การวางแผนทรัพยากรสำหรับเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์ โดยการใช้แบบจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

นายพันธกานต์ ศรีโสภา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RESOURCE PLANNING FOR METROLOGY EQUIPMENT IN ELECTRONICS COMPONENT INDUSTRY USING COMPUTER SIMULATION

Mr. Phanthakarn Srisopha

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนทรัพยากรสำหรับเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์โดยการใช้แบบจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์
โดย	นายพันธกานต์ ศรีโสภา
สาขาวิชา	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พันธกานต์ ศรีโสภา : การวางแผนทรัพยากรสำหรับเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์โดยการใช้แบบจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์. (Resource Planning for Metrology Equipment in Electronics Component Industry Using Computer Simulation) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ, 145 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้ได้มุ่งเน้นการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผนจัดสรรทรัพยากรเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์ ซึ่งเครื่องมือวัดเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการผลิต เนื่องจากผลิตภัณฑ์จำเป็นที่ต้องมีความแม่นยำสูง ซึ่งเครื่องมือวัดมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตในโรงงานกรณีศึกษาใน 3 สายการผลิต ผลิตภัณฑ์จากสายการผลิตจะถูกส่งไปตรวจสอบที่ห้องเครื่องมือวัด ซึ่งมีเครื่องมือวัด 3 ประเภท จากการศึกษาพบว่าปัจจุบันเกิดปัญหาการการรอคอยเพื่อตรวจสอบของผลิตภัณฑ์และมีการเดินเปล่าของเครื่องมือวัดจากการวิเคราะห์พบสาเหตุจากปัจจัยดังนี้ 1.) การวิธีขนถ่ายงานไม่เหมาะสมในการส่งงานไปที่เครื่องมือวัด 2.) ยังไม่มีการวางแผนในการจัดสรรเครื่องมือวัด

แบบจำลองปัญหาได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้วิเคราะห์กระบวนการในโรงงาน ในการทดลองเพื่อลดเวลารอคอยของผลิตภัณฑ์และเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดได้ พิจารณาใน 3 ปัจจัยในการทดลอง คือ การกำหนดจำนวนเครื่องมือวัด, จำนวนพนักงานขนถ่ายงาน และจำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด ผลการทดลองพบว่า ด้วยการใช้จำนวนเครื่องมือวัดประเภทตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน (vision measurement equipment) 3 เครื่อง เครื่องมือวัดประเภทตรวจสอบแรงกดของชิ้นงาน (gram measurement equipment) 1 เครื่อง พนักงานขนถ่าย 1 คน และ พนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด 1 คน จะสามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยในทุกโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภทตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน ลดลง 33.97% และเครื่องมือวัดประเภทตรวจสอบแรงกดของชิ้นงานได้ลดลง 29.75% ในขณะที่อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภทตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน และเครื่องมือวัดประเภทตรวจสอบแรงกดของชิ้นงาน เพิ่มขึ้น 36.65% และ 26.50% ตามลำดับ

ภาควิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต:.....
สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:.....
ปีการศึกษา: 2551

4971506921 : MAJOR Industrial Engineering

KEY WORD: RESOURCE PLANNING / LOGISTICS / SIMULATION / PROMODEL

PHANTHAKARN SRISOPHA : RESOURCE PLANNING FOR METROLOGY EQUIPMENT IN ELECTRONICS COMPONENT INDUSTRY USING COMPUTER SIMULATION. THESIS PRINCIPAL ADVISOR: ASST. PROF. WIPAWEE THARMMAPHORNPHILAS, PH.D. 145 pp.

This research applies simulation technique to solve resource planning problem. In electronics component industry, metrology equipment is one of the important resources. Since this industry involves in producing high precision products, metrology equipment is used in various steps of the production process.

We study the process of a factory that includes 3 production lines. Products from each production line are sent to be inspected in the metrology room, which contains different types of metrology tools. Currently, waiting time of products is high and sometimes metrology tools are idle. From the analysis, we found that 1) the factory does not have a proper logistics method to transfer the products from the production lines to the metrology room; 2) there is no resource planning for metrology tools.

The simulation model was developed to analyze the process of the factory. There are 3 factors are considered in the experiment to improve utilization of the metrology tools and reduce the waiting time of the products including the number of metrology equipments, the number of material handling staffs and the number of equipment controllers. By using 3 vision measurement equipment, 1 gram measurement equipment, 1 material handling staff, and 1 equipment controller, the experimental results show that the waiting time of the products going to vision measurement and gram measurement equipment can be 33.97% and 29.75% reduced, while the utilization of vision measurement and gram measurement equipment can be 36.65% and 26.50% increased.

Department: Industrial Engineering Student's Signature.....

Field of Study: Industrial Engineering Principal Advisor's Signature.....

Academic Year: 2008

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทางผู้บริหาร พนักงานทุกท่านในแผนกวิศกรรมอุตสาการและแผนกอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ของโรงงานกรณีศึกษา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในช่วงของการเก็บข้อมูล และให้ความร่วมมือในการแบ่งปันข้อมูลเพื่อให้การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ที่ได้สละเวลาในการให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยแก่ ข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยสนับสนุน ช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านและให้กำลังใจเมื่อข้าพเจ้าพบกับอุปสรรคระหว่างการทำวิจัย และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการแก่ผู้วิจัย จนสามารถทำงานวิจัยนี้สำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยดำเนินงาน 4

1.5 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 ทฤษฎีการวัด 8

2.2 ทฤษฎีการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Simulation) 9

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

3 รายละเอียดของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา 20

3.1 ภาพรวมบริษัท 20

3.2 ปัญหาที่พบ 24

4 การสร้างแบบจำลองปัญหา 29

4.1 การตั้งปัญหา และการให้คำจำกัดความของระบบงาน 29

4.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 38

บทที่ หน้า

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 39
4.4 การกำหนดรูปแบบในการรันแบบจำลอง 55
4.5 การพิสูจน์ยืนยัน (Verification) 58
4.6 การทดสอบความถูกต้อง (Validation) 63
4.7 การออกแบบแบบจำลอง 68

5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง 72
5.1 ผลการทดลองการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท ตรวจสอบรูปร่างชิ้นงาน ด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน (Vision Measurement) 74
5.1.1 ผลการทดลองเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบ 74
5.1.2 ผลการทดลองอัตราการใช้ประโยชน์ 76
5.2 ผลการทดลองการจัดสรรเครื่องตรวจสอบแรงกดของชิ้นงาน(Gram Measurement) 77
5.2.1 ผลการทดลองเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบ 77
5.2.2 ผลการทดลองอัตราการใช้ประโยชน์ 79

6 สรุปผลการวิจัย 86
6.1 สรุปผลการวิจัย 86
6.1.1 ผลการวิจัยในการจัดสรรจำนวนเครื่องมือวัดวัดประเภท ตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน (Vision Measurement) 86
6.1.2 ผลการวิจัยในการจัดสรรจำนวนเครื่องมือวัดประเภทเครื่องตรวจสอบแรงกดของชิ้นงานหลังจากชิ้นงานถูกดัน (Gram Measurement) 87
6.2 อุปสรรคในการวิจัย 88
6.3 ข้อเสนอแนะ 89
6.4 สรุปท้ายบท 90

หน้า

รายการอ้างอิง 91
ภาคผนวก 93
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง 94
ภาคผนวก ข การสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรม ProModel 108
ภาคผนวก ค การแสดงการทำงานและรายงานจากการจำลองสถานการณ์ 121
ภาคผนวก ง คำสั่งในการเขียนแบบจำลองการทำงานของเครื่องมือวัด 128
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 145

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนขั้นตอนการศึกษาวิจัยดำเนินงาน 6

ตารางที่ 3.1 การวางแผนจำนวนงานในการวัดผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต 25

ตารางที่ 3.1 จำนวนงานที่วัดได้ ในช่วงเดือน ธันวาคม 2550 ถึง มกราคม 2551 25

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการระบบการวัดงาน 30

ตารางที่ 4.2 รายการเครื่องมือวัดที่มีการดำเนินงานในปัจจุบัน 39

ตารางที่ 4.3 อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement ก่อนการจัดสรร 40

ตารางที่ 4.4 อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement ก่อนการจัดสรร 41

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด 44

ตารางที่ 4.6 ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. (Percentage of relative precision - %R.P.) ของข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด 45

ตารางที่ 4.7 ผลที่การทดสอบการกระจายของข้อมูลช่วงเวลาที่ส่งงานไปวัดงานที่เครื่องมือวัด 48

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการกระจายของข้อมูลช่วงเวลาและจำนวนงานที่ส่งไปวัดงานที่เครื่องมือวัด 50

ตารางที่ 4.9 ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. (Percentage of relative precision - %R.P.) ของข้อมูลเวลาในการวัดงาน 52

ตารางที่ 4.10 เวลาในการวัดงานในแต่ละโปรแกรมการวัด 53

ตารางที่ 4.11 วิธีการกำหนดเวลามาตรฐาน หรือ MTM-2 54

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้ง 2 ระบบ 63

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดจากการดำเนินงานจริง 65

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลจากแบบจำลอง 67

ตารางที่ 4.15 การออกแบบการทดลองการจัดสรรทรัพยากรของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement 71

ตารางที่ 4.16 การออกแบบการทดลองการจัดสรรทรัพยากรของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement 71

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 5.1 แผนการทดลองเพื่อการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement 72
ตารางที่ 5.2 แผนการทดลองเพื่อการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement 73
ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement 74
ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement 76
ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement 77
ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement 79
ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบเวลารอคอยก่อนและหลังการจัดสรรในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement 82
ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบอัตราการใช้ประโยชน์ก่อนและหลังการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement 83
ตารางที่ 5.9 การเปรียบเทียบเวลารอคอยก่อนและหลังการจัดสรรในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement 85
ตารางที่ 5.10 การเปรียบเทียบอัตราการใช้ประโยชน์ก่อนและหลังการจัดสรรของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement 85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 การมองการวัดในมุมมองด้านเป้าหมายและมุมมองด้านกระบวนการ 8

รูปที่ 3.1 แขนจับหัวอ่านซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในอุปกรณ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 20

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการประกอบแขนจับหัวอ่านซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในอุปกรณ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 21

รูปที่ 3.3 การทำงานของแขนจับหัวอ่าน (Suspension) เพื่อรักษาระดับเพดานบิน (Flying height) 22

รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการผลิตกับการวัดผลิตภัณฑ์ 23

รูปที่ 3.5 แผนภูมิเปรียบเทียบจำนวนงานที่ควรวัดได้ตามแผนคือ 100 เปอร์เซ็นต์ กับเปอร์เซ็นต์งานที่วัดได้ 26

รูปที่ 3.6 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดการเดินเปล่าต่อเครื่องมือวัดต่อวัน 26

รูปที่ 4.1 สัญลักษณ์กระบวนการก่อนการล้าง (Front End Process) 30

รูปที่ 4.2 สัญลักษณ์กระบวนการล้าง (Cleaning Process) 31

รูปที่ 4.3 สัญลักษณ์กระบวนการหลังการล้าง (Front End Process) 31

รูปที่ 4.4 สัญลักษณ์กระบวนการตรวจวัดงานในแต่ละกระวนการผลิต (Audit) 31

รูปที่ 4.5 สัญลักษณ์การวัดประเภท Vision Measurement 32

รูปที่ 4.6 สัญลักษณ์การวัดประเภท Gram Measurement 32

รูปที่ 4.7 สัญลักษณ์การวัดประเภท Pitch & Roll Measurement 33

รูปที่ 4.8 แผนผังกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่านและกระบวนการวัดผลิตภัณฑ์ 34

รูปที่ 4.9 ผังการดำเนินงานของการวัดงาน และผังการดำเนินงานที่นำมาสร้างแบบจำลอง 37

รูปที่ 4.10 ระบบการดำเนินงานต่อ 1 สายการผลิตและการจัดสรรโปรแกรมการวัด 42

รูปที่ 4.11 โปรแกรม Stat fit เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล 47

รูปที่ 4.12 การกระจายของข้อมูลช่วงเวลาที่ส่งงานไปวัดงานที่เครื่องมือวัด 48

รูปที่ 4.13 การใส่ข้อมูลการความเร็วในการเดินทางของพนักงานในโปรแกรม ProModel 55

รูปที่ 4.14 กราฟ Moving Average ของอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดทุกเครื่องในแบบจำลอง 57

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.15 ระยะของผังโรงงานที่สร้างขึ้นมาจากขนาดสายการผลิตจริง 59
รูปที่ 4.16 ผังสายการผลิตที่มีการกำหนดระยะห่างของสายการผลิต 59
รูปที่ 4.17 คำสั่งการกำหนดระยะห่างของ Grid 60
รูปที่ 4.18 ระยะห่างของ Grid กับระยะห่างของผังสายการผลิตในแบบจำลอง 60
รูปที่ 4.19 การใช้คำสั่ง Trace Continuous และ Filtered Trace ในโปรแกรม ProModel 62
รูปที่ 4.20 ผลการบันทึกการดำเนินงานเพื่อการพิสูจน์แบบจำลอง 62
รูปที่ 4.21 ผลจากการทดสอบสมมติฐาน 2 Sample T Test ด้วยโปรแกรม Minitab 64
รูปที่ 4.22 ผลจากการทดสอบสมมติฐาน 2 Paired T Test ด้วยโปรแกรม Minitab 68
รูปที่ 4.23 ผังระบบงานที่ทำการทดลองจัดสรรทรัพยากรเครื่องมือวัดในแบบจำลอง 69
รูปที่ 4.24 ความหมายของการทดลอง 70
รูปที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement 75
รูปที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement 76
รูปที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement 78
รูปที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement 79

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์นั้นมีการแข่งขันสูง โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยี และผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องมีความแม่นยำสูง ดังนั้น การวัดเพื่อตรวจสอบผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งมีอยู่ทุกกระบวนการผลิต ทำให้การจัดสรรทรัพยากรเพื่อใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นสิ่งที่ไม่ได้สร้างมูลค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์แต่มีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการเพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นแก่ลูกค้าว่ามีกระบวนการผลิตที่น่าเชื่อถือ การวางแผนความต้องการเครื่องมือวัดนั้นมีความซับซ้อนเนื่องจากเป็นการวางแผนเพื่อรองรับการผลิตในจำนวนมาก ดังนั้นการที่จะวางแผนและการจัดสรรเครื่องมือวัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงเป็นสิ่งสำคัญ ในปัจจุบันวิธีการวางแผนและการจัดสรรเครื่องมือวัดยังไม่มีความเหมาะสม ทำให้มีการวางแผนเครื่องมือวัดอาจผิดพลาดได้ ซึ่งการดำเนินการวัดชิ้นงานจริงนั้นจำนวนชิ้นงานที่วัดได้ต่ำกว่าจำนวนชิ้นงานในการวัดที่ได้วางแผนไว้กว่า 50% และนอกจากนี้ยังมี การเกิดการเดินเปล่าของเครื่องมือวัด เนื่องจากปริมาณของจำนวนงานที่เข้ามาวัดงานจากการวางแผนกับปริมาณงานการดำเนินงานจริงไม่มีความสอดคล้องกัน ขาดเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการช่วยตัดสินใจ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้และเทคนิคด้านวิศวกรรม มาพัฒนาหาแนวทางแก้ปัญหาระยะสั้นที่สามารถปฏิบัติได้อย่างเร่งด่วนและมีค่าใช้จ่ายต่ำ จึงทำการจำลองแบบปัญหาเพื่อทำการศึกษาการดำเนินงานวัด และเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรเครื่องมือวัด (Metrology) ที่มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับแผนการจัดสรรได้อย่างรวดเร็ว และตรงตามความต้องการของลูกค้าได้

งานวิจัยฉบับนี้ได้มุ่งเน้นการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ในการวิเคราะห์จัดสรรทรัพยากรเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์ เพื่อทำให้การวางแผนในการจัดสรรทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลิตภัณฑ์นั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อัตราการใช้ประโยชน์สูง (Utilization) เวลารอคอยลดลง (Waiting time)

สายการผลิตที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เป็นสายประกอบแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ (Suspension Assembly) ในรุ่น Cadmium ซึ่งมีการใช้เครื่องวัดอยู่ 3 ประเภท รวมเป็นจำนวนทั้งหมด 37 เครื่องเพื่อรองรับการผลิตทั้งหมด 21 สายการผลิต โดยในแต่ละสายการผลิตมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 120,000 ชิ้นต่อสัปดาห์ จากการศึกษาพบว่าในแต่ละวันจะมีการเดินเปล่าของเครื่องมือวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจากการขาดวัตถุดิบ นอกจากนี้โรงงานที่เป็นกรณีศึกษานั้นยังมีการวางแผนความต้องการเครื่องมือวัดที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้วางแผนจำนวนของเครื่องมือวัดไม่

สอดคล้องกับความต้องการ ซึ่งถ้าเครื่องมือวัดมีน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการการรอคอย ผลกระทบทำให้ส่งมอบงานแก่ลูกค้าล่าช้า แต่หากเครื่องมือวัดมีจำนวนมากเกินไปจะทำให้เกิดความสูญเปล่า เช่น เกิดเวลาเดินเปล่า (Idle Time) ของเครื่องมือวัด จากการศึกษาพบว่าปัญหาการเดินเปล่าของเครื่องมือวัดและการรอคอยของวัตถุดิบ มีสาเหตุจากหลายปัจจัยดังนี้

1) การกำหนดการตรวจวัดผลิตภัณฑ์จะผลิตให้ครบจำนวนก่อน จึงจะสามารถส่งผลิตภัณฑ์ไปวัดได้ ในช่วงเวลาที่มีการเริ่มดำเนินการผลิตในแต่ละกะ 1-2 ชั่วโมงแรก จะยังไม่มีชิ้นงานส่งมาที่เครื่องมือวัด เพราะยังไม่มีการผลิตได้ตามจำนวนที่จะต้องถูกส่งมาตรวจ ทำให้เกิดการรอคอย

2) เครื่องจักรเสียภายในกระบวนการทำให้จำนวนงานไม่ครบ เกิดเวลารอคอยเพื่อที่จะให้ครบจำนวนที่กำหนดจึงจะส่งงานไปวัดได้ การเสียของเครื่องจักรภายในกระบวนการผลิตนั้นเป็นปัจจัยภายนอกระบบของกระบวนการวัด

3) ความไม่ต่อเนื่องของการไหลของวัตถุดิบภายในกระบวนการ เช่น การหยุดของเครื่องจักรในกระบวนการก่อนหน้า ทำให้ไม่มีงานเข้ามาส่งต่อในกระบวนการ เกิดผลกระทบต่อจำนวนงานยังไม่ครบจำนวนพอที่จะส่งไปตรวจที่เครื่องมือวัด

4) การจัดสรรโปรแกรมในการวัดยังไม่เป็นระบบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาวัดนั้นมาเป็นรอบของจำนวนงานที่ผลิตได้ครบตามจำนวนที่กำหนด และเครื่องมือวัดหนึ่งเครื่องสามารถวัดงานได้หลายโปรแกรม ทำให้งานที่เข้ามานั้นในบางช่วงเกิดแถวคอยหากงานเข้ามาพร้อมกัน

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองปัญหา ในการดำเนินงานวัดผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตแขนจับหัวอ่าน ซึ่งได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ผลต่อเวลารอคอย และอัตราการใช้ประโยชน์ ของการดำเนินงานวัดผลิตภัณฑ์ ด้วยการรันแบบจำลองที่มีการกำหนด 3 ปัจจัย คือ จำนวนเครื่องมือวัด จำนวนพนักงานขนถ่าย จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด ซึ่งคาดว่าอาจมีผลกระทบต่ออัตราการใช้ประโยชน์ และเวลารอคอย โดยออกแบบการทดลองให้เครื่องมือวัดหนึ่งเครื่องสามารถวัดได้ทุกโปรแกรม มีการปรับเปลี่ยนปัจจัยดังกล่าวในระดับที่ต่างกัน หลังจากนั้นได้ปรึกษากับผู้บริหารและหัวหน้างานในส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาการจัดสรรเครื่องมือวัด เพื่อให้บรรลุเป้าหมายด้านเวลารอคอยจากการดำเนินงานในการวัดผลิตภัณฑ์ลดลง และ ทำให้อัตราการ

ใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดสูงขึ้นกว่าปัจจุบัน ด้วยการใช้แบบจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์สามารถเป็นเครื่องมือช่วยการตัดสินใจในการวางแผนกำลังการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ยังนำไปขยายผลกับการวางแผนการผลิตที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ที่สามารถขยายผลต่อได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาพัฒนาระบบการจัดสรรทรัพยากรเครื่องมือวัด (Metrology) และวิธีการขนถ่ายวัสดุ (Material Handling) ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์ โดยใช้แบบจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยมุ่งศึกษาในการจัดสรรทรัพยากรสำหรับเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์ในช่วงเดือน มกราคม 2551 ถึง สิงหาคม 2551 โดยมีประเด็นเรื่องการจัดสรรโปรแกรมการวัด การกำหนดจำนวนพนักงานขนถ่ายงาน และ การกำหนดพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้คือ

1.3.1 จัดสรรทรัพยากรเครื่องมือวัดสำหรับสายการผลิตแขนจับหัวอ่าน ฮาร์ดดิสก์ รุ่น Cadmium เท่านั้น ซึ่งในที่นี้จะดำเนินการ 2 คลีนรูม รวมสายการผลิตทั้งสิ้น 3 สายการผลิต

1.3.2 กำหนดจำนวนความต้องการเครื่องมือวัดเพื่อให้สอดคล้องกับกำลังการผลิต

1.3.3 กำหนดจำนวนพนักงานขนถ่ายวัสดุ ระหว่างสายการผลิต กับกลุ่มของเครื่องมือวัด รวมทั้งจำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัดให้มีความเหมาะสม

1.3.4 พัฒนาตัวแบบในการจำลองสถานการณ์ (Simulation model) สำหรับการจัดสรรทรัพยากรเครื่องมือวัดและการขนส่งงาน เพื่อให้สอดคล้องกับกำลังการผลิตแขนจับหัวอ่าน โดยใช้ข้อมูลจริงแต่ไม่นำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.5 ในการจำลองแบบปัญหา มีปัจจัยนำเข้าคือ เวลาที่งานมาถึงเพื่อใช้เครื่องมือวัด จำนวนงานที่เข้ามา เวลาที่ใช้ในการวัด เวลาเดินทางในการขนถ่ายงาน

1.3.6 ใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นในระบบและเปรียบเทียบผลของแบบจำลอง หลังจากที่ได้มีการออกแบบระบบการจัดสรรเครื่องมือวัดขึ้นใหม่แล้ว การที่จะบอกได้ถึงความแตกต่างหรือประสิทธิภาพในการดำเนินงานของเครื่องมือวัดนั้นต้องใช้ตัววัดที่ได้ทำการสร้างไว้ในขั้นตอนของการออกแบบการจัดสรรเครื่องมือวัด ซึ่งจะใช้ค่าตัววัดตัวเดียวกัน คืออัตราการใช้ประโยชน์(Utilization) ของเครื่องมือวัด และเวลารอคอยของชิ้นงาน(Waiting time)

1.4 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้กำหนดแผนขั้นตอนการศึกษาในการวิจัยดำเนินงาน มีระยะเวลา10 เดือน ตั้งแต่ ธันวาคม 2550 ถึง กันยายน 2551 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ทำการศึกษากระบวนการวัดและระบบการวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.4.3 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือวัดและกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

1.4.4 สร้างแบบจำลองไปสู่รูปแบบการดำเนินการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.4.5 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองปัญหา

1.4.6 ทดลองการจัดสรรทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลิตภัณฑ์ดังนี้

1.4.6.1 จัดสรรจำนวนพนักงานที่ทำหน้าที่ขนถ่ายงาน

1.4.6.2 จัดสรรจำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4.6.3 จัดสรรโปรแกรมการวัดผลิตภัณฑ์

1.4.6.4 จัดสรรจำนวนเครื่องมือวัด

1.4.7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

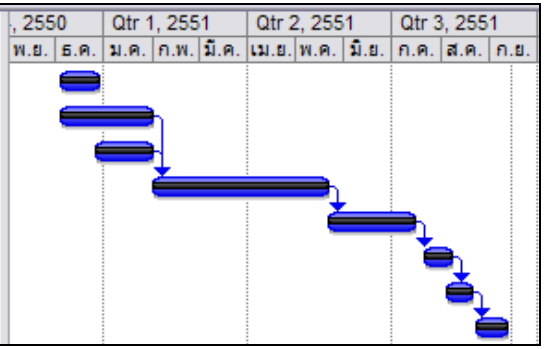
1.4.8 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนขั้นตอนการศึกษาวิจัยดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนขั้นตอนการศึกษาวิจัยดำเนินงาน

	Task Name	Duration	Start	Finish
1	สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	20 days	จ 3/12/50	ศ 28/12/50
2	ทำการศึกษากระบวนการวัดและระบบการวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	44 days?	จ 3/12/50	พ 31/1/51
3	ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือวัด	28 days?	อ 25/12/50	พ 31/1/51
4	พัฒนาแบบจำลองไปสู่รูปแบบการดำเนินการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	80 days	พ 31/1/51	พ 21/5/51
5	ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองปัญหา	40 days	พ 21/5/51	อ 15/7/51
6	ทดลองการจัดสรรทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลิตภัณฑ์	15 days	จ 21/7/51	ศ 8/8/51
7	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	13 days	จ 4/8/51	พ 20/8/51
8	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์	16 days?	ศ 22/8/51	ศ 12/9/51



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้การวางแผนการจัดสรรทรัพยากรเพื่อการผลิตนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.5.2 เป็นแนวทางในการวางแผนทรัพยากรที่มีการใช้เครื่องมือวัดกับอุตสาหกรรมที่จำเป็นต้องมีความแม่นยำสูง นำไปประยุกต์ใช้ หรือขยายผลกับการวางแผนการผลิตที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

1.5.3 เป็นตัวอย่างในการจัดสรรเครื่องมือวัดที่มีความสอดคล้องกับกำลังการผลิต ที่สามารถขยายผลต่อได้ในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

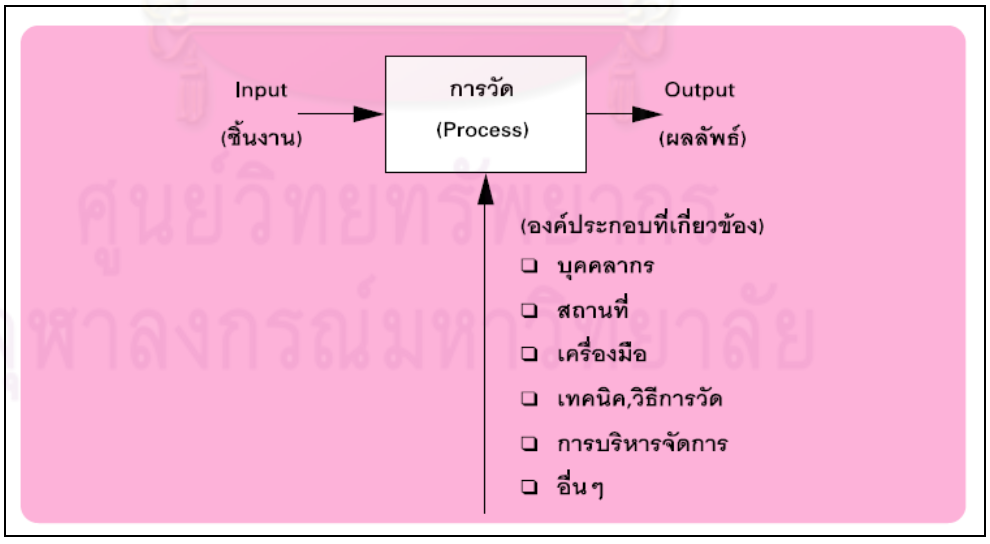
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการวัด

นิยามและความหมายของการวัด ได้มีการนิยามไว้แตกต่างกันบ้างในการใช้คำพูดอย่างไรก็ดี เนื้อหาของความหมายยังคงไม่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ การวัดเป็นการปฏิบัติการ หรือชุดของการปฏิบัติการ หรือชุดของการปฏิบัติการที่ดำเนินการโดยมีเป้าหมายที่จะหาค่าของปริมาณที่ทำการวัดนั้น ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการให้ความหมายตามคำนิยามนี้สามารถแบ่งลักษณะของการวัดออกเป็นสองมุมด้วยกัน คือ

1) การแบ่ง “การวัด” ในเชิงเป้าหมายหรือผลลัพธ์ของการดำเนินงาน “การวัด” มีเป้าหมายที่จะหาค่า (Value) ของปริมาณ

2) การแบ่ง “การวัด” ออกในเชิงกระบวนการหรือการดำเนินการ ซึ่ง “การวัด” คือชุดของการปฏิบัติงาน ซึ่งคำว่า ชุดของการปฏิบัติงานนี้รวมถึงการมีขั้นตอนในการดำเนินงานต่าง ๆ หลายขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอยู่เสมอ (วัฒนวงศ์, 2548)



รูปที่ 2.1 การมองการวัดในมุมมองด้านเป้าหมายและมุมมองด้านกระบวนการ

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ในการวัดที่เป็นกระบวนการ (Process) ซึ่งอาจประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ หลายขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนจะมีองค์ประกอบต่าง ๆ เข้าไปเกี่ยวข้องอยู่เสมอ องค์ประกอบเหล่านี้หลัก ๆ จะได้แก่ บุคลากร สถานที่ เครื่องมือ และเทคนิคการวัดที่ใช้ ซึ่งหากพิจารณารวมองค์ประกอบเหล่านี้เข้าด้วยกันจะเป็นการดำเนินการวัดที่เป็นระบบ และการวัดที่เป็นเชิงระบบนี้จะมีการแปรเปลี่ยนของค่าองค์ประกอบต่าง ๆ อยู่เสมอซึ่งเป็นผลให้ผลลัพธ์ของการวัดเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอตามไปด้วย ดังนั้นเมื่อมองการวัดในเชิงระบบดังกล่าวผู้บริหารจัดการการวัด จึงมีหน้าที่องค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง เปลี่ยนแปลงค่าไปมากกว่าที่กำหนดไว้ แต่ความเปลี่ยนแปลงรวมขององค์ประกอบทั้งหมดต้องไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้ เพื่อให้ผลลัพธ์โดยรวมของการวัดไม่ผิดพลาดมากเกินไป หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ยังคงมี “ความถูกต้องในระดับหนึ่งระดับใดที่ใช้งานได้” อยู่เสมอ ทั้งนี้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและควรได้รับการกำกับดูแลนั้น แตกต่างกันไปตามเทคนิคการวัด โดยมีองค์ประกอบพื้นฐานที่มักจะพบได้ในทุกสาขาของการวัด

2.2 ทฤษฎีการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Simulation)

การจำลองแบบปัญหา หรือ ซิมูเลชั่น (Simulation) คือ กระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ หรือหากมีปรับให้เข้ากับโลกในยุคปัจจุบันที่มีการนำแบบจำลองปัญหามาประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ คือ การสร้างหรือประดิษฐ์ตัวแบบ (Model) สำหรับการศึกษาที่มีความสามารถในการเลียนแบบพฤติกรรมของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเองทางธรรมชาติ หรือกระบวนการทำงานใด ๆ ที่มนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น เป้าหมายหลักของการสร้างแบบจำลองปัญหาคือเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบการตัดสินใจ (Decision Support) ในการวิเคราะห์ระบบงานต่าง ๆ กระบวนการสร้างแบบจำลองปัญหาจึงมุ่งเน้นที่ความพยายามในการเลียนแบบพฤติกรรม (Imitate) ของระบบงานที่สนใจให้มีความสมจริงหรือใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดเท่าที่จะสามารถกระทำได้ (สุธีจารุวัฒน, 2550)

กระบวนการของการจำลองแบบปัญหาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ การสร้างแบบจำลอง และการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์ (Experimental) ซึ่งจะต้องรวมเอาสองส่วนนี้เข้าด้วยกัน ดังนั้นกลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหาขึ้นอยู่กับแบบจำลอง และการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหาอาจจะเป็นระบบงาน หรือเป็นแนวความคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ซึ่งไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่จะต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายและการปรับปรุงการทำงานของระบบงานจริง ฉะนั้นการจำลองแบบปัญหาจะเน้นถึงการสร้างแบบจำลองและการทดลองเพื่อการศึกษาปัญหาต่างๆ ที่ต้องการเรียนรู้ และแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าทางสถิติ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ เช่น การอธิบายถึงพฤติกรรมของระบบ การสร้างทฤษฎี หรือสมมติฐานที่แสดงถึงสาเหตุสำหรับพฤติกรรมที่สนใจ การใช้ต้นแบบที่จำลองขึ้นนี้เพื่อจะพยากรณ์ถึงพฤติกรรมในอนาคต ตัวอย่างเช่น ผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบหรือวิธีการในการดำเนินงานของระบบ

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยที่ตัวแบบการจำลองจะถูกทำการทดสอบทางความคิดในคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ และนำไปสู่แนวทางในการวิเคราะห์ปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปยังสามารถแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้เห็นภาพรวมของการดำเนินงานในระบบ การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลายประเภท เช่น ระบบงานคอมพิวเตอร์ (Computer System), งานในโรงงานอุตสาหกรรม (Manufacturing), งานในแวดวงธุรกิจ (Business) เป็นต้น โดยที่การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีข้อมูลที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติพฤติกรรมของระบบงานจริงส่วนใหญ่มีลักษณะที่ไม่แน่นอนมีความผันแปรข้อมูลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบงานจึงเป็นข้อมูลที่มีความผันแปรไม่แน่นอนไปตามพฤติกรรมของระบบงานนั้น ๆ และมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมข้อมูล การวิเคราะห์ และขั้นตอนต่าง ๆ สำหรับการจำลองแบบปัญหาจึงต้องอาศัยวิธีการทางสถิติเข้าช่วย (สุหฤทดำรง, 2551)

สำหรับปัญหาที่ทำการศึกษานี้ สามารถจำลองระบบได้ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยนำโปรแกรม ProModel และ Arenaมาใช้ในการจำลองแบบปัญหา

2.2.1 การจำแนกการจำลองแบบปัญหาออกเป็น 3 มิติที่แตกต่าง

1) มิติของเวลา แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิตย์ (Static Simulation Model) กับแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดพลวัต (Dynamic Simulation Model) แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิตย์ หมายถึง แบบจำลองชนิดที่ค่าสถานะของเอนทิตีต่าง ๆ ในระบบ (System Variables) ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแต่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม ตัวอย่างของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิตย์คือ แบบจำลองชนิดมอนติคาร์โล (Monte Carlo Model) ส่วนแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดพลวัต จะถูกแก้ไขตามเวลา เป็นตัวแทนของระบบที่เปลี่ยนแปลงช้าๆ ตลอดเวลา อย่างเช่น ระบบลำเลียงขนถ่ายในโรงงาน หรือในระบบการให้บริการต่าง ๆ ซึ่งเป็นระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

2) มิติของข้อมูล สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดแน่นอนหรือตายตัว (Deterministic Simulation Model) กับแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่แน่นอน (Stochastic Simulation Model) ถ้าหากแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาไม่ได้บรรจุไว้ด้วยส่วนประกอบที่มีความน่าจะเป็น (Probabilistic Components) ตัวอย่างเช่น การสุ่ม แบบจำลองนี้จะถูกเรียกว่า แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดแน่นอนหรือตายตัว ระบบที่ถูกทำให้ยุ่งยากสับสน ด้วยสมการดิฟเฟอร์เรนเชียล ซึ่งใช้อธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาทางเคมีอาจจะเป็นแบบจำลองตัวหนึ่งในลักษณะที่ว่านี้ในแบบจำลองชนิดแน่นอนหรือตายตัว ผลลัพธ์จะถูกกำหนดเมื่อชุดของจำนวนข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาและความสัมพันธ์ต่างๆ ที่อยู่ในแบบจำลองถูกระบุไว้อย่างแจ้งชัด ถึงแม้ว่ามันอาจจะต้องใช้เวลามากในการคำนวณเพื่อจะหาค่าของผลลัพธ์ว่าเป็นอย่างไร แต่อย่างไรก็ตามระบบจำนวนมากจำเป็นต้องถูกสร้างจำลองเหมือนว่ามีส่วนประกอบเกี่ยวกับข้อมูลที่ป้อนเข้าเป็นแบบสุ่มอย่างน้อยบางส่วน และส่วนประกอบเหล่านี้ก่อให้เกิดแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่แน่นอน ระบบสินค้างคงคลัง (Inventory System) และระบบแถวคอย (Queuing System) ส่วนใหญ่ถูกสร้างจำลองให้เป็นชนิดไม่แน่นอน

แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่แน่นอนก่อให้เกิดผลลัพธ์ซึ่งเป็นไปโดยการสุ่มตัวมันเอง เพราะฉะนั้นจำเป็นต้องถูกพิจารณาเหมือนว่าเป็นการประมาณค่าลักษณะพิเศษเฉพาะที่แท้จริงของแบบจำลอง ซึ่งสิ่งนี้ถือว่าเป็นข้อเสียอย่างหนึ่งของการจำลองแบบปัญหา

3) **มิติความต่อเนื่องของเหตุการณ์** สามารถแบ่งแบบจำลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดต่อเนื่อง (Continuous Simulation Model) กับ แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่ต่อเนื่อง (Discrete Simulation Model) : ถ้ากล่าวกันอย่างกว้างๆ เราสามารถนิยามแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดเป็นช่วงและแบบจำลองของการจำลองปัญหาชนิดต่อเนื่องได้อย่างคล้ายคลึงกัน ด้วยรูปแบบของระบบแบบเป็นช่วง (Discrete System) และระบบต่อเนื่อง (Continuous System)

แบบจำลองต่อเนื่อง คือ แบบจำลองสำหรับระบบงานที่มีความต่อเนื่องของเหตุการณ์ตามเวลา เมื่อพิจารณาพฤติกรรมในการเปลี่ยนสถานะของเอนทิตีต่าง ๆ ในระบบจะพบว่าสถานะต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง

แบบจำลองไม่ต่อเนื่อง คือ แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่จุดเวลาใด เวลาหนึ่ง บางครั้งจึงเรียกแบบจำลองไม่ต่อเนื่องว่า “แบบจำลองเป็นช่วง”

การตัดสินใจที่จะใช้แบบจำลองชนิดเป็นช่วง หรือแบบจำลองชนิดต่อเนื่องสำหรับระบบงานที่เจาะจงไว้ย่อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ในการศึกษา ตัวอย่างเช่น แบบจำลองของการเคลื่อนตัวของการจราจรบนถนนที่ไม่จำกัดความเร็วจะเป็นแบบจำลองชนิดเป็นช่วง ก็ต่อเมื่อการเคลื่อนที่ของรถยนต์แต่ละคันเป็นสาระที่สำคัญกว่า ในอีกด้านถ้าหากว่ารถยนต์ถูกพิจารณาในลักษณะของการไหลไปรวมตัวกัน การเคลื่อนตัวของการจราจรก็สามารถถูกอธิบายด้วยสมการดิฟเฟอร์เรนเชียลที่อยู่ในแบบจำลองชนิดต่อเนื่อง

ขั้นตอนการจำลองแบบปัญหา

1. **การตั้งปัญหา** การให้คำจำกัดความและการกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลองแบบปัญหา จะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการจำลองแบบปัญหามิเช่นนั้นจะทำให้เกิดความสูญเปล่าของเวลาและค่าใช้จ่ายในการจำลองแบบปัญหาและผลที่

ได้จากแบบจำลองก็จะไม่สามารถใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยทั่วไป วัตถุประสงค์จะมาจากผู้บริหารต้องการให้มีการแก้ไขปัญหาบางอย่าง หน้าที่ของผู้ศึกษาคือต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและศึกษาให้เข้าใจครอบคลุมในงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น

2. **การสร้างแบบจำลองปัญหา** เป็นการสร้างแบบจำลองที่อาศัยความสัมพันธ์ของตัวแปรนำเข้าและตัวแปรนำออก โดยที่ตัวแปรนำเข้าประกอบด้วยตัวแปรในการตัดสินใจ (เช่น จำนวนเครื่องมือวัดในปัญหาการกำหนดการผลิต) ตัวแปรนำออก (เช่น เวลาให้ว่างของเครื่องมือวัด) ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ (เช่น เวลาให้บริการ) และขอบเขตหรือข้อจำกัดต่าง ๆ (เช่น วิธีการทำงานที่เครื่องจักรหนึ่ง ณ เวลาหนึ่ง) ซึ่งแบบจำลองที่ดีควรพิจารณาให้ครอบคลุมถึงส่วนที่เป็นสาระสำคัญของระบบ เพื่อจะได้ผลลัพธ์หรือข้อสนเทศตรงกับความต้องการของผู้ตัดสินใจ

การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งได้ 3 วิธีคือ

1) โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์นำเข้า สำหรับกรณีที่พารามิเตอร์เหล่านี้จะมีค่าคงที่ในระหว่างการจำลองแบบปัญหา

2) โดยการประมาณค่าการกระจายทางสถิติเพื่อกำหนดค่าตัวแปรสุ่มในแบบจำลอง เช่น การเก็บข้อมูลที่ได้จากการสังเกตในอดีตแล้วนำมาสร้างการแจกแจงความถี่หรือฮิสโตแกรม เป็นต้น

3) โดยการเก็บรวบรวมผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากระบบจริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในด้านการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบกับระบบจริง

การตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Verification) เป็นการพิจารณาทบทวนรูปแบบจำลองปัญหาให้เหมาะสมและสามารถที่จะใช้เป็นตัวแทนที่ดีของระบบจริงได้ ทั้งนี้รวมถึงการพิจารณาความสมเหตุสมผลของการกำหนดตัวพารามิเตอร์ตัว

แปรสุ่มของการกระจายทางสถิติและการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สะท้อนความถูกต้องของระบบได้

การพัฒนาโปรแกรมและการทวนสอบความถูกต้อง (Validation) การพัฒนาแบบจำลองปัญหา อาจพัฒนาเป็นโปรแกรมภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนา เช่น ภาษาฟอร์แทรน ภาษาปาสคาล หรือ ภาษาซี เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีภาษาคอมพิวเตอร์กึ่งสำเร็จรูปชนิดพิเศษที่ให้ความสะดวกรวดเร็วต่อการจำลองปัญหา เช่น Arena (SIMAN), Promodel, SLAM, SIMSCRIPT เป็นต้น หลังจากพัฒนาโปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมให้ทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของแบบจำลองปัญหาด้วย

การออกแบบการทดลองและการใช้งานการจำลองแบบปัญหา ในการใช้งานแบบจำลองปัญหาจะมีการทดลองหลายครั้ง เพื่อให้มีการเลือกใช้ตัวแปรในการตัดสินใจชุดต่าง ๆ การทดลองแต่ละครั้งจะให้ผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ นั้น โดยแต่ละผลลัพธ์จะเกิดจากการเฉลี่ยผลลัพธ์อันเนื่องมาจากการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวแปรสุ่ม สิ่งที่จะต้องระมัดระวังในการประเมินผลการเปรียบเทียบทางเลือก คือการหาค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์จากการใช้งานการจำลองแบบปัญหาแต่ละครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์โดยตัวมันเองเป็นค่าสุ่ม ดังนั้นต้องให้ความสำคัญต่อการออกแบบทางเลือกและควรจะเป็นวิธีที่เป็นระบบ การออกแบบทางเลือกโดยวิธีการออกแบบการทดลองเป็นวิธีที่เป็นระบบวิธีหนึ่ง เช่นการออกแบบโดย Factorial ซึ่งสามารถใช้การวิเคราะห์ทางสถิติประเมินผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่มีต่อระบบได้ และสารมารถพิจารณาได้ว่าปัจจัยที่สำคัญของระบบ นอกจากนั้นการกำหนดระยะเวลาและจำนวนครั้งของการจำลองแต่ละทางเลือกจะต้องพิจารณาความพร้อมของเงินทน และระดับความถูกต้องที่ต้องการ

การวิเคราะห์และประเมินผล ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองควรใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจทางการทำงานของระบบได้อย่างถูกต้องและสามารถประเมินผลนโยบายทางเลือกต่าง ๆ นอกจากนี้การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก

เหตุผลสนับสนุนในการนำวิธีการจำลองแบบปัญหามาใช้แทนการทดลองกับระบบงานจริง

1) การทดลองกับระบบงานจริง อาจจะก่อให้เกิดความขัดข้องไม่สะดวกในการทำงานตามปกติของระบบงานจริง

2) การทดลองกับระบบงานจริง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลประสิทธิภาพในการทำงานของคน อาจทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อน โดยมีสาเหตุมาจากความสามารถในการปรับสมรรถนะของคน จึงส่งผลให้ได้ข้อมูลที่อาจจะมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าความเป็นจริง

3) การทดลองกับระบบงานจริงนั้น มีความยุ่งยากในการควบคุมเงื่อนไขต่างๆ ของการทดลองให้มีค่าคงที่สม่ำเสมอ ทำให้ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละครั้งจากการทดลองอาจจะไม่ใช่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ภายใต้เงื่อนไขกลุ่มเดียวกัน

4) การทดลองกับระบบงานจริง อาจจะต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก จึงจะได้รับข้อมูลที่มีจำนวนเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

5) การทดลองกับระบบงานจริง อาจจะเป็นไปได้ยากที่จะทดลองกับเงื่อนไขในทุกรูปแบบที่ต้องการ

ข้อดีของการจำลองแบบปัญหา

1) ลดเวลาในการทำงาน (ถ้ามีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้)

2) เป็นทฤษฎีที่มีการเปรียบเทียบอย่างชัดเจน

3) ง่ายในการรวบรวมส่วนต่างๆที่สัมพันธ์กันและขึ้นต่อกัน

4) เป็นแบบจำลองเชิงบรรยาย (descriptive model) ซึ่งทำให้ผู้บริหารสามารถถามคำถามประเภทเงื่อนไข (what-if) ได้ ดังนั้นวิธีนี้จะเร็วและถูกกว่า และเสี่ยงน้อยกว่าวิธีลองผิดลองถูก

5) ตัวแบบที่มีความแม่นยำต้องมีความรู้เกี่ยวกับปัญหานั้นๆ ดังนั้นจึงเป็นการบังคับให้ผู้สร้างระบบสนับสนุนการบริหารมีการประสานงานกับผู้บริหารอย่างดี

6) เป็นแบบจำลองที่สร้างจากมุมมองของผู้บริหารและสร้างตามโครงสร้างการตัดสินใจของผู้บริหารคนนั้นๆ

7) ตัวแบบในการจำลองเหตุการณ์หนึ่งๆ ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้กับปัญหาเฉพาะ ไม่เกี่ยวกับปัญหาอื่นๆ ดังนั้น ผู้จัดการไม่จำเป็นต้องรู้และเข้าใจในทุกๆ ส่วนที่อยู่ในแบบจำลองก็ได้

8) การจำลองเหตุการณ์ สามารถจัดการกับปัญหาได้หลายประเภท

9) ผู้บริหารสามารถทดลองกับตัวแปรต่างๆ เพื่อพิจารณาเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดในกลุ่มได้

10) อนุญาตให้มีการรวมความซับซ้อนของปัญหาจริงๆ เข้าไว้ด้วยก็ได้ เช่นมีการนำการกระจายความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นจริงๆ เข้ามาใช้

11) ง่ายในการหาประสิทธิภาพต่างๆ

ข้อจำกัดของการจำลองแบบปัญหา

1) แต่ละทางเลือกต้องถูกทดลองอย่างสมบูรณ์

2) ไม่สามารถรับประกันได้ว่าการแก้ปัญหานั้นเหมาะสมที่สุดจริงๆ อาจเป็นเพียงทางเลือกที่ดีที่สุดในจำนวนที่ทำการทดลองเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ต้องการผู้เชี่ยวชาญมาช่วยในการออกแบบการจำลองเหตุการณ์ และการโปรแกรมลงไปในคอมพิวเตอร์ และแปลผลลัพธ์ทางสถิติ

4) ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างและทดสอบอาจค่อนข้างสูง

5) การสร้างตัวแบบในการจำลองเหตุการณ์มักจะใช้เวลานาน

6) การแก้ปัญหาโดยการศึกษาจากการจำลองแบบปัญหามักจะไม่สามารถนำไปใช้กับปัญหาอื่นๆ ได้ (เพราะมีการใช้ปัจจัยเฉพาะกับปัญหานั้นๆ เลย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ความสำคัญของการนำการจำลองแบบปัญหาและการนำแบบจำลองปัญหาไปใช้ในการดำเนินงาน

ไม่ว่าจะอยู่ในกลุ่มธุรกิจใดก็ตาม การจำลองแบบปัญหามีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินงานทุกประเภท ซึ่งในงานวิจัยของ Mclean และ Shao นี้ได้นำเสนอวิธีการในการจำลองแบบปัญหาจากกรณีศึกษาต่าง ๆ โดยเริ่มจากทำการวิเคราะห์จากงานในการจำลองแบบปัญหาหลายกรณีศึกษา เช่น การวางผังโรงงาน การจัดตารางการดำเนินงาน การวางแผนกำลังการผลิต การพัฒนาอุปกรณ์ การจัดการพัสดุคงคลัง และการวางแผนโซ่อุปทาน จากหลากหลายองค์กร และหลากหลายสถานการณ์ ได้เสนอแนะแนวทางในการพัฒนาวิธีการและการนำไปปฏิบัติสำหรับจำลองแบบปัญหาในการผลิต ด้วยการสร้างมาตรฐานในการประยุกต์ใช้แบบจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ 4 ด้าน ประกอบด้วย 1) ข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง 2) วิธีการศึกษา 3)รูปแบบของการเก็บข้อมูล 4) ภาษาสำหรับการเขียนแบบจำลองคอมพิวเตอร์ จากมาตรฐานดังกล่าวเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสร้างแบบจำลองแบบปัญหาในทุกกลุ่มอุตสาหกรรม (Mclean และ Shao ,2003) ศุภพฤกษพงศ์ ได้นำแบบจำลองปัญหาไปประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบการจัดสมดุลสายการประกอบ 2 แบบ คือ แบบผลิตภัณฑ์เดียว และ แบบหลายผลิตภัณฑ์ สามารถทำได้โดยทำการศึกษาการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีการและรูปแบบต่าง ๆ แล้วทำการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Arena จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลโดยใช้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล ซึ่งผลที่ได้จากการจัดสมดุลสายการประกอบ คือ สามารถลดจำนวนคนงานได้ 5 คน และ ผลที่ได้จากการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลพบว่า การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ทำให้เวลาที่งานอยู่ในระบบน้อยกว่า จำนวนผลผลิตมากกว่า และประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่า (ศุภพฤกษพงศ์ ,2546) สุวรรณรงค์ และคณะได้นำการเปรียบเทียบการออกแบบการผลิตแบบทีละมาก ๆ (Mass Production) และการผลิตแบบลีนโดยการปรับเปลี่ยนระบบการผลิตที่ใช้การรวมเครื่องจักรและสร้างการไหลชิ้นเดียว (One-piece Flow) ซึ่งเครื่องมือที่ได้นำไปใช้คือการนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม ProModel พร้อมกับแบบจำลองการประกอบชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ เมื่อได้แบบจำลองที่ดีที่สุด จึงนำไปสร้างเป็นเกมการผลิตแบบลีนที่มีประสิทธิภาพได้ หลังจากที่ได้เล่นเกมเปรียบเทียบ

การประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ทั้งในรูปแบบของการผลิตแบบเดิม และการผลิตแบบลีนแล้วจะพบว่า การประกอบชิ้นส่วนทั้งสองแบบมีความแตกต่างกัน โดยทั้งรูปแบบของต้นทุนและช่วงเวลาในการผลิต ซึ่งจะเป็นแนวทางของการนำ แนวคิดไปสู่การปรับเปลี่ยนการผลิตในยุคปัจจุบันไปสู่การผลิตแบบลีนที่สามารถลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมได้ (สุวรรณรงค์และคณะ,2544)

2.3.2 ความสำคัญของการนำแบบจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในจัดสรรทรัพยากร

การประยุกต์การจำลองแบบปัญหาในงานบริการกับธนาคารพาณิชย์ในสหรัฐฯ โดย Verma, Gibbs และ Gilgan ได้จำลองแบบปัญหาที่เป็นสภาวะปัจจุบันและมีการพัฒนาแบบจำลองปัญหาที่มีกระบวนการใหม่ขึ้น ซึ่งการแสดงแบบจำลองปัญหานี้ใช้โปรแกรม Promodel ซึ่งการนำโปรแกรม Promodel นั้นเป็นเครื่องมือในการจำลองแบบปัญหาที่ง่ายต่อการใช้ ทำให้สามารถเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของกระบวนการ ค่าพารามิเตอร์ เวลารอคอย เวลาในการให้บริการ และอัตราการใช้ประโยชน์ ทำให้เห็นความแตกต่างของสภาวะปัจจุบัน กับสภาวะที่ได้ออกแบบขึ้น ผลลัพธ์คือหลังการออกแบบกระบวนการดำเนินงานใหม่พบว่า สามารถลดเวลาดำเนินงานจาก 122 นาที เหลือ 9.65 นาที จากการนำแบบจำลองปัญหามาในครั้งนี้สามารถกำหนดทิศทางในการดำเนินงานของธนาคารพาณิชย์ในอนาคต (Verma, Gibbs และ Gilgan , 2000) การศึกษาวิจัยเพื่อที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรทรัพยากรเพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการจัดส่งน้ำมันเชื้อเพลิงจากคลังน้ำมันไปยังสถานีบริการน้ำมัน ด้วยการจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรม Arena ได้ให้ความสนใจด้านการจัดสรรจำนวนรถขนส่งและหัวจ่ายน้ำมันแต่ละชนิดให้เหมาะสม เพื่อลดเวลาตอบสนองในการสั่งซื้อของลูกค้า ผลจากการรันแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์พบว่า เวลาตอบสนองมีค่าไม่เกิน 6 ชั่วโมงซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของสมหมายไชยา ด้วยเพิ่มจำนวนรถในการขนส่งและลดจำนวนหัวจ่าย สามารถเพิ่มรายได้และแก้ปัญหาความล่าช้าได้ (สมหมายไชยา, 2544)

บทที่ 3
รายละเอียดของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

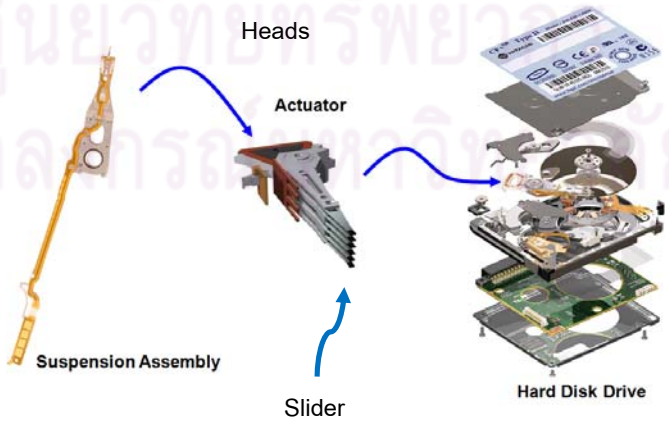
3.1 ภาพรวมบริษัท

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่เกิดจากการร่วมทุนและดำเนินการจัดตั้งในปี 2531 บริษัทประกอบธุรกิจ ออกแบบ และ ผลิตอุปกรณ์แขนจับหัวอ่าน (Suspension Assembly) และ อุปกรณ์เหล็กไร้สนิมที่มีความแม่นยำสูง (High Precision Stainless Steel) สำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ หรือ HDDs

บริษัทเป็นหนึ่งในสี่ผู้ผลิตอิสระที่ทำการผลิตแขนจับหัวอ่านให้กับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ บริษัทมีฐานการผลิตและขั้นตอนการทำธุรกิจอย่างครบวงจรที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีโรงงาน 2 แห่ง คือ ที่นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ และมีสำนักงานใหญ่ที่ อ.วังน้อย และมีกำลังการผลิตแขนจับหัวอ่าน 400 ล้านชิ้นต่อปี

3.1.1 กลไกแขนจับหัวอ่าน (Suspension Assemblies)

อุปกรณ์แขนจับหัวอ่านนั้นแม้ว่าจะมีรูปลักษณ์ที่ดูง่ายในการผลิต แต่ความจริงแล้วเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้ความเที่ยงตรงในการทำ และความซับซ้อนในกระบวนการผลิตสูงมาก แขนจับหัวอ่านจะยึดหัวอ่านให้อยู่ในตำแหน่งเหนือพื้นผิวของดิสก์ที่หมุนอยู่ในดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญยิ่งต่อสมรรถนะและความเที่ยงตรงในการทำงานของดิสก์ไดร์ฟ



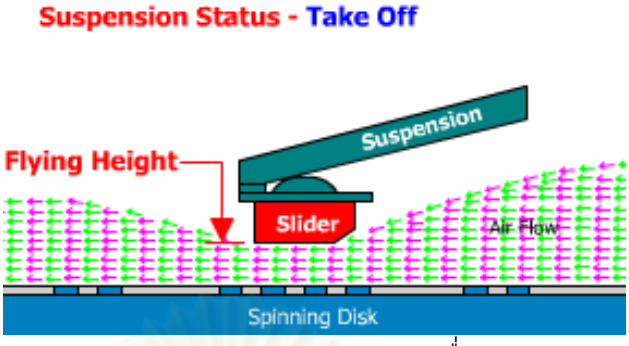
รูปที่ 3.1 แขนจับหัวอ่านซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในอุปกรณ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ขั้นตอนในการประกอบฮาร์ดดิสก์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการดึงข้อมูลที่มีอยู่แล้วออกมาใช้งานจะต้องผ่านชิ้นส่วนที่เรียกว่า หัวอ่าน-เขียน (Slider) เป็นหัวขนาดเล็กเท่ากับปลายปากกาใช้อ่านเขียนข้อมูลถาวรหรือสื่อเก็บข้อมูลอื่นเมื่อทำการเขียนหัวบันทึกนี้จะทำหน้าที่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าเล็ก ๆ ช่วงลบของกระแสไฟฟ้าจะถูกแปลงเป็นขั้วแม่เหล็กกลับไปเป็นช่วง สัญญาณบวกและลบและช่วงสัญญาณบวกลบนี้จะถูกแปลงเป็นข้อมูลทางดิจิตอลเก็บลงแผ่นดิสก์ หัวบันทึกข้อมูลจะถูกติดลงบนแขนจับหัวอ่านหรือ กิมบอลซัสเพ็นชั่น (Gimbal Suspension) ที่เป็นโลหะซึ่งเป็นแขนงเล็ก ๆ ที่ใช้จับยึดหัวบันทึกข้อมูลในตำแหน่งบน หรือ ล่าง ของแผ่นดิสก์ ที่เรียกว่า Head Gimbal Assembly หรือ HGA ซึ่งจะเรียงซ้อนกันอยู่เพื่อใช้ติดตั้งในดิสก์ที่เรียกว่า Head Stack Assembly หรือ HSA ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตขั้นสุดท้ายของอุปกรณ์อ่าน-เขียนข้อมูลจากหน่วยเก็บข้อมูลอย่างถาวร

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการประกอบแขนจับหัวอ่านซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในอุปกรณ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

จากรูปที่ 3.2 เป็นการแสดงหลังจากที่เป็นแขนจับหัวอ่านแล้วได้ถูกส่งไปประกอบกับ หัวอ่านเขียน (Slider) เพื่อเป็นหัวอ่านเขียน (Heads) หลังจากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการประกอบเพื่อเป็นอุปกรณ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



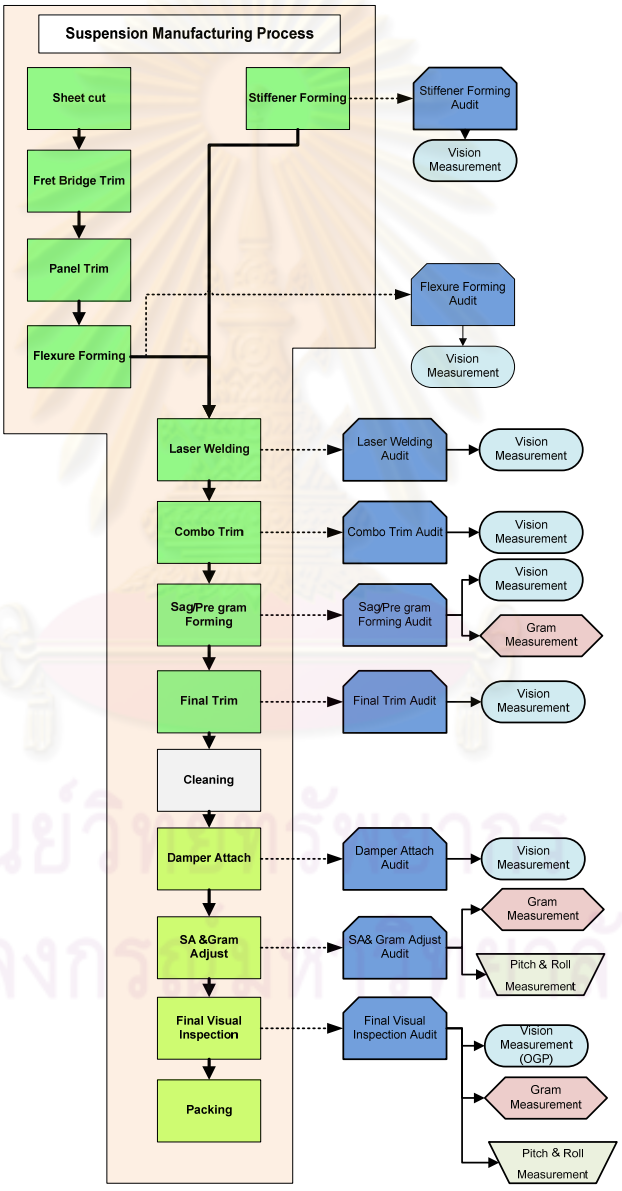
รูปที่ 3.3 การทำงานของแขนจับหัวอ่าน (Suspension) เพื่อรักษาระดับเพดานบิน (Flying height)

หน้าที่หลักของแขนจับหัวอ่าน คือ การจับหัวอ่านไว้อยู่ในตำแหน่งที่ลอยอยู่เหนือดิสก์ที่กำลังหมุนอยู่ด้วยความเร็วสูงในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทั้งนี้ เพื่อช่วยให้เกิดเพดานบิน (flying height) ที่สม่ำเสมอ ดังรูปที่ 3.3 ความแม่นยำของตำแหน่งดังกล่าวเหนือช่องข้อมูลบนดิสก์ กลไกแขนจับจะต้องยึดหัวอ่านไว้ในระยะห่างที่แม่นยำในระดับที่แทบจะมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นเหนือแผ่นดิสก์ โดยไม่มีการเคลื่อนที่ของหัวอ่านไปในทิศทางที่ไม่ต้องการ แต่อาจมีความจงใจในการเคลื่อนที่ของหัวอ่านบ้าง เพื่อชดเชยกับความไม่สม่ำเสมอของผิวแผ่นดิสก์ และการกระแทกที่อาจเกิดกับคอมพิวเตอร์แบบพกพา อย่างไรก็ตาม เป็นหน้าที่ของแขนจับหัวอ่านที่จะรักษาตำแหน่งของหัวอ่านให้อยู่ในระยะที่ปลอดภัย เพื่อไม่ให้กระทบกระทั่งกับผิวของดิสก์ทำให้เกิดความเสียหายจนหัวอ่านไม่อาจทำงานได้ แบบที่เรียกกันว่า "head crash”

การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมแขนจับหัวอ่านใหม่ๆ บางครั้งจะใช้เวลามากกว่าวงจรชีวิตการผลิตของโปรแกรมนั้นๆเสียอีก เนื่องจากแขนจับหัวอ่านเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องปราศจากข้อบกพร่อง ส่งผลให้จำเป็นต้องทดสอบการออกแบบอย่างละเอียดก่อนที่จะผลิตออกจำหน่าย กระบวนการพัฒนาจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบซ้ำหลายรอบ ผ่านการประสานงานกับลูกค้า, คอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการออกแบบที่ช่วยจำลองสภาพแวดล้อมในการใช้งานภายในดิสก์ไดร์ฟ และการผลิตเครื่องต้นแบบที่ต้องมีการทดสอบ ทั้งแบบที่ไม่ต้องทำลายตัวต้นแบบ (non-destructive) และต้องทำลายตัวต้นแบบ (destructive) ไปด้วย กระบวนการที่ซับซ้อนเหล่านี้เป็นการสร้างความมั่นใจว่า แขนจับหัวอ่านที่ติดตั้งในผลิตภัณฑ์ดิสก์ไดร์ฟจะสามารถทำงานได้ โดยปราศจากข้อบกพร่องและมีสมรรถนะพร้อมทั้ง ความเที่ยงตรงภายใต้สภาวะการใช้งานของผู้ใช้

3.1.3 กระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน

กระบวนการผลิตหลักของบริษัทประกอบด้วยขั้นตอน การขึ้นรูป (Precision Forming) การเชื่อมด้วยแสงเลเซอร์ (Laser Welding) การปรับ Gram Load การปรับองศาของ Gimbal ให้เอียงตามระดับที่ลูกค้ากำหนดคุณสมบัติไว้ (Pitch and Roll Adjust) การวัดคุณสมบัติของ load beam และการทำความสะอาดแขนจับหัวอ่านด้วยแสงอัลตราโซนิค (Ultrasonic) ตามที่ลูกค้ากำหนดคุณสมบัติระดับของการปนเปื้อนของสาร (Precision Cleaning)



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการผลิตกับการวัดผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของขั้นตอนการตรวจสอบในกระบวนการ (Internal Process Audit) ซึ่งมีการตรวจสอบเกือบทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยที่มีเส้นทางการเข้ามาของงานที่มาจากกระบวนการต่าง ๆ ในแต่ละสายการผลิตแสดงในรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่า เครื่องมือวัด Vision Measurement จะต้องวัดงานที่มาจากหลายกระบวนการ คือ Stiffener Forming, Flexure forming, Laser Welding ฯลฯ ทำให้ปริมาณงานที่เข้ามาเพื่อที่จะเข้าใช้เครื่องมือวัด Vision Measurement นี้มีจำนวนมาก โดยในการปฏิบัติงานจริงนั้นงานที่จะส่งเข้ามาที่เครื่องมือวัดจะมีการเข้ามาไม่พร้อมกัน บางช่วงเวลามีปริมาณงานที่เข้ามาวัดเป็นจำนวนมาก และบางช่วงเวลาก็ไม่มีงานเข้ามาวัดเลย ทำให้เกิดการเดินเปล่าของเครื่องมือวัดอยู่บ่อยครั้ง

3.2 ปัญหาที่พบ

เนื่องจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ มีกระบวนการผลิตที่ค่อนข้างมากและซับซ้อน ดังนั้นในการเพิ่มสมรรถนะในผลิตและประสิทธิภาพของสายการผลิต การขยายโรงงานต้องใช้เงินลงทุนในปริมาณมาก ดังนั้น การวางแผนและการจัดการจึงมีความสำคัญเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยงด้านการลงทุน นอกจากนี้อุตสาหกรรมชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์นั้นมีข้อจำกัดที่หลากหลาย เช่น ข้อจำกัดด้านเวลาในแต่ละกระบวนการผลิต เพื่อให้ส่งสินค้าทันตามเวลาที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้การวางแผนและการจัดการเพื่อการดำเนินการผลิตนั้นทำได้ยาก ทำให้มีการศึกษาเพื่อการแก้ปัญหาเหล่านี้มากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมีความสำคัญต่อนักวางแผนเพื่อจัดสรรทรัพยากรภายในองค์กร

จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่า เครื่องมือวัดสำหรับตรวจสอบชิ้นงานภายในกระบวนการแบ่งเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ Vision Measurement, Gram Measurement และ Pitch and Roll Measurement โดยส่วนใหญ่แล้วเครื่องมือวัด Vision Measurement ใช้ในการวัดภายในกระบวนการมากที่สุด

ในการวางแผนการจัดสรรเครื่องมือ ก็มีการกำหนดจำนวนปริมาณงานที่วัดได้เช่นกัน เนื่องจากก่อนที่จะมีการดำเนินงานการผลิตนั้น จะต้องมีการวางแผนการผลิต ซึ่งรวมถึงการวางแผนจำนวนเครื่องมือวัดที่ต้องการ ในช่วงนี้จะต้องมีการนำข้อมูลการดำเนินงานมาใช้ในการคำนวณเพื่อที่จะจัดสรรเครื่องมือวัดให้มีความสอดคล้องกับแผนการผลิต หรือจำนวนเครื่องมือวัดนั้นจะต้องเพียงพอ ในที่นี้ข้อมูลที่นำมาวางแผนนั้นจะเป็นจำนวนงานในการวัดต่อวัน โดยแสดงในตารางที่ 3.1 แต่จากการดำเนินการรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือน ธันวาคม 2550 ถึง มกราคม 2551 พบว่าจำนวนงานโดยเฉลี่ยต่อวัน ที่ได้ดำเนินการวัดนั้นมีค่าต่ำกว่าที่ได้วางแผนไว้ แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 การวางแผนจำนวนงานในการวัดผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต
(หน่วย: ชิ้นต่อวัน)

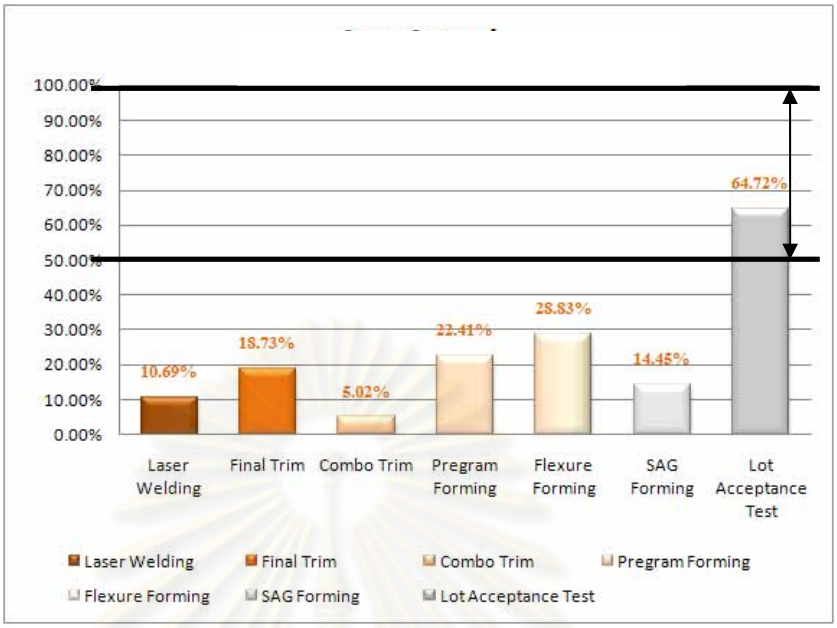
Program	OGP_07	OGP_08	QV3_03	QV3_04	QV3_16	QV3_17	QV3_18	QV3_19	QV3_20	QV3_22	QV3_24	QV3_29	QV3_32
Laser Welding	1,677	1,969	-	-	1,598	-	-	-	304	257	40	-	-
Final Trim	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Combo Trim	278	32	-	468	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pregram Forming	-	-	168	195	184	-	-	181	800	823	63	263	-
Flexure Forming	-	-	-	-	-	-	1,134	-	-	-	1,035	-	-
SAG Forming	-	-	1,166	962	-	1,418	-	-	-	-	-	1,023	1,418
Lot Acceptance Test	-	-	-	-	-	-	-	393	-	-	-	-	-
Total	2061	2001	1334	1626	1782	1418	1134	574	1104	1079	1139	1286	1418

ตารางที่ 3.2 จำนวนงานที่วัดได้ ในช่วงเดือน ธันวาคม 2550 ถึง มกราคม 2551
(หน่วย: ชิ้นต่อวัน)

Program	OGP_07	OGP_08	QV3_03	QV3_04	QV3_16	QV3_17	QV3_18	QV3_19	QV3_20	QV3_22	QV3_24	QV3_29	QV3_32
Laser Welding	194	225	-	-	173	-	-	-	40	9	5	-	-
Final Trim	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Combo Trim	16	2	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pregram Forming	-	-	41	33	42	-	-	60	222	64	18	48	-
Flexure Forming	-	-	-	-	-	-	387	-	-	-	244	-	-
SAG Forming	-	-	192	107	-	220	-	-	-	-	-	124	241
Lot Acceptance Test	-	-	-	-	-	-	-	254	-	-	-	-	-
Total	229	227	233	158	215	220	387	315	262	73	267	172	241

เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากตารางที่ 3.1 แสดงการวางแผนจำนวนงานในการวัดผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต และ ตารางที่ 3.2 จำนวนงานที่วัดได้ ในช่วงเดือน ธันวาคม 2550 ถึง มกราคม 2551 พบว่า จำนวนงานที่วัดได้จริงนั้นมีค่าต่ำกว่า จำนวนงานที่ได้ทำการวางแผนไว้มาก ซึ่งหากทำการเปรียบเทียบจำนวนงานที่ควรวัดได้ตามแผนคือ 100 เปอร์เซ็นต์ กับเปอร์เซ็นต์งานที่วัดได้โดยจำแนกตามโปรแกรมการวัด พบว่ายังไม่โปรแกรมการวัดใดเลยที่มีจำนวนงานที่วัดได้ในแต่ละวันเป็นไปได้ตามแผนที่ได้วางไว้ และส่วนใหญ่มีอัตราที่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และค่าเฉลี่ยของอัตราการเดินเปล่าของเครื่องมือวัดสูง ดังแสดงในรูปที่ 3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 แผนภูมิเปรียบเทียบจำนวนงานที่ควรวัดได้ตามแผนคือ 100 เปอร์เซ็นต์ กับเปอร์เซ็นต์งานที่วัดได้

รูปที่ 3.6 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดการเดินเปล่าต่อเครื่องมือวัดต่อวัน

3.2.1 จากการศึกษาในเบื้องต้น สามารถจำแนกปัญหาได้ดังนี้

3.2.1.1 ปัญหาด้านการจัดทรัพยากรสำหรับการผลิต เนื่องจากมีความหลากหลายของพารามิเตอร์และโปรแกรมที่ใช้ในการวัด ชนิดของเครื่องมือวัด ทำให้ในการจัดสรรเครื่องมือวัดนั้นมีความซับซ้อน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาระหว่างความเหมาะสมของการจัดทรัพยากรกับกระบวนการที่ใช้ในการผลิตของผลิตภัณฑ์ในแต่ละรุ่น เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุด

3.2.1.2 ปัญหาด้านการใช้ประโยชน์จากเครื่องมือวัดยังไม่เต็มที่ ในบางช่วงเวลายังมีการเดินเปล่าของเครื่องมือวัด โดยการเดินเปล่าของเครื่องมือวัดนั้นเนื่องจากหลายปัจจัย เช่น ปัญหาการหยุดเครื่องจักรในสายการผลิต นอกจากนี้ในกรณีที่เครื่องจักรในสายการผลิตเกิดการขัดข้อง หลังจากที่มีการแก้ไขเรียบร้อยแล้วจะต้องมีการส่งงานเข้ามาวัดที่เครื่องมือวัดเพื่อเป็นการยืนยันเครื่องจักรในสายการผลิตว่าอยู่ในสถานะที่ปกติก่อนที่จะมีการดำเนินการตามปกติ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการแทรกงานอยู่บ่อยครั้ง

จากปัญหาที่เกิดขึ้น จึงคิดที่จะใช้การจำลองแบบปัญหาในการช่วยแก้ไขปัญหาด้วยการสร้างแบบจำลองขึ้นใช้ทดลองแทน สาเหตุที่ไม่สามารถทดลองกับระบบงานจริง สรุปได้ดังนี้

1. การทดลองกับระบบงานจริงอาจก่อให้เกิดความขัดข้องในการดำเนินงานตามปกติ เช่น หากมีการทดลองเปลี่ยนวิธีการจัดสรรโปรแกรมการวัดงาน จะมีผลกระทบต่อเวลาในการดำเนินงานและทำให้การส่งงานให้ลูกค้าล่าช้า

2. ในการทดลองกับระบบงานจริงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลของสมรรถนะของคน อาจได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากความสามารถในการปรับสมรรถนะของตนเอง จึงทำให้ได้ข้อมูลที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าความเป็นจริง เช่นความเร็วในการขนถ่ายงานของพนักงานแต่ละคนจะมีความแตกต่างกัน

3. การทดลองกับระบบงานจริงนั้นเป็นการยากที่จะควบคุมเงื่อนไขต่างๆของ การทดลองให้คงที่ เช่น ในช่วงที่มีการทดลองการจัดสรรทรัพยากรสำหรับการวัดผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลการทดลองที่ได้แต่ละครั้งของการทดลองอาจไม่ใช่ผลที่เกิดขึ้นภายใต้ เงื่อนไขกลุ่มเดียวกัน

4. การทดลองกับระบบงานจริงอาจต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก เช่น การเพิ่มจำนวนพนักงานขนถ่าย การเพิ่มจำนวนเครื่องมือวัด ซึ่งจะต้องมีค่าใช้จ่ายระหว่างการทดลองจัดสรรทรัพยากร เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การสร้างแบบจำลองปัญหา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนความต้องการของเครื่องมือวัดที่ใช้ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์ที่ต้องมีความแม่นยำสูง โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้สามารถทำให้เข้าใจขั้นตอนการทำงานที่ง่ายขึ้น เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์เพื่อจัดสรรปริมาณความต้องการของทรัพยากรได้เพียงพอโดยไม่ทำให้การดำเนินงานต้องหยุดกะทันหัน เนื่องจากปริมาณทรัพยากรที่จัดสรรให้นั้นไม่เพียงพอ หรือเกิดการเดินเปล่าเนื่องจากทรัพยากรที่จัดสรรให้มีมากจนเกินความต้องการได้

สำหรับโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4.1 การตั้งปัญหา และการให้คำจำกัดความของระบบงาน

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการจัดสรรทรัพยากรสำหรับกระบวนการวัดในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์ เพื่อจัดสรรเครื่องมือวัดให้เพียงพอและมีความสอดคล้องกับกำลังการผลิต อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดอยู่ในระดับที่สูง ลดเวลารอคอยของงานที่เข้ามาวัด เพื่อเป็นการกำหนดภาพการดำเนินงานโดยรวม และสามารถนำแบบจำลองไปวางแผนในการจัดสรรทรัพยากรตามแผนการผลิตที่มีความยืดหยุ่น รองรับกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างรวดเร็ว ในการสร้างแบบจำลองนั้นจะช่วยให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของงาน การขนถ่าย การรอคอยในขั้นตอนต่าง ๆ มองเห็นพนักงานและเครื่องจักรทำงานได้

ในการจำลองแบบปัญหาจะต้องมีการกำหนดขอบเขตของระบบงาน ซึ่งก็คือการกำหนดองค์ประกอบของระบบทั้งภายในและภายนอก โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attribute) ที่ทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) และกิจกรรมเหล่านี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบงาน (System Status) โดยการกำหนดองค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบแสดงดังตาราง ที่ 4.1

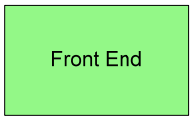
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการวัดงาน

องค์ประกอบ	ลักษณะเฉพาะตัว	กิจกรรม
พนักงานประจำเครื่องมือวัด	เวลาในการดำเนินการวัด	ทำงาน ว่าง
เครื่องจักรสำหรับการผลิต	ช่วงเวลาที่ส่งงานวัด ประสิทธิภาพในการผลิต	ทำงาน ว่าง
ชิ้นงานที่ส่งวัด	โปรแกรมการวัด ของดี ของเสีย	รอวัด อยู่ระหว่างการวัด วัดงานเสร็จแล้ว
แถวคอย	จำนวนงานในแถวคอย	มีงานวัด ว่าง
พนักงานรับ-ส่งงานวัด	ความเร็วในการเดิน เขตที่รับผิดชอบ	ทำงาน ว่าง

ลักษณะของการผลิตจะมีการแบ่งกลุ่มดังนี้ คือ

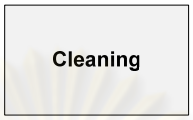
1.1.1 **กลุ่มการผลิต** กลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มที่มีการดำเนินการผลิต มีการใช้เครื่องจักรเพื่อทำการผลิตงานตามกระบวนการ โดยมีลักษณะที่การวางผังเป็นแบบสายการผลิต หรือการวางผังการผลิตตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) ซึ่งแต่ละสายการผลิตนั้นจะมีเครื่องจักรทุกกระบวนการผลิต จนกระทั่งสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์ภายในสายการผลิตเดียว ซึ่งจะแบ่งออกเป็นส่วนดังนี้

1.1.1.1 **Front End** เป็นกระบวนการที่ดำเนินการผลิตตั้งแต่ต้น จนถึงก่อนกระบวนการล้าง (Cleaning)



รูปที่ 4.1 สัญลักษณ์กระบวนการก่อนการล้าง (Front End Process)

1.1.1.2 Cleaning เป็นกระบวนการล้างผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการวางสายการผลิตเป็นแบบอนุสาวรีย์ (Monument) โดยเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ แต่มีกำลังการผลิตสูง สามารถรองรับงานที่มีมาจากหลาย ๆ สายการผลิตได้

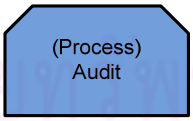


รูปที่ 4.2 สัญลักษณ์กระบวนการล้าง (Cleaning Process)

1.1.1.3 Back End เป็นกระบวนการหลังจากกระบวนการล้างไปจนกระทั่ง ขั้นตอนของการตรวจสอบขั้นสุดท้าย หรือ FVMI (Final Visual Microscope Inspection) ก่อนที่จะส่งไปบรรจุ (Packing)

รูปที่ 4.3 สัญลักษณ์กระบวนการหลังการล้าง (Front End Process)

1.1.2 **กลุ่มการวัด** เป็นกลุ่มของเครื่องมือวัดทุกประเภท ซึ่งจะอยู่นอกสายการผลิต ทำหน้าที่คอยรับงานที่ถูกสุ่มมาจากสายการผลิต เพื่อทำการวัดชิ้นงาน



รูปที่ 4.4 สัญลักษณ์กระบวนการตรวจวัดงานในแต่ละกระบวนการผลิต (Audit)

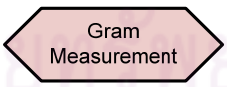
เมื่อวัดเรียบร้อยแล้วหากชิ้นงานนั้นมีค่าอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดงานทั้งล็อตนั้นก็จะถูกส่งต่อในกระบวนการถัดไป แต่หากงานนั้นไม่ได้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้ พนักงานก็จะแจ้งให้พนักงานหรือเจ้าหน้าที่ที่ดูแลเครื่องจักรในสายการผลิตให้ทำการหาสาเหตุและแก้ไขปัญหาต่อไป ซึ่งกลุ่มกระบวนการตรวจวัดงานเป็นกลุ่มที่นำมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เนื่องจากขั้นตอนการดำเนินการมีความซับซ้อน อีกทั้งยังมีเครื่องมือวัดหลายประเภท จะต้องมี

การวัดเพื่อตรวจสอบชิ้นงานในหลาย ๆ กระบวนการผลิต ซึ่งเครื่องมือวัดที่ใช้นั้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1.1.2.1 **Vision Measurement** เครื่องตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน เป็นการวัดขนาดด้วยเครื่องมือวัดที่ใช้กล้องส่องที่ชิ้นงาน แล้วทำการยิงเลเซอร์เพื่อวัดขนาดของชิ้นงาน เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดตามมาตรฐานที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งเครื่องมือวัดประเภทนี้จะใช้งานมาก สังเกตได้จากจะมีการส่งการวัดตลอดเกือบทุกขั้นตอนการผลิต ซึ่ง Vision Measurement แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ OGP, QV ซึ่งทั้งสองประเภทนี้จะมีหน้าที่การทำงานที่เหมือนกัน

รูปที่ 4.5 สัญลักษณ์การวัดประเภท Vision Measurement

1.1.2.2 **Gram Load Measurement** เครื่องตรวจสอบแรงกดของชิ้นงานหลังจากชิ้นงานถูกดัน เป็นการวัดค่า Gram บนตัวชิ้นงานหลังจากผ่านกระบวนการดัดงาน (SA &Gram Adjust) มาตรฐานที่ลูกค้าต้องการ จะใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า GMS เพื่อใช้ในการวัดชิ้นงาน



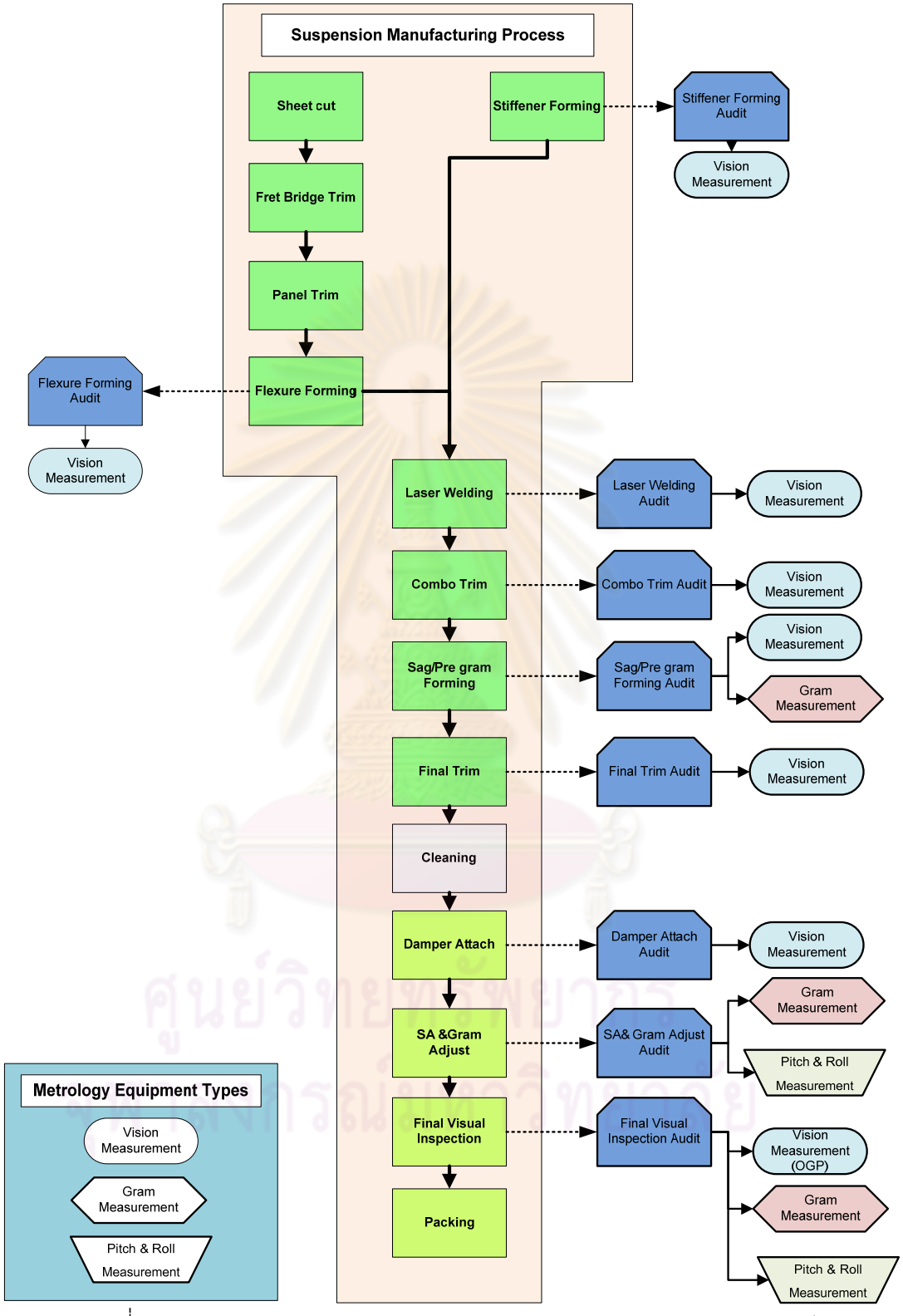
รูปที่ 4.6 สัญลักษณ์การวัดประเภท Gram Measurement

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.2.3 Pitch & Roll Measurement เครื่องตรวจสอบและปรับค่าPitch & Roll(ค่ามุมระดับสูงต่ำและการบิด)ของชิ้นงาน เป็นการวัดค่า Pitch & Roll ของตัวชิ้นงานเมื่อผ่านขั้นตอนการดัดชิ้นงาน (SA &Gram Adjust) จะใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า RPM ในการวัด

รูปที่ 4.7 สัญลักษณ์การวัดประเภท Pitch & Roll Measurement

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 แผนผังกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่านและกระบวนการวัดผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.8 แสดงแผนผังกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่านและกระบวนการวัดผลิตภัณฑ์ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการวัดงานตลอดทั้งกระบวนการผลิต โดยในแต่ละขั้นตอนของการวัดงานนั้นจะมีการดำเนินงานที่เหมือนกัน และพนักงานที่มีหน้าในการรับ-ส่งงานวัด จะมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดเข้ามารับงานที่ถูกสุ่มจากพนักงานที่อยู่หน้าเครื่องจักร โดยการสุ่มงานของพนักงานที่อยู่หน้าเครื่องจักรนั้นจะสุ่มงานตามแผนการสุ่มงานโดยวิศวกรฝ่ายจัดการสายการผลิตที่เป็นผู้กำหนด ซึ่งพนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดจะมีหน้าที่รับผิดชอบเป็นพื้นที่ เช่น พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดคนที่ 1 จะมีหน้าที่รับงานเฉพาะงานที่อยู่ส่วนหน้าของสายการผลิต แต่จะรับผิดชอบตั้งแต่สายการผลิตที่ 1 ถึงสายการผลิตที่ 3 ส่วนพนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดคนที่ 2 จะมีหน้าที่รับงานเฉพาะงานที่อยู่ส่วนท้ายของสายการผลิต แต่จะรับผิดชอบตั้งแต่สายการผลิตที่ 1ถึงสายการผลิตที่ 3 เป็นต้น

2. พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดเขียนใบส่งงานเพื่อเป็นหลักฐานในการรับงานและเพื่อให้พนักงานที่อยู่หน้าเครื่องมือวัดดำเนินการวัดงานตามโปรแกรมที่ถูกกำหนดไว้

3. พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดนำงานไปที่เครื่องมือวัดที่กำหนดไว้ตามแผนการสุ่มงานจากที่ได้สังเกตพฤติกรรมการดำเนินงานของพนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดนั้นจะมีการบรรทุกงานที่พร้อมส่งไปที่เครื่องมือวัดทั้งหมด แล้วจึงเดินไปพร้อมกับงานที่ถูกสุ่มจากพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ที่หน้าเครื่องจักรของแต่ละกระบวนการผลิตนั้น ๆ ดังนั้นในช่วงเวลาที่พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดอยู่ในพื้นที่การรับผิดชอบของตน จะมีการเก็บงานที่ต้องส่งไปที่เครื่องมือวัดทั้งหมดแล้วจึงออกจากบริเวณที่รับผิดชอบ เดินทางไปที่เครื่องมือวัดได้ ซึ่งในการสร้างแบบจำลองนั้น ผู้วิจัยได้มีการศึกษาถึงการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะกำหนดให้แบบจำลองนั้นสามารถดำเนินการได้เหมือนกับพฤติกรรมการดำเนินงานของพนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดได้

4. เมื่อพนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัด ถึงบริเวณที่เป็นเครื่องมือวัดแล้ว จะวางงานที่หน้าเครื่องมือวัด เพื่อรอให้พนักงานที่ประจำเครื่องมือวัดนั้น ๆ ดำเนินการวัดงาน

5. หลังจากที่พนักงานที่ประจำเครื่องมือวัดนั้น ๆ ดำเนินการวัดเรียบร้อยแล้ว ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการวัดนั้นจะถูกบันทึกในระบบฐานข้อมูลไว้เรียบร้อยแล้ว พนักงานที่ประจำเครื่องมือวัดจะวางงานที่วัดเสร็จเพื่อรอให้พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัด มารับงานเพื่อนำกลับไปยังเครื่องจักรที่ถูกสุ่มงานมา

6. พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดไปที่คอมพิวเตอร์ยังบริเวณพื้นที่รับผิดชอบเพื่อเปิดโปรแกรมบันทึกข้อมูลในระบบฐานข้อมูล เพื่อตรวจสอบผลการวัดงาน ที่ได้วัดเสร็จแล้วนั้นผ่านตามข้อกำหนดหรือไม่ ซึ่งมีกรณีในการตัดสินใจดังนี้

    6.1 กรณีที่งานที่วัดนั้นผ่านตามข้อกำหนด พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดจะนำงานกลับไปคืนจะสิ้นสุดขั้นตอนการวัดงาน ทำให้พนักงานที่อยู่หน้าเครื่องจักรในการผลิตนั้นสามารถส่งงานไปยังกระบวนการต่อไปได้

    6.2 กรณีที่ผลการวัดนั้นไม่ผ่านตามข้อกำหนด พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดจะต้องดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

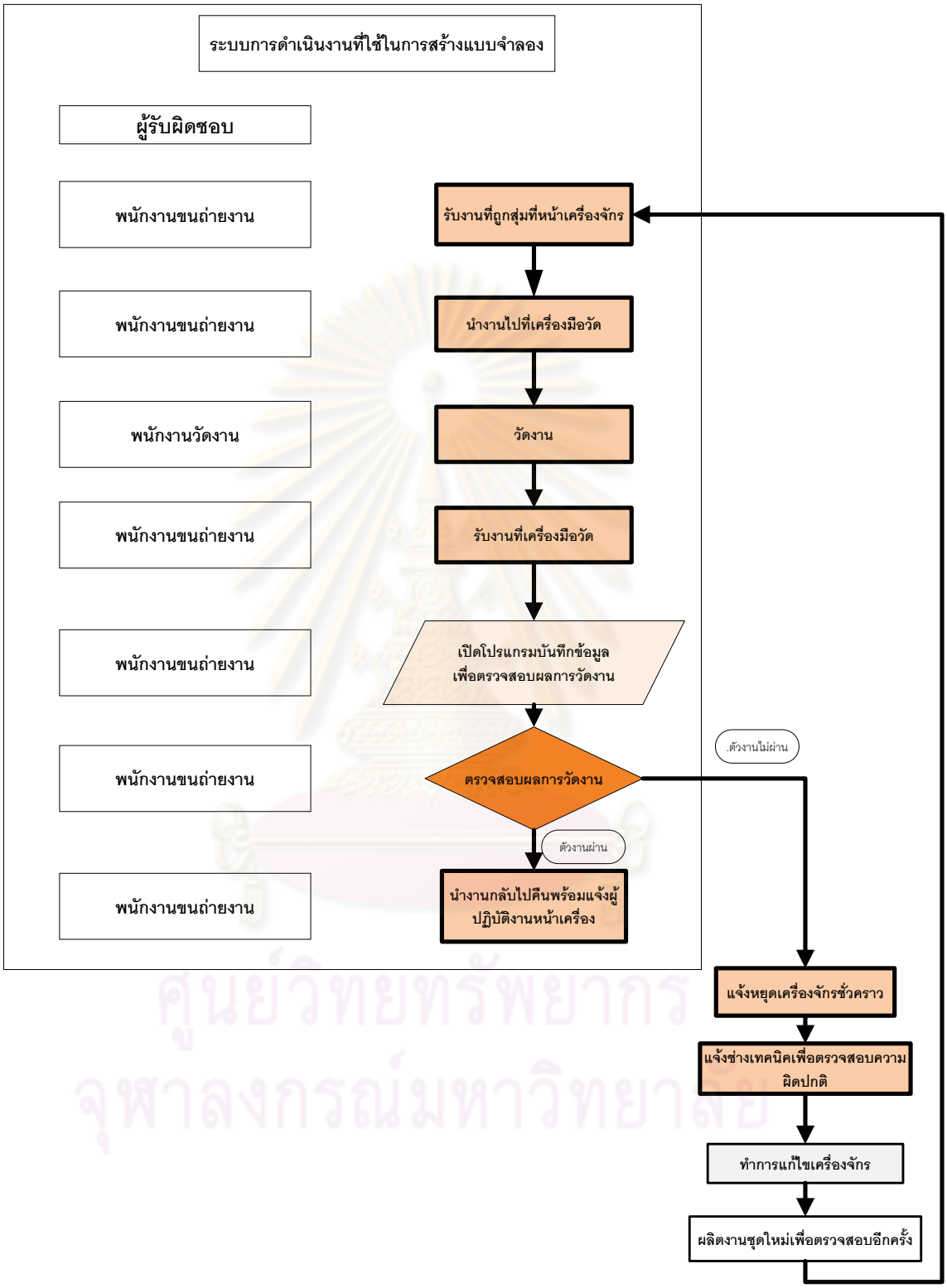
7. พนักงานที่ทำหน้าที่รับ-ส่งงานวัดแจ้งให้พนักงานที่ประจำหน้าเครื่องหยุดเครื่องจักรชั่วคราว

8. เรียกพนักงานเทคนิคเพื่อเข้ามาตรวจสอบปัญหา และดำเนินการแก้ไขปัญหาของเครื่องจักร

9. พนักงานที่ประจำเครื่องจักรในสายการผลิตทำการส่งงานวัดเพื่อยืนยันอีกครั้ง เพื่อให้งานนั้นผ่านตามข้อกำหนด จึงจะเริ่มดำเนินการผลิตต่อไปได้

ในระบบการดำเนินงานวัดงานที่นำมาสร้างแบบจำลองคือข้อที่ 1-6 (เฉพาะกรณีที่ 6.1 เท่านั้น) ดังแสดงในรูปที่ 4.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 ผังการดำเนินงานของการวัดงาน และผังการดำเนินงานที่นำมาสร้างแบบจำลอง

4.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้เป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองได้อย่างละเอียด ไม่ว่าระบบการดำเนินงานที่มีความซับซ้อนมากเพียงใด ก็สามารถสร้างแบบจำลองได้เหมือนจริง สะดวกในการประเมินและวิเคราะห์ผลเนื่องจากโปรแกรมได้ถูกออกแบบมาให้แสดงผลเพื่อทำการวิเคราะห์ไว้เรียบร้อยแล้ว และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานได้หลากหลายประเภทงาน

งานวิจัยนี้ได้นำโปรแกรมสำเร็จรูป ProModel Version 7 มาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อทดลองจัดสรรทรัพยากรเครื่องมือวัด ซึ่งมีข้อดีดังต่อไปนี้

1. เนื่องโปรแกรมนั้นสามารถกำหนดเงื่อนไขได้ในขั้นตอนการสร้างกระบวนการ ในรูปแบบการเขียนโปรแกรม สามารถสร้างเงื่อนไขได้ตามที่ต้องการ ด้วยการเขียนคำสั่งในโปรแกรม ProModel (รายละเอียดตามภาคผนวก ง) เพื่อให้ระบบนั้นสามารถตัดสินใจได้เองในทุกขั้นตอน

2. โปรแกรมสำเร็จรูป ProModel สามารถสร้างตัวแปรเพื่อเก็บค่าต่าง ๆ ที่เราสนใจเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ หรือเพื่อการพิสูจน์แบบจำลองในขณะที่มีการดำเนินการจำลองสถานการณ์

3. โปรแกรมมีฟังก์ชั่นรูปภาพ เพื่อการแสดงภาพเคลื่อนไหว (Animation) ทำให้สามารถตรวจสอบ (Verification) ได้ง่าย รวมทั้งสะดวกในการนำเสนองานให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในระบบงานได้เข้าใจระบบการดำเนินงานได้มากขึ้น นอกจากนี้ทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์งานเนื่องจากทำให้เราสามารถมองเห็นการดำเนินงานทั้งหมด(รายละเอียดตามภาคผนวก ข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการสำรวจวิธีการดำเนินงานที่เป็นงานวัด ในสายการผลิต ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มที่จะนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อการจัดสรรทรัพยากร ด้วยการเลือกสายการผลิตที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นเดียวกัน 3 สายการผลิตซึ่งจะทำให้เราสามารถจัดสรรเครื่องมือวัดได้ ซึ่งมีรายการเครื่องมือวัดทั้งหมด 10 เครื่อง ซึ่งเป็นการรองรับงานวัดที่มีจากสายการผลิตทั้งสามสายการผลิต โดยจะมีการดำเนินการวัดจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 4.2

ในระบบการดำเนินงานในปัจจุบันนั้นมีความซับซ้อนในการจัดสรรโปรแกรมการวัดงาน มีการแยกโปรแกรมการวัด ทำให้ความสามารถของเครื่องมือวัดลดลง โปรแกรมการวัดไม่มีความหลากหลายทำให้ไม่สามารถรองรับงานในช่วงที่งานวัดมีการเข้ามาเป็นจำนวนมากได้

ตารางที่ 4.2 รายการเครื่องมือวัดที่มีการดำเนินงานในปัจจุบัน

เครื่องมือวัด	ประเภท
GMS-02	Gram Load Measurement
GMS-09	Gram Load Measurement
OGP-07	Vision Measurement
QV3-03	Vision Measurement
QV3-04	Vision Measurement
QV3-16	Vision Measurement
QV3-18	Vision Measurement
QV3-19	Vision Measurement
QV3-38	Vision Measurement
RPM-06	Pitch & Roll Measurement

ในการจำลองแบบปัญหานี้เป็นการจัดสรรเครื่องมือวัด 2 ประเภท คือ Vision Measurement และ Gram Measurement เท่านั้น เนื่องจากเครื่องมือวัดประเภท Pitch & Roll Measurement มีกำลังการผลิตที่เพียงพอ ในการดำเนินงานจริงสามารถรองรับได้มากกว่า 3 สายการผลิต จึงไม่นำมาทดลองจัดสรรในการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดก่อนการจัดสรรเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบหลังการทดลองจัดสรรเครื่องมือวัด โดยข้อมูลที่แสดงเป็นการเปรียบเทียบจัดสรรเครื่องมือวัดที่มีการจัดสรรให้มีโปรแกรมการวัดเพียง 1-2 โปรแกรมต่อเครื่องมือวัด 1 เครื่อง ซึ่งข้อมูลที่แสดงนั้นรองรับงานที่เข้ามาจาก 3 สายการผลิตดังตารางที่ 4.3 สำหรับอัตราการใช้ประโยชน์เครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement และตารางที่ 4.4 สำหรับอัตราการใช้ประโยชน์เครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

ตารางที่ 4.3 อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement ก่อนการจัดสรร

เครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement	**อัตราการใช้ประโยชน์ก่อนการจัดสรร**
OGP-07	18.82%
QV3-03	23.64%
QV3-04	68.25%
QV3-16	11.26%
QV3-18	26.51%
QV3-19	15.58%
QV3-38	7.74%
	24.55%

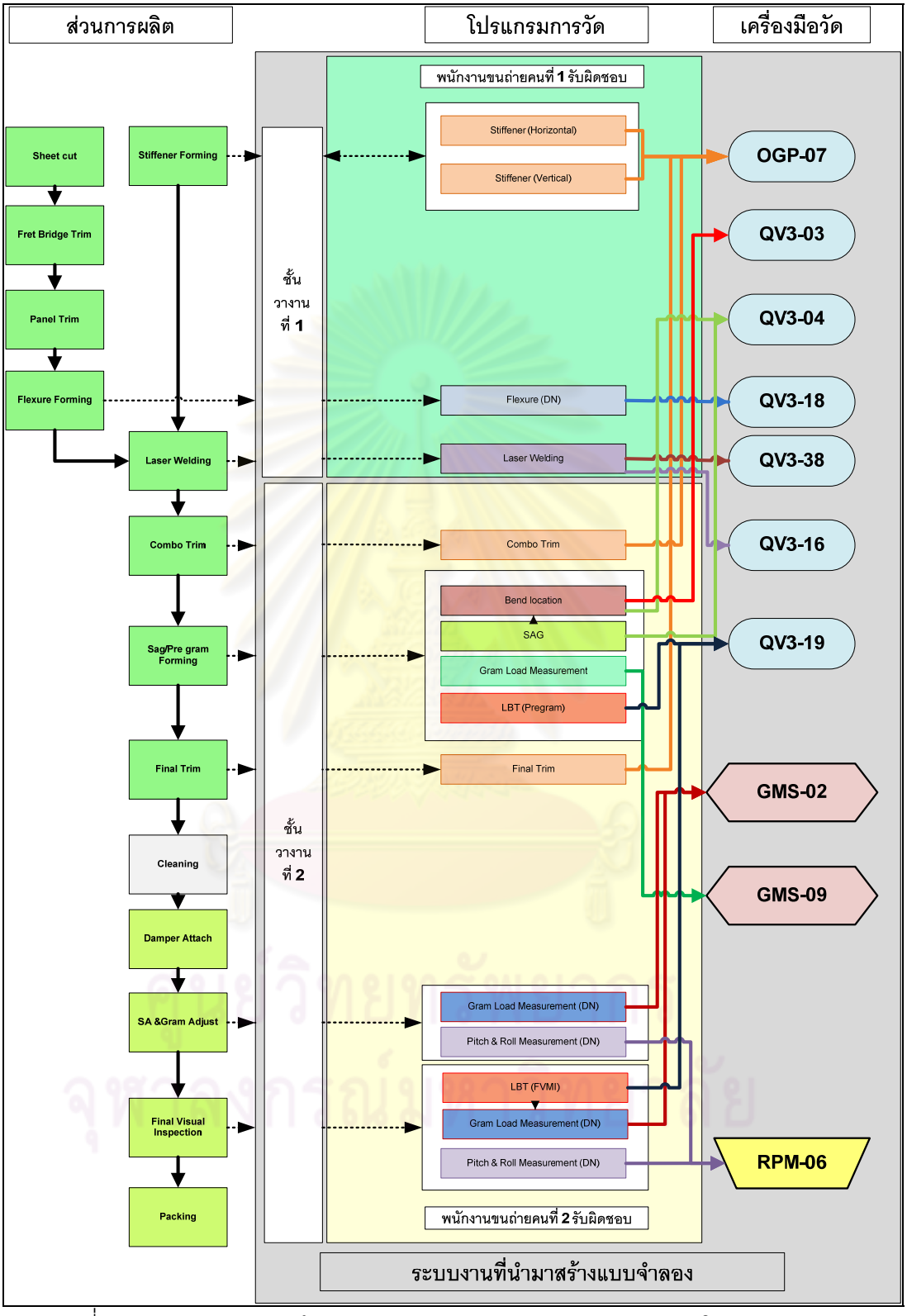
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement ก่อนการจัดสรร

เครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement	อัตราการใช้ประโยชน์ก่อนการจัดสรร
GMS-02	54.46%
GMS-09	18.06%
	36.26%

ในปัจจุบันมีการจัดสรรโปรแกรมการวัดและเส้นทางการขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 แสดงระบบการดำเนินงานต่อ 1 สายการผลิตและการจัดสรรโปรแกรมการวัด

4.3.1 การเก็บข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจภาพรวมของพฤติกรรมของระบบ จึงได้ทำการเก็บข้อมูลของการดำเนินการวัดผลิตภัณฑ์ในช่วง 19-28 มิถุนายน 2551 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ข้อมูลเวลาการทำงานจึงได้ทำการเก็บข้อมูลจากการบันทึกการดำเนินงานของเครื่องมือวัดในแต่ละประเภท ซึ่งในที่นี้จะมีการบันทึกเพื่อระบุว่างานที่เข้ามาวัดนั้นมาจากเครื่องจักรใด อยู่ในสายการผลิตที่เท่าใด มีการบันทึกเวลาดังนี้ เวลาที่เริ่มดำเนินการวัดงาน และเวลาสิ้นสุดการวัดงาน และเวลาในการรับงานจากเครื่องมือวัด ได้แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลในตารางที่ 4.5 ในคอลัมน์ Inter Arrival time(Min) จะเป็นข้อมูลที่จะนำมาพิจารณา แต่เนื่องจากข้อมูลที่เก็บมานั้นยังไม่มีการตรวจสอบความแม่นยำก่อนที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการตรวจสอบความแม่นยำด้วย ค่า % R.P. หากข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นมีความน่าเชื่อถือ หรือมีค่า % R.P. อยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 5-10% ซึ่งหากมีค่าสูงจะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่ม เพื่อให้ได้ค่า % R.P. อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาทดสอบการกระจายของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Stat fit ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมใน ProModel (รายละเอียดตามภาคผนวก ก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แบบบันทึกการเก็บข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด

Data	Program	Job name	CELL	Pcs	Ope.	Receive	Operation	Inter Arrival (Min)
19/6/2008	4482_Hor	43448220018122-JP3#91-D110	C13	3	Audit	10:30	5300 Laser Welding	188
19/6/2008	4482_Hor	43448220018142-JP3#91-D110	C13	3	Audit	16:50	5300 Laser Welding	380
19/6/2008	4482_Hor	43448220018182-JP3#91-D110	C13	3	Audit	19:15	5300 Laser Welding	145
19/6/2008	4482_Hor	43448220018512-JP3#91-D110	C13	3	Audit	0:50	5300 Laser Welding	335
20/6/2008	4482_Hor	43448220018992-JP3#91-D110	C13	3	Audit	7:20	5300 Laser Welding	390
20/6/2008	4482_Hor	43448220019202-JP3#91-D110	C13	3	Audit	12:00	5300 Laser Welding	280
20/6/2008	4482_Hor	43448220019312-JP3#91-D110	C13	3	Audit	16:35	5300 Laser Welding	275
20/6/2008	4482_Hor	43448220019102-JP3#91-D110	C13	3	Audit	19:15	5300 Laser Welding	160
20/6/2008	4482_Hor	43448220019442-JP3#91-D110	C13	3	Audit	0:50	5300 Laser Welding	335
21/6/2008	4482_Hor	43448220019682-JP3#91-D110	C13	3	Audit	7:20	5300 Laser Welding	390
21/6/2008	4482_Hor	43448220019832-JP3#91-D110	C13	3	Audit	11:05	5300 Laser Welding	225
21/6/2008	4482_Hor	43448220020222-JP3#91-D110	C13	3	Audit	22:25	5300 Laser Welding	680
23/06/2008	4482_Hor	43448220020352-JP3#91-D110	C13	3	Audit	7:30	5300 Laser Welding	545
23/06/2008	4482_Hor	43448220020492-JP3#091-D110	C13	3	Audit	11:35	5300 Laser Welding	245
23/06/2008	4482_Hor	43448220020852-JP3#91-D110	C13	3	Audit	16:56	5300 Laser Welding	321
23/06/2008	4482_Hor	CONFIRM-JP3#91-D110	C13	3	TEST	20:23	5300 Laser Welding	207
24/06/2008	4482_Hor	43448220021312-JP3#091-D110	C13	3	Audit	7:10	5300 Laser Welding	647
24/06/2008	4482_Hor	43448220021312-JP3#091-D110	C13	3	Audit	10:30	5300 Laser Welding	200
24/06/2008	4482_Hor	43448220021632-JP3#91-D110	C13	3	Audit	17:25	5300 Laser Welding	415
24/06/2008	4482_Ver	43448220021692-JP3#91-D110	C13	3	Audit	19:10	5300 Laser Welding	105
24/06/2008	4482_Ver	43448220021912-JP3#91-D110	C13	3	Audit	0:43	5300 Laser Welding	333
24/06/2008	4482_Ver	43448220021912-JP3#91-D110	C13	3	Audit	2:10	5300 Laser Welding	87
25/6/2008	4482_Hor	43448220021992-JP3#91-D110	C13	3	Audit	7:15	5300 Laser Welding	305
25/6/2008	4482_Hor	43448220021992-JP3#91-D110	C13	3	Audit	8:50	5300 Laser Welding	95
25/6/2008	4482_Hor	Confirm-A-JP3#91-D110	C13	3	TEST	9:40	5300 Laser Welding	50
25/6/2008	4482_Hor	43448220022322-JP3#91-D110	C13	3	Audit	14:40	5300 Laser Welding	300
25/6/2008	4482_Hor	43448220022552-JP3#91-D110	C13	3	Audit	20:35	5300 Laser Welding	355
25/6/2008	4482_Hor	43448220022862-JP3#91-D110	C13	3	Audit	1:20	5300 Laser Welding	285
26/06/2008	4482_Hor	43448220022962-JP3#091-D110	C13	3	Audit	7:08	5300 Laser Welding	348
26/06/2008	4482_Hor	43448220023322-JP3#91-D110	C13	3	Audit	17:00	5300 Laser Welding	942
26/06/2008	4482_Hor	43448220023472-JP3#91-D110	C13	3	Audit	19:10	5300 Laser Welding	130
26/06/2008	4482_Hor	43448220023682-JP3#91-D110	C13	3	Audit	1:25	5300 Laser Welding	375
28/6/2008	4482_Hor	43448220024662-JP3#91-D110	C13	3	Audit	7:40	5300 Laser Welding	375
28/6/2008	4482_Hor	43448220024672-JP3#91-D110	C13	3	Audit	13:18	5300 Laser Welding	338
28/6/2008	4482_Hor	43448220024982-JP3#91-D110	C13	3	Audit	19:14	5300 Laser Welding	356
28/6/2008	4482_Hor	44448220028362-JP3#91-D110	C13	3	Audit	23:08	5300 Laser Welding	234

เมื่อได้ข้อมูลเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดครบแล้ว ต้องทำการตรวจสอบข้อมูล เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นมีความน่าเชื่อถือด้วยการหาค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. (Percentage of relative precision - %R.P.) โดยมีการคำนวณดังนี้

$$\%\text{R.P.} = \frac{t_{\alpha/2;\,n-1}\, S/\sqrt{n}}{\bar{\chi}}$$

โดยทั่วไป ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. จะต้องมีค่าน้อยกว่า 5-10% ข้อมูลดังกล่าวถึงจะมีความน่าเชื่อถือ เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลในลำดับต่อไป หากค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. มีมากกว่า 5-10% จะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อที่จะลดความผันแปรจากข้อมูล ซึ่งหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในครั้งแรกจำนวน 30-70 ข้อมูลซึ่งจำนวนนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนงานที่เข้ามาวัดในช่วงเวลาที่ได้ทำการเก็บข้อมูลในครั้งแรก จากการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. พบว่ามีข้อมูลส่วนหนึ่งที่ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. มากกว่าที่กำหนด ดังนั้นจึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มอีกจำนวน 30 ข้อมูล ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.6 เป็นข้อมูลที่มีการเก็บเพิ่มเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 4.6 ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. (Percentage of relative precision - %R.P.) ของข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด

รายการ	เอนทิตีที่	โปรแกรมการวัด	%R.P.
1	ENT1	Stiffener forming	9.21
2	ENT2	Combo Trim	9.84
3	ENT3	Final Trim	8.76
4	ENT4	Bend Location	9.90
5	ENT5	Bend Location	9.65
6	ENT6	Bend Location	6.79
7	ENT7	Bend Location	9.84
8	ENT8	SAG	9.66
9	ENT9	SAG	9.38
10	ENT10	Laser welding	7.94
11	ENT11	Flexure(DN)	9.45
12	ENT12	LBT (Pregram)	7.90
13	ENT13	LBT (Pregram)	8.88
14	ENT14	LBT (FVMI)	9.32
15	ENT15	Laser welding	4.91

ตารางที่ 4.6 ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. (Percentage of relative precision - %R.P.) ของข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด (ต่อ)

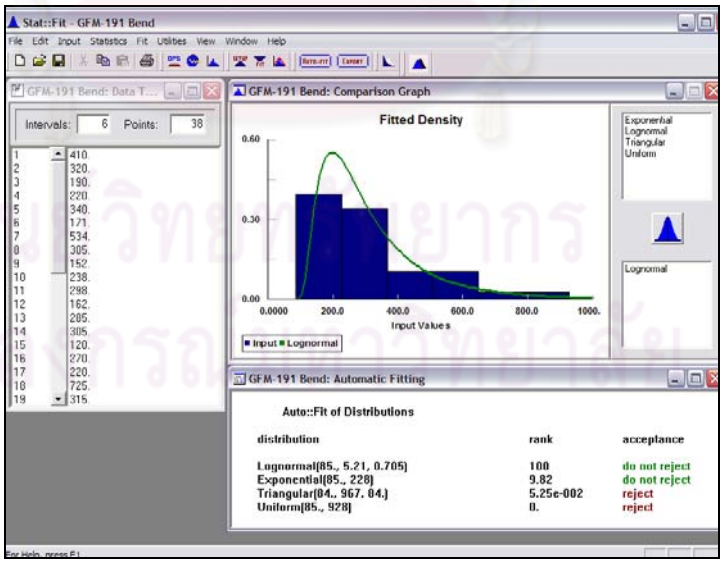
รายการ	เอนทิตีที่	โปรแกรมการวัด	%R.P.
16	ENT16	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	5.10
17	ENT17	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	8.52
18	ENT18	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	9.17
19	ENT19	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	8.32
20	ENT20	Gram Load Measurement PR (DN)	7.65
21	ENT21	Gram Load Measurement PR (DN)	8.24
22	ENT22	Gram Load Measurement PR (DN)	8.21
23	ENT23	Gram Load Measurement FVMI (DN)	9.43
24	ENT24	Gram Load Measurement	8.43
25	ENT25	Gram Load Measurement	9.32
26	ENT26	Stiffener forming	7.55
27	ENT27	Combo Trim	9.94
28	ENT28	Final Trim	9.44
29	ENT29	Bend Location	9.32
30	ENT30	Bend Location	8.43
31	ENT31	SAG	8.11
32	ENT32	Laser welding	7.54
33	ENT33	Flexure(DN)	9.21
34	ENT34	LBT (Pregram)	9.55
35	ENT35	LBT (FVMI)	5.32
36	ENT36	Laser welding	8.91
37	ENT37	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	9.43
38	ENT38	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	9.55
39	ENT39	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	8.76
40	ENT40	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	8.43
41	ENT41	Gram Load Measurement PR (DN)	7.90
42	ENT42	Gram Load Measurement PR (DN)	8.28
43	ENT43	Gram Load Measurement PR (DN)	8.32
44	ENT44	Gram Load Measurement FVMI (DN)	9.23
45	ENT45	Gram Load Measurement	9.44
46	ENT46	Stiffener forming	8.45
47	ENT47	Combo Trim	9.84
48	ENT48	Combo Trim	9.94
49	ENT49	Final Trim	9.54
50	ENT50	Bend Location	9.21
51	ENT51	SAG	6.73
52	ENT52	Laser welding	8.75
53	ENT53	Flexure(DN)	8.10
54	ENT54	Flexure(DN)	7.23

ตารางที่ 4.6 ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. (Percentage of relative precision - %R.P.) ของข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด (ต่อ)

รายการ	เอนทิตีที่	โปรแกรมการวัด	%R.P.
55	ENT55	LBT (Pregram)	8.56
56	ENT56	LBT (FVMI)	8.98
57	ENT57	Laser welding	5.55
58	ENT58	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	9.56
59	ENT59	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	5.21
60	ENT60	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	6.89
61	ENT61	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	8.46
62	ENT62	Gram Load Measurement PR (DN)	8.71
63	ENT63	Gram Load Measurement PR (DN)	8.94
64	ENT64	Gram Load Measurement PR (DN)	9.54
65	ENT65	Gram Load Measurement FVMI (DN)	8.32
66	ENT66	Gram Load Measurement	6.75

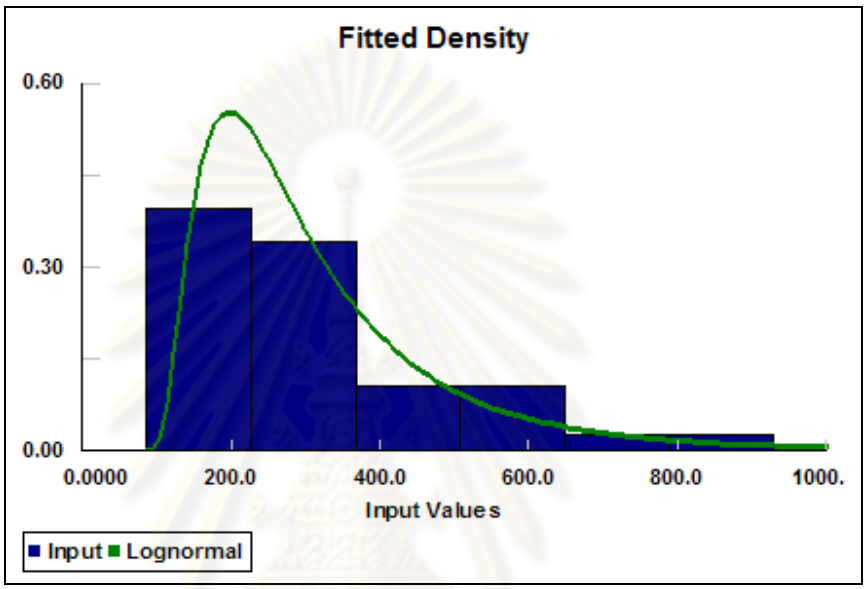
จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่ามีค่า เปอร์เซ็นต์ R.P.ที่ต่ำกว่า 10% ทำให้ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อทดสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลในลำดับต่อไป

จากข้อมูลตารางที่ 4.5 ในคอลัมน์ Inter Arrival (Min) นำไปทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยโปรแกรม Stat fit ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงโปรแกรม Stat fit เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล

โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกทดสอบไคร์สแควร์ และ Kolmolkorov-Smirnov Test ในการพิจารณารูปแบบการกระจายที่เหมาะสมนั้น โปรแกรมจะพิจารณาค่า P-Value ที่สูงกว่า 0.10 และค่า Square Error ที่ต่ำที่สุด



รูปที่ 4.12 แสดงการกระจายของข้อมูลช่วงเวลาที่ส่งงานไปวัดงานที่เครื่องมือวัด

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลช่วงเวลาที่ส่งงานไปวัดงานที่เครื่องมือวัด

Distribution	Rank	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling	Acceptance
Gamma (50., 2.53, 113)	36.5	0.16	0.722	do not reject

ราละเอียดของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Stat fit

Summary

Gamma

minimum	=	50
alpha	=	2.53
beta	=	113

Kolmogorov-Smirnov

data points	37
ks stat	0.16
alpha	5.e-002
ks stat(37,5.e-002)	0.218
p-value	0.272
result	DO NOT REJECT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการกระจายของข้อมูลช่วงเวลาและจำนวนงานที่ส่งไปวัดงานที่เครื่องมือวัด

เอนทิตีที่	โปรแกรมการวัด	สุ่มงานจากเครื่องจักร	จำนวนที่เข้ามาในแต่ละครั้ง (ชิ้น)	ความถี่ (นาที)	จำนวนที่เข้ามาในแต่ละครั้ง (ชิ้น)
1	Stiffener forming	JP3-91	Frequency	Gamma(2.53, 113)	1
2	Combo Trim	FTR-107	Occurrence	2880	Binomial(3., 0.4)
3	Final Trim	FSH-063	Occurrence	2880	Poisson(1.13)
4	Bend Location	GFM-191	Frequency	Pearson 6(85., 277, 3.79, 5.46)	1
5	Bend Location	GFM-189	Frequency	Pearson 5(15.8, 2.71, 585)	1
6	Bend Location	GFM-191	Frequency	Exponential(45., 385)	1
7	Bend Location	GFM-189	Frequency	Exponential(30., 374)	1
8	SAG	GFM-191	Frequency	Pearson 6(20., 69.4, 2.64, 2.35)	1
9	SAG	GFM-189	Frequency	Pearson 5(35., 1.53, 98.4)	1
10	Laser welding	LS-50	Frequency	Gamma(165, 4.13, 49.5)	1
11	Flexure(DN)	JP3-83	Frequency	Weibull(20.2, 1.78, 91.9)	1
12	LBT	GFM-191	Frequency	Normal(521,134)	1
13	LBT	GFM-189	Frequency	Weibull(168, 2.26, 374)	1
14	LBT	FVMI-2	Frequency	Normal(344, 220)	1
15	Laser welding	LS-50	Frequency	Normal(1.41e+003, 115)	1
16	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-130	Frequency	Normal(166, 64.1)	1
17	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-043	Frequency	Normal(179, 68.)	1
18	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-046	Frequency	Normal(195, 78.)	1
19	Pitch & Roll Measurement (DN)	FVMI-2	Occurrence	60	Geometric(0.229)
20	Gram Load Measurement (DN)	UFS-043	Frequency	Normal(182,52.5)	1
21	Gram Load Measurement (DN)	UFS-046	Frequency	Gamma(23.2, 14.7)	1
22	Gram Load Measurement (DN)	UFS-130	Frequency	Normal(170, 62.1)	1
23	Gram Load Measurement (DN)	FVMI-2	Frequency	Exponential(15., 324)	1
24	Gram Load Measurement	GFM-191	Frequency	Pearson 5(8.67, 3.65, 276)	1
25	Gram Load Measurement	GFM-189	Frequency	Pearson 5(4.19,416)	1
26	Stiffener forming	JP3-100	Frequency	Normal(276, 111)	1
27	Combo Trim	FTR-114	Occurrence	2880	Binomial(3., 0.4)
28	Final Trim	FSH-025	Occurrence	2880	Poisson(1.13)
29	Bend Location	GFM-140	Frequency	Pearson 5(33.6, 2.57, 272)	1
30	Bend Location	GFM-140	Frequency	Pearson 5(2.36, 373)	1
31	SAG	GFM-140	Frequency	Pearson 5(8.36, 450)	1
32	Laser welding	LS-57	Frequency	Gamma(1.94e+004, 0.735)	1
33	Flexure(DN)	JP3-84	Frequency	Pearson 6(147, 1.66, 3.02)	1
34	LBT	GFM-140	Frequency	Normal(472, 197)	1
35	LBT	FVMI-3	Frequency	Beta(1.31e+003, 1.28, 4.9)	1
36	Laser welding	LS-57	Frequency	Beta(1.54e+003, 0.745, 0.704)	1
37	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-047	Frequency	Normal(146,91)	1

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการกระจายของข้อมูลช่วงเวลาและจำนวนงานที่ส่งไปวัดงานที่เครื่องมือวัด (ต่อ)

เอนทิตีที่	โปรแกรมการวัด	สุ่มงานจากเครื่องจักร	ประเภทของการเข้ามา	ความถี่ (นาที)	จำนวนที่เข้ามาในแต่ละครั้ง (ชิ้น)
38	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-079	Frequency	Normal(160,93.5)	1
39	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-094	Frequency	Gamma(8.24, 31.4)	1
40	Pitch & Roll Measurement (DN)	FVMI-3	Occurrence	60	Geometric(0.223)
41	Gram Load Measurement (DN)	UFS-047	Frequency	Gamma(8.32,22.2)	1
42	Gram Load Measurement (DN)	UFS-079	Frequency	Pearson 6(505, 8.03, 27.7)	1
43	Gram Load Measurement (DN)	UFS-094	Frequency	Gamma(9.87, 25.2)	1
44	Gram Load Measurement (DN)	FVMI-3	Frequency	Gamma(20.5, 12.5)	1
45	Gram Load Measurement	GFM-140	Frequency	Pearson 5(7.49, 456)	1
46	Stiffener forming	JP3-82	Frequency	Triangular(47. 692, 47.)	1
47	Combo Trim	FTR-082	Occurrence	2880	Binomial(3., 0.4)
48	Combo Trim	FTR-109	Occurrence	2880	Binomial(3., 0.4)
49	Final Trim	FSH-042	Occurrence	2880	Poisson(1.13)
50	Bend Location	GFM-190	Frequency	Pearson 5(26.2, 5.93, 634)	1
51	SAG	GFM-190	Frequency	Pearson 5(1.34, 7.92, 476)	1
52	Laser welding	LS-58	Frequency	Inverse Gaussian(225, 279, 155)	1
53	Flexure(DN)	JP3-76	Frequency	Beta(21., 264, 1.23, 2.99)	1
54	Flexure(DN)	JP3-75	Frequency	Pearson 5(2.57, 314)	1
55	LBT	GFM-190	Frequency	Beta(205, 768, 1.31, 0.967)	1
56	LBT	FVMI-4	Frequency	Pearson 6(1.82e+003, 1.49, 9.31)	1
57	Laser welding	LS-58	Frequency	Normal(1.18e+003, 478)	1
58	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-060	Frequency	Gamma(7.72, 28.9)	1
59	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-099	Frequency	Normal(135, 92.8)	1
60	Pitch & Roll Measurement (DN)	UFS-100	Frequency	Normal(131, 67.7)	1
61	Pitch & Roll Measurement (DN)	FVMI-4	Occurrence	60	Geometric(0.215)
62	Gram Load Measurement (DN)	UFS-060	Frequency	Gamma(32.3, 9.67)	1
63	Gram Load Measurement (DN)	UFS-099	Frequency	Triangular(4., 502, 4.)	1
64	Gram Load Measurement (DN)	UFS-100	Frequency	Gamma(20.5, 12.5)	1
65	Gram Load Measurement (DN)	FVMI-4	Frequency	Beta(54.8, 697, 1.28, 2.01)	1
66	Gram Load Measurement	GFM-190	Frequency	Triangular(9., 93.7, 69.)	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 เวลาการวัดงานในแต่ละโปรแกรมการวัด

การวัดผลิตภัณฑ์นั้น จะใช้เครื่องมือวัดที่เป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งพนักงานทำหน้าเฉพาะการนำงานใส่ และนำงานออกเพียงเท่านั้น ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการวัดงานจะมีความผันแปรไม่มากนัก แต่อย่างไรก็ตามความผันแปรที่เกิดในขณะที่เครื่องมือวัดกำลังทำงานนั้นอาจเกิดจาก พนักงานใส่งานไม่ถูกต้องทำให้เครื่องมือวัดอาจวัดงานคลาดเคลื่อนได้

ในการเก็บข้อมูลเวลาการวัดงานในแต่ละโปรแกรม มีขั้นตอนเหมือนกับการเก็บข้อมูลในหัวข้อที่ 4.3.1 ช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบความแม่นยำด้วย ค่า % R.P. อยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 5-10% ซึ่งหากมีค่าสูงจะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่ม เพื่อให้ได้ค่า % R.P. อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในครั้งแรกจำนวน 100 ข้อมูล แต่มีข้อมูลส่วนหนึ่งที่ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. มากกว่าที่กำหนด ดังนั้นจึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มอีกจำนวน 50 ข้อมูล ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.6 เป็นข้อมูลที่มีการเก็บเพิ่มเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 4.9 ค่าเปอร์เซ็นต์ R.P. (Percentage of relative precision - %R.P.) ของข้อมูลเวลาในการวัดงาน

เครื่องมือวัด	ประเภท	โปรแกรมการวัด	% R.P.
GMS-02	Gram Load Measurement	Gram Load Measurement (DN)	5.23
GMS-02	Gram Load Measurement	Gram Load Measurement (DN)	8.85
GMS-09	Gram Load Measurement	Gram Load Measurement	4.47
OGP-07	Vision Measurement	Stiffener forming (Horizontal)	9.06
OGP-07	Vision Measurement	Stiffener forming (Vertical)	6.41
OGP-07	Vision Measurement	Combo Trim	8.25
OGP-07	Vision Measurement	Final Trim	7.92
QV3-03	Vision Measurement	Bend Location	9.67
QV3-03	Vision Measurement	SAG	6.04
QV3-04	Vision Measurement	Bend Location	5.77
QV3-04	Vision Measurement	SAG	8.10
QV3-16	Vision Measurement	Laser welding	7.09
QV3-18	Vision Measurement	Flexure(DN)	5.62
QV3-19	Vision Measurement	LBT (Pregram)	7.10
QV3-19	Vision Measurement	LBT (FVMI)	7.87
QV3-38	Vision Measurement	Laser welding	6.31
RPM-06	Pitch & Roll Measurement	Pitch & Roll Measurement (DN)	8.32
RPM-06	Pitch & Roll Measurement	Pitch & Roll Measurement (DN)	9.09

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่ามีค่า เปอร์เซ็นต์ R.P.ที่ต่ำกว่า 10% ทำให้ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อทดสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 เวลาในการวัดงานในแต่ละโปรแกรมการวัด

เครื่องมือวัด	ประเภท	โปรแกรมการวัด	เวลาการวัด
GMS-02	Gram Load Measurement	Gram Load Measurement (DN)	Pearson 5(5, 5.68, 43.4)
GMS-02	Gram Load Measurement	Gram Load Measurement (DN)	Triangular(1, 5.73, 3.05)
GMS-09	Gram Load Measurement	Gram Load Measurement	Triangular(1.51, 4.48, 3.)
OGP-07	Vision Measurement	Stiffener forming (Horizontal)	Triangular(1, 11.4, 4.83)
OGP-07	Vision Measurement	Stiffener forming (Vertical)	Triangular(2, 11., 4.1)
OGP-07	Vision Measurement	Combo Trim	Triangular(1, 8.39, 2.91)
OGP-07	Vision Measurement	Final Trim	Triangular(1, 8.83, 2.96)
QV3-03	Vision Measurement	Bend Location	Triangular(1, 6.25, 2.01)
QV3-03	Vision Measurement	SAG	Pearson 6(4.75,14.8,10.8)
QV3-04	Vision Measurement	Bend Location	Triangular(1, 7.7, 2.85)
QV3-04	Vision Measurement	SAG	Normal (15.4,1.68)
QV3-16	Vision Measurement	Laser welding	Normal(8.11, 0.936)
QV3-18	Vision Measurement	Flexure(DN)	Triangular(3., 8.34, 4.07)
QV3-19	Vision Measurement	LBT (Pregram)	Triangular(5, 11.5, 6.62)
QV3-19	Vision Measurement	LBT (FVMI)	Triangular(1,5.73,3.05)
QV3-38	Vision Measurement	Laser welding	Pearson 6 (2,7.43,27.4)
RPM-06	Pitch & Roll Measurement	Pitch & Roll Measurement (DN)	Triangular(1.5, 4.37, 2.07)
RPM-06	Pitch & Roll Measurement	Pitch & Roll Measurement (DN)	Triangular(1.5, 3.24, 1.99)

4.3.3 การกำหนดความเร็วของพนักงานในการเดินขนถ่ายงาน

ในการกำหนดเวลาในการเดินขนถ่ายงานนั้น ผู้วิจัยได้นำวิธีการกำหนดมาตรฐานเนื่องจากสามารถนำมาเปรียบเทียบหาความเร็วในการขนถ่ายงาน เพื่อให้แบบจำลองนั้นมีความสมจริง ด้วยการนำเทคนิควิธีการกำหนดเวลามาตรฐาน หรือ MTM-2 (Method Time Measurement) คือการพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีที่สุดและกำหนดเวลามาตรฐานที่เป็นธรรมที่สุด เทคนิค MTM-2

ก่อนที่จะกำหนดการก้าวของพนักงานนั้นในตาราง MTM-2 นั้นมีการกำหนดการเคลื่อนไหวด้วยขาแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. การเคลื่อนที่ของขา (Foot Motion) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ในระยะทางสั้น ๆ ของเท้าหรือขาโดยไม่ได้มีจุดประสงค์ในการเคลื่อนย้ายร่างกาย

2. การเคลื่อนที่ (Step) เป็นการเคลื่อนที่ของขาเพื่อจุดประสงค์ในการเคลื่อนที่ซึ่งได้กำหนดระยะของการก้าวที่มากกว่า 30 เซนติเมตร

ในการขนถ่ายงานของพนักงานนั้นจึงเป็นการเคลื่อนที่ที่มีจุดประสงค์ในการเคลื่อนที่ ดังนั้นเป็นการเคลื่อนที่ (Step) ซึ่งจะใช้อักษรย่อในภาษาอังกฤษคือตัว S ในตาราง MTM-2

ตารางที่ 4.11 วิธีการกำหนดเวลามาตรฐาน หรือ MTM-2 (Method Time Measurement)

MTM-2

RANGE	Code	G A	G B	G C	P A	P B	P C
Up to 2"	-2	3	7	14	3	10	21
Over 2" - 6"	-6	6	10	19	6	15	26
Over 6" - 12"	-12	9	14	23	11	19	30
Over 12"-18"	-18	13	18	27	15	24	36
Over 18"	-32	17	23	32	20	30	41

GW 1 - per 2 lb. PW 1 - per 10 lb.

A	R	E	C	S	F	B
14	6	7	15	18	9	61

© MTM ASSOCIATION

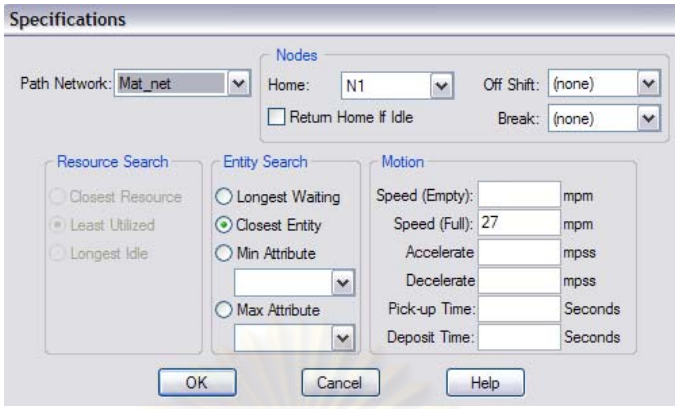
MTM-2 Data Card

จากการตารางดังกล่าวเราได้ค่าเวลามาตรฐานในการก้าวคือ 1 ก้าวเท่ากับ 18 TMU แต่เนื่องจากการก้าวของแต่ละคนนั้นมีระยะที่ไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้การขนถ่ายงานของพนักงานนั้นมีความยาวของการก้าว 1 ตามมาตรฐานการก้าวที่ MTM-2 ได้กำหนดไว้ คือ 1 ก้าวมีค่าเท่ากับ 30 เซนติเมตร ดังนั้นความเร็วของพนักงานขนถ่ายคือ

$$= \frac{18\ \text{TMU} \times (0.036\ Sec)}{0.30\ \text{m.}} = 2.16\ sec/m$$

$$= \frac{60\ sec}{2.16\ sec/m} = 27.78\ m/minute$$

ดังนั้นความเร็วในการขนถ่ายของพนักงานคือ 27.78 เมตรต่อนาทีซึ่งใช้ในการกำหนดความเร็วของพนักงานขนถ่ายในการจำลอง ด้วยการใส่ค่าความเร็วแก่พนักงานขนถ่ายและ พนักงานควบคุมเครื่องมือวัดให้มีความเร็วแก่พนักงานทั้งหมดที่ 27 เมตรต่อนาที



รูปที่ 4.13 การใส่ข้อมูลการความเร็วในการเดินทางของพนักงานในโปรแกรม ProModel

4.4 การกำหนดรูปแบบในการรันแบบจำลอง

ในการรันแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม ProModel เพื่อหาผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ต้องการ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการรันแบบจำลองมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ จะต้องทำการกำหนดรูปแบบและรายละเอียดต่าง ๆ ในการรันแบบจำลองดังนี้

4.4.1 ระยะเวลาเริ่มต้นทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการรันแบบจำลอง

ในช่วงที่มีการเริ่มต้นการรันแบบจำลอง จำนวนงานวัดที่เข้ามาในระบบนั้นเข้ามาพร้อมกัน ทำให้จำนวนงานที่เข้ามาเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผลการรันแบบจำลองที่ได้ในช่วงเริ่มต้นเป็นข้อมูลที่ไม่เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ ดังนั้น จึงควรตัดข้อมูลในช่วงที่เกิดสภาวะแปรเปลี่ยนออกจากการพิจารณา และเริ่มทำการเก็บข้อมูลในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

4.4.2 การศึกษาระบบก่อนจัดสรรจำนวนเครื่องมือวัด

จากแบบจำลองที่สร้างขึ้น กำหนดจำนวนเครื่องมือวัดโดยได้ตามแผนการดำเนินงานจริง โดยมีการจัดสรรโปรแกรมการวัดตามการดำเนินงานจริง มีพนักงานขนถ่ายงานทั้งหมด 2 คน ซึ่งคนที่หนึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบรับ-ส่งจากชั้นวางงานในส่วนหน้าของสายการผลิต และคนที่ 2 มีหน้าที่รับผิดชอบรับ-ส่งจากชั้นวางงานในส่วนท้ายของสายการผลิต จากสายการผลิต 3 สายการผลิตมีพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัดตามจุดต่าง ๆ ทำการรันแบบจำลองเพื่อหาอัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization) ที่ได้ในแต่ละขั้นตอน และเวลารอคอยเฉลี่ย

โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ แบบ Terminating และ แบบ Non Terminating ซึ่งแต่ละระบบจะมีวิธีในการนำไปใช้งานที่ต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องพิจารณาระบบศึกษาก่อนว่าเป็นแบบใด เพื่อให้การนำแบบจำลองไปใช้งานได้ตรงตรงตามวัตถุประสงค์มากที่สุด

1. แบบจำลองแบบ Termination เป็นระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจบการทำงานในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด และเมื่อจบสิ้นการทำงานในแต่ละช่วงเวลานั้น แล้วผลของช่วงเวลานั้นจะไม่มีส่วนเกี่ยวเนื่องกับช่วงเวลาถัดไป

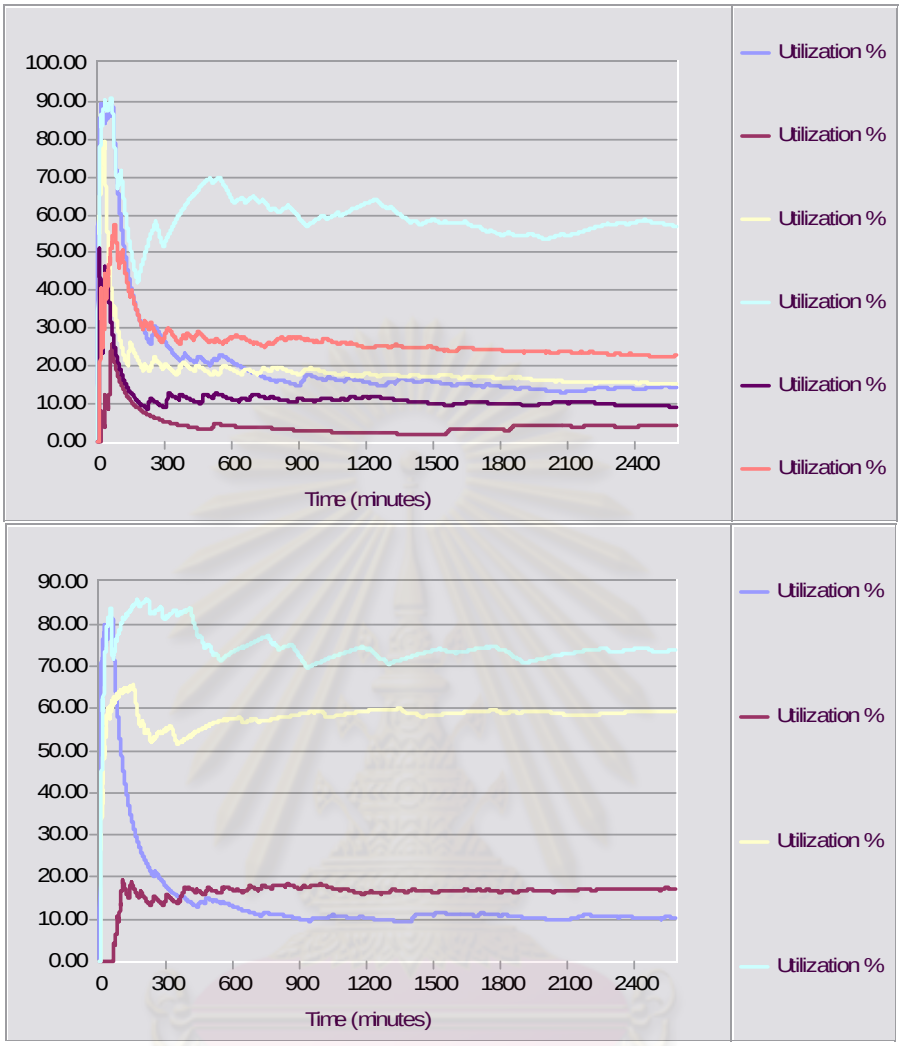
2. แบบจำลองแบบ Non-Terminating เป็นระบบที่ผลของการทำงานในช่วงเวลาก่อนหน้านั้นมีส่วนเกี่ยวเนื่องกับช่วงเวลาถัดไป เช่น ระบบการผลิตสินค้าจะมีการผลิตต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ เมื่อผลิตวันนี้แล้วผลผลิตที่ยังผลิตไม่เสร็จซึ่งก็คือชิ้นงานระหว่างการผลิตก็จะนำไปผลิตต่อในวันถัดไปเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

สำหรับแบบจำลองปัญหาที่ได้สร้างขึ้นมานี้เป็นแบบ Non-Terminating ซึ่งมีรอบเวลาการผลิต 10.5 ชั่วโมงต่อกะ และ 2 กะต่อวัน มีการสุ่มงานเพื่อทำการวัดชิ้นงานที่เป็นไปตามแผนงานและมีความสม่ำเสมอ มีงานออกก็ต่อเมื่อมีการวัดงานถือว่าเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการ ในระหว่างการวัดงานจะดำเนินอย่างต่อเนื่องถ้ามีงานค้างในแต่ละกะ งานจะถูกรับช่วงไปทำในกะต่อไป ดังนั้นจึงต้องทำการ Pilot Run เพื่อหาเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว ในลำดับต่อไป

4.4.3 การหาเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

ก่อนที่จะมีการนำเอาแบบจำลองมาใช้งานจะต้องมีการวิเคราะห์เชิงสถิติสำหรับผลจากการจำลองแบบ Steady State ก่อนเพื่อให้ข้อมูลจากแบบจำลองนั้นมีความน่าเชื่อถือและเป็นการตรวจสอบว่าระบบที่ถูกสร้างขึ้นมานั้นอยู่ในสภาวะคงตัว

เนื่องจากในช่วงแรกระบบที่จำลองขึ้นจะยังว่างอยู่ ข้อมูลที่ได้จะมีการแกว่งไม่คงที่ ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลส่วนนั้นมาวิเคราะห์ระบบได้ จนกระทั่งถึงช่วงเวลาหนึ่งระบบจะเริ่มคงที่ ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของการเก็บข้อมูลจริง โดยช่วงเวลาก่อนที่จะถึงจุดคงที่นี้จะเรียกว่า Warm-up Period



รูปที่ 4.14 กราฟ Moving Average ของอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดทุกเครื่องในแบบจำลอง

ในการทดลองโปรแกรมช่วงแรกจะทำการ รัน 10 Replicate ซึ่งตาม Welch procedure ได้กำหนดจำนวนในการทดลองซ้ำ (n > 5) ในแต่ละช่วงระยะเวลาในรัน m การด้วยการตรวจสอบอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดทุกเครื่องในแบบจำลอง ที่รองรับการเข้ามาของงานที่จะต้องถูกดำเนินการวัดผลิตภัณฑ์ไปที่เครื่องมือวัด ด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการรันครั้งนี้นานมากพอสมควร ดังนั้นอัตราการเข้ามาของงานที่ถูกสุ่มในช่วงแรกจะมีค่าสูง แต่เมื่อมีการดำเนินงานจนถึงช่วงเวลาเท่ากับ 1500 นาที หรือ 25 ชั่วโมงระบบจึงจะเริ่มเข้าสู่สะภาวะคงตัว ดังนั้นในการทดลองจะต้องมีการ Warm-up ก่อน 25 ชั่วโมงแล้วจึงให้โปรแกรมเริ่มทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

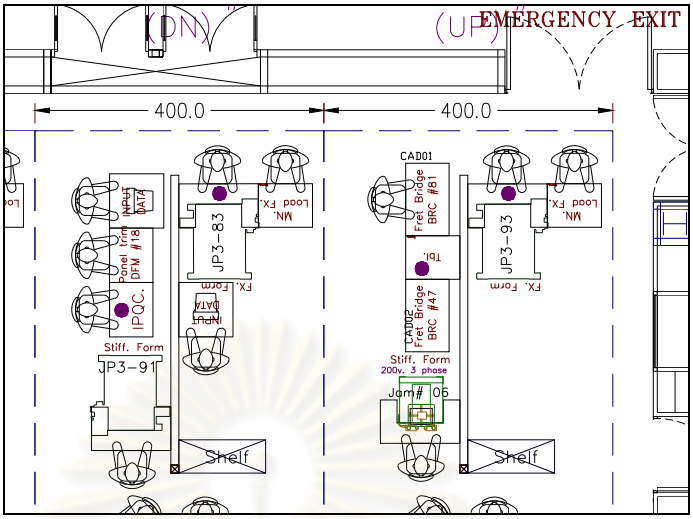
4.5 **การพิสูจน์ยืนยัน** (Verification)

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์นี้ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือจากวิศวกรโรงงานในการสร้างโปรแกรมให้มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมของระบบการทำงานจริง จนแน่ใจว่าขั้นตอนต่าง ๆ ในโปรแกรมมีความสัมพันธ์กันตรงตามระบบจริงทุกประการ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการยืนยันและสร้างความมั่นใจให้ได้ว่า ระบบนี้มีการดำเนินงานที่เหมือนกับการดำเนินงานของจริง จึงได้มีการตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานในแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมานั้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตรงตามที่ต้องการหรือไม่ นอกจากนี้ โปรแกรม ProModel ยังมีคำสั่งต่าง ๆ ที่ช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอยู่หลายวิธี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแสดงภาพการเคลื่อนไหว (Animation) ของการทำงานที่สร้างขึ้นในแบบจำลอง อีกทั้งยังสามารถปรับความเร็วในการแสดงภาพเคลื่อนไหว เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงการดำเนินงานของระบบได้อย่างละเอียด ทั้งนี้ เพื่อช่วยให้การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นไปได้ง่ายยิ่งขึ้น

4.5.1 **การตรวจสอบผังสายการผลิตกับเครื่องมือวัด**

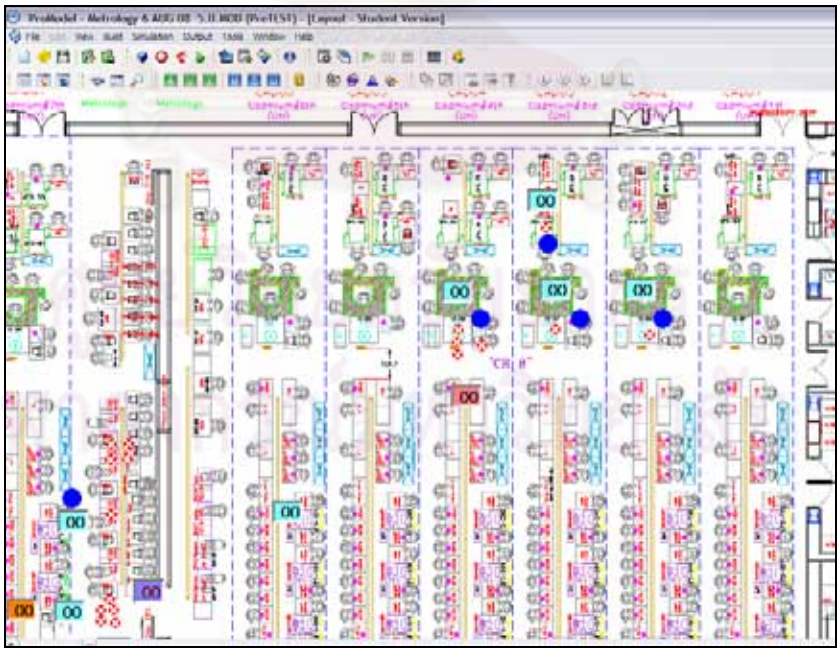
ในที่นี้เป็นการพิสูจน์ยืนยันถึงแบบจำลองนั้นมีความสอดคล้องกับระบบการทำงานจริงในด้านของผังโรงงาน ซึ่งในโปรแกรม ProModel สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อให้มีความถูกต้องได้ เนื่องจากผังสายการผลิตที่แสดงในแบบจำลองนั้นสามารถกำหนดระยะห่างความกว้างของสายการผลิตในแบบจำลองได้เท่ากับระยะผังสายการผลิตจริงซึ่งเป็นการพิสูจน์ยืนยันได้ว่าผังโรงงานนั้นมีความสมจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

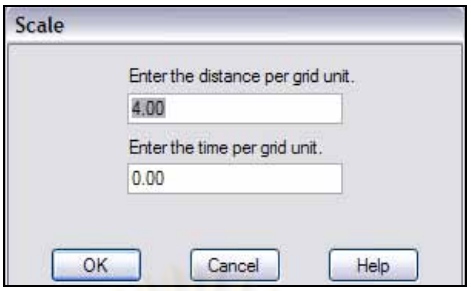


รูปที่ 4.15 ระยะของผังโรงงานที่สร้างขึ้นมาจากขนาดสายการผลิตจริง

จากรูป จะเห็นได้ว่าในผังสายการผลิตมีการกำหนดระยะที่เหมือนกัน คือ มีขนาดความห่างของสายการผลิตคือ 4 เมตรดังนั้นในการสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องมีการกำหนดให้แบบจำลองนั้นมีขนาดของผังสายการผลิตที่เหมือนกันด้วยการกำหนดระยะห่างของแบบจำลองในโปรแกรม ProModel ซึ่งเข้าไปกำหนดที่ Grid Setting

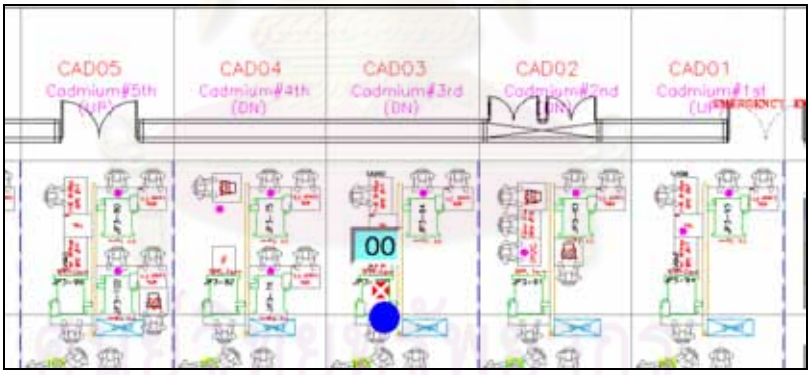


รูปที่ 4.16 ผังสายการผลิตที่มีการกำหนดระยะห่างของสายการผลิต



รูปที่ 4.17 คำสั่งการกำหนดระยะห่างของ Grid

จากนั้นกำหนดขนาดของผังสายการผลิตในโปรแกรม ProModel ด้วยการนำระยะห่างที่ได้จากการวัดในโปรแกรม AutoCAD เพื่อกำหนดระยะห่างของ Grid ในช่อง Enter the distance per grid unit ซึ่งหลังจากที่ได้กำหนดระยะของ Grid จะมีการแสดงตารางที่มีเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งการกำหนด Grid นั้น จะเป็นการกำหนดระยะในช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส ว่าด้านแต่ละด้านจะมีขนาดเท่ากัน



รูปที่ 4.18 ระยะห่างของ Grid กับระยะห่างของผังสายการผลิตในแบบจำลอง

จากรูป จะเห็นได้ว่าระยะห่างของ Grid กับระยะห่างของผังสายการผลิตมีระยะที่เท่ากัน ก็คือมีระยะห่างเป็น 4 เมตรเพื่อเป็นการยืนยันได้ว่าแบบจำลองผังสายการผลิตที่ได้สร้างขึ้นมานั้นมีความสมจริงเหมือนกับสายการผลิตจริง ในการกำหนดระยะ Grid เพื่อให้มีค่าเท่ากันกับระยะห่างของสายการผลิตนั้นมีประโยชน์ในการสร้างแบบจำลองได้หลายอย่าง เช่น เมื่อเรากำหนดให้พนักงานเดิน

ระหว่างสายการผลิตที่มีความเร็วในการเดินเท่ากับค่า ๆ หนึ่ง ในหน่วยเมตรต่อวินาที ซึ่งในโปรแกรม ProModel นั้นสามารถกำหนดได้ ดังนั้นในการแสดงภาพเคลื่อนไหวนั้นก็จะทำให้ผู้ศึกษาเห็นพฤติกรรมการดำเนินงานของระบบที่สนใจได้ใกล้เคียงกับระบบจริงได้มาก

4.5.2 การตรวจสอบพฤติกรรมการดำเนินงานในแบบจำลอง

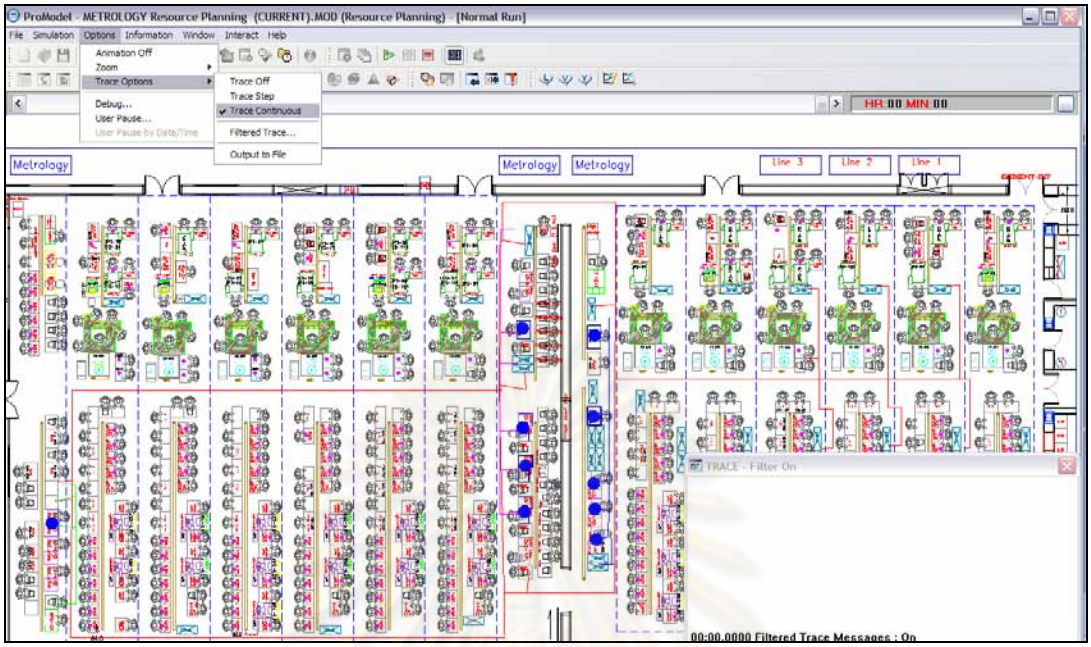
การตรวจสอบพฤติกรรมการดำเนินงานในแบบจำลองในโปรแกรม ProModel มีเครื่องมือช่วยในการพิสูจน์ยืนยันพฤติกรรมการดำเนินงานระหว่างการรันแบบจำลองด้วยคำสั่ง Trace Continuous เพื่อให้บันทึกการดำเนินงาน แล้วเลือก คำสั่ง Filtered Trace แสดงดังรูปที่ 4.19 และ 4.20 เพื่อเลือกตรวจสอบสิ่งที่สนใจดังนี้

1) ตรวจสอบพฤติกรรมการดำเนินงานของพนักงานขนถ่ายว่ามีการดำเนินงานถูกต้อง เช่น การตรวจสอบการรับงานของพนักงานขนถ่ายที่รับผิดชอบส่วนหน้า(Front End) จะต้องรับงานจากชั้นวางงานในสายการผลิตส่วนหน้า (Front End) และพนักงานขนถ่ายที่รับผิดชอบส่วนท้าย (Back End) จะต้องรับงานจากชั้นวางงานในสายการผลิตส่วนท้าย (Back End) เป็นต้น

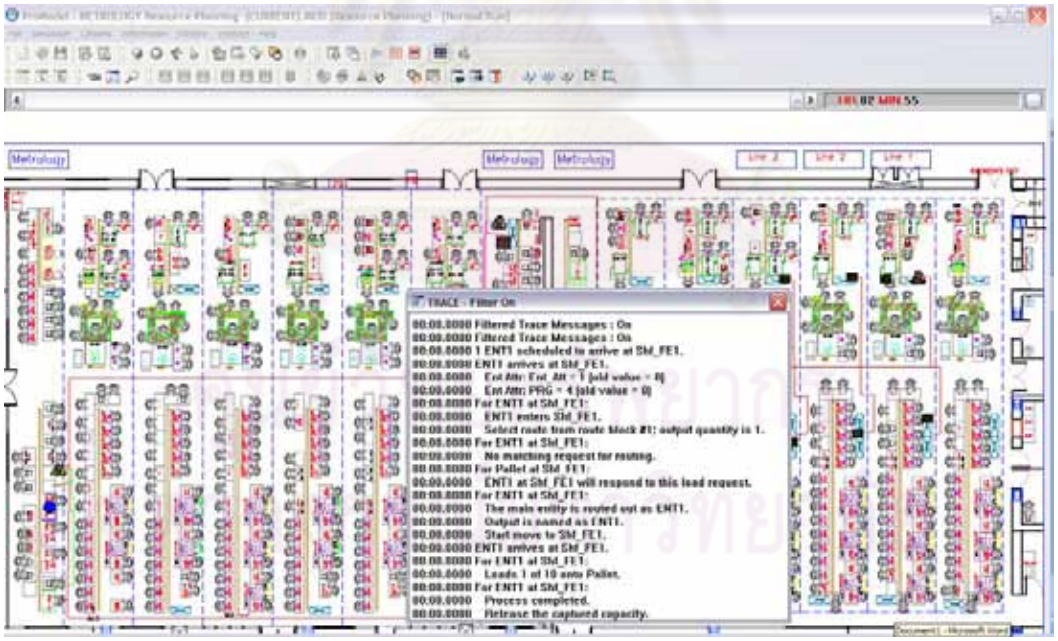
2) ตรวจสอบเอนทิตีในแบบจำลองว่ามีการส่งไปที่เครื่องมือวัดถูกต้องตรงกับการดำเนินงานจริง ซึ่งสามารถตรวจสอบด้วยคำสั่ง Filtered Trace ทำให้ทราบได้ว่าแบบจำลองนั้นมีการส่งงานไปยังเครื่องมือวัดได้ถูกต้อง

3) ตรวจสอบพฤติกรรมการดำเนินงานของพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด เช่น พนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัดคนที่ 1 จะหยิบงานจากจุดรับงานแล้วนำงานไปยังเครื่องมือวัดที่รับผิดชอบ 3 เครื่อง เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 การใช้คำสั่ง Trace Continuous และ Filtered Trace ในโปรแกรม ProModel



รูปที่ 4.20 ผลการบันทึกการดำเนินงานเพื่อการพิสูจน์แบบจำลอง

4.6 การทดสอบความถูกต้อง (Validation)

4.6.1 การเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัด

จากข้อมูลการกระจายของช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของเครื่องมือวัด ได้มีการเปรียบเทียบการการกระจายตัวของข้อมูล ด้วยการสร้างข้อมูล (Generate) จากการกำหนดค่าของการกระจายตัวของข้อมูล (Distribution) ในโปรแกรม Stat fit กับการกระจายตัวของข้อมูลจริง ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์ 2 Sample T Test

ตัวอย่างการเปรียบเทียบช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของข้อมูลจริงกับข้อมูลจำลอง จากงานวัดในสายการผลิตที่ 1 ที่เข้ามาถึงที่ชั้นวางงานจุดที่ 1 โปรแกรมการวัด Stiffener ในแบบจำลองถูกกำหนดชื่อของเอนทิตี ว่า Ent1 ซึ่งเป็นงานในส่วนของกระบวนการ Stiffener form และข้อมูลจำลองจากการสร้างด้วยโปรแกรม Stat fit มีการกระจายของช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาแบบ แกมมา หรือ G(2.53,113) ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้ง 2 ระบบ

ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา		ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา	
	ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)		ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)
1	188	397	19	415	204
2	380	330	20	105	449
3	145	393	21	333	272
4	335	223	22	87	109
5	390	47	23	305	247
6	280	667	24	95	361
7	275	190	25	50	205
8	160	155	26	300	602
9	335	69	27	355	350
10	390	335	28	285	449
11	225	383	29	348	380
12	680	438	30	942	508
13	545	441	31	130	172
14	245	124	32	375	159
15	321	168	33	375	592
16	207	210	34	338	29
17	647	234	35	356	138
18	200	175	36	234	589

```
                          SE
           N  Mean  StDev  Mean
ระบบจร~ง  36   316    177    29
การจ้าลอง  36   300    168    28


Difference = mu (ระบบจร~ง) - mu (การจ้าลอง)
Estimate for difference:  16.1667
95% CI for difference:  (-64.9423, 97.2757)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.40  P-Value = 0.692  DF = 69
```

รูปที่ 4.21 ผลจากการทดสอบสมมติฐาน 2 Sample T Test ด้วยโปรแกรม Minitab

ผลลัพธ์ที่ได้จาก การทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบความแตกต่างของการกระจายของเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้งสองระบบ พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.692 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของระบบจริงและจากการจำลองไม่มีความแตกต่างกัน (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก)

4.6.4 การเปรียบเทียบอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัด

ใช้แบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดแต่ละเครื่อง ซึ่งทั้งระบบการดำเนินงานจริงดังแสดงในตารางที่ 4.13 แบบจำลองจะมีเวลาการผลิต 6 วัน หรือ 126 ชั่วโมง (เวลาทำงานวันละ 21 ชั่วโมง) แต่ข้อมูลที่ได้จากการรันแบบจำลองนั้นเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ประโยชน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดจากการดำเนินงานจริง

เครื่องมือวัด	โปรแกรมการวัด	Entity	โปรแกรมการวัด	เวลาการวัด (min)	จำนวนชิ้นงานต่อสัปดาห์	จำนวนชั่วโมงต่อการทำงาน	เวลาที่ใช้ในการวัด (ชม.ต่อสัปดาห์)	อัตราการใช้ประโยชน์
OGP-07	PRG = 4	ENT1	Stiffener(Horizontal)	5.33	38	126	23.71	**18.82%**
	PRG = 4	ENT1	Stiffener(Vertical)	5.67	38			
	PRG = 4	ENT26	Stiffener(Horizontal)	5.33	40			
	PRG = 4	ENT26	Stiffener(Vertical)	5.67	40			
	PRG = 4	ENT46	Stiffener(Horizontal)	5.33	42			
	PRG = 4	ENT46	Stiffener(Vertical)	5.67	42			
	PRG = 5	ENT2	Combo Trim	3.9	3			
	PRG = 5	ENT27	Combo Trim	3.9	3			
	PRG = 5	ENT47	Combo Trim	3.9	3			
	PRG = 5	ENT48	Combo Trim	3.9	3			
	PRG = 6	ENT3	Final Trim	4.31	4			
	PRG = 6	ENT28	Final Trim	4.31	4			
	PRG = 6	ENT49	Final Trim	4.31	5			
QV3-38	PRG = 9	ENT15	Laser welding	20.18	10	126	9.75	**7.74%**
	PRG = 9	ENT36	Laser welding	20.18	8			
	PRG = 9	ENT57	Laser welding	20.18	11			
QV3-03	PRG = 7	ENT4	Bend Location	3.06	39	126	29.79	**23.64%**
	PRG = 7	ENT5	Bend Location	3.06	33			
	PRG = 7	ENT29	Bend Location	3.06	32			
	PRG = 7	ENT50	Bend Location	3.06	41			
	PRG = 8	ENT51	SAG	13.57	99			
QV3-04	PRG = 7	ENT6	Bend Location	3.91	12	126	86.00	**68.25%**
	PRG = 7	ENT7	Bend Location	3.91	19			
	PRG = 7	ENT30	Bend Location	3.91	29			
	PRG = 8	ENT8	SAG	15.44	93			
	PRG = 8	ENT9	SAG	15.44	58			
	PRG = 8	ENT31	SAG	15.44	168			
RPM-06	PRG = 13	ENT16	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	69	126	86.63	**68.76%**
	PRG = 13	ENT17	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	66			
	PRG = 13	ENT18	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	45			
	PRG = 13	ENT37	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	86			
	PRG = 13	ENT38	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	79			
	PRG = 13	ENT39	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	214			
	PRG = 13	ENT58	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	82			
	PRG = 13	ENT59	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	94			
	PRG = 13	ENT60	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	2.32	97			
	PRG = 14	ENT19	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	1.74	657			
	PRG = 14	ENT40	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	1.74	597			
	PRG = 14	ENT61	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	1.74	624			

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดจากการดำเนินงานจริง (ต่อ)

เครื่องมือวัด	โปรแกรมการวัด	Entity	โปรแกรมการวัด	เวลาการวัด (min)	จำนวนชิ้นงานต่อสัปดาห์	จำนวนชั่วโมงต่อการทำงาน	เวลาที่ใช้ในการวัด (ชม.ต่อสัปดาห์)	อัตราการใช้ประโยชน์
GMS-02	PRG = 1	ENT20	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	61	126	68.62	**54.46%**
	PRG = 1	ENT21	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	78			
	PRG = 1	ENT22	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	75			
	PRG = 1	ENT41	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	72			
	PRG = 1	ENT42	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	72			
	PRG = 1	ENT43	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	76			
	PRG = 1	ENT62	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	79			
	PRG = 1	ENT63	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	82			
	PRG = 1	ENT64	Gram Load Measurement PR (DN)	3.48	83			
	PRG = 2	ENT23	Gram Load Measurement FVMI (DN)	14.06	41			
	PRG = 2	ENT44	Gram Load Measurement FVMI (DN)	14.06	43			
	PRG = 2	ENT65	Gram Load Measurement FVMI (DN)	14.06	41			
GMS-09	PRG = 3	ENT24	Gram Load Measurement	3	105	126	22.75	**18.06%**
	PRG = 3	ENT25	Gram Load Measurement	3	50			
	PRG = 3	ENT45	Gram Load Measurement	3	150			
	PRG = 3	ENT66	Gram Load Measurement	3	150			
QV3-16	PRG = 9	ENT10	Laser welding	8.11	35	126	14.19	**11.26%**
	PRG = 9	ENT32	Laser welding	8.11	35			
	PRG = 9	ENT52	Laser welding	8.11	35			
QV3-18	PRG = 10	ENT11	Flexure(DN)	5.1	89	126	33.41	**26.51%**
	PRG = 10	ENT33	Flexure(DN)	5.1	105			
	PRG = 10	ENT53	Flexure(DN)	5.1	130			
	PRG = 10	ENT54	Flexure(DN)	5.1	69			
QV3-19	PRG = 11	ENT12	LBT (Pregram)	7.68	23	126	19.63	**15.58%**
	PRG = 11	ENT13	LBT (Pregram)	7.68	26			
	PRG = 11	ENT34	LBT (Pregram)	7.68	24			
	PRG = 11	ENT55	LBT (Pregram)	7.68	27			
	PRG = 12	ENT14	LBT (FVMI)	5.06	33			
	PRG = 12	ENT35	LBT (FVMI)	5.06	23			
	PRG = 12	ENT56	LBT (FVMI)	5.06	25			

จากข้อมูลที่แสดงอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดจากการดำเนินงานจริง นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดจากการจำลอง ด้วยการทดสอบสมมติฐาน แบบ Paired t test ด้วยโปรแกรม Minitab ในลำดับต่อไป ซึ่งข้อมูลได้แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลจากแบบจำลอง

เครื่องมือวัด	อัตราการใช้ประโยชน์	
	ข้อมูลจากระบบจริง (C1)	ข้อมูลจากแบบจำลอง (C2)
OGP-07	18.82%	17.56%
QV3-03	23.64%	24.47%
QV3-04	68.25%	66.57%
RPM-06	68.76%	67.70%
GMS-02	54.46%	55.25%
GMS-09	18.06%	16.73%
QV3-16	11.26%	12.92%
QV3-18	26.51%	25.49%
QV3-19	15.58%	16.53%
QV3-38	7.74%	8.19%

ผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลอัตราการใช้ประโยชน์จากแบบจำลองกับระบบจริง จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการใช้ประโยชน์ระหว่างข้อมูลจากระบบจริงกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.673 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของระบบจริง และจากการจำลองไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.22

```
Paired T for C1 - C2

             N      Mean     StDev   SE Mean
C1          10   31.3080   23.3842    7.3947
C2          10   31.1410   22.8857    7.2371
Difference  10  0.167000  1.212784  0.383516


95% CI for mean difference: (-0.700574, 1.034574)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.44  P-Value = 0.673
```

รูปที่ 4.22 ผลจากการทดสอบสมมติฐาน 2 Paired T Test ด้วยโปรแกรม Minitab

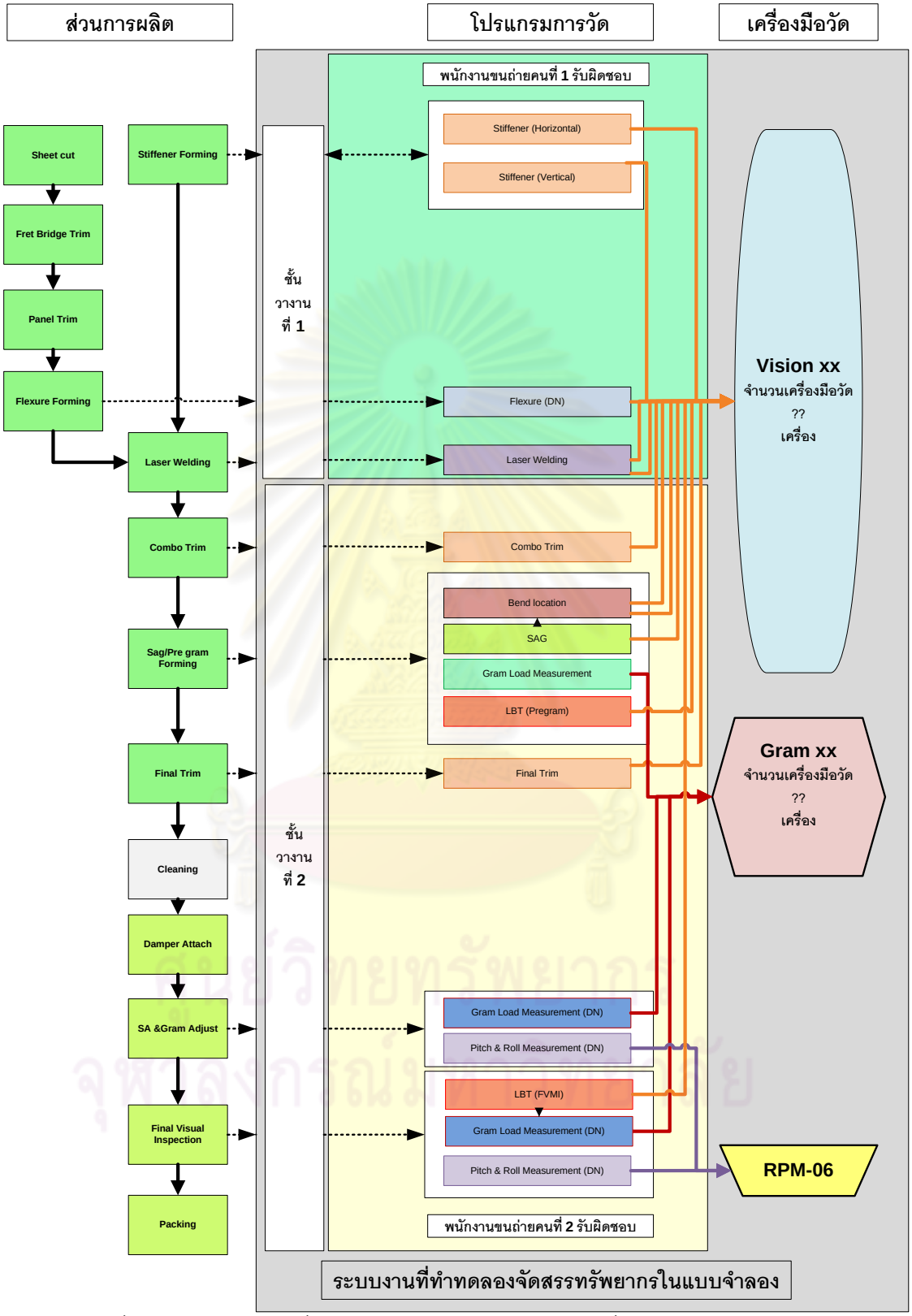
4.7 การออกแบบการทดลอง

ในการทดลองรันแบบจำลองเพื่อพิจารณาผลกระทบของเวลารอคอยและอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัด จะทำการรันแบบจำลองด้วย 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) ทำการจัดสรรโปรแกรมใหม่ กับเครื่องมือวัดประเภท ตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน (Vision Measurement) และเครื่องตรวจสอบแรงกดของชิ้นงานหลังจากชิ้นงานถูกดัน (Gram Measurement) โดยกำหนดให้มีการเพิ่มจำนวนโปรแกรมการวัดสำหรับเครื่องมือวัดประเภทนี้ ซึ่งจะทำให้สามารถวัดงานได้หลากหลายมากขึ้น และทำการทดลองด้วยการเพิ่มเครื่องมือวัด

2) ทำการจัดสรรพนักงานขนถ่ายงานและพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด ด้วยการเพิ่มจำนวนพนักงานขนถ่าย

3) ทำการจัดสรรพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด จากเดิมเครื่องมือวัดในประเภท Vision Measurement มีการจัดสรรให้พนักงาน 1 คนปฏิบัติงานได้ถึง 3 เครื่องในบางจุด และเครื่องมือวัดในประเภท Gram Measurement มีการจัดสรรให้พนักงาน 1 คนปฏิบัติงานได้ 1 เครื่อง ในการทดลองนี้จึงมีการเพิ่มจำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด



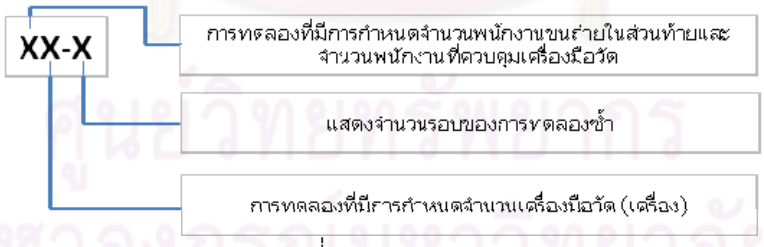
รูปที่ 4.23 ผังระบบงานที่ทำการทดลองจัดสรรทรัพยากรเครื่องมือวัดในแบบจำลอง

จากปัจจัยดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผังการดำเนินงานใหม่ดังแสดงในรูปที่ 4.23 เพื่อทำให้เข้าใจภาพรวมของแผนการทดลองการจำลองการจัดสรรเครื่องมือวัดได้มากยิ่งขึ้น ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองด้วยการใช้แบบจำลองปัญหาแยกตามประเภทของเครื่องมือวัด ซึ่งมีรายละเอียดของการทดลองมีดังนี้

1. **การทดลองเครื่องมือวัดประเภท** Vision Measurement จัดสรรเครื่องมือวัดโดยไม่แยกโปรแกรมการวัด ด้วยการทดลองเปลี่ยนแปลงปัจจัย 3 ปัจจัย คือ 1) จำนวนพนักงานขนถ่ายที่รับผิดชอบในส่วนท้ายของสายการผลิต 2) จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด 3) จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Vision ดังแสดงในตารางที่ 4.14

2. **การทดลองเครื่องมือวัดประเภท** Gram Measurement จัดสรรเครื่องมือวัดโดยไม่แยกโปรแกรมการวัดเช่นเดียวกันกับเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement ด้วยการทดลองเปลี่ยนแปลงปัจจัย 3 ปัจจัย คือ 1) จำนวนพนักงานขนถ่ายที่รับผิดชอบในส่วนท้ายของสายการผลิต 2) จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด 3) จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Gram ดังแสดงในตารางที่ 4.15

คำอธิบาย



รูปที่ 4.24 ความหมายของการทดลอง

ตารางที่ 4.15 การออกแบบการทดลองการจัดสรรทรัพยากรของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Vision	จำนวนพนักงานขนถ่ายในส่วนท้ายของสายการผลิต (คน)					
	1		2		3	
	จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)	
	1	2	1	2	1	2
1	A1-1	B1-1	C1-1	D1-1	E1-1	F1-1
	A1-2	B1-2	C1-2	D1-2	E1-2	F1-2
2	A2-1	B2-1	C2-1	D2-1	E2-1	F2-1
	A2-2	B2-2	C2-2	D2-2	E2-2	F2-2
3	A3-1	B3-1	C3-1	D3-1	E3-1	F3-1
	A3-2	B3-2	C3-2	D3-2	E3-2	F3-2
4	A4-1	B4-1	C4-1	D4-1	E4-1	F4-1
	A4-2	B4-2	C4-2	D4-2	E4-2	F4-2
5	A5-1	B5-1	C5-1	D5-1	E5-1	F5-1
	A5-2	B5-2	C5-2	D5-2	E5-2	F5-2
6	A6-1	B6-1	C6-1	D6-1	E6-1	F6-1
	A6-2	B6-2	C6-2	D6-2	E6-2	F6-2

ตารางที่ 4.16 การออกแบบการทดลองการจัดสรรทรัพยากรของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Gram	จำนวนพนักงานขนถ่ายในส่วนท้ายของสายการผลิต (คน)					
	1		2		3	
	จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)	
	1	2	1	2	1	2
1	U1-1	V1-1	W1-1	X1-1	Y1-1	Z1-1
	U1-2	V1-2	W1-2	X1-2	Y1-2	Z1-2
2	U2-1	V2-1	W2-1	X2-1	Y2-1	Z2-1
	U2-2	V2-2	W2-2	X2-2	Y2-2	Z2-2

จากตารางที่ 4.15 และ ตารางที่ 4.16 เป็นแผนการทดลองการจัดสรรเครื่องมือวัดเพื่อทำการวิเคราะห์ว่าเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการใช้ประโยชน์ หรือมีผลกระทบต่อเวลารอคอยหรือไม่ในลำดับต่อไป

บทที่ 5
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เนื่องจากปัญหาด้านอรรถประโยชน์ของการใช้เครื่องมือวัดอยู่ในระดับที่ต่ำนั้นมีสาเหตุมาจากการจัดสรรเครื่องมือวัดและพนักงานที่ยังไม่เหมาะสมกับสัดส่วนของปริมาณงานที่ต้องวัดผลิตภัณฑ์ในแต่ละโปรแกรมการวัด การแก้ปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองในบทที่ 4 ด้วยการปรับเปลี่ยนโปรแกรมการวัดต่อหนึ่งเครื่องมือวัดดังรูปที่ 4.23 จำนวนของพนักงานขนถ่าย จำนวนเครื่องมือวัดต่อพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัดหนึ่งคน เพื่อลดเวลารอคอยในระบบ และให้อัตราการใช้ประโยชน์สูงสุด

แบบจำลองของระบบการจัดสรรเครื่องมือวัดในสายการผลิตของชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์ที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม ProModel จะถูกนำมาใช้ในการจัดสรรเครื่องมือวัดและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับระบบการวัดงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการผลิต ด้วยการทดลองตามตารางที่ 5.1 สำหรับเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement และตารางที่ 5.2 สำหรับเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

ตารางที่ 5.1 แผนการทดลองเพื่อการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Vision	จำนวนพนักงานขนถ่ายในส่วนท้ายของสายการผลิต (คน)					
	1		2		3	
	จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)	
	1	2	1	2	1	2
1	A1-1	B1-1	C1-1	D1-1	E1-1	F1-1
	A1-2	B1-2	C1-2	D1-2	E1-2	F1-2
2	A2-1	B2-1	C2-1	D2-1	E2-1	F2-1
	A2-2	B2-2	C2-2	D2-2	E2-2	F2-2
3	A3-1	B3-1	C3-1	D3-1	E3-1	F3-1
	A3-2	B3-2	C3-2	D3-2	E3-2	F3-2
4	A4-1	B4-1	C4-1	D4-1	E4-1	F4-1
	A4-2	B4-2	C4-2	D4-2	E4-2	F4-2
5	A5-1	B5-1	C5-1	D5-1	E5-1	F5-1
	A5-2	B5-2	C5-2	D5-2	E5-2	F5-2
6	A6-1	B6-1	C6-1	D6-1	E6-1	F6-1
	A6-2	B6-2	C6-2	D6-2	E6-2	F6-2

ตารางที่ 5.2 แผนการทดลองเพื่อการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Gram	จำนวนพนักงานขนถ่ายในส่วนท้ายของสายการผลิต (คน)					
	1		2		3	
	จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด (คน)	
	1	2	1	2	1	2
1	U1-1	V1-1	W1-1	X1-1	Y1-1	Z1-1
	U1-2	V1-2	W1-2	X1-2	Y1-2	Z1-2
2	U2-1	V2-1	W2-1	X2-1	Y2-1	Z2-1
	U2-2	V2-2	W2-2	X2-2	Y2-2	Z2-2

คำอธิบายปัจจัยที่แสดงผลในการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งแสดงในผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของเครื่องมือวัดทั้งสองประเภท

1. Met .Qty หมายถึง จำนวนเครื่องมือวัด
2. MH .Qty หมายถึง จำนวนพนักงานขนถ่าย
3. Opr . Qty หมายถึง จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1 ผลการทดลองการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท ตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน (Vision Measurement)

5.1.1 ผลการทดลองเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบ

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

เวลารอคอยเฉลี่ยในระบบ (นาที)

จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Vision	จำนวนพนักงานขนถ่ายในส่วนท้ายของสายการผลิต (คน)					
	1		2		3	
	จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด	
	1	2	1	2	1	2
1	2338.27	2220.27	2311.78	2277.52	2305.56	2201.19
	2427.35	2323.92	2371.02	2436.84	2420.74	2317.19
2	70.80	72.06	63.66	62.99	68.59	65.84
	70.80	72.06	63.66	62.99	68.59	65.84
3	31.04	28.99	30.53	30.65	30.31	29.06
	31.04	28.99	30.53	30.65	30.31	29.06
4	26.87	25.92	26.58	26.55	26.95	26.13
	26.87	25.92	26.58	26.55	26.95	26.13
5	25.07	24.66	24.74	24.63	24.71	24.63
	25.07	24.66	24.74	24.63	24.71	24.63
6	24.80	24.11	24.08	24.13	24.15	24.48
	24.80	24.11	24.08	24.13	24.15	24.48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANOVA: Waiting Time versus Met.Qty, MH Qty, Opr Qty

Factor	Type	Levels	Values
Met.Qty	fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
MH Qty	fixed	3	1, 2, 3
Opr Qty	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Waiting Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Met.Qty	5	52673438	10534688	10925.41	0.000
MH Qty	2	413	207	0.21	0.808
Opr Qty	1	2379	2379	2.47	0.121
Error	63	60747	964		
Total	71	52736977			

S = 31.0522 R-Sq = 99.88% R-Sq(adj) = 99.87%

รูปที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

จากรูปที่ 5.1 แสดงการตรวจสอบข้อสมมติในการใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถอ่านผลจากตาราง ANOVA ในรูปที่ 5.1 ได้ค่า P-value ของจำนวนพนักงานขนถ่ายเท่ากับ 0.808 และจำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัดเท่ากับ 0.121 ดังนั้น 2 ปัจจัยหลักดังกล่าวจึงไม่มีผลกระทบต่อเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

แต่ค่า P-value ของจำนวนเครื่องมือวัดนั้นมีค่าเท่ากับ 0.000 < α ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าจำนวนเครื่องมือวัดมีผลต่อเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement อย่างมีนัยสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2 ผลการทดลองอัตราการใช้ประโยชน์

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

อัตราการใช้ประโยชน์

จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Vision	จำนวนพนักงานขนถ่ายในส่วนท้ายของสายการผลิต (คน)					
	1		2		3	
	จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด	
	1	2	1	2	1	2
1	98.42%	99.04%	98.42%	99.04%	98.42%	99.05%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
2	92.71%	92.11%	92.07%	91.75%	92.03%	92.73%
	92.71%	92.11%	92.07%	91.75%	92.03%	92.73%
3	61.20%	61.03%	61.38%	61.87%	61.59%	61.57%
	61.20%	61.03%	61.38%	61.87%	61.59%	61.57%
4	46.26%	45.81%	46.10%	46.11%	46.25%	45.94%
	46.26%	45.81%	46.10%	46.11%	46.25%	45.94%
5	36.68%	36.72%	36.70%	36.54%	37.10%	36.69%
	36.68%	36.72%	36.70%	36.54%	37.10%	36.69%
6	30.72%	30.51%	30.59%	30.57%	30.67%	30.67%
	30.72%	30.51%	30.59%	30.57%	30.67%	30.67%

```
ANOVA: Utilization versus Met.Qty, MH Qty, Opr Qty

Factor   Type   Levels  Values
Met.Qty  fixed       6  1, 2, 3, 4, 5, 6
MH Qty   fixed       3  1, 2, 3
Opr Qty  fixed       2  1, 2


Analysis of Variance for Utilization

Source   DF       SS        MS        F      P
Met.Qty   5  50180.9  10036.2  75722.64  0.000
MH Qty    2      0.3      0.1      0.98  0.380
Opr Qty   1      0.0      0.0      0.10  0.750
Error    63      8.3      0.1
Total    71  50189.5


S = 0.364059   R-Sq = 99.98%   R-Sq(adj) = 99.98%
```

รูปที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

จากรูปที่ 5.2 แสดงการตรวจสอบข้อสมมติในการใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถอ่านผลจากตาราง ANOVA ในรูปที่ 5.2 ได้ค่า P-value ของจำนวนพนักงานขนถ่ายเท่ากับ 0.380 และจำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัดเท่ากับ 0.750 ดังนั้น 2 ปัจจัยหลักดังกล่าวจึงไม่มีผลกระทบต่ออัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

แต่ค่า P-value ของจำนวนเครื่องมือวัดนั้นมีค่าเท่ากับ 0.000 < α ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าจำนวนเครื่องมือวัดมีผลต่ออัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement อย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ผลการทดลองการจัดสรรเครื่องตรวจสอบแรงกดของชิ้นงาน (Gram Measurement)

5.2.1 ผลการทดลองเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบ

ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

เวลารอคอยเฉลี่ยในระบบ (นาที)

จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Vision	จำนวนพนักงานขนถ่ายในส่วนท้ายของสายการผลิต (คน)					
	1		2		3	
	จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด	
	1	2	1	2	1	2
1	57.56	59.20	58.71	59.68	59.68	59.60
	59.29	59.20	58.71	59.68	59.68	59.60
2	46.34	46.38	45.84	46.58	46.08	45.90
	46.34	46.38	45.84	46.58	46.08	45.90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANOVA: Waiting Time versus Met.Qty, MH Qty, Opr Qty

Factor	Type	Levels	Values
Met.Qty	fixed	2	1, 2
MH Qty	fixed	3	1, 2, 3
Opr Qty	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for Waiting Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Met.Qty	1	1018.56	1018.56	4595.94	0.000
MH Qty	2	0.21	0.10	0.47	0.631
Opr Qty	1	0.86	0.86	3.86	0.064
Error	19	4.21	0.22		
Total	23	1023.83			

S = 0.470766 R-Sq = 99.59% R-Sq(adj) = 99.50%

รูปที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

จากรูปที่ 5.3 แสดงการตรวจสอบข้อสมมติในการใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน สามารถอ่านผลจากตาราง ANOVA ในรูปที่ 5.3 ได้ค่า P-value ของจำนวนพนักงานขนถ่ายเท่ากับ 0.631 และจำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัดเท่ากับ 0.064 ดังนั้น 2 ปัจจัยหลักดังกล่าวจึงไม่มีผลกระทบต่อเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

แต่ค่า P-value ของจำนวนเครื่องมือวัดนั้นมีค่าเท่ากับ 0.000 < α ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าจำนวนเครื่องมือวัดมีผลต่อเวลารอคอยเฉลี่ยของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement อย่างมีนัยสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.3 อัตราการใช้ประโยชน์

ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

จำนวนเครื่องมือวัดประเภท Vision	จำนวนพนักงานขนถ่ายในส่วนท้ายของสายการผลิต (คน)					
	1		2		3	
	จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด		จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด	
	1	2	1	2	1	2
1	62.76%	68.19%	67.76%	67.89%	67.59%	67.87%
	67.42%	68.19%	67.76%	67.89%	67.59%	67.87%
2	33.91%	33.89%	33.99%	34.01%	34.14%	34.34%
	33.91%	33.89%	33.99%	34.01%	33.84%	34.34%

```
ANOVA: Utilization versus Met.Qty, MH Qty, Opr Qty

Factor    Type   Levels  Values
Met.Qty   fixed       2  1, 2
MH Qty    fixed       3  1, 2, 3
Opr Qty   fixed       2  1, 2


Analysis of Variance for Utilization

Source    DF      SS      MS        F      P
Met.Qty    1  6684.0  6684.0  6502.03  0.000
MH Qty     2     2.3     1.2     1.13  0.343
Opr Qty    1     2.5     2.5     2.42  0.137
Error     19    19.5     1.0
Total     23  6708.4


S = 1.01390   R-Sq = 99.71%   R-Sq(adj) = 99.65%
```

รูปที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

จากรูปที่ 5.4 แสดงการตรวจสอบข้อสมมติในการใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถอ่านผลจากตาราง ANOVA ในรูปที่ 5.4 ได้ค่า P-value ของจำนวนพนักงานขนถ่ายเท่ากับ 0.343 และจำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัดเท่ากับ 0.137 ดังนั้น 2 ปัจจัยหลักดังกล่าวจึงไม่มีผลกระทบต่ออัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

แต่ค่า P-value ของจำนวนเครื่องมือวัดนั้นมีค่าเท่ากับ 0.000 < α ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าจำนวนเครื่องมือวัดมีผลต่ออัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement อย่างมีนัยสำคัญ

5.2.4 เกณฑ์ในการพิจารณาการจัดสรรสำหรับเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

ในกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการพิจารณาสำหรับเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement ได้มีการปรึกษากับผู้บริหารและหัวหน้างานในส่วนของเครื่องมือวัด ประเภทนี้ ผลจากการปรึกษาได้ข้อสรุปของเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

1) พิจารณาเฉพาะการทดลองที่ Ax-x เท่านั้น เนื่องจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าตอบสนองของเวลารอคอยเฉลี่ย และค่าตอบสนองของอัตราการใช้ประโยชน์พบว่าปัจจัยด้านพนักงานงานขนถ่ายและพนักงานควบคุมเครื่องมือวัดไม่มีผลต่อค่าตอบสนองดังกล่าว จึงใช้จำนวนพนักงานงานขนถ่ายและพนักงานควบคุมเครื่องมือวัดที่น้อยที่สุดคือ 1 คน ดังผลที่ได้แสดงในรูปที่ 5.1 และ 5.2

2) กำหนดเกณฑ์การพิจารณาด้วยการกำหนดเวลารอคอยเฉลี่ย ซึ่งก่อนการจัดสรรมีเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบอยู่ที่ 47.01 นาที ดังนั้นจึงกำหนดเกณฑ์โดยมีการปรึกษากับผู้บริหารและหัวหน้างานในส่วนของเครื่องมือวัด ในด้านเวลารอคอยเฉลี่ย ไม่ควรเกิน 40 นาที เนื่องจากเป็นข้อตกลงจากการประชุมเห็นว่าหากกำหนดเวลารอคอยที่น้อยมากจะมีผลต่ออัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดลดลง ซึ่งเวลารอคอยที่กำหนดนั้นเป็นเวลารอคอยตั้งแต่งานเข้ามาที่ชั้นวางงาน ไปจนถึงงานถูกส่งกลับที่มาที่ชั้นวางงานเดิม

3) กำหนดเกณฑ์การพิจารณาอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัด ซึ่งก่อนการมีอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยอยู่ที่ 24.55% ต่อการรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต ดังนั้นจังกำหนดให้มีอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยต้องมากกว่า 50% เนื่องจากก่อนการจัดสรรนั้นมีเวลาเดินเปล่าของเครื่องมือวัดมากกว่า 50 % ต่อการรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต

จากเกณฑ์ในการตัดสินใจในหัวข้อ 5.2.4 พบว่าการทดลองที่ A3-1 หรือ A3-2 ผ่านเกณฑ์ในการพิจารณา สรุปได้ว่าในการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement จะต้องมีการจัดสรร 3 เครื่อง โดยทุก ๆ เครื่องสามารถวัดงานได้ทุกโปรแกรม ซึ่งก่อนที่จะมีการจัดสรรนั้นมีการแยกโปรแกรมการวัดในแต่ละเครื่อง ต้องใช้เครื่องมือวัดหลายเครื่อง อัตราการใช้ประโยชน์ต่ำ จากตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบเวลารอคอยในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement ก่อนการจัดสรรเวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 47.01 นาที หลังการจัดสรร เวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 31.04 นาที ดังนั้นหากมีการจัดสรรเครื่องมือวัดมีการวัดผลิตภัณฑ์ได้ทุกโปรแกรมภายในเครื่องเดียว โดยที่มีจำนวนเครื่องมือวัดเท่ากับ 3 เครื่องรองรับงานวัดจาก 3 สายการผลิต สามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยได้ 15.97 นาที นอกจากนี้ในโปรแกรมการวัด LBT(Pregram) และ LBT(FVMI) สามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยได้ถึง 64.35 นาที และ 57.73 นาที ตามลำดับ แต่เมื่อดูภาพรวมด้านเวลารอคอยเฉลี่ย พบว่า เวลารอคอยโดยรวมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน สามารถจัดสรรได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และจากตารางที่ 5.8 แสดงการอัตราการใช้ประโยชน์ก่อนและหลังการจัดสรรในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement ก่อนการจัดสรรอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 24.55% การรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต หลังการจัดสรรอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 61.20% การรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต เพิ่มขึ้น 36.65%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบเวลารอคอยก่อนและหลังการจัดสรรในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

โปรแกรมการวัด	เวลารอคอยก่อนการจัดสรร (นาที)	เวลารอคอย หลังการจัดสรรที่ 3 เครื่อง (นาที)
Stiffener forming	5.24	4.84
Combo Trim	39.56	38.17
Final Trim	35.89	38.78
Bend Location	55.89	46.47
SAG	59.89	46.82
Laser welding	4.72	4.65
Flexure(DN)	5.02	4.82
LBT (Pregram)	111.47	47.12
LBT (FVMI)	105.46	47.73
เวลารอคอยเฉลี่ย	47.01	31.04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบอัตราการใช้ประโยชน์ก่อนและหลังการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement

เครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement	อัตราการใช้ประโยชน์ก่อนการจัดสรร
OGP-07	18.82%
QV3-03	23.64%
QV3-04	68.25%
QV3-16	11.26%
QV3-18	26.51%
QV3-19	15.58%
QV3-38	7.74%
	24.55%

เครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement	อัตราการใช้ประโยชน์หลังการจัดสรรที่ 3 เครื่อง
Vision Measurement.1	69.77%
Vision Measurement.2	60.81%
Vision Measurement.3	53.01%
	61.20%

5.2.5 เกณฑ์ในการพิจารณาการจัดสรรสำหรับเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

ในกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการพิจารณาสำหรับเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement ได้มีการปรึกษากับผู้บริหารและหัวหน้างานในส่วนของเครื่องมือวัด ประเภทนี้ ผลจากการปรึกษาได้ข้อสรุปของเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

1) พิจารณาเฉพาะการทดลองที่ Ux-x เท่านั้น เนื่องจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าตอบสนองของเวลารอคอยเฉลี่ย และค่าตอบสนองของอัตราการใช้ประโยชน์พบว่าปัจจัยด้านพนักงานงานขนถ่ายและพนักงานควบคุมเครื่องมือวัดไม่มีผลต่อค่าตอบสนองดังกล่าว ดังผลที่ได้แสดงในรูปที่ 5.3 และ 5.4

2) กำหนดเกณฑ์การพิจารณาด้วยการกำหนดเวลารอคอยเฉลี่ย ซึ่งก่อนการจัดสรรมีเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบอยู่ที่ 81.94 นาที ดังนั้นจึงกำหนดเกณฑ์ด้านเวลารอคอย

เฉลี่ยไม่ควรเกิน 60 นาที เนื่องจากเป็นข้อตกลงจากการประชุมเห็นว่าหากกำหนดเวลารอคอยที่น้อยมากจะมีผลต่ออัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดลดลง ซึ่งเวลารอคอยที่กำหนดนั้นเป็นเวลารอคอยตั้งแต่งานเข้ามาที่ชั้นวางงาน ไปจนถึงงานถูกส่งกลับที่มาที่ชั้นวางงานเดิม

3) กำหนดเกณฑ์การพิจารณาอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัด ซึ่งก่อนการมีอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยอยู่ที่ 36.26% ต่อการรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต ดังนั้นจึงกำหนดให้มีอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยต้องมากกว่า 50% เนื่องจากก่อนการจัดสรรนั้นมีเวลาเดินเปล่าของเครื่องมือวัดมากกว่า 50 % ต่อการรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต

จากเกณฑ์ในการตัดสินใจในหัวข้อ 5.2.5 พบว่าการทดลองที่ U1-1 หรือ U1-2 ผ่านเกณฑ์ในการพิจารณา สรุปได้ว่าในการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement จะต้องมีการจัดสรร 1 เครื่องต่อ 3 สายการผลิต โดยทุก ๆ เครื่องสามารถวัดงานได้ทุกโปรแกรม ซึ่งก่อนที่จะมีการจัดสรรนั้นมีการแยกโปรแกรมการวัดในแต่ละเครื่อง ทำให้ใช้เครื่องมือวัดเป็นจำนวนมาก อัตราการใช้ประโยชน์ต่ำ จากตารางที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบเวลารอคอยในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement ก่อนการจัดสรรเวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 81.94 นาที หลังการจัดสรร เวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 57.56 นาที ดังนั้นหากมีการจัดสรรเครื่องมือวัดมีการวัดผลิตภัณฑ์ได้ทุกโปรแกรมภายในเครื่องเดียว โดยที่มีจำนวนเครื่องมือวัดเท่ากับ 1 เครื่องรองรับงานวัดจาก 3 สายการผลิต สามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยได้ 24.38 นาที นอกจากนี้ในโปรแกรมการวัด Gram Load Measurement สามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยจาก 109.63 นาที ลดลงเหลือ 58.28 นาที แต่เมื่อดูเวลารอคอยเฉลี่ยอีก 2 โปรแกรม พบว่า เวลารอคอยโดยรวมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับโปรแกรม Gram Load Measurement PR (DN) และ Gram Load Measurement FVMI (DN) แต่ด้วยการจัดสรรแบบนี้สามารถจัดสรรได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สังเกตได้จากอัตราการใช้ประโยชน์ที่สูงขึ้นหลังการจัดสรร และจากตารางที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการใช้ประโยชน์ก่อนและหลังการจัดสรรในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Gram Load Measurement ก่อนการจัดสรรอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 36.26% การรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต หลังการจัดสรรอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 62.76%การรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์

จาก 3 สายการผลิต อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement เพิ่มขึ้น 26.50%

ตารางที่ 5.9 การเปรียบเทียบเวลารอคอยก่อนและหลังการจัดสรรในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

โปรแกรมการวัด	เวลารอคอยก่อนการจัดสรร (นาที)	เวลารอคอยหลังการจัดสรร (นาที)
Gram Load Measurement PR (DN)	66.97	56.92
Gram Load Measurement FVMI (DN)	69.22	57.48
Gram Load Measurement	109.63	58.28
เวลารอคอยเฉลี่ย	**81.94**	**57.56**

ตารางที่ 5.10 การเปรียบเทียบอัตราการใช้ประโยชน์ก่อนและหลังการจัดสรรของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement

เครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement	อัตราการใช้ประโยชน์ก่อนการจัดสรร
GMS-02	54.46%
GMS-09	18.06%
	36.26%

เครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement	อัตราการใช้ประโยชน์หลังการจัดสรร
Gram Measurement.1	62.76%
	62.76%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อทำการจัดสรรเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์ด้วยการประยุกต์แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ที่ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในบทที่ 1 ถึง บทที่ 4 มีประเด็นสำคัญในการวิจัยดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อการจัดสรรเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์ที่เป็นกรณีศึกษา สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

6.1.1 ผลการวิจัยในการจัดสรรจำนวนเครื่องมือวัดประเภท ตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน (Vision Measurement)

จากผลการทดลองจัดสรรเครื่องมือวัดประเภทนี้ ด้วยการรันแบบจำลองที่มีการกำหนด 3 ปัจจัย คือ จำนวนเครื่องมือวัด จำนวนพนักงานขนถ่าย จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด ซึ่งคาดว่าอาจมีผลกระทบต่ออัตราการใช้ประโยชน์ และเวลารอคอย โดยออกแบบการทดลองให้เครื่องมือวัดประเภทนี้ หนึ่งเครื่องสามารถวัดได้ทุกโปรแกรม มีการปรับเปลี่ยนปัจจัยดังกล่าวในระดับที่ต่างกัน เพื่อดูค่าเฉลี่ยจากการการทดลอง 20 รัน ในแต่ละการทดลองได้มีกำหนดการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลอง ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิสูจน์ว่า 3 ปัจจัยดังกล่าวนั้น มีปัจจัยใดที่ทำให้ค่าตอบสนองของอัตราการใช้ประโยชน์ เวลารอคอย เปลี่ยนไป ซึ่งผลก็คือ ปัจจัยด้านจำนวนเครื่องมือวัดมีผลกระทบโดยตรงต่อ ค่าตอบสนองดังกล่าว จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์มาผลที่ได้จากการทดลองนั้น มาพิจารณาการจัดสรรจำนวนเครื่องมือวัดที่มีความเหมาะสม โดยกำหนดเงื่อนไขจากการปรึกษากับผู้บริหารและหัวหน้างานที่เกี่ยวข้องคือ อัตราการใช้ประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบการวัดงานทั้งหมดจะต้องต่ำกว่า 40 นาที ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะการทดลองที่มีการจัดสรรจำนวนพนักงานขนถ่าย 1 คน จำนวนพนักงานควบคุมเครื่องมือวัด 1 คน เท่านั้น ดังนั้นการจัดสรรเครื่องมือวัดจำนวน 3 เครื่อง ผ่านเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ จึงสรุปได้ว่า ที่การผลิตแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ 3 สายการผลิตจะต้องจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท ตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน (Vision Measurement) 3 เครื่อง ซึ่งจัดสรรพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด

1 คนต่อ 3 เครื่องมีจำนวนพนักงานขนถ่ายส่วนหน้าสายการผลิต 1 คน ซึ่งรับผิดชอบ 3 สายการผลิต และส่วนท้ายสายการผลิต 1 รับผิดชอบ 3 สายการผลิตเช่นกัน จากการเลือกการจัดสรรจำนวนและโปรแกรมของระบบการวัดผลิตภัณฑ์ พบว่าเวลารอคอยในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Vision Measurement ก่อนการจัดสรรเวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 47.01 นาที หลังการจัดสรร เวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 31.04 นาที ดังนั้นหากมีการจัดสรรเครื่องมือวัดมีการวัดผลิตภัณฑ์ได้ทุกโปรแกรมภายในเครื่องเดียว โดยที่มีจำนวนเครื่องมือวัดเท่ากับ 3 เครื่องรองรับงานวัดจาก 3 สายการผลิต สามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยได้ 15.97 นาที หรือเวลารอคอยเฉลี่ยลดลง 33.97% เมื่อเทียบกับก่อนการจัดสรร ก่อนการจัดสรรอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 24.55% การรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต หลังการจัดสรรอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 61.20% การรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิตเพิ่มขึ้น 36.65%

6.1.2 ผลการวิจัยในการจัดสรรจำนวนเครื่องมือวัดประเภท ตรวจสอบแรงกดของชิ้นงาน (Gram Measurement)

จากที่ได้ทำการทดลอง 12 การทดลอง โดยออกแบบการทดลองให้เครื่องมือวัดประเภทนี้หนึ่งเครื่องสามารถวัดได้ทุกโปรแกรม มีการปรับเปลี่ยนปัจจัยดังกล่าวในระดับที่ต่างกัน เช่นเดียวกันกับ การทดลองจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท ตรวจสอบรูปร่างชิ้นงานด้วยระบบ 3 มิติของชิ้นงาน (Vision Measurement) ดังที่กล่าวสรุปไปแล้วข้างต้น ด้วยการรันแบบจำลองที่มีการกำหนด 3 ปัจจัย คือ จำนวนเครื่องมือวัด จำนวนพนักงานขนถ่าย จำนวนพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด ซึ่งคาดว่าอาจมีผลกระทบต่ออัตราการใช้ประโยชน์ และเวลารอคอย โดยกำหนดเงื่อนไขจากการปรึกษากับผู้บริหารและหัวหน้างานที่เกี่ยวข้องคือ อัตราการใช้ประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และเวลารอคอยในระบบการวัดงานทั้งหมดจะต้องต่ำกว่า 60 นาที ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะการทดลองที่มีการจัดสรรจำนวนพนักงานขนถ่าย 1 คน จำนวนพนักงานควบคุมเครื่องมือวัด 1 คน เท่านั้น ดังนั้นการจัดสรรเครื่องมือวัดประเภท Gram measurement จำนวน 1 เครื่อง ได้ผ่านเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คือเครื่องมือวัดประเภท เครื่องตรวจสอบแรงกดของชิ้นงานหลังจากชิ้นงานถูกดัน (Gram Measurement) ในการผลิต 3 สายการผลิตจะต้องมีการจัดสรรเครื่องมือวัด ประเภทนี้ 1 เครื่อง และจัดสรรพนักงานที่ควบคุมเครื่องมือวัด 1 คนต่อ 1

เครื่องมีจำนวนพนักงานขนถ่ายส่วนหน้าสายการผลิต 1 คน ซึ่งรับผิดชอบ 3 สายการผลิต และส่วนท้ายสายการผลิต 1 รับผิดชอบ 3 สายการผลิต เวลารอคอยในแต่ละโปรแกรมการวัดของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement ก่อนการจัดสรรเวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 81.94 นาที หลังการจัดสรร เวลารอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 57.56 นาที สามารถลดเวลารอคอยเฉลี่ยได้ 24.38 นาที หรือเวลารอคอยเฉลี่ยลดลง 29.75% เมื่อเทียบกับก่อนการจัดสรร ก่อนการจัดสรรอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 36.26% การรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต หลังการจัดสรรอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 62.76%การรองรับงานวัดผลิตภัณฑ์จาก 3 สายการผลิต อัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องมือวัดประเภท Gram Measurement เพิ่มขึ้น 26.50%

6.2 **อุปสรรคในการวิจัย**

การวิจัยเพื่อทดลองการจัดสรรเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิคส์ มีอุปสรรคดังนี้

1) การวิจัยจะต้องใช้ข้อมูลมากมาย ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเข้ามาของงานวัด ซึ่งจะเข้ามาเป็นช่วงเวลาที่ยังไม่มีความแน่นอน ดังนั้นจึงต้องมีการเก็บข้อมูลดังกล่าวเป็นจำนวนมาก เพื่อหาการกระจายของข้อมูลที่มีความเหมาะสม ซึ่งสิ่งนี้เป็นที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหาในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นข้อมูลนำเข้า (Input) ที่จะทำให้แบบจำลองสร้างขึ้นมามีความเสมือนกับระบบการดำเนินงานจริงได้มากที่สุด นอกจากนี้ข้อมูลด้านการกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของพนักงานนั้นในระบบจะเป็นค่าคงที่ ซึ่งในระบบการดำเนินงานจริงนั้นมีความผันแปรมากสิ่งนี้อาจเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรจำนวนของเครื่องมือวัดได้ ในการเก็บข้อมูลเหล่านี้จากระบบการดำเนินงานจริงค่อนข้างใช้เวลานานพอสมควร จึงต้องใช้บุคลากร เครื่องมือต่าง ๆ ใช้ในการเก็บข้อมูล
2) ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองและการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จะต้องมีการใช้ความพยายามในการเขียนโปรแกรมอย่างมาก เนื่องจากผู้สร้างแบบจำลองจะต้องเข้าใจคำสั่งที่โปรแกรมกำหนดไว้เป็นอย่างดี เพราะหากไม่เข้าใจแล้วจะทำให้พฤติกรรมการดำเนินงานของแบบจำลองอาจมีความผิดพลาดได้ นอกจากนี้ในช่วงที่มีการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นช่วงที่มีความสำคัญมากที่สุดสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นอาจมีความแตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากการดำเนินงานจริงได้ ส่งผลให้การวิเคราะห์เพื่อการจัดสรรเครื่องมือวัดอาจมีความผิดพลาดได้

3) ในการสร้างแบบจำลองผู้วิจัยจะต้องเข้ามาทำที่ห้องคอมพิวเตอร์ของภาควิชา เท่านั้น เนื่องจากโปรแกรม ProModel มีราคาค่อนข้างสูง และโปรแกรมที่ใช้เป็นแบบ Student Version จึงไม่สามารถทำการจำลองในระบบงานขนาดใหญ่ได้ ทำให้เป็นอุปสรรคระหว่างการทำวิจัย

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย มีข้อเสนอแนะดังนี้

1) ในการจัดสรรเครื่องมือวัด ควรมีการกำหนดให้เครื่องมือวัดสามารถวัดได้ทุกโปรแกรมการวัด ซึ่งเดิมจัดสรรให้เครื่องมือวัด 1 เครื่องสามารถวัดงานได้เพียง 1-2 โปรแกรมการวัดเท่านั้น ด้วยการจัดสรรโดยการกำหนดให้เครื่องมือวัดสามารถวัดงานได้ทุกโปรแกรมการวัดในเครื่องเดียว ส่งผลให้จำนวนเครื่องมือวัดลดลงและอัตราการใช้ประโยชน์สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในทางกลับกันก็จะส่งผลให้เวลารอคอยสูงขึ้นเช่นกัน เพราะโอกาสสูงที่จะเกิดเหตุการณ์ที่งานมาถึงหน้าเครื่อง ในขณะที่เครื่องมือวัดยังไม่ว่าง เกิดแถวคอย ทำให้เวลารอยคอยมากขึ้น ดังนั้นควรมีการกำหนดเวลารอคอยเฉลี่ยขั้นต่ำที่สามารถยอมรับได้ หรือมีการกำหนดอัตราการใช้ประโยชน์ขั้นต่ำ เพื่อให้การวางแผนในการจัดสรรเครื่องมือวัดนั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์

2) หากมีการจัดสรรเครื่องมือวัด จัดสรรโปรแกรมการวัดที่สามารถวัดงานได้ทุกโปรแกรมการวัดภายในเครื่องเดียวจะต้องมีการจัดการกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการจัดสรรโปรแกรมการวัดด้วยวิธีนี้ เช่น การป้องกันการหยิบงานผิดพลาด การติดตั้งเครื่องมือวัดให้พนักงานที่ควบคุมเครื่องสามารถปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น ไม่เกิดปัญหาการวัดงานผิดโปรแกรมการวัด เนื่องจากปัญหาดังกล่าว เป็นผลมาจากทุกโปรแกรมการวัดเข้ามาวัด

งานที่เครื่องเดียวกัน หากมีการจัดสรรด้วยวิธีนี้จริง ควรมีการออกแบบสถานที่ปฏิบัติงานและถาดวางงานที่จะวัดผลิตภัณฑ์ให้พนักงานสามารถเข้าใจและสังเกตได้ด้วยการมองเห็น เพื่อให้พนักงานสามารถแยกโปรแกรมการวัดผลิตภัณฑ์ได้ และพนักงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วอีกด้วย

6.4 **สรุปท้ายบท**

การวิจัยโดยใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหาในการจัดสรรจำนวนเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์ เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาด้านการใช้ประโยชน์เครื่องมือวัดอยู่ในระดับต่ำ การเกิดปัญหาการอคอยในการวัดงาน ซึ่งมีปริมาณงานในการเข้ามาที่เครื่องมือวัดเป็นจำนวนมากและในช่วงเวลาพร้อม ๆ กัน ทำให้สามารถจัดสรรทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการวัดงานในสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดความผิดพลาดจากวางแผนในการจัดเครื่องมือวัดได้ นอกจากนี้ยังส่งผลให้เพิ่มความพึงพอใจแก่ลูกค้าอันเนื่องมาจากเวลาในการผลิตลดลง ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ณัฐพงษ์ สุวรรณรงค์, ประสงค์ ไกรพันธ์, วิทยา สุหฤทดำรงและก้องเดชา บ้านมะหิงษ์. การออกแบบเกมการผลิตแบบลีนด้วยการจำลองสถานการณ์. ใน การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2544, หน้า 257-261. กรุงเทพมหานคร: 2544.

ประมวล สุธีจารุวัฒน. เอกสารประกอบการสอนการจำลองแบบปัญหา(Simulation). กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550. (อัดสำเนา)

มงคล สมหมายไชยา. การแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการจัดส่งน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้เทคนิคการจำลองแบบปัญหา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2551.

วิทยา สุหฤทดำรง. การจำลองแบบปัญหา(Supply Chain Simulator)[ออนไลน์]. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. แหล่งที่มา: http://www.geocities.com/scsprogram/html/simulation.html[20 มกราคม 2551]

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การจำลองแบบปัญหา (Simulation). กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535

สุรพล วัฒนวงศ์. การวัดเชิงระบบ. จุลสารมาตรวิทยา 10 (เมษายน-มิถุนายน 2548): 10-13

หฤทัย ศุภพฤกษพงศ์. การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.

ภาษาอังกฤษ

McLean and Shao S. Generic case studies for manufacturing simulation application. Generic case studies for manufacturing simulation application In S. Chick, P. J. Sanchez. D. Ferrin, And D. J. Morrice (eds.), Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 1217-1224. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2003.

Rohit Verma, Gerald D. Gibbs and Richard J. Gilgan. Redesigning check-processing operations using animated computer simulation. Business Process Management Journal 6 (2000): 54-64.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

1. อัตราการเข้ามาที่เครื่องมือวัดของชิ้นงาน

ชิ้นงานจะมีการเข้ามาที่เครื่องมือวัดโดยผ่านสถานีงานในสายการผลิตซึ่งในแบบจำลองนี้เราศึกษา3 สายการผลิต และเครื่องมือวัด 2 ประเภท ได้แก่ Vision measurement และ Gram measurement สายการผลิตและเครื่องมือวัดของแบบจำลองนี้ สรุปดังตารางที่ ก1 และ ก2 ตามลำดับ

ตารางที่ ก1 ตัวอย่างแสดงสายการผลิตที่ 2 ในแบบจำลอง

Line	Machine/Station	Assign Entity Attribute	Measurement Program	Metrology M/C	Mat'l Operator
2	JP3-91	ENT1	Stiffener forming	OGP-07	MH1
2	FTR-107	ENT2	Combo Trim	OGP-07	MH2
2	FSH-063	ENT3	Final Trim	OGP-07	MH2
2	GFM-191	ENT4	Bend Location	QV3-03	MH2
2	GFM-189	ENT5	Bend Location	QV3-03	MH2
2	GFM-191	ENT6	Bend Location	QV3-04	MH2
2	GFM-189	ENT7	Bend Location	QV3-04	MH2
2	GFM-191	ENT8	SAG	QV3-04	MH2
2	GFM-189	ENT9	SAG	QV3-04	MH2
2	LS-50	ENT10	Laser welding	QV3-16	MH1
2	JP3-83	ENT11	Flexure(DN)	QV3-18	MH1
2	GFM-191	ENT12	LBT (Pregram)	QV3-19	MH2
2	GFM-189	ENT13	LBT (Pregram)	QV3-19	MH2
2	FVMI-2	ENT14	LBT (FVMI)	QV3-19	MH2
2	LS-50	ENT15	Laser welding	QV3-38	MH1
2	UFS-130	ENT16	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	RPM-06	MH2
2	UFS-043	ENT17	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	RPM-06	MH2
2	UFS-046	ENT18	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	RPM-06	MH2
2	FVMI-2	ENT19	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	RPM-06	MH2
2	UFS-043	ENT20	Gram Load Measurement PR (DN)	GMS-02	MH2
2	UFS-046	ENT21	Gram Load Measurement PR (DN)	GMS-02	MH2
2	UFS-130	ENT22	Gram Load Measurement PR (DN)	GMS-02	MH2
2	FVMI-2	ENT23	Gram Load Measurement FVMI (DN)	GMS-02	MH2
2	GFM-191	ENT24	Gram Load Measurement	GMS-09	MH2
2	GFM-189	ENT25	Gram Load Measurement	GMS-09	MH2

ตารางที่ ก2 ประเภทเครื่องมือวัดที่ใช้ในแบบจำลอง

เครื่องมือวัด	โปรแกรมการวัด	กระบวนการผลิตที่สุ่มงานเพื่อทำการวัด	ประเภทเครื่องมือวัด
GMS-02	Gram Load Measurement (DN)	FVMI	Gram measurement
GMS-02	Gram Load Measurement (DN)	PR Adjust	Gram measurement
GMS-09	Gram Load Measurement	Pre Gram	Gram measurement
OGP-07	Stiffener forming	(Horizontal)	Vision measurement
OGP-07	Stiffener forming	(Vertical)	Vision measurement
OGP-07	Combo Trim	Combo Trim	Vision measurement
OGP-07	Final Trim	Final Trim	Vision measurement
QV3-03	Bend Location	Pre Gram	Vision measurement
QV3-03	SAG	Pre Gram	Vision measurement
QV3-04	Bend Location	Pre Gram	Vision measurement
QV3-04	SAG	Pre Gram	Vision measurement
QV3-16	Laser welding	Laser Welding	Vision measurement
QV3-18	Flexure(DN)	Flexure Form	Vision measurement
QV3-19	LBT (Pregram)	Pre Gram	Vision measurement
QV3-19	LBT (FVMI)	FVMI	Vision measurement
QV3-38	Laser welding	Laser Welding	Vision measurement

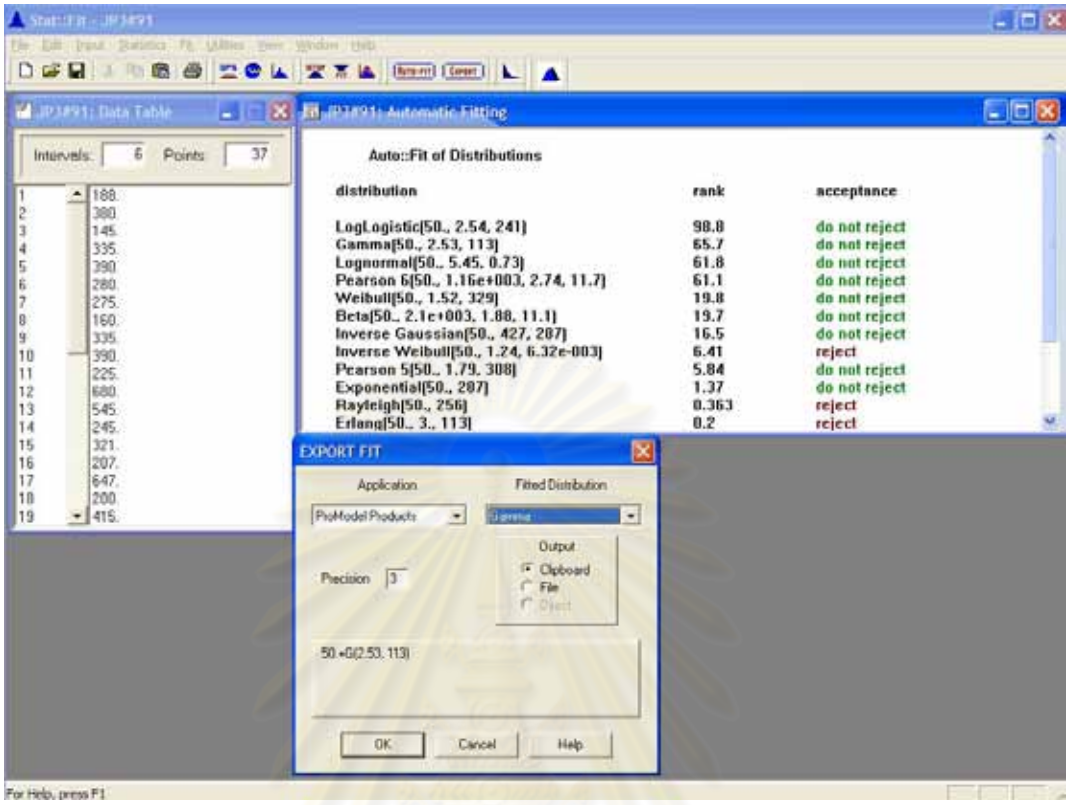
จากข้อมูลการเข้ามาของชิ้นงานต้องนำข้อมูลที่มีอยู่มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรม Stat fit รายละเอียดดังตารางที่ ก3 และรูปที่ ก1

ตารางที่ ก3 ตัวอย่างข้อมูลการเข้ามาของชิ้นงานที่เครื่องมือวัด OGP 07 จากสถานีงาน Laser Welding

Data	Program	CELL	Ope.	Receive	Operation	Inter Arrival	Inter Arrival (Min)
19/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	7:22	5300 Laser Welding		
19/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	7:22	5300 Laser Welding		
19/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	10:30	5300 Laser Welding	3:08	188
19/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	10:30	5300 Laser Welding		
19/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	16:50	5300 Laser Welding	6:20	380
19/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	16:50	5300 Laser Welding		
19/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	19:15	5300 Laser Welding	2:25	145
19/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	19:15	5300 Laser Welding		
19/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	0:50	5300 Laser Welding	5:35	335
19/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	0:50	5300 Laser Welding		
20/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	7:20	5300 Laser Welding	6:30	390
20/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	7:20	5300 Laser Welding		
20/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	12:00	5300 Laser Welding	4:40	280
20/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	12:00	5300 Laser Welding		
20/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	16:35	5300 Laser Welding	4:35	275
20/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	16:35	5300 Laser Welding		

ตารางที่ ก3 ตัวอย่างข้อมูลการเข้ามาของชิ้นงานที่เครื่องมือวัด OGP 07 จากสถานีงาน Laser Welding (ต่อ)

Data	Program	CELL	Ope.	Receive	Operation	Inter Arrival	Inter Arrival (Min)
20/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	16:35	5300 Laser Welding		
20/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	19:15	5300 Laser Welding	2:40	160
20/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	19:15	5300 Laser Welding		
20/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	0:50	5300 Laser Welding	5:35	335
20/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	0:50	5300 Laser Welding		
21/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	7:20	5300 Laser Welding	6:30	390
21/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	7:20	5300 Laser Welding		
21/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	11:05	5300 Laser Welding	3:45	225
21/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	11:05	5300 Laser Welding		
21/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	22:25	5300 Laser Welding	11:20	680
21/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	22:25	5300 Laser Welding		
23/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	7:30	5300 Laser Welding	9:05	545
23/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	7:30	5300 Laser Welding		
23/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	11:35	5300 Laser Welding	4:05	245
23/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	11:35	5300 Laser Welding		
23/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	16:56	5300 Laser Welding	5:21	321
23/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	16:56	5300 Laser Welding		
23/06/2008	4482_Hor	C13	TEST	20:23	5300 Laser Welding	3:27	207
23/06/2008	4482_Ver	C13	TEST	20:23	5300 Laser Welding		
24/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	7:10	5300 Laser Welding	10:47	647
24/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	7:10	5300 Laser Welding		
24/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	10:30	5300 Laser Welding	3:20	200
24/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	10:30	5300 Laser Welding		
24/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	17:25	5300 Laser Welding	6:55	415
24/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	17:25	5300 Laser Welding		
24/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	19:10	5300 Laser Welding	1:45	105
24/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	19:10	5300 Laser Welding		
24/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	0:43	5300 Laser Welding	5:33	333
24/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	0:43	5300 Laser Welding		
24/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	2:10	5300 Laser Welding	1:27	87
25/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	7:15	5300 Laser Welding	5:05	305
25/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	7:15	5300 Laser Welding		
25/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	8:50	5300 Laser Welding	1:35	95
25/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	8:50	5300 Laser Welding		
25/6/2008	4482_Hor	C13	TEST	9:40	5300 Laser Welding	0:50	50
25/6/2008	4482_Ver	C13	TEST	9:40	5300 Laser Welding		
25/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	14:40	5300 Laser Welding	5:00	300
25/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	14:40	5300 Laser Welding		
25/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	20:35	5300 Laser Welding	5:55	355
25/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	20:35	5300 Laser Welding		
25/6/2008	4482_Hor	C13	Audit	1:20	5300 Laser Welding	4:45	285
25/6/2008	4482_Ver	C13	Audit	1:20	5300 Laser Welding		
26/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	7:08	5300 Laser Welding	5:48	348
26/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	7:08	5300 Laser Welding		
26/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	1:18	5300 Laser Welding	18:10	1090
26/06/2008	4482_Ver	C13	Audit	1:18	5300 Laser Welding		
26/06/2008	4482_Hor	C13	Audit	17:00	5300 Laser Welding	15:42	942



รูปที่ ก1 การนำข้อมูลจากตารางที่ ก3 มาวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัว ด้วยโปรแกรม Stat Fit

จากขั้นตอนในตารางที่ ก3 และรูปที่ ก1 นำมาสรุปการเข้ามาของชิ้นงานที่เครื่องมือวัดในแบบจำลองนี้ โดยการเลือกการกระจายตัวให้เลือกที่การกระจายที่ไม่ Reject และมี Rank มากที่สุด ข้อมูลทั้งหมดสรุปดังตารางที่ ก4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก4 การเข้ามาของชิ้นงานที่ใช้ในแบบจำลองการทำงานของเครื่องมือวัดนี้

Entity No.	Measurement Program	Machine/Station	Line	Metrology	Mat'l Operator	Inter Arrival Distribution	Arrival Type
1	Stiffener forming	JP3-91	2	OGP-07	MH1	Gamma(50., 2.53, 113)	Frequency
2	Combo Trim	FTR-107	2	OGP-07	MH2	Binomial(3., 0.4)	Quantity
3	Final Trim	FSH-063	2	OGP-07	MH2	Poisson(1.13)	Quantity
4	Bend Location	GFM-191	2	QV3-03	MH2	Pearson 6(85., 277, 3.79, 5.46)	Frequency
5	Bend Location	GFM-189	2	QV3-03	MH2	Pearson 5(15.8, 2.71, 585)	Frequency
6	Bend Location	GFM-191	2	QV3-04	MH2	Exponential(45., 385)	Frequency
7	Bend Location	GFM-189	2	QV3-04	MH2	Exponential(30., 374)	Frequency
8	SAG	GFM-191	2	QV3-04	MH2	Pearson 6(20., 69.4, 2.64, 2.35)	Frequency
9	SAG	GFM-189	2	QV3-04	MH2	Pearson 5(35., 1.53, 98.4)	Frequency
10	Laser welding	LS-50	2	QV3-16	MH1	Gamma(165, 4.13, 49.5)	Frequency
11	Flexure(DN)	JP3-83	2	QV3-18	MH1	Weibull(20.2, 1.78, 91.9)	Frequency
12	LBT (Pregram)	GFM-191	2	QV3-19	MH2	Normal(521,134)	Frequency
13	LBT (Pregram)	GFM-189	2	QV3-19	MH2	Weibull(168, 2.26, 374)	Frequency
14	LBT (FVMI)	FVMI-2	2	QV3-19	MH2	Normal(344, 220)	Frequency
15	Laser welding	LS-50	2	QV3-38	MH1	Normal(1.41e+003, 115)	Frequency
16	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-130	2	RPM-06	MH2	Normal(166, 64.1)	Frequency
17	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-043	2	RPM-06	MH2	Normal(179, 68.)	Frequency
18	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-046	2	RPM-06	MH2	Normal(195, 78.)	Frequency
19	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	FVMI-2	2	RPM-06	MH2	Geometric(0.229)	Quantity
20	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-043	2	GMS-02	MH2	Normal(182,52.5)	Frequency
21	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-046	2	GMS-02	MH2	Gamma(-163, 23.2, 14.7)	Frequency
22	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-130	2	GMS-02	MH2	Normal(170, 62.1)	Frequency
23	Gram Load Measurement FVMI (DN)	FVMI-2	2	GMS-02	MH2	Exponential(15., 324)	Frequency
24	Gram Load Measurement	GFM-191	2	GMS-09	MH2	Pearson 5(8.67, 3.65, 276)	Frequency
25	Gram Load Measurement	GFM-189	2	GMS-09	MH2	Pearson 5(-48.4,4.19,416)	Frequency
26	Stiffener forming	JP3-100	3	OGP-07	MH1	Normal(276, 111)	Frequency
27	Combo Trim	FTR-114	3	OGP-07	MH2	Binomial(3., 0.4)	Quantity
28	Final Trim	FSH-025	3	OGP-07	MH2	Poisson(1.13)	Quantity
29	Bend Location	GFM-140	3	QV3-03	MH2	Pearson 5(33.6, 2.57, 272)	Frequency
30	Bend Location	GFM-140	3	QV3-04	MH2	Pearson 5(-9.68, 2.36, 373)	Frequency
31	SAG	GFM-140	3	QV3-04	MH2	Pearson 5(4.61, 8.36, 450)	Frequency
32	Laser welding	LS-57	3	QV3-16	MH1	Gamma(-1.39e+004, 1.94e+004, 0.735)	Frequency
33	Flexure(DN)	JP3-84	3	QV3-18	MH1	Pearson 6(38., 147, 1.66, 3.02)	Frequency
34	LBT (Pregram)	GFM-140	3	QV3-19	MH2	Normal(472, 197)	Frequency
35	LBT (FVMI)	FVMI-3	3	QV3-19	MH2	Beta(65., 1.31e+003, 1.28, 4.9)	Frequency
36	Laser welding	LS-57	3	QV3-38	MH1	Beta(75., 1.54e+003, 0.745, 0.704)	Frequency
37	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-047	3	RPM-06	MH2	Normal(146,91)	Frequency
38	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-079	3	RPM-06	MH2	Normal(160,93.5)	Frequency
39	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-094	3	RPM-06	MH2	Gamma(-71.3, 8.24, 31.4)	Frequency
40	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	FVMI-3	3	RPM-06	MH2	Geometric(0.223)	Quantity
41	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-047	3	GMS-02	MH2	Gamma(-6.35,8.32,22.2)	Frequency
42	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-079	3	GMS-02	MH2	Pearson 6(40., 505, 8.03, 27.7)	Frequency
43	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-094	3	GMS-02	MH2	Gamma(-61.4, 9.87, 25.2)	Frequency

ตารางที่ ก4 การเข้ามาของชิ้นงานที่ใช้ในแบบจำลองการทำงานของเครื่องมือวัดนี้ (ต่อ)

Entity No.	Measurement Program	Machine/Station	Line	Metrology	Mat'l Operator	Inter Arrival Distribution	Arrival Type
44	Gram Load Measurement FVMI (DN)	FVMI-3	3	GMS-02	MH2	Gamma(-99.8, 20.5, 12.5)	Frequency
45	Gram Load Measurement	GFM-140	3	GMS-09	MH2	Pearson 5(-4.57, 7.49, 456)	Frequency
46	Stiffener forming	JP3-82	4	OGP-07	MH1	Triangular(47., 692, 47.)	Frequency
47	Combo Trim	FTR-082	4	OGP-07	MH2	Binomial(3., 0.4)	Quantity
48	Combo Trim	FTR-109	4	OGP-07	MH2	Binomial(3., 0.4)	Quantity
49	Final Trim	FSH-042	4	OGP-07	MH2	Poisson(1.13)	Quantity
50	Bend Location	GFM-190	4	QV3-03	MH2	Pearson 5(26.2, 5.93, 634)	Frequency
51	SAG	GFM-190	4	QV3-03	MH2	Pearson 5(1.34, 7.92, 476)	Frequency
52	Laser welding	LS-58	4	QV3-16	MH1	Inverse Gaussian(225, 279, 155)	Frequency
53	Flexure(DN)	JP3-76	4	QV3-18	MH1	Beta(21., 264, 1.23, 2.99)	Frequency
54	Flexure(DN)	JP3-75	4	QV3-18	MH1	Pearson 5(-19.9, 2.57, 314)	Frequency
55	LBT (Pregram)	GFM-190	4	QV3-19	MH2	Beta(205, 768, 1.31, 0.967)	Frequency
56	LBT (FVMI)	FVMI-4	4	QV3-19	MH2	Pearson 6(65., 1.82e+003, 1.49, 9.31)	Frequency
57	Laser welding	LS-58	4	QV3-38	MH1	Normal(1.18e+003, 478)	Frequency
58	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-060	4	RPM-06	MH2	Gamma(-60.9, 7.72, 28.9)	Frequency
59	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-099	4	RPM-06	MH2	Normal(135, 92.8)	Frequency
60	Pitch & Roll Measurement PR (DN)	UFS-100	4	RPM-06	MH2	Normal(131, 67.7)	Frequency
61	Pitch & Roll Measurement FVMI (DN)	FVMI-4	4	RPM-06	MH2	Geometric(0.215)	Quantity
62	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-060	4	GMS-02	MH2	Gamma(-146, 32.3, 9.67)	Frequency
63	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-099	4	GMS-02	MH2	Triangular(4., 502, 4.)	Frequency
64	Gram Load Measurement PR (DN)	UFS-100	4	GMS-02	MH2	Gamma(-99.8, 20.5, 12.5)	Frequency
65	Gram Load Measurement FVMI (DN)	FVMI-4	4	GMS-02	MH2	Beta(54.8, 697, 1.28, 2.01)	Frequency
66	Gram Load Measurement	GFM-190	4	GMS-09	MH2	Triangular(9., 93.7, 69.)	Frequency

จากข้อมูลการกระจายของช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของเครื่องมือวัด ได้มีการเปรียบเทียบการ สร้างข้อมูลในโปรแกรม Stat fit ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลจริงกับการกระจายของข้อมูลที่ได้มาจากการสร้างข้อมูลด้วยโปรแกรม Stat fit ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์ 2 Sample T Test

ตัวอย่างการเปรียบเทียบช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของชิ้นงาน ดังนี้

1. โปรแกรมการวัดในส่วนของกระบวนการ Stiffener forming ในสายการผลิตที่ 3 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด OGP-07 และข้อมูลจากการสร้างด้วยโปรแกรม Stat fit มีการกระจายของช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาแบบ ปรกติ หรือ N(276, 111) ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ ก5

2. โปรแกรมการวัดในส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement ในสายการผลิตที่ 3 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-02 และข้อมูลจากการสร้างด้วยโปรแกรม Stat fit มีการกระจายของช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาแบบ แกมมา หรือGamma(-6.35,8.32,22.2)ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ ก6

3. โปรแกรมการวัดในส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement ในสายการผลิตที่ 4 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-09 และข้อมูลจากการสร้างด้วยโปรแกรม Stat fit มีการกระจายของช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาแบบ Triangular หรือ Triangular (9., 93.7, 69.)ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ ก7

ตารางที่ ก5 ข้อมูลระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้ง 2 ระบบ ในส่วนของกระบวนการ Stiffener forming ในสายการผลิตที่ 3 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด OGP-07

ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา		ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา	
	ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)		ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)
1	188	287.657	19	333	391.769
2	380	242.358	20	87	330.2
3	145	326.955	21	305	343.302
4	335	102.077	22	95	91.9376
5	390	306.351	23	50	316.59
6	280	197.001	24	300	378.701
7	275	112.909	25	355	351.583
8	160	437.732	26	285	334.704
9	335	237.496	27	348	294.394
10	390	284.073	28	130	236.389
11	225	383.859	29	375	340.293
12	545	229.112	30	375	309.318
13	245	79.7801	31	338	469.624
14	321	345.969	32	356	338.988
15	207	109.275	33	234	230.921
16	200	308.267			
17	415	224.005			
18	105	293.494			

```
Two-sample T for ระบบจร~ง vs การจ้าลอง

                              SE
           N   Mean  StDev  Mean
ระบบจร~ง  33    276    113    20
การจ้าลอง  33  280.8   98.5    17


Difference = mu (ระบบจร~ง) - mu (การจ้าลอง)
Estimate for difference:  -4.85102
95% CI for difference:  (-56.99250, 47.29046)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.19  P-Value = 0.853  DF = 62
```

รูปที่ ก2 ผลจากการทดสอบสมมติฐาน 2 Sample T Test ด้วยโปรแกรม Minitab ในส่วนของกระบวนการ Stiffener forming ในสายการผลิตที่ 3 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด OGP-07

ผลลัพธ์ที่ได้จาก การทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบความแตกต่างของการกระจายของเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้งสองระบบ พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.853 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของระบบจริงและจากการจำลองไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ ก6 ข้อมูลระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้ง 2 ระบบ ส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement ในสายการผลิตที่ 3 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-02

ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา		ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา	
	ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)		ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)
1	139	211.604	12	174	207.744
2	180	192.118	13	180	267.961
3	160	210.512	14	155	222.815
4	100	156.283	15	110	223.493
5	258	67.2606	16	138	114.058
6	135	277.499	17	147	134.272
7	123	143.348	18	217	151.09
8	159	128.843	19	188	160.236
9	170	83.1388	20	220	137.28
10	43	266.577	21	385	148.956
11	113	193.473	22	220	225.687

ตารางที่ ก6 ข้อมูลระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้ง 2 ระบบ ส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement ในสายการผลิตที่ 3 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-02(ต่อ)

ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา		ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา	
	ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)		ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)
23	216	173.369	42	230	180.006
24	142	106.409	43	205	114.103
25	163	164.852	44	180	159.781
26	275	201.457	45	280	133.035
27	118	149.467	46	188	219.612
28	140	263.035	47	260	211.442
29	162	198.023	48	365	189.17
30	135	225.744	49	165	155.779
31	205	206.687	50	185	251.085
32	167	240.823	51	110	101.579
33	334	136.05	52	160	360.261
34	195	293.002	53	182	168.873
35	114	205.456	54	95	217.035
36	168	130.602	55	95	151.589
37	157	260.841	56	185	261.262
38	166	50.7801	57	140	299.95
39	284	120.887	58	88	155.283
40	135	260.092	59	140	237.485
41	260	223.789			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Two-sample T for ระบบจร~ง_1 vs การจ้าลอง_1

              N   Mean  StDev  SE Mean
ระบบจร~ง_1   59  178.0   66.1      8.6
การจ้าลอง_1  59  188.2   61.8      8.0


Difference = mu (ระบบจร~ง_1) - mu (การจ้าลอง_1)
Estimate for difference:  -10.1685
95% CI for difference:  (-33.4928, 13.1558)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.86  P-Value = 0.390  DF = 115
```

รูปที่ ก3 ผลจากการทดสอบสมมติฐาน 2 Sample T Test ด้วยโปรแกรม Minitab ส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement สายการผลิตที่ 3 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-02

ผลลัพธ์ที่ได้จาก การทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบความแตกต่างของการกระจายของเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้งสองระบบ พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.390 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของระบบจริงและจากการจำลองไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ ก7 ข้อมูลระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้ง 2 ระบบ ส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement ในสายการผลิตที่ 4 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-09

ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)	ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา ข้อมูลที่	ระบบจริง (นาที)
1	60	66.871	11	80	75.7512
2	75	23.172	12	55	51.1239
3	65	62.9026	13	30	48.339
4	40	44.8847	14	55	62.7813
5	75	66.6742	15	50	42.9182
6	66	31.1237	16	63	61.9871
7	69	52.8272	17	42	25.586
8	55	65.1415	18	70	66.4507
9	60	20.4392	19	45	74.9447
10	58	64.1707	20	80	82.7411

ตารางที่ ก7 ข้อมูลระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้ง 2 ระบบ ส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement ในสายการผลิตที่ 4 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-09 (ต่อ)

ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา			ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา		
ข้อมูลที่	ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)	ข้อมูลที่	ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)
21	45	74.5485	47	25	50.3324
22	55	66.547	48	60	55.854
23	35	63.2113	49	68	69.1624
24	60	47.0146	50	20	56.7145
25	50	66.1626	51	60	58.0906
26	80	76.7565	52	80	57.4583
27	35	74.7062	53	82	34.1977
28	50	71.0229	54	30	69.385
29	65	68.7295	55	75	55.5688
30	70	26.9881	56	50	66.4084
31	85	50.7034	57	90	64.9289
32	65	91.5149	58	50	56.541
33	58	79.1567	59	60	50.5105
34	12	68.9099	60	65	42.7253
35	65	68.833	61	65	74.1379
36	75	62.6432	62	40	33.0962
37	10	37.1732	63	80	64.2114
38	63	78.1005	64	70	82.6084
39	67	44.9847	65	65	69.171
40	51	15.504	66	60	48.4658
41	31	51.0723	67	50	65.9623
42	75	36.3628	68	90	61.9624
43	58	54.1165	69	40	71.3225
44	85	56.4781	70	80	34.6316
45	50	46.1117	71	80	45.6526
46	45	18.1148	72	68	78.1605

ตารางที่ ก7 ข้อมูลระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้ง 2 ระบบ ส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement ในสายการผลิตที่ 4 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-09 (ต่อ)

ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา		ข้อมูลที่	ระยะเวลาระหว่างการเข้ามา	
	ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)		ระบบจริง (นาที)	การจำลอง (นาที)
73	55	78.0834	82	65	87.9536
74	60	80.7711	83	45	73.8783
75	70	77.3019	84	15	33.1262
76	60	65.8136	85	15	15.9865
77	60	65.7253	86	60	22.9179
78	75	88.3681	87	51	39.8386
79	60	43.5917	88	50	60.1131
80	80	69.9931	89	69	73.7889
81	80	25.6603			

```
Two-sample T for ระบบจร ง_2 vs การจำลอง_2

              N  Mean  StDev  SE Mean
ระบบจร ง_2   89  58.5   18.0      1.9
การจำลอง_2   89  57.4   18.3      1.9


Difference = mu (ระบบจร ง_2) - mu (การจำลอง_2)
Estimate for difference:  1.11833
95% CI for difference:  (-4.24205, 6.47870)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.41  P-Value = 0.681  DF = 175
```

รูปที่ ก4 ผลจากการทดสอบสมมติฐาน 2 Sample T Test ด้วยโปรแกรม Minitab ส่วนของกระบวนการ Gram Load Measurement ในสายการผลิตที่ 4 เข้ามาวัดที่เครื่องมือวัด GMS-09

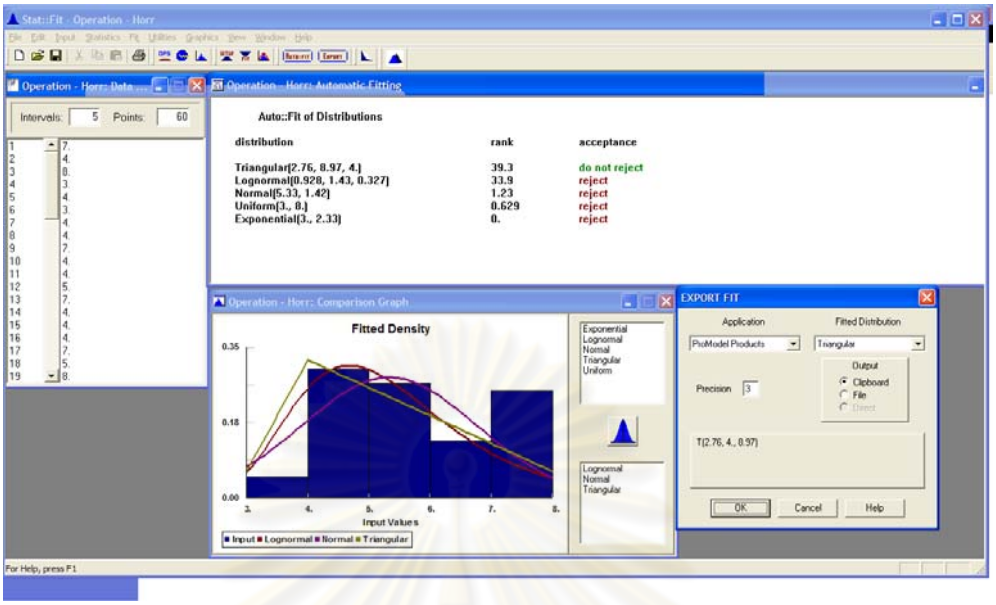
ผลลัพธ์ที่ได้จาก การทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบความแตกต่างของการกระจายของเวลาระหว่างการเข้ามาของงานวัดทั้งสองระบบ พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.681 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงเวลาระหว่างการเข้ามาของระบบจริงและจากการจำลองไม่มีความแตกต่างกัน

2. เวลาในการทำงานของเครื่องมือวัด

จากตาราง ก2 เครื่องมือวัดแต่ละเครื่องจะใช้เวลาในการทดสอบชิ้นงานแต่ละโปรแกรมไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลมาทำการทดสอบหาค่าการกระจายตัวของข้อมูล ดังตารางที่ ก7 และรูปที่ ก5

ตารางที่ ก7 ตัวอย่างข้อมูลของเวลาในการทำงานของเครื่องมือวัด OGP 07 โปรแกรม Horizontal

Data	Program	CELL	Ope.	Operation	Start	Finish	Used	Wait
19/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	07:32	07:37	0:05	0:10
19/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	11:11	11:17	0:06	0:41
19/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	16:15	16:20	0:05	0:50
19/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	20:50	20:56	0:06	1:35
19/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	1:11	1:18	0:07	0:31
20/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	09:01	09:09	0:08	1:41
20/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	11:49	11:55	0:06	1:31
20/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	15:55	15:58	0:03	0:10
20/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	20:16	20:21	0:05	0:56
20/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	0:50	0:54	0:04	0:00
21/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	08:34	08:38	0:04	1:04
21/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	09:12	09:17	0:05	0:00
21/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	11:29	11:49	0:20	0:24
21/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	15:18	15:22	0:04	0:00
21/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	19:10	19:14	0:04	0:00
21/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	0:32	0:37	0:05	0:02
23/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	8:58	9:06	0:08	1:28
23/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	12:36	12:41	0:05	0:01
23/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	21:32	21:42	0:10	1:22
24/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	7:18	7:30	0:12	0:13
24/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	12:35	12:39	0:04	0:00
24/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	19:56	20:00	0:04	0:48
25/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	7:10	7:15	0:05	0:05
25/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	12:21	12:33	0:12	0:11
25/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	12:33	12:40	0:07	0:23
25/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	13:25	13:30	0:05	0:25
25/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	14:00	14:05	0:05	0:05
25/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	20:52	20:58	0:06	0:27
25/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	01:56	02:04	0:08	1:21
25/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	04:46	04:52	0:06	0:00
28/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	8:47	8:54	0:07	1:07
28/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	12:53	12:58	0:05	0:11
28/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	13:31	13:36	0:05	0:01
28/6/2008	4482_Hor	C15	Audit	5300 Laser Welding	14:38	14:43	0:05	0:03



รูปที่ ก5 การนำข้อมูลมาวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัว ด้วยโปรแกรม Stat Fit

จากขั้นตอนในตารางที่ ก7 และรูปที่ ก5 นำมาสรุปการเข้ามาของชิ้นงานที่เครื่องมือวัดในแบบจำลองนี้ โดยการเลือกการกระจายตัวให้เลือกที่การกระจายที่ไม่ Reject และมี Rank มากที่สุด ข้อมูลทั้งหมดสรุปดังตารางที่ ก8

ตารางที่ ก8 เวลาในการทำงานของเครื่องมือวัดของแต่ละโปรแกรมในการจำลองนี้

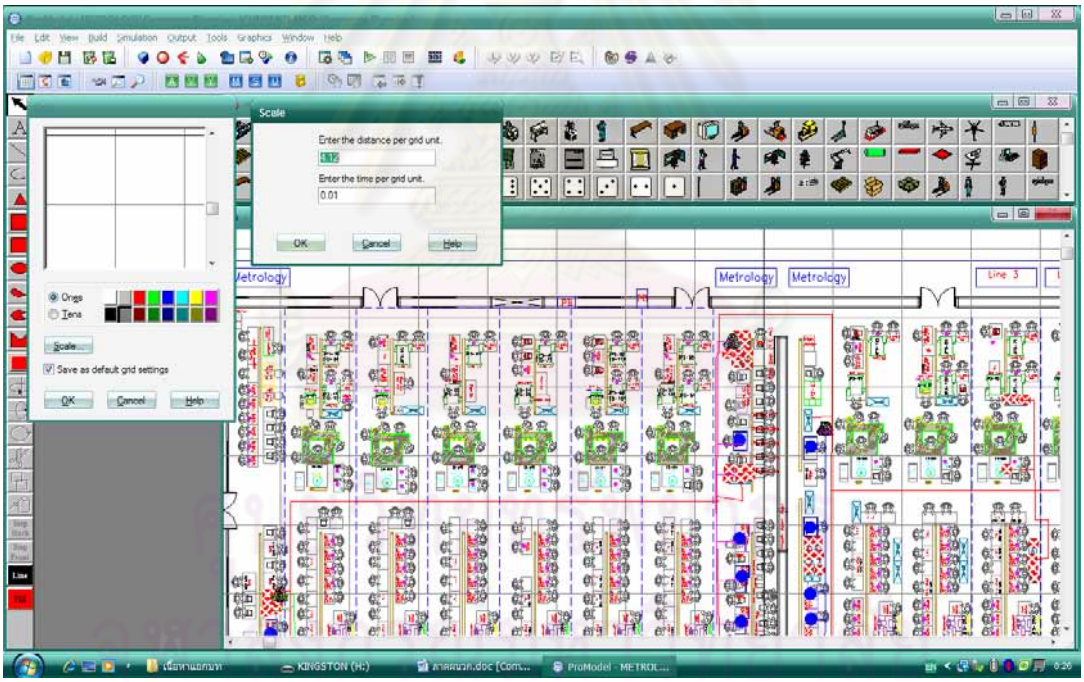
เครื่องมือวัด	โปรแกรมการวัด	กระบวนการผลิตที่สุ่มงานเพื่อทำการวัด	เวลาการวัด
GMS-02	Gram Load Measurement (DN)	FVMI	5.+P5(5.68, 43.4)
GMS-02	Gram Load Measurement (DN)	PR Adjust	N(3.48, 0.926)
GMS-09	Gram Load Measurement	Pre Gram	T(1.51, 3., 4.48)
OGP-07	Stiffener forming	(Horizontal)	T(2., 4.1, 11.)
OGP-07	Stiffener forming	(Vertical)	T(2.76, 4., 8.97)
OGP-07	Combo Trim	Combo Trim	T(1., 2.91, 8.39)
OGP-07	Final Trim	Final Trim	T(1., 2.96, 8.83)
QV3-03	Bend Location	Pre Gram	T(1., 2.01, 6.25)
QV3-03	SAG	Pre Gram	10.+P6(4.75, 14.8, 10.8)
QV3-04	Bend Location	Pre Gram	T(1., 2.85, 7.7)
QV3-04	SAG	Pre Gram	N(15.4, 1.68)
QV3-16	Laser welding	Laser Welding	N(8.11, 0.936)
QV3-18	Flexure(DN)	Flexure Form	N(5.1, 1.04)
QV3-19	LBT (Pregram)	Pre Gram	T(5., 6.62, 11.5)
QV3-19	LBT (FVMI)	FVMI	T(2., 5.03, 8.24)
QV3-38	Laser welding	Laser Welding	12.+P6(2., 7.43, 27.4)

ภาคผนวก ข
การสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรม ProModel

โปรแกรม ProModel เป็นโปรแกรมที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองของระบบการจัดส่งชิ้นงานในสายการผลิตเพื่อทดสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือวัดที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้

1. Create Background Graphics

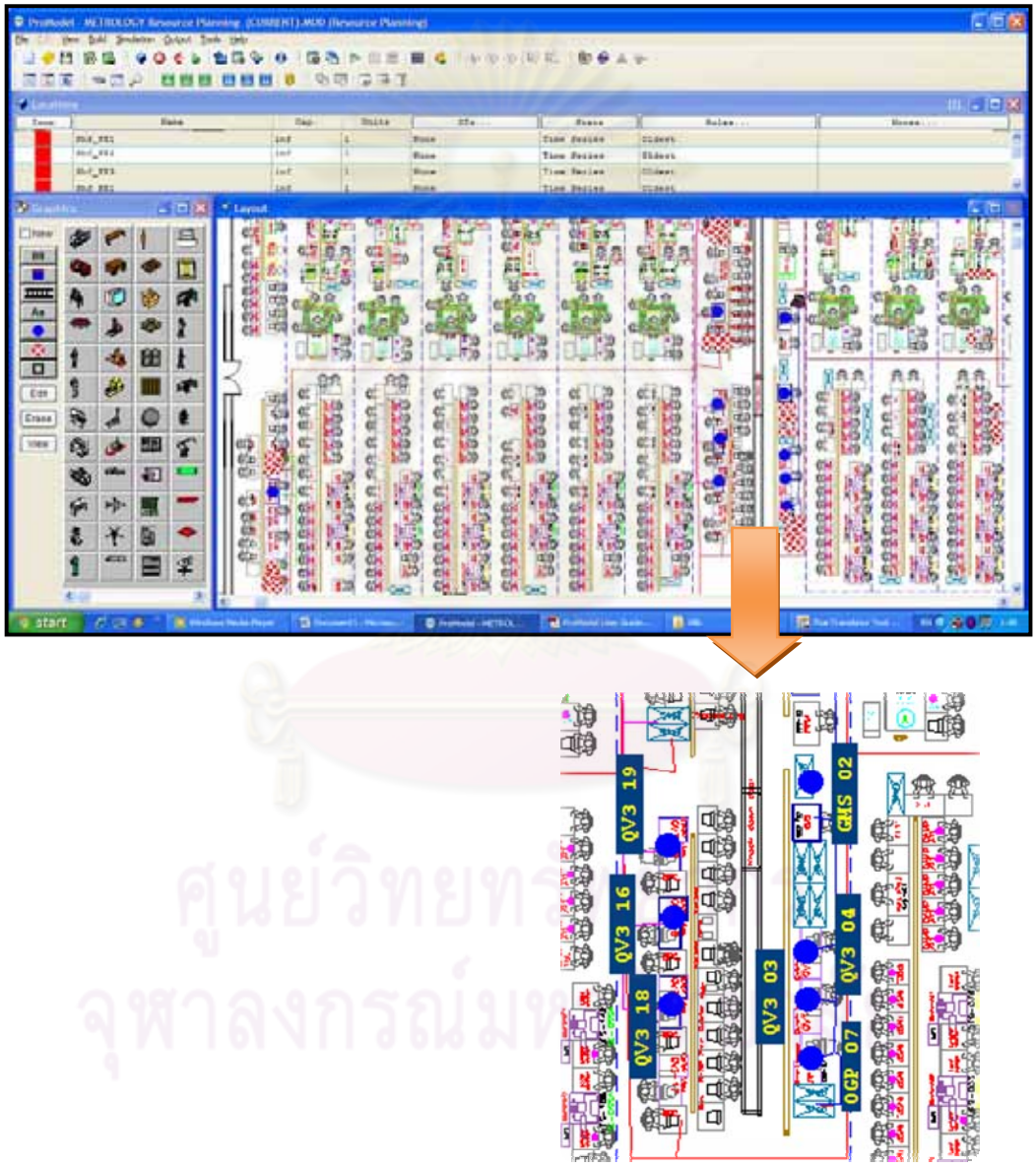
ในการเริ่มต้นของการสร้างแบบจำลองของโปรแกรม ProModel ต้องมีการกำหนด Background Graphics ก่อน เพื่อเป็นการกำหนด ขอบเขตหรือระยะของ Layout ให้ได้ตามสัดส่วนที่สอดคล้องกับสภาพการจริงมากที่สุด ในที่นี้เราจะทำการสร้าง Background โดยขอบเขตคือ Clean room 8 และ 6 รายละเอียดในการสร้าง Background Graphics ดังรูปที่ ข1 และ ข2



รูปที่ ข1 Background และการกำหนดระยะของ clean room 8 และ 6

2. Build Location

Location ของการจำลองสถานการณ์ของแบบจำลองนี้ หมายถึง การสร้างสถานีงานที่ชิ้นงานได้ทำการผลิตในสายการผลิต สถานที่พักงาน และสถานีงานของเครื่องมือวัด ดังภาพที่ 2 จะแสดงให้เห็นสถานะในการทำงานแต่ละสถานีงาน



รูปที่ ข2 ตัวอย่างการกำหนด Locations ทั้งหมดลงในหน้าต่าง Layout ของโปรแกรม ProModel

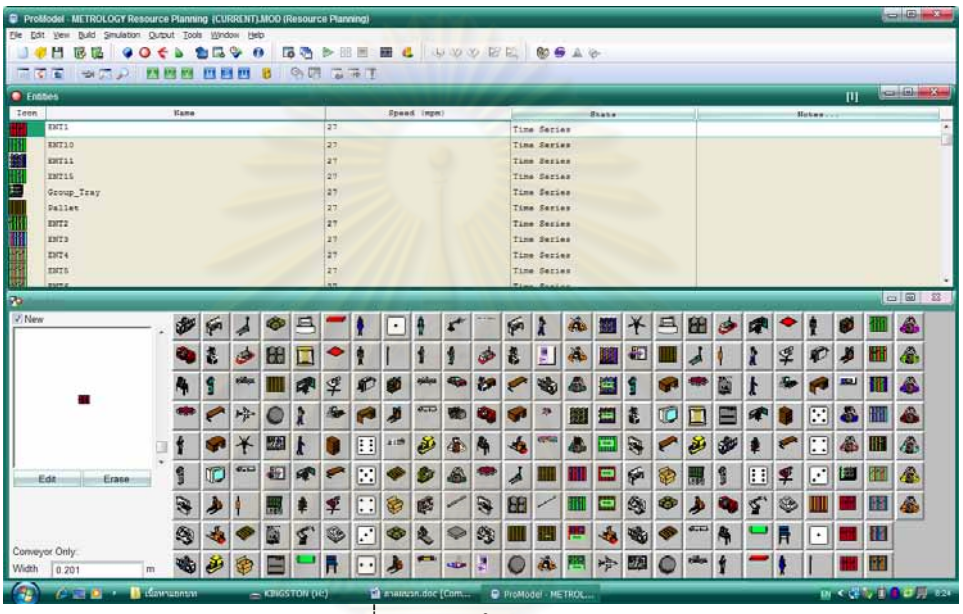
ในแบบจำลองนี้ได้มีการกำหนด Location ทั้งหมด 29 Location และรายละเอียดของแต่ละ Location สรุปได้ดังตารางที่ ข1

ตารางที่ ข1จำนวนและรายละเอียด ของ Location ทั้งหมดที่กำหนดในแบบจำลอง

No.	Name	Cap	Units	Stats	Rules	Detail of Location
1	Shf_FE1	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of workstation
2	Shf_FE2	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of workstation
3	Shf_FE3	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of workstation
4	Shf_BE1	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of workstation
5	Shf_BE2	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of workstation
6	Shf_BE3	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of workstation
7	Shf_Met1	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of Metrology
8	Shf_Met2	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of Metrology
9	Shf_Met3	inf	1	Time Series	Oldest,	Shelf of Metrology
10	OGP_07	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
11	GMS_09	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
12	QV3_38	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
13	QV3_03	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
14	QV3_04	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
15	QV3_16	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
16	QV3_18	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
17	RPM_06	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
18	GMS_02	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
19	OUT_MET1MH1	10	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
20	Pre_Out_Met1	inf	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
21	OUT_MET1MH2	10	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
22	Pre_Out_Met2	inf	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
23	OUT_MET2MH1	10	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
24	OUT_MET2MH2	10	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
25	Pre_Out_Met3	inf	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
26	OUT_MET3MH1	2	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
27	OUT_MET3MH2	2	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location
28	QV3_19	1	1	Time Series	Oldest,	Metrology M/C
29	COMPUTER	1	1	Time Series	Oldest,	Dummy Location

3. Build Entity

Entity หมายถึง วัตถุที่วิ่งผ่าน Location ต่าง ๆ ในแบบจำลองนี้เราจะหมายถึง ชิ้นงานที่ผ่าน Location ในสายงานการผลิตไปยัง เครื่องมือวัดต่าง ๆ และเมื่อทำการวัดเสร็จก็จะวิ่งออกจากระบบ ดังรูปที่ ข3 และตารางที่ ข2



รูปที่ ข3 การกำหนด Entity

ตารางที่ ข2 จำนวน Entity ทั้งหมดในแบบจำลอง

Name	Speed (mpm)	Stats	Entity From Location	Entity for Metrology M/C
ENT1	27	Time Series	Shf_FE1	OGP-07
ENT10	27	Time Series	Shf_FE1	QV3-16
ENT11	27	Time Series	Shf_FE1	QV3-18
ENT15	27	Time Series	Shf_FE1	QV3-38
Group_Tray	27	Time Series	Dummy Entity	
Pallet	27	Time Series	Dummy Entity	
ENT2	27	Time Series	SHF_BE1	OGP-07
ENT3	27	Time Series	SHF_BE1	OGP-07
ENT4	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-03
ENT5	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-03
ENT6	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-04
ENT7	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-04
ENT8	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-04
ENT9	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-04
ENT12	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-19
ENT13	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-19
ENT14	27	Time Series	SHF_BE1	QV3-19

ตารางที่ ข2 จำนวน Entity ทั้งหมดในแบบจำลอง(ต่อ)

Name	Speed (mpm)	Stats	Entity From Location	Entity for Metrology M/C
ENT16	27	Time Series	SHF_BE1	RPM-06
ENT17	27	Time Series	SHF_BE1	RPM-06
ENT18	27	Time Series	SHF_BE1	RPM-06
ENT19	27	Time Series	SHF_BE1	RPM-06
ENT20	27	Time Series	SHF_BE1	GMS-02
ENT21	27	Time Series	SHF_BE1	GMS-02
ENT22	27	Time Series	SHF_BE1	GMS-02
ENT23	27	Time Series	SHF_BE1	GMS-02
ENT24	27	Time Series	SHF_BE1	GMS-09
ENT25	27	Time Series	SHF_BE1	GMS-09
ENT26	27	Time Series	SHF_FE2	OGP-07
ENT27	27	Time Series	SHF_BE2	OGP-07
ENT28	27	Time Series	SHF_BE2	OGP-07
ENT29	27	Time Series	SHF_BE2	QV3-03
ENT30	27	Time Series	SHF_BE2	QV3-04
ENT31	27	Time Series	SHF_BE2	QV3-04
ENT32	27	Time Series	SHF_FE2	QV3-16
ENT33	27	Time Series	SHF_FE2	QV3-18
ENT34	27	Time Series	SHF_BE2	QV3-19
ENT35	27	Time Series	SHF_BE2	QV3-19
ENT36	27	Time Series	SHF_FE2	QV3-38
ENT37	27	Time Series	SHF_BE2	RPM-06
ENT38	27	Time Series	SHF_BE2	RPM-06
ENT39	27	Time Series	SHF_BE2	RPM-06
ENT40	27	Time Series	SHF_BE2	RPM-06
ENT41	27	Time Series	SHF_BE2	GMS-02
ENT42	27	Time Series	SHF_BE2	GMS-02
ENT43	27	Time Series	SHF_BE2	GMS-02
ENT44	27	Time Series	SHF_BE2	GMS-02
ENT45	27	Time Series	SHF_BE2	GMS-09
ENT46	27	Time Series	SHF_FE3	OGP-07
ENT47	27	Time Series	SHF_BE3	OGP-07
ENT48	27	Time Series	SHF_BE3	OGP-07
ENT49	27	Time Series	SHF_BE3	OGP-07
ENT50	27	Time Series	SHF_BE3	QV3-03
ENT60	27	Time Series	SHF_BE3	RPM-06
ENT61	27	Time Series	SHF_BE3	RPM-06
ENT62	27	Time Series	SHF_BE3	GMS-02
ENT63	27	Time Series	SHF_BE3	GMS-02
ENT64	27	Time Series	SHF_BE3	GMS-02
ENT65	27	Time Series	SHF_BE3	GMS-02
ENT66	27	Time Series	SHF_BE3	GMS-09
ENT51	50	Time Series	SHF_BE3	QV3-03
ENT52	50	Time Series	SHF_FE3	QV3-16
ENT53	50	Time Series	SHF_FE3	QV3-18
ENT54	50	Time Series	SHF_FE3	QV3-18
ENT55	50	Time Series	SHF_BE3	QV3-19

ตารางที่ ข2 จำนวน Entity ทั้งหมดในแบบจำลอง(ต่อ)

Name	Speed (mpm)	Stats	Entity From Location	Entity for Metrology M/C
ENT56	50	Time Series	SHF_BE3	QV3-19
ENT57	50	Time Series	SHF_FE3	QV3-38
ENT58	50	Time Series	SHF_BE3	RPM-06
ENT59	50	Time Series	SHF_BE3	RPM-06

4. Build Resources

Resources ในแบบจำลองนี้ จะหมายถึงพนักงานที่ทำการขนย้ายงานระหว่าง Location ต่าง ๆ และพนักงานที่ทำงานประจำที่เครื่องมือวัด การสร้างและกำหนดลักษณะของ Resource ซึ่งในการจำลองนี้ได้แก่ กำหนด Path Network ของแต่ Resources เพื่อเชื่อมโยงเส้นทางการเดินของพนักงาน และการกำหนดอัตราการเดินเมื่อพนักงานทำงาน หรือพนักงานว่างงาน ให้สอดคล้องกับระยะทางระหว่าง Location ต่าง ๆ การคำนวณความเร็วของ Resources สามารถคำนวนได้จากเทคนิคการประเมินเวลาด้วย MTM-2

การวัดเวลาการทำงาน (Method Time Measurement - 2) เป็นกระบวนการในการวิเคราะห์การทำงานโดยใช้การเคลื่อนที่พื้นฐานในการทำงานหรืออาจจะเรียกว่าเวลาตามฐานกิจกรรม (Activity-Based Timing) การวัดค่าเวลามาตรฐานของการเคลื่อนที่ทำได้โดยการกำหนดเงื่อนไขของการเคลื่อนที่ และต้องใช้ข้อมูลเวลาของการเคลื่อนที่จากตารางข้อมูลในการกำหนดเวลามาตรฐานของการเคลื่อนที่พื้นฐานและเงื่อนไข รายละเอียดของกระบวนการกำหนดเวลาล่วงหน้า หน่วยวัดเวลาการทำงานมาจากการนับจำนวนภาพที่เกิดขึ้นจากการบันทึกภาพที่เกิดขึ้นใน 1 นาทีมีภาพเกิดขึ้น 1667 ภาพ หน่วยการวัดเวลาการทำงานจะวัดเป็นค่า TMU โดย 1 TMU มีค่าเท่ากับ 0.036 วินาที จากการวิจัยนี้ เราใช้ในการหาค่าเวลาของการก้าวเดินของพนักงาน ซึ่ง 1 ก้าว เท่ากับ 30 เซนติเมตร เท่ากับ 18 TMU รายละเอียดทั้งหมดดังรูปที่ ข4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข4 การกำหนดคุณลักษณะของ Resources

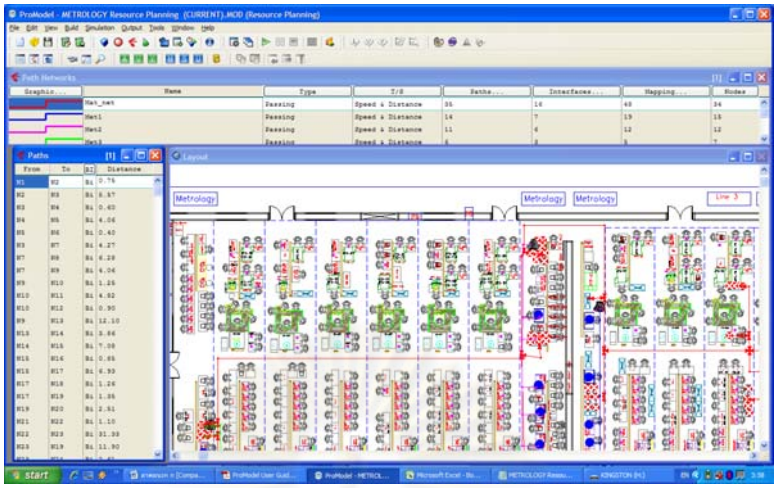
ตารางที่ ข3 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของ Resources ในแบบจำลอง

Name	Units	Stats	Res Search	Ent Search	Path	Motion	Resources Job
MH1	1	By Unit	Least Used	Closest	Mat_net Home: N1	Empty: 20 mpm Full: 27 mpm	Materiel handling
MH2	1	By Unit	Least Used	Closest	Mat_net Home: N1	Empty: 20 mpm Full: 27 mpm	Materiel handling
Res1	1	By Unit	Closest	Closest	Met1 Home: N1	Empty: 20 mpm Full: 27 mpm	Measurement worker
Res2	1	By Unit	Closest	Closest	Met2 Home: N1	Empty: 20 mpm Full: 27 mpm	Measurement worker
Res3	1	By Unit	Closest	Closest	Met3 Home: N1	Empty: 20 mpm Full: 27 mpm	Measurement worker
RES6	1	By Unit	Closest	Closest	Met2 Home: N1	Empty: 20 mpm Full: 27 mpm	Measurement worker
RES5	1	By Unit	Least Used	Closest	Met1 Home: N1	Empty: 20 mpm Full: 27 mpm	Measurement worker
Res4	1	By Unit	Closest	Closest	Met1 Home: N1	Empty: 20 mpm Full: 27 mpm	Measurement worker

5. Build Path Networks

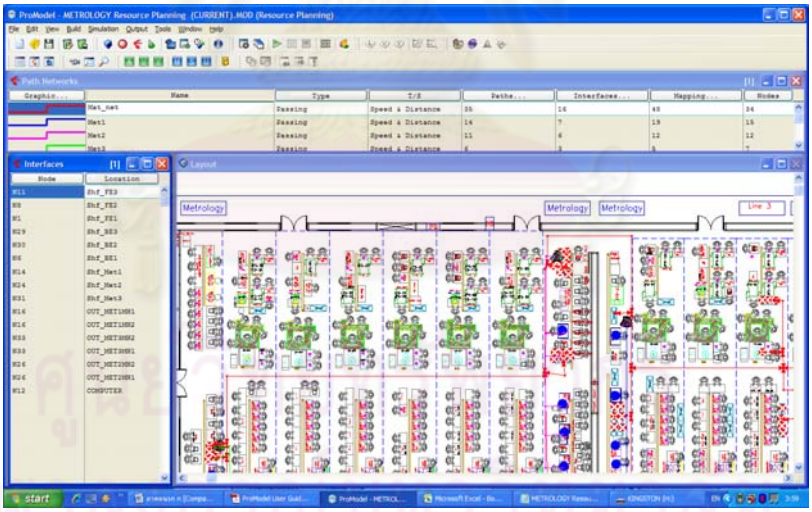
หลังจากสร้าง Resources ให้แบบจำลองแล้ว จะต้องทำการสร้าง Path Networks เพื่อเป็นการกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ของแต่ละ Resource โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 Create Path กำหนดเส้นทางเดินของแต่ละเครือข่ายของ Resources ดังรูปที่ ข5



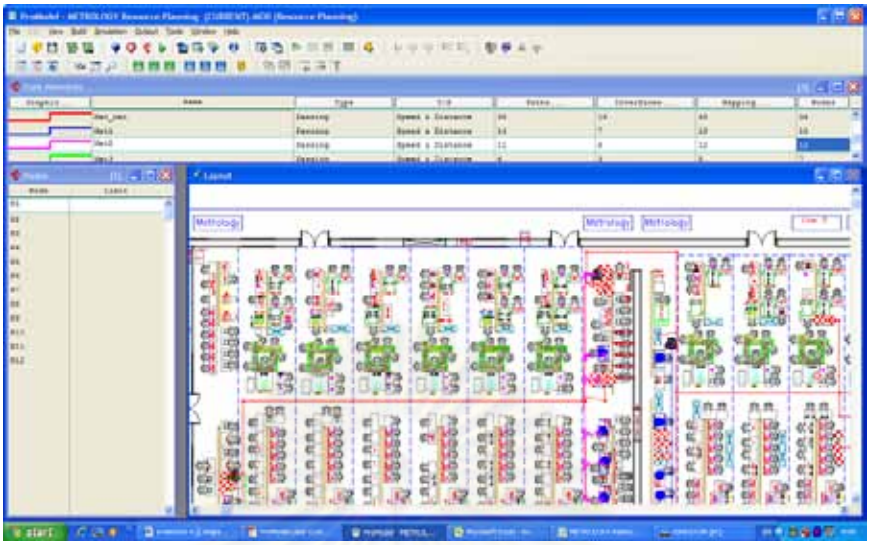
รูปที่ ข5 แสดงการกำหนด Path ใน Build Path Networks

5.2 Create Interfaces การ Interfaces คือการสั่งให้ Node แต่ละตัวรู้จักกับ Location ที่ต้องการอ้างอิง ดังรูปที่ ข6



รูปที่ ข6 แสดงการกำหนด Interfaces ใน Build Path Networks

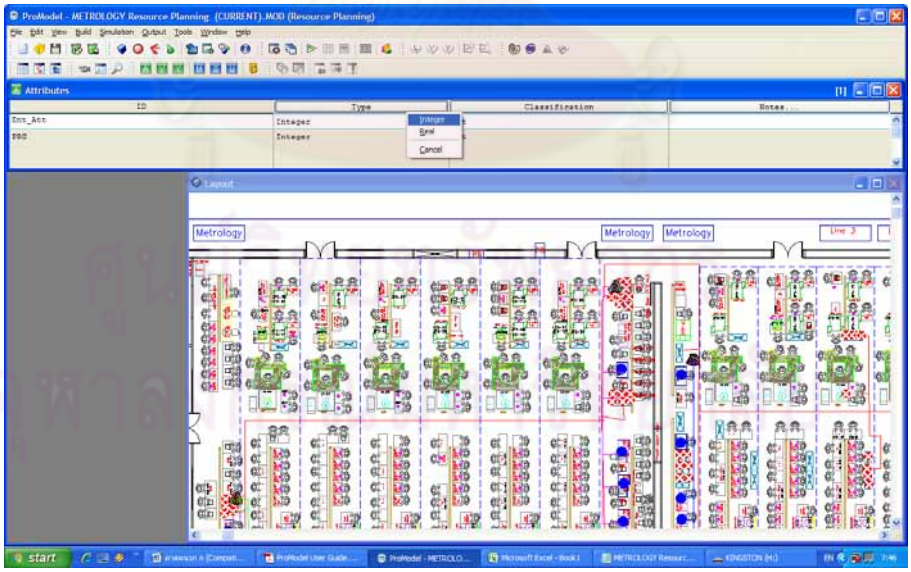
5.3 Specification Nodes จุดอ้างอิงปลายทางของแต่ละเส้นทางการเดินทางของ resources ทั้งในกรณีที่ resources ทำงานและว่างงาน รายละเอียดดังรูปที่ ข7



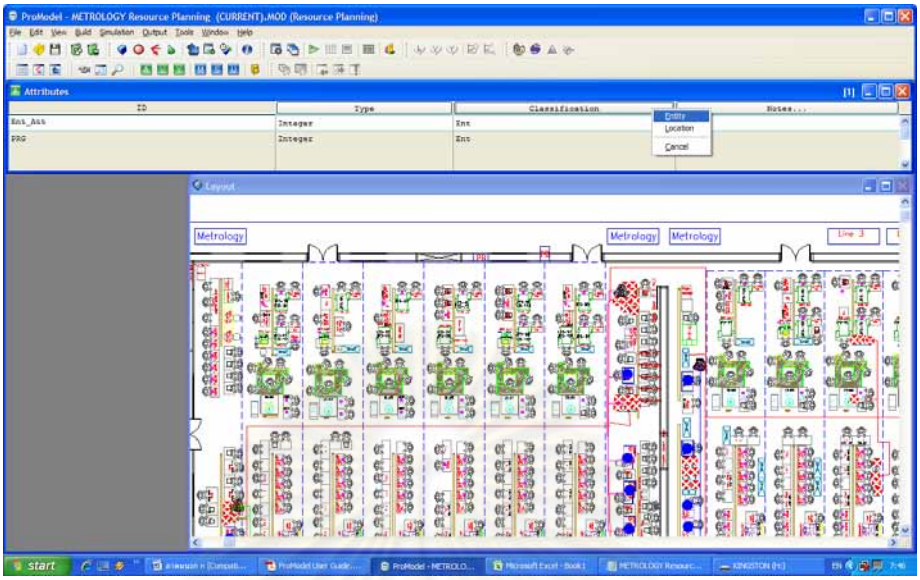
รูปที่ ข7 Node ของแต่ละ Network ใน Build Path Networks

6. Build Attributes

การกำหนด Attributes คือการกำหนดคุณสมบัติให้กับ Location และ Entity ในแบบจำลองนี้จะมีการกำหนดคุณสมบัติ Entity รายละเอียดดังรูปที่ ข8 และ ข9



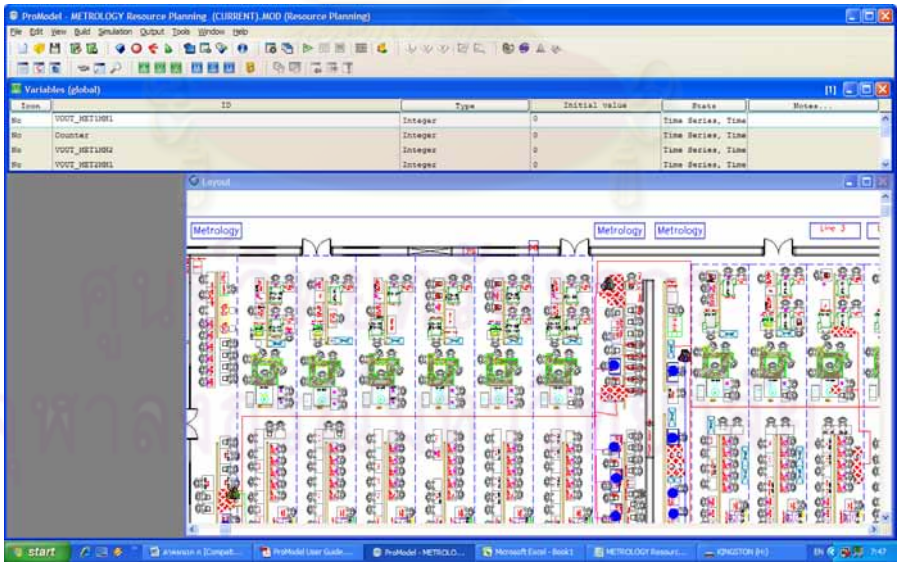
รูปที่ ข8 การกำหนดรูปแบบการแสดงผลของ Attribute เป็นแบบ Integer



รูปที่ ข9 การกำหนดคุณสมบัติของ Entity

7. Build Variables

การกำหนด Variable เป็นการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลอง แบบจำลองนี้มีการกำหนดตัวแปรเพื่อช่วยในการคำนวณผล Output ที่ออกมาจากโปรแกรม ดังรูปที่ ข10

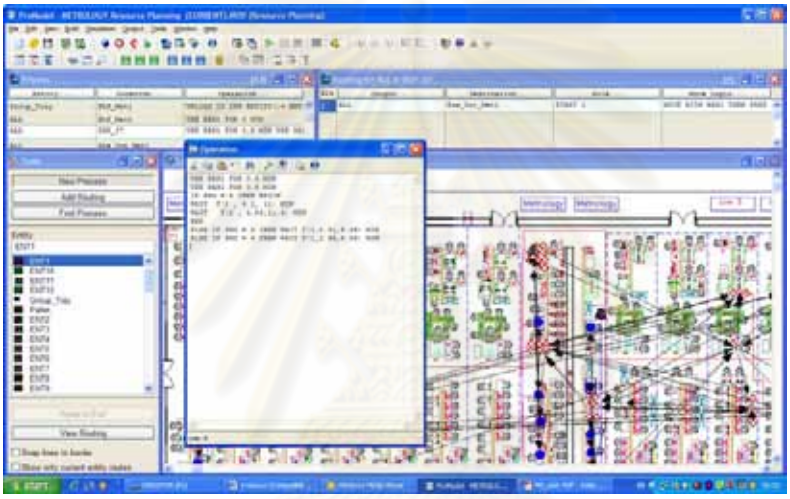


รูปที่ ข10 ตัวอย่างของการกำหนด Variable

8. Build Processing

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการจำลองสถานการณ์ที่สำคัญเนื่องจากเป็นกำหนดกระบวนการทั้งหมดในระบบที่เราต้องการ โดยจะเป็นการกำหนดการทำงานของ Entity, Location และ Resources ในระบบ ให้ทำงานตรงตามกับสถานการณ์ที่จำลอง

Processing จะประกอบไปด้วย หน้าต่างของ Process Edit Table ซึ่งเป็นการบอกถึง Entity ที่ Location ที่อยู่ปัจจุบันว่ามีขั้นตอนการทำงานอย่างไร ตัวอย่างในแบบจำลองนี้ ดังรูปที่ ข11



รูปที่ ข11 Process Edit Table ใน Build Processing

Entity = All

Location = OGP_07

Operation = USE RES1 FOR 0.5 MIN

IF PRG = 4 THEN BEGIN

WAIT T (2, 4.1, 11) MIN

WAIT T (1, 4.83, 11.4) MIN

END

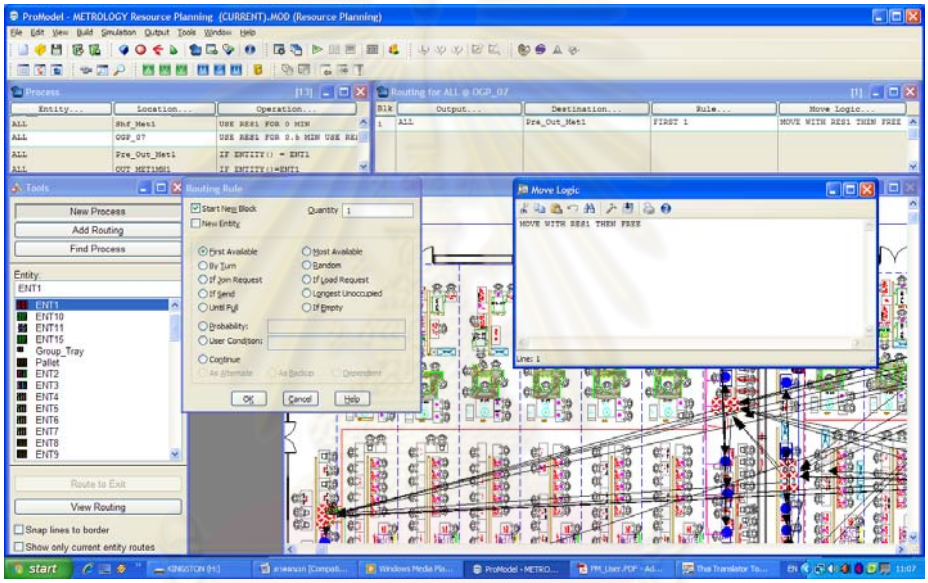
ELSE IF PRG = 5 THEN WAIT T(1,2.91,8.39) MIN

ELSE IF PRG = 6 THEN WAIT T(1,2.96,8.83) MIN

หมายความว่า ชิ้นงานทั้งหมดที่สถานีงานเครื่องมือวัด OGP_07 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ใช้ Resources Res1 ในการทำงานกับชิ้นงาน 0.5 นาที และถ้า Entity มีค่าเท่ากับ 4 ให้ทำงานด้วยเวลา T(2 , 4.1, 11) บวกกับ T(1 , 4.83,11.4) นาที แต่ถ้าค่า Entity เท่ากับ 5 ให้ทำงานด้วยเวลา T(1,2.91,8.39) นาที หรือถ้าค่า Entity เท่ากับ 6 ให้ทำงานด้วยเวลา T(1,2.96,8.83) นาที การกำหนดค่า Entity ให้มีค่าต่าง ๆ ในการจำลองนี้จะหมายถึงการระบุถึงโปรแกรมที่ใช้ทำการวัด

อีกหน้าต่างหนึ่งใน Build Processing คือ Routing Edit Table ซึ่งจะเป็นส่วนบ่งบอกถึงการเคลื่อนย้ายชิ้นงานออกจาก Process ไปยัง Process ต่อไป ดังรูปที่ ข12



รูปที่ ข12 Routing Edit Table ใน Build Processing

Entity = All

Location = Pre_Out_Met1

Move Logic = MOVE WITH RES1 THEN FREE

หมายความว่า ชิ้นงานทั้งหมดที่ผ่านการทำงานจากสถานีงานเครื่องมือวัด OGP_07 แล้ว ให้ส่งต่อไปยัง Pre_Out_Met1 (Dummy Location) ด้วย พนักงาน Res1 หลังจากพนักงานมาส่งงานแล้ว พนักงานจะว่างสามารถไปทำงานอย่างอื่นต่อได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. Build Arrivals

Arrivals คือการกำหนดการเข้ามาถึงของชิ้นงาน โดยจะกำหนด Location ที่งานจะเข้ามาสู่ระบบ จำนวนที่เข้ามา เวลาที่เข้ามาครั้งแรก โอกาสที่ชิ้นงานจะเข้ามา ระยะเวลาของความถี่ที่ชิ้นงานเข้ามา และยังสามารถระบุคุณลักษณะของชิ้นงานที่เข้ามาในระบบได้ด้วยการกำหนด Logic ตัวอย่างดังรูปที่ ข13

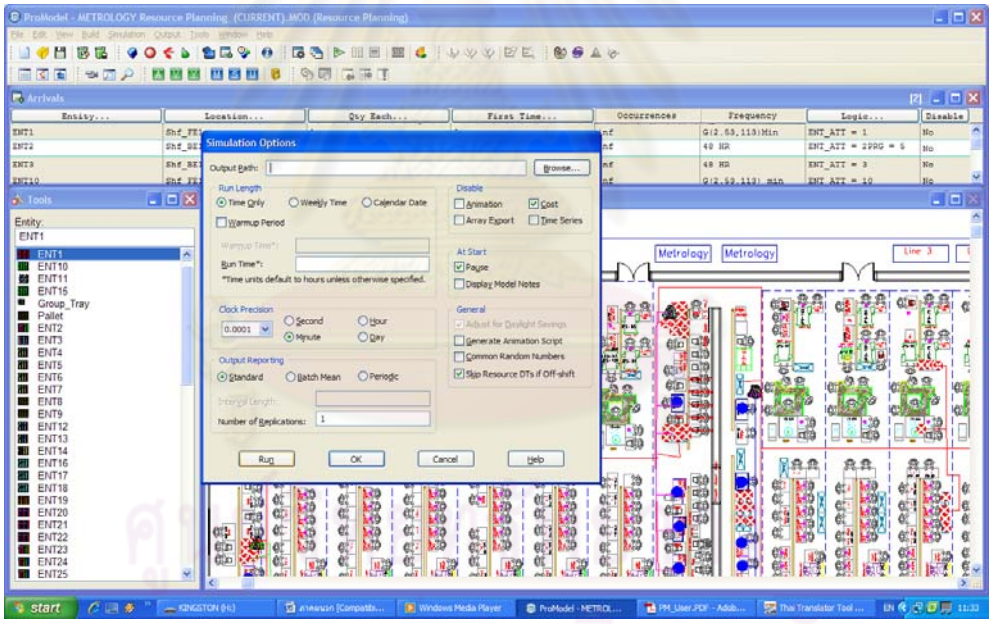
รูปที่ ข13 ตัวอย่างการกำหนด Build Arrivals

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
การแสดงการทำงานและรายงานจากการจำลองสถานการณ์

1. การแสดงการทำงานของแบบจำลอง

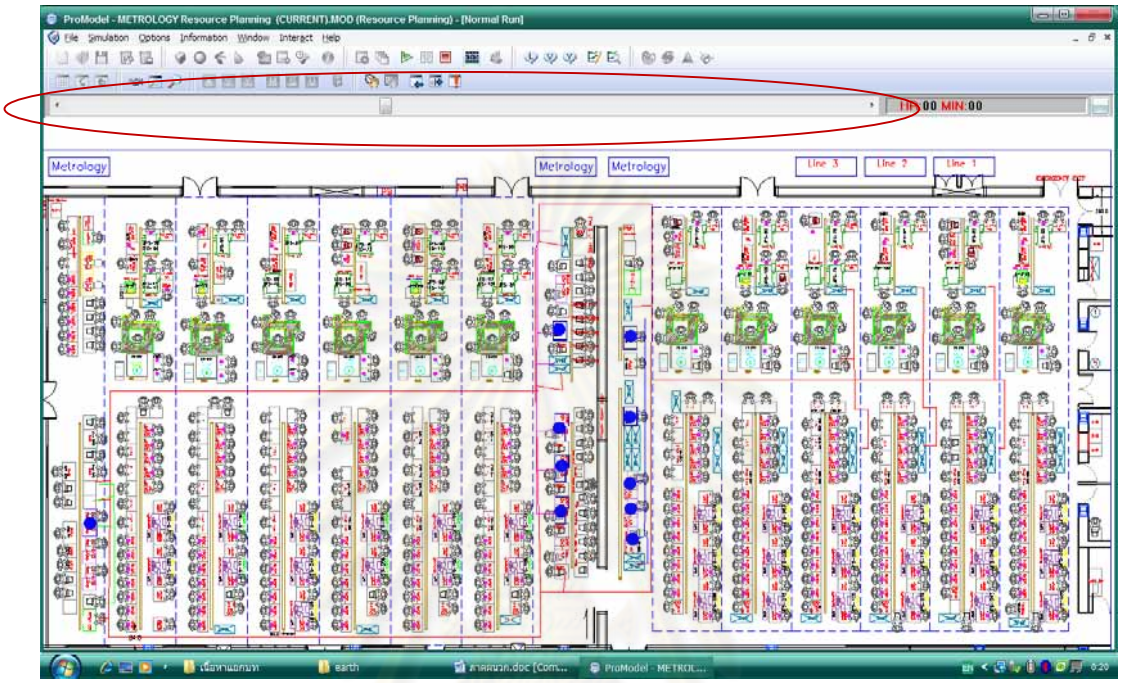
การแสดงการทำงานของแบบจำลองเป็นการตรวจสอบการทำงานของระบบว่าความถูกต้องและความเสมือนจริงกับระบบที่เราต้องการศึกษา ตลอดจนเมื่อเรามีการปรับปรุงเปลี่ยนเงื่อนไขบางส่วนมีผลการทดลองแต่งต่างจากต้นแบบทีเราจำลองอย่างไร โดยเราสามารถกำหนดระยะเวลาในการทำงาน หน่วยของเวลาในการแสดงผล จำนวนรอบในการทำงานซ้ำ และเวลาในการอุ่นเครื่องของระบบ เพื่อให้รายงานที่ออกมาเป็นข้อมูลที่มาจากการทำงานที่เป็นแบบปกติแล้วเท่านั้น ตัวอย่างการกำหนดเงื่อนไขในการแสดงการทำงานของแบบจำลองดังรูปที่ ค1



รูปที่ ค1 การกำหนดความเงื่อนไขในการแสดงการทำงานของแบบจำลอง

เมื่อกำหนดเงื่อนไขในการแสดงผลเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมก็จะทำการจำลองระบบการทำงานเพื่อให้เราสามารถมองเห็นกิจกรรมต่าง ๆ ของระบบได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เราต้องกำหนดความเร็วใน

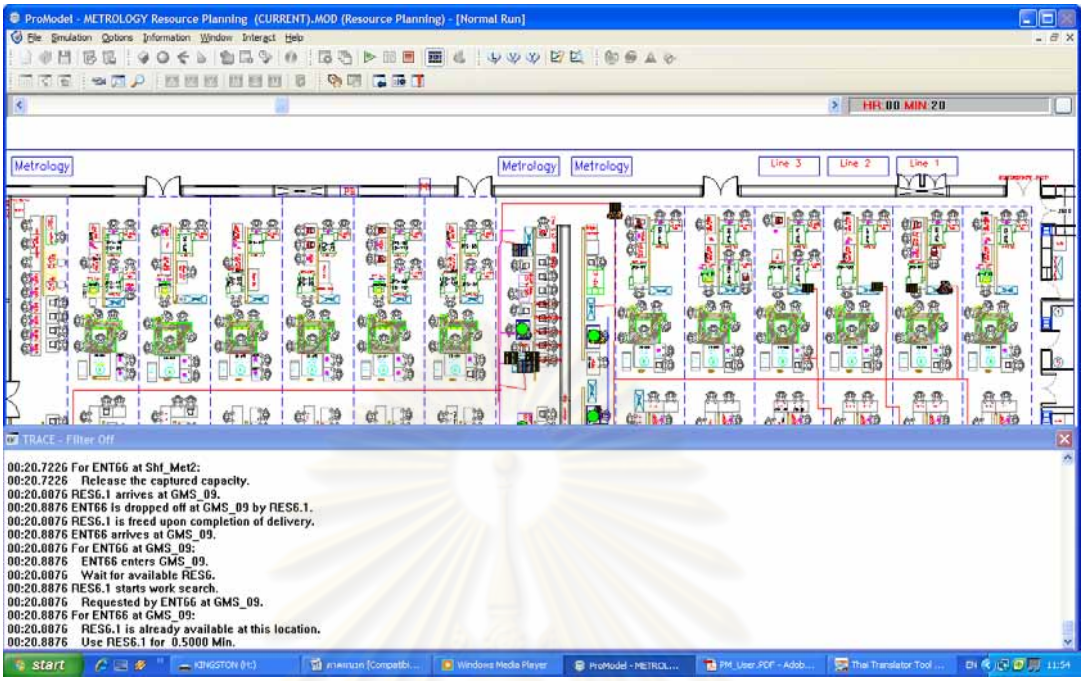
การทำงานให้ช้าลง หรือถ้าเราต้องการดูรายงานผลเลยเราก็สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วในการแสดงผลได้จากการเลื่อน Tool bar ด้านบนของแบบจำลองดังรูปที่ ค2



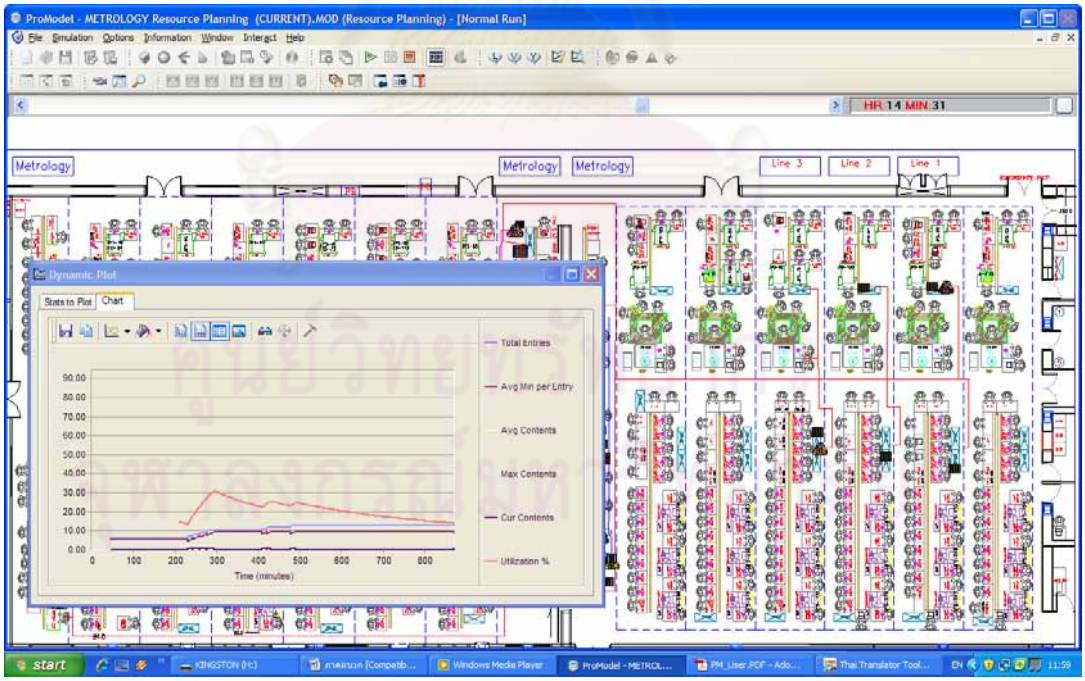
รูปที่ ค2 การกำหนดความเร็วในการแสดงผลของโปรแกรม ProModel

โปรแกรม ProModel นอกจากแสดงการเคลื่อนไหวกิจกรรมของระบบแล้ว ยังสามารถแสดงผลการทำงานเป็นข้อความได้ทั้งแบบต่อเนื่อง และแบบเป็นขั้นตอนการทำงาน และยังส่งผลนั้นออกมาให้รูปแบบการบันทึกข้อความได้อีกด้วย และในกรณีที่ต้องการให้ระบบแสดงผลบางอย่างเช่น อัตราการใช้ประโยชน์ของแต่ละสถานีงาน เป็นกราฟด้วยเวลาที่แท้จริงของระบบ ดังรูปที่ ค3 และ ค4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค3 ตัวอย่างการแสดงผลเป็นข้อความแบบต่อเนื่อง



รูปที่ ค4 ตัวอย่างการแสดงผลของสถานีงาน OGP_07ด้วยกราฟ

2. รายงานผลการแสดงการจำลองระบบ

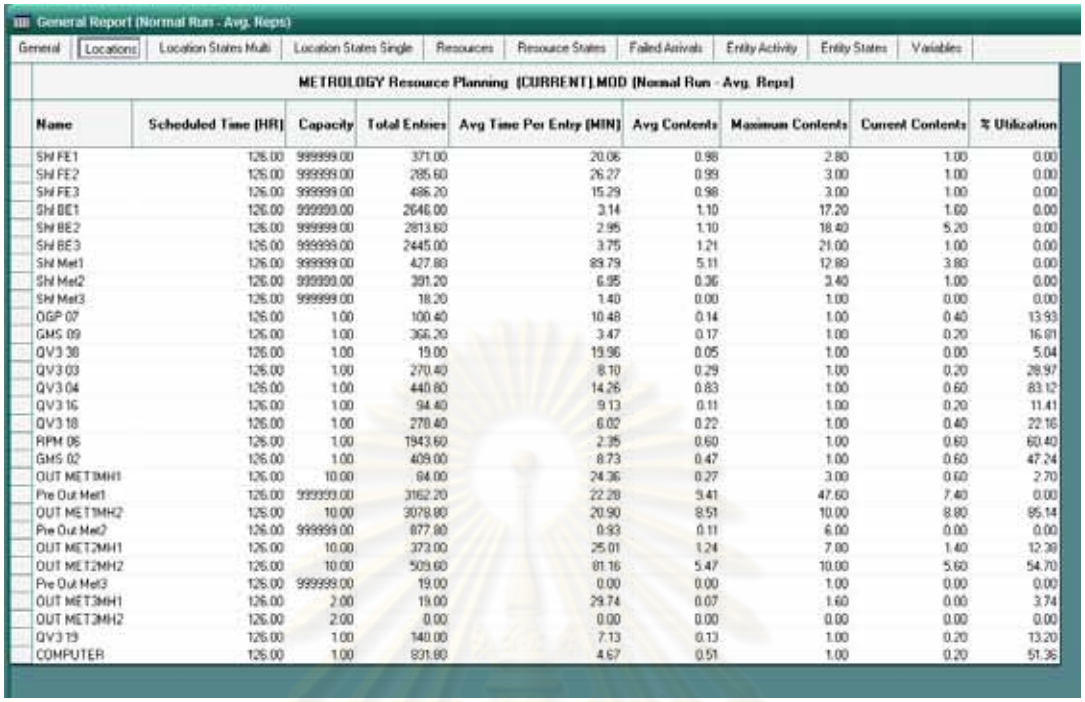
เมื่อโปรแกรมทำการจำลองระบบได้ครบตามระยะทางที่กำหนดจะมีการรายงานข้อมูลทางสถิติออกมาเพื่อให้ผู้ทำการจำลองทราบถึงผลที่เกิดจากการจำลอง โดยรายงานที่แสดงออกมาตามมาตรฐานแล้วจะเป็นผลที่เกี่ยวเนื่องกับ ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. General
2. Entity Activity
3. Entity Costing
4. Entity States
5. Failed Arrivals
6. Location Costing
7. Location States Multi
8. Location States Single/Tank
9. Locations
10. Logs
11. Node Entries
12. Resource Costing
13. Resource States
14. Resources
15. Variables

ในการจำลองครั้งนี้รายงานผลที่เราสนใจ คือเรื่องของ Location และ Entity ดังตัวอย่างนี้จะเป็นรายงานผลของการจำลองสภาพปัจจุบัน

1. เปอร์เซ็นต์อัตราการใช้ประโยชน์ของสถานีงานเครื่องมือวัดทั้งหมดในระบบ จะสามารถดูได้จากหัวข้อ Location นอกจากนั้นยังแสดงรายละเอียดอื่น ๆ ด้วย เช่น ปริมาณสูงสุดที่แต่ละ Location จะรับได้ จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่เข้ามาในแต่ละ Location เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงาน 1 ชิ้นอยู่ใน Location นั่น ๆ จำนวนเฉลี่ยของชิ้นงานที่ค้างอยู่ใน Location ดังรูปที่ ค5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



General Report (Normal Run - Avg. Reps)

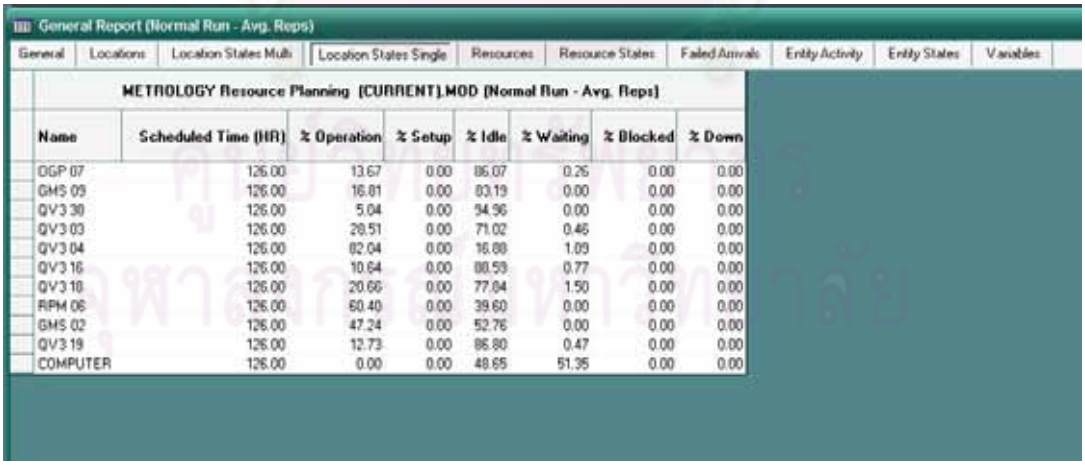
General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

METROLOGY Resource Planning (CURRENT).MOD (Normal Run - Avg. Reps)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
SM FE1	126.00	999999.00	371.00	20.06	0.98	2.80	1.00	0.00
SM FE2	126.00	999999.00	285.60	26.27	0.99	3.00	1.00	0.00
SM FE3	126.00	999999.00	486.20	15.29	0.98	3.00	1.00	0.00
SM BE1	126.00	999999.00	2646.00	3.14	1.10	17.20	1.00	0.00
SM BE2	126.00	999999.00	2813.60	2.95	1.10	18.40	5.20	0.00
SM BE3	126.00	999999.00	2445.00	3.75	1.21	21.00	1.00	0.00
SM Met1	126.00	999999.00	427.80	89.79	5.11	12.80	3.80	0.00
SM Met2	126.00	999999.00	391.20	6.95	0.36	3.40	1.00	0.00
SM Met3	126.00	999999.00	18.20	1.40	0.00	1.00	0.00	0.00
OGP 07	126.00	1.00	100.40	10.48	0.14	1.00	0.40	13.93
GMS 09	126.00	1.00	366.20	3.47	0.17	1.00	0.20	16.81
QV3 38	126.00	1.00	19.00	19.96	0.05	1.00	0.00	5.04
QV3 03	126.00	1.00	270.40	8.10	0.29	1.00	0.20	28.97
QV3 04	126.00	1.00	440.80	14.26	0.83	1.00	0.60	83.12
QV3 16	126.00	1.00	94.40	9.13	0.11	1.00	0.20	11.41
QV3 18	126.00	1.00	278.40	6.02	0.22	1.00	0.40	22.16
RPM 06	126.00	1.00	1943.60	2.35	0.60	1.00	0.60	60.40
GMS 02	126.00	1.00	409.00	8.73	0.47	1.00	0.60	47.24
OUT MET3MH1	126.00	10.00	64.00	24.36	0.27	3.00	0.60	2.70
Pre Out Met1	126.00	999999.00	3162.20	22.28	3.41	47.60	7.40	0.00
OUT MET1MH2	126.00	10.00	3078.80	20.90	8.51	10.00	8.80	85.14
Pre Out Met2	126.00	999999.00	877.80	0.93	0.11	6.00	0.00	0.00
OUT MET2MH1	126.00	10.00	373.00	25.01	1.24	7.00	1.40	12.39
OUT MET2MH2	126.00	10.00	509.60	81.16	5.47	10.00	5.60	54.70
Pre Out Met3	126.00	999999.00	19.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
OUT MET3MH1	126.00	2.00	19.00	29.74	0.07	1.60	0.00	3.74
OUT MET3MH2	126.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QV3 19	126.00	1.00	140.00	7.13	0.13	1.00	0.20	13.20
COMPUTER	126.00	1.00	831.80	4.67	0.51	1.00	0.20	51.36

รูปที่ ค5 แสดงรายงานผลเรื่อง Location

2. เวลาในการทำงานเฉลี่ยของแต่ละ Location สามารถดูได้ในหัวข้อ Location States Single ซึ่งรายงานที่ออกมาในหน่วยเปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ ค6



General Report (Normal Run - Avg. Reps)

General | Locations | Location States Multi | Location States Single | Resources | Resource States | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

METROLOGY Resource Planning (CURRENT).MOD (Normal Run - Avg. Reps)

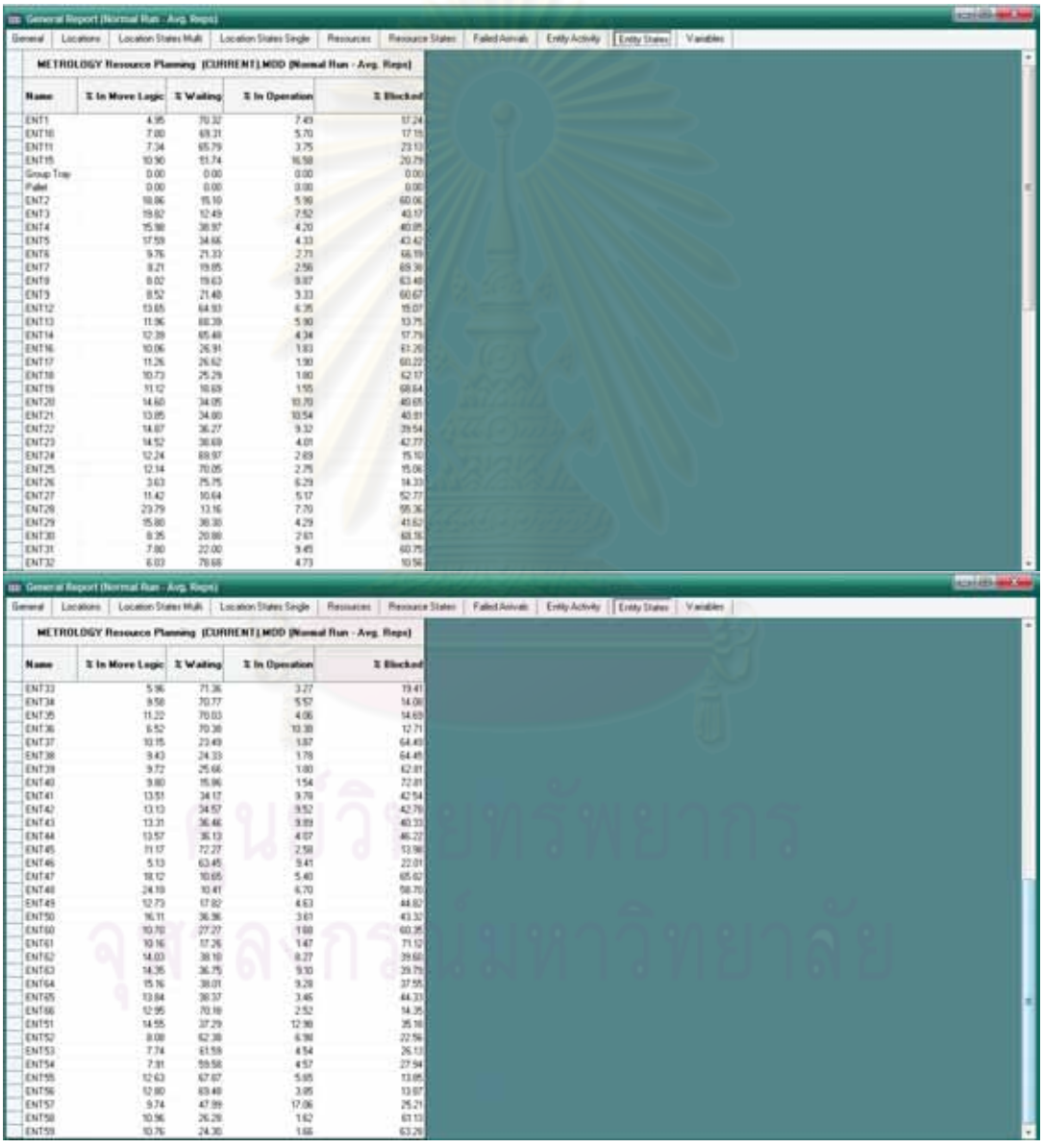
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
OGP 07	126.00	13.67	0.00	86.07	0.26	0.00	0.00
GMS 09	126.00	16.81	0.00	83.19	0.00	0.00	0.00
QV3 38	126.00	5.04	0.00	94.96	0.00	0.00	0.00
QV3 03	126.00	28.51	0.00	71.02	0.46	0.00	0.00
QV3 04	126.00	82.04	0.00	16.88	1.09	0.00	0.00
QV3 16	126.00	10.64	0.00	88.59	0.77	0.00	0.00
QV3 18	126.00	20.66	0.00	77.84	1.50	0.00	0.00
RPM 06	126.00	60.40	0.00	39.60	0.00	0.00	0.00
GMS 02	126.00	47.24	0.00	52.76	0.00	0.00	0.00
QV3 19	126.00	12.73	0.00	86.80	0.47	0.00	0.00
COMPUTER	126.00	0.00	0.00	48.65	51.35	0.00	0.00

รูปที่ ค6 แสดงรายงานผลของเวลาทำงานเฉลี่ยในแต่ละ Location

3. เวลาในการรอคอยของชิ้นงานทั้งหมด สามารถดูได้ที่หัวข้อของ Entity Activity โดยจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับ จำนวนชิ้นงานแต่ละชนิดที่ออกมาจากระบบ จำนวนชิ้นงานที่ยังค้างอยู่ในระบบ เวลาเฉลี่ยของชิ้นงานที่เกิดกิจกรรมขึ้นทั้งหมดในระบบ เวลาเฉลี่ยของชิ้นงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานรอเพื่อจะทำงาน เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานทำงาน และเวลาเฉลี่ยที่พนักงานรอเนื่องจาก Location ไม่ว่างที่จะรับชิ้นงานเข้าไปทำงาน ดังรูปที่ ค7

รูปที่ ค7 แสดงรายงานเวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานรอคอยในระบบ

4. เปอร์เซ็นต์เวลาที่งานรอคอยในระบบ ดูในหัวข้อ Entity State ซึ่งจะประกอบไปด้วย เปอร์เซ็นต์เวลาทำงานของชิ้นงาน เปอร์เซ็นต์ในการเคลื่อนย้ายของชิ้นงาน เปอร์เซ็นต์ของเวลาการรอคอยของชิ้นงาน เปอร์เซ็นต์เวลารอคอยเพราะสถานีงานถัดไปไม่ว่าง ในการจำลองนี้ต้องการดูเกี่ยวกับเวลาของชิ้นงานที่ไม่ได้กิจกรรมภายในระบบ ซึ่งก็คือเปอร์เซ็นต์ของชิ้นงานที่ว่างรวมกับชิ้นงานที่รอคอยเนื่องจากสถานีงานถัดไปไม่ว่าง ดังรูปที่ ค8



รูปที่ ค8 แสดงรายงานเปอร์เซ็นต์เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานรอคอยในระบบ

ภาคผนวก ง
คำสั่งในการเขียนแบบจำลองการทำงานของเครื่องมือวัด

```
METROLOGY Resource Planning (CURRENT)
********************************************************************************
* *
* Formatted Listing of Model: *
* F:\Metrology\METROLOGY Resource Planning (CURRENT).MOD *
* *
********************************************************************************
Time Units: Minutes
Distance Units: Meters
********************************************************************************
* Locations *
********************************************************************************
Name Cap Units Stats Rules Cost
------------ --- ----- ----------- ---------- ------------
Shf_FE1 inf 1 Time Series Oldest, ,
Shf_FE2 inf 1 Time Series Oldest, ,
Shf_FE3 inf 1 Time Series Oldest, ,
Shf_BE1 inf 1 Time Series Oldest, ,
Shf_BE2 inf 1 Time Series Oldest, ,
Shf_BE3 inf 1 Time Series Oldest, ,
Shf_Met1 INF 1 Time Series Oldest, ,
Shf_Met2 inf 1 Time Series Oldest, ,
Shf_Met3 inf 1 Time Series Oldest, ,
OGP_07 1 1 Time Series Oldest, ,
GMS_09 1 1 Time Series Oldest, ,
QV3_38 1 1 Time Series Oldest, ,
QV3_03 1 1 Time Series Oldest, ,
QV3_04 1 1 Time Series Oldest, ,
QV3_16 1 1 Time Series Oldest, ,
QV3_18 1 1 Time Series Oldest, ,
RPM_06 1 1 Time Series Oldest, ,
GMS_02 1 1 Time Series Oldest, ,
OUT_MET1MH1 10 1 Time Series Oldest, ,
Pre_Out_Met1 inf 1 Time Series Oldest, ,
OUT_MET1MH2 10 1 Time Series Oldest, ,
Pre_Out_Met2 inf 1 Time Series Oldest, ,
OUT_MET2MH1 10 1 Time Series Oldest, ,
OUT_MET2MH2 10 1 Time Series Oldest, ,
Pre_Out_Met3 inf 1 Time Series Oldest, ,
OUT_MET3MH1 2 1 Time Series Oldest, ,
OUT_MET3MH2 2 1 Time Series Oldest, ,
QV3_19 1 1 Time Series Oldest, ,
COMPUTER 1 1 Time Series Oldest, ,
********************************************************************************
* Entities *
********************************************************************************
Name Speed (mpm) Stats Cost
---------- ------------ ----------- ------------
ENT1 27 Time Series
ENT10 27 Time Series
ENT11 27 Time Series
ENT15 27 Time Series
Group_Tray 27 Time Series
Pallet 27 Time Series
ENT2 27 Time Series
ENT3 27 Time Series
ENT4 27 Time Series
ENT5 27 Time Series
ENT6 27 Time Series
ENT7 27 Time Series
ENT8 27 Time Series
ENT9 27 Time Series
ENT12 27 Time Series
ENT13 27 Time Series
ENT14 27 Time Series
ENT16 27 Time Series
ENT17 27 Time Series
ENT18 27 Time Series
ENT19 27 Time Series
ENT20 27 Time Series
ENT21 27 Time Series
ENT22 27 Time Series
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
ENT23 27 Time Series
ENT24 27 Time Series
ENT25 27 Time Series
ENT26 27 Time Series
ENT27 27 Time Series
ENT28 27 Time Series
ENT29 27 Time Series
ENT30 27 Time Series
ENT31 27 Time Series
ENT32 27 Time Series
ENT33 27 Time Series
ENT34 27 Time Series
ENT35 27 Time Series
ENT36 27 Time Series
ENT37 27 Time Series
ENT38 27 Time Series
ENT39 27 Time Series
ENT40 27 Time Series
ENT41 27 Time Series
ENT42 27 Time Series
ENT43 27 Time Series
ENT44 27 Time Series
ENT45 27 Time Series
ENT46 27 Time Series
ENT47 27 Time Series
ENT48 27 Time Series
ENT49 27 Time Series
ENT50 27 Time Series
ENT60 27 Time Series
ENT61 27 Time Series
ENT62 27 Time Series
ENT63 27 Time Series
ENT64 27 Time Series
ENT65 27 Time Series
ENT66 27 Time Series
ENT51 50 Time Series
ENT52 50 Time Series
ENT53 50 Time Series
ENT54 50 Time Series
ENT55 50 Time Series
ENT56 50 Time Series
ENT57 50 Time Series
ENT58 50 Time Series
ENT59 50 Time Series
*****************************************************************************
* Path Networks *
*****************************************************************************
Name Type T/S From To BI Dist/Time Speed Factor
-------- ----------- ---------------- -------- -------- ---- ---------- ------------
Mat_net Passing Speed & Distance N1 N2 Bi 0.75 1
N2 N3 Bi 5.57 1
N3 N4 Bi 0.60 1
N4 N5 Bi 4.06 1
N5 N6 Bi 0.40 1
N3 N7 Bi 4.27 1
N7 N8 Bi 6.28 1
N7 N9 Bi 4.06 1
N9 N10 Bi 1.25 1
N10 N11 Bi 4.82 1
N10 N12 Bi 0.90 1
N9 N13 Bi 12.10 1
N13 N14 Bi 3.86 1
N14 N15 Bi 7.08 1
N15 N16 Bi 0.85 1
N15 N17 Bi 6.93 1
N17 N18 Bi 1.26 1
N17 N19 Bi 1.35 1
N19 N20 Bi 2.51 1
N21 N22 Bi 1.10 1
N22 N23 Bi 31.33 1
N23 N19 Bi 11.90 1
N23 N24 Bi 2.61 1
N23 N25 Bi 8.64 1
N25 N26 Bi 1.45 1
N25 N27 Bi 15.07 1
N27 N13 Bi 4.37 1
N27 N28 Bi 1.25 1
N9 N29 Bi 5.62 1
N7 N30 Bi 5.52 1
N22 N31 Bi 0.90 1
N21 N32 Bi 1.06 1
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
N33 N34 Bi 0.60 1
N21 N34 Bi 7.03 1
N34 N20 Bi 27.03 1
Met1 Passing Speed & Distance N1 N2 Bi 1.10 1
N2 N3 Bi 0.61 1
N2 N4 Bi 4.67 1
N4 N5 Bi 0.70 1
N6 N7 Bi 0.71 1
N6 N8 Bi 1.75 1
N8 N9 Bi 0.65 1
N8 N10 Bi 1.55 1
N10 N11 Bi 0.35 1
N12 N13 Bi 1.50 1
N13 N14 Bi 0.80 1
N4 N15 Bi 1.65 1
N15 N6 Bi 2.21 1
N10 N12 Bi 0.25 1
Met2 Passing Speed & Distance N1 N2 Bi 0.85 1
N2 N3 Bi 6.48 1
N3 N4 Bi 1.80 1
N4 N5 Bi 3.96 1
N5 N6 Bi 2.36 1
N6 N7 Bi 2.71 1
N7 N8 Bi 1.35 1
N6 N9 Bi 1.35 1
N5 N10 Bi 1.20 1
N4 N11 Bi 1.10 1
N3 N12 Bi 1.56 1
Met3 Passing Speed & Distance N1 N2 Bi 0.85 1
N2 N3 Bi 0.70 1
N3 N4 Bi 1.23 1
N3 N5 Bi 1.85 1
N5 N6 Bi 1.05 1
N5 N7 Bi 5.62 1
*********************************************************************************
* Interfaces *
*********************************************************************************
Net Node Location
---------- ---------- ------------
Mat_net N11 Shf_FE3
N8 Shf_FE2
N1 Shf_FE1
N29 Shf_BE3
N30 Shf_BE2
N6 Shf_BE1
N14 Shf_Met1
N24 Shf_Met2
N31 Shf_Met3
N16 OUT_MET1MH1
N16 OUT_MET1MH2
N33 OUT_MET3MH2
N33 OUT_MET3MH1
N26 OUT_MET2MH2
N26 OUT_MET2MH1
N12 COMPUTER
Met1 N3 RPM_06
N5 GMS_02
N7 QV3_04
N9 QV3_03
N11 OGP_07
N15 Shf_Met1
N14 Pre_Out_Met1
Met2 N1 Pre_Out_Met2
N12 GMS_09
N11 Shf_Met2
N10 QV3_19
N9 QV3_16
N8 QV3_18
Met3 N1 Shf_Met3
N6 QV3_38
N7 Pre_Out_Met3
*********************************************************************************
* Mapping *
*********************************************************************************
Net From To Dest
---------- ---------- ---------- ------------
Mat_net N3 N2
N4 N3
N7 N3
N9 N7
N10 N9
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
N13 N9
N14 N13
N15 N14
N17 N15
N19 N17
N20 N19
N21 N34
N22 N21
N23 N25
N25 N27
N27 N13
N34 N20
N3 N4
N4 N5
N3 N7
N7 N8
N7 N9
N9 N10
N10 N11
N10 N12
N9 N13
N13 N14
N23 N19
N14 N15
N15 N16
N25 N23
N13 N27
N15 N17
N17 N19
N19 N23
N21 N22
N22 N23
N23 N24
N27 N25
N34 N21
N25 N26
N9 N29
N7 N30
N19 N20
N20 N34
N22 N31
N23 N22
N34 N33
Met1 N2 N1
N4 N2
N6 N15
N8 N6
N10 N8
N12 N10
N15 N4
N2 N3
N2 N4
N4 N5
N4 N15
N6 N7
N15 N6
N6 N8
N8 N9
N8 N10
N10 N11
N10 N12
N12 N13
Met2 N3 N2
N4 N3
N5 N4
N6 N5
N3 N4
N4 N5
N5 N6
N6 N7
N6 N9
N5 N10
N4 N11
N3 N12
Met3 N3 N2
N5 N3
N3 N5
N5 N6
N5 N7
*********************************************************************************
* Resources *
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
*****************************************************************************
Res Ent
Name Units Stats Search Search Path Motion Cost
-------- ----- -------- ---------- ------- ---------- ------------ ------------
MH1 1 By Unit Least Used Closest Mat_net Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
MH2 1 By Unit Least Used Closest Mat_net Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
Res1 1 By Unit Closest Closest Met1 Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
Res2 1 By Unit Closest Closest Met2 Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
Res3 1 By Unit Closest Closest Met3 Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
MH3 1 By Unit Closest Closest Mat_net Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
MH4 1 By Unit Closest Closest Mat_net Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
RES6 1 By Unit Closest Closest Met2 Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
RES5 1 By Unit Least Used Closest Met1 Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
Res4 1 By Unit Closest Closest Met1 Empty: 20 mpm
Home: N1 Full: 27 mpm
*****************************************************************************
* Processing *
*****************************************************************************
Process Routing
Entity Location Operation Blk Output Destination Rule Move
Logic
---------- ------------ ----------------- ---- ---------- ------------ -----------------
-
------------
ENT11 Shf_FE1 1 ENT11 Shf_FE1 LOAD 1
ENT15 Shf_FE1 1 ENT15 Shf_FE1 LOAD 1
ENT10 Shf_FE1 1 ENT10 Shf_FE1 LOAD 1
ENT1 Shf_FE1 1 ENT1 Shf_FE1 LOAD 1
Pallet Shf_FE1 FREE ALL
Load 5
IF GROUPQTY(ENT1)>0 THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT10)> 0 THEN ROUTE 2
ELSE IF GROUPQTY(ENT11)> 0 THEN ROUTE 2
ELSE IF GROUPQTY(ENT15)> 0 THEN ROUTE 3
1 Group_Tray Shf_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
counter = 0
2 Group_Tray Shf_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
3 Group_Tray Shf_Met3 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
Pallet Shf_FE2 FREE ALL
Load 5
IF GROUPQTY(ENT26) THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT32)
OR GROUPQTY(ENT33) THEN ROUTE 2
ELSE IF GROUPQTY(ENT36) THEN ROUTE 3
1 Group_Tray Shf_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
2 Group_Tray Shf_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
3 Group_Tray Shf_Met3 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
Pallet Shf_FE3 FREE ALL
Load 5
IF GROUPQTY(ENT46)THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT52)
OR GROUPQTY(ENT53)
OR GROUPQTY(ENT54) THEN ROUTE 2
ELSE IF GROUPQTY(ENT57) THEN ROUTE 3
1 Group_Tray Shf_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
2 Group_Tray Shf_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
3 Group_Tray Shf_Met3 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
Pallet Shf_BE1 FREE ALL
Load 10
IF GROUPQTY(ENT2)
OR GROUPQTY(ENT3)
OR GROUPQTY(ENT4)
OR GROUPQTY(ENT5)
```

```
OR GROUPQTY(ENT6)
OR GROUPQTY(ENT7)
OR GROUPQTY(ENT8)
OR GROUPQTY(ENT9)
OR GROUPQTY(ENT16)
OR GROUPQTY(ENT17)
OR GROUPQTY(ENT18)
OR GROUPQTY(ENT19)
OR GROUPQTY(ENT20)
OR GROUPQTY(ENT21)
OR GROUPQTY(ENT22)
OR GROUPQTY(ENT23)> 0 THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT12)
OR GROUPQTY(ENT13)
OR GROUPQTY(ENT14)
OR GROUPQTY(ENT24)
OR GROUPQTY(ENT25)> 0 THEN ROUTE 2
1 Group_Tray Shf_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
2 Group_Tray Shf_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
Pallet Shf_BE2 FREE ALL
LOAD 10
IF GROUPQTY(ENT27)
OR GROUPQTY(ENT28)
OR GROUPQTY(ENT29)
OR GROUPQTY(ENT30)
OR GROUPQTY(ENT31)
OR GROUPQTY(ENT34)
OR GROUPQTY(ENT35)
OR GROUPQTY(ENT37)
OR GROUPQTY(ENT38)
OR GROUPQTY(ENT39)
OR GROUPQTY(ENT40)
OR GROUPQTY(ENT41)
OR GROUPQTY(ENT42)
OR GROUPQTY(ENT43)
OR GROUPQTY(ENT44)> 0 THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT34)
OR GROUPQTY(ENT35)
OR GROUPQTY(ENT45)> 0 THEN ROUTE 2
1 Group_Tray Shf_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
2 Group_Tray Shf_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
Pallet Shf_BE3 FREE ALL
LOAD 10
IF GROUPQTY(ENT47)
OR GROUPQTY(ENT48)
OR GROUPQTY(ENT49)
OR GROUPQTY(ENT50)
OR GROUPQTY(ENT51)
OR GROUPQTY(ENT58)
OR GROUPQTY(ENT59)
OR GROUPQTY(ENT60)
OR GROUPQTY(ENT61)
OR GROUPQTY(ENT62)
OR GROUPQTY(ENT63)
OR GROUPQTY(ENT64)
OR GROUPQTY(ENT65) > 0 THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT55)
OR GROUPQTY(ENT56)
OR GROUPQTY(ENT66)> 0 THEN ROUTE 2
1 Group_Tray Shf_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
2 Group_Tray Shf_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
Group_Tray Shf_Met1 UNLOAD 10 IFF ENTITY()= ENT1
OR ENTITY() = ENT2
OR ENTITY() = ENT3
OR ENTITY() = ENT4
OR ENTITY() = ENT5
OR ENTITY() = ENT6
OR ENTITY() = ENT7
OR ENTITY() = ENT8
OR ENTITY() = ENT9
OR ENTITY() = ENT16
OR ENTITY() = ENT17
OR ENTITY() = ENT18
OR ENTITY() = ENT19
OR ENTITY() = ENT20
```

```
OR ENTITY() = ENT21
OR ENTITY() = ENT22
OR ENTITY() = ENT23
OR ENTITY() = ENT26
OR ENTITY() = ENT27
OR ENTITY() = ENT28
OR ENTITY() = ENT29
OR ENTITY() = ENT30
OR ENTITY() = ENT31
OR ENTITY() = ENT37
OR ENTITY() = ENT38
OR ENTITY() = ENT39
OR ENTITY() = ENT40
OR ENTITY() = ENT41
OR ENTITY() = ENT42
OR ENTITY() = ENT43
OR ENTITY() = ENT44
OR ENTITY() = ENT46
OR ENTITY() = ENT47
OR ENTITY() = ENT48
OR ENTITY() = ENT49
OR ENTITY() = ENT50
OR ENTITY() = ENT51
OR ENTITY() = ENT58
OR ENTITY() = ENT59
OR ENTITY() = ENT60
OR ENTITY() = ENT61
OR ENTITY() = ENT62
OR ENTITY() = ENT63
OR ENTITY() = ENT64
OR ENTITY() = ENT65
IF GROUPQTY(ENT10)
OR GROUPQTY(ENT11) > 0 THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT15) >0 THEN ROUTE 2
ELSE IF GROUPQTY(ENT32)
OR GROUPQTY(ENT33) > 0 THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT36) > 0 THEN ROUTE 2
ELSE IF GROUPQTY(ENT52)
OR GROUPQTY(ENT53)
OR GROUPQTY(ENT54) > 0 THEN ROUTE 1
ELSE IF GROUPQTY(ENT57) > 0 THEN ROUTE 2
ELSE IF GROUPQTY(ENT12)
OR GROUPQTY(ENT13)
OR GROUPQTY(ENT14)
OR GROUPQTY(ENT24)
OR GROUPQTY(ENT25) > 0 THEN ROUTE 4
ELSE IF GROUPQTY(ENT34)
OR GROUPQTY(ENT35)
OR GROUPQTY(ENT45) > 0 THEN ROUTE 4
ELSE IF GROUPQTY(ENT55)
OR GROUPQTY(ENT56)
OR GROUPQTY(ENT66) > 0 THEN ROUTE 4
ELSE {ROUTE 3}
1 Group_Tray Shf_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
2 Group_Tray Shf_Met3 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
3 Pallet Shf_FE1 IF ENT_ATT =100, 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
Pallet Shf_BE1 IF ENT_ATT =101 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
Pallet Shf_FE2 IF ENT_ATT =200 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
Pallet Shf_BE2 IF ENT_ATT =201 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
Pallet Shf_FE3 IF ENT_ATT =300 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
Pallet Shf_BE3 IF ENT_ATT =301 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
4 Group_Tray Shf_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
ALL Shf_Met1 1 ENT1 OGP_07 IF ENT_ATT = 1, 1 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT2 OGP_07 IF ENT_ATT = 2 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT3 OGP_07 IF ENT_ATT = 3 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT4 QV3_03 IF ENT_ATT = 4 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT5 QV3_03 IF ENT_ATT =5 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
```

```
ENT6 QV3_04 IF ENT_ATT = 6 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT7 QV3_04 IF ENT_ATT = 7 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT8 QV3_04 IF ENT_ATT = 8 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT9 QV3_04 IF ENT_ATT =9 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT16 RPM_06 IF ENT_ATT =16 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT17 RPM_06 IF ENT_ATT =17 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT18 RPM_06 IF ENT_ATT =18 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT19 RPM_06 IF ENT_ATT =19 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT20 GMS_02 IF ENT_ATT =20 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT21 GMS_02 IF ENT_ATT =21 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT22 GMS_02 IF ENT_ATT =22 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT23 GMS_02 IF ENT_ATT =23 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT26 OGP_07 IF ENT_ATT =26 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT27 OGP_07 IF ENT_ATT =27 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT28 OGP_07 IF ENT_ATT =28 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT29 QV3_03 IF ENT_ATT =29 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT30 QV3_04 IF ENT_ATT =30 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT31 QV3_04 IF ENT_ATT =31 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT37 RPM_06 IF ENT_ATT =37 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT38 RPM_06 IF ENT_ATT =38 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT39 RPM_06 IF ENT_ATT =39 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT40 RPM_06 IF ENT_ATT = 40 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT41 GMS_02 IF ENT_ATT =41 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT42 GMS_02 IF ENT_ATT =42 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT43 GMS_02 IF ENT_ATT =43 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT44 GMS_02 IF ENT_ATT =44 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT46 OGP_07 IF ENT_ATT =46 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT47 OGP_07 IF ENT_ATT =47 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT48 OGP_07 IF ENT_ATT =48 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT49 OGP_07 IF ENT_ATT =49 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT50 QV3_03 IF ENT_ATT =50 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT51 QV3_03 IF ENT_ATT =51 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ENT58 RPM_06 IF ENT_ATT =58 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT59 RPM_06 IF ENT_ATT =59 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT60 RPM_06 IF ENT_ATT =60 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT61 RPM_06 IF ENT_ATT =61 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ENT62 GMS_02 IF ENT_ATT =62 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT63 GMS_02 IF ENT_ATT =63 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT64 GMS_02 IF ENT_ATT =64 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ENT65 GMS_02 IF ENT_ATT =65 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ALL OGP_07 USE RES1 FOR 0.5 MIN
```

```
IF PRG = 4 THEN BEGIN
WAIT T(2 , 4.1, 11) MIN
WAIT T(2.76, 4., 8.97) MIN
END
ELSE IF PRG = 5 THEN WAIT T(1,2.91,8.39) MIN
ELSE IF PRG = 6 THEN WAIT T(1,2.96,8.83) MIN
1 ALL Pre_Out_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ALL Pre_Out_Met1 IF ENTITY() = ENT1
OR ENTITY() = ENT26
OR ENTITY() = ENT46 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = ENT2
OR ENTITY() = ENT3
OR ENTITY() = ENT4
OR ENTITY() = ENT5
OR ENTITY() = ENT6
OR ENTITY() = ENT7
OR ENTITY() = ENT8
OR ENTITY() = ENT9
OR ENTITY() = ENT16
OR ENTITY() = ENT17
OR ENTITY() = ENT18
OR ENTITY() = ENT19
OR ENTITY() = ENT20
OR ENTITY() = ENT21
OR ENTITY() = ENT22
OR ENTITY() = ENT23
OR ENTITY() = ENT27
OR ENTITY() = ENT28
OR ENTITY() = ENT29
OR ENTITY() = ENT30
OR ENTITY() = ENT31
OR ENTITY() = ENT37
OR ENTITY() = ENT38
OR ENTITY() = ENT39
OR ENTITY() = ENT40
OR ENTITY() = ENT41
OR ENTITY() = ENT42
OR ENTITY() = ENT43
OR ENTITY() = ENT44
OR ENTITY() = ENT47
OR ENTITY() = ENT48
OR ENTITY() = ENT49
OR ENTITY() = ENT50
OR ENTITY() = ENT51
OR ENTITY() = ENT58
OR ENTITY() = ENT59
OR ENTITY() = ENT60
OR ENTITY() = ENT61
OR ENTITY() = ENT62
OR ENTITY() = ENT63
OR ENTITY() = ENT64
OR ENTITY() = ENT65 THEN ROUTE 2
1 ALL OUT_MET1MH1 FIRST 1 MOVE
FOR 0
2 ALL OUT_MET1MH2 FIRST 1 MOVE
FOR 0
ALL OUT_MET1MH1 IF ENTITY()=ENT1
OR ENTITY() = ENT26
OR ENTITY() = ENT46
THEN {INC VOUT_MET1MH1}
VOUT_MET1MH1 = 0 1 ALL COMPUTER FIRST 1
MOVE
WITH MH1 THEN FREE
ALL OUT_MET1MH2 IF ENTITY()=ENT2
OR ENTITY() = ENT3
OR ENTITY() = ENT4
OR ENTITY() = ENT5
OR ENTITY() = ENT6
OR ENTITY() = ENT7
OR ENTITY() = ENT8
OR ENTITY() = ENT9
OR ENTITY() = ENT16
OR ENTITY() = ENT17
OR ENTITY() = ENT18
OR ENTITY() = ENT19
OR ENTITY() = ENT20
OR ENTITY() = ENT21
OR ENTITY() = ENT22
OR ENTITY() = ENT23
OR ENTITY() = ENT27
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
OR ENTITY() = ENT28
OR ENTITY() = ENT29
OR ENTITY() = ENT30
OR ENTITY() = ENT31
OR ENTITY() = ENT37
OR ENTITY() = ENT38
OR ENTITY() = ENT39
OR ENTITY() = ENT40
OR ENTITY() = ENT41
OR ENTITY() = ENT42
OR ENTITY() = ENT43
OR ENTITY() = ENT44
OR ENTITY() = ENT47
OR ENTITY() = ENT48
OR ENTITY() = ENT49
OR ENTITY() = ENT50
OR ENTITY() = ENT51
OR ENTITY() = ENT58
OR ENTITY() = ENT59
OR ENTITY() = ENT60
OR ENTITY() = ENT61
OR ENTITY() = ENT62
OR ENTITY() = ENT63
OR ENTITY() = ENT64
OR ENTITY() = ENT65
THEN {INC VOUT_MET1MH2}
GROUP 10
VOUT_MET1MH2 = 0
1 ALL COMPUTER FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
Group_Tray Shf_Met2 UNLOAD 10 IFF ENTITY() = ENT10
OR ENTITY() = ENT11
OR ENTITY() = ENT12
OR ENTITY() = ENT13
OR ENTITY() = ENT14
OR ENTITY() = ENT24
OR ENTITY() = ENT25
OR ENTITY() = ENT32
OR ENTITY() = ENT33
OR ENTITY() = ENT34
OR ENTITY() = ENT35
OR ENTITY() = ENT45
OR ENTITY() = ENT52
OR ENTITY() = ENT53
OR ENTITY() = ENT54
OR ENTITY() = ENT55
OR ENTITY() = ENT56
OR ENTITY() = ENT66
IF GROUPQTY(ENT15)
OR GROUPQTY(ENT36)
OR GROUPQTY(ENT57)>0 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENT_ATT = 100 THEN ROUTE 2
ELSE IF ENT_ATT = 101 THEN ROUTE 3
ELSE IF ENT_ATT = 200 THEN ROUTE 4
ELSE IF ENT_ATT = 201 THEN ROUTE 5
ELSE IF ENT_ATT = 300 THEN ROUTE 6
ELSE IF ENT_ATT = 301 THEN ROUTE 7
1 Group_Tray Shf_Met3 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
2 Pallet Shf_FE1 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
3 Pallet Shf_BE1 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
4 Pallet Shf_FE2 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
5 Pallet Shf_BE2 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
6 Pallet Shf_FE3 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
7 Pallet Shf_BE3 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
ALL Shf_Met2 IF ENTITY() = ENT10
OR ENTITY() = ENT32
OR ENTITY() = ENT52 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = ENT11
OR ENTITY() = ENT33
OR ENTITY() = ENT53
OR ENTITY() = ENT54 THEN ROUTE 2
ELSE IF ENTITY() = ENT12
OR ENTITY() = ENT13
OR ENTITY() = ENT14
```

```
OR ENTITY() = ENT34
OR ENTITY() = ENT35
OR ENTITY() = ENT55
OR ENTITY() = ENT56 THEN ROUTE 3
ELSE IF ENTITY() = ENT24
OR ENTITY() = ENT25
OR ENTITY() = ENT45
OR ENTITY() = ENT66 THEN ROUTE 4
1 ALL QV3_16 FIRST 1 MOVE
WITH RES2 THEN FREE
2 ALL QV3_18 FIRST 1 MOVE
WITH RES2 THEN FREE
3 ALL QV3_19 FIRST 1 MOVE
WITH RES2 THEN FREE
4 ALL GMS_09 FIRST 1 MOVE
WITH RES6 THEN FREE
Group_Tray Shf_Met3 UNLOAD 10 IFF ENTITY()= ENT15
OR ENTITY() = ENT36
OR ENTITY() = ENT57
IF ENT_ATT = 100 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENT_ATT = 200 THEN ROUTE 2
ELSE IF ENT_ATT = 300 THEN ROUTE 3
ELSE IF ENT_ATT = 101 THEN ROUTE 4
ELSE IF ENT_ATT = 201 THEN ROUTE 5
ELSE IF ENT_ATT = 301 THEN ROUTE 6
1 Pallet Shf_FE1 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
2 Pallet Shf_FE2 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
3 Pallet Shf_FE3 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
4 Pallet Shf_BE1 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
5 Pallet Shf_BE2 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
6 Pallet Shf_BE3 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
ALL Shf_Met3 1 ALL QV3_38 FIRST 1 MOVE
WITH RES3 THEN FREE
ENT2 Shf_BE1 1 ENT2 Shf_BE1 LOAD 1
ENT3 Shf_BE1 1 ENT3 Shf_BE1 LOAD 1
ENT4 Shf_BE1 1 ENT4 Shf_BE1 LOAD 1
ENT5 Shf_BE1 1 ENT5 Shf_BE1 LOAD 1
ENT6 Shf_BE1 1 ENT6 Shf_BE1 LOAD 1
ENT7 Shf_BE1 1 ENT7 Shf_BE1 LOAD 1
ENT8 Shf_BE1 1 ENT8 Shf_BE1 LOAD 1
ENT9 Shf_BE1 1 ENT9 Shf_BE1 LOAD 1
ENT12 Shf_BE1 1 ENT12 Shf_BE1 LOAD 1
ENT13 Shf_BE1 1 ENT13 Shf_BE1 LOAD 1
ENT14 Shf_BE1 1 ENT14 Shf_BE1 LOAD 1
ENT16 Shf_BE1 1 ENT16 Shf_BE1 LOAD 1
ENT17 Shf_BE1 1 ENT17 Shf_BE1 LOAD 1
ENT18 Shf_BE1 1 ENT18 Shf_BE1 LOAD 1
ENT19 Shf_BE1 1 ENT19 Shf_BE1 LOAD 1
ENT20 Shf_BE1 1 ENT20 Shf_BE1 LOAD 1
ENT21 Shf_BE1 1 ENT21 Shf_BE1 LOAD 1
ENT22 Shf_BE1 1 ENT22 Shf_BE1 LOAD 1
ENT23 Shf_BE1 1 ENT23 Shf_BE1 LOAD 1
ENT24 Shf_BE1 1 ENT24 Shf_BE1 LOAD 1
ENT25 Shf_BE1 1 ENT25 Shf_BE1 LOAD 1
ENT47 Shf_BE3 1 ENT47 Shf_BE3 LOAD 1
ENT48 Shf_BE3 1 ENT48 Shf_BE3 LOAD 1
ENT49 Shf_BE3 1 ENT49 Shf_BE3 LOAD 1
ENT50 Shf_BE3 1 ENT50 Shf_BE3 LOAD 1
ENT51 Shf_BE3 1 ENT51 Shf_BE3 LOAD 1
ENT55 Shf_BE3 1 ENT55 Shf_BE3 LOAD 1
ENT56 Shf_BE3 1 ENT56 Shf_BE3 LOAD 1
ENT58 Shf_BE3 1 ENT58 Shf_BE3 LOAD 1
ENT59 Shf_BE3 1 ENT59 Shf_BE3 LOAD 1
ENT60 Shf_BE3 1 ENT60 Shf_BE3 LOAD 1
ENT61 Shf_BE3 1 ENT61 Shf_BE3 LOAD 1
ENT62 Shf_BE3 1 ENT62 Shf_BE3 LOAD 1
ENT63 Shf_BE3 1 ENT63 Shf_BE3 LOAD 1
ENT64 Shf_BE3 1 ENT64 Shf_BE3 LOAD 1
ENT65 Shf_BE3 1 ENT65 Shf_BE3 LOAD 1
ENT66 Shf_BE3 1 ENT66 Shf_BE3 LOAD 1
ENT27 Shf_BE2 1 ENT27 Shf_BE2 LOAD 1
ENT28 Shf_BE2 1 ENT28 Shf_BE2 LOAD 1
ENT29 Shf_BE2 1 ENT29 Shf_BE2 LOAD 1
ENT30 Shf_BE2 1 ENT30 Shf_BE2 LOAD 1
ENT31 Shf_BE2 1 ENT31 Shf_BE2 LOAD 1
```

```
ENT34 Shf_BE2 1 ENT34 Shf_BE2 LOAD 1
ENT35 Shf_BE2 1 ENT35 Shf_BE2 LOAD 1
ENT38 Shf_BE2 1 ENT38 Shf_BE2 LOAD 1
ENT39 Shf_BE2 1 ENT39 Shf_BE2 LOAD 1
ENT40 Shf_BE2 1 ENT40 Shf_BE2 LOAD 1
ENT41 Shf_BE2 1 ENT41 Shf_BE2 LOAD 1
ENT42 Shf_BE2 1 ENT42 Shf_BE2 LOAD 1
ENT43 Shf_BE2 1 ENT43 Shf_BE2 LOAD 1
ENT44 Shf_BE2 1 ENT44 Shf_BE2 LOAD 1
ENT45 Shf_BE2 1 ENT45 Shf_BE2 LOAD 1
ENT26 Shf_FE2 1 ENT26 Shf_FE2 LOAD 1
ENT32 Shf_FE2 1 ENT32 Shf_FE2 LOAD 1
ENT33 Shf_FE2 1 ENT33 Shf_FE2 LOAD 1
ENT36 Shf_FE2 1 ENT36 Shf_FE2 LOAD 1
ENT46 Shf_FE3 1 ENT46 Shf_FE3 LOAD 1
ENT52 Shf_FE3 1 ENT52 Shf_FE3 LOAD 1
ENT53 Shf_FE3 1 ENT53 Shf_FE3 LOAD 1
ENT54 Shf_FE3 1 ENT54 Shf_FE3 LOAD 1
ENT57 Shf_FE3 1 ENT57 Shf_FE3 LOAD 1
ALL QV3_03 USE RES1 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 7 THEN WAIT T(1 , 2.01, 6.25) MIN
ELSE IF PRG = 8 THEN WAIT 10.+P6(4.75, 14.8, 10.8) MIN
1 ALL Pre_Out_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ALL QV3_04 USE RES1 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 7 THEN WAIT T(1 , 2.85, 7.7) MIN
ELSE IF PRG = 8 THEN WAIT N(15.4,1.68) MIN
1 ALL Pre_Out_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH RES1 THEN FREE
ALL RPM_06 USE RES5 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 13 THEN WAIT T(0,2.07,4.37) MIN
ELSE IF PRG = 14 THEN WAIT T(0,1.99,3.24) MIN
1 ALL Pre_Out_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH RES5 THEN FREE
ALL GMS_02 USE RES4 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 1 THEN WAIT P5(5.68, 43.4) MIN
ELSE IF PRG = 2 THEN WAIT N(3.48, 0.926) MIN
1 ALL Pre_Out_Met1 FIRST 1 MOVE
WITH RES4 THEN FREE
ALL GMS_09 USE RES6 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 3 THEN WAIT T(1.51,3,4.48) MIN
1 ALL Pre_Out_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH RES6 THEN FREE
ALL QV3_16 USE RES2 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 9 THEN WAIT N(8.11, 0.936) MIN
1 ALL Pre_Out_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH RES2 THEN FREE
ALL QV3_18 USE RES2 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 10 THEN WAIT N(5.1, 1.04) MIN
1 ALL Pre_Out_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH RES2 THEN FREE
ALL QV3_38 USE RES3 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 9 THEN WAIT 12.+P6(2., 7.43, 27.4) MIN
1 ALL Pre_Out_Met3 FIRST 1 MOVE
WITH RES3 THEN FREE
ALL QV3_19 USE RES2 FOR 0.5 MIN
IF PRG = 11 THEN WAIT T(5,6.62,11.5) MIN
ELSE IF PRG = 12 THEN WAIT T(2., 5.03, 8.24) MIN
1 ALL Pre_Out_Met2 FIRST 1 MOVE
WITH RES2 THEN FREE
ENT37 Shf_BE2 1 ENT37 Shf_BE2 LOAD 1
ALL Pre_Out_Met2 IF ENTITY() = ENT10
OR ENTITY() = ENT11
OR ENTITY() = ENT32
OR ENTITY() = ENT33
OR ENTITY() = ENT52
OR ENTITY() = ENT53
OR ENTITY() = ENT54 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = ENT12
OR ENTITY() = ENT13
OR ENTITY() = ENT14
OR ENTITY() = ENT24
OR ENTITY() = ENT25
OR ENTITY() = ENT34
OR ENTITY() = ENT35
OR ENTITY() = ENT45
OR ENTITY() = ENT55
OR ENTITY() = ENT56
OR ENTITY() = ENT66 THEN ROUTE 2
1 ALL OUT_MET2MH1 FIRST 1 MOVE
FOR 0
```

```
2 ALL OUT_MET2MH2 FIRST 1 MOVE
FOR 0
ALL OUT_MET2MH1 IF ENTITY() = ENT10
OR ENTITY() = ENT11
OR ENTITY() = ENT32
OR ENTITY() = ENT33
OR ENTITY() = ENT52
OR ENTITY() = ENT53
OR ENTITY() = ENT54
THEN {INC VOUT_MET2MH1}
VOUT_MET2MH1 = 0
1 ALL COMPUTER FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
ALL OUT_MET2MH2 IF ENTITY() = ENT12
OR ENTITY() = ENT13
OR ENTITY() = ENT14
OR ENTITY() = ENT24
OR ENTITY() = ENT25
OR ENTITY() = ENT34
OR ENTITY() = ENT35
OR ENTITY() = ENT45
OR ENTITY() = ENT55
OR ENTITY() = ENT56
OR ENTITY() = ENT66
THEN {INC VOUT_MET2MH2 }
GROUP 10
VOUT_MET2MH2 = 0
1 ALL COMPUTER FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
ALL Pre_Out_Met3 IF ENTITY() = ENT15
OR ENTITY() = ENT36
OR ENTITY() = ENT57 THEN ROUTE 1
ELSE ROUTE 2
1 ALL OUT_MET3MH1 FIRST 1 MOVE
FOR 0
2 ALL OUT_MET3MH2 FIRST 1 MOVE
FOR 0
ALL OUT_MET3MH1 IF ENTITY() = ENT15
OR ENTITY() = ENT36
OR ENTITY() = ENT57
THEN {INC VOUT_MET3MH1 }
VOUT_MET3MH1 = 0
1 ALL COMPUTER FIRST 1
MOVE WITH MH1 THEN FREE
ALL OUT_MET3MH2
ALL COMPUTER UNGROUP
ALL COMPUTER IF ENTITY() = ENT2
OR ENTITY() = ENT3
OR ENTITY() = ENT4
OR ENTITY() = ENT5
OR ENTITY() = ENT6
OR ENTITY() = ENT7
OR ENTITY() = ENT8
OR ENTITY() = ENT9
OR ENTITY() = ENT12
OR ENTITY() = ENT13
OR ENTITY() = ENT14
OR ENTITY() = ENT16
OR ENTITY() = ENT17
OR ENTITY() = ENT18
OR ENTITY() = ENT19
OR ENTITY() = ENT20
OR ENTITY() = ENT21
OR ENTITY() = ENT22
OR ENTITY() = ENT23
OR ENTITY() = ENT24
OR ENTITY() = ENT25 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = ENT27
OR ENTITY() = ENT28
OR ENTITY() = ENT29
OR ENTITY() = ENT30
OR ENTITY() = ENT31
OR ENTITY() = ENT34
OR ENTITY() = ENT35
OR ENTITY() = ENT37
OR ENTITY() = ENT38
OR ENTITY() = ENT39
OR ENTITY() = ENT40
OR ENTITY() = ENT41
OR ENTITY() = ENT42
OR ENTITY() = ENT43
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
OR ENTITY() = ENT44
OR ENTITY() = ENT45 THEN ROUTE 2
ELSE IF ENTITY() = ENT47
OR ENTITY() = ENT48
OR ENTITY() = ENT49
OR ENTITY() = ENT50
OR ENTITY() = ENT51
OR ENTITY() = ENT55
OR ENTITY() = ENT56
OR ENTITY() = ENT58
OR ENTITY() = ENT59
OR ENTITY() = ENT60
OR ENTITY() = ENT61
OR ENTITY() = ENT62
OR ENTITY() = ENT63
OR ENTITY() = ENT64
OR ENTITY() = ENT65
OR ENTITY() = ENT66 THEN ROUTE 3
ELSE IF ENTITY() = ENT1
OR ENTITY() = ENT10
OR ENTITY() = ENT11
OR ENTITY() = ENT15 THEN ROUTE 4
ELSE IF ENTITY() = ENT26
OR ENTITY() = ENT32
OR ENTITY() = ENT33
OR ENTITY() = ENT36 THEN ROUTE 5
ELSE IF ENTITY() = ENT46
OR ENTITY() = ENT52
OR ENTITY() = ENT53
OR ENTITY() = ENT54
OR ENTITY() = ENT57 THEN ROUTE 6
1 ALL Shf_BE1 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
2 ALL Shf_BE2 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
3 ALL Shf_BE3 FIRST 1 MOVE
WITH MH2 THEN FREE
4 ALL Shf_FE1 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
5 ALL Shf_FE2 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
6 ALL Shf_FE3 FIRST 1 MOVE
WITH MH1 THEN FREE
ALL Shf_FE1 IF ENTITY() = ENT1
OR ENTITY() = ENT10
OR ENTITY() = ENT11
OR ENTITY() = ENT15 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = PALLET THEN ROUTE 2
1 ALL EXIT FIRST 1
2 Pallet Shf_FE1 FIRST 1
ALL Shf_FE2 IF ENTITY() = ENT26
OR ENTITY() = ENT32
OR ENTITY() = ENT33
OR ENTITY() = ENT36 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = PALLET THEN ROUTE 2
1 ALL EXIT FIRST 1
2 Pallet Shf_FE2 FIRST 1
ALL Shf_FE3 IF ENTITY() = ENT46
OR ENTITY() = ENT52
OR ENTITY() = ENT53
OR ENTITY() = ENT54
OR ENTITY() = ENT57 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = PALLET THEN ROUTE 2
1 ALL EXIT FIRST 1
2 Pallet Shf_FE3 FIRST 1
ALL Shf_BE1 IF ENTITY() = ENT2
OR ENTITY() = ENT3
OR ENTITY() = ENT4
OR ENTITY() = ENT5
OR ENTITY() = ENT6
OR ENTITY() = ENT7
OR ENTITY() = ENT8
OR ENTITY() = ENT9
OR ENTITY() = ENT12
OR ENTITY() = ENT13
OR ENTITY() = ENT14
OR ENTITY() = ENT16
OR ENTITY() = ENT17
OR ENTITY() = ENT18
OR ENTITY() = ENT19
OR ENTITY() = ENT20
```

```
OR ENTITY() = ENT21
OR ENTITY() = ENT22
OR ENTITY() = ENT23
OR ENTITY() = ENT24
OR ENTITY() = ENT25 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = PALLET THEN ROUTE 2
1 ALL EXIT FIRST 1
2 Pallet Shf_BE1 FIRST 1
ALL Shf_BE2 IF ENTITY() = ENT27
OR ENTITY() = ENT28
OR ENTITY() = ENT29
OR ENTITY() = ENT30
OR ENTITY() = ENT31
OR ENTITY() = ENT34
OR ENTITY() = ENT35
OR ENTITY() = ENT37
OR ENTITY() = ENT38
OR ENTITY() = ENT39
OR ENTITY() = ENT40
OR ENTITY() = ENT41
OR ENTITY() = ENT42
OR ENTITY() = ENT43
OR ENTITY() = ENT44
OR ENTITY() = ENT45 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = PALLET THEN ROUTE 2
1 ALL EXIT FIRST 1
2 Pallet Shf_BE2 FIRST 1
ALL Shf_BE3 IF ENTITY() = ENT47
OR ENTITY() = ENT48
OR ENTITY() = ENT49
OR ENTITY() = ENT50
OR ENTITY() = ENT51
OR ENTITY() = ENT55
OR ENTITY() = ENT56
OR ENTITY() = ENT58
OR ENTITY() = ENT59
OR ENTITY() = ENT60
OR ENTITY() = ENT61
OR ENTITY() = ENT62
OR ENTITY() = ENT63
OR ENTITY() = ENT64
OR ENTITY() = ENT65
OR ENTITY() = ENT66 THEN ROUTE 1
ELSE IF ENTITY() = PALLET THEN ROUTE 2
1 ALL EXIT FIRST 1
2 Pallet Shf_BE3 FIRST 1
*****************************************************************************
* Arrivals *
*****************************************************************************
Entity Location Qty Each First Time Occurrences Frequency Logic
-------- -------- ---------- ---------- ---------- ------------------------- ----------
--
ENT1 Shf_FE1 1 0 inf G(2.53,113)Min ENT_ATT = 1
PRG = 4
ENT2 Shf_BE1 BI(3,0.4) 0 inf 48 HR ENT_ATT = 2
PRG = 5
ENT3 Shf_BE1 P(1.13) 0 inf 48 HR ENT_ATT = 3
PRG = 6
ENT10 Shf_FE1 1 0 inf G(2.53,113) min ENT_ATT = 10
PRG = 9
ENT11 Shf_FE1 1 0 inf W(1.78,91.9) MIN ENT_ATT = 11
PRG = 10
ENT15 Shf_FE1 1 0 INF N(1410,115) MIN ENT_ATT = 15
PRG = 9
Pallet Shf_FE1 1 0 1 ENT_ATT = 100
Pallet Shf_BE1 1 0 1 ENT_ATT = 101
Pallet Shf_FE2 1 0 1 ENT_ATT = 200
Pallet Shf_BE2 1 0 1 ENT_ATT = 201
Pallet Shf_FE3 1 0 1 ENT_ATT = 300
Pallet Shf_BE3 1 0 1 ENT_ATT = 301
ENT4 Shf_BE1 1 0 INF P6(3.79,5.46,277) MIN ENT_ATT = 4
PRG = 7
ENT5 Shf_BE1 1 0 INF P5(2.71,585) MIN ENT_ATT = 5
PRG = 7
ENT6 Shf_BE1 1 0 INF E(385) MIN ENT_ATT = 6
PRG = 7
ENT7 Shf_BE1 1 0 INF E(374) MIN ENT_ATT = 7
PRG = 7
ENT8 Shf_BE1 1 0 INF P6(2.64,2.35,20,69.4) MIN ENT_ATT = 8
PRG = 8
ENT9 Shf_BE1 1 0 INF P5(1.53,98.4) MIN ENT_ATT = 9
```

```
PRG = 8
ENT12 Shf_BE1 1 0 INF N(521,134)MIN ENT_ATT = 12
PRG = 11
ENT13 Shf_BE1 1 0 INF W(2.26,374) MIN ENT_ATT = 13
PRG = 11
ENT14 Shf_BE1 1 0 INF N(344,220) MIN ENT_ATT = 14
PRG = 12
ENT16 Shf_BE1 1 0 INF N(166,64.1) MIN ENT_ATT = 16
PRG = 13
ENT17 Shf_BE1 1 0 INF N(179,68) MIN ENT_ATT = 17
PRG = 13
ENT18 Shf_BE1 1 0 INF N(195,78) MIN ENT_ATT = 18
PRG = 13
ENT19 Shf_BE1 GEO(0.229) 0 INF 1 HR ENT_ATT = 19
PRG = 14
ENT20 Shf_BE1 1 0 INF N(182,52.5)MIN ENT_ATT = 20
PRG = 1
ENT21 Shf_BE1 1 0 INF G(23.2,14.7) MIN ENT_ATT = 21
PRG = 1
ENT22 Shf_BE1 1 0 INF N(170,62.1) MIN ENT_ATT = 22
PRG = 1
ENT23 Shf_BE1 1 0 INF E(324)MIN ENT_ATT = 23
PRG = 2
ENT24 Shf_BE1 1 0 INF P5(3.65,276) MIN ENT_ATT = 24
PRG = 3
ENT25 Shf_BE1 1 0 INF P5(4.19,486) MIN ENT_ATT = 25
PRG = 3
ENT26 Shf_FE2 1 0 INF N(276,111) MIN ENT_ATT = 26
PRG = 4
ENT27 Shf_BE2 BI(3,0.4) 0 INF 48 HR ENT_ATT = 27
PRG = 5
ENT28 Shf_BE2 P(1.13) 0 INF 48 HR ENT_ATT = 28
PRG = 6
ENT29 Shf_BE2 1 0 INF P5(2.57,272) MIN ENT_ATT = 29
PRG = 7
ENT30 Shf_BE2 1 0 INF P5(2.36,373) ENT_ATT = 30
PRG = 7
ENT31 Shf_BE2 1 0 INF P5(8.36,450) MIN ENT_ATT = 31
PRG = 8
ENT32 Shf_FE2 1 0 INF P5(22.5, 9.31e+003)MIN ENT_ATT = 32
PRG = 9
ENT33 Shf_FE2 1 0 INF P6(1.66,3.02,147) MIN ENT_ATT = 33
PRG = 10
ENT34 Shf_BE2 1 0 INF N(472,197)MIN ENT_ATT = 34
PRG = 11
ENT35 Shf_BE2 1 0 INF B(1.28,4.9,65,1310) ENT_ATT = 35
PRG = 12
ENT36 Shf_FE2 1 0 INF B(0.745,0.704,75,1540) MIN ENT_ATT = 36
PRG = 9
ENT37 Shf_BE2 1 0 INF N(146,91) MIN ENT_ATT = 37
PRG = 13
ENT38 Shf_BE2 1 0 INF N(160,93.5) MIN ENT_ATT = 38
PRG = 13
ENT39 Shf_BE2 1 0 INF 30+L(4.93,0.673) MIN ENT_ATT = 39
PRG = 13
ENT40 Shf_BE2 GEO(0.223) 0 INF 1 HR ENT_ATT = 40
PRG = 14
ENT41 Shf_BE2 1 0 INF G(8.32,22.2)MIN ENT_ATT = 41
PRG = 1
ENT42 Shf_BE2 1 0 INF P6(8.03,27.7,505)MIN ENT_ATT = 42
PRG = 1
ENT43 Shf_BE2 1 0 INF G(9.87,25.2) MIN ENT_ATT = 43
PRG = 1
ENT44 Shf_BE2 1 0 INF G(20.5,12.5)MIN ENT_ATT = 44
PRG = 2
ENT45 Shf_BE2 1 0 INF P5(7.49,456)MIN ENT_ATT = 45
PRG = 3
ENT46 Shf_FE3 1 0 INF T(47,47,692)MIN ENT_ATT = 46
PRG = 4
ENT47 Shf_BE3 BI(3,0.4) 0 INF 48 HR ENT_ATT = 47
PRG = 5
ENT48 Shf_BE3 BI(3,0.4) 0 INF 48 HR ENT_ATT = 48
PRG = 5
ENT49 Shf_BE3 P(1.13) 0 INF 48 HR ENT_ATT = 49
PRG = 6
ENT50 Shf_BE3 1 0 INF P5(5.93,634)MIN ENT_ATT = 50
PRG = 7
ENT51 Shf_BE3 1 0 INF P5(7.92,476)MIN ENT_ATT = 51
PRG = 8
ENT52 Shf_FE3 1 0 INF IG(279,155)MIN ENT_ATT = 52
PRG = 9
```

```
ENT53 Shf_FE3 1 0 INF B(1.23,2.99,21,264)MIN ENT_ATT = 53
PRG = 10
ENT54 Shf_FE3 1 0 INF P5(2.57,314)MIN ENT_ATT = 54
PRG = 10
ENT55 Shf_BE3 1 0 INF B(1.31,0.967,205,768)MIN ENT_ATT = 55
PRG = 11
ENT56 Shf_BE3 1 0 INF P6(1.49,9.81,1820)MIN ENT_ATT = 56
PRG = 12
ENT57 Shf_FE3 1 0 INF N(1180,478)MIN ENT_ATT = 57
PRG = 9
ENT58 Shf_BE3 1 0 INF G(7.72,28.9)MIN ENT_ATT = 58
PRG = 13
ENT59 Shf_BE3 1 0 INF N(135,92.8)MIN ENT_ATT = 59
PRG = 13
ENT60 Shf_BE3 1 0 INF N(131,67.7)MIN ENT_ATT = 60
PRG = 13
ENT61 Shf_BE3 GEO(0.215) 0 INF 1 HR ENT_ATT = 61
PRG = 14
ENT62 Shf_BE3 1 0 INF G(32.3,9.67)MIN ENT_ATT = 62
PRG = 1
ENT63 Shf_BE3 1 0 INF T(4,4,502)MIN ENT_ATT = 63
PRG = 1
ENT64 Shf_BE3 1 0 INF G(20.5,12.5)MIN ENT_ATT = 64
PRG = 1
ENT65 Shf_BE3 1 0 INF B(1.28,2.01,54.8,697)MIN ENT_ATT = 65
PRG = 2
ENT66 Shf_BE3 1 0 INF T(9,69,93.7)MIN ENT_ATT = 66
PRG = 3
*****************************************************************************
* Attributes *
*****************************************************************************
ID Type Classification
---------- ------------ --------------
Ent_Att Integer Entity
PRG Integer Entity
*****************************************************************************
* Variables (global) *
*****************************************************************************
ID Type Initial value Stats
------------ ------------ ------------- -----------
VOUT_MET1MH1 Integer 0 Time Series
Counter Integer 0 Time Series
VOUT_MET1MH2 Integer 0 Time Series
VOUT_MET2MH1 Integer 0 Time Series
VOUT_MET2MH2 Integer 0 Time Series
VOUT_MET3MH1 Integer 0 Time Series
VOUT_MET3MH2 Integer 0 Time Series
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย พันธกานต์ ศรีโสภา เกิดเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2526 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จบการศึกษาปี พ.ศ. 2548 และได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาโทในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทำงานตำแหน่งวิศวกรอุตสาหการ ในส่วนการออกแบบผังโรงงาน ฝ่ายวิศวกรรมอุตสาหการ บริษัทแมกเนคอมพ์ พรีซิชั่น เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย