างที่กล่าวถึงนี้



รูปที่ 2.3 การจัดส่วนของงานจากตัวอย่างที่ 2.3 ลงในสถานีตามวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์

ตารางที่ 2.4 การจัดส่วนของงานลงในตารางจากรูปที่ 2.3 ด้วยวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์

ส่วนของงานย่อย	สถานี	T_e (นาที)	ผลบวกของสถานี T_{es}
1	I	0.20	
2	I	0.40	0.60
3	II	0.70	
4	II	0.10	
5	II , III	0.30	1.1
6	III	0.11	
7	III	0.32	
8	III	0.60	1.03
9	IV	0.27	
10	IV	0.38	0.65
11	V	0.50	0.50
12	VI	0.12	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการจัดส่วนประกอบลงสถานีการทำงาน ตามวิธีของกิลบริดจ์และเวสเตอร์

สถานีการทำงาน	ส่วนของงานย่อย	T_e (นาที)	$\sum T_e$ ในแต่ละสถานีการทำงาน
1	1	0.20	
	2	0.40	
	4	0.10	
	5	0.30	1.00
2	3	0.70	
	6	0.11	0.81
3	7	0.32	
	8	0.60	0.92
4	9	0.27	
	10	0.38	0.65
5	11	0.50	
	12	0.12	0.62

2.5.3 วิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง

วิธีการนี้เกิดจากการรวมกลยุทธ์ของกฎการกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุดกับวิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์เข้าด้วยกัน หรือใช้ชื่อเรียกว่า Ranked Positional Weight (RPW) วิธีการ RPW นี้ จะคิดน้ำหนักในแต่ละส่วนของงาน โดยใช้ค่า T_e ของส่วนงานต่างๆ กับค่าที่อยู่ตอนหน้าของผังลำดับงาน หลังจากนั้นจึงจัดส่วนของงานลงในสถานีการทำงานตามลำดับค่าของ RPW

ขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินงานเป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่า RPW ในแต่ละส่วนของงานโดยการรวมค่า T_e ของส่วนของงานนั้นๆ เข้ากับค่า T_e ของส่วนงานทั้งหมดที่ตามหลังในข่ายของแนวลูกศรของผังลำดับงาน

ขั้นตอนที่ 2 ลงรายการส่วนของงานทั้งหมดตามลำดับ RPW โดยจัด RPW ที่มีค่าสูงสุดไว้ด้านบน พร้อมทั้งบอกเวลาในแต่ละส่วนของงานไว้ในสดมภ์ที่ III นอกจากนั้นในสดมภ์ที่ IV ยังแสดงถึงส่วนของงานที่อยู่ก่อนหน้านั้นในสดมภ์ที่ I

ขั้นตอนที่ 3 จัดส่วนของงานลงในสถานีการทำงานตามค่า RPW โดยพยายามหลีกเลี่ยงข้อจำกัดเกี่ยวกับส่วนของงานที่อยู่ก่อนหน้าและรอบเวลา

ตัวอย่างที่ 2.3 เป็นการประยุกต์วิธีการของ RPW กับข้อมูลในตัวอย่างที่ 2.1 กล่าวคือ ในขั้นแรกเป็นการคำนวณหาค่า RPW ของแต่ละส่วนของงานสำหรับส่วนของงานที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของงานต่างๆ ที่ตามหลังและอยู่ในข่ายของแนวลูกศร (ดูรูปที่ 2.2) คือ 3 , 4 , 6 , 7 , 8 , 9 , 10 , 11 และ 12 ดังนั้น RPW สำหรับส่วนของงานที่ 1 เกิดจากผลบวกของค่า T_e ในแต่ละส่วนของงานเหล่านี้รวมกับค่า T_e ของส่วนของงานที่ 1 จะได้ค่า RPW = 3.30 และแนวโน้มของ RPW จะมีค่าลดลงเมื่อการคำนวณเข้าใกล้ส่วนท้ายของผังลำดับงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.6 แสดงถึงส่วนของงานตามลำดับ RPW วิธีการจัดส่วนของงาน จะเริ่มจากส่วนบนสุดของรายการสู่ด้านล่าง โดยที่ส่วนของงานถูกจัดลงสถานีการทำงานทีละครั้ง และย้อนกลับไปสู่ส่วนบนสุดของรายการใหม่ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.7

การจัดความสมดุลของสายการผลิตด้วยวิธี RPW นี้ ได้จากสถานีการทำงานเท่ากับ 5 สถานี ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่เวลาที่สูงสุดในสถานีการทำงานที่ 3 คือ 0.92 นาที ดังนั้นสายการผลิตจะใช้เวลา $T_c = 0.92$ นาที แทนที่เป็น 1 นาที

คำตอบที่ได้จากวิธี RPW จะให้ประสิทธิภาพการจัดสมดุลของสายการผลิต สูงกว่าอีก 2 วิธี ที่กล่าวมาข้างต้น ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะรอบเวลามีค่าต่างกัน แต่ถ้านำปัญหานี้มาแก้ใหม่อีกครั้งโดยให้ค่า $T_c = 0.92$ นาที และใช้วิธีการของกิลบริดจ์และเวสเตอร์ และกฎการกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด ก็อาจจะได้ประสิทธิภาพเหมือนกับวิธี RPW เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2.6 ส่วนของงานที่จัดตามค่า RPW โดยวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง

ส่วนของงานย่อย	RPW	T_c (นาที)	ส่วนของงานที่อยู่ก่อนหน้า
1	3.30	0.20	-
3	3.00	0.70	1
2	2.67	0.40	-
4	1.97	0.10	1 , 2
8	1.87	060	3 , 4
5	1.30	0.30	2
7	1.21	0.32	3
6	1.00	0.11	3
10	1.00	0.38	5 , 8
9	0.89	0.27	6 , 7 , 8
11	0.62	0.50	9 , 10
12	0.12	0.12	11

สำหรับการจัดความสมดุลของสายการผลิตที่มีความซับซ้อนมากๆ เช่น มีส่วนของงานย่อยมากกว่า 100 งาน ซึ่งเมื่อใช้วิธีแบบธรรมดาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อาจไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงได้มีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยแก้ปัญหา ดังได้กล่าวในหัวข้อถัดไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ส่วนของงานที่ถูกจัดลงสถานีการทำงาน ตามวิธีการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง

สถานีการทำงาน	ส่วนของงานย่อย	T_e (นาที)	$\sum T_e$ ในแต่ละสถานีการทำงาน
1	1	0.20	
	3	0.70	0.90
2	2	0.40	
	4	0.10	
	5	0.30	
	6	0.11	0.91
3	8	0.60	
	7	0.32	0.92
4	10	0.38	
	9	0.27	0.65
5	11	0.50	
	12	0.12	0.62

2.6 การจัดความสมดุลของสายการผลิตโดยใช้วิธีทางคอมพิวเตอร์

วิธีต่างๆทั้ง 3 วิธีที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.5 นั้นเป็นวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาวิธีการแบบปกติ ซึ่งไม่สามารถนำมาเป็นเครื่องมือใช้กับวิธีทางคอมพิวเตอร์ได้ แท้ที่จริงแล้ว สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น ได้มีการพัฒนากันเรื่อยมาโดยใช้วิธีฮูริสติก อย่างไรก็ตามการนำคอมพิวเตอร์มาใช้แก้ปัญหาการสมดุลของสายการผลิต ก็ย่อมให้คำตอบเกี่ยวกับรายละเอียดตลอดจนทางเลือกต่างๆ ได้มากกว่าวิธีการแบบธรรมดา ดังนั้นการกำหนดวิธีการโดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อหาความสมดุลของสายการผลิต ก็เพื่อให้สามารถจัดส่วนของงานย่อยลงสถานีการทำงาน เป็นไปอย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงเทคนิคที่ใช้แก้ปัญหาการสมดุลของสายการผลิตที่มีขนาดใหญ่ โดยใช้คอมพิวเตอร์และเน้นในรายละเอียดเฉพาะวิธีของคอมโซล (Computer Method of Sequencing Operation for Assembly Lines) ซึ่งถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นโดย Albert I Arcus ซึ่งจะอธิบายถึงรายละเอียดในบทที่ 3

นอกจากวิธีคอมโซลแล้ว สถาบันวิจัย IIT ยังได้เสนอผลงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดสมดุลของสายการผลิตโดยใช้ชื่อย่อว่า CALB (Computer Assembly Line Balancing หรือ Computer – Aided Line Balancing) ซึ่งต่อมาได้นำมาใช้เป็นโปรแกรมมาตรฐานในอุตสาหกรรมที่สามารถประยุกต์ใช้กับการประกอบผลิตภัณฑ์หลายๆ อย่าง เช่น การประกอบรถยนต์ อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ในครัวเรือน และอื่นๆ อีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงานในการแก้ไขปัญหาการจัดสมดุลสายการการประกอบควรศึกษาสภาพของสายการประกอบในปัจจุบันก่อนในด้านเวลาการทำงาน ลักษณะการจัดสถานีการทำงานในสายการประกอบ พื้นที่ภายในสายการประกอบ เพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดวิธีแก้ไขปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบในการปรับปรุงสายการประกอบ โดยสายการประกอบในปัจจุบันมีดังนี้

3.1 ระบบการจัดสายการประกอบในปัจจุบัน

ภายในสายการประกอบของแผนกรถบัสและรถบรรทุกได้แบ่งสถานีการทำงานเป็น 9 สถานีและมีข้อมูลเวลาจากทางโรงงานดังนี้

1. สถานีสำหรับประกอบโครง เป็นเริ่มประกอบรถบรรทุกโดยประกอบช่วงล่างของรถบรรทุก ใช้พนักงานรวม 2 คนเวลาในการทำงาน 134 นาที

2. สถานีสำหรับประกอบช่วงล่าง เป็นการประกอบช่วงล่างเข้ากับเพลาล้อของรถบรรทุกโดยรับช่วงล่างจากสถานีสำหรับประกอบโครงใช้พนักงานรวม 3 คน เวลาในการทำงาน 216 นาที

3. สถานีสำหรับเตรียมถังลม เป็นการเตรียมชิ้นงานในการติดตั้งระบบลมของรถบรรทุกในสถานีสำหรับต่อระบบลม ใช้พนักงานรวม 1 คน เวลาในการทำงาน 148 นาที

4. สถานีสำหรับต่อระบบลม เป็นการติดตั้งระบบลมของรถบรรทุก ใช้พนักงานรวม 3 คน เวลาในการทำงาน 223 นาที

5. สถานีสำหรับเตรียมเครื่องยนต์ เป็นการเตรียมเครื่องยนต์ในการติดตั้งเครื่องยนต์รถบรรทุกในสถานีสำหรับติดตั้งตัวเครื่องยนต์ ใช้พนักงานรวม 1 คน เวลาในการทำงาน 111 นาที

6. สถานีสำหรับติดตั้งตัวเครื่องยนต์ เป็นการประกอบเครื่องยนต์กับช่วงล่างที่มีการประกอบเพลาล้อของรถบรรทุกแล้ว ใช้พนักงานรวม 3 คน เวลาในการทำงาน 354.5 นาที

7. สถานีสำหรับเตรียมหัวรถบรรทุก เป็นการประกอบหัวรถที่นั่งคนขับใช้พนักงานรวม 5 คน เวลาในการทำงาน 374 นาที

8. สถานีสำหรับประกอบหัวรถบรรทุกเข้ากับตัวรถ เป็นการประกอบหัวรถกับช่วงล่างของรถบรรทุก ใช้พนักงานรวม 3 คน เวลาในการทำงาน 390 นาที

9. สถานีสำหรับตรวจสอบความเรียบร้อย เป็นการตรวจสอบความเรียบร้อยต่างๆของรถบรรทุก ใช้พนักงานรวม 2 คน เวลาในการทำงานทำงาน 211 นาที

แต่ทางโรงงานได้มีนโยบายเพิ่มกำลังการเพิ่มกำลังเป็น 800 คันต่อปีหรือ 240 นาทีต่อคันโดยเวลาทั้งการทำงานทั้งหมด 1 ปีเท่ากับ 192000 นาที แต่สายการประกอบในปัจจุบันมีรอบเวลาทำงาน 390 นาทีต่อการประกอบรถบรรทุก 1 คัน คิดในเวลาทำงาน 1 ปีสามารถประกอบรถบรรทุกได้ 493 คัน จึงต้องมีการปรับปรุงสายการผลิตให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เพียงพอกับความต้องการ สายการประกอบในปัจจุบันสามารถปรับปรุงพื้นที่ในการจัดสถานีได้ 10 สถานีและอีก 5 สถานีเฉพาะการเตรียมหัวรถบรรทุก จึงต้องมีการปรับปรุงสายการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการ

3.2 วิธีการวิจัย

1. กำหนดวิธีการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบมีหลายวิธีเช่นการแก้ปัญหาให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) วิธีทางอ้อม (Heuristics) วิธีคอมโซล (COMSOAL) ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีคอมโซล เนื่องจากโครงสร้างของอัลกอริทึมง่ายต่อการเข้าใจและศึกษา นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและสมบูรณ์สูง คอมโซลนั้นเป็นวิธีจัดสมดุลสายการผลิตสำหรับสายการผลิตขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน หลักการโดยทั่วไปของคอมโซลจะยึดการแก้ปัญหาโดยวิธีการสุ่มเอาปัญหาใหญ่เป็นหลัก การสุ่มในคอมโซลนั้นจะเป็นการสุ่มแบบถ่วงน้ำหนักให้กับแต่ละงานย่อย เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสในการเลือกงานย่อยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยทางผู้วิจัยได้มีการเขียนโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณ วิธีคอมโซลโดยใช้ภาษา VB Application Base Microsoft Excel

2. ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ด้วยการทดสอบผลลัพธ์สายการประกอบที่มี 9 งาน โดยคำนวณด้วยมือกับการจัดโดยโปรแกรมคอมโซลที่ได้พัฒนาโดยตัวอย่างจะแสดงในภาคผนวก

3. ทดสอบโปรแกรมกับปัญหาตัวอย่างของโรงงาน การทดสอบโปรแกรมกับปัญหาตัวอย่างของโรงงานโดยการจัดสถานีการทำงานด้วยโปรแกรมคอมโซลที่รอบเวลาการทำงาน 240 นาที

4. เปรียบเทียบผลการทดลองวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบหลักในปัจจุบันกับสายการประกอบที่นำเสนอ การเปรียบเทียบผลของรอบเวลาการทำงาน เวลาที่เหลือในแต่ละสถานีการทำงาน การกระจายของเวลาทำงานในสถานีการทำงาน ประสิทธิภาพของสายการประกอบในปัจจุบันกับสายการประกอบที่นำเสนอ

ในทฤษฎีคอมโซลมีขั้นตอนในการดำเนินการ 10 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1: ตรวจสอบลำดับของงานก่อนหน้าของทุกงานย่อยที่ยังไม่ถูกจัดลงในสถานีการทำงานโดยจะเรียกรายชื่องานในกลุ่มของทุกงานย่อยที่ยังไม่ถูกจัดลงสถานีการทำงานว่า รายชื่องานในกลุ่ม A

ขั้นตอนที่ 2: ตรวจสอบรายชื่องานในกลุ่ม A ว่างานย่อยไหนไม่มีงานก่อนหน้าให้แยกงานย่อยนั้นไปไว้ในรายชื่ออันใหม่ เรียกว่า รายชื่องานในกลุ่ม B

ขั้นตอนที่ 3: ตรวจสอบรายชื่องานในกลุ่ม B ว่างานย่อยไหนมีเวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้ (ครั้งแรกเวลาที่เป็นไปได้จะเท่ากับรอบเวลาทำงาน) งานย่อยเหล่านี้จะถูกจัดลงในรายชื่อที่เรียกว่า รายชื่องานในกลุ่ม C

ขั้นตอนที่ 4: นำงานในรายชื่องานในกลุ่ม C มาถ่วงน้ำหนักในแต่ละงานย่อย งานย่อยไหนมีน้ำหนักมากที่สุดจัดงานย่อยนั้นลงในสถานีการทำงาน

ขั้นตอนที่ 5: ลบงานย่อยในรายชื่องานในกลุ่ม B และ C

ขั้นตอนที่ 6: ปรับปรุงรายชื่องานในกลุ่ม A ใหม่ โดยที่จำนวนงานทั้งหมดถูกลดลงไปหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 7: ปรับปรุงรายชื่องานในกลุ่ม B โดยตรวจสอบจากรายชื่องานในกลุ่ม A ว่างานย่อยไหนไม่มีงานก่อนหน้างานย่อยเหล่านี้จะถูกจัดลงในรายชื่องานในกลุ่ม B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55628

ขั้นตอนที่ 8: ปรับปรุงรายชื่องานในกลุ่ม C โดยตรวจสอบจากรายชื่องานในกลุ่ม B ว่างานย่อยไหนมีเวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้จะถูกจัดลงในรายชื่องานในกลุ่ม C (เวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้ใหม่เท่ากับมีเวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้เก่าลบด้วยเวลาของงานที่ถูกจัดลงในสถานีการทำงานก่อน)

ขั้นตอนที่ 9: นำงานในรายชื่องานในกลุ่ม C มาถ่วงน้ำหนักในแต่ละงานย่อย งานย่อยไหนมีน้ำหนักมากที่สุดจัดงานย่อยนั้นลงในสถานีการทำงาน

ขั้นตอนที่ 10: ลบงานในรายชื่องานในกลุ่ม B และรายชื่องานในกลุ่ม C แล้วทำขั้นตอนที่ 6 ถึงขั้นตอนที่ 10 ใหม่จนเวลาของรายชื่องานในกลุ่ม C ทุกตัวมากกว่าเวลาที่เป็นได้ถึงจะกำหนดสถานีใหม่ แล้วตั้งเวลาที่เป็นไปได้จะเท่ากับรอบเวลาและทำตั้งแต่รอบเวลา 1 ใหม่โดยแสดงตามรูปที่ 3.1 แสดงวิธีการทำงานของคอมโซลอัลกอริทัม

กฎการถ่วงน้ำหนัก กฎการถ่วงน้ำหนักที่ได้กล่าวในทฤษฎีขั้นตอนที่ 4 ถึง 10 โดยจะใช้หลักการแบบถ่วงน้ำหนัก โดยที่มีกฎในการถ่วงน้ำหนักงานย่อยตามความเหมาะสมของสายการประกอบ 5 กฎดังนี้

กฎข้อที่ 1 การถ่วงน้ำหนักโดยเลือกงานย่อยที่มีเวลามากที่สุดมาก่อน

$$W_i = T_i / \sum_j T_j \tag{3.1}$$

โดยที่ W_i = น้ำหนักที่ถูกกำหนดให้งานย่อยที่ i ในรายชื่องานในกลุ่ม C

T_i = เวลาของงานย่อยที่ i

$\sum T_j$ = ผลรวมทั้งหมดของงานย่อย j ในรายชื่องานในกลุ่ม C

กฎข้อที่ 2 การถ่วงน้ำหนักซึ่งกำหนดโดย 1 / x ซึ่ง x จะเท่ากับจำนวนงานย่อยทั้งหมดที่ไม่ได้ถูกมอบหมายลดไปหนึ่ง

$$W_i = \frac{1 / (U - N_i)}{\sum_j 1 / (U - N_j)} \tag{3.2}$$

โดยที่ U = จำนวนรวมทั้งหมดของงานย่อยที่ไม่ได้ถูกมอบหมาย

N_i = จำนวนของงานย่อยที่ตามหลังงานย่อยที่ i แล้วบวกอีกหนึ่ง

กฎข้อที่ 3 การถ่วงน้ำหนักซึ่งกำหนดโดยจำนวนรวมทั้งหมดของงานย่อยที่ตามมางานนั้นมาแล้วบวกไปอีกหนึ่ง

$$W_i = N_i / \sum_j N_j \tag{3.3}$$

กฎข้อที่ 4 การถ่วงน้ำหนักซึ่งกำหนดโดยเวลาของงานย่อยและงานย่อยทั้งหมดที่ตามมา

$$W_i = \frac{N_i / M_i}{\sum j (N_i / M_i)} \tag{3.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ M_i = จำนวนของงานย่อยในสายที่ยาวที่สุดซึ่งตามหลังงานย่อยที่ i บวกหนึ่ง

กฎข้อที่ 5 การถ่วงน้ำหนักซึ่งจะกำหนดโดยเวลาของงานย่อยที่ i และเวลาของงานย่อยทั้งหมดที่ตามมา โดยขั้นตอนในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีคอมโซลแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงวิธีการทำงานของ คอมโซล อัลกอริทึม

3.3 โครงสร้างของอัลกอริทึมของโปรแกรมจัดสมดุลสายการประกอบ

เป็นการเขียนโปรแกรมตามทฤษฎีคอมโซลสร้างกับ VB Application Base Microsoft Excel มีโครงสร้างหลักดังนี้

1. การรับข้อมูลได้แก่ จำนวนงานย่อย ค่าเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย ลำดับงานก่อนหน้างานย่อยนั้น รอบเวลาการทำงาน การเลือกกฎในการคัดเลือกงานย่อยเข้าสถานีงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างเมตริกซ์เริ่มต้นเป็นตัวแปรเมตริกซ์ขนาดเท่ากับ จำนวน n งาน X จำนวน n งาน 2 เมตริกซ์ คือ เมตริกซ์ที่ใช้หาจำนวนงานที่ตามหลังทั้งหมด โดยเมตริกซ์ที่หนึ่งกำหนดให้แกนนอนเป็นงานย่อยหนึ่งๆ แกนตั้งเป็นงานย่อยที่ตามงานย่อยหนึ่งๆ นั้นและอีกเมตริกซ์ที่สองเป็นเวลางานที่ตามหลังทั้งหมด และจำนวนงานย่อยในสายที่ยาวที่สุด

3. การคัดเลือกงานย่อยตามทฤษฎีคอมโซลด้วยวิธีการสร้างรายชื่องานในกลุ่ม B (List B) โดยงานในกลุ่ม B เป็นงานที่ไม่มีงานก่อนหน้าโดยคำนวณจากเมตริกซ์ที่หนึ่งและสร้างรายชื่องานในกลุ่ม C (List C) โดยงานในกลุ่ม C เป็นงานในกลุ่ม B ที่มีเวลาไม่เกินเวลาที่เหลือในแต่ละสถานีการทำงานจากเมตริกซ์ที่สองโดยเริ่มต้นเวลาไม่เกินเวลาที่เหลือในแต่ละสถานีการทำงานจะเท่ากับรอบเวลาการทำงาน

4. การเปรียบเทียบงานย่อยโดยนำงานในกลุ่ม C มาถ่วงน้ำหนักโดยคำนวณน้ำหนักของงานย่อยนั้นตามกฎต่างๆที่ได้เลือกแล้วทำการเปรียบเทียบงานย่อย

5. การเลือกงานย่อยจัดลงสถานีแสดงผลลัพธ์โดยเลือกงานย่อยที่มีน้ำหนักมากที่สุดจัดลงในสถานีการทำงาน ผลลัพธ์ประกอบไปด้วย เลขสถานีงาน เลขงานย่อยในแต่ละสถานี เวลาของงานย่อยนั้น เวลารวมของงานในสถานี และเวลาที่เหลือในแต่ละสถานีงาน

6. การปรับปรุงเมตริกซ์โดยตัดงานที่ถูกจัดลงสถานีการทำงานไม่นำมาคิดอีกและคำนวณเวลาที่เหลือในแต่ละสถานีการทำงานถ้ามีเวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ให้ตั้งเวลาที่เหลือในแต่ละสถานีการทำงานจะเท่ากับรอบเวลาการทำงาน และทำการหยุด โดยตรวจสอบจำนวนงานถูกจัดลงสถานีการทำงานโดยได้อธิบายโครงสร้างหลักเป็นโค๊ดหลักของโปรแกรมในแต่ละขั้นตอนดังนี้

อัลกอริทึมของโปรแกรมจัดสมดุลสายการประกอบ

```
Step1. Data Input
        Generate (cycle time);
        Generate (time of task);
        Generate (precedence task);
        Generate (number task);
Step2. Initial Matrix
        Create (1st Matrix);
        Create (2nd Matrix);
Step3. Initial Selection
        For element to total element_task
        If (Predence_task= 0) Then
```

รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของโปรแกรมที่ได้พัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Select (element);
        If (Element time<= available time) Then
        Select (element);
        End
        End.
Step4. Compare
        Assign (weight element) from 2nd matrix;
        If (Weight element > max Weight element) then
        Max Weight element = Weight element;
        End.
Step5.  Select (max weight element);
        Select (element from list C);
Step6.  Update Data
        Update (1st matrix);
        If available time – Element time <= 0 then
        Available time = cycle time;
        Else
        Available time = available time – that Element time;
        End.
        If all element to station then
        Stop;
        Else
        Go to Step 3
        End.
```

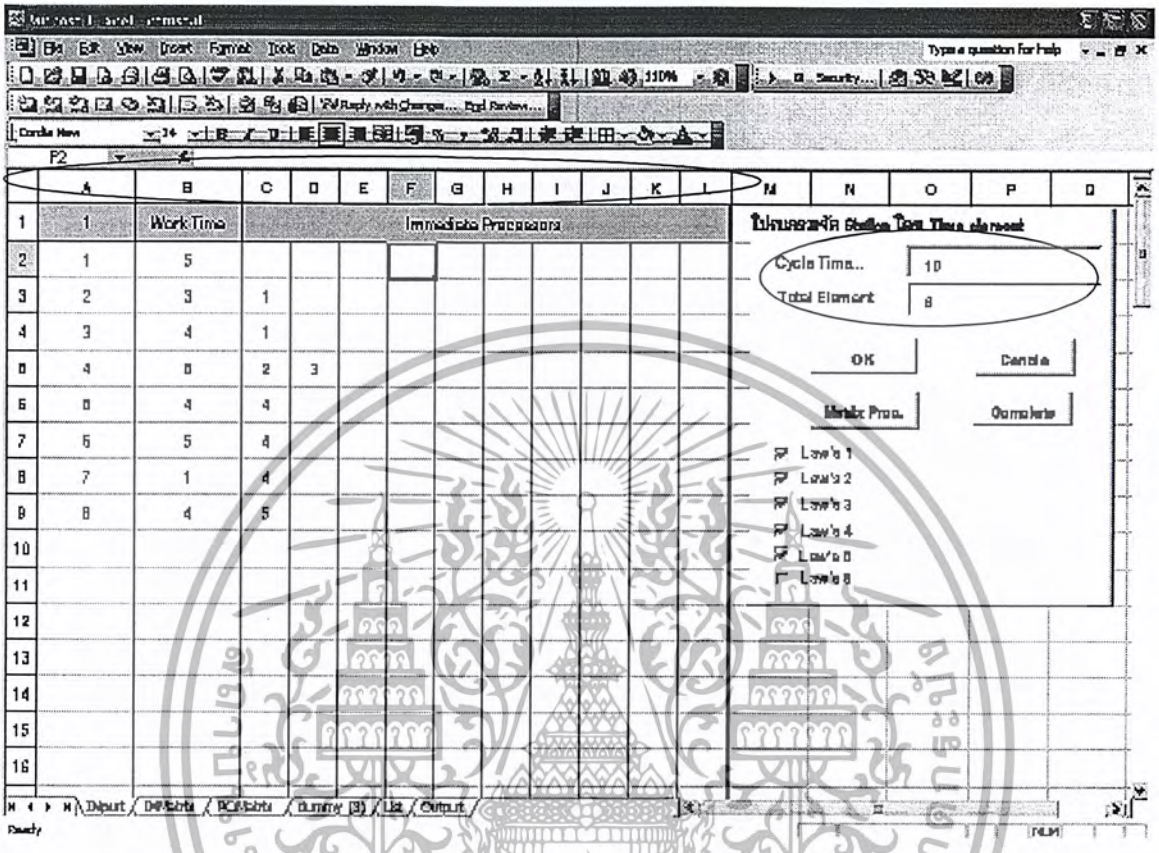
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของโปรแกรมที่ได้พัฒนา (ต่อ)

3.4 องค์ประกอบของโปรแกรมจัดสมดุลสายการประกอบ

โปรแกรมจัดสมดุลสายการประกอบที่ได้เขียนขึ้นเพื่อช่วยในการจัดสถานีการทำงานที่มีจำนวนงานย่อยมาก ยากต่อการคำนวณด้วยมือ สามารถแยกเป็นโมดูลย่อยได้ดังนี้

1. โมดูลรับข้อมูลเข้า (Input Module) ได้แก่ จำนวนงานย่อย ค่าเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย ลำดับงานก่อนหน้างานย่อยนั้น รอบเวลาการทำงาน การเลือกกฎในการคัดเลือกงานย่อยเข้าสถานีงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

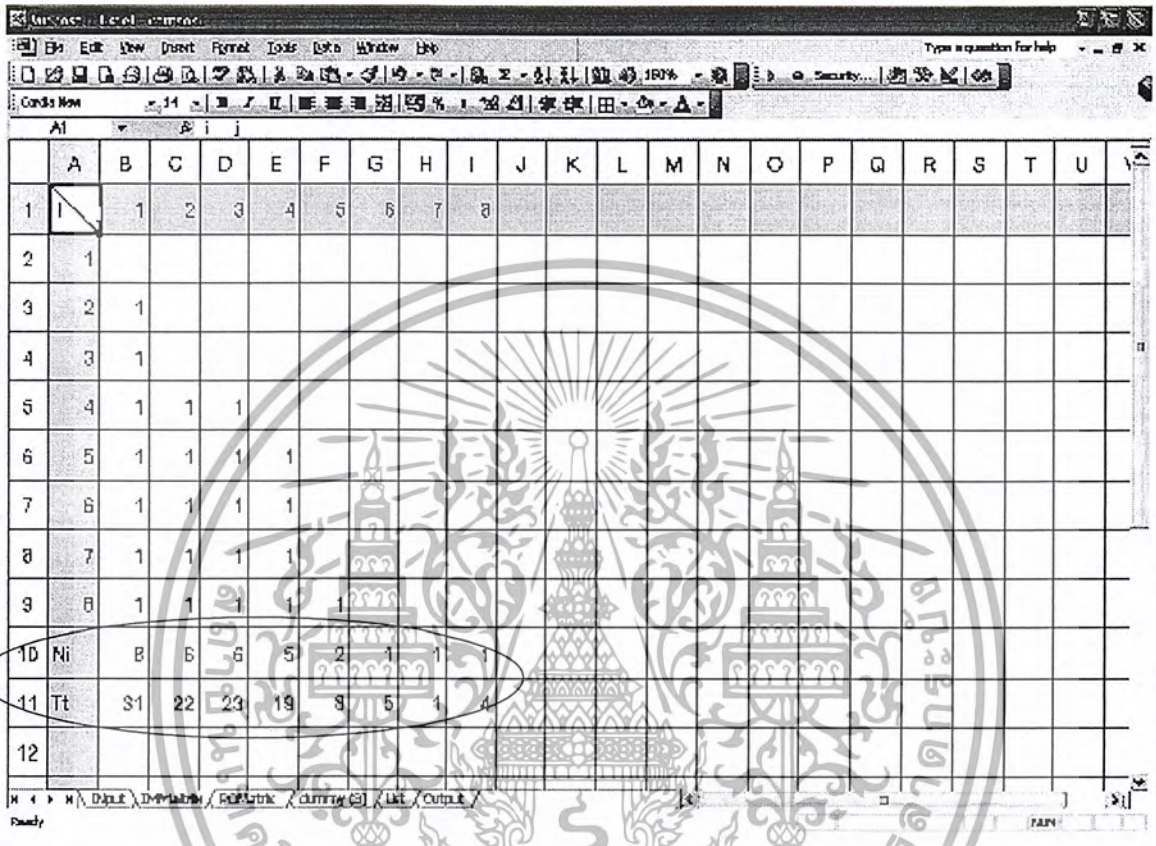


รูปที่ 3.3 แสดงการใส่ข้อมูล

จากรูปที่ 3.3 ในช่อง Cycle Time จะใส่ค่ารอบเวลาการทำงาน ช่อง Total Element ใส่จำนวนงานย่อยทั้งหมดที่นำมาจัดสมดุลสายการประกอบเมื่อใส่ข้อมูลค่ารอบเวลาการทำงานและจำนวนของงานย่อยทั้งหมดกดปุ่ม O K. เพื่อสร้างจำนวนงานย่อยในคอลัมท์ A ในตาราง จากนั้นใส่ข้อมูลเวลาทำงานของงานย่อยในช่อง Work Time คอลัมท์ B และใส่ข้อมูลงานย่อยก่อนหน้างานย่อยแต่ละงาน ในช่อง Immediate Processors คอลัมท์ C ถึง K เมื่อใส่ข้อมูลกดปุ่ม Matrix Proc. เพื่อเมตริกซ์แสดงลำดับก่อน- หลังของงานย่อย กดปุ่ม Complete. เพื่อคำนวณการจัดสถานีการทำงาน ปุ่ม Cancel ทำหน้าที่ลบข้อมูลที่ใส่ทั้งหมด

2. โมดูลแสดงเมตริกซ์ (Matrix Module) โมดูลนี้ทำหน้าที่ในการคำนวณต่างๆ เช่น ลำดับก่อน- หลังของงานย่อย จำนวนงานที่ตามงานย่อยแต่ละงานและเวลารวมของงานย่อยทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



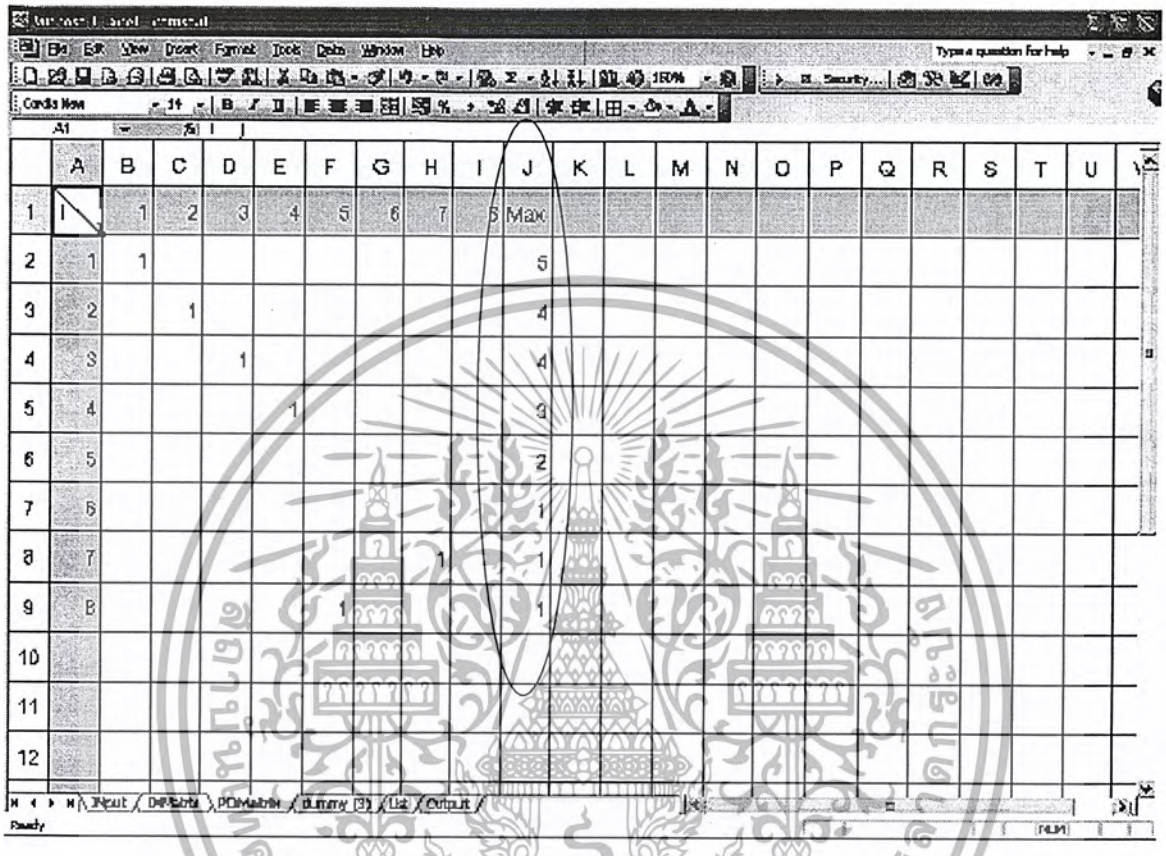
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	I	1	2	3	4	5	6	7	8												
2	1																				
3	2	1																			
4	3	1																			
5	4	1	1	1																	
6	5	1	1	1	1																
7	6	1	1	1	1																
8	7	1	1	1	1																
9	8	1	1	1	1	1															
10	Ni	8	6	6	5	2	1	1	1												
11	Tt	31	22	23	19	8	5	1	4												
12																					

รูปที่ 3.4 แสดงเมตริกซ์แสดงลำดับก่อน- หลังของงานย่อย

จากรูปที่ 3.4 คอลัมท์ในตารางแสดงจำนวนงานย่อยตามหลังงานย่อยแต่ละงาน แถวในตารางแสดงจำนวนงานย่อยก่อนงานย่อยแต่ละงาน ในแถว Ni แสดงผลรวมของจำนวนงานย่อยตามหลังงานย่อยแต่ละงานและแสดงเวลารวมของจำนวนงานย่อยตามหลังงานย่อยในแถว Ti

3. โมดูลแสดงเมตริกซ์คำนวณ (Compute Matrix Module) โมดูลนี้ทำหน้าที่แสดงการคำนวณ เลือกงานย่อยลงในสถานีการทำงานและคำนวณสายที่ยาวที่สุดของงานย่อยแต่ละงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



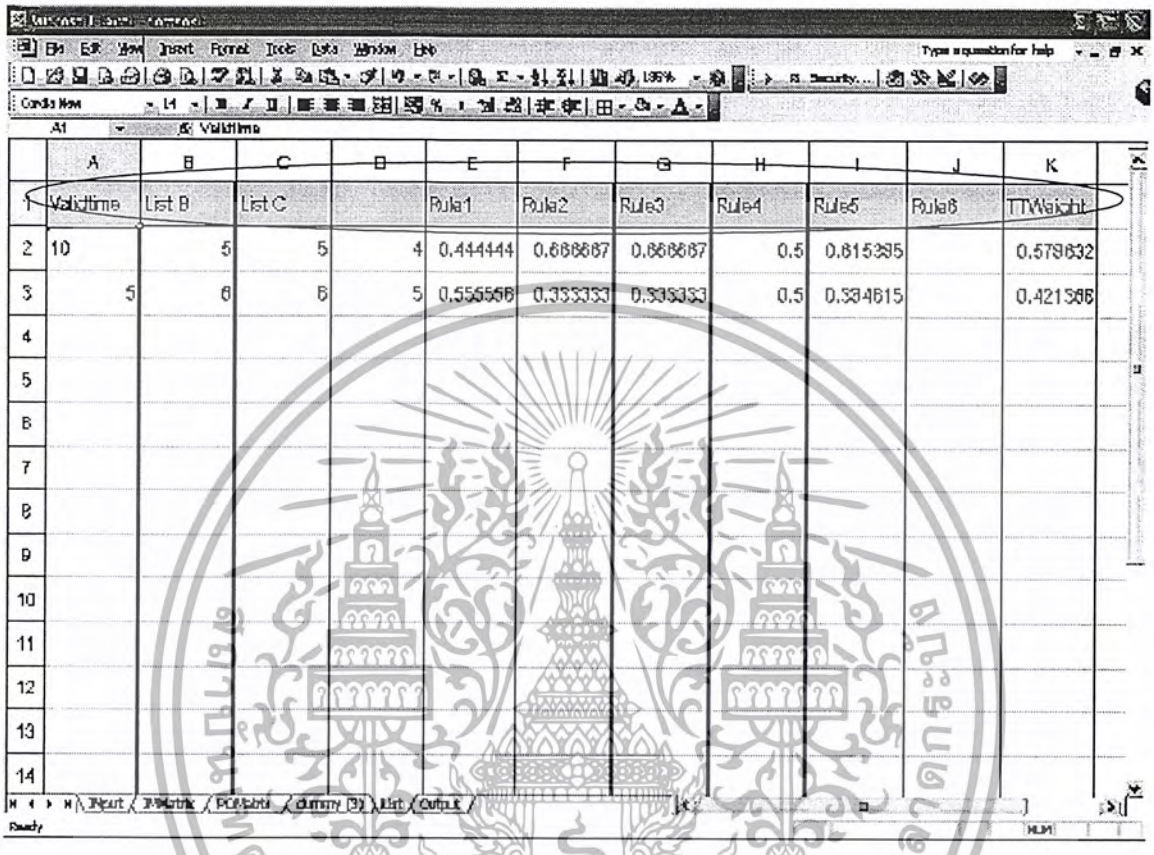
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	I	1	2	3	4	5	6	7	8	Max											
2	1	1								5											
3	2		1							4											
4	3			1						4											
5	4				1					3											
6	5									2											
7	6									1											
8	7							1		1											
9	8					1				1											
10																					
11																					
12																					

รูปที่ 3.5 แสดงเมตริกซ์คำนวณการเลือกงานย่อย

จากรูปที่ 3.5 โปรแกรมคำนวณ หางานย่อยก่อนงานย่อยแต่ละงาน ถ้างานย่อยนั้นไม่มีงานก่อนจะแสดงตามรูปที่ 3.6 เพื่อการถ่วงน้ำหนักเพราะงานย่อยที่ไม่มีงานย่อยก่อนหน้าอาจมีหลายงาน ในช่อง Max คอลัมท์ J แสดงสายลำดับของงานย่อยที่ยาวที่สุดที่มีงานย่อยประกอบอยู่

4. โมดูลแสดงการถ่วงน้ำหนัก (Assigned Weight Module) โมดูลนี้ทำหน้าที่แสดงการถ่วงน้ำหนักของแต่ละงานย่อยตามกฎการถ่วงน้ำหนัก และแสดงงานย่อยที่อยู่ในกลุ่มงาน B และกลุ่มงาน C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



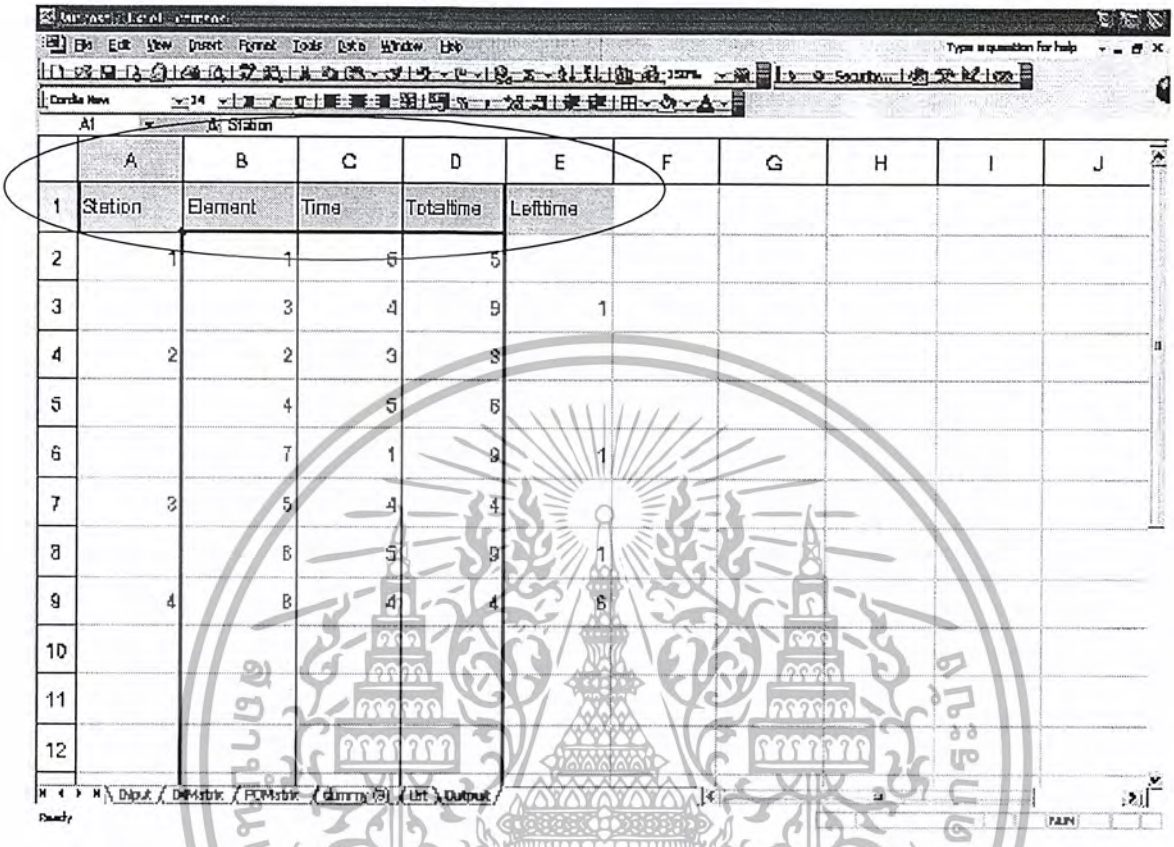
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ValidTime	List B	List C		Rule1	Rule2	Rule3	Rule4	Rule5	Rule6	TTWeight
2	10	5	5	4	0.444444	0.666667	0.666667	0.5	0.615385		0.578632
3	5	6	6	5	0.555556	0.333333	0.333333	0.5	0.384615		0.421368
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											

รูปที่ 3.6 แสดงการถ่วงน้ำหนักลงงานย่อยที่ได้เลือก

จากรูปที่ 3.6 ในช่อง List B (คอลัมท์ B) แสดงงานย่อยที่ไม่มีงานก่อน ช่อง List C (คอลัมท์ C) แสดงงานย่อยที่ไม่มีงานก่อนและเวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้ คอลัมท์ D แสดงเวลาของงานย่อยแต่ละงาน ในช่อง Rule 1 ถึง Rule 5 เป็นการคำนวณ น้ำหนักของงานแต่ละงานจะค่าน้ำหนักเฉลี่ยแล้วแสดงในช่อง TT Weight งานใดมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าจะถูกจัดในสถานีการทำงานดังแสดงรูปที่ 3.7

5. โมดูลแสดงการสถานีการทำงาน (Station Module) โมดูลนี้ทำหน้าที่แสดงรายชื่องาน เวลาของงานแต่ละสถานีการทำงานและเวลาที่เหลือในแต่ละสถานีการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Station	Element	Time	Totaltime	Lefttime					
2	1	1	6	5						
3		3	4	9	1					
4	2	2	3	8						
5		4	5	6						
6		7	1	8	1					
7	3	5	4	4						
8		6	5	9	1					
9	4	8	4	4	6					
10										
11										
12										

รูปที่ 3.7 แสดงงานย่อยที่ถูกจัดลงในสถานีการทำงาน

จากรูปที่ 3.7 ในช่อง Station (คอลัมท์ A) แสดงสถานีการทำงาน ช่อง Element (คอลัมท์ B) แสดงงานย่อยในแต่ละสถานีการทำงาน ช่อง Time (คอลัมท์ C) แสดงเวลาของงานย่อยแต่ละงานในแต่ละสถานีการทำงาน ช่อง Totaltime (คอลัมท์ D) แสดงเวลารวมของงานย่อยในแต่ละสถานีการทำงาน ช่อง Lefttime (คอลัมท์ E) แสดงเวลาที่เหลือในแต่ละสถานีการทำงาน

3.5 การแก้ปัญหาตัวอย่างของโรงงานด้วยคอมโซลอัลกอริทัม

โดยนำข้อมูลของโรงงานทางด้านเวลาและลำดับของงานย่อยแต่ละงานมาจัดสถานีการงาน ด้วยคอมโซล อัลกอริทัมที่ได้พัฒนา (ข้อมูลของโรงงานทางด้านเวลาและลำดับของงานย่อยแต่ละงานแสดงในภาคผนวก) แต่มีข้อจำกัดของงานโรงงานในด้านพื้นที่ทางผู้วิจัยจึงได้แยกงานย่อยจำนวน 79 งานในสถานีการเตรียมหัวรถบรรทุกเดิมเป็นอีกสายการประกอบโดยมีพื้นที่ในการจัดสถานีการทำงาน 4 สถานีการทำงานใหม่และงานย่อยที่เหลือจำนวน 105 งานจะถูกจัดเป็น 8 สถานีการทำงานด้วยรอบเวลาการทำงานที่ไม่เกิน 240 นาทีโดยโปรแกรมคอมโซลที่ได้พัฒนามีสิ่งที่ต้องป้อนลงในโปรแกรมเช่นจำนวนงานย่อย ค่าเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อย ลำดับงานก่อนหน้างานย่อยนั้น รอบเวลาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงาน การเลือกกฎในการคัดเลือกงานย่อยเข้าสถานีงานและจะแสดงผลลัพธ์เป็นรายชื่องาน เวลาของงานแต่ละสถานีการทำงานและเวลาที่เหลือในแต่ละสถานีการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

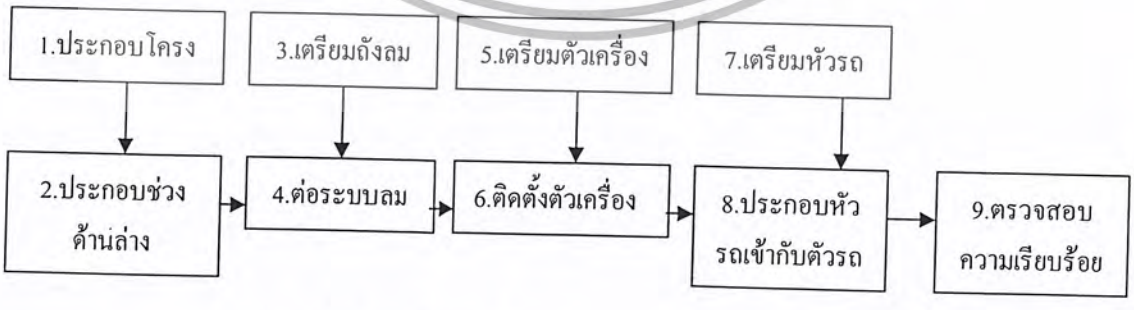
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลจากการศึกษาสายการผลิตในปัจจุบัน

จากการศึกษาถึงลักษณะของสายการผลิตรถบรรทุกรุ่น FM ในโรงงานไทย – สวีดิช แอสแซมบลี จำกัด โดยทางโรงงานจะแบ่งสถานีการทำงานออกเป็น 9 สถานี คือ สถานีสำหรับประกอบโครง สถานีสำหรับประกอบช่วงล่าง สถานีสำหรับเตรียมถังลม สถานีสำหรับต่อระบบลม สถานีสำหรับเตรียมเครื่องยนต์ สถานีสำหรับติดตั้งตัวเครื่องยนต์ สถานีสำหรับเตรียมหัวรถบรรทุก สถานีสำหรับประกอบหัวรถบรรทุกเข้ากับตัวรถ และสถานีสำหรับตรวจสอบความเรียบร้อย โดยมีการจัดผังการจัดสถานีการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งในปัจจุบันนั้นมีการกระจายงานย่อยให้แต่ละสถานีการทำงานไม่เท่าเทียมกัน และยังมีการจัดลำดับก่อน-หลังของแต่ละงานย่อยอย่างไม่เหมาะสมอยู่ ทำให้เกิดผลกระทบดังต่อไปนี้ คือ

1. มีกำลังการผลิตที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า เนื่องมาจากมีจุดที่เป็นปัญหาคอขวดอยู่ที่สถานีการทำงานที่ 7 (สถานีสำหรับเตรียมหัวรถบรรทุก) ทำให้ต้องเลื่อนระยะเวลาการส่งรถบรรทุกออกไปเรื่อยๆ
2. ค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียเพิ่มเติมไปจากปกติ เช่น ค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานในการทำงานล่วงเวลาเพื่อเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตให้มากขึ้น ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปอย่างสิ้นเปลืองในการทำงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งมีสาเหตุมาจากการจัดลำดับก่อน-หลังของแต่ละงานย่อยอย่างไม่เหมาะสม ค่าใช้จ่ายที่ต้องชดเชยให้กับลูกค้าเนื่องจากมีระยะเวลาการส่งเกินกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น
3. เกิดความเสียเปรียบในการแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นๆทั้งภายในและภายนอกประเทศ เนื่องจากมีกำลังการผลิตที่ไม่เพียงพอ และยังทำให้ขาดโอกาสในการเติบโตอีกด้วย

จากผลกระทบดังกล่าวจะทำให้ทางโรงงานต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก สำหรับความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยในเรื่องการจัดการของสายการผลิตที่เกิดขึ้น

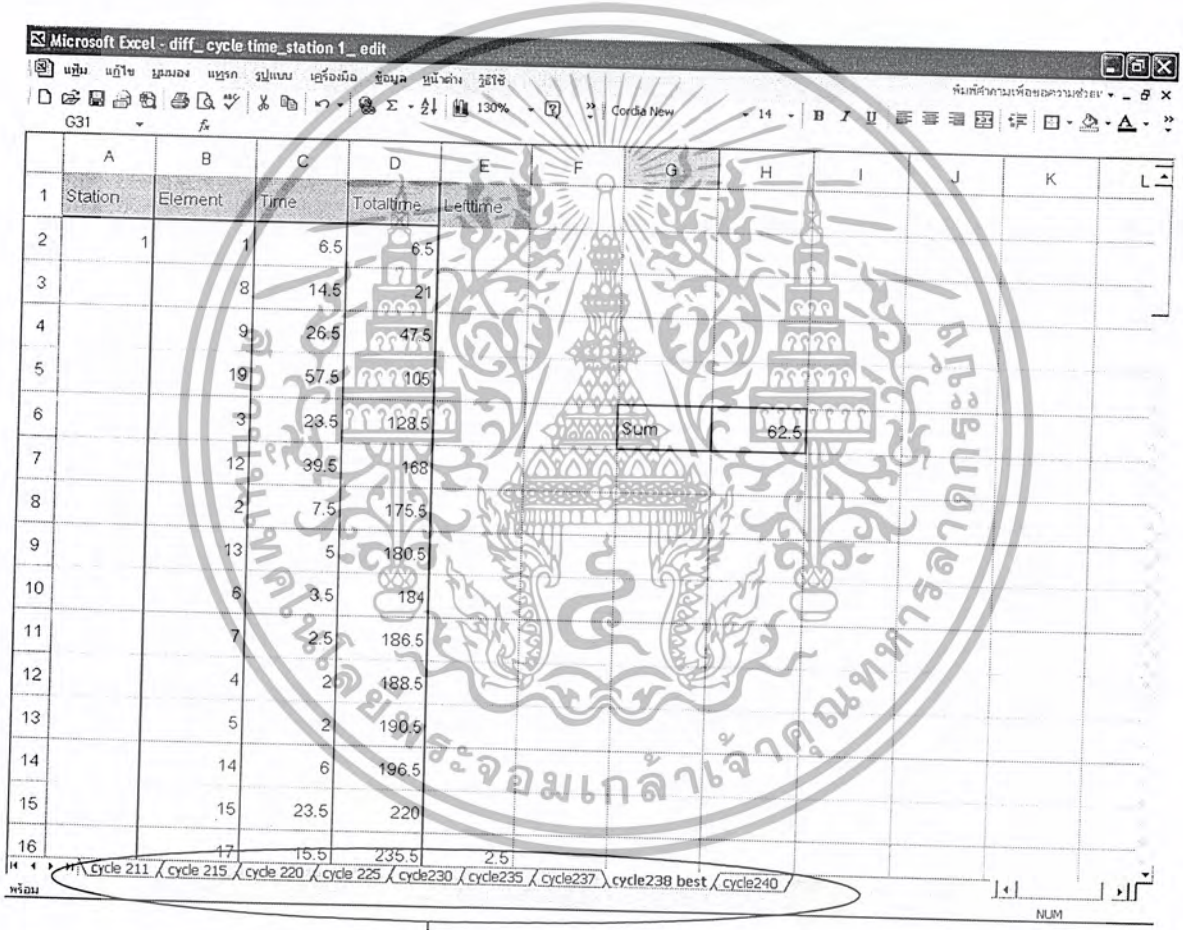


รูปที่ 4.1 ผังการจัดสถานีการทำงานของการผลิตในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลจากการปรับปรุงสายการผลิตโดยใช้ทฤษฎีคอมโซล

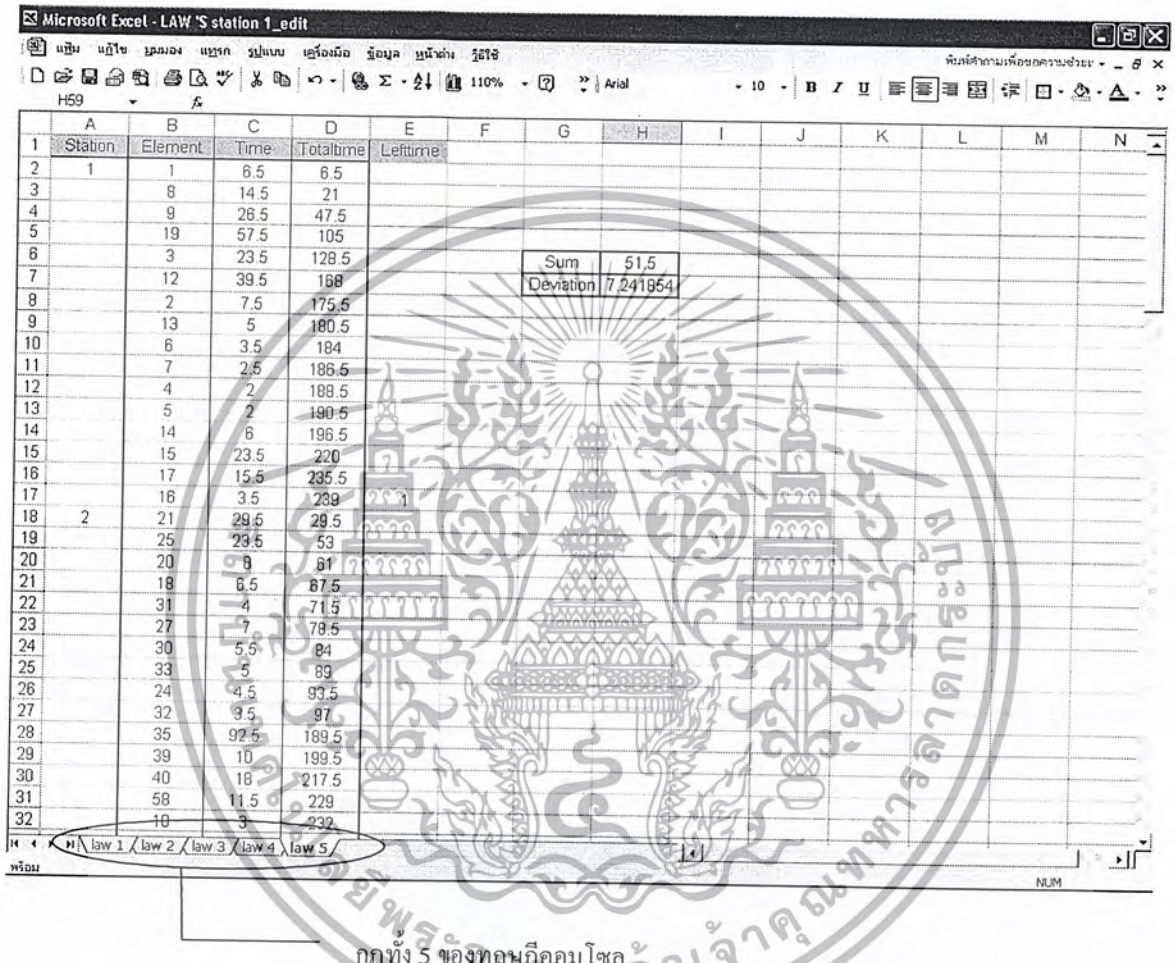
หลังจากที่ได้วิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นภายในสายการผลิตของรถบรรทุกในปัจจุบันแล้ว ได้ทำการศึกษาใช้ทฤษฎีคอมโซล เพื่อที่จะนำมาใช้ในการจัดสายการผลิตใหม่ โดยเขียนโปรแกรมให้มีการประมวลผลบนโปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นจึงทำการทดลองหาค่าของรอบเวลาที่ดีที่สุด ซึ่งค่ารอบเวลาที่ทำการทดลองนั้นจะต้องมีค่าไม่เกิน 240 นาที เพราะถ้าเกินกว่าจะทำให้ไม่สามารถผลิตรถบรรทุกได้ตามที่กำหนดไว้ โดยลองทำการคำนวณในโปรแกรมตั้งแต่รอบเวลาเท่ากับ 211 – 240 นาที ปรากฏว่ารอบเวลาที่เท่ากับ 238 นาที นั้นให้ค่าเวลาที่สูญเปล่าของทั้งสายการผลิตน้อยที่สุดเท่ากับ 62.5 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบรอบเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

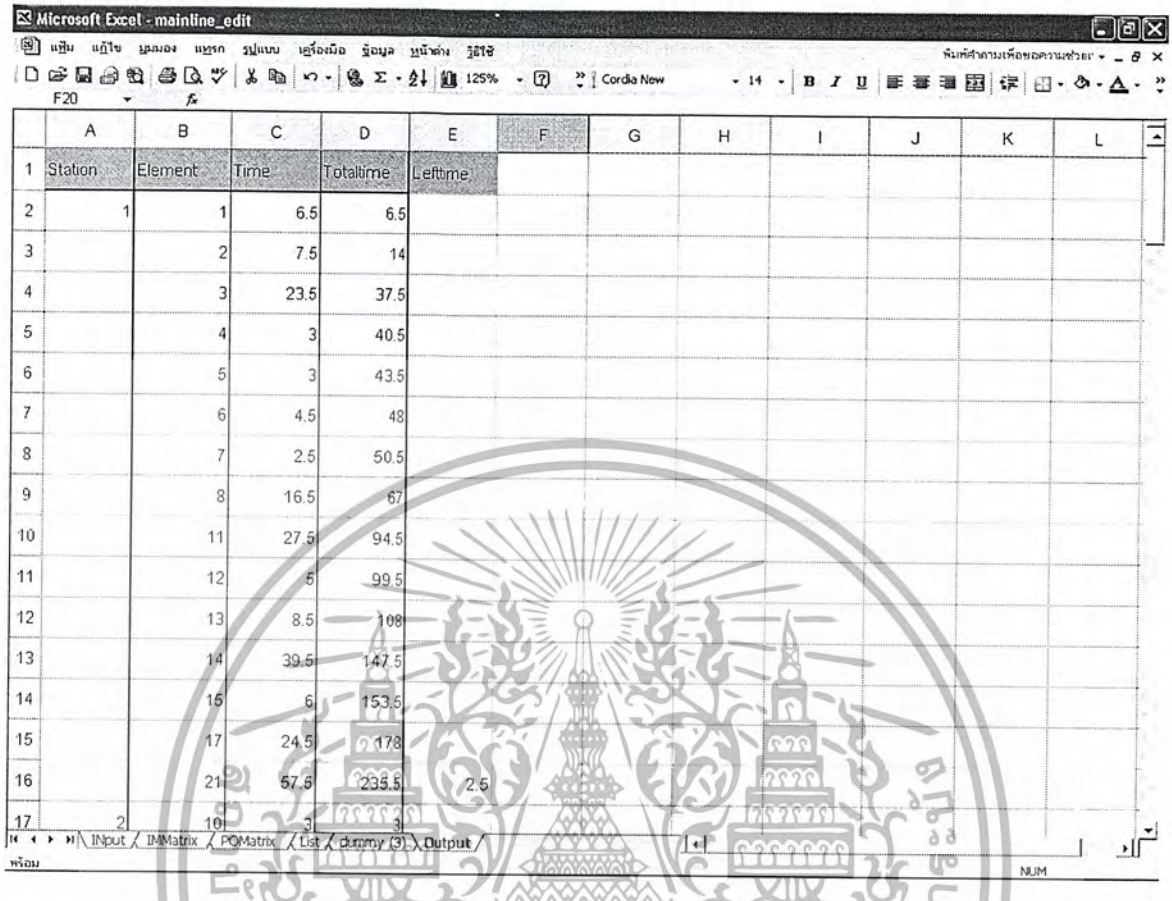
จากนั้นจึงทำการทดลองหากฎที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแก้ปัญหาการจัดสายการผลิตของรถบรรทุกนี้ ซึ่งจากการทดลองคำนวณโดยเลือกกฎจากทฤษฎีคอมโซลทั้ง 5 กฎ เมื่อทำการใช้โปรแกรมคำนวณแล้วพบว่ากฎที่ 5 นั้นมีค่าเวลาที่สูญเปล่าของทั้งสายการผลิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด คือ มีค่าเวลาที่สูญเปล่าของทั้งสายการผลิตเท่ากับ 51.5 นาที และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.241854 ดังในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบกฎทั้ง 5 ของทฤษฎีคอมโซล

จากนั้นจึงนำค่ารอบเวลาเท่ากับ 238 นาที ป้อนเข้าไปในโปรแกรมแล้วเลือกกฎข้อที่ 5 จะได้จำนวนของสถานีการทำงานทั้งหมด งานย่อยที่อยู่ในแต่ละสถานีการทำงาน รอบเวลาในแต่ละสถานีการทำงาน และเวลาที่สูญเปล่าในแต่ละสถานีการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.4 เช่น หลังจากการจัดสมดุลสายการผลิตแล้ว ในสถานีการทำงานที่ 1 มี 15 งานย่อย คือ งานย่อยที่ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 11 , 12 , 13 , 14 ,15 , 17 ,21 มีรอบเวลาของสถานีการทำงานที่ 1 เท่ากับ 235.5 นาที และมีค่าเวลาที่สูญเปล่าเท่ากับ 2.5 นาที เป็นต้น โดยแผนภาพลำดับขั้นตอน รายชื่อและรายละเอียดต่างๆ ของงานย่อยในแต่ละสถานีการทำงานนั้นจะแสดงอยู่ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Microsoft Excel - mainline_edit

F20

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Station	Element	Time	Totaltime	Leftime							
2	1	1	6.5	6.5								
3		2	7.5	14								
4		3	23.5	37.5								
5		4	3	40.5								
6		5	3	43.5								
7		6	4.5	48								
8		7	2.5	50.5								
9		8	16.5	67								
10		11	27.5	94.5								
11		12	5	99.5								
12		13	8.5	108								
13		14	39.5	147.5								
14		15	6	153.5								
15		17	24.5	178								
16		21	57.5	235.5	2.5							
17	2	10	3	3								

INput / IMMatrix / POMatrix / List / dummy (3) / Output /

พร้อม

NUM

รูปที่ 4.4 ผลลัพธ์ของโปรแกรม

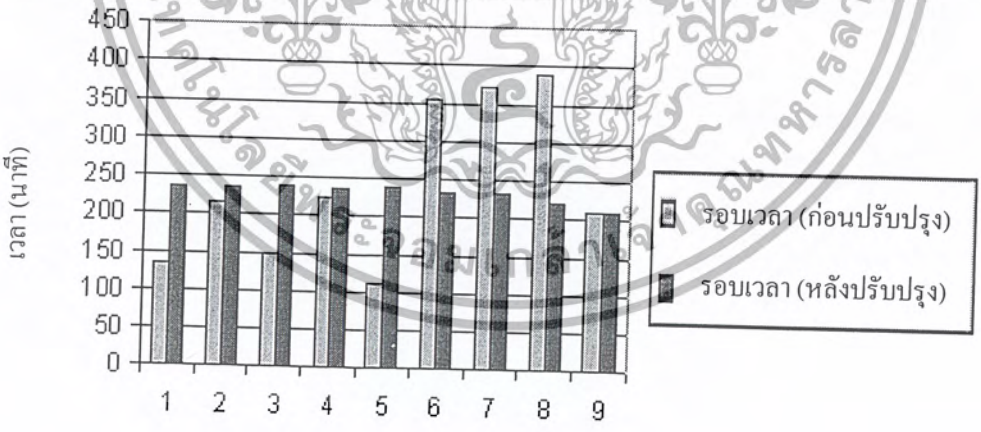
4.3 การเปรียบเทียบรอบเวลา

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างสายการผลิตนั้นจะมีวิธีที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบอยู่ 3 วิธี คือ การเปรียบเทียบโดยดูจากรอบเวลาและเวลาที่สูญเปล่า การเปรียบเทียบโดยดูจากค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตรวม และการเปรียบเทียบโดยดูจากค่าการกระจายของเวลา ซึ่งการเปรียบเทียบโดยดูจากรอบเวลาและเวลาที่สูญเปล่านั้นจะแสดงให้เห็นรอบเวลาและเวลาที่สูญเปล่าทั้งก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในแต่ละสถานีการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 เช่น ในสถานีการทำงานที่ 1 นั้นมีรอบเวลาการทำงานในปัจจุบันเท่ากับ 134 นาที แต่เมื่อมีการปรับปรุงแล้วจะมีรอบเวลาการทำงานเท่ากับ 235.5 นาที ซึ่งจะเห็นได้ว่ารอบเวลาของสถานีการทำงานที่ 1 เพิ่มขึ้น แต่เมื่อดูเวลาที่สูญเปล่าจะเห็นว่าลดลงจาก 256 นาที เป็นเท่ากับ 2.5 นาที และถ้าดูรอบเวลาหลังการปรับปรุงของทุกสถานีการทำงานแล้วจะเห็นได้ว่ามีค่าเข้าใกล้ 238 นาที ทั้งนี้เนื่องจากการจัดสายการผลิตนั้นทำให้มีการกระจายของงานย่อยลงในสถานีการทำงานต่างๆ อย่างสม่ำเสมอมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งส่งผลทำให้รอบเวลาของสายการผลิตลดลงไปด้วย คือ จาก 390 นาที ของสถานีการทำงานที่ 8 ในสายการผลิตปัจจุบัน ลดลงเป็น 238 นาที ของสถานีการทำงานที่ 3 และ 5 ในสายการผลิตหลังการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

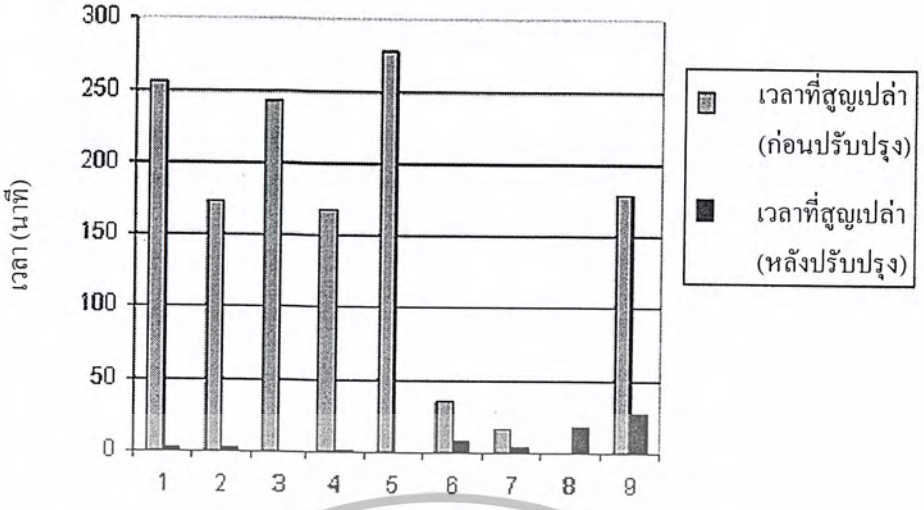
ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบรอบเวลาและเวลาที่สูญเปล่าระหว่าง
สายการผลิตก่อนปรับปรุงและหลัง

สถานีการทำงาน	รอบเวลาก่อนปรับปรุง (นาที)	รอบเวลาหลังปรับปรุง (นาที)	เวลาที่สูญเปล่าก่อนปรับปรุง (นาที)	เวลาที่สูญเปล่าหลังปรับปรุง (นาที)
1	134	235.5	256	2.5
2	216	235.5	174	2.5
3	148	238	242	0
4	223	236.5	167	1.5
5	111	238	279	0
6	354.5	230.5	35.5	7.5
7	374	234	16	4
8	390	220.5	0	17.5
9	211	211	179	27



รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบรอบเวลาการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่สูญเปล่า

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสายการผลิต

การดูจากค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตนั้นเป็นอีกวิธีที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบ ซึ่งจะพิจารณาที่รอบเวลาการทำงานและเวลาที่สูญเปล่าของแต่ละสถานีการทำงาน โดยค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตนั้นจะสามารถหาได้จากสมการที่ 2.9 โดยคำนวณจากค่าต่างๆ ในตารางที่ 4.1 จากการคำนวณจะได้ค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตก่อนปรับปรุงและค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตหลังปรับปรุง คือ

จากสูตรหาค่าประสิทธิภาพ $$E = 1 - \frac{\sum T_{cj}}{n \times T_c}$$

สายการผลิตก่อนปรับปรุง $$E = 1 - \frac{256 + 174 + 242 + 167 + 279 + 35.5 + 16 + 0 + 179}{9 \times 390}$$

$$= 1 - 0.3842$$

$$= 0.6158$$

ค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตก่อนปรับปรุงเท่ากับ 61.58 %

สายการผลิตหลังปรับปรุง $$E = 1 - \frac{2.5 + 2.5 + 0 + 1.5 + 0 + 7.5 + 4 + 17.5 + 27}{9 \times 238}$$

$$= 1 - 0.0292$$

$$= 0.9708$$

ค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตหลังปรับปรุงเท่ากับ 97.08 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การเปรียบเทียบการสูญเสียความสมดุล

การเปรียบเทียบวิธีนี้จะดูที่ความไม่สมบูรณ์ของสายการผลิต โดยจะพิจารณาที่รอบเวลาของแต่ละสถานีการทำงาน ซึ่งจะหาโดยใช้สูตรจากสมการที่ 2.8 โดยคำนวณจากค่าต่างๆ ในตารางที่ 4.1 จากการคำนวณจะได้ค่าการสูญเสียความสมดุลของสายการผลิตก่อนปรับปรุงและค่าประสิทธิภาพของสายการผลิตหลังปรับปรุง คือ

จากสูตรหาค่าการสูญเสียความสมดุล $d = \frac{nT_c - T_{wc}}{nT_c}$

สายการผลิตก่อนปรับปรุง $d = \frac{(9 \times 390) - (134 + 216 + 148 + 223 + 111 + 354.5 + 374 + 390 + 211)}{9 \times 390}$

$= 0.3943$

ค่าการสูญเสียความสมดุลของสายการผลิตก่อนปรับปรุงเท่ากับ 39.43 %

สายการผลิตหลังปรับปรุง $d = \frac{(9 \times 238) - (235.5 + 235.5 + 238 + 236.5 + 238 + 230.5 + 234 + 220.5 + 211)}{9 \times 390}$

$= 0.0292$

ค่าการสูญเสียความสมดุลของสายการผลิตหลังปรับปรุงเท่ากับ 2.92 %

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและวิจัย เพื่อหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในสายการประกอบรถบรรทุกรุ่น FM ภายในบริษัทไทย สวีดิช แอสแซมบลีย์ โดยนำความรู้ที่ได้เคยศึกษาในการเรียนตามหลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งเน้นการจัดสมดุลสายการประกอบ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการศึกษาและวิจัย เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของสายการประกอบสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ ดังนี้

การจัดสมดุลสายการประกอบเป็นการปรับปรุงสถานีการทำงาน โดยจะแบ่งงานในแต่ละสถานีงานให้เหมาะสมเพื่อทำให้รอบเวลาการทำงานลดลง ซึ่งทำให้มีอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนี้

สายการประกอบรถบรรทุกรุ่น FM รอบเวลาการทำงานลดลงจากเดิม 152 นาที มีรอบเวลาการทำงานที่ 238 นาที ค่าประสิทธิภาพของสายการผลิต 97.08 % ทำให้สามารถผลิตรถบรรทุกเพิ่มขึ้น 307 คัน ต่อปี

5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานที่ผ่านมาสามารถนำผลการดำเนินงานมาวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

ปัญหาที่พบระหว่างทำการศึกษา

1. ในการจัดลำดับก่อน-หลังของงานย่อยแต่ละงานทำได้ยากเพราะพนักงานในสายการประกอบมีลักษณะการทำงานที่ไม่เป็นแบบแผน งานย่อยส่วนใหญ่เป็นงานที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกันสามารถทำงานไหนก่อนก็ได้
2. ข้อจำกัดในด้านเครื่องมือ เครื่องยึดจับงาน และพื้นที่ในสายการประกอบทำให้การจัดลำดับก่อน-หลังของงานย่อยแต่ละงานทำได้ยาก
3. รุ่นที่เลือกเป็นกรณีศึกษาไม่ได้ผลิตในวันและเวลาที่ผู้วิจัยเข้าไปศึกษา ทางโรงงานผลิตในเวลาอื่นจึงทำให้เป็นอุปสรรคในการเก็บข้อมูล
4. โรงงานไม่เคยมีการศึกษาลำดับการทำงานมาก่อนเลยจึงขาดข้อมูล ทำให้ผู้วิจัยต้องทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลใหม่ทั้งหมด

5.3 แนวทางพัฒนาและปรับปรุงในอนาคต

การจัดสมดุลสายการประกอบเป็นวิธีการแก้ปัญหาในสายการประกอบ ในการแก้ปัญหามีหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของสายการประกอบ แต่การจัดสมดุลสายประกอบควรจัดทำเป็นอันดับต้นในการออกแบบสายการประกอบหรือแก้ไขที่ละส่วนเพราะเป็นการยากที่จะทำการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงสถานีการทำงานทั้งหมดพร้อมกัน การจัดสมดุลสายการประกอบต้องมีการทำงานและเวลาในการทำงานที่เป็นมาตรฐาน แต่ส่วนใหญ่การแก้ปัญหาสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบเบื้องต้นจะแก้ไขในเรื่องจำนวนคนงานให้พียงพอกับกำลังการผลิต มีเครื่องมือเพียงพอ วัตถุดิบไม่มีการชำรุด พร้อมในการใช้งาน

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้ทำการวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการทำงานภายในแผนกการประกอบรถบรรทุกของโรงงาน เพื่อทำการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยคอมโซลอัลกอริทึมที่มีการเลือกงานย่อยที่ไม่มีงานก่อนหน้าจัดลงในสถานีการทำงานก่อน ซึ่งผลที่ได้จากการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบในครั้งแรก มีงานย่อยบางงานที่ถูกจัดลงสถานีการทำงานไม่เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน ผู้ทำการวิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมและมีลักษณะการทำงานที่ใกล้เคียงกับสายการประกอบในปัจจุบัน จากผลการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบและการสำรวจเก็บข้อมูล ทางผู้ทำการวิจัยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงสายการประกอบของโรงงานดังนี้

1. ด้านลักษณะการทำงานควรจัดทำแผนภูมิการประกอบ (Assembly Process Chart) พนักงานใหม่ให้เข้าใจลักษณะการทำงานและทดลองก่อนปฏิบัติจริง

2. ด้านจำนวนพนักงานควรจัดทำแผนภูมิกิจกรรม (Activity Chart) บอกหน้าที่ของพนักงานแต่ละคนในการทำงานกับเวลาหรือการทำงานของเครื่องจักรกับเวลาแสดงการทำงานที่ไม่ขึ้นต่อกัน การทำงานร่วมกันและการว่างงานในแต่ละสถานีการทำงานเพื่อบอกเวลาที่จำเป็นในการทำงาน

3. ด้านการเคลื่อนที่ในการหยิบชิ้นงานควรจัดทำแผนผังการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Diagram) เพื่อทำการปรับปรุงวางชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานีที่จะปฏิบัติงาน

4. ด้านการจัดสถานีการทำงานควรจัดสมดุลสายการประกอบ (Assembly Line Balancing) เพื่อจัดแบ่งงานย่อยในแต่ละสถานีการทำงานแก้ปัญหาการทำงานที่ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. STEVEN NAHMIAS (1989), Production and operation analysis, 4TH Edition, Santa Clara University, McGraw - Hill

2. นิวิท เจริญใจ (2538), การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา Motion and Time Study, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของการจัดสถานีการทำงานโดยใช้ทฤษฎีคอมโซลอัลกอริทึม

ขั้นตอนการจัดสมดุลสายการผลิตดังต่อไปนี้จะเป็นการจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้ทฤษฎีคอมโซล ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลต่างๆดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปแสดงความสัมพันธ์ลำดับงานย่อยในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงลำดับงานย่อยและเวลา

งานย่อย	เวลา (นาที)	ลำดับของงานที่มาก่อน
1	5	-
2	3	1
3	4	1
4	5	2 , 3
5	4	4
6	5	4
7	1	4
8	4	5
9	6	6 , 7 , 8

รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ลำดับงานย่อยของตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบลำดับของงานก่อนหน้าของทุกงานย่อยที่ยังไม่ถูกจัดลงในสถานีการทำงาน โดยจะเรียกรายชื่องานในกลุ่มของทุกงานย่อยที่ยังไม่ถูกจัดลงสถานีการทำงานว่า รายชื่องานในกลุ่ม A คำนวณการจัดงานลงในสถานีการทำงานที่ 1

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 1 = รอบเวลาการทำงาน

= 10 นาที

รายชื่อ A

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
1	0
2	1
3	1
4	2
5	1
6	1
7	1
8	1
9	3

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบรายชื่องานในกลุ่ม A ว่างานย่อยใหน ไม่มีงานก่อนหน้า ให้แยกงานย่อยนั้นไปไว้ในรายชื่ออันใหม่ เรียกว่า รายชื่องานในกลุ่ม B ทำการเลือกงานย่อยที่ 1

รายชื่อ B

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
1	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบรายชื่องานในกลุ่ม B ว่างานย่อยไหนมีเวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้ (ครั้งแรกเวลาที่เป็นไปได้จะเท่ากับรอบเวลา) งานย่อยเหล่านี้จะถูกจัดลงในรายชื่อที่เรียกว่า รายชื่องานในกลุ่ม C ทำการเลือกงานย่อยที่ 1 จากรายชื่อ B มา

รายชื่อ C

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
1	-

ขั้นตอนที่ 4 นำงานในรายชื่องานในกลุ่ม C มาทำการถ่วงน้ำหนักในแต่ละงานย่อย โดยงานย่อยไหนมีน้ำหนักมากที่สุด ให้จัดงานย่อยนั้นลงในสถานีการทำงาน เลือกงานย่อยที่ 1 จัดลงในสถานีการทำงานที่ 1

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 1 = 10 – 5

= 5 นาที

ขั้นตอนที่ 5 และขั้นตอนที่ 6 ลบงานย่อยในรายชื่องานในกลุ่ม Bและ C จากนั้นปรับรายชื่องานในกลุ่ม A ใหม่ โดยจำนวนงานย่อยที่มาก่อนของงานย่อยที่ต้องรองานย่อยที่ 1 นั้นจะถูกหักออกไป 1 งาน เช่น ในงานย่อยที่ 2 จากที่มีจำนวนงานก่อนหน้าเท่ากับ 1 จะเหลือ 0 งาน

รายชื่อ A

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
2	1 – 1 = 0
3	1 – 1 = 0
4	2
5	1
6	1
7	1
8	1
9	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7 ปรับรายชื่องานในกลุ่ม B โดยตรวจสอบจากรายชื่องานในกลุ่ม A ว่างานย่อยไหนไม่มีงานก่อนหน้า งานย่อยเหล่านี้จะถูกจัดลงในรายชื่องานในกลุ่ม B ทำการเลือกงานย่อยที่ 2 และ 3

รายชื่อ B

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
2	-
3	-

ขั้นตอนที่ 8 ปรับปรุงรายชื่องานในกลุ่ม C โดยตรวจสอบจากรายชื่องานในกลุ่ม B ว่างานย่อยไหนมีเวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้จะถูกจัดลงในรายชื่องานในกลุ่ม C (เวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้ใหม่เท่ากับเวลาไม่เกินเวลาที่เป็นไปได้เก่าลบด้วยเวลาของงานที่ถูกจัดลงในสถานีการทำงานก่อน) เลือกงานย่อยที่ 2 และ 3

รายชื่อ C

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
2	-
3	-

ขั้นตอนที่ 9 นำงานในรายชื่องานในกลุ่ม C มาถ่วงน้ำหนักในแต่ละงานย่อย งานย่อยไหนมีน้ำหนักมากที่สุดจัดงานย่อยนั้นลงในสถานีการทำงาน เลือกงานที่ 3 จัดในสถานีการทำงานที่ 1

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 1 = 5 - 4

= 1 นาที

ขั้นตอนที่ 10 ไม่มีงานไหนที่สามารถจัดลงสถานีการทำงานที่ 1 คำนวณการจัดงานลงในสถานีการทำงานที่ 2 ตั้งค่ารอบเวลาเท่ากับ 10 ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อ B

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
2	-
4	2 – 1 = 1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	3

รายชื่อ C

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
2	-

เลือกงานที่ 2 จัดในสถานีการทำงานที่ 2

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 2 = 10 – 3
= 7 นาที

รายชื่อ A

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
4	1 – 1 = 0
5	1
6	1
7	1
8	1
9	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อ B

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
4	-

รายชื่อ C

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
4	-

เลือกงานที่ 4 จัดในสถานีการทำงานที่ 2

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 2 = 7 – 5

= 2 นาที

รายชื่อ A

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
5	1 – 1 = 0
6	1 – 1 = 0
7	1 – 1 = 0
8	1
9	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อ **B**

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
5	-
6	-
7	-

รายชื่อ **C**

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
7	-

เลือกงานที่ 7 จัดในสถานีการทำงานที่ 2

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 2 = 2 - 1

= 1 นาที

ไม่มีงานไหนที่สามารถจัดลงสถานีการทำงานที่ 2 คำนวนการจัดงานลงในสถานีการทำงานที่ 3 ตั้งค่ารอบเวลาเท่ากับ 10 ใหม่

รายชื่อ **A**

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
5	0
6	0
8	1
9	3 – 1 = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อ B

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
5	-
6	-

รายชื่อ C

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
5	-
6	-

เลือกงานที่ 6 จัดในสถานีการทำงานที่ 3

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 3 = 10 - 4

= 6 นาที

รายชื่อ A

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
6	0
8	1 - 1 = 0
9	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อ B

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
6	-
8	-

รายชื่อ C

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
6	-
8	-

เลือกงานที่ 1 จัดในสถานีการทำงานที่ 1

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 1 = 6 - 5

= 1 นาที

ไม่มีงานไหนที่สามารถจัดลงสถานีการทำงานที่ 3 คำนวนการจัดงานลงในสถานีการทำงานที่ 4 ตั้งค่ารอบเวลาเท่ากับ 10 ใหม่

รายชื่อ A

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
8	0
9	2 – 1 = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อ B

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
8	-

รายชื่อ C

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
8	-

เลือกงานที่ 8 จัดในสถานีการทำงานที่ 4

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 4 = 10 - 4

= 6 นาที

รายชื่อ A

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
9	1 - 1 = 0

รายชื่อ B

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
9	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อ C

งานย่อย	จำนวนงานที่มาก่อน
9	-

เลือกงานที่ 9 จัดในสถานีการทำงานที่ 4

เวลาที่คงเหลือในสถานีการทำงานที่ 4 = 6 - 6

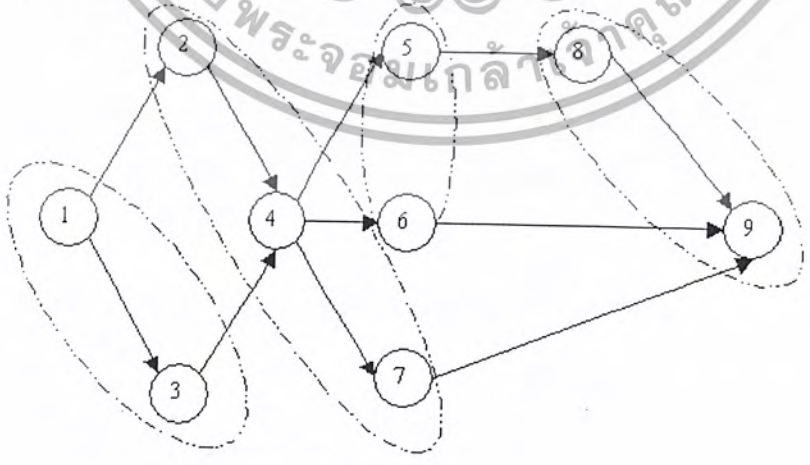
= 0 นาที

ได้จัดงานย่อยทั้งหมดลงในสถานีการทำงานแล้ว

สรุปการจัดสถานีการทำงาน

หลังจากได้ทำการจัดสมดุลสายการผลิตแล้ว จะได้สถานีการทำงานและจำนวนงานย่อยในแต่ละสถานีการทำงาน

สถานีการทำงานที่ 1 มีงานที่ 1 , 3 เวลารวม 9 นาที มีเวลาว่างเหลือ 1 นาที
สถานีการทำงานที่ 2 มีงานที่ 2 , 4 , 7 เวลารวม 9 นาที มีเวลาว่างเหลือ 1 นาที
สถานีการทำงานที่ 3 มีงานที่ 5 , 6 เวลารวม 9 นาที มีเวลาว่างเหลือ 1 นาที
สถานีการทำงานที่ 4 มีงานที่ 8 , 9 เวลารวม 10 นาที มีเวลาว่างเหลือ 0 นาที
จากสูตรที่ 2.9 จะหาประสิทธิภาพของสายการผลิตได้เท่ากับ 92.5 %



รูปที่ 2 การจัดสถานีการทำงานในสายการผลิตตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่และเวลาของแต่ละงานย่อย

งานย่อย	หน้าที่	เวลา(นาที)
1	ขึ้นโครง Chassis	6.5
2	ประกอบ Engine Member	7.5
3	ประกอบ Front Member	23.5
4	ประกอบ Bracket Front Spring	2
5	ประกอบ Bump Stop	2
6	ประกอบ Front Shock	3.5
7	ประกอบ Front Rear Spring	2.5
8	ประกอบ Inner Line	14.5
9	ติดล้อสำรอง	10
10	ติดตั้ง Air Pipe	3
11	ประกอบ Gearbox , TR Member , Cross Member และ End Member	26.5
12	ประกอบ Air Tank	5
13	ประกอบ V-stay	6.5
14	ประกอบ Boggief aste	39.5
15	กลับด้าน Chassis	6
16	ตอกวงแหวนใส่ Boggief	4
17	ประกอบ L-profile	23.5
18	ติดวงล้อหมุนข้างใน Boggief	3.5
19	ประกอบ Rear Shock	3.5
20	ประกอบ Champing	15.5
21	ติดตั้ง Middle Axle	57.5
22	ติดตั้ง Front Axle	8
23	ติดตั้ง Back Axle	29.5
24	ประกอบ Stering Gear	11
25	ประกอบ Shackle ที่ตัว chassis	3
26	ตั้งค่าของ Front Axle และต่อท่อสายลมของ Front Axle	23.5
27	ติด Propeller Shaft ที่ตัว Middle Axle , Reaction Rods , Air Spring Bellow และ U Bolt Front & Rear	5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานย่อย	หน้าที่	เวลา(นาที)
28	ต่อท่อสายลมของ Middle Axle และประกอบ Propeller Shaft เข้ากับ Middle Axle	7
29	ประกอบ Connecting Bar	5
30	ประกอบ Back Propeller Shaft	4.5
31	ยก Chassis ประกอบเข้ากับตัว axle และติดตัว Sub กับ Leaf Spring แล้วยึดด้วย V-bolts	53.5
32	ประกอบ Valve and Bracket Pipe , Sub Pipe และ Sub Valve	47
33	ประกอบ Bracket Mudguard	7
34	ประกอบ Link Rod	18
35	ประกอบ Stay Mudguard	11.5
36	ประกอบ Shock Absorber และ Shock Lock Cap	7.5
37	ประกอบ Pipe(Brake and Cab) , Engine Atch และ Servo Pipe	76
38	ประกอบ Battery Box ที่ตัว Chassis และ Sub BTR Box	16
39	ประกอบ Bracket ของแผ่นกันความร้อน	8
40	ประกอบ Cable Harness	20
41	ประกอบ Brake Hose	4
42	ประกอบ Bracket ของบังโคลน	6
43	ติด Bracket สำหรับท่อสูง	8.5
44	ประกอบถังลม , Air Dryer , Sub Air Tank และ Sub Air Dryer	4
45	ประกอบ Battery , Clutch Hose และ Clamping	6
46	ประกอบ Mudguard และไฟท้าย	62.5
47	เดินสายไฟและต่อสาย Value	21
48	ประกอบ Engine และ Sub Engine	22
49	ติดตั้ง Engine	53
50	เตรียมหม้อน้ำและทำการติดตั้ง	29.5
51	ประกอบ Brake Trainer	23.5
52	ประกอบ Propeller Shaft เข้ากับตัว Engine	9.5
53	ประกอบท่อไอเสีย , Exhaust System และ Connection Pipe	34
54	ยกหัว CAB , แกะพลาสติก และไขน็อต (สำหรับหัว CAB)	6
55	ติดพลาสติก (สำหรับหัว CAB)	7
56	เชื่อมข้อต่อบานพับ (สำหรับหัว CAB)	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานย่อย	หน้าที่	เวลา(นาที)
57	ติดยางกันชนด้านหน้าและจุกยาง (สำหรับหัว CAB)	3
58	ประกอบเหล็กกั้นผนังข้าง (สำหรับหัว CAB)	1
59	ถอดฝาด้านข้าง CAB และตัวค้ำฝา CAB ด้านข้าง (สำหรับหัว CAB)	5
60	ติดเทป+ต่อท่อยาง(ด้านใน CAB)(สำหรับหัว CAB)	7
61	เดินสายไฟหน้ารถ (ด้านใน)(สำหรับหัว CAB)	5
62	ติดเสาอากาศ(สำหรับหัว CAB)	3
63	เดินสายไฟด้านบน(สำหรับหัว CAB)	11
64	ติดตัวล็อคประตู(สำหรับหัว CAB)	15
65	ติดที่เปิด-ปิดประตู(สำหรับหัว CAB)	7
66	เดินสายไฟประตูและที่เสา B(สำหรับหัว CAB)	6
67	ปูพรม(สำหรับหัว CAB)	3
68	ติดแผงกันความร้อน(สำหรับหัว CAB)	10
69	เตรียมหลังคา(สำหรับหัว CAB)	57
70	เตรียมกระจกข้าง(สำหรับหัว CAB)	11
71	ติดรางกระจก(สำหรับหัว CAB)	12
72	ประกอบชุดกุญแจที่เปิดประตู(สำหรับหัว CAB)	1
73	ประกอบชุดเบรกและคลัช(สำหรับหัว CAB)	4
74	ติดยางฝา CAB(ด้านใน)(สำหรับหัว CAB)	6
75	ติดตัวยึดผนังหลัง , เหล็กพาดด้านหลัง และแผ่นไม้ด้านหลัง(สำหรับหัว CAB)	7
76	ติดกระปุกเกียร์(สำหรับหัว CAB)	4
77	JACK&TOOL(สำหรับหัว CAB)	6
78	ติดเฟรมเหล็กวาง DASH BOARD(สำหรับหัว CAB)	4
79	ใส่หลังคา(สำหรับหัว CAB)	30
80	ใส่กระจกข้าง(สำหรับหัว CAB)	7
81	ติดชุดพวงมาลัย(สำหรับหัว CAB)	6
82	ประกอบกล่องไฟ(สำหรับหัว CAB)	12
83	ติดตาข่าย(สำหรับหัว CAB)	2
84	แปะเทปและเก็บสายไฟต่างๆ (ด้านหลัง)(สำหรับหัว CAB)	9
85	ประกอบเสา A(สำหรับหัว CAB)	5
86	ติดผ้าม่าน(สำหรับหัว CAB)	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานย่อย	หน้าที่	เวลา(นาที)
87	ติดกล่องเก็บของด้านบน(สำหรับหัว CAB)	12
88	ติดมอเตอร์กระจก(สำหรับหัว CAB)	25
89	ติดยางรองกระจกประตู(ใน+นอก)(สำหรับหัว CAB)	8
90	ประกอบกุญแจ START(สำหรับหัว CAB)	1
91	เตรียมกระจกหลัง(สำหรับหัว CAB)	4
92	ติดพลาสติกกั้นพื้นที่ของประตูเล็ก(สำหรับหัว CAB)	2
93	ติดยางรองขอบประตู(ใน+นอก)(สำหรับหัว CAB)	19
94	ติดที่กันแดด(ด้านข้าง)(สำหรับหัว CAB)	1
95	ติดฝาด้านในของประตู(ชั้นแรก)(สำหรับหัว CAB)	8
96	ติดกระจกสำหรับส่องด้านล่าง(สำหรับหัว CAB)	2
97	ประกอบแกนพวงมาลัยด้านล่าง(สำหรับหัว CAB)	5
98	ติดฝา CAB ด้านข้าง(สำหรับหัว CAB)	23
99	ใส่กระจกหลัง(สำหรับหัว CAB)	6
100	ติดฐานรองที่นั่งด้านหลัง(สำหรับหัว CAB)	9
101	ประกอบลำโพง(สำหรับหัว CAB)	6
102	ใส่ของแถม(อุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆ)(สำหรับหัว CAB)	2
103	ประกอบผนังหลัง(สำหรับหัว CAB)	8
104	ติดฝาปิดประตูและอุปกรณ์ต่างๆ (สำหรับหัว CAB)	10
105	ติดผนังด้านข้าง(สำหรับหัว CAB)	5
106	ตั้งระยะประตู(สำหรับหัว CAB)	7
107	ติดเบาะนอน(สำหรับหัว CAB)	4
108	ติดยางระหว่างหน้ารถกับ DASH BOARD(สำหรับหัว CAB)	3
109	เตรียม DASH BOARD(สำหรับหัว CAB)	44
110	วาง DASH BOARD(สำหรับหัว CAB)	7
111	ติดกล่องขั้วไฟ(สำหรับหัว CAB)	4
112	ติดกระจกมองด้านข้าง(สำหรับหัว CAB)	12
113	ประกอบฐานพวงมาลัย(สำหรับหัว CAB)	5
114	ต่อแผงขั้วไฟ(สำหรับหัว CAB)	5
115	ประกอบตู้แอร์(สำหรับหัว CAB)	15
116	ติด CONNECTING(สำหรับหัว CAB)	21

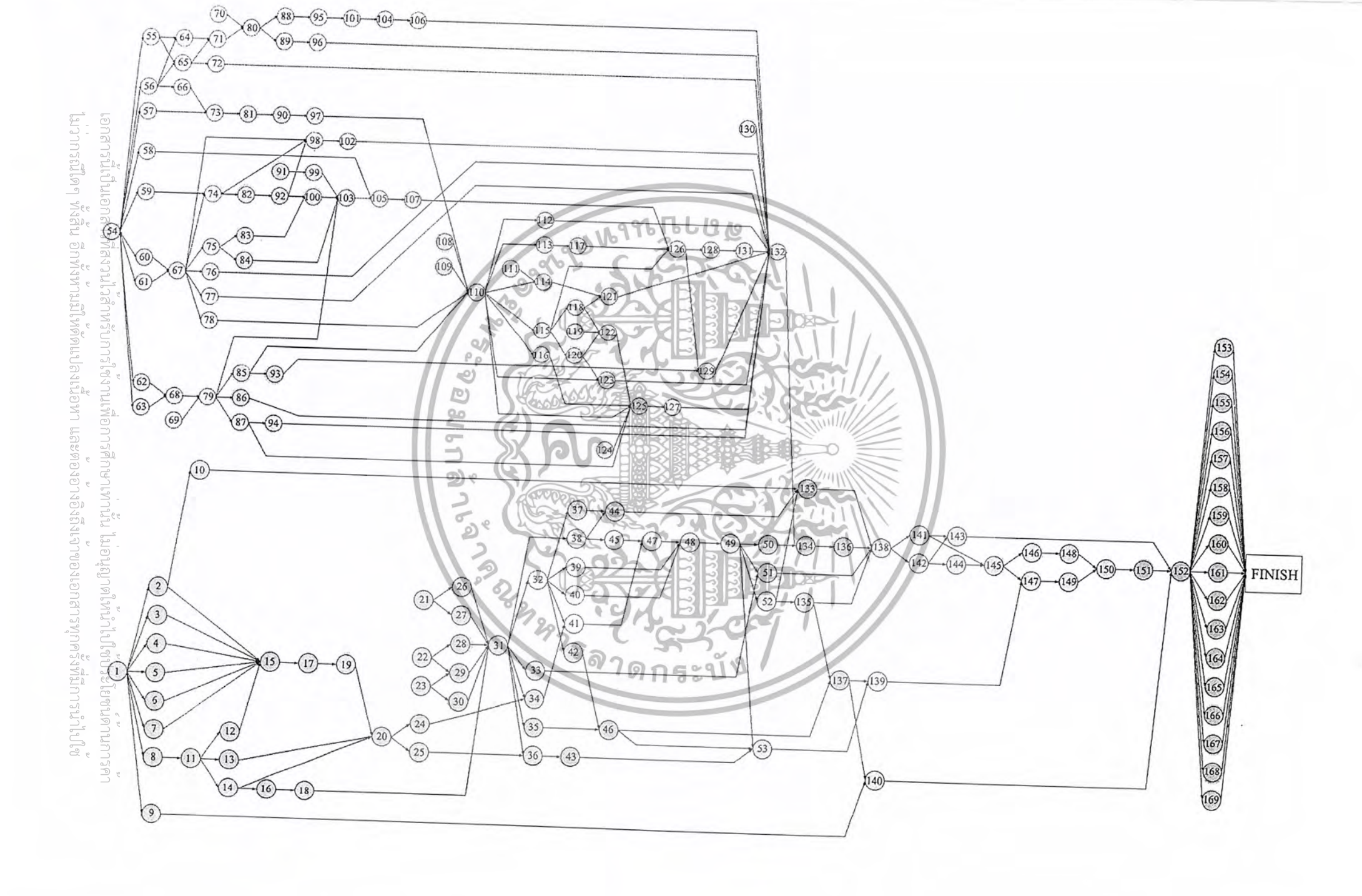
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานย่อย	หน้าที่	เวลา(นาที)
117	ติดผนังพวงมาลัย(สำหรับหัว CAB)	16
118	ติดชุดท่อแอร์(สำหรับหัว CAB)	9
119	ติดมอเตอร์ปัดน้ำฝน(สำหรับหัว CAB)	16
120	เดินสายไฟจาก DASH BOARD ไปท่อแอร์(สำหรับหัว CAB)	12
121	ประกอบแก้ม(สำหรับหัว CAB)	10
122	ประกอบแผงกั้นที่ปัดน้ำฝน(สำหรับหัว CAB)	1
123	ประกอบ COVER DASH BOARD(สำหรับหัว CAB)	10
124	เตรียมกระจกหน้า(สำหรับหัว CAB)	13
125	ติดกระจกหน้า(สำหรับหัว CAB)	4
126	ประกอบเบาะนั่ง(ด้านหน้า)(สำหรับหัว CAB)	6
127	ติดที่บังแดด(สำหรับหัว CAB)	18
128	ติดเข็มขัดนิรภัย(สำหรับหัว CAB)	4
129	ติดที่รองเหยียบ(สำหรับหัว CAB)	4
130	ประกอบตัวกรองอากาศ(สำหรับหัว CAB)	20
131	ประกอบ HANDLE(สำหรับหัว CAB)	8
132	เช็ดกระจก , เช็ดเคลือบเงา , ติดสติกเกอร์และแผ่น PLATE(สำหรับหัว CAB)	24
133	ประกอบ Air Cleaner และ Servo Oil Filling	58.5
134	เตรียม Fup ติดตั้ง Fup และ Fup Bracket	5
135	ประกอบ Front Mudguard	17.5
136	ประกอบ Champing ที่ Cab Drop	25
137	ประกอบล้อ	92
138	ประกอบ Cab drop และตัวกันสะเทือน	9
139	ประกอบ Fuel Tank	21
140	เตรียมและประกอบล้อสำรอง	54
141	ติด Pipe ที่ Cab Drop , Connect และ Cover Volvo	28
142	ประกอบ Clutch	9
143	ประกอบ Handle	1
144	เติมน้ำมัน	16
145	ยก Cab	3
146	ติดบังโคลน , สาย Gear และเติมน้ำมัน Power	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานย่อย	หน้าที่	เวลา(นาที)
147	ไล่น้ำมัน Hydrolic	4
148	ติดแผ่นกันความร้อน	2
149	เติมน้ำยา Cool และติดแกนพวงมาลัย	7
150	ยก cab ลง	2
151	ตั้ง Gab Cover Volvo และติดไซโคลน	24
152	ตรวจสอบโดยรอบ	3
153	Vacuum	15
154	ป้อนโปรแกรม	13
155	แกะพลาสติก , ใบกำกับต่างๆ และขยะ	3
156	ตั้งลมเบรก	4
157	เช็คที่ปัดน้ำฝน	2
158	ทาน้ำยากันสนิม(ทั้งคัน)	5
159	ติด Cover ล้อหลัง	2
160	เช็คน้ำมันของกระบอกสูบ	1
161	ตั้งล้อ	18
162	เติมน้ำยาแอร์	3
163	เช็คความเรียบร้อยใต้ CAB	28
164	เช็คลมรั่ว(ทั้งคัน)	39
165	เช็คระบบไฟต่างๆ	6
166	ปิดแผงไฟด้านหน้ารถ	6
167	เช็คความเรียบร้อยภายใน CAB	25
168	ตั้งเข็มเดินไมล์	20
169	ตรวจสอบความเรียบร้อยทั่วไป(ทั้งคัน)	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


FINISH