ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรรมอุตสาหการ)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมอุตสาหการ

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง การปรับปรุงการดำเนินงานโรงงานประกอบรถยนต์ให้เป็นสายการผลิตแบบผสมรุ่น โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์

The Production Improvement in the Production Line of the Car Assembly Plant from Batch Model to Mixed Model by Applying the Simulation Technique

นามผู้วิจัย นางสาวฤทัย รุ้งสีทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์พิชิต สุขเจริญพงษ์, D.Eng.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งรัตน์ พิสัชเพ็ญ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์พิภพ ลลิตาภรณ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... **เดือน**..... **พ.ศ.**.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปรับปรุงการดำเนินงานโรงงานประกอบรถยนต์ให้เป็นสายการผลิตแบบผสมรุ่น โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์

The Production Improvement in the Production Line of the Car Assembly Plant from Batch Model to Mixed Model by Applying the Simulation Technique

โดย

นางสาวฤทัย รุ้งสีทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฤทัย รุ้งสีทอง 2553: การปรับปรุงการดำเนินงานโรงงานประกอบรถยนต์ให้เป็นสายการผลิตแบบผสมรุ่นโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์พิชิต สุขเจริญพงษ์, D.Eng. 110 หน้า

งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ด้วยโปรแกรมอารีน่า (ARENA©) เพื่อเพิ่มผลการดำเนินงานของสายการประกอบ (Assembly Line) รถยนต์ให้มีประสิทธิภาพการทำงาน (Performance) เพิ่มขึ้นจากการดำเนินงานในปัจจุบัน โดยสายการประกอบแบ่งรุ่นรถยนต์ออกเป็น 3 รุ่น ได้แก่ รุ่น A รุ่น B และรุ่น C ทั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลจริงจากโรงงานผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง มาใช้สำหรับการวิเคราะห์ตัวแปรนำเข้า (Input Modeling) โดยใช้เครื่องมือของการผลิตแบบลีน (Lean Production) เข้ามาช่วยเปลี่ยนสายการผลิตแบบเดิมที่ผลิตแบบทีละมากๆ (Batch) ให้เป็นสายการผลิตแบบผสม (Mixed Model) ของสายการผลิตในอนาคต ผลการวิจัยพบว่า การดำเนินงานในปัจจุบันโรงงานประกอบรถยนต์มีผลผลิตในการดำเนินงาน 74.95% เมื่อเทียบกับแผนงานจริง ซึ่งค่าที่ได้นี้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง เมื่อปรับปรุงการผลิตโดยการเพิ่มสถานีงาน (Station) ที่ 3 และสถานีงานที่ 4 ซึ่งเป็นจุดคอขวด (Bottle Neck) ทำให้มีผลผลิตในการดำเนินงานเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันเป็น 84.95%

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ruthai Rungseethong 2010: The Production Improvement in the Production Line of the Car Assembly Plant from Batch Model to Mixed Model by Applying the Simulation Technique. Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Pichit Sukcharoenpong, D.Eng. 110 pages.

Simulation model with the ARENA program has been applied to the research in order to rise up the performance of car assembly line comparing with the existing productivity. There are 3 categories of the assembly line including A, B and C. The data was collected from a car manufacturing plant as the input for the input-modeling analysis with the lean production to replace the batch model to the mixed model of the production in the future. The researcher found that the performance of the existing production in the car manufacturing plant in the model is 74.95% which is similar to the real value. When the performance of the production was improved by adding the third of station which is a bottle neck, the performance has increased to 84.95%.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาเอาใจใส่เป็นอย่างดีจาก รศ.ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์ ประธานกรรมการ ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ อบรม ให้ความช่วยเหลือแนะนำแนวทางต่างๆ เป็นอย่างดีเสมอมา รวมทั้งให้โอกาสได้ทำงานวิจัยในครั้งนี้ และ อ.ดร.รุ่งรัตน์ พิสัชเพ็ญ และอ.ดร.พิภพ ลลิตาภรณ์ กรรมการสาขาวิชาเอก ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ นายศราวุธ สว่างดี และนายปรัชญา อินทรานุปกรณ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเข้าไปศึกษาการทำงานของโรงงาน

ขอขอบคุณ นางสาววิมาลัย รังสิโยภาส และ นายปวีณ เกรียงเกษม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาต่างๆ เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม Arena® ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ฤทัย รุ้งสีทอง

เมษายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	44
ผล	44
วิจารณ์	47
สรุปและข้อเสนอแนะ	52
สรุป	52
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	56
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น A รุ่น B และรุ่น C	60
ภาคผนวก ข เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น A รุ่น B และรุ่น C 11 สถานีงาน	78
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลเวลาในแต่ละสถานีงาน	105
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบผลผลิตจริงกับแผนการผลิต	27
2	เวลาเฉลี่ยในการทำงานของรุ่น A และ รุ่น B ในแต่ละสถานี	28
3	เวลาเฉลี่ยในการทำงานของรุ่น C ในแต่ละสถานี	28
4	การแจกแจงตัวแปรนำเข้าในการประกอบรถยนต์รุ่น A และรุ่น B	30
5	การแจกแจงตัวแปรนำเข้าในการประกอบรถยนต์รุ่น C	31
6	การคำนวณรอบการทำซ้ำเบื้องต้น โดยใช้เวลาเป็นดัชนีชี้วัดในรุ่น A	35
7	การคำนวณรอบการทำซ้ำเบื้องต้น โดยใช้เวลาเป็นดัชนีชี้วัดในรุ่น B	36
8	การคำนวณรอบการทำซ้ำเบื้องต้น โดยใช้เวลาเป็นดัชนีชี้วัดในรุ่น C	36
9	การคำนวณรอบการทำซ้ำเบื้องต้น โดยใช้วลาเป็นดัชนีชี้วัด	37
10	การคำนวณรอบการทำซ้ำที่ใช้ในการทำแบบจำลอง โดยใช้เวลาเฉลี่ยเป็นดัชนีชี้วัด	37
11	ผลการทดสอบสมมติฐานการตรวจสอบความถูกต้องของเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงาน ระหว่างระบบจริงกับรอบทำซ้ำ	39
12	เวลาที่เฉลี่ยใช้ในการประกอบรถยนต์แต่ละรุ่น 10 สถานี	40
13	เวลาที่เฉลี่ยใช้ในการประกอบรถยนต์แต่ละรุ่น 11 สถานี	41
14	สัดส่วนการผลิตของสายการประกอบใหม่	42
15	ผลผลิตของการประกอบรถยนต์ในระบบปัจจุบัน (จากการจำลอง)	44
16	ผลผลิตและเวลาของการประกอบรถยนต์แนวทางที่ 1	45
17	ผลผลิตและเวลาของการประกอบรถยนต์แนวทางที่ 2	46
18	เปรียบเทียบปริมาณผลผลิต (เมื่อเทียบกับแผนการผลิต) ระหว่างแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2	52
19	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์ของแต่ละสถานีงาน ระหว่างระบบปัจจุบัน ระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

ก1	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1	61
ก2	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2	62
ก3	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3	63
ก4	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4	64
ก5	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5	65
ก6	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6	66
ก7	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 7	67
ก8	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 8	67
ก19	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 9	68
ก10	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 10	68
ก11	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1	69
ก12	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2	70
ก13	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3	72
ก14	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4	73
ก15	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5	74
ก16	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6	77
ข1	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1	79
ข2	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2	80
ข3	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3	81
ข4	เวลาการทำงานของสถานีงานใหม่	81
ข5	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4	83
ข6	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5	83
ข7	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6	84
ข8	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 7	85
ข9	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 8	85

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ข10	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 9	86
ข11	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 10	86
ข12	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1	86
ข13	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2	88
ข14	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3	89
ข15	เวลาการทำงานของสถานีงานใหม่	89
ข16	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4	90
ข17	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5	91
ข18	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6	92
ข19	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 7	92
ข20	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 8	93
ข21	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 9	93
ข22	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 10	94
ข23	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1	94
ข24	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2	95
ข25	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3	96
ข26	เวลาการทำงานของสถานีงานใหม่	97
ข27	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4	99
ข28	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5	99
ข29	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6	102
ข30	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 7	102
ข31	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 8	103
ข32	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 9	103
ข33	เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 10	104
ค1	เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น A	106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ภาคผนวกที่		หน้า
ค2	เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น B	106
ค3	เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น C	107
ค4	เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น C 10 สถานีงาน	107
ค5	เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น A 11 สถานีงาน	108
ค6	เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น B 11 สถานีงาน	108
ค7	เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น C 11 สถานีงาน	109

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพรวมของสายการประกอบรถยนต์	3
2	การเชื่อมประกอบตัวถังรถยนต์	19
3	การพ่นสีตัวถังรถยนต์	19
4	แชสซีส์และช่วงล่าง	20
5	เครื่องยนต์และระบบส่งกำลัง	20
6	อุปกรณ์ไฟฟ้า	21
7	อุปกรณ์ภายใน	21
8	เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์รุ่น A	29
9	เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์รุ่น B	29
10	โมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น A	31
11	โมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น B	32
12	โมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น C	32
13	การผลิตแบบผสมรุ่น	39
14	แบบจำลองสถานการณ์ในอนาคตสายการผลิตเดียวผลิตหลายผลิตภัณฑ์	42
15	แบบจำลองสถานการณ์ในอนาคตสายการผลิตเดียวผลิตหลายผลิตภัณฑ์ (2)	43
16	กราฟเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบัน กับระบบปรับปรุงทั้ง 2 แนวทาง	47
17	กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในกระบวนการประกอบต่อ 1 สถานีงาน ระหว่างจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบัน กับระบบปรับปรุงทั้ง 2 แนวทาง	48
18	กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในกระบวนการประกอบจนกระทั้งประกอบเสร็จต่อ1 คัน ระหว่างการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบันกับระบบปรับปรุงทั้ง 2 แนวทาง	49
19	กราฟเปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 3 จากการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบัน กับระบบที่ปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2	50
20	กราฟเปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 4 จากการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบัน กับระบบที่ปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	เปรียบเทียบรอบเวลาการประกอบเฉลี่ยต่อ 1 คันวิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด	53
22	เปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 3 วิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด	54
23	เปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 4 วิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด	54
24	การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Input Analyzer	55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Cycle Time	=	เป็นจำนวนนาทีและวินาทีที่ระบุไว้เป็นมาตรฐานว่าทุกสายการผลิตจะต้องผลิตให้ได้สินค้าหนึ่งชิ้นภายในช่วงเวลานั้น เวลาของรอบเวลาคำนวณจะคำนวณได้จาก
Takt Time	=	เป็นเวลามาตรฐานในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นให้เสร็จทันเวลาตามกำหนด โดยจะต้องจัดการทำงานของพนักงานแต่ละคนให้ใกล้เคียงกับเวลานี้มากที่สุด ก็จะสามารถทำให้การทำงานทันเวลาพอดี โดยค่าของ Takt Time จะคิดจากเวลาสุทธิทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานแต่ละวัน หารด้วยจำนวนชิ้นงานที่ต้องการผลิตต่อวัน
α	=	ระดับนัยสำคัญ (Significant Level)
H_0	=	ข้อสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis)
H_1	=	ข้อสมมติฐานรอง หรือข้อสมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis)
ε	=	ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้
R	=	จำนวนรอบการทำซ้ำที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าไม่เกินค่า ε
R_0	=	จำนวนรอบการทำซ้ำที่ทำการทดลองมาอย่างคร่าวๆ
H.W.	=	ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดลองสุ่มตัวอย่างคร่าวๆ (Half Width)
S_0	=	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
KPI	=	ดัชนีชี้วัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปรับปรุงการดำเนินงานโรงงานประกอบรถยนต์ให้เป็นสายการผลิตแบบรุ่นผสม โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์

The Production Improvement in the Production Line of the Car Assembly Plant from Batch Model to Mixed Model by Applying the Simulation Technique

คำนำ

ปัจจุบันในสังคมอุตสาหกรรมต่างมีการแข่งขันกันมากขึ้นและมีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ผลิตแต่ละรายพยายามหาวิธีการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพ ในการทำงานและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำนวนจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด (พันรวี, 2552) อีกทั้งความต้องการของลูกค้ามีแนวโน้มที่มีความหลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้กระบวนการผลิตต้องมีความยืดหยุ่น เพื่อให้สามารถจะตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ โดยผลิตสินค้าหรือบริการตามคุณลักษณะเฉพาะที่กำหนดตามปริมาณที่ต้องการและภายในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อแสดงให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพในการผลิตและให้การบริการ ภายใต้มีต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

การผลิตแบบลีนเป็นกระบวนการจัดการที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ตามความต้องการของลูกค้า (วัลลภม, 2552) เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น ประกอบกับพิจารณาหาทางเพิ่มคุณค่าของกิจกรรมในกระบวนการ เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าให้มีคุณภาพดีที่สุด โดยใช้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและใช้เวลาในการผลิตสั้นที่สุด

วิมาลัย (2552) ในปัจจุบันเทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนาโปรแกรมต่างๆ ขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่ออำนวยความสะดวกในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งปัจจุบันสามารถทำได้ง่ายขึ้นกว่าในช่วงแรกที่เริ่มมีการใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ได้นำมาใช้เพื่อเรียนรู้ศึกษาพฤติกรรมของระบบงานหรือการประเมินผลการดำเนินงาน จากแบบจำลองสถานการณ์ก่อนจะเป็นการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่ต่อเนื่องในการผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

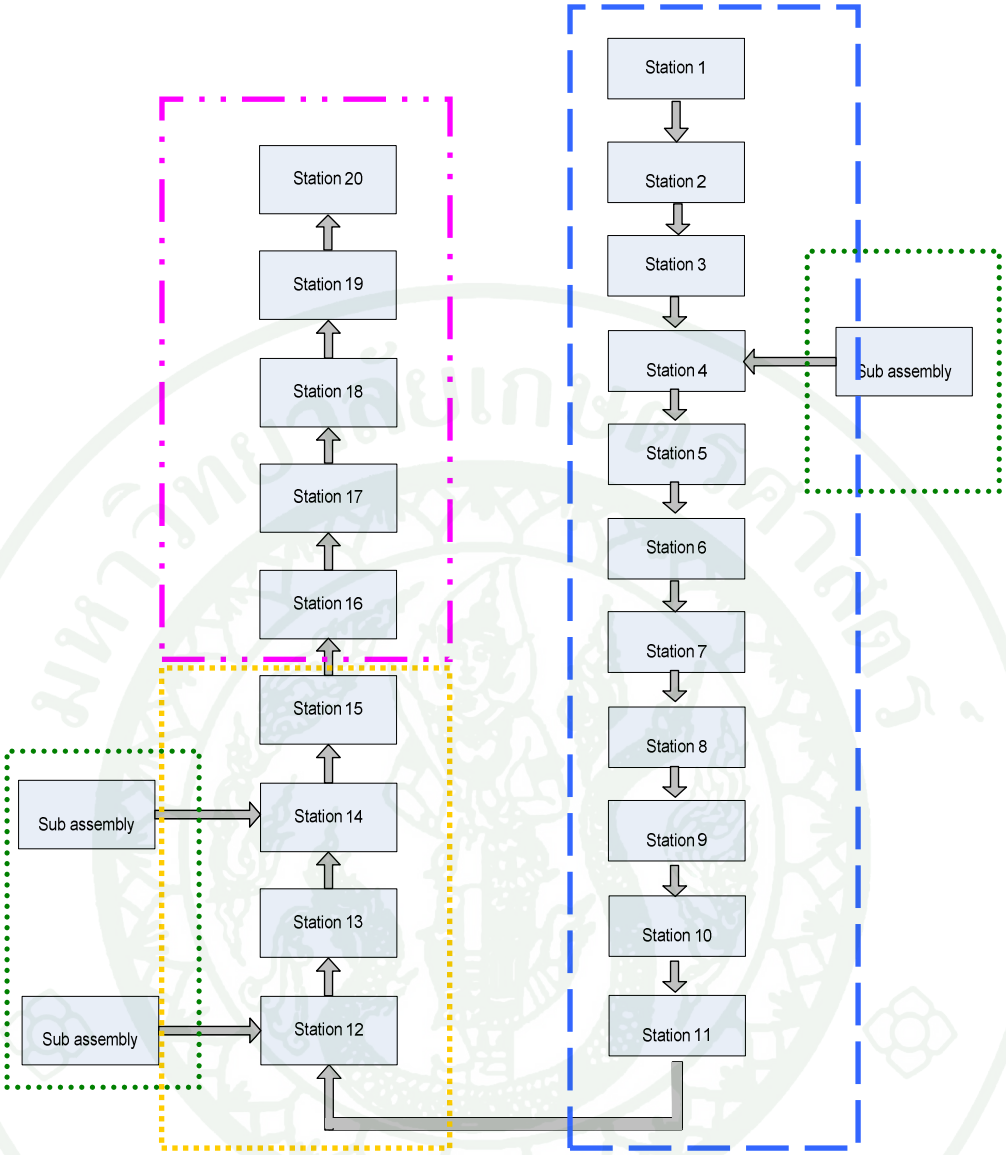
เครื่องมือดังกล่าวยังสามารถประยุกต์เข้ากับทฤษฎีการจัดสมดุลการประกอบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาแบบจำลองต่างๆ และการหาเทคนิคที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการจัดสรรทรัพยากรโดยพยายามให้เกิดความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีน้อยที่สุด

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับสายการประกอบรถยนต์นั้นจะแบ่งพื้นที่การประกอบออกเป็นสองด้าน (Bartholdi, 1993) คือ ด้านซ้ายและด้านขวา โดยที่พนักงานที่ประกอบซึ่งอยู่ในแต่ละด้านจะมีกิจกรรมประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าสู่ตัวถังรถยนต์ที่เลื่อนผ่านแต่ละสถานีงาน ในบางกิจกรรม พนักงานที่อยู่ทางด้านซ้ายหรือด้านขวาอาจจะต้องประกอบชิ้นส่วนที่อยู่บริเวณตรงกลางของตัวถังรถยนต์ นิยามงานแบบนี้ว่างานที่สามารถประกอบได้จากด้านใดด้านหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ซึ่งบางกิจกรรมงานทางด้านซ้ายและด้านขวาจะมีความสัมพันธ์เชิงลำดับร่วมกัน ยกตัวอย่างเช่น งานประกอบมือโหนด้านซ้ายและงานประกอบมือโหนด้านขวาจะประกอบได้ต่อเมื่อผ้าหลังคาประกอบเสร็จสิ้นแล้ว ซึ่งผ้าหลังคาเป็นกิจกรรมที่สามารถประกอบได้จากทั้งสองด้านของตัวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นงานประกอบมือโหนด้านซ้ายและด้านขวาจะมีความสัมพันธ์เชิงลำดับด้วยกันโดยผ่านงานที่ประกอบได้จากด้านใดด้านหนึ่งของตัวผลิตภัณฑ์

บนสายการประกอบจะมีรุ่นรถยนต์หลักอยู่ 3 รุ่นด้วยกัน คือ รุ่น A , B และ C โดยจะเริ่มตั้งแต่การนำชิ้นส่วนของตัวถังในแต่ละส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันจนเป็นตัวถังรถยนต์ (Body) จากนั้นจึงเตรียมเข้าไปในกระบวนการทำสี (Paint) และกระบวนการถัดไปจะอธิบายถึงขอบเขตของพื้นที่ที่สนใจศึกษา จัดอยู่ในแผนกประกอบรถยนต์ (Assembly) ซึ่งมีกระบวนการประกอบหลัก ได้แก่งาน ประกอบชิ้นส่วนภายในรวมไปถึงชิ้นส่วนภายนอก (Trim Line: TL) จากนั้นตัวถังที่ผ่าน TL จะถูกส่งไปประกอบชิ้นส่วนที่เกี่ยวกับระบบส่งกำลัง และระบบอื่นๆ (Mechanical Line: ML) โดยจะมีบางสถานีที่ไม่ได้ตั้งอยู่ในกระบวนการหลัก เราเรียกว่า สถานีงานย่อย (Sub-assembly: Sa) จะทำการประกอบส่วนหลักๆ ของรถยนต์ เช่น คอนโซลหน้า เครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง เป็นต้น ซึ่งสายการประกอบ TL, ML และ Sa

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ภาพรวมของสายการประกอบรถยนต์

ที่มา: พันรวี (2552)

ปัจจุบันพบว่า สายการประกอบรถยนต์ ที่ถูกออกแบบโดยอาศัยประสบการณ์ ได้จะแบ่งการประกอบออกเป็น 2 สายการผลิต คือ ผลิตรุ่น A และ B ในสายการผลิตเดียวกัน ส่วนสายการผลิต C จะแบ่งไปอีกสายการผลิตหนึ่ง ปัญหาที่พบจากการออกแบบสายการประกอบรถยนต์แบบดังกล่าว จากการศึกษางานในรุ่น A และรุ่น B พบว่า สถานีงานที่ 3 และสถานีงานที่ 4 ได้เวลาเกินรอบเวลาการผลิต ซึ่งรอบเวลาการผลิตปัจจุบันเท่ากับ 39 เพราะงานในสถานีงานที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นั้นจะเสร็จงานก่อนสถานีที่ 3 แต่ไม่สามารถส่งงานให้กับสถานีที่ 3 ได้ เนื่องจากสถานีงานที่ 3 นั้นยังทำงานไม่เสร็จ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดคอขวดในกระบวนการ (Bottle Neck) ทำให้สถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุดมาก จะเป็นตัวกำหนดรอบเวลาการผลิตและมีอัตราการใช้เวลาในการผลิตเท่ากับ 100% ส่งผลโดยรวมต่อประสิทธิภาพของสถานีงานอื่นๆ เนื่องจากมีการใช้เวลาน้อยกว่าสถานีงานที่ 3 และสถานีงานที่ 4 จึงทำให้เกิดปริมาณงานกองรอระหว่างกระบวนการขึ้น(Work in Process) มากเกินความจำเป็น เกิดความสูญเปล่าในการผลิต นอกจากนั้นต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบสายการประกอบในอนาคต โดยการนำรุ่นรถยนต์ทั้งสามชนิดมาประกอบอยู่ในสายการประกอบเดียวกัน

ในการวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยเครื่องมือแบบลีน ซึ่งเป็นการผลิตงานด้วยลอตเล็กๆ พร้อมกับแนวทางปรับปรุงกระบวนการผลิตและทำการออกแบบการจำลองสถานการณ์ (Simulation) การผลิตของโรงงานตัวอย่างทั้งระบบปัจจุบันและระบบปรับปรุง โดยโปรแกรมอารีน่าสำเร็จรูป ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับหลังจากทำการปรับปรุงคือ ลดเวลาในการผลิตรถแต่ละคัน ลดจำนวนงานที่กองรอในสถานีงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและทำการรวมสายการผลิตให้อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ปรับปรุงสายการผลิตโดยรวมทุกโมเดลการผลิตให้ผลิตอยู่ในสายการผลิตเดียว

2. ทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยวัดผลประสิมธิภาพต่างๆออกมาเป็นเปอร์เซนต์ เช่น อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นหรือความสามารถในการผลิตเพิ่มขึ้น

3. ลดเวลาเฉลี่ยการประกอบรถยนต์ในแต่ละสถานีงานลง

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ใช้โรงงานประกอบรถยนต์เป็นกรณีศึกษา

2. การวิจัยนี้ศึกษากระบวนการประกอบรถยนต์ โดยกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัย คือ A , B และ C

3. ศึกษากระบวนการผลิตเฉพาะในสายการตกแต่งภายนอก (Trim Line) เท่านั้น

4. การวิจัยนี้ศึกษากระบวนการงานประกอบชิ้นส่วนภายในรวมไปถึงชิ้นส่วนภายนอกที่มี 10 สถานี เพื่อลดระยะเวลาเฉลี่ยในการประกอบแต่ละสถานีลง และเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น

5. ใช้การจำลองสถานการณ์ พิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการประกอบรถยนต์จากที่มีอยู่เดิม

2. ใช้เป็นเครื่องมือแสดงประสิทธิภาพการประกอบรถยนต์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการประกอบ และเพิ่มสถานีงาน

3. เมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาในขั้นตอนการประกอบ ทำให้มองเห็นภาพรวมระบบการผลิตและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนประกอบรถยนต์

4. เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้และเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่ต้องการปรับปรุงสายการผลิตเพื่อพัฒนากระบวนการต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

การตรวจสอบเอกสารประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ ส่วนที่ 1 อธิบายถึงทฤษฎีการผลิตแบบลีน ส่วนที่ 2 อธิบายถึงคำจำกัดสายการผลิตแบบผสม ส่วนที่ 3 อธิบายถึงคำจำกัดความของการจำลองสถานการณ์ และส่วนที่ 4 เป็นส่วนสุดท้าย กล่าวถึง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีการผลิตแบบลีน

American Society For Quality (ASQ) ให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบลีนไว้ว่า เป็นการเริ่มพิจารณาการกำจัดของเสียทั้งหมดในกระบวนการที่โรงงานผลิต หลักการของลีน รวมถึง เวลาการรอคอยเป็นศูนย์ (Zero Waiting Time) สินค้าคงคลังเป็นศูนย์ (Zero Inventory) การ ตารางเวลาการผลิต (Scheduling) (ระบบการดึงของลูกค้าภายในแทนที่ระบบผลัก) การไหลของกลุ่มผลิตภัณฑ์ (ลดขนาดกลุ่ม) การปรับสมดุลการผลิตและลดเวลาการผลิต (Cutting Actual Process Times) (Modern, 1998)

National Institute of Standards and Technology Manufacturing Extension Partnership (NIST-MEP) ได้ให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบลีนไว้ว่าเป็นระบบที่มุ่งเน้นการจำแนกและกำจัดความสูญเปล่าในกิจกรรมตลอดจนการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยทำให้การไหลของผลิตภัณฑ์เกิดมาจากการดึงของลูกค้า เพื่อการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าอย่างสูงสุด (Spann *et al.*, 1997)

การออกแบบและจัดการอย่างถูกต้องเหมาะสมในครั้งแรกที่ดำเนินการและมุ่งเน้นถึงกระบวนการที่เพิ่มคุณค่าซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการทำงานที่ป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์แบบ และเป็นแนวทางที่ก่อให้เกิดการปรับตัวในสภาวะการแข่งขันที่ขึ้นอยู่กับเวลา (Time based Competition) เพื่อให้องค์กรมีความคล่องตัว (Agility) ใช้ทรัพยากรอย่างจำกัด สะดวกรวดเร็ว

ลดต้นทุน ลดเวลาที่ไม่จำเป็น และเพิ่มคุณภาพในระบบการผลิต โดยวิธีการแบบลีนที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นองค์กรรวม (Holistic) แบ่งออกเป็น 2 แบบ (Allen *et al*., 2001) แบบแรก การผลิตแบบลีนจะเน้นทางด้านการผลิต ส่วนแบบที่สอง วิสาหกิจแบบลีนจะประสานรวมระบบการผลิตที่เกี่ยวข้องกับโซ่อุปทาน โดยมีหลักการเดียวกันคือการกำจัดความสูญเปล่าเพื่อสร้างคุณภาพ

1.1 การไหล (Flow)

เป็นการทำให้คุณค่าเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง คือ การทำให้ สายการผลิตสามารถปฏิบัติ งานได้อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา โดยไม่มีการขัดขวางหรือหยุดการผลิต ด้วยเหตุอันใดก็ตามให้งานสามารถไหลไปได้อย่างต่อเนื่อง การไหลของงานถือว่าเป็นหัวใจการผลิตแบบลีน เป็นจุดเริ่มต้นที่จะต้องทำให้เกิดขึ้นก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบอื่นๆ ต่อไป การทำให้สายการผลิตไหลอย่างต่อ เนื่องมีดังนี้

1. อย่าให้เครื่องจักรว่างด้วยเหตุใดอันก็ตาม

2. หากเครื่องเสียหรือออกนอกการควบคุม ต้องแก้ไขให้อยู่ในสภาวะปกติ

3. การบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาน้อยที่สุด แม้ว่าจะอยู่ในแผนการผลิตก็ตาม

4. อย่าขัดจังหวะการผลิต

5. จัดกำลังการผลิตของแต่ละกระบวนการให้มีความสมดุล ซึ่งจะทำให้ไม่มีการกองรอของงานหรือเกิดคอขวด

6. ลดปริมาณการขนย้าย

7. ลดการเก็บงานเพื่อรอการผลิต

8. จัดผังโรงงานให้เหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 การลดเวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต (Changeover Reduction)

อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า SMED (Single Minute Eachange of Die) หรือ Set Up Time Reduction ก็ได้ การเปลี่ยนรุ่นการผลิตถือว่าเป็น Non-Value-Added Activity หรือความสูญเปล่าตัวหนึ่งที่เกิดขึ้นในการผลิต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นมากที่เราต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนรุ่นนี้ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ การลดเวลาในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตทำให้สามารถสนองความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น ยังสนับสนุนการผลิตแบบเป็นลอตๆ (Small Lot Production) อีกด้วย ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อการเปลี่ยนรุ่นการผลิตใช้เวลานาน ทำให้เกิดการผลิตทีละมากๆ เพื่อให้ควบคุมกับเวลาที่เสียไป ซึ่งทำให้มีต้นทุนของสินค้าคงคลังเกิดขึ้นสูงมากเกินความจำเป็น

1.3 การผลิตงานด้วยขนาดลอตเล็กๆ (Small Lot Production)

การผลิตงานด้วยลอตขนาดเล็กๆ ถือเป็นหลักการหรือเทคนิคที่สำคัญของระบบการผลิตแบบลีน มีข้อดีดังนี้

1. ใช้เวลาในการผลิตงานหนึ่งลอตสั้นลง เนื่องจากงานมีจำนวนน้อย ไม่ต้องรอถึงจำนวนมากๆ แล้วจึงส่งไปกระบวนการหลัง ทำให้งานไหลดีขึ้น

2. Lead Time ของลอตงานสั้นลง เนื่องจากการรอคอย (Waiting Time) ลดลง

3. ตอบสนองความต้องการของลูกค้าดีขึ้น

4. จำนวนสินค้าคงคลังลดลง

5. ลดการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า (Fire Fighting) เนื่องจากเมื่อมีสินค้าคงคลังน้อยลง ปัญหาต่างๆ ที่เคยถูกซ่อนอยู่จะเผยออกมาให้เห็น ทำให้เกิดการแก้ปัญหาที่สาเหตุแลกำจัดปัญหาได้อย่างถาวร

6. เมื่อจำนวนสินค้าคงคลังน้อยลง ทำให้ใช้พื้นที่น้อยลงด้วย ใช้พื้นที่ในโรงงานได้คุ้มค่าขึ้นและมีพื้นที่เหลือสำหรับความจำเป็นอื่นๆในการผลิตในการผลิตลอตเล็กๆ ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้สิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นก่อน ได้แก่

7. การไหลของงาน (Flow) งานไหลได้ก็ต่อเมื่อสามารถแก้ปัญหาของการเสียหาย ของเครื่องจักรได้ก่อนซึ่งก็คือ ควรจะทำการปรับปรุงก่อนก่อน เพื่อที่จะทำให้สามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ

8. เทคนิคที่ช่วยให้การไหลของงานเป็นอย่างดีลดการรองานคือ การใช้คัมบัง (Kanban)

9. การปรับตั้งที่เร็ว (Quick Changeover) หรือเทคนิคของ SMED นั้นเอง โดยปกติเมื่อการปรับตั้งเป็นเรื่องยุ่งยากและใช้เวลานาน พนักงานจะทำงานให้ได้จำนวนมากที่สุดกับเวลาที่เสียไปก่อนที่จะเปลี่ยนรุ่นการผลิต ดังนั้นการที่สามารถทำให้การปรับตั้งทำได้รวดเร็ว จะทำให้มีแรงต้านเมื่อต้องการการเปลี่ยนรุ่นผลิตบ่อยๆ หรือผลิตด้วยลอตขนาดน้อยลง ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการผลิตแบบ Mixed Production

1.5 การปรับเรียบการผลิต (Smooth Production Sequence)

การปรับเรียบการผลิตจะทำให้เกิดการไหลของงานอย่างราบเรียบอย่างสม่ำเสมอ (Steady Flow) ซึ่งจะทำให้การควบคุมการผลิตเป็นไปได้อย่างง่าย การปรับเรียบการผลิต คือ การผลิตงานที่ มีปริมาณสม่ำเสมอคงที่ตลอดช่วงเวลาในการผลิต โดยผลิตทุกรุ่น (Model) ทุกวันตามความ ต้องการของลูกค้า ถือว่าเป็นการลดความผันแปร (Mura/Variation)

การปรับเรียบการผลิตเป็นการปฏิบัติเพื่อเป็นการลดเวลาว่างของคนงาน ลดปริมาณเครื่องจักรและชิ้นส่วนที่อยู่ระหว่างผลิต ในปรับเรียบการผลิตเป็นสิ่งที่ต้องทำก่อนการติดตั้งระบบคัมบัง เนื่องจากระบบคัมบังจะใช้งานได้ดี เมื่อการผลิตมี การไหลของงานอย่างราบเรียบสม่ำเสมอก่อนโดยทั่วไปในปัจจุบันมีลักษณะการผลิตอยู่ 2 ลักษณะ คือ การผลิตรุ่นเดียวกันครั้งละมากๆ (Batch Production) และการผลิตแบบผสมรุ่น (Mixed Production)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.6 ดัชนีชี้วัดผลการปฏิบัติงาน (Performance Metric)

เนื่องจากการวัดและการนะเสนอจะทำให้รู้ว่าขณะนี้เราอยู่ที่ไหนและจะต้องทำอย่างไรต่อไปให้ถึงจุดหมาย ดังนั้น ตัวชี้วัดจึงเปรียบเสมือนเข็มทิศ บอกว่าต้องดำเนินการไปในทิศทางใด เพื่อการบรรลุเป้าหมาย กิจกรรมต่างๆ ที่ได้ทำลงไปให้ผลลัพธ์ที่ดีหรือไม่ สามารถรู้ได้จากการวัด

ตัวอย่างการชี้วัดของลีน อาจเป็นดังนี้

1. รอบของสินค้าคงคลัง(Inventory Tum)
2. จำนวนวันของสินค้าคงคลังที่มีอยู่ (Days of Inventory On-Hand)
3. รอบเวลาการผลิต (Cycle Time)
4. Takt Time
5. อัตราการใช้งานของเครื่องจักรจริง เป็นต้น

2. การจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสม

สายการผลิตแบบผสมเป็นสายการผลิตที่ผลิตภัณฑ์สินค้าตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป โดยสินค้าต่างชนิดกันจะถูกผลิตขึ้นพร้อมๆกันในสายการผลิต สำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตแบบผสมนั้นจะนำเอาวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตเดี่ยวมาประยุกต์ในการแก้ปัญหา (Thomopolous, 1967) โดยพิจารณาถึงแผนการผลิตทั้งหมดในแต่ละวัน (Daily Basis) หรือในแต่ละช่วงเวลากะแทนที่จะพิจารณาถึงรอบเวลาการผลิต (Cycle Time Basis) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ใช้ระยะเวลาที่ทำงานต่อวันหรือต่อกะ แทนรอบเวลาการผลิต
2. แทนเวลาย่อยในแต่ละขั้นงาน ด้วยเวลาทั้งหมดที่ต้องการใช้ทำงานนี้สำหรับทุก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชิ้นงานของทุกๆ แบบผลิตภัณฑ์

3. แผนภาพลำดับก่อนหลังรวม เกิดจากการรวมกันของผังงานของแผนภาพลำดับก่อนหลังของแต่ละผลิตภัณฑ์

สายการผลิตหนึ่งซึ่งจะต้องผลิตรถ โคโรน่า 10000 คัน โดยใช้เวลาทำการ 20 วัน ในหนึ่งเดือนและหนึ่งวันมีเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง ภายในจำนวนรถโคโรน่า 10000 คันแย่งออกเป็น ซีดาน 5000 คัน ฮาร์ดท้อป 2500 คันและแวกอน 2500 คัน หารตัวเลขเหล่านี้ด้วยวันทำการ 20 วันจะได้ซีดาน 250 คัน/วัน ฮาร์ดท้อป 125 คัน/วัน และฮาร์ดท้อป 125 คัน/วัน ในแต่ละวันก็จะประกอบรถแบบ ซีดาน ฮาร์ดท้อปและแวกอนคละกันไปตามอัตราดังกล่าว นี่คือตัวอย่างการปรับเรียบการผลิตโดนเฉลี่ยตามจำนวนวัน แต่ละชนิดของรถยนต์ที่จะต้องผลิตในแต่ละวัน การปรับเรียบการผลิตในขั้นตอนต่อไป คือ เปรียบเทียบสัดส่วนของอัตราการผลิตต่อวันที่ต้องการลดทั้งสามชนิด ได้แก่ 250:125:125 จะได้สัดส่วน 2:1:1 ซึ่งหมายความว่ารถโคโรน่าทุกๆ 4 คันที่ผลิตขึ้นจะประกอบด้วยซีดาน 2 คัน ฮาร์ดท้อป 1 คัน และแวกอน 1 คัน

ข้อดีของการปรับเรียบการผลิต ที่จะตอบสนองความหลากหลายของชนิดของสินค้าที่ผลิต คือ เป็นระบบที่สามารถปรับตัวให้สอดคล้องกับความแปรผันในความต้องการของลูกค้า

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์

Banks *et al*. (2005) กล่าวว่า การจำลองสถานการณ์โดยอาศัยตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้น ตัวแบบจะต้องทำงานได้เสมือนกับระบบงานจริง โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การตั้งปัญหาและการใช้คำจำกัดความหมายของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ ขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบ

2. การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่ต้องการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นการเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

Input Analyzer เป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena® เครื่องมือนี้สามารถใช้เพื่อทดสอบค่าการกระจายของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ว่ามีรูปแบบการกระจายแบบใด และเครื่องมือนี้ยังสามารถสร้างกลุ่มข้อมูลแบบสุ่มให้มีข้อมูลการกระจายตามลักษณะการแจกแจงที่ต้องการได้ ค่า Sum Square-Error คือ ค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการกระจายที่กำหนดกับค่าจากกราฟแท่งฮิสโทแกรม โดยโปรแกรม Arena® มีวิธีทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit Test) 2 วิธีด้วยกัน คือ

- วิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Komogorov-Smirnov Test) ใช้การทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

- วิธีกาทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

3. การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถจะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

4. การแปลงแบบจำลอง (Model Translation) แปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. การทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรมและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้น สามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

6. การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้การวิเคราะห์หาผลลัพธ์ได้ตามที่ต้องการ

7. การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม)

ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนการวางแผนการใช้งานแบบจำลองกับขั้นตอนการออกแบบการทดลอง คือ การออกแบบการทดลองเป็นเพียงการบอกเงื่อนไขของการทดลองเท่านั้น ส่วนการวางแผนการใช้งานแบบจำลองเป็นการบอกว่าจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้ข้อมูลที่เหมาะสม

8. การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

9. การตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลองตีความว่าระบบงานจริง มีปัญหาอย่างไร และจะสามารถแก้ปัญหาได้อย่างไร

10. การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลอง เลือกวิธีที่จะสามารถแก้ไขปัญหาได้ดีที่สุด แล้วนำไปใช้กับระบบจริง

11. การจัดทำเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งานและเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุง ดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผู้วิจัยจะพัฒนาตัวแบบจำลองสถานการณ์ด้วย โปรแกรมอารีน่า (ARENA® http://www.arenasimulation.com) ของบริษัทซีสเตมโมเดลลิ่ง (System Modeling Corporation) ซึ่งพัฒนามาจากภาษา SIMAN เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้สร้างตัวแบบจำลอง เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ สามารถใช้สร้างแบบจำลองทั้งระบบที่เวลาไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Time System) และระบบที่เวลาต่อเนื่อง (Continuous-Time System) โดยโปรแกรมอารีน่าแสดงแบบจำลองในรูปแบบแผนภูมิการไหล (Flowchart) และเก็บข้อมูลในรูปแบบของสเปรดชีต (Data Spreadsheets)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสร้างแบบจำลองนั้น สามารถสร้างได้จากวัตถุรูปกราฟิกหรือโมดูล (Module) เพื่ออธิบายถึงตรรกะ (Logic) ที่อยู่ในรูปของไอคอน (Icon) รวมกับส่วนของการเก็บข้อมูลที่อยู่ในรูปของหน้าต่างไดอะล็อก (Dialog Window) ซึ่งไอคอนจะถูกรวบรวมไว้ในแต่ละเทมเพลท (Template) ที่แยกตามชนิดของโมดูล

นอกจากนี้โปรแกรมอารีน่ายังสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation) ที่แสดงรูปแถวคอย (Queue) สถานะของทรัพยากร (Resource Status) และการไหลของวัตถุที่สนใจ (Entity Flow) รวมทั้งยังมีโปรแกรมเสริม ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer) ใช้สำหรับวิเคราะห์ค่าการแจกแจงของข้อมูลที่รับเข้าไป การวิเคราะห์ผล (Output Analyzer) และการวิเคราะห์กระบวนการ ใช้สำหรับการสร้างทางเลือกให้กับระบบ

4. สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จงกล (2543) งานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางในการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุดและเกิดเวลา ว่างงานรวมน้อยที่สุดด้วยพบว่าเจนเนติกอัลกอริทึมจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เจนเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีประสิทธิภาพ และสามารถให้คำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่กำหนดให้ได้

เบ็ญจพร (2552) งานวิจัยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มาวิเคราะห์พฤติกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป ปรับปรุงกระบวนการโดยการใช้ระบบดึงและคัมบังมาควบคุมการผลิตโดยกำหนดปริมาณงานสำรอง (Buffer Size) ให้มีขนาดที่เหมาะสม เปลี่ยนเวลาการทำงานในแผนก และ จัดเซลล์การผลิตโดยการวางเครื่องจักร ทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.31

พันรวี (2552) งานวิจัยนี้จะอธิบายถึงวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบแบบสองด้านโดยเริ่มตั้งแต่การนำเทคนิคการวัดผลงาน (Work Measurement) รวมไปถึงการกำหนดลำดับความสัมพันธ์ของงานประกอบรถยนต์ ซึ่งพบว่ามีสถานีงานกิจกรรมร่วมเท่ากับ 31 สถานี เงื่อนไขลำดับก่อนหลังของงาน 411 จากนั้นจะนำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีการทางฮิวริสติก จากการวิเคราะห์และทดสอบโปรแกรมพบว่า วิธีการของ MINDUR ให้ผลคำตอบโดยรวมที่ดีกว่าวิธีการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อื่นๆประยุกต์ใช้วิธีการของ MINDUR มีประสิทธิภาพสายการประกอบเท่ากับ 87.64% เพิ่มขึ้นจากเดิม 29.14% รวมไปถึงจำนวนสถานีกิจกรรมร่วมลดลง 10 สถานี

Spann *et al.* (1997) การผลิตแบบลีนที่นำมาประยุกต์ใช้กับโรงงานที่มีขนาดเล็กและขนาดกลางให้ความสนใจกับเรื่องคุณภาพและรอบเวลาในการผลิต และให้ความสำคัญเรื่องการตอบสนองความต้องการให้กับลูกค้ามาเป็นอันดับแรก โดยใช้เครื่องมือที่นำมาใช้ร่วมกับการผลิตแบบลีนคือ กิจกรรม 5 ส. การควบคุมดูแลด้วยสายตา (Visual Factory) และการให้มีทีมงานเฉพาะเพื่อใช้เครื่องมือทางด้านคุณภาพ (Quality Tools) รวมถึงทีมงานในการดูแลเมื่อถึงเวลาติดตั้งเครื่องจักร (Total Preventive Maintenance: TPM) การจัดสมดุลการผลิต (Work Balancing), ชิ้นงานไหลแบบชิ้นเดียว (One-piece-flow), และการใช้ระบบคัมบัง (Kanban System)

Kim *et al.* (2007) สนใจศึกษาสายการประกอบที่ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เช่น สายการประกอบรถยนต์ ซึ่งเรียกว่าสายการประกอบแบบ 2 ฝั่ง (Two side assembly) และได้จัดสายการประกอบที่มีลักษณะดังกล่าว ที่ต้องการหารอบเวลาการผลิตที่น้อยที่สุดที่ได้มีการกำหนดจำนวนของสถานีงาน โดยใช้เจนเนติกอัลกอริทึ่มควบคู่กับวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในขั้นตอนแรกได้ทำการจัดลำดับความสัมพันธ์ของงานทั้งก่อนและหลัง รวมไปถึงการระบุกิจกรรมที่ทำการประกอบทั้งฝั่งซ้าย ขวา และกิจกรรมที่สามารถทำงานได้ทั้งฝั่งซ้ายและขวา จากนั้นจึงสร้างคำตอบของกลุ่มประชากรในตอนเบื้อนต้นเพื่อเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ หรือที่เรียกว่าเจนเนติกอัลกอริทึ่ม ควบคู่กับวิธีการทางคณิตศาสตร์ และได้ทดลองกับ วิธีการทางฮิวริสติกตัวอื่นๆคือ First-fit rule(FFR) และ Interger programming โดยดูผลการทดลองจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคำตอบที่ให้ผลได้ดีที่สุด

Mingzhou and Wub (2002) วิธี goal chasing เป็นลำดับการทำงานที่นิยมใช้ในระบบ JIT เพื่อแก้ปัญหาสายการประกอบการผลิตแบบผสม ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและปฏิบัติได้ไม่ยาก ในเนื้อความเป็นการบอกถึงนิยามของ good part และ good remaining sequence และทำการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์วิธีที่ดีที่สุดค่าของฟังก์ชันเป้าหมายและในเนื้อหายังกล่าวถึงการพัฒนารูปแบบฮิวริสติกที่เรียกว่า “variance algorithm” ตัวเลขที่ได้จากการทดสอบทำให้ทราบถึงวิธีการที่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยใช้ค่าใช้จ่ายที่น้อยลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Simaria and Vilarinho (2004) ได้นำเสนอวิธีการในการจัดสายการประกอบแบบผสม ซึ่ง มีวัตถุประสงค์ที่จะหารอบเวลการผลิตน้อยที่สุดโดยที่กำหนดสถานีงานมาให้ โดยใช้เจนเนติกลำดับขั้นตอน ซึ่งผลทีได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นมาจากโปรแกรม C++ ซึ่งสามารถกำหนดภาระงานของแต่ละสถานีงานให้มีเวลาในการทำงานใกล้เคียงกันได้ ถึงแม้จะเป็นผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกันก็ตาม แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องหาวิธีการของฮิวริสติกเพื่อมาช่วยแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

Jina and Wu (2002) บทความนี้ได้ให้มุมมองถึงวิธีการต่างๆที่จะปรับปรุงสายการประกอบแบบผสม โดยใช้อัลกอริทึ่มของความแปรปรวน (Variance Algorithm) ที่มีการยืดระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี ซึ่งบทความนี้ได้มีการพัฒนาการลดความแปรปรวน เพื่อลดต้นทุนในการเสียโอกาส ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยพิสูจน์ว่า สิ่งที่นำเสนอมีประสิทธิภาพ ในส่วนของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผสมได้พัฒนารูปแบบที่ช่วยในการค้นหาปัญหาที่มองเห็นได้ยากอีกด้วย

Fawaz (2003) ศึกษาการนำหลักของลีนไปใช้กับกระบวนการผลิต โดยจะเน้นศึกษาอุตสาหกรรมเหล็กเป็นหลักโดยการนำเทคนิคลีนไปใช้ในอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง ซึ่งตามปกตินิยมใช้เทคนิคลีนในอุตสาหกรรมผลิตแบบช่วง งานวิจัยนี้พยายามแสดงให้เห็นว่าลีนสามารถนำมาใช้ได้ในกระบวนการ และเทคนิคลีนเข้าไปแก้ไขเพื่อเพิ่มมูลค่าในกระบวนการจนพัฒนาเป็นแผนที่คุณค่า เพื่อให้การใช้เทคนิคลีนเกิดประโยชน์อย่างมากในการสร้างแผนจึงได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาพัฒนาบริษัท

Gujarathi *et al.* (2007) ใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตตัวซับแรกกระแทก โดยในโรงงานประสบปัญหาเรื่องเวลาการปรับตั้งเครื่องเป็นเวลานาน ในบางขั้นตอนการผลิตใช้เวลายาวนานเกิดนไป นักวิจัยจึงทำการปรับปรุงการผลิตโดยเพิ่มสถานีงาน เพิ่มเครื่องจักรและจัดสรรจำนวนพนักงานให้เหมาะสมกับสถานีงาน ผลปรากฏว่าผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 435 ชิ้นต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. นาฬิกาจับเวลา
2. กล้องวีดีโอ
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
   3.1 ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP
   3.2 หน่วยประมวลผลกลาง Intel Pentium Core 2 Duo
   3.3 หน่วยความจำ 512 MB
   3.4 ความจุของ Hard Disk Drive 1.75 GHz
4. โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena version 11.0 (บริษัท Rockwell Software จำกัด)

วิธีการ

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้ในการพัฒนาการประกอบรถยนต์ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ศึกษากระบวนการทำงานภายในองค์กรที่ศึกษา

ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตรถยนต์ จะกล่าวถึงส่วนประกอบของรถยนต์ เพื่อให้เข้าใจถึงหน้าที่ของส่วนประกอบนั้นๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นส่วนหลักๆของรถยนต์ได้ดังนี้

1.1 ส่วนประกอบของรถยนต์

1. ตัวถัง (Body) จะทำการประกอบตัวถังนำตัวถังตั้งแต่ด้านข้าง หลังคา เข้ามาประกอบติดกันเป็นตัวรถด้วยการเชื่อม ซึ่งมีหน้าที่ในการห่อหุ้มและป้องกันสิ่งแปลกปลอม จาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภายนอกที่จะเข้ามารบกวน สร้างความเสียหาย ให้แก่บุคคลและทรัพย์สินที่อยู่ภายในรถยนต์ เช่น หัวเก๋ง ประตู ฝากระโปรง โครงหลังคา กระบะ ฝาท้าย กันชน เป็นต้น ดังที่แสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 2 การเชื่อมประกอบตัวถังรถยนต์

ที่มา: พันรวี (2552)

2. การตกแต่งตัวถังที่ทำการประกอบซึ่งทำการตกแต่งรอยเชื่อม รอยต่อ รอยอาร์คต่าง ๆ ให้เรียบร้อย เช่น ทาพีวีซีบริเวณรอยต่อ ก่อนที่จะนำไปพ่นสีในแผนกสี ซึ่งหน้าที่ในการทำความสะอาดตัวถัง ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่มีการเคลือบน้ำมันมา จะล้างน้ำมันออกแล้วจะเคลือบน้ำยาเรียกว่าน้ำยาฟอสเฟต เพื่อให้สีกันสนิมเกาะตัวถังได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นก็นำตัวถังไปชุบสีกันสนิมแล้วนำมาพ่นสีพื้นและพ่นสีจริงดังภาพที่ 2

ภาพที่ 3 การพ่นสีตัวถังรถยนต์

ที่มา: พันรวี (2552)

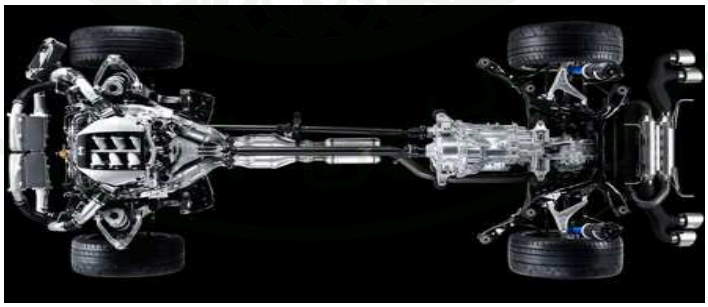
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. แชสซีส์และช่วงล่าง (Chassis and Suspension) มีหน้าที่หลักในการรองรับส่วนประกอบทั้งหมดของรถยนต์ และช่วยลดความสั่นสะเทือนที่จะไปกระทบต่อผู้ขับขี่ ผู้โดยสาร รวมถึงสัมภาระต่างๆเช่น แชสซีส์ แหนบ สปริง โช้คอัพ ปีกนก คันบังคับ คันเร่ง เบรก ดังที่แสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 4 แชสซีส์และช่วงล่าง

ที่มา: พันรวี (2552)

4. เครื่องยนต์และระบบส่งกำลัง (Power Train) มีหน้าที่ในการแปลงพลังงานเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ให้เป็นพลังงานกล และถ่ายทอดไปขับเคลื่อนรถยนต์ เช่น เครื่องยนต์ เพลากลาง เพลาขับ เฟืองท้าย ล้อ ดังที่แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 5 เครื่องยนต์และระบบส่งกำลัง

ที่มา: พันรวี (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. อุปกรณ์ไฟฟ้า (Electronic Module) มีหน้าที่ในการเชื่อมโยงการทำงานของระบบต่างๆ ทั้งหมดของรถยนต์ ที่จะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ของผู้ขับขี่ และแจกจ่ายพลังงานไฟฟ้า เช่น ระบบสายไฟฟ้าของส่วนต่างๆ ไดสตาร์ต ไดชาร์จ แบตเตอรี่ ไฟหน้า ไฟหลัง ไฟเบรก ไฟเลี้ยว ดังที่แสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 6 อุปกรณ์ไฟฟ้า

ที่มา: พันรวี (2552)

6. อุปกรณ์ภายใน (Trim) จะเป็นส่วนที่ตกแต่งอุปกรณ์ภายในทั้งหมด ตั้งแต่พรมประตู สายไฟ เดินอุปกรณ์ตกแต่งภายในต่าง ๆ ให้เรียบร้อย และทำหน้าที่สำหรับอำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้โดยสาร เช่น เบาะนั่ง แผงประตู เข็มขัดนิรภัย พรมหลังคา พรมพื้นรถ หน้าปัด แอร์ วิทยุ ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 7 อุปกรณ์ภายใน

ที่มา: พันรวี (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับกระบวนการทดสอบรถยนต์ที่ประกอบเสร็จแล้วนั้นโดยทั่วไปจะทำการทดสอบที่สนามทดสอบคุณภาพรถยนต์มีการทดสอบวงเลี้ยวของล้อ ทดสอบเสียงจากความสะเทือนในขณะขับขี่ ทดสอบช่วงล่างจากการวิ่งบนถนนขรุขระ จากนั้นจะเป็นการทดสอบการรั่วรอยรั่วของหลังคา ตัวถังรวมไปถึงจุดต่างๆของตัวรถอีกด้วย

1.2 ขั้นตอนการให้บริการหน่วยงานภายในโรงงานประกอบรถยนต์

ในส่วนการประกอบรถยนต์นั้นต้องอาศัยหน่วยงานต่างๆเข้ามาดูแลในแต่ละส่วน ซึ่งหน่วยงานเหล่านี้จะมีหน้าที่ความรับผิดชอบที่แตกต่างกัน แต่หน่วยงานที่จะยกตัวอย่างต่อไปนี้เป็นเพียงหน่วยงานหลัก ซึ่งในโรงงานประกอบรถยนต์บางแห่งอาจจะมีหน่วยงานหรือชื่อเรียกไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย รายละเอียดของแต่ละหน่วยงานที่ยกตัวอย่างสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. หน่วยงานออกแบบและวิจัย

ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญในแต่ละส่วนของรถยนต์ และต้องมีเครื่องมือที่ทันสมัยจึงจำเป็น ต้องใช้บุคลากรที่มีความสามารถสูงเป็นจำนวนมาก รวมทั้งเงินลงทุนจำนวนมหาศาล ดังนั้นโดยส่วนใหญ่แล้ว แต่ละบริษัทมักจะมีศูนย์วิจัยใหญ่อยู่ที่บริษัทแม่แล้วรับข้อมูลความต้องการของลูกค้า ในแต่ละประเทศมาออกแบบ และปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของตน มากกว่าที่จะตั้งเป็นศูนย์วิจัยในแต่ละประเทศโดยตรง แต่ถ้าหากประเทศนั้นเป็น ฐานในการผลิตชิ้นส่วนที่สำคัญ เช่น ประเทศไทยก็มีความเป็นไปได้ที่จะมีฝ่ายวิจัยสำหรับชิ้นส่วนนั้นๆ โดยจะมีผู้เชี่ยวชาญจากบริษัทแม่มาเป็นผู้ดูแลและประสานงาน เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ต้องการ สามารถทำงานในหน้าที่ของชิ้นส่วนนั้นๆ ได้อย่างสมบูรณ์ มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อหน่วยที่เหมาะสม และตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า

2. หน่วยงานควบคุมสูตรการผลิต

รถยนต์แต่ละคันจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่างๆ จำนวนมาก โดยชิ้นส่วนของรถยนต์จะมีทั้งชิ้นส่วนที่ใช้รูปแบบเดียวกันในรถยนต์หลายๆ รุ่น และชิ้นส่วนที่ใช้แตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ดังนั้น หลักเกณฑ์การผลิตชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบขึ้นเป็นรถยนต์แต่ละรุ่นจะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรียกว่า สูตรการผลิต การผลิตรถรุ่นหนึ่งออกมาขายเป็นระยะเวลานาน จะต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาที่ผลิตรถยนต์ออกสู่ตลาด ซึ่งทำให้มีการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนที่ใช้ และในบางครั้งจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะหน้าตา (Face Lift) ด้วยเหตุผลทางการตลาด ซึ่งตลาดรถยนต์ในแต่ละประเทศจะมีรถรุ่นต่างๆ ให้เลือกในแต่ละยี่ห้อ มากบ้างน้อยบ้างหลายสิบรุ่น ดังนั้น ในการผลิตก็อาจจะผลิตเป็นล็อต (Batch Processing) ล็อตละ 6 คันบ้าง ล็อตละ 30 คันบ้าง ขึ้นอยู่กับขนาดความต้องการของตลาด โดยความหมายของคำว่า "ล็อต" ก็คือ จำนวนอย่างต่ำของรถรุ่นเดียวกันที่จะผลิตในแต่ละครั้งอย่างต่อเนื่องกันของสายการประกอบ

ส่วนคำว่า "รุ่น"หมายความว่า รูปร่างและชิ้นส่วนทุกอย่างของรถยนต์ในรถรุ่นเดียวกันจะเหมือนกันทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันเลย ยกเว้นเฉพาะสีที่พ่นเท่านั้นที่อาจมีได้หลายๆ สี และไม่นับรวมถึงอุปกรณ์เพิ่มเติม (Options) ที่ผู้ใช้จะเป็นผู้ซื้อ หรือสั่งให้ติดตั้ง ภายหลังจากที่รถยนต์ได้ถูกผลิตออกจากสายการประกอบแล้ว แต่ในบางประเทศ อุปกรณ์เพิ่มเติมนี้สามารถระบุให้มีการติดตั้งในสายการประกอบตามการสั่งซื้อล่วงหน้า

ปัจจุบัน ประเทศไทยเป็นฐานผลิตรถยนต์ที่สำคัญของโลกประเทศหนึ่ง และมีแนวโน้มที่จะผลิตเพื่อการส่งออกจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น ในการผลิตรถยนต์เพื่อส่งออกจะต้องผลิตให้ได้รถยนต์แบบต่างๆ หลายรุ่นตามความต้องการที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ทำให้ต้องใช้ระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณสูตรการผลิตของรถแต่ละคันว่า จะต้องใช้ชิ้นส่วนอะไรบ้าง จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนระบบการผลิตแบบเป็นล็อตมาเป็นการผลิตแบบเป็นคันแทน เพราะถ้าหากยังใช้ระบบการผลิตแบบเป็นล็อตเหมือนเดิม จะต้องมีจัดเก็บรถที่ผลิตสำเร็จรูปแล้วจำนวนมาก ซึ่งเป็นการเสี่ยงและต้องลงทุนสูง

การเก็บข้อมูลของสูตรการผลิตจะแบ่งตามกลุ่มของส่วนของรถยนต์ (Bill of Material: BOM) เช่น เบรกหน้า เบรกหลัง เบาะ กันชน เป็นต้น แล้วค่อยแยกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ เช่น เบาะหน้า ประกอบด้วย หัวหมอน ผ้าเบาะ ปุ่มปรับระยะ รางยึดเบาะ เป็นต้น โดยชิ้นส่วนแต่ละชิ้นก็จะมีหมายเลขชิ้นส่วนที่แตกต่างกันไป ดังนั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแบบแต่ละครั้งหมายเลขชิ้นส่วนก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 หน่วยงานวิศวกรรมการผลิต

เตรียมการเกี่ยวกับเอกสารที่แจ้งรายละเอียดต่างๆ เมื่อจะมีการผลิตรถรุ่นใหม่ รายละเอียดเหล่านั้น ได้แก่ รายละเอียดของรถยนต์แต่ละรุ่น ซึ่งการที่จะผลิตในแต่ละรุ่น ทางโรงงาน จะได้รับการแจ้งล่วงหน้าประมาณ 2 ปี (ขึ้นอยู่กับทีมงานและความพร้อม) โดยจะได้รับข้อมูลจากฝ่ายการตลาดของบริษัทมาวางแผน เพื่อเตรียมการผลิตในกรณีที่มีรถรุ่นใหม่เกิดขึ้น อีกทั้งจะต้องได้รับการอนุมัติแบบการประกอบ ซึ่งระบุเกี่ยวกับอัตราส่วนชิ้นส่วนผลิตในประเทศ และชิ้นส่วนสั่งนำเข้า จากกระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อจะได้สามารถเสียภาษีนำเข้าในลักษณะของชิ้นส่วนนำเข้า (Complete Knock Down: CKD) และเมื่อใดมีการเปลี่ยนแปลงแบบการประกอบหรือเปลี่ยนแปลงรายการชิ้นส่วนก็จะต้องแจ้งทุกครั้ง โดยงานที่ทำมักจะเป็นการประสานงานกับฝ่ายพัฒนาชิ้นส่วนในประเทศเป็นส่วนใหญ่

1.4 ฝ่ายวางแผนและควบคุมการผลิต

มีหน้าที่ในการวางแผนการผลิต และควบคุมการรับส่งชิ้นส่วน ให้มีปริมาณที่พอดีกับการใช้งานของฝ่ายผลิต แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. การวางแผนการผลิต แผนกวางแผนจะได้รับข้อมูลความต้องการจำนวนรถยนต์ของลูกค้า โดยการประชุมร่วมกับฝ่ายขาย แล้วนำมาวางแผนการผลิต โดยคำนึงถึงความสามารถในการผลิต หาก ความต้องการมีมากกว่ากำลังการผลิต ก็จะต้องประชุมกับทางฝ่ายผลิตและผู้ผลิตชิ้นส่วน ว่าสามารถที่จะผลิตได้ตามเป้าหมายที่เพิ่มขึ้นนี้หรือไม่ โดยอาจจะมีการทำงานล่วงเวลาหรือการทำงานในวันหยุด แต่ถ้าหากความต้องการน้อยกว่ากำลังการผลิต ก็จะต้องปรับให้การผลิตในแต่ละวันเท่ากัน และจะต้องวางแผนการผลิตให้ได้จำนวนและรุ่นของรถยนต์ตรงกับความต้องการ ทั้งยังต้องผลิตให้ทันกับกำหนดการส่งมอบด้วย แผนการผลิตแบ่งเป็นระยะคือ แผนเดือน แผนสามเดือน และแผนปี โดยแผนเดือนจะเป็นการยืนยันกำหนดที่แน่นอนว่า ในเดือนนั้นๆ จะผลิตรถยนต์ในแต่ละรุ่นจำนวนเท่าไร และในวันใด ส่วนแผนสามเดือนจะมีประโยชน์สำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วนในการวางแผนว่า จะต้องสั่งวัตถุดิบ จำนวนเท่าไร โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ แผนปีจะบอกถึงแนวโน้มความต้องการรถยนต์ในปีนั้นๆ ใช้เพื่อวางแผนกำลังคนและเครื่องจักรว่า จะต้องมีการเพิ่มหรือลดอย่างไร การวางแผนจะต้องคำนึงถึงเวลาในแต่ละช่วงการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลิต ตั้งแต่การสั่งซื้อวัตถุดิบ กำหนดการ ส่งมอบ ระยะเวลาในกระบวนการผลิต ตั้งแต่สายการเชื่อม สายการพ่นสี สายการประกอบ การทดสอบต่างๆ จนกระทั่งสำเร็จสมบูรณ์ ประกอบเป็นรถยนต์ที่เรียบร้อยเพื่อการส่งมอบได้

2. การส่งมอบชิ้นส่วน กำหนดการส่งมอบชิ้นส่วนจะแยกตามผู้ผลิตชิ้นส่วนแต่ละราย ในปัจจุบัน ระบบ การส่งมอบแบบทันเวลาพอดี (Just In Time: JIT) ถูกนำมาใช้ในการกำหนดเวลาการส่งมอบชิ้นส่วน โดยมีแนวคิดจากหลักการที่ว่า ทุกกระบวนการผลิตจะต้องสอดคล้องกันดังนั้น จะไม่มีการเก็บสต็อกชิ้นส่วนในแต่ละกระบวนการผลิต เพื่อที่จะลดปริมาณชิ้นส่วนในสายการประกอบรวม โดยในการผลิตแต่ละวันหรือแต่ละสัปดาห์จะมีกำหนดการส่งมอบ เพื่อให้มีปริมาณชิ้นส่วนที่เพียงพอต่อการผลิตตามกำหนดเท่านั้น ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดวัตถุดิบในการผลิตแล้ว ยังทำให้วัตถุดิบเสียหายน้อยลงด้วย เมื่อได้รับคำสั่งซื้อในเดือนนั้นแล้ว ผู้ผลิตชิ้นส่วนแต่ละรายก็จะนำไปวางแผนการผลิตต่อไป เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนทันการส่งมอบตามที่กำหนดไว้ในใบสั่งซื้อ

ในปัจจุบัน การผลิตชิ้นส่วนล่วงหน้าของผู้ผลิตชิ้นส่วนแต่ละรายจะมีปริมาณต่ำ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ ดังนั้นหากมีผู้ผลิตชิ้นส่วนรายใดที่ไม่สามารถทำตามแผนกำหนดการส่งมอบแล้ว ย่อมจะกระทบต่อสายการประกอบหลัก รวมถึงผู้ผลิตชิ้นส่วนรายอื่นๆ ทั้งหมด เมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวขึ้น เช่น เครื่องจักรเสีย จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วนซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบการผลิตดังกล่าวต้องอาศัยกระบวนการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของผู้ผลิตทั้งระบบจึงต้องมีการเตรียมการที่ดี มิฉะนั้นแล้ว ก็จะไม่สามารถทำการผลิตได้

3. การจัดส่งชิ้นส่วนเข้าสายการประกอบ ชิ้นส่วนนำเข้าจากต่างประเทศจะถูกบรรทุกไว้ในตู้คอนเทนเนอร์ขนาดใหญ่ และขนส่งมาทางเรือ หลังจากผ่านกระบวนการทางศุลกากรแล้ว ชิ้นส่วนจะถูกขนออกมาจากตู้คอนเทนเนอร์ โดยใช้รถยกมาเก็บไว้ในโกดังเพื่อรอการผลิตต่อไป เมื่อถึงกำหนดการผลิต ชิ้นส่วนที่ต้องใช้จะถูกนำออกมาจากโกดังไปไว้ยังพื้นที่จัดชิ้นส่วน จากนั้น ชิ้นส่วนก็จะถูกจัดใส่ตะกร้าพลาสติก แล้ว จัดวางบนรถ หรืออาจจะจัดวางในรถลากพิเศษสำหรับชิ้นส่วนนั้นๆโดยเฉพาะ โดยชิ้นส่วนเหล่านี้ จะถูกคัดแยก เพื่อจัดส่งไปตามจุดประกอบในสายพานการผลิตต่อไป ชิ้นส่วนขนาดเล็ก (Small Part) เช่น นัทโบล์ท คลิป จะถูกแยกจัดและส่งด้วยวิธีที่แตกต่างออกไป เนื่องจากมีจำนวนมากและเป็นชิ้นส่วนที่มีการใช้ทั่วๆ ไป การแบ่งชิ้นส่วนประเภทนี้ จึงไม่นิยมแบ่งด้วยการนับ แต่จะใช้วิธีการชั่ง โดยมีรายการ บันทึกไว้ก่อนว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชิ้นส่วนหมายเลขใด ใช้ปริมาณเท่าไรต่อครั้ง และมีน้ำหนักเท่าไร การชั่งสามารถให้ความเที่ยงตรงได้พอเพียงภายในระยะเวลาที่สั้นลง

ทั้งนี้อาจจะมีหน่วยงานอื่นๆที่มากกว่าหน่วยงานที่ยกตัวอย่างทางด้านบน สิ่งที่สำคัญที่สุดในการกำหนดหน่วยงาน จะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆมาผสมผสานกัน เช่น โรงงานประกอบรถยนต์กับโรงงานรับจ้างประกอบรถยนต์ ซึ่งจะแตกต่างกันในเรื่องของหน่วยงาน โดยที่โรงงานรับจ้างประกอบรถยนต์อาจจะไม่จำเป็นต้องมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและวิจัยอยู่ภายในองค์กรก็เป็นได้

1.5 สายการประกอบรถยนต์

ลักษณะของสายการประกอบรถยนต์นั้นในบางสถานีงานจะต้องมีการทำงานทั้งสองด้านของสายการประกอบไปพร้อมๆกัน ซึ่งเรียกสายการประกอบประเภทนี้ว่า สายการประกอบแบบสองด้าน (Two-sided Assembly Line: TAL) โดยแบ่งด้านในการประกอบออกเป็นสองด้านคือ ด้านซ้ายและด้านขวา แต่ยังมีบางงานซึ่งสามารถประกอบได้จากทั้งด้านซ้ายและด้านขวาด้านใดด้านหนึ่ง (งานที่ชิ้นส่วนอยู่บริเวณตรงกลางของผลิตภัณฑ์) รวมไปถึงบางงานที่ต้องการพนักงานทั้งสองด้านประกอบพร้อมๆกัน (จะพบในส่วนประกอบตัวถัง) กล่าวได้ว่าสายการประกอบแบบสองด้านจะแบ่งงานออกเป็น 4 ลักษณะตามที่ได้อธิบายมาในข้างต้น

สายการประกอบแบบสองด้านนั้น จะมีสถานีงานที่มีกิจกรรมร่วมเรียกว่า Mate-station และมีความสัมพันธ์เชิงลำดับของงานร่วมกัน อย่างไรก็ตามการออกแบบรถยนต์นั้นต้องพยายามทำให้ชิ้นส่วนของด้านซ้ายและด้านขวากระจายน้ำหนักใกล้เคียงกัน จึงทำให้กิจกรรมการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ด้านซ้าย จะใกล้เคียงกับกิจกรรมการประกอบชิ้นส่วนด้านขวา และงานทั้งสองด้านจะมีความสัมพันธ์กันผ่านงานที่สามารถประกอบได้จากด้านใดด้านหนึ่งของผลิตภัณฑ์ หรือกล่าวได้นัยหนึ่งว่าจะไม่มีงานด้านซ้ายที่มีลำดับก่อนหลังโดยตรงกับงานด้านขวา และพนักงานสองคนควรจะทำงานกันคนละด้านโดยที่พนักงานคนใดคนหนึ่งจะไม่แยกไปทำงานอย่างอื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ศึกษาสภาพปัญหาในโรงงาน

จากการศึกษาข้อมูลในโรงงาน ทำให้เราสามารถสรุปตารางการผลิตที่ได้จริงกับการผลิตตามแผนได้ดังตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลผลิตจริงกับแผนการผลิต

รุ่น	แผนการผลิต (คัน/ปี)	ผลิตจริง (คัน/ปี)	ความแตกต่าง (คัน/ปี)	% ความแตกต่าง
A	1499	1151	348	11.51
B	1726	1334	392	13.34
C	437	311	126	3.11

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่โรงงานผลิตได้นั้นต่ำกว่าแผนการผลิตที่ได้กำหนดไว้ จากรุ่น A ผลิตได้ต่ำกว่าแผนการผลิต 348 คัน คิดเป็น 11.51% รองลงมาคือรุ่น B ผลิตได้ต่ำกว่าแผน 13.34% และรุ่น C ผลิตได้ต่ำกว่า 3.11% มีสาเหตุมาจากสายการผลิตแบบประกอบในโรงงานนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบตกแต่งภายในตัวรถและมีการผลิตแบบเป็นชุด (Batch) โดยศึกษารุ่นการผลิตทั้งหมด 3 รุ่นคือ รุ่น A, B และ C ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนไม่เป็นแบบแผนและใช้คนในการประกอบ ซึ่งรุ่น A และรุ่น B มีสถานีงานในการผลิตรุ่นละ 10 สถานี และรุ่น C มี 6 สถานีงาน แต่ละสถานีงานจะมีตัวโมโนเรล (Monorial) กำหนดเวลาการผลิต ซึ่งในปัจจุบันถูกกำหนดที่ 39 นาที เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์แต่ละสถานีงานของแต่ละรุ่นแสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 เวลาเฉลี่ยในการทำงานของรุ่น A และ รุ่น B ในแต่ละสถานี

สถานีงาน	A (นาที)	B (นาที)
สถานีงานที่ 1	25.55	24.13
สถานีงานที่ 2	21.16	21.39
สถานีงานที่ 3	61.35	62.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

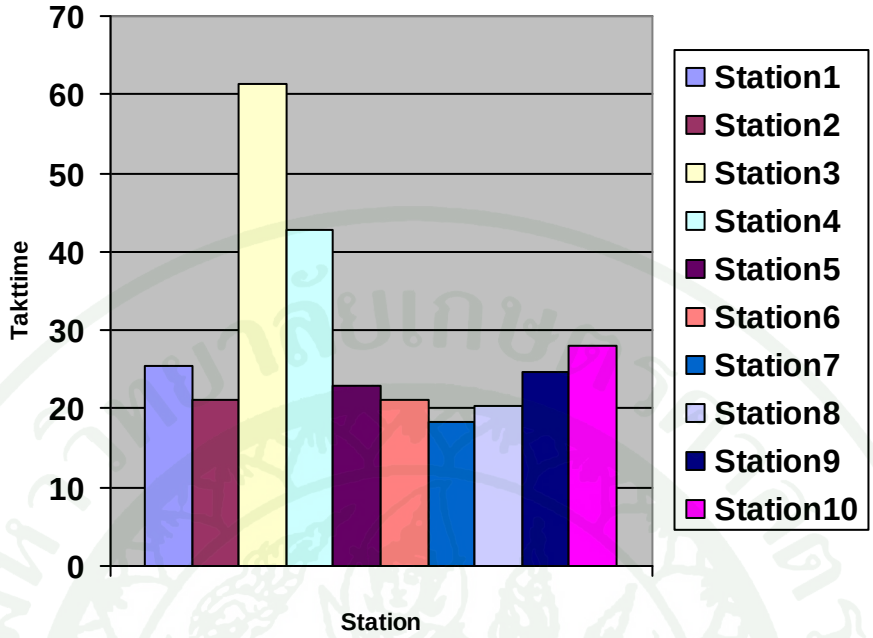
ตารางที่ 2 (ต่อ)

สถานีงาน	A (นาที)	B (นาที)
สถานีงานที่ 4	43.24	50.03
สถานีงานที่ 5	23.17	26.12
สถานีงานที่ 6	21.01	22.16
สถานีงานที่ 7	18.27	15.12
สถานีงานที่ 8	20.37	20.25
สถานีงานที่ 9	24.45	27.53
สถานีงานที่ 10	28.05	31.37

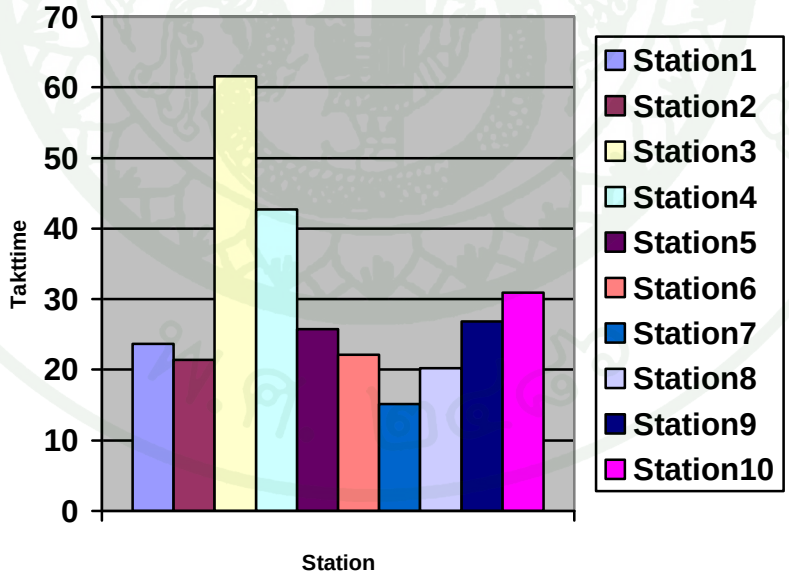
ตารางที่ 3 เวลาเฉลี่ยในการทำงานของรุ่น C ในแต่ละสถานี

สถานีงาน	C (นาที)
สถานีงานที่ 1	60.19
สถานีงานที่ 2	170.51
สถานีงานที่ 3	124.15
สถานีงานที่ 4	102.36
สถานีงานที่ 5	104.38
สถานีงานที่ 6	66.15

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์รุ่น A



ภาพที่ 9 เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์รุ่น B

จากการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานประกอบรถยนต์สรุปได้ว่า กระบวนการประกอบรถยนต์เกิดปัญหาดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การวางแผนการผลิตไม่ได้คำนึงถึงศักยภาพในการผลิตที่มีอยู่ ส่งผลให้การผลิตสินค้าไม่เป็นไปตามแผนการผลิต

2. เกิดจุดคอขวดที่สถานีที่ 3 และสถานีที่ 4 มีการสะสมงาน ระหว่างกระบวนการผลิต (Work in Process) มาก

3. การออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตปัจจุบัน

ก่อนที่จะทำการออกแบบและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จะต้องทำการศึกษากระบวนการผลิตต่างๆที่เกิดขึ้นในโรงงาน เช่น ระบบการผลิต รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ผลผลิตที่ผลิตขึ้น จะได้นำค่าต่างๆมาสร้างเป็นแบบจำลอง

ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลดังกล่าวไปกำหนดเป็นคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆเพื่อใช้ในการทำงานของโปรแกรม เช่น ชื่อของสถานีงาน รุ่นการผลิต กระบวนการผลิต เวลาในการประกอบรถยนต์ การแจกแจงตัวแปรนำเข้าของเวลาในการประกอบรถยนต์ในแต่ละรุ่น แสดงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 การแจกแจงตัวแปรนำเข้าในการประกอบรถยนต์รุ่น A และรุ่น B

สถานีงาน	A	B
สถานีงานที่ 1	19 + 11 * BETA(1.29, 0.876)	17 + 11 * BETA(1.29, 0.844)
สถานีงานที่ 2	16.2 + 8.62 * BETA(1.83, 1.43)	17 + 8 * BETA(1.21, 0.994)
สถานีงานที่ 3	56.2 + 8.84 * BETA(0.87, 0.613)	UNIF(57, 65.9)
สถานีงานที่ 4	39 + 7 * BETA(0.856, 0.702)	UNIF(39, 46)
สถานีงานที่ 5	18 + GAMM(2.26, 2.2)	23 + 7 * BETA(0.597, 0.78)
สถานีงานที่ 6	19.5 + 2.85 * BETA(1.04, 0.976)	20.7 + 2.85 * BETA(1.04, 0.976)
สถานีงานที่ 7	16.3 + 3.29 * BETA(1.22, 0.791)	13.1 + 3.29 * BETA(1.22, 0.791)
สถานีงานที่ 8	18.4 + 3.15 * BETA(1.04, 0.643)	18.3 + 3.15 * BETA(1.04, 0.643)
สถานีงานที่ 9	22.1 + 3.88 * BETA(1.12, 0.548)	24.2 + 4.24 * BETA(1.65, 1.13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

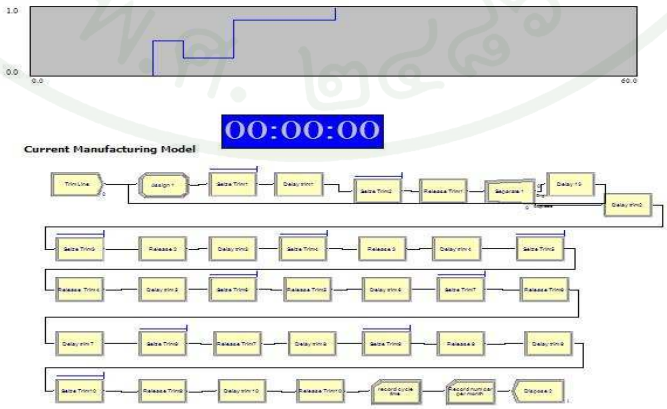
ตารางที่ 4 (ต่อ)

สถานีงาน	A	B
สถานีงานที่ 10	19 + 11 * BETA(1.29, 0.876)	17 + 11 * BETA(1.29, 0.844)

ตารางที่ 5 การแจกแจงตัวแปรนำเข้าในการประกอบรถยนต์รุ่น C

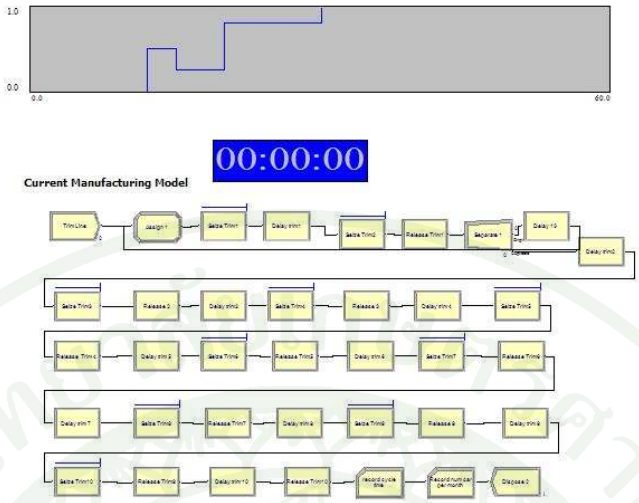
สถานีงาน	C
สถานีงานที่ 1	57 + ERLA(0.672, 4)
สถานีงานที่ 2	167 + 5.82 * BETA(1.13, 0.821)
สถานีงานที่ 3	UNIF(121, 127)
สถานีงานที่ 4	UNIF(98, 106)
สถานีงานที่ 5	99 + 9 * BETA(0.507, 0.407)
สถานีงานที่ 6	64 + WEIB(2.23, 1.11)

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Arena ของกระบวนการประกอบรถยนต์ แบ่งออกเป็น 3 โมดูล คือ (1) เป็นโมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น A (2) เป็นโมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น B (3) เป็นโมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น C แสดงตามภาพที่ 10 ภาพที่ 11 และภาพที่ 12 ตามลำดับ



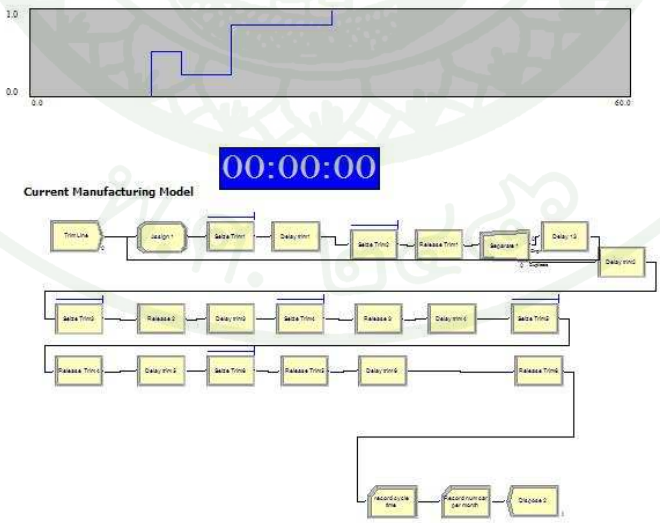
ภาพที่ 10 โมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น A

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 โมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น B

การประกอบสินค้ารุ่น A และ รุ่น B ประกอบขึ้นในสายการประกอบเดียวกันโดยจะมีทั้งหมด 10 สถานีงาน การทำงานเป็นแบบใช้แรงงานคนในการประกอบการผลิต ในแต่ละสถานีงานรอบเวลาในการทำงาน 39 นาที การเคลื่อนที่โครงรถจากสถานีหนึ่งไปสถานีหนึ่งใช้เวลา 1 นาที



ภาพที่ 12 โมดูลการประกอบรถยนต์รุ่น C

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประกอบสินค้ารุ่น C ประกอบขึ้นในสายการประกอบเดียวกันโดยจะมีทั้งหมด 6 สถานีงาน การทำงานเป็นแบบใช้แรงงานคนในการประกอบการผลิต ในแต่ละสถานีงานเวลาในการทำงานขึ้นอยู่กับแต่ละขั้นตอนเพราะเป็นการประกอบแบบไม่มีแบบแผนใช้ความชำนาญของตัวบุคคล และการเคลื่อนที่โครงรถจากสถานีหนึ่งไปอีกสถานีหนึ่งใช้เวลา 1 นาที

4. การจำลองสถานการณ์กระบวนการประกอบ

เมื่อดำเนินการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยการกำหนดเงื่อนไขตามเวลาในการประกอบรถยนต์ และตามข้อจำกัดอื่นๆเพื่อให้ระบบการจำลองเหมือนระบบงานจริงมากที่สุดโดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

4.1 สมมติฐานการจำลองสถานการณ์

1. ระยะเวลาในการจำลองสถานการณ์การประกอบรถยนต์ 1 ปีวันในวันทำการปกติตามตาราง

2. จำลองสถานการณ์การประกอบรถยนต์เฉพาะการตกแต่งภายนอก

3. ทราบข้อมูลเข้า (Input) ซึ่งได้แก่ ระยะเวลาในการผลิต (Takt Time) และวิธีการประกอบ

4. ชิ้นส่วนสำหรับการประกอบไม่มีการขาดแคลนและมารอพร้อมประกอบเสมอ

5. พิจารณาว่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการประกอบไม่มีการเสียระหว่างการดำเนินงาน

6. ในแต่ละสถานีงานสามารถทำงานได้หลายงาน แต่เวลารวมของการทำงานในสถานีงานนั้นๆต้องไม่เกินระยะรอบเวลาโมโนเรลคือ 39 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2551 ถึง เดือนธันวาคม 2551 ในช่วงเวลาทำการจันทร์- ศุกร์ คือ 08.00-18.00 น. ในหนึ่งวันใช้เวลาในการทำงาน 9 ชั่วโมง

8. กำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

9. หน่วยการจำลองสถานการณ์กำหนดเป็นนาที

10. ลำดับเอ็นทิตี้ใช้กฎการมาถึงก่อนให้บริการก่อน (First In – First Out)

4.2 ช่วงเวลาการแกว่งของข้อมูล (Warm-up Period)

ระบบที่มีการสิ้นสุด (Terminating System) เป็นระบบที่มีการสิ้นสุดการรันที่แน่นอนด้วยเงื่อนไขที่กำหนด หรือด้วยเวลาที่กำหนด ระบบนี้จะไม่มีช่วงเวลาการแกว่งของข้อมูล (Warm-up Period เท่ากับศูนย์) และสามารถทำซ้ำการรันแบบจำลองได้มากกว่าหนึ่งครั้ง เพื่อความถูกต้อง และแม่นยำของผลลัพธ์ โดยความยาวของแต่ละรอบทำซ้ำขึ้นกับเวลาที่ระบบทำงาน (รุ่งรัตน์, 2551)

เนื่องจากระบบการทำงานในโรงงานตัวอย่างมีลักษณะการการทำงานที่มีระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดที่แน่นอน คือ จะเริ่มให้บริการลูกค้าตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. จึงทำให้แบบจำลองที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนี้เป็นระบบที่มีการสิ้นสุด ดังนั้นจึงไม่มีช่วงเวลาการแกว่งของข้อมูล

4.3 กำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำ (Replication) ของแบบจำลอง

การจำลองสถานการณ์ทดลอง (Pilot Run) ด้วยระยะเวลา 365 วันและกำหนดจำนวนการทดลองการทำซ้ำ 20 ครั้ง พิจารณาปริมาณผลผลิต (Through) และเวลาในการประกอบรถยนต์ โดยนำผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ในแต่ละครั้งมาเทียบกับระบบงานจริงและกำหนดความคลาดเคลื่อน (Error) ใช้เวลาเป็นดัชนีชี้วัดความคาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 วินาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนรอบการทำซ้ำสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$R = \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2},R_0-1} S_0}{\varepsilon} \right)^2 \qquad \text{---------- (1)}$$

โดยที่ R คือ จำนวนรอบการทำซ้ำที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าไม่เกิน ε

S_0 คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้

ซึ่งค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่นำไปแทนค่าลงในสมการ (1) นี้สามารถคำนวนได้จากสูตร

$$S_0 = \left(\frac{H.W. \times \sqrt{R_0}}{t_{\frac{\alpha}{2},R_0-1}} \right) \qquad \text{---------- (2)}$$

โดยที่ S_0 คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

H.W. คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดลองสุ่มตัวอย่างคร่าวๆ

R_0 คือ จำนวนรอบการทำซ้ำที่ทำการทดลองมาอย่างคร่าวๆ

จากการทำรอบทำซ้ำเบื้องต้น ใช้จำนวนรอบทำซ้ำเบื้องต้นเท่ากับ 20 รอบ โดยใช้เวลาในการประกอบรถยนต์เฉลี่ยและผลผลิตเป็นดัชนีชี้วัดผลแสดงดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6 การคำนวณรอบการทำซ้ำเบื้องต้น โดยใช้เวลาเป็นดัชนีชี้วัดในรุ่น A

สถานีงาน	เวลาในการประกอบ (นาที)
สถานีงานที่ 1	25.44
สถานีงานที่ 2	21.07
สถานีงานที่ 3	61.34
สถานีงานที่ 4	42.82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สถานีงาน	เวลาในการประกอบ (นาที)
สถานีงานที่ 5	22.97
สถานีงานที่ 6	20.96
สถานีงานที่ 7	18.12
สถานีงานที่ 8	20.32
สถานีงานที่ 9	24.66
สถานีงานที่ 10	28.56

ตารางที่ 7 การคำนวณรอบการทำซ้ำเบื้องต้น โดยใช้เวลาเป็นดัชนีชี้วัดในรุ่น B

สถานีงาน	เวลาในการประกอบ (นาที)
สถานีงานที่ 1	23.5375
สถานีงานที่ 2	21.503
สถานีงานที่ 3	61.448
สถานีงานที่ 4	42.485
สถานีงานที่ 5	26.0525
สถานีงานที่ 6	22.161
สถานีงานที่ 7	15.071
สถานีงานที่ 8	20.22
สถานีงานที่ 9	26.7305
สถานีงานที่ 10	30.9075

ตารางที่ 8 การคำนวณรอบการทำซ้ำเบื้องต้น โดยใช้เวลาเป็นดัชนีชี้วัดในรุ่น C

สถานีงาน	เวลาในการประกอบ (นาที)
สถานีงานที่ 1	59.684
สถานีงานที่ 2	170.344
สถานีงานที่ 3	124.008

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สถานีงาน	เวลาในการประกอบ (นาที)
สถานีงานที่ 4	102.0055
สถานีงานที่ 5	103.931
สถานีงานที่ 6	66.1375

ตารางที่ 9 การคำนวณรอบการทำซ้ำเบื้องต้น โดยใช้วลาเป็นดัชนีชี้วัด

รุ่น	เวลาในการประกอบรถยนต์ใน 1 สถานีงาน (นาที)	Half Width ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
A	35.24	0.03
B	35.44	0.01
C	120.49	0.01

จากนั้น นำค่า Half Width ที่ได้ไปคำนวณหารอบการทำซ้ำที่เหมาะสม โดยแทนค่าในสมการ (1) เนื่องจากจำนวนรอบทำซ้ำใหม่ที่คำนวนได้ ดังแสดงในตารางที่ 10 มีจำนวนรอบทำซ้ำสูงสุดเพียง 8 รอบ ดังนั้นจำนวนรอบทำซ้ำเริ่มต้น 20 รอบ ก็เพียงพอที่จะทำให้ ค่า Half Width ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ไม่เกินค่า ε

ตารางที่ 10 การคำนวณรอบการทำซ้ำที่ใช้ในการทำแบบจำลอง โดยใช้เวลาเฉลี่ยเป็นดัชนีชี้วัด

รุ่น	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (%)	จำนวนรอบทำซ้ำ (รอบ)
A	0.067	7.86
B	0.057	5.69
C	0.017	0.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4 การตรวจสอบความถูกต้อง (Model Validation)

ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสามารถทดสอบได้จากการใช้วิธีเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างระบบการทำงานจริงกับแบบจำลอง ข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบได้แก่ จำนวนรถยนต์ที่ผลิตได้และเวลาในการผลิตรถยนต์ในแต่ละรุ่น แสดงดังตาราง จากข้อมูลค่าเฉลี่ยของปริมาณรถยนต์ที่ผลิตได้ นำมาคำนวณค่าความคาดเคลื่อน เพื่อนำมาใช้คำนวณช่วงความเชื่อมั่นของปริมาณผลผลิตของระบบจำลองว่าอยู่ในช่วงเดียวกับผลผลิตของระบบงานจริงหรือไม่

การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมเป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา (Banks *et al*., 2005) ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมด้วยวิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์และข้อมูลจากระบบจริง โดยใช้วิธี Two Sample T-test (Banks *et al*., 2005) พบว่า ผลผลิตจากแบบจำลองสถานการณ์ใกล้เคียงกับค่าจริง ด้วยระดับความเชื่อมั่น 95%

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : ค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานระบบจริงกับระบบจำลองไม่มีความแตกต่าง

H_1 : ค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานระบบจริงกับระบบจำลองมีความแตกต่าง

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบสมมติฐานการตรวจสอบความถูกต้องของเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงาน ระหว่างระบบจริงกับรอบทำซ้ำ

รุ่น	ค่าเฉลี่ย (นาที)		Standart Deviation (นาที)		T-Value	P-Value
	ระบบจริง	ระบบจำลอง	ระบบจริง	ระบบจำลอง		
A	28.62	28.56	1.69	0.067	0.1	0.904
B	29.07	29	1.62	0.057	0.13	0.896
C	104.45	104.34	0.835	0.017	0.39	0.707

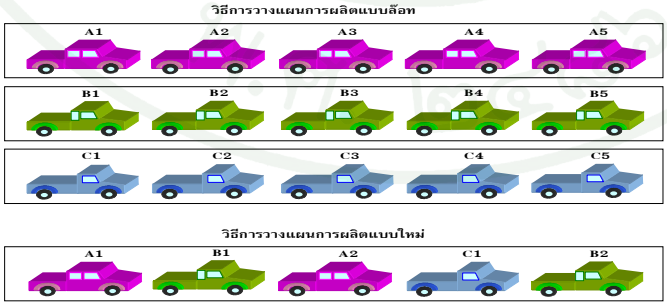
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 11 ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่า P-Value ทดสอบค่าเฉลี่ยเวลาในการประกอบรถยนต์แต่ละสถานีระบบจริงกับระบบจำลองมีความแตกต่างกันหรือไม่ กำหนดให้มีระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม Minitab 10 เวลาในการประกอบแต่ละสถานีของระบบจำลองกับระบบจริงไม่มีความแตกต่างกัน โดยค่า P-Value มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ ทุกๆรุ่นในการประกอบรถยนต์ดังตารางหรือพิจารณาจากค่า t-stat จากผลลัพธ์สรุปได้ว่าตัวอย่างรุ่น C เท่ากับ 0.39 ซึ่งอยู่ในช่วง -3.184 ถึง 3.184 จึงสรุปได้ว่าการทดสอบนี้ยอมรับสมมติฐานหลัก นั้นคือเวลาในการประกอบรถยนต์ในทุกรุ่นการผลิตผลการทดสอบสมมติฐานหลักยอมรับสมมติฐานหลักเดียวกัน นั้นคือระบบจำลองและระบบจริงไม่มีความแตกต่าง

5. การออกแบบจำลองสถานการณ์ระบบปรับปรุงการผลิต

จุดมุ่งหมายของการปรับปรุง คือ การรวมทุกสายการผลิตให้อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน และทำการเพิ่มผลผลิตขึ้น จากแผนการผลิตจริง การปรับปรุงการผลิตนั้นทำได้ดยการสังเกตุกระบวนการที่เป็นคอขวดเป็นหลัก

สายการผลิตแบบเก่าเป็นการผลิตแบบชุด แต่สายการประกอบใหม่ที่ต้องการเป็นสายการผลิตเป็นสายการผลิตแบบผสม ในอุตสาหกรรมรถยนต์ต่างๆได้มีการนำแนวคิดการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้เพื่อผลิตสินค้าให้มีคุณภาพดีที่สุด โดยใช้ต้นทุนการผลิตต่ำสุด และใช้เวลาการผลิตสั้นที่สุด ในการศึกษานี้จึงนำแนวคิดการผลิตแบบลีนมาใช้ในการปรับปรุงสายการประกอบ



ภาพที่ 13 การผลิตแบบผสมรุ่น

ที่มา: วัลลภ (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบปรับปรุง

เมื่อสรุปได้ว่าแบบจำลองสามารถใช้แทนระบบทำงานจริงได้และจากระบบปัจจุบันแสดงให้เห็นถึงการเกิดสูญเสียในจุดที่เป็นคอขวด ทำให้เกิดงานกองหน้าแต่ละสถานีงาน ดังนั้นจึงทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบปรับปรุง ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากการศึกษาทำให้ทราบว่ารุ่น A และรุ่น B มีจุดคอขวดที่สถานีที่ 3 และ 4 จากจุดคอขวดในสถานีงานที่ 3 และ 4 ของรุ่น A และ รุ่น B จึงทำแก้ไขโดยการเพิ่มสถานีงาน เพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนสายการผลิตให้ทุกสายการผลิตรวมเป็นสายการผลิตเดียว โดยแบบจำลองสถานการณ์ที่ปรับปรุงแล้วจะแบ่งเป็น 2 แบบคือ

1. แบบจำลองสถานการณ์โดยให้ทั้ง 3 รุ่นผลิตในสายการประกอบเดียวกันมี 10 สถานีงาน เวลาเฉลี่ยในการทำงานแต่ละสถานีแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เวลาที่เฉลี่ยใช้ในการประกอบรถยนต์แต่ละรุ่น 10 สถานี

สถานีงาน	เวลาที่เฉลี่ยใช้ในการประกอบรถยนต์ (นาที)		
	A	**B**	**C**
สถานีงานที่ 1	25.55	24.13	27.34
สถานีงานที่ 2	21.16	21.39	23.17
สถานีงานที่ 3	61.35	62.01	64.44
สถานีงานที่ 4	43.24	50.03	44.23
สถานีงานที่ 5	23.17	26.12	28.27
สถานีงานที่ 6	21.01	22.16	26.39
สถานีงานที่ 7	18.27	15.12	22.55
สถานีงานที่ 8	20.37	20.25	27.39
สถานีงานที่ 9	24.45	27.53	28.24

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

สถานีงาน	เวลาที่เฉลี่ยใช้ในการประกอบรถยนต์ (นาที)		
	A	**B**	**C**
สถานีงานที่ 10	28.05	31.37	36.18

2. แบบจำลองสถานการณ์โดยให้ทั้ง 3 รุ่นผลิตในสายการประกอบเดียวกันมี 11 สถานีงานเวลาเฉลี่ยในการทำงานแต่ละสถานีแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เวลาที่เฉลี่ยใช้ในการประกอบรถยนต์แต่ละรุ่น 11 สถานี

สถานีงาน	เวลาที่เฉลี่ยใช้ในการประกอบรถยนต์ (นาที)		
	A	**B**	**C**
สถานีงานที่1	25.55	24.13	27.34
สถานีงานที่2	21.16	21.39	23.17
สถานีงานที่3	35.98	34.73	34.76
สถานีงานที่4	35.98	34.73	34.76
สถานีงานใหม่	35.98	34.73	34.76
สถานีงานที่ 5	23.17	26.12	28.27
สถานีงานที่ 6	21.01	22.16	26.39
สถานีงานที่ 7	18.27	15.12	22.55
สถานีงานที่ 8	20.37	20.25	27.39
สถานีงานที่ 9	24.45	27.53	28.24
สถานีงานที่ 10	28.05	31.37	36.18

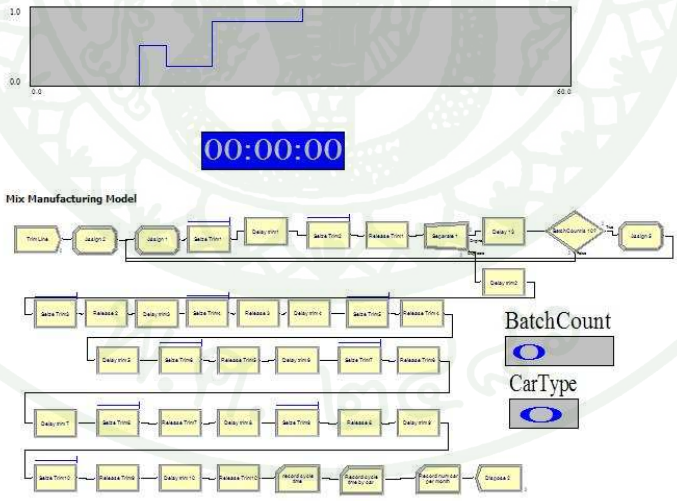
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สายการผลิตแบบผสมเป็นสายการผลิตที่ผลิตภัณฑ์สินค้าตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป โดยสินค้าต่างชนิดกันจะถูกผลิตขึ้นพร้อมๆกันในสายการผลิต การปรับเรียบการผลิตคือ เปรียบเทียบสัดส่วนของอัตราการผลิตที่ต้องการของผลผลิตทั้งสามชนิด ตารางที่ 14 เป็นการแสดงสัดส่วนในการประกอบรถยนต์ โดยเป็นการปรับเรียบการผลิตให้เป็นการผลิตแบบผสม

ตารางที่ 14 สัดส่วนการผลิตของสายการประกอบใหม่

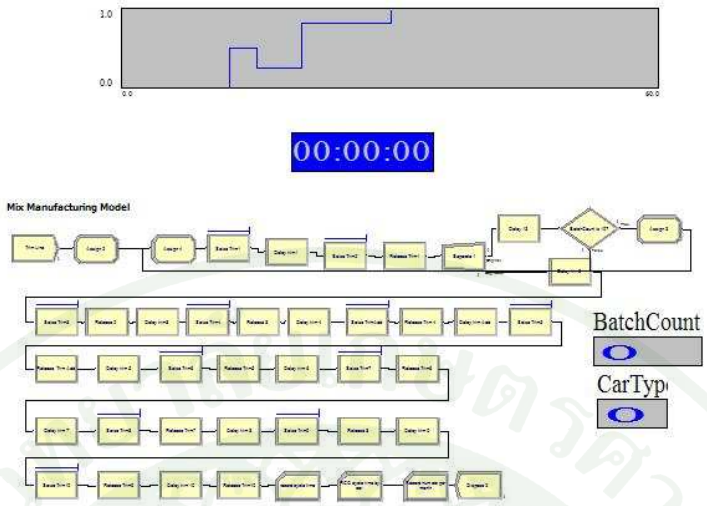
รุ่น	แผนการผลิต (คัน/ปี)	ผลิตจริง (คัน/ปี)	สัดส่วน
A	1499	1151	4
B	1726	1334	4.8
C	437	311	1.2

หลังจากที่ได้สัดส่วนในการรวมสายการประกอบให้เกิดการผลิตในสายเดียวกันแล้วภาพที่ 14 และภาพที่ 15 แสดงแบบจำลองสถานการณ์การประกอบรถยนต์ในอนาคต



ภาพที่ 14 แบบจำลองสถานการณ์ในอนาคตสายการผลิตเดียวผลิตหลายผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 แบบจำลองสถานการณ์ในอนาคตสายการผลิตเดียวผลิตหลายผลิตภัณฑ์ (2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ผลการจำลองแบบสายการประกอบรถยนต์ในปัจจุบันด้วยโปรแกรม Arena®

จากแบบจำลองสถานการณ์ สำหรับรูปแบบการให้บริการปัจจุบัน พบว่าผลผลิตและเวลาที่มาจากการประกอบรถยนต์ในแต่ละรุ่น มีค่านัยสำคัญ 95% คือ รุ่น A 1061 ± 0.54 คัน แต่ละสถานีใช้เวลาเฉลี่ย 35.24 ± 0.01 นาที รุ่น B 1147 ± 0.69 คัน แต่ละสถานีใช้เวลาเฉลี่ย 35.44 ± 0.01 นาที และรุ่น C 479 ± 0.19 คัน แต่ละสถานีใช้เวลาเฉลี่ย 120.49 ± 0.01 นาที ดังแสดงในตาราง 13 และตารางที่ 15 เป็นการแสดงถึงการรอคอยชิ้นงานในแต่ละสถานีงาน

ตารางที่ 15 ผลผลิตของการประกอบรถยนต์ในระบบปัจจุบัน (จากการจำลอง)

ตัวชี้วัด	รุ่น A		รุ่น B		รุ่น C	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น
ปริมาณผลผลิต (คัน)	1061	0.54	1147	0.69	479	0.19
เวลาเฉลี่ยในการประกอบ (นาที)	35.24	0.03	35.44	0.01	120.49	0.01

2. ผลการจำลองการปรับปรุงสายการประกอบรถยนต์ในอนาคตด้วยโปรแกรมอารีนา

แนวทางที่ 1 ปรับปรุงแบบจำลองสถานการณ์โดย เพิ่มสถานีงานในรุ่น C ให้มี 10 สถานีงาน ส่วนในรุ่น A และรุ่น B มี 10 สถานีงานเหมือนเดิม

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการขยายสถานีงานของการผลิตรุ่น C จาก 6 สถานีให้เป็น 10 สถานีเพื่อให้มีสถานีงานเท่ากับการผลิตรุ่น A และรุ่น B และทำการผลิตบนสายการผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดียวกัน ทำให้ผลผลิตที่ได้ในรุ่น A เป็น 1246.95 ± 1.90 คันต่อปี และเวลาเฉลี่ยในการประกอบรุ่น A แต่ละสถานีงานเป็น 35.42 นาทีต่อหนึ่งสถานีงาน รุ่น B มีจำนวนผลผลิต เป็น 1553.03± 1.97 คันต่อปี เวลาเฉลี่ยในการประกอบรุ่น B แต่ละสถานีงานเป็น 36.32 นาทีต่อหนึ่งสถานีงาน รุ่น C มีจำนวนผลผลิต เป็น 310.86 ± 1.35 คันต่อปี เวลาเฉลี่ยในการประกอบรุ่น C แต่ละสถานีงานเป็น 38.25 นาทีต่อหนึ่งสถานีงาน แสดงให้เห็นว่าหลังการปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์แต่ละสถานีของรุ่น A รุ่น B และรุ่น C นั้นไม่เกิน 39 นาที ตามแนวทางนี้ผลผลิตในทุกรุ่นเพิ่มขึ้นทุกรุ่น ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลผลิตและเวลาของการประกอบรถยนต์แนวทางที่ 1

ตัวชี้วัด	รุ่น A		รุ่น B		รุ่น C	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น
ปริมาณผลผลิต (คัน)	1246.95	1.90	1553.03	1.97	310.86	1.35
เวลาเฉลี่ยในการประกอบ (นาที)	35.42	0.01	36.38	0.01	38.25	0.01

แนวทางที่ 2 ปรับปรุงแบบจำลองสถานการณ์โดยให้ทั้ง 3 รุ่นผลิตในสายการประกอบเดียวกันมี 11 สถานีงาน

แนวทางในการปรับปรุงการผลิตนี้เป็นแนวทางการเพิ่มสถานีงานในการประกอบรถยนต์ โดยที่เวลาในการประกอบของแต่ละสถานีนั้นจะใช้ข้อมูลเดิม มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดจำนวนคอขวดที่เกิดในสถานีที่ 3 และสถานีที่ 4 และทำการปรับปรุงเพื่อให้เวลาในการประกอบของแต่ละสถานีลดลงจึงทำให้มีผลผลิตมากขึ้น

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการขยายสถานีงานของการผลิตรุ่น C จาก 6 สถานีให้เป็น 10 สถานีเพื่อให้มีสถานีงานเท่ากับการผลิตรุ่น A และรุ่น B และทำการผลิตบนสายการผลิตเดียวกัน ทำให้ผลผลิตที่ได้ในรุ่น A เป็น 1245.09± 1.80 คันต่อปี และเวลาเฉลี่ยในการประกอบรุ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

A แต่ละสถานีงานเป็น 29.01 นาทีต่อหนึ่งสถานีงาน รุ่น B มีจำนวนผลผลิต เป็น 1555.85± 1.87 คันต่อปี เวลาเฉลี่ยในการประกอบรุ่น B แต่ละสถานีงานเป็น 27.81 นาทีต่อหนึ่งสถานีงาน รุ่น C มีจำนวนผลผลิต เป็น 311.06 ± 1.22 คันต่อปี เวลาเฉลี่ยในการประกอบรุ่น C แต่ละสถานีงานเป็น 30 นาทีต่อหนึ่งสถานีงาน แสดงให้เห็นว่าหลังการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์ของรุ่น A รุ่น Bและรุ่น C ลดลง โดยปกติแต่ละสถานีใช้เวลาในการประกอบไม่เกิน 39 นาทีต่อหนึ่งสถานี แต่ในแนวทางที่ 2 นี้เวลาในการประกอบรถยนต์เฉลี่ยน้อยกว่า 39 นาทีต่อหนึ่งสถานี โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการประกอบต่อหนึ่งสถานีงานมากที่สุด 31 นาทีตามแนวทางนี้ผลผลิตในทุกรุ่นเพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่ 17

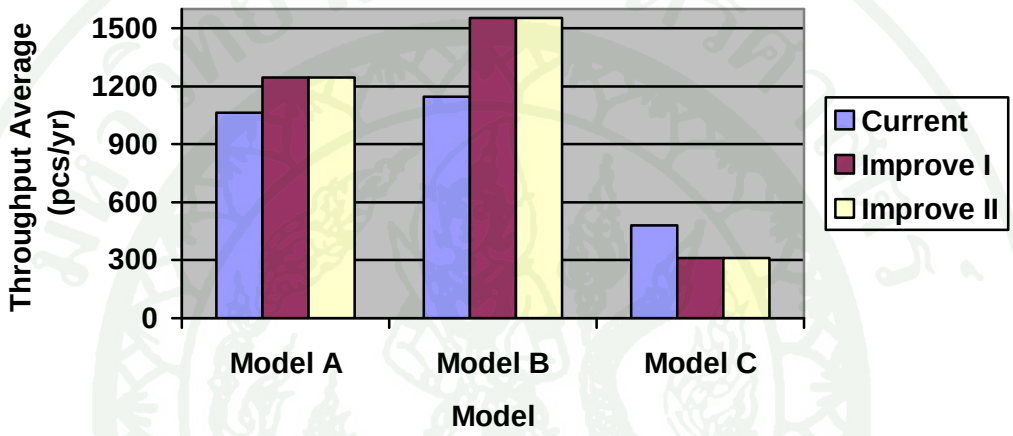
ตารางที่ 17 ผลผลิตและเวลาของการประกอบรถยนต์แนวทางที่ 2

ตัวชี้วัด	รุ่น A		รุ่น B		รุ่น C	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น
ปริมาณผลผลิต(คัน)	1245.09	1.80	1555.85	1.87	311.06	1.22
เวลาเฉลี่ยในการประกอบ (นาที)	29.01	0.01	27.81	0.01	30	0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

ทำการเปรียบเทียบผลในงานวิจัยนี้ใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบัน และระบบปรับปรุง ตามที่ได้สรุปผลการจำลองสถานการณ์ข้างต้น เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบ ดังนี้



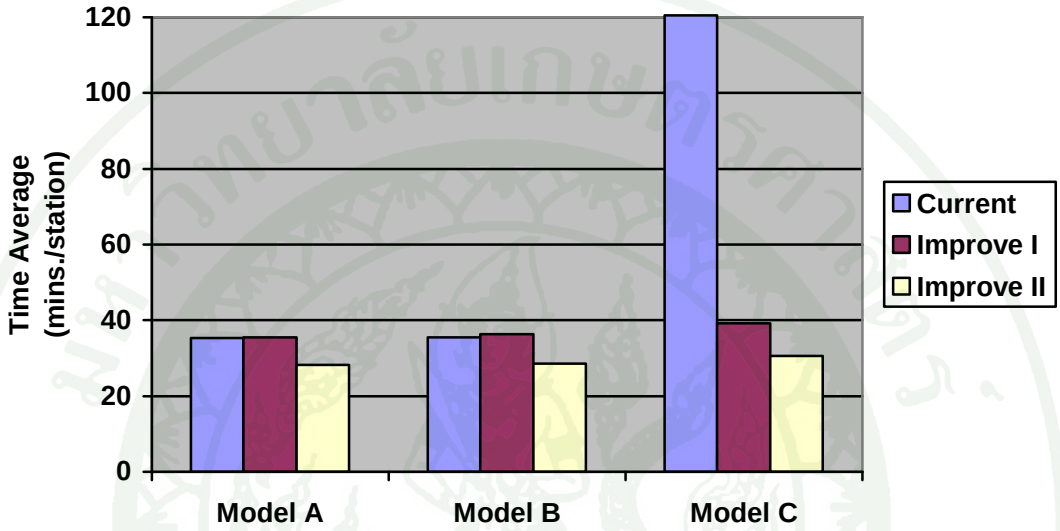
ภาพที่ 16 กราฟเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบัน กับระบบปรับปรุงทั้ง 2 แนวทาง

จากภาพ เมื่อทำการเปรียบเทียบแบบจำลองระบบปัจจุบันกับระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยของรุ่น A มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 19.16% รุ่น B มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 27.55 % และรุ่น C มีผลผลิตลดลง 22.33 % รุ่น C ถึงจะมีผลผลิตลดลงจากแบบจำลองแต่เมื่อเปรียบเทียบกับแผนการผลิตจริงก็ยังเพียงพอต่อความต้องการ สรุปได้ว่าการปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 สามารถประกอบรถยนต์เพียงพอต่อความต้องการ

การเปรียบเทียบแบบจำลองระบบปัจจุบันกับระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยของรุ่น A มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 20.05 % รุ่น B มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 27.37 % และรุ่น C มีผลผลิตลดลง 21.92 % รุ่น C ถึงจะมีผลผลิตลดลงจากแบบจำลองแต่เมื่อเปรียบเทียบกับแผนการผลิตจริงก็ยังเพียงพอต่อความต้องการ สรุปได้ว่าการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 สามารถประกอบรถยนต์เพียงพอต่อความต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จึงสามารถสรุปได้ว่าผลการประกอบรถยนต์ในระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 เพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบัน (ตามแบบจำลอง) เป็น 8.12% และในระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 ผลการประกอบรถยนต์เพิ่มขึ้นจากระบบปัจจุบัน (ตามแบบจำลอง) เป็น 8.50 %



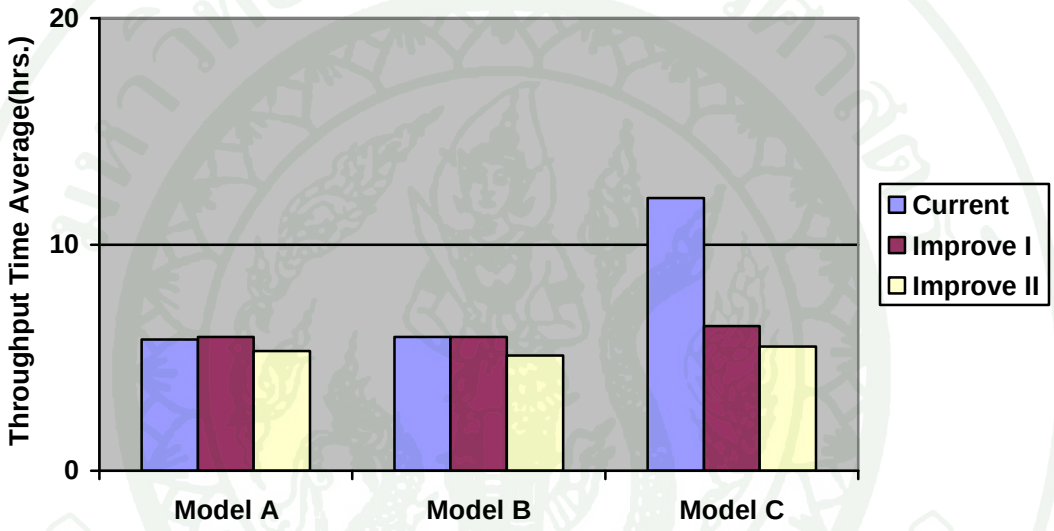
ภาพที่ 17 กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในกระบวนการประกอบต่อ 1 สถานีงาน ระหว่างจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบัน กับระบบปรับปรุงทั้ง 2 แนวทาง

เวลาเฉลี่ยในการประกอบเป็นเวลาที่ชิ้นงานใช้เวลาในการประกอบรถยนต์ตั้งแต่การนำโครงรถยนต์เข้ามาประกอบจนกระทั้งเสร็จการประกอบต่อ1 สถานีงาน ซึ่งผลการเปรียบเทียบเวลาในกระบวนการเฉลี่ยระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบปรับปรุงแนวทางที่ 1 มีความแตกต่างทุกรุ่นการประกอบ โดยรุ่น A มีเวลาในการประกอบต่อ 1 สถานีงานเฉลี่ยมากกว่าระบบปัจจุบัน 0.51 % รุ่น B มีเวลาในการประกอบต่อ 1 สถานีงานเฉลี่ยมากกว่าระบบปัจจุบัน 3.85 % และในรุ่น C มีเวลาในการประกอบต่อ 1 สถานีงานเฉลี่ยน้อยกว่าในระบบปัจจุบัน 67.39 % ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เวลากระบวนการลดลงเนื่องจาก ในรุ่น C มีการขยายสถานีจาก 6 สถานีเป็น 10 สถานี จึงเกิดการกระจายเวลาและทำให้เวลาในสถานีงานของรุ่น C ลดลง

เวลาเฉลี่ยในการประกอบเป็นเวลาที่ชิ้นงานใช้เวลาในการประกอบรถยนต์ตั้งแต่การนำโครงรถยนต์เข้ามาประกอบจนกระทั้งเสร็จการประกอบต่อ1 สถานีงาน ซึ่งผลการเปรียบเทียบเวลาในกระบวนการเฉลี่ยระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบปรับปรุงแนวทางที่ 2 มีความแตกต่างทุกรุ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประกอบโดยรุ่น A มีเวลาในในการประกอบต่อ 1 สถานีงานเฉลี่ยน้อยกว่าระบบปัจจุบัน 20.03 % รุ่น B มีเวลาในการประกอบต่อ 1 สถานีงานเฉลี่ยน้อยกว่าระบบปัจจุบัน 18.41% และในรุ่น C มีเวลาในการประกอบต่อ 1 สถานีงานเฉลี่ยน้อยกว่าระบบปัจจุบัน 74.23 % ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เวลากระบวนการลดลงเนื่องจากในระบบปรับปรุงแนวทางที่ 2 มาจากในรุ่น C มีการขยายสถานีจาก 6 สถานีเป็น 10 สถานี และการเพิ่มสถานีงานเข้าไป 1 สถานีในทุกรุ่นการประกอบ จึงมีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์ลดลง

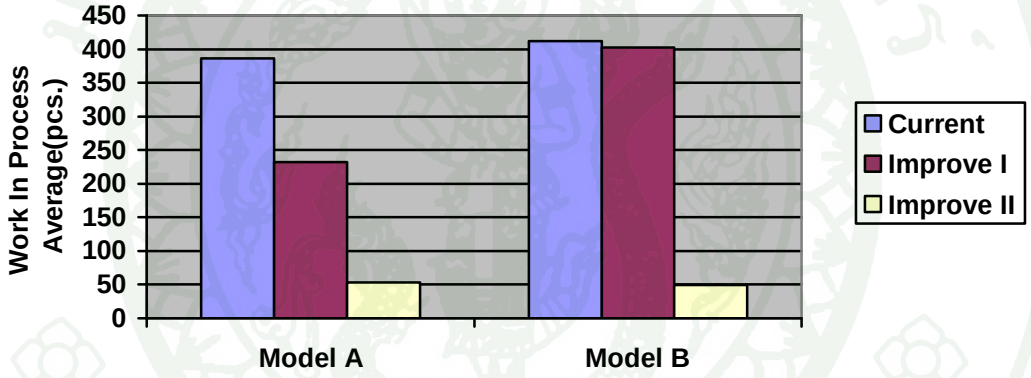


ภาพที่ 18 กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในกระบวนการประกอบจนกระทั้งประกอบเสร็จต่อ1 คัน ระหว่างการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบันกับระบบปรับปรุงทั้ง 2 แนวทาง

จากภาพที่ 18 เวลาเฉลี่ยในการประกอบเป็นเวลาที่ชิ้นงานใช้เวลาในการประกอบรถยนต์ตั้งแต่การนำโครงรถยนต์เข้ามาประกอบจนกระทั้งเสร็จการประกอบต่อ1 คัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบเวลาในกระบวนการเฉลี่ยระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบปรับปรุงแนวทางที่ 1 มีความแตกต่างน้อยมากในทุกรุ่นการประกอบโดยรุ่น Aและรุ่น B มีเวลาเฉลี่ยในการประกอบต่อ 1 คัน ใกล้เคียงระบบปัจจุบัน ส่วนในรุ่น C มีเวลาเฉลี่ยในการประกอบต่อ 1 คันน้อยกว่าระบบปัจจุบัน 53 % ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เวลาเฉลี่ยกระบวนการลดลงเนื่องจากในระบบปรับปรุงแนวทางที่ 1 ในรุ่น C มีการขยายสถานีจาก 6 สถานีเป็น 10 สถานี และการเพิ่มสถานีงานเข้าไป 1 สถานีในทุกรุ่นการประกอบ จึงมีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์ลดลง

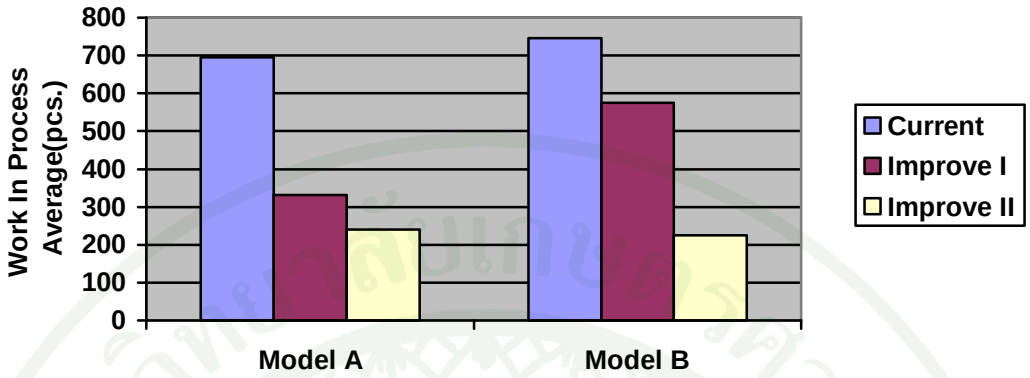
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เวลาเฉลี่ยในการประกอบเป็นเวลาที่ชิ้นงานใช้เวลาในการประกอบรถยนต์ตั้งแต่การนำโครงรถยนต์เข้ามาประกอบจนกระทั้งเสร็จการประกอบต่อ1 คัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบเวลาในกระบวนการเฉลี่ยระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบปรับปรุงแนวทางที่ 2 มีความแตกต่างทุกรุ่นการประกอบโดยรุ่น A มีเวลาเฉลี่ยในการประกอบต่อ 1 คันน้อยกว่าระบบปัจจุบัน 11 % รุ่น B มีเวลาเวลาเฉลี่ยในการประกอบต่อ 1 คันน้อยกว่าระบบปัจจุบัน 12% และในรุ่น C มีเวลาเฉลี่ยในการประกอบต่อ 1 คันน้อยกว่าระบบปัจจุบัน 53 % ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เวลากระบวนการลดลงเนื่องจากในระบบปรับปรุงแนวทางที่ 2 มาจากในรุ่น C มีการขยายสถานีจาก 6 สถานีเป็น 10 สถานี และการเพิ่มสถานีงานเข้าไป 1 สถานีในทุกรุ่นการประกอบ จึงมีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์ลดลง



ภาพที่ 19 กราฟเปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 3 จากการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบันกับระบบที่ปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 กราฟเปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 4 จากการจำลองสถานการณ์ระบบปัจจุบันกับระบบที่ปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2

จากภาพที่ 19 และภาพที่ 20 ปริมาณงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 3 ระหว่างระบบปัจจุบันเทียบกับระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 จะเห็นได้ว่างานกองรอระบบปรับปรุงมีปริมาณลดลง ในทำนองเดียวกัน ปริมาณงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 4 ระหว่างระบบปัจจุบันเทียบกับระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 มีงานกองรอในปริมาณที่ลดลง แสดงดังภาพที่ 20

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การจำลองสถานการณ์ในการประกอบรถยนต์จัดทำขึ้นเพื่อช่วยประหยัดเวลาในการวิเคราะห์และประเมินผลจากการปรับปรุงกระบวนการ การจำลองสถานการณ์ทำได้โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการผลิตจริงและนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามขอบเขตที่กำหนดไว้ เมื่อสร้างแบบจำลองระบบปัจจุบันจากข้อมูลในขั้นตอนต่อมาเป็นการวิเคราะห์กระบวนการเพื่อทำการปรับปรุง จากการการวิเคราะห์ดำเนินการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการผลิตแบบผสมรุ่นเพื่อการผลิตงานด้วยลอตขนาดเล็กๆทำให้ผลผลิตเพิ่ม ในระบบการผลิตแบบเดิมมีปริมาณผลลผิตเมื่อเทียบกับแผนการผลิตเป็น 74.95 % และในระบบตามแนวทางที่ 1 และ แนวทางที่ 2 แสดงดังตาราง

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบปริมาณผลผลิต (เมื่อเทียบกับแผนการผลิต) ระหว่างแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2

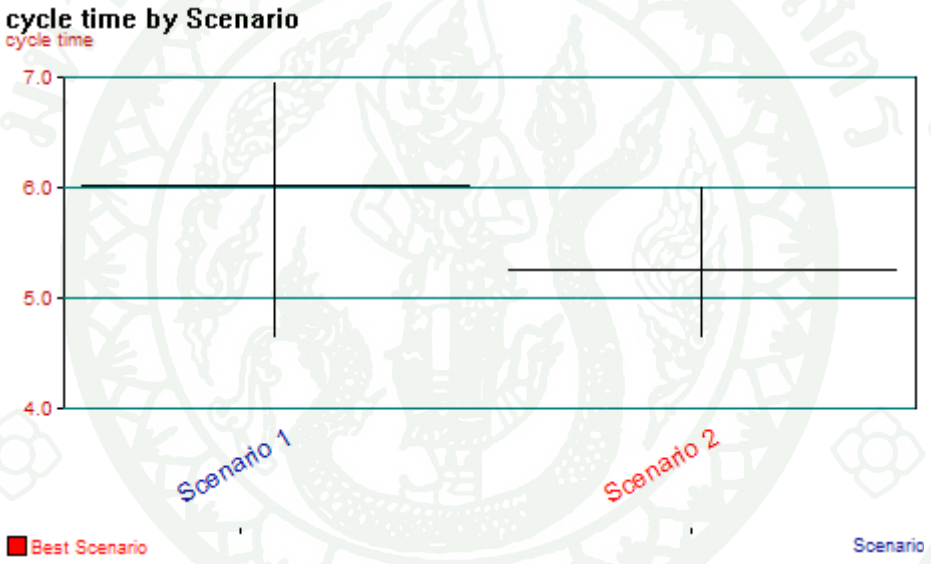
ระบบ	ปริมาณผลผลิต(เทียบกับแผนการผลิต)	ผลผลิตเพิ่มขึ้น
การปรับปรุงตามแนวทางที่ 1	83.07%	8.12%
การปรับปรุงตามแนวทางที่ 2	83.45%	8.50%

ในด้านเวลาหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะเห็นได้ว่าข้อมูลด้านเวลาแต่ละสถานีงานมีความเสถียรมากเนื่องมาจาก แต่ละสถานีงานมีการกำหนดเวลาในการประกอบให้ไม่เกิน 39 นาที (ใช้โมโนเรลในการเคลื่อนโครงรถ) หลังจากทำการปรับปรุงแล้วทำให้สามารถลดเวลาในการประกอบรถยนต์แต่ละสถานีได้ แสดงดังตาราง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์ของแต่ละสถานีงาน ระหว่างระบบปัจจุบัน ระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2

ระบบ	รุ่นA (นาที)	รุ่น B (นาที)	รุ่น C (นาที)
ระบบปัจจุบัน	35.24	35.44	120.49
การปรับปรุงตามแนวทางที่ 1	35.42	36.38	38.25
การปรับปรุงตามแนวทางที่ 2	29.01	27.81	30



ภาพที่ 21 เปรียบเทียบรอบเวลาการประกอบเฉลี่ยต่อ 1 คันวิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด

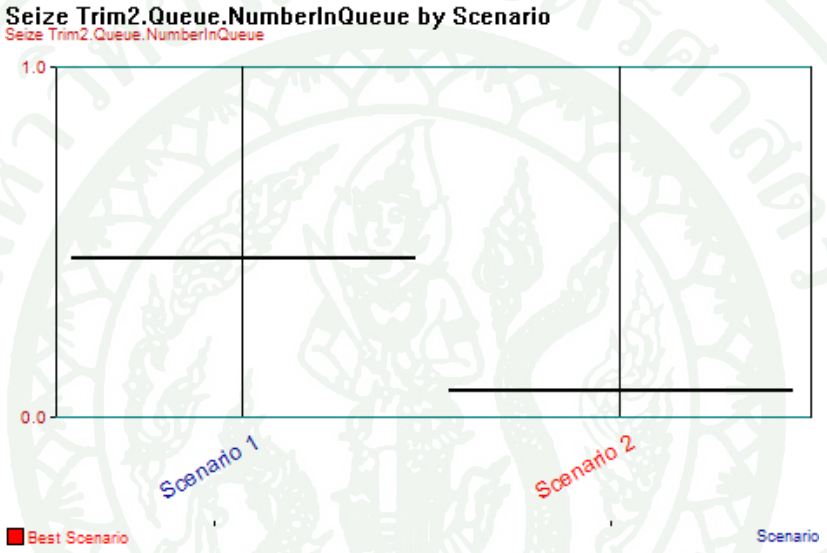
ภาพที่ 21 เป็นการเปรียบเทียบรอบเวลาการประกอบรถยนต์ระหว่าง แนวทางการปรับปรุงระบบที่ 1 และแนวทางการปรับปรุงครั้งที่ 2 แสดงให้เห็นว่าตามแนวทางที่ 1 ใช้เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์ต่อ 1 คันมากกว่าระบบปรับปรุงแนวทางที่ 2 เพราะฉะนั้นการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

ภาพที่ 22 และภาพที่ 23 เป็นการเปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 3 และสถานีงานที่ 4 ระหว่าง ตามแนวทางการปรับปรุงระบบที่ 1 และแนวทางการปรับปรุงครั้งที่ 2 แสดงให้เห็นว่า

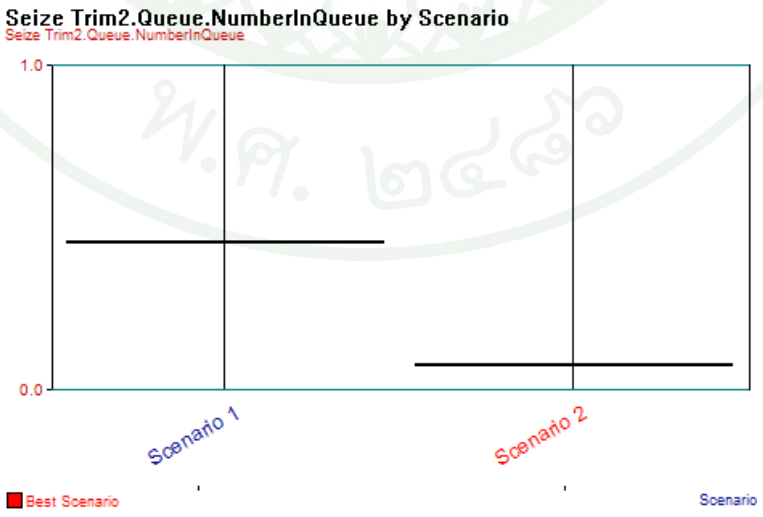
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามแนวทางที่ 1 มีงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 3 และสถานีงานที่ 4 มากกว่าระบบปรับปรุงแนวทางที่ 2 เพราะฉะนั้นการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

โดยสามารถเลือกระบบปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 แทนระบบปัจจุบันได้เนื่องจากเป็นระบบที่มีการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมีปริมาณผลผลิตมากกว่าเดิม เวลาเฉลี่ยในการประกอบรถยนต์ลดลงและปริมาณงานกองรอหน้าสถานีงานลดลง



ภาพที่ 22 เปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 3 วิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด

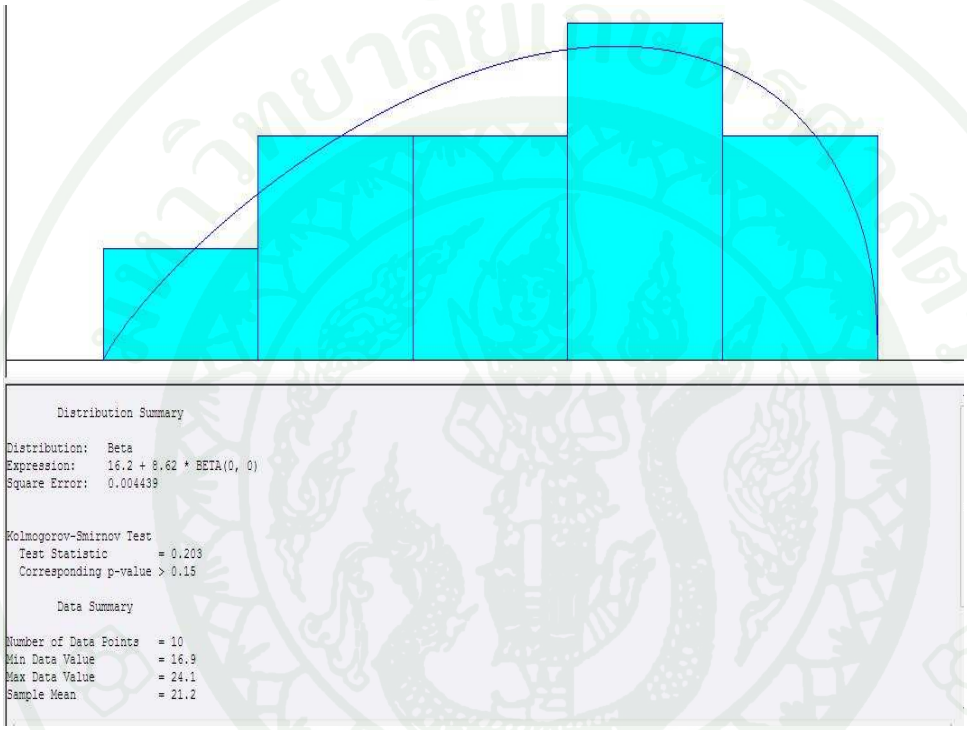


ภาพที่ 23 เปรียบเทียบงานกองรอหน้าสถานีงานที่ 4 วิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. จากข้อมูลที่ได้มา ถ้าเราสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมได้ จะทำให้ข้อมูลมีค่ามากขึ้น ในโปรแกรมอารีนามีโปรแกรมเสริมชื่อว่า Input analyzer เป็นเครื่องมือช่วยในการทดสอบข้อมูลดิบดังกล่าวว่ามีการแจกแจงแบบใด ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Input Analyzer

2. ในการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับการปรับปรุงงานวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาสายการประกอบในการตกแต่งเท่านั้น โดยเริ่มตั้งแต่การนำโครงรถเข้ามาจนประกอบเสร็จ ดังนั้นการพัฒนาในขั้นต่อไปควรทำการวิเคราะห์ในส่วนของการสั่งซื้อจากลูกค้าเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในส่วนของช่วงเวลานำ (Lead Time) การปรับปรุงมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นเมื่อได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ และมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง

3. เนื่องจากระบบนี้เป็นระบบที่ไม่ได้พิจารณาในเรื่องของเครื่องจักรมีความผิดปกติหรืออุปสรรค์อื่นๆที่ไม่สามารถทำให้สายการประกอบดำเนินการได้ เวลาเฉลี่ยในการประกอบแต่ละสถานีงานจึงมีค่าค่อนข้างคงตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

โกศล ดีศีลธรรม. 2547. **เพิ่มศักยภาพการแข่งขันด้วยแนวคิดแบบลีน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. **การเพิ่มผลิตภาพในงานอุตสาหกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซัน แอด แอนด์ พริ้น, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **บทบาทแนวคิดลีนกับการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน**. For Quality 12 (94): 76-80.

_____. 2548. **ปัจจัยจำแนกความสูญเปล่าตามแนวคิดลีน**. Industrial Technology Review 140: 135-140

ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2538. **การวางแผนและการควบคุมการผลิต**. สมาคมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ

เบ็ญจพร เลิศสัฒนนนท์.2552. **การปรับปรุงผลการดำเนินงานโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยใช้เทคนิคการจำลอสถานการณ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤทธิพงศ์ โพธิวราพรรณ.2548. **การประยุกต์การใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมแบบผสม (แบบต่อเนื่อง-แบบช่วง):กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กรูปพรรณ**. การวิจัยประกอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ

พิภพ ลลิตาภรณ์.2544. **ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ

พันรวี ทรัพย์อุดม. 2552. **การจัดสมดุลสายการประกอบแบบสองด้านในโรงงานประกอบรถยนต์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัลลภ บุญธรรมส่ง.2552. **การปรับปรุงผลิตในสายการประกอบขั้นสุดท้ายสำหรับ รถบรรทุกเชิงพานิชย์ขนาด 1 ตัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วิมาลัย รังสิโยภาส.2552. **การกำหนดจำนวนพนักงานในร้านอาหารที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองสถานการณ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริพงษ์ โพธิลักษณ์. 2543. **การกำหนดดัชนีเพื่อการปรับปรุงสายการผลิต ในขั้นตอนการเตรียมการผลิตของสายการประกอบรถยนต์เชิงพาณิชย์**. การวิจัยประกอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

Allen, J., C. Robinson, and D. Stewart. 2001. **Lean Manufacturing: A Plant Floor Guide.** Michigan : SME.

Banks, J., J. S. Carson III, B. L. Nelson, and D. M. Nicol. 2005. **Discrete-Event System Simulaiton.** 4th ed. Prentice Hall International, Inc., USA.

Fawaz Abdullah. 2003. **Lean Manufacturing Tools and Techniques in The Process Industry with a Focus on Steel**. University of Pittsburgh. Available Source: http://etd.library.pitt.edu/ETD/available/etd-05282003 -14851/unrestricted/Abdullah.pdf.

Gujarathi, N.S., R.M. Ogale and T. Gupta. 2007. **Production capacity analysis of a shock absorber assembly line using simulation**, pp. 1213-1217. In R.G. Ingalls, M.D. Rossetti, J.S. Smith and B.A. Peters, eds. Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference. Washington D.C., USA.

Holloway, and A.Hall. 1998. Principle of Lean manufacturing. **Industry&Higher education.** 241-245.

Mingzhou, J., and S. D. Wu. 2002. A new huristic method for mixed model assembly line balancing problem. **Computer and Industrial Engineering**. 44: 159-169.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Spann, M., M. Adams, and M. Rahman. 1997. Transferring Lean Manufacturing to Small Manufacturers: The Role of NIST-MEP. **University of Albama Huntsville. 1-4.**

Yeo K. K., Won S. S., and Jun H. K., 2007 Two-side assembly line balancing to maximize work relatedness and slackness. **Computer and Industrial Engineering** 40:273-292

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น A รุ่น B และรุ่น C

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น Aและรุ่น B

ตารางที่ ก1 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
1	ประกอบ ชุดถาดยางอะไหล่	2.83	0.17
2	ประกอบลูกยางเสาหน้าซ้าย	0.17	0.17
3	ประกอบลูกยางเสาหน้าขวา	0.17	0.17
4	ขั้นงานที่ 4	0.17	0.17
5	ขั้นงานที่ 5	0.17	0.17
6	ขั้นงานที่ 6	0.17	0.17
7	ขั้นงานที่ 7	0.17	0.17
8	ขั้นงานที่ 8	0.17	0.17
9	ขั้นงานที่ 9	1.00	0.92
10	ขั้นงานที่ 10	0.17	0.17
11	ขั้นงานที่ 11	0.17	0.17
12	ขั้นงานที่ 12	0.17	0.17
13	ขั้นงานที่ 13	0.17	0.17
14	ขั้นงานที่ 14	0.50	0.17
15	ขั้นงานที่ 15	0.33	0.17
16	ขั้นงานที่ 16	0.33	0.17
17	ขั้นงานที่ 17	0.33	0.17
18	ขั้นงานที่ 18	0.33	0.17
19	ขั้นงานที่ 19	0.50	0.17
20	ขั้นงานที่ 20	0.00	0.00
21	ขั้นงานที่ 21	0.17	0.17
22	ขั้นงานที่ 22	0.17	0.17
23	ขั้นงานที่ 23	0.17	0.17
24	ขั้นงานที่ 24	0.17	0.17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก1 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
25	ขั้นงานที่ 25	0.33	0.33
26	ขั้นงานที่ 26	0.70	0.95
27	ขั้นงานที่ 27	0.75	0.92
28	ขั้นงานที่ 28	1.27	1.45
29	ขั้นงานที่ 29	1.33	1.42
30	ขั้นงานที่ 30	1.58	1.70
31	ขั้นงานที่ 31	1.53	2.42
32	ขั้นงานที่ 32	1.55	2.07
33	ประกอบชุดท่อเบรคหน้าห้องเครื่อง	1.70	1.70

ตารางที่ ก2 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
34	ประกอบแดมปิ้งแผงกั้นหน้าเครื่องขวา	0.58	0.70
35	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหน้า ซ้าย	0.17	1.00
36	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหน้า ขวา	0.33	0.33
37	ขั้นงานที่ 37	0.33	0.33
38	ขั้นงานที่ 38	1.00	1.00
39	ขั้นงานที่ 39	0.50	0.50
40	ขั้นงานที่ 40	0.42	0.45
41	ขั้นงานที่ 41	0.50	0.50
42	ขั้นงานที่ 42	0.67	0.67
43	ขั้นงานที่ 43	6.35	5.45
44	ขั้นงานที่ 44	0.75	0.75
45	ขั้นงานที่ 45	0.45	0.42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก2 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
46	ขั้นงานที่ 46	1.28	1.33
47	ขั้นงานที่ 47	0.25	0.25
48	ขั้นงานที่ 48	0.25	0.25
49	ขั้นงานที่ 49	0.75	0.75
50	ขั้นงานที่ 50	0.75	0.75
51	ขั้นงานที่ 51	0.45	0.45
52	ประกอบชิ้นส่วนในห้องเก็บของหลัง	1.15	1.28

ตารางที่ ก3 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
53	ประกอบชั้นวางของหลัง	1.33	1.67
54	ประกอบ แผ่นครอบฝาท้าย	1.33	1.50
55	เดินสายไฟราง RBA	3.33	4.00
56	ขั้นงานที่ 56	5.00	4.83
57	ขั้นงานที่ 57	0.50	0.50
58	ขั้นงานที่ 58	5.50	5.17
59	ขั้นงานที่ 59	1.12	1.17
60	ขั้นงานที่ 60	3.93	3.00
61	ขั้นงานที่ 61	0.83	0.67
62	ขั้นงานที่ 62	1.25	1.17
63	ขั้นงานที่ 63	0.00	0.00
64	ขั้นงานที่ 64	1.25	2.00
65	ขั้นงานที่ 65	0.00	0.00
66	ขั้นงานที่ 66	0.00	0.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก3 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
67	ขั้นงานที่ 67	9.35	10.28
68	ขั้นงานที่ 68	0.33	0.83
69	ขั้นงานที่ 69	1.42	1.78
70	ขั้นงานที่ 70	7.00	5.00
71	ขั้นงานที่ 71	0.83	1.00
72	ขั้นงานที่ 72	0.50	0.42
73	ขั้นงานที่ 73	0.42	0.67
74	ขั้นงานที่ 74	4.17	3.83
75	ขั้นงานที่ 75	2.17	2.00
76	ขั้นงานที่ 76	1.75	1.83
77	ขั้นงานที่ 77	1.50	1.33
78	ขั้นงานที่ 78	0.00	0.00
79	ขั้นงานที่ 79	0.78	0.82
80	ขั้นงานที่ 80	0.85	0.92
81	ประกอบชุดขาเบรค	1.67	2.00

ตารางที่ ก4 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
82	ประกอบถุงลมนิรภัยหลังคา	5.00	4.50
83	ประกอบถุงลมนิรภัยเสากลางซ้าย	4.42	4.20
84	ประกอบถุงลมนิรภัยเสากลางขวา	4.42	4.20
85	ขั้นงานที่ 85	0.67	0.95
86	ขั้นงานที่ 86	0.83	1.67
87	ขั้นงานที่ 87	2.33	2.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก4 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
88	ขั้นงานที่ 88	4.08	4.17
89	ขั้นงานที่ 89	3.00	3.17
90	ขั้นงานที่ 90	0.62	0.70
91	ขั้นงานที่ 91	0.62	0.70
92	ขั้นงานที่ 92	0.33	0.45
93	ขั้นงานที่ 93	0.33	0.45
94	ขั้นงานที่ 94	0.45	0.53
95	ขั้นงานที่ 95	0.45	0.53
96	ขั้นงานที่ 96	0.58	0.33
97	ขั้นงานที่ 97	2.33	2.17
98	ขั้นงานที่ 98	0.00	0.00
99	ขั้นงานที่ 99	3.00	4.50
100	ประกอบชุด SAM หน้า	5.75	3.50

ตารางที่ ก5 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
101	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าซ้าย	1.58	2.58
102	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าขวา	1.83	2.33
103	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหลังตัวหลังซ้าย	1.75	2.50
104	ขั้นงานที่ 104	1.75	2.17
105	ขั้นงานที่ 105	0.58	0.58
106	ขั้นงานที่ 106	0.83	0.83
107	ขั้นงานที่ 107	0.42	0.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก5 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
108	ขั้นงานที่ 108	0.33	0.42
109	ขั้นงานที่ 109	0.50	0.67
110	ขั้นงานที่ 110	0.45	0.58
111	ขั้นงานที่ 111	1.00	1.17
112	ขั้นงานที่ 112	0.92	1.25
113	ขั้นงานที่ 113	0.33	0.83
114	ขั้นงานที่ 114	0.58	0.67
115	ขั้นงานที่ 115	0.83	1.00
116	ขั้นงานที่ 116	0.00	1.37
117	ขั้นงานที่ 117	0.00	1.52
118	ขั้นงานที่ 118	1.83	0.00
119	ขั้นงานที่ 119	0.55	0.67
120	ขั้นงานที่ 120	0.38	0.58
121	ขั้นงานที่ 121	0.17	0.17
122	ขั้นงานที่ 122	0.17	0.17
123	ขั้นงานที่ 123	0.17	0.17
124	ขั้นงานที่ 124	0.17	0.17
125	ขั้นงานที่ 125	0.67	0.50
126	ประกอบโช๊คหลังขวา	0.67	0.50

ตารางที่ ก6 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
127	ประกอบกระจกบังลมหน้าเข้ากับตัวถัง	8.05	8.05
128	ประกอบชุดก้านปัดน้ำฝนซ้าย	0.75	0.83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก6 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
129	ขั้นงานที่ 129	0.58	0.50
130	ขั้นงานที่ 130	8.05	8.05
131	ขั้นงานที่ 131	0.55	0.67
132	ขั้นงานที่ 132	0.55	0.67
133	ประกอบไฟในห้องโดยสารด้านหน้า	1.25	2.17

ตารางที่ ก7 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 7

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้(นาที)	
		A	B
134	ประกอบจอคอมมานด์หน้า	4.57	0.00
135	ประกอบ คอนโซลกลาง	5.75	5.35
136	ประกอบวิทยุ	5.00	6.67
137	ขั้นงานที่ 137	1.03	1.03
138	ขั้นงานที่ 138	1.25	1.40

ตารางที่ ก8 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 8

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
139	ประกอบชุดแบตเตอรี่ในห้องเก็บของหลัง	4.17	4.83
140	ประกอบชุดแบ็ตเตอรี่หน้าห้องเครื่อง	5.67	5.00
141	ประกอบผ้าบังแดดหน้าซ้าย	1.50	1.67
142	ขั้นงานที่ 142	3.33	3.00
143	ขั้นงานที่ 143	0.70	0.70
144	ขั้นงานที่ 144	0.00	0.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก8 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
145	ขั้นงานที่ 145	0.00	0.00
146	ขั้นงานที่ 146	1.00	1.00
147	ขั้นงานที่ 147	1.00	1.00
148	ประกอบพรมพื้นด้านในห้องโดยสารหลัง	1.47	1.50

ตารางที่ ก9 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 9

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
149	ประกอบกาบชายล่างซ้าย	1.67	1.83
150	ประกอบกาบชายล่างขวา	1.67	2.17
151	ประกอบสักหลาดขอบประตูหน้าซ้าย	5.83	5.50
152	ขั้นงานที่ 152	3.67	4.08
153	ขั้นงานที่ 153	3.83	4.00
154	ขั้นงานที่ 154	5.00	6.00
155	ขั้นงานที่ 155	0.43	0.50
156	ขั้นงานที่ 156	0.42	0.58
157	ขั้นงานที่ 157	0.53	0.42
158	ประกอบตัวล็อคหูกลอนประตูหลังขวา	0.42	0.50

ตารางที่ ก10 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 10

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
159	ประกอบประตูหน้าซ้ายเข้ากับตัวรถ	3.67	3.50
160	ขั้นงานที่ 160	4.33	4.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก10 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)	
		A	B
161	ขั้นงานที่ 161	3.33	3.67
162	ขั้นงานที่ 162	3.67	3.67
163	IS Tester	12.00	15.00

เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น C

ตารางที่ ก11 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	ประกอบชุดสปริงและหูล๊อคใต้ฝากระโปรง	3.87
2	ประกอบแบรคเก็ตหน้าห้องเครื่อง	0.42
3	อุดลูกยางหน้าห้องเครื่อง	3.57
4	ขั้นงานที่ 4	0.38
5	ขั้นงานที่ 5	0.46
6	ขั้นงานที่ 6	1.34
7	ขั้นงานที่ 7	0.56
8	ขั้นงานที่ 8	0.35
9	ขั้นงานที่ 9	0.40
10	ขั้นงานที่ 10	3.77
11	ขั้นงานที่ 11	1.66
12	ขั้นงานที่ 12	2.62
13	ขั้นงานที่ 13	0.60
14	ขั้นงานที่ 14	1.72
15	ขั้นงานที่ 15	1.45
16	ขั้นงานที่ 16	1.55
17	ขั้นงานที่ 17	1.29

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก11 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
18	ขั้นงานที่ 18	6.20
19	ขั้นงานที่ 19	1.51
21	ขั้นงานที่ 21	0.57
22	ขั้นงานที่ 22	2.47
23	ขั้นงานที่ 23	6.92
24	ขั้นงานที่ 24	1.37
25	ขั้นงานที่ 25	2.79
26	ขั้นงานที่ 26	7.19
27	ขั้นงานที่ 27	1.53
28	ขั้นงานที่ 28	6.22
29	ขั้นงานที่ 29	2.61
30	ขั้นงานที่ 30	0.40
31	ติดแผ่น Foil บริเวณ C-Pillar (หลังขวา)	0.35

ตารางที่ ก12 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
32	ประกอบชุดปั้มน้ำ	2.75
33	อุดลูกยางภายในห้องโดยสารซ้าย	1.60
34	อุดลูกยางภายในห้องโดยสารขวา	2.85
35	ขั้นงานที่ 36	18.69
36	ขั้นงานที่ 37	0.56
37	ขั้นงานที่ 38	0.54
38	ขั้นงานที่ 38	4.84
39	ขั้นงานที่ 39	0.50
40	ขั้นงานที่ 40	1.38
41	ขั้นงานที่ 41	0.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก12 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
42	ขั้นงานที่ 42	0.59
43	ขั้นงานที่ 43	0.57
45	ขั้นงานที่ 45	6.07
47	ขั้นงานที่ 47	18.84
48	ขั้นงานที่ 48	2.72
49	ขั้นงานที่ 49	7.25
50	ขั้นงานที่ 50	2.79
51	ขั้นงานที่ 51	2.66
52	ขั้นงานที่ 52	4.95
53	ขั้นงานที่ 53	5.77
54	ขั้นงานที่ 54	0.43
55	ขั้นงานที่ 55	1.57
56	ขั้นงานที่ 56	1.55
57	ขั้นงานที่ 57	6.05
58	ขั้นงานที่ 58	3.84
59	ขั้นงานที่ 59	3.83
60	ขั้นงานที่ 60	6.04
61	ขั้นงานที่ 61	4.87
62	ขั้นงานที่ 62	3.85
63	ขั้นงานที่ 63	1.58
64	ขั้นงานที่ 64	1.54
65	ขั้นงานที่ 65	3.81
66	ขั้นงานที่ 66	1.97
67	ขั้นงานที่ 67	1.72
68	ขั้นงานที่ 68	1.61
69	ขั้นงานที่ 69	1.58
70	ขั้นงานที่ 70	4.94

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก12 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
71	ขั้นงานที่ 71	20.65
72	ขั้นงานที่ 72	20.47
73	ขั้นงานที่ 73	7.22
74	ประกอบ ชุดคอนโทรลปั๊มน้ำมัน	4.94

ตารางที่ ก13 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
	ประกอบแผ่นพลาสติกปิดด้านข้างเสาหน้าและคอนโทรล	
75	แอร์แบ๊ค	2.64
76	ประกอบแดมปิ้งและยึดชุดแผงหน้าปัทม์เข้ากับตัวรถ	4.93
77	ประกอบชุดท่อแอร์หน้าห้องเครื่อง	4.89
78	ขั้นงานที่ 78	7.15
79	ขั้นงานที่ 79	5.02
80	ขั้นงานที่ 80	1.43
81	ขั้นงานที่ 81	7.2
82	ขั้นงานที่ 82	6.07
83	ขั้นงานที่ 83	9.55
84	ขั้นงานที่ 84	4.94
85	ขั้นงานที่ 85	5.22
86	ขั้นงานที่ 86	3.62
87	ขั้นงานที่ 87	10.71
88	ขั้นงานที่ 88	13.9
89	ขั้นงานที่ 89	3.78
90	ขั้นงานที่ 90	9.7
91	ขั้นงานที่ 91	4.92
92	ขั้นงานที่ 92	5.77

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก13 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
93	ขั้นงานที่ 93	3.8
94	ขั้นงานที่ 94	3.75
95	ขั้นงานที่ 95	1.54
96	ขั้นงานที่ 96	0.66
97	ขั้นงานที่ 97	6.03
98	ขั้นงานที่ 98	10.58
99	ขั้นงานที่ 99	1.65
100	ประกอบคิ้วฝากระโปรงท้าย	3.79

ตารางที่ ก14 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้(นาที)
101	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยผู้โดยสารหลัง ซ้าย	2.69
102	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยผู้โดยสารหลัง ขวา	2.65
103	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยและตัวเลื่อนเสากลาง ซ้าย	2.76
104	ขั้นงานที่ 104	2.47
105	ขั้นงานที่ 105	0.39
106	ขั้นงานที่ 106	0.37
107	ขั้นงานที่ 107	3.85
108	ขั้นงานที่ 108	4.24
109	ขั้นงานที่ 109	11.76
110	ขั้นงานที่ 110	2.16
111	ขั้นงานที่ 111	3.54
112	ขั้นงานที่ 112	4.62
113	ขั้นงานที่ 113	1.88
114	ขั้นงานที่ 114	3.49
115	ขั้นงานที่ 115	3.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก14 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
116	ขั้นงานที่ 116	4.95
117	ขั้นงานที่ 117	5.63
118	ขั้นงานที่ 118	4.89
119	ขั้นงานที่ 119	1.67
120	ขั้นงานที่ 120	2.21
121	ขั้นงานที่ 121	2.79
122	ขั้นงานที่ 122	10.71
123	ขั้นงานที่ 123	2.74
124	ขั้นงานที่ 124	2.72
125	ขั้นงานที่ 125	15.52
126	ประกอบชุดแบตเตอรี่และ เดินสายไฟหน้าห้องเครื่อง	12.98

ตารางที่ ก15 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
127	ประกอบท่อแอร์	4.84
128	ประกอบฟองน้ำรองขาคันเร่ง	0.05
129	ประกอบชุดพรมหน้า ซ้าย	2.69
130	ขั้นงานที่ 130	3.23
131	ขั้นงานที่ 131	0.46
132	ขั้นงานที่ 132	0.4
133	ขั้นงานที่ 133	3.7
134	ขั้นงานที่ 134	3.6
135	ขั้นงานที่ 135	2.67
136	ขั้นงานที่ 136	1.54
137	ขั้นงานที่ 137	5.86
138	ขั้นงานที่ 138	4.97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก15 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
139	ขั้นงานที่ 139	5.09
140	ขั้นงานที่ 140	1.55
141	ขั้นงานที่ 141	1.57
142	ขั้นงานที่ 142	0.35
143	ขั้นงานที่ 143	0.36
144	ขั้นงานที่ 144	0.36
145	ขั้นงานที่ 145	5.73
146	ขั้นงานที่ 146	6.05
147	ขั้นงานที่ 147	1.29
148	ขั้นงานที่ 148	0.63
149	ขั้นงานที่ 149	0.36
150	ขั้นงานที่ 150	0.39
151	ขั้นงานที่ 151	4.31
152	ขั้นงานที่ 152	2.79
153	ขั้นงานที่ 153	3.46
154	ขั้นงานที่ 155	2.45
155	ขั้นงานที่ 155	0.32
156	ขั้นงานที่ 156	0.33
157	ขั้นงานที่ 157	0.37
158	ขั้นงานที่ 158	0.49
159	ขั้นงานที่ 159	4.73
160	ขั้นงานที่ 160	3.62
161	ขั้นงานที่ 161	3.78
162	ขั้นงานที่ 162	12.33
163	ขั้นงานที่ 163	2.42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก15 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
164	ขั้นงานที่ 164	5.74
165	ขั้นงานที่ 165	5.98
166	ประกอบ ชุดกาบชายล่าง ขวา ที่ตัวถังรถ	5.92

ตารางที่ ก16 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
167	ประกอบแบ๊คเก็ตที่ Sliding roof	0.17
168	ประกอบประตูหน้า ซ้าย	1.80
169	ประกอบประตูหน้า ขวา	2.42
170	ขั้นงานที่ 170	1.92
171	ขั้นงานที่ 171	1.51
172	ขั้นงานที่ 172	0.69
173	ขั้นงานที่ 173	0.77
174	ขั้นงานที่ 174	0.49
175	ขั้นงานที่ 175	0.52
176	ขั้นงานที่ 176	0.07
177	ขั้นงานที่ 177	0.06
178	ขั้นงานที่ 178	0.05
179	ขั้นงานที่ 179	0.19
180	ขั้นงานที่ 180	0.32
181	ขั้นงานที่ 181	0.29
182	ขั้นงานที่ 182	0.32
183	ขั้นงานที่ 183	0.26
184	ขั้นงานที่ 184	0.28
185	ขั้นงานที่ 185	0.39
186	ขั้นงานที่ 186	1.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ก16 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
187	ขั้นงานที่ 187	1.55
188	ขั้นงานที่ 188	0.09
189	ขั้นงานที่ 189	0.12
190	ขั้นงานที่ 190	0.09
191	ขั้นงานที่ 191	0.11
192	ขั้นงานที่ 192	13.82
193	ขั้นงานที่ 193	13.67
194	ขั้นงานที่ 194	13.99
195	ขั้นงานที่ 195	13.63
196	ขั้นงานที่ 196	4.92
197	IS Tester	12.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น A รุ่น B และรุ่น C 11 สถานีงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น A

ตารางที่ ข1 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	ประกอบ ชุดถาดยางอะไหล่	2.83
2	ประกอบลูกยางเสาหน้าซ้าย	0.17
3	ประกอบลูกยางเสาหน้าขวา	0.17
4	ขั้นงานที่ 4	0.17
5	ขั้นงานที่ 5	0.17
6	ขั้นงานที่ 6	0.17
7	ขั้นงานที่ 7	0.17
8	ขั้นงานที่ 8	0.17
9	ขั้นงานที่ 9	1.00
10	ขั้นงานที่ 10	0.17
11	ขั้นงานที่ 11	0.17
12	ขั้นงานที่ 12	0.17
13	ขั้นงานที่ 13	0.17
14	ขั้นงานที่ 14	0.50
15	ขั้นงานที่ 15	0.33
16	ขั้นงานที่ 16	0.33
17	ขั้นงานที่ 17	0.33
18	ขั้นงานที่ 18	0.33
19	ขั้นงานที่ 19	0.50
20	ขั้นงานที่ 20	0.00
21	ขั้นงานที่ 21	0.17
22	ขั้นงานที่ 22	0.17
23	ขั้นงานที่ 23	0.17
24	ขั้นงานที่ 24	0.17
25	ขั้นงานที่ 25	0.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข1 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
26	ขั้นงานที่ 26	0.70
27	ขั้นงานที่ 27	0.75
28	ขั้นงานที่ 28	1.27
29	ขั้นงานที่ 29	1.33
30	ขั้นงานที่ 30	1.58
31	ขั้นงานที่ 31	1.53
32	ขั้นงานที่ 32	1.55
33	ประกอบชุดท่อเบรคหน้าห้องเครื่อง	1.70

ตารางที่ ข2 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
34	ประกอบแดมปิ้งแผงกั้นหน้าเครื่องขวา	0.58
35	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหน้า ซ้าย	0.17
36	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหน้า ขวา	0.33
37	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหลัง ซ้าย	0.33
38	ขั้นงานที่ 38	1.00
39	ขั้นงานที่ 39	0.50
40	ขั้นงานที่ 40	0.42
41	ขั้นงานที่ 41	0.50
42	ขั้นงานที่ 42	0.67
43	ขั้นงานที่ 43	6.35
44	ขั้นงานที่ 44	0.75
45	ขั้นงานที่ 45	0.45
46	ขั้นงานที่ 46	1.28
47	ขั้นงานที่ 47	0.25
48	ขั้นงานที่ 48	0.25

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข2 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
49	ขั้นงานที่ 49	0.75
50	ขั้นงานที่ 50	0.75
51	ขั้นงานที่ 51	0.45
52	ประกอบชิ้นส่วนในห้องเก็บของหลัง	1.15
49	ขั้นงานที่ 49	0.75
50	ขั้นงานที่ 50	0.75
51	ขั้นงานที่ 51	0.45
52	ประกอบชิ้นส่วนในห้องเก็บของหลัง	1.15

ตารางที่ ข3 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
53	ประกอบชั้นวางของหลัง	1.33
54	ประกอบ แผ่นครอบฝาท้าย	1.33
55	เดินสายไฟราง RBA	3.33
56	ขั้นงานที่ 56	5.00
57	ขั้นงานที่ 57	0.50
58	ขั้นงานที่ 58	5.50
59	ขั้นงานที่ 59	1.12
60	ขั้นงานที่ 60	3.93
61	ขั้นงานที่ 61	0.83
62	ขั้นงานที่ 62	1.25
63	ขั้นงานที่ 63	0.00
64	ขั้นงานที่ 64	1.25
65	ขั้นงานที่ 65	0.00
66	ขั้นงานที่ 66	0.00
67	ขั้นงานที่ 67	9.35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข3 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
68	ประกอบแคมปิ้งฝากระโปรง	0.33

ตารางที่ ข4 เวลาการทำงานของสถานีงานใหม่

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
69	ประกอบ โช๊คฝากระโปรงหน้าซ้าย	1.42
70	ประกอบ โช๊คฝากระโปรงหน้าขวา	7.00
71	ประกอบ ชุดล็อคฝากระโปรงหน้าซ้าย	0.83
72	ขั้นงานที่ 72	0.50
73	ขั้นงานที่ 73	0.42
74	ขั้นงานที่ 74	4.17
75	ขั้นงานที่ 75	2.17
76	ขั้นงานที่ 76	1.75
77	ขั้นงานที่ 77	1.50
78	ขั้นงานที่ 78	0.00
79	ขั้นงานที่ 79	0.78
80	ขั้นงานที่ 80	0.85
81	ขั้นงานที่ 81	1.67
82	ขั้นงานที่ 82	5.00
83	ประกอบถุงลมนิรภัยเสากลางซ้าย	4.42

ตารางที่ ข5 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
84	ประกอบถุงลมนิรภัยเสากลางขวา	4.42
85	ประกอบคิ้วโครเมี่ยมฝากระโปรงท้าย	0.67
86	ขั้นงานที่ 86	0.83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข5 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
87	ขั้นงานที่ 87	2.33
88	ขั้นงานที่ 88	4.08
89	ขั้นงานที่ 89	3.00
90	ขั้นงานที่ 90	0.62
91	ขั้นงานที่ 91	0.62
92	ขั้นงานที่ 92	0.33
93	ขั้นงานที่ 93	0.33
94	ขั้นงานที่ 94	0.45
95	ขั้นงานที่ 95	0.45
96	ขั้นงานที่ 96	0.58
97	ขั้นงานที่ 97	2.33
98	ขั้นงานที่ 98	0.00
99	ขั้นงานที่ 99	3.00
100	ประกอบชุด SAM หน้า	5.75

ตารางที่ ข6 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
101	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าซ้าย	1.58
102	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าขวา	1.83
103	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหลังตัวหลังซ้าย	1.75
104	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหลังตัวหลังขวา	1.75
105	ขั้นงานที่ 105	0.58
106	ขั้นงานที่ 106	0.83
107	ขั้นงานที่ 107	0.42
108	ขั้นงานที่ 108	0.33
109	ขั้นงานที่ 109	0.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข6 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
110	ขั้นงานที่ 110	0.45
111	ขั้นงานที่ 111	1.00
112	ขั้นงานที่ 112	0.92
113	ขั้นงานที่ 113	0.33
114	ขั้นงานที่ 114	0.58
115	ขั้นงานที่ 115	0.83
116	ขั้นงานที่ 116	0.00
117	ขั้นงานที่ 117	0.00
118	ขั้นงานที่ 118	1.83
119	ขั้นงานที่ 119	0.55
120	ขั้นงานที่ 120	0.38
121	ขั้นงานที่ 121	0.17
122	ขั้นงานที่ 122	0.17
123	ขั้นงานที่ 123	0.17
124	ขั้นงานที่ 124	0.17
125	ขั้นงานที่ 125	0.67
126	ประกอบโช๊คหลังขวา	0.67

ตารางที่ ข7 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
127	ประกอบกระจกบังลมหน้าเข้ากับตัวถัง	8.05
128	ประกอบชุดก้านปัดน้ำฝนซ้าย	0.75
129	ขั้นงานที่ 129	0.58
130	ขั้นงานที่ 130	8.05
131	ขั้นงานที่ 131	0.55
132	ขั้นงานที่ 132	0.55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข7 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
133	ประกอบไฟในห้องโดยสารด้านหน้า	1.25

ตารางที่ ข8 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 7

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
134	ประกอบจอคอมมานด์หน้า	4.57
135	ประกอบ คอนโซลกลาง	5.75
136	ประกอบวิทยุ	5.00
137	ขั้นงานที่ 137	1.03
138	ขั้นงานที่ 138	1.25

ตารางที่ ข9 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 8

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
139	ขั้นงานที่ 139	4.17
140	ขั้นงานที่ 140	5.67
141	ขั้นงานที่ 141	1.50
142	ขั้นงานที่ 142	3.33
143	ขั้นงานที่ 143	0.70
144	ขั้นงานที่ 144	0.00
145	ขั้นงานที่ 145	0.00
146	ขั้นงานที่ 146	1.00
147	ขั้นงานที่ 147	1.00
148	ประกอบพรมพื้นด้านในห้องโดยสารหลัง	1.47

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข10

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
149	ประกอบกาบชายล่างซ้าย	1.67
150	ประกอบกาบชายล่างขวา	1.67
151	ประกอบสักหลาดขอบประตูหน้าซ้าย	5.83
152	ประกอบสักหลาดขอบประตูหน้าขวา	3.67
153	ขั้นงานที่ 153	3.83
154	ขั้นงานที่ 154	5.00
155	ขั้นงานที่ 155	0.43
156	ขั้นงานที่ 156	0.42
157	ขั้นงานที่ 157	0.53
158	ประกอบตัวล็อคหูกลอนประตูหลังขวา	0.42

ตารางที่ ข11 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 10

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
159	ประกอบประตูหน้าซ้ายเข้ากับตัวรถ	3.67
160	ขั้นงานที่ 160	4.33
161	ขั้นงานที่ 161	3.33
162	ขั้นงานที่ 162	3.67
163	IS Tester	12.00

เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น B

ตารางที่ ข12 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	ประกอบ ชุดถาดยางอะไหล่	0.17
2	ประกอบลูกยางเสาหน้าซ้าย	0.17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข12 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
3	ประกอบลูกยางเสาหน้าขวา	0.17
4	ขั้นงานที่ 4	0.17
5	ขั้นงานที่ 5	0.17
6	ขั้นงานที่ 6	0.17
7	ขั้นงานที่ 7	0.17
8	ขั้นงานที่ 8	0.17
9	ขั้นงานที่ 9	0.92
10	ขั้นงานที่ 10	0.17
11	ขั้นงานที่ 11	0.17
12	ขั้นงานที่ 12	0.17
13	ขั้นงานที่ 13	0.17
14	ขั้นงานที่ 14	0.17
15	ขั้นงานที่ 15	0.17
16	ขั้นงานที่ 16	0.17
17	ขั้นงานที่ 17	0.17
18	ขั้นงานที่ 18	0.17
19	ขั้นงานที่ 19	0.17
20	ขั้นงานที่ 20	0.00
21	ขั้นงานที่ 21	0.17
22	ขั้นงานที่ 22	0.17
23	ขั้นงานที่ 23	0.17
24	ขั้นงานที่ 24	0.17
25	ขั้นงานที่ 25	0.33
26	ขั้นงานที่ 26	0.95
27	ขั้นงานที่ 27	0.92
28	ขั้นงานที่ 28	1.45
29	ขั้นงานที่ 29	1.42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข12 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
30	ขั้นงานที่ 30	1.70
31	ขั้นงานที่ 31	2.42
32	ขั้นงานที่ 32	2.07

ตารางที่ ข13 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
34	ประกอบแดมปิ้งแผงกั้นหน้าเครื่องขวา	0.70
35	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหน้า ซ้าย	1.00
36	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหน้า ขวา	0.33
37	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหลัง ซ้าย	0.33
38	ขั้นงานที่ 38	1.00
39	ขั้นงานที่ 39	0.50
40	ขั้นงานที่ 40	0.45
41	ขั้นงานที่ 41	0.50
42	ขั้นงานที่ 42	0.67
43	ขั้นงานที่ 43	5.45
44	ขั้นงานที่ 44	0.75
45	ขั้นงานที่ 45	0.42
46	ขั้นงานที่ 46	1.33
47	ขั้นงานที่ 47	0.25
48	ขั้นงานที่ 48	0.25
49	ขั้นงานที่ 49	0.75
50	ขั้นงานที่ 50	0.75
51	ขั้นงานที่ 51	0.45
52	ประกอบชิ้นส่วนในห้องเก็บของหลัง	1.28

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข14 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
53	ประกอบชั้นวางของหลัง	1.67
54	ประกอบ แผ่นครอบฝาท้าย	1.50
55	เดินสายไฟราง RBA	4.00
56	ขั้นงานที่ 56	4.83
57	ขั้นงานที่ 57	0.50
58	ขั้นงานที่ 58	5.17
59	ขั้นงานที่ 59	1.17
60	ขั้นงานที่ 60	3.00
61	ขั้นงานที่ 61	0.67
62	ขั้นงานที่ 62	1.17
63	ขั้นงานที่ 63	0.00
64	ขั้นงานที่ 64	2.00
65	ขั้นงานที่ 65	0.00
66	ขั้นงานที่ 66	0.00
67	ขั้นงานที่ 67	10.28
68	ขั้นงานที่ 68	0.83
69	ประกอบ โช๊คฝากระโปรงหน้าซ้าย	1.78

ตารางที่ ข15 เวลาการทำงานของสถานีงานใหม่

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
70	ประกอบ โช๊คฝากระโปรงหน้าขวา	4.2
71	ประกอบ ชุดล็อคฝากระโปรงหน้าซ้าย	5
72	ประกอบ ชุดล็อคฝากระโปรงหน้าขวา	4.5
73	ขั้นงานที่ 73	1
74	ขั้นงานที่ 74	0.42
75	ขั้นงานที่ 75	0.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข15 เวลาการทำงานของสถานีงานใหม่

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
76	ขั้นงานที่ 76	3.83
77	ขั้นงานที่ 77	2
78	ขั้นงานที่ 78	1.83
79	ขั้นงานที่ 79	1.33
80	ขั้นงานที่ 80	0
81	ขั้นงานที่ 81	0.82
82	ขั้นงานที่ 82	0.92
83	ขั้นงานที่ 83	2
84	ประกอบคอนโทรลยูนิต ในห้องเก็บของด้านซ้าย	28.52

ตารางที่ ข16 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
85	ประกอบชุดคอนโทรลเบาะหลัง	4.2
86	ประกอบชุดขยายสัญญาณเสียงในห้องเก็บของหลังด้านซ้าย	0.95
87	ประกอบชุดคอนโทรลซันรูฟ	1.67
88	ขั้นงานที่ 88	2.33
89	ขั้นงานที่ 89	4.17
90	ขั้นงานที่ 90	3.17
91	ขั้นงานที่ 91	0.7
92	ขั้นงานที่ 92	0.7
93	ขั้นงานที่ 93	0.45
94	ขั้นงานที่ 94	0.45
95	ขั้นงานที่ 95	0.53
96	ขั้นงานที่ 96	0.53
97	ขั้นงานที่ 97	0.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข16 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
98	ขั้นงานที่ 98	2.17
99	ขั้นงานที่ 99	0
100	ขั้นงานที่ 100	4.5
101	ประกอบชุดถังน้ำฉีดกระจก	3.5

ตารางที่ ข17 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
101	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าซ้าย	2.58
102	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าขวา	2.33
103	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหลังตัวหลังซ้าย	2.50
104	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหลังตัวหลังขวา	2.17
105	ขั้นงานที่ 105	0.58
106	ขั้นงานที่ 106	0.83
107	ขั้นงานที่ 107	0.50
108	ขั้นงานที่ 108	0.42
109	ขั้นงานที่ 109	0.67
110	ขั้นงานที่ 110	0.58
111	ขั้นงานที่ 111	1.17
112	ขั้นงานที่ 112	1.25
113	ขั้นงานที่ 113	0.83
114	ขั้นงานที่ 114	0.67
115	ขั้นงานที่ 115	1.00
116	ขั้นงานที่ 116	1.37
117	ขั้นงานที่ 117	1.52
118	ขั้นงานที่ 118	0.00
119	ขั้นงานที่ 119	0.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข17 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
120	ขั้นงานที่ 120	0.58
121	ขั้นงานที่ 121	0.17
122	ขั้นงานที่ 122	0.17
123	ขั้นงานที่ 123	0.17
124	ขั้นงานที่ 124	0.17
125	ขั้นงานที่ 125	0.50
126	ประกอบโช๊คหลังขวา	0.50

ตารางที่ ข18 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
127	ประกอบกระจกบังลมหน้าเข้ากับตัวถัง	8.05
128	ประกอบชุดก้านปัดน้ำฝนซ้าย	0.83
129	ขั้นงานที่ 129	0.50
130	ขั้นงานที่ 130	8.05
131	ขั้นงานที่ 131	0.67
132	ขั้นงานที่ 132	0.67
133	ประกอบไฟในห้องโดยสารด้านหน้า	2.17

ตารางที่ ข19 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 7

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
134	ประกอบจอคอมมานด์หน้า	0.00
135	ประกอบ คอนโซลกลาง	5.35
136	ประกอบวิทยุ	6.67
137	ขั้นงานที่ 137	1.03
138	ขั้นงานที่ 138	1.40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข20 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 8

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
139	ขั้นงานที่ 139	4.83
140	ขั้นงานที่ 140	5.00
141	ขั้นงานที่ 141	1.67
142	ขั้นงานที่ 142	3.00
143	ขั้นงานที่ 143	0.70
144	ขั้นงานที่ 144	0.00
145	ขั้นงานที่ 145	0.00
146	ขั้นงานที่ 146	1.00
147	ขั้นงานที่ 147	1.00
148	ประกอบพรมพื้นด้านในห้องโดยสารหลัง	1.50

ตารางที่ ข21 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 9

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
149	ประกอบกาบชายล่างซ้าย	1.83
150	ประกอบกาบชายล่างขวา	2.17
151	ประกอบสักหลาดขอบประตูหน้าซ้าย	5.50
152	ประกอบสักหลาดขอบประตูหน้าขวา	4.08
153	ขั้นงานที่ 153	4.00
154	ขั้นงานที่ 154	6.00
155	ขั้นงานที่ 155	0.50
156	ขั้นงานที่ 156	0.58
157	ขั้นงานที่ 157	0.42
158	ประกอบตัวล็อคหูกลอนประตูหลังขวา	0.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข22 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 10

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
159	ประกอบประตูหน้าซ้ายเข้ากับตัวรถ	3.50
160	ขั้นงานที่ 160	4.00
161	ขั้นงานที่ 161	3.67
162	ขั้นงานที่ 162	3.67
163	IS Tester	15.00

เวลาในแต่ละสถานีงานของรุ่น C

ตารางที่ ข23 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 1

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	ประกอบ ชุดถาดยางอะไหล่	0.23
2	ประกอบลูกยางเสาหน้าซ้าย	0.18
3	ประกอบลูกยางเสาหน้าขวา	0.27
4	ขั้นงานที่ 4	0.20
5	ขั้นงานที่ 5	0.23
6	ขั้นงานที่ 6	0.20
7	ขั้นงานที่ 7	0.30
8	ขั้นงานที่ 8	0.28
9	ขั้นงานที่ 9	0.93
10	ขั้นงานที่ 10	0.23
11	ขั้นงานที่ 11	0.23
12	ขั้นงานที่ 12	0.27
13	ขั้นงานที่ 13	0.32
14	ขั้นงานที่ 14	0.32
15	ขั้นงานที่ 15	0.30
16	ขั้นงานที่ 16	0.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข23 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
17	ขั้นงานที่ 17	0.18
18	ขั้นงานที่ 18	0.18
19	ขั้นงานที่ 19	0.28
20	ขั้นงานที่ 20	0.12
21	ขั้นงานที่ 21	0.22
22	ขั้นงานที่ 22	0.18
23	ขั้นงานที่ 23	0.28
24	ขั้นงานที่ 24	0.22
25	ขั้นงานที่ 25	0.37
26	ขั้นงานที่ 26	1.10
27	ขั้นงานที่ 27	1.02
28	ขั้นงานที่ 28	2.08
29	ขั้นงานที่ 29	1.47
30	ขั้นงานที่ 30	1.73
31	ขั้นงานที่ 31	2.52
32	ขั้นงานที่ 32	2.42
33	ประกอบชุดท่อเบรคหน้าห้องเครื่อง	1.70

ตารางที่ ข24 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 2

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
34	ประกอบแดมปิ้งแผงกั้นหน้าเครื่องขวา	0.85
35	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหน้า ซ้าย	1.07
36	ประกอบแดมปิ้งใต้เบาะนั่งหน้า ขวา	0.37
37	ขั้นงานที่ 37	0.43
38	ขั้นงานที่ 38	1.02
39	ขั้นงานที่ 39	0.53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข24 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
40	ขั้นงานที่ 40	0.60
41	ขั้นงานที่ 41	0.60
42	ขั้นงานที่ 42	0.72
43	ขั้นงานที่ 43	5.58
44	ขั้นงานที่ 44	0.87
45	ขั้นงานที่ 45	0.48
46	ขั้นงานที่ 46	1.40
47	ขั้นงานที่ 47	0.33
48	ขั้นงานที่ 48	0.35
49	ขั้นงานที่ 49	0.77
50	ขั้นงานที่ 50	0.85
51	ขั้นงานที่ 51	0.50
52	ประกอบชิ้นส่วนในห้องเก็บของหลัง	1.33

ตารางที่ ข25 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 3

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
53	ประกอบชั้นวางของหลัง	4.63
54	ประกอบ แผ่นครอบฝาท้าย	4.32
55	เดินสายไฟราง RBA	4.28
56	ขั้นงานที่ 56	0.98
57	ขั้นงานที่ 57	1.70
58	ขั้นงานที่ 58	2.35
59	ขั้นงานที่ 59	4.27
60	ขั้นงานที่ 60	3.20
61	ขั้นงานที่ 61	0.77
62	ขั้นงานที่ 62	0.80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข25 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
63	ขั้นงานที่ 63	0.55
64	ขั้นงานที่ 64	0.47
65	ขั้นงานที่ 65	0.68
66	ขั้นงานที่ 66	0.68
67	ขั้นงานที่ 67	0.37
68	ขั้นงานที่ 68	2.30
69	ขั้นงานที่ 69	0.10
70	ขั้นงานที่ 70	4.57
71	ขั้นงานที่ 71	3.58
72	ขั้นงานที่ 72	2.62
73	ขั้นงานที่ 73	2.48
74	ขั้นงานที่ 74	2.52
75	ขั้นงานที่ 75	2.25
76	ขั้นงานที่ 76	0.65
77	ขั้นงานที่ 77	0.87
78	เดินสายไฟราง RBA หน้าห้องเครื่อง	0.63

ตารางที่ ข26 เวลาการทำงานของสถานีงานใหม่

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
79	เดินสายไฟด้านซ้ายชุดแผงหน้าปัทม์	1.42
80	เดินสายไฟราง RBA ห้องเก็บของหลัง	7.00
81	ประกอบคอนโทรลเครื่อง	0.83
82	ขั้นงานที่ 82	0.50
83	ขั้นงานที่ 83	0.42
84	ขั้นงานที่ 84	4.17
85	ขั้นงานที่ 85	2.17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข26 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
86	ขั้นงานที่ 86	1.75
87	ขั้นงานที่ 87	1.50
88	ขั้นงานที่ 88	0.00
89	ขั้นงานที่ 89	0.78
90	ขั้นงานที่ 90	0.85
91	ขั้นงานที่ 91	1.67
92	ขั้นงานที่ 92	5.00
93	ขั้นงานที่ 93	4.42
94	ขั้นงานที่ 94	0.48
95	ขั้นงานที่ 95	0.72
96	ขั้นงานที่ 96	0.60
97	ขั้นงานที่ 97	1.25
98	ขั้นงานที่ 98	7.1
99	ขั้นงานที่ 99	5.9
100	ขั้นงานที่ 100	5.5
101	ขั้นงานที่ 101	1.1
102	ขั้นงานที่ 102	0.98
103	ขั้นงานที่ 103	0.73
104	ขั้นงานที่ 104	1.15
105	ขั้นงานที่ 105	1.40
106	ขั้นงานที่ 106	1.57
107	ขั้นงานที่ 107	0.02
108	ขั้นงานที่ 108	0.77
109	ขั้นงานที่ 109	0.73
110	ขั้นงานที่ 110	0.22
111	ขั้นงานที่ 111	0.32
112	ขั้นงานที่ 112	0.28

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข26 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
113	ขั้นงานที่ 113	0.28
114	ขั้นงานที่ 114	0.57
115	ขั้นงานที่ 115	0.57
116	ขั้นงานที่ 116	8.1
117	ขั้นงานที่ 117	1.3
118	ขั้นงานที่ 118	8.1
119	ขั้นงานที่ 119	3.1
120	ขั้นงานที่ 120	0.7
121	ประกอบชุด SAM หลัง	2.3

ตารางที่ ข27 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 4

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
122	ประกอบชุด SAM หน้า	1.5
123	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าซ้าย	5.0
124	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าขวา	5.1
125	ขั้นงานที่ 125	1.7
126	ขั้นงานที่ 126	3.0
127	ขั้นงานที่ 127	0.7
128	ขั้นงานที่ 128	3.0
129	ขั้นงานที่ 129	3.0
130	ขั้นงานที่ 130	1.1
131	ขั้นงานที่ 131	1.0
132	ขั้นงานที่ 132	2.1
133	ขั้นงานที่ 133	1.9
134	ขั้นงานที่ 134	2.3
135	ขั้นงานที่ 135	5.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข27 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
136	ขั้นงานที่ 136	4.2
137	ขั้นงานที่ 137	4.1
138	ขั้นงานที่ 138	6.1
139	ขั้นงานที่ 139	0.6
140	ขั้นงานที่ 140	0.7
141	ขั้นงานที่ 141	0.5
142	ขั้นงานที่ 142	0.6
143	ขั้นงานที่ 143	3.5
144	ขั้นงานที่ 144	4.1
145	ขั้นงานที่ 145	3.8
146	ขั้นงานที่ 146	3.8
147	ประกอบโช๊คหลังซ้าย	20.0

ตารางที่ ข28 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 5

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
148	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าซ้าย	2.62
149	ประกอบชุดเข็มขัดนิรภัยหน้าขวา	2.48
150	ขั้นงานที่ 150	2.52
151	ขั้นงานที่ 151	2.25
152	ขั้นงานที่ 152	0.65
153	ขั้นงานที่ 153	0.87
154	ขั้นงานที่ 154	0.63
155	ขั้นงานที่ 155	0.48
156	ขั้นงานที่ 156	0.72
157	ขั้นงานที่ 157	0.60
158	ขั้นงานที่ 158	1.25

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข28 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
159	ขั้นงานที่ 159	1.38
160	ขั้นงานที่ 160	0.98
161	ขั้นงานที่ 161	0.73
162	ขั้นงานที่ 162	1.15
163	ขั้นงานที่ 163	1.40
164	ขั้นงานที่ 164	1.57
165	ขั้นงานที่ 165	0.02
166	ขั้นงานที่ 166	0.77
167	ขั้นงานที่ 167	0.73
168	ขั้นงานที่ 168	0.22
169	ขั้นงานที่ 169	0.32
170	ขั้นงานที่ 170	0.28
171	ขั้นงานที่ 171	0.28
172	ขั้นงานที่ 172	0.57
173	ประกอบโช๊คหลังขวา	0.57
159	ขั้นงานที่ 159	1.38
160	ขั้นงานที่ 160	0.98
161	ขั้นงานที่ 161	0.73
162	ขั้นงานที่ 162	1.15
163	ขั้นงานที่ 163	1.40
164	ขั้นงานที่ 164	1.57
165	ขั้นงานที่ 165	0.02
166	ขั้นงานที่ 166	0.77
167	ขั้นงานที่ 167	0.73
168	ขั้นงานที่ 168	0.22
169	ขั้นงานที่ 169	0.32
170	ขั้นงานที่ 170	0.28

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข28 (ต่อ)

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
171	ขั้นงานที่ 171	0.28
172	ขั้นงานที่ 172	0.57
173	ประกอบโช๊คหลังขวา	0.57

ตารางที่ ข29 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 6

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
174	ประกอบกระจกบังลมหน้าเข้ากับตัวถัง	1.25
175	ประกอบชุดก้านปัดน้ำฝนซ้าย	1.25
176	ประกอบชุดก้านปัดน้ำฝนขวา	8.05
177	ขั้นงานที่ 177	3.07
178	ขั้นงานที่ 178	0.72
179	ประกอบไฟในห้องโดยสารด้านหน้า	2.28

ตารางที่ ข30 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 7

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
180	ประกอบจอคอมมานด์หน้า	7.10
181	ประกอบ คอนโซลกลาง	5.87
182	ขั้นงานที่ 182	5.50
183	ขั้นงานที่ 183	1.12
184	ขั้นงานที่ 184	1.50
185	ประกอบชุดแอร์กลาง	7.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข31 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 8

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
186	ประกอบเบาะนั่งหน้าซ้าย	4.95
187	ประกอบเบาะนั่งหน้าขวา	5.10
188	ประกอบเบาะนั่งหลัง	1.72
189	ขั้นงานที่ 189	3.02
190	ขั้นงานที่ 190	0.73
191	ขั้นงานที่ 191	3.00
192	ขั้นงานที่ 192	3.00
193	ขั้นงานที่ 192	1.05
194	ขั้นงานที่ 194	1.03
195	ประกอบพรมพื้นด้านในห้องโดยสารหลัง	2.12

ตารางที่ ข32 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 9

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
196	ประกอบกาบชายล่างซ้าย	1.90
197	ประกอบกาบชายล่างขวา	2.28
198	ประกอบสักหลาดขอบประตูหน้าซ้าย	5.65
199	ขั้นงานที่ 199	4.17
200	ขั้นงานที่ 200	4.13
201	ขั้นงานที่ 201	6.05
202	ขั้นงานที่ 202	0.60
203	ขั้นงานที่ 203	0.67
204	ขั้นงานที่ 204	0.48
205	ประกอบตัวล็อคหูกลอนประตูหลังขวา	0.58

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ข33 เวลาการทำงานของสถานีงานที่ 10

ขั้นงาน	การประกอบ	เวลาที่ใช้ (นาที)
206	ประกอบประตูหน้าซ้ายเข้ากับตัวรถ	3.53
207	ประกอบประตูหน้าขวาเข้ากับตัวรถ	4.08
208	ขั้นงานที่ 208	3.75
209	ขั้นงานที่ 209	3.77
210	ขั้นงานที่ 210	20.00
211	ขั้นงานที่ 211	3.53
212	IS Tester	4.08

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลเวลาในแต่ละสถานีงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ค1 เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น A

Station	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	19.42	22.46	27.98	29.25	24.74	27.12	25.32	23.72	27.56	27.92
2	16.93	19.42	23.36	24.11	19.97	22.39	20.61	19.54	22.61	22.62
3	58.12	60.15	64.81	64.05	61.00	63.62	56.95	58.82	62.21	63.75
4	39.22	41.71	45.65	44.39	41.46	44.68	41.10	41.03	44.30	44.91
5	18.47	21.32	26.91	27.32	21.13	24.37	20.65	21.02	23.71	24.88
6	19.78	20.56	22.15	21.31	20.44	21.84	20.34	20.30	21.55	21.84
7	17.60	18.06	19.28	18.90	17.58	19.18	16.55	17.57	18.81	19.14
8	18.83	20.06	21.31	21.18	20.65	20.63	18.70	20.31	21.02	21.07
9	23.47	24.34	25.94	25.99	24.19	25.47	22.48	23.97	25.31	25.73
10	27.00	27.72	29.36	28.40	27.52	28.88	26.61	27.41	28.61	28.99

ตารางที่ ค2 เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น B

Station	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	17.53	20.57	26.09	27.36	22.85	25.23	23.43	21.83	25.67	26.03
2	17.17	19.66	23.60	24.34	20.21	22.63	20.85	19.78	22.85	22.86
3	58.38	60.41	65.07	64.32	61.26	63.88	57.21	59.08	62.47	64.01
4	39.05	41.54	45.48	44.23	41.29	44.51	40.93	40.86	44.13	44.74
5	23.88	23.85	29.44	29.85	23.66	26.90	23.18	23.55	26.24	27.41
6	20.93	21.71	23.30	22.46	21.59	22.99	21.49	21.45	22.70	22.99
7	14.45	14.91	16.13	15.75	14.43	16.03	13.40	14.42	15.66	15.99
8	18.70	19.93	21.18	21.05	20.52	20.50	18.57	20.18	20.89	20.94
9	25.58	26.45	28.05	28.11	26.30	27.58	24.59	26.08	27.42	27.84
10	29.83	30.55	32.19	31.23	30.35	31.71	29.44	30.24	31.44	31.82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ค3 เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น C

Station	X1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	59.13	60.16	62.55	58.86	59.84	60.29	57.49	60.38	59.34	58.86
2	170.77	170.09	169.58	172.625	171.83	172.86	172.32	168.24	167.7	169.11
3	124.01	123.96	123.5	121.92	123.79	124.41	126.49	124.92	126.04	122.5
4	98.1	105.42	99.62	99.39	103.892	100.311	102.04	103.51	101.98	105.38
5	105.72	107.24	106.65	107.79	106.91	99.53	99.97	102.325	100.70	103.05
6	64.12	64.38	66.37	70.1	68.61	66.55	64.97	66.21	64.55	65.612

ตารางที่ ค4 เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น C 10 สถานีงาน

Station	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	20.87	23.91	29.43	30.70	26.19	28.57	26.77	25.17	29.01	29.37
2	18.65	21.14	25.08	25.83	21.69	24.11	22.33	21.26	24.33	24.34
3	60.80	62.54	67.18	66.80	63.33	65.95	59.00	61.13	64.57	66.15
4	40.60	43.09	47.03	45.78	42.84	46.06	42.48	42.41	45.68	46.29
5	26.03	25.92	31.51	31.92	25.73	28.97	25.25	25.62	28.31	29.48
6	24.67	25.45	27.04	26.19	25.33	26.73	25.23	25.19	26.44	26.73
7	21.08	21.54	22.76	22.38	21.06	22.66	20.03	21.05	22.29	22.62
8	25.72	26.48	27.38	27.77	27.44	26.56	26.34	26.98	27.06	27.26
9	26.52	27.59	29.29	29.44	27.12	29.14	25.17	27.02	28.95	29.28
10	35.13	35.85	37.49	36.53	35.65	37.01	34.74	35.54	36.74	37.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ค5 เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น A 11 สถานีงาน

Station	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	19.42	22.46	27.98	29.25	24.74	27.12	25.32	23.72	27.56	27.92
2	16.93	19.42	23.36	24.11	19.97	22.39	20.61	19.54	22.61	22.62
3	32.44	33.95	36.82	36.15	34.15	36.10	32.68	33.28	35.50	36.22
4	32.44	33.95	36.82	36.15	34.15	36.10	32.68	33.28	35.50	36.22
Add	32.44	33.95	36.82	36.15	34.15	36.10	32.68	33.28	35.50	36.22
5	18.47	21.32	26.91	27.32	21.13	24.37	20.65	21.02	23.71	24.88
6	19.78	20.56	22.15	21.31	20.44	21.84	20.34	20.30	21.55	21.84
7	17.60	18.06	19.28	18.90	17.58	19.18	16.55	17.57	18.81	19.14
8	18.83	20.06	21.31	21.18	20.65	20.63	18.70	20.31	21.02	21.07
9	23.47	24.34	25.94	25.99	24.19	25.47	22.48	23.97	25.31	25.73
10	27.00	27.72	29.36	28.40	27.52	28.88	26.61	27.41	28.61	28.99

ตารางที่ ค6 เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น B 11 สถานีงาน

Station	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	17.53	20.57	26.09	27.36	22.85	25.23	23.43	21.83	25.67	26.03
2	17.17	19.66	23.60	24.34	20.21	22.63	20.85	19.78	22.85	22.86
3	32.48	33.98	36.85	36.18	34.18	36.13	32.71	33.31	35.53	36.25
4	32.48	33.98	36.85	36.18	34.18	36.13	32.71	33.31	35.53	36.25
Add	32.48	33.98	36.85	36.18	34.18	36.13	32.71	33.31	35.53	36.25
5	23.88	23.85	29.44	29.85	23.66	26.90	23.18	23.55	26.24	27.41
6	20.93	21.71	23.30	22.46	21.59	22.99	21.49	21.45	22.70	22.99
7	14.45	14.91	16.13	15.75	14.43	16.03	13.40	14.42	15.66	15.99
8	18.70	19.93	21.18	21.05	20.52	20.50	18.57	20.18	20.89	20.94
9	25.58	26.45	28.05	28.11	26.30	27.58	24.59	26.08	27.42	27.84
10	29.83	30.55	32.19	31.23	30.35	31.71	29.44	30.24	31.44	31.82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ ค7 เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของรุ่น C 11 สถานีงาน

Station	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	20.87	23.91	29.43	30.70	26.19	28.57	26.77	25.17	29.01	29.37
2	18.65	21.14	25.08	25.83	21.69	24.11	22.33	21.26	24.33	24.34
3	33.80	35.21	38.07	37.53	35.39	37.34	33.83	34.51	36.75	37.48
4	33.80	35.21	38.07	37.53	35.39	37.34	33.83	34.51	36.75	37.48
Add	33.80	35.21	38.07	37.53	35.39	37.34	33.83	34.51	36.75	37.48
5	26.03	25.92	31.51	31.92	25.73	28.97	25.25	25.62	28.31	29.48
6	24.67	25.45	27.04	26.19	25.33	26.73	25.23	25.19	26.44	26.73
7	21.08	21.54	22.76	22.38	21.06	22.66	20.03	21.05	22.29	22.62
8	25.72	26.48	27.38	27.77	27.44	26.56	26.34	26.98	27.06	27.26
9	26.52	27.59	29.29	29.44	27.12	29.14	25.17	27.02	28.95	29.28
10	35.13	35.85	37.49	36.53	35.65	37.01	34.74	35.54	36.74	37.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวฤทัย รุ้งสีทอง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 19 มิถุนายน 2527
สถานที่เกิด	พิจิตร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ.(วิศวกรรมศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (พ.ศ. 2550)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นิสิตปริญญาโท
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์