การพัฒนาวิธีจัดลำดับการผลิตโดยใช้วีบีเอ
บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล

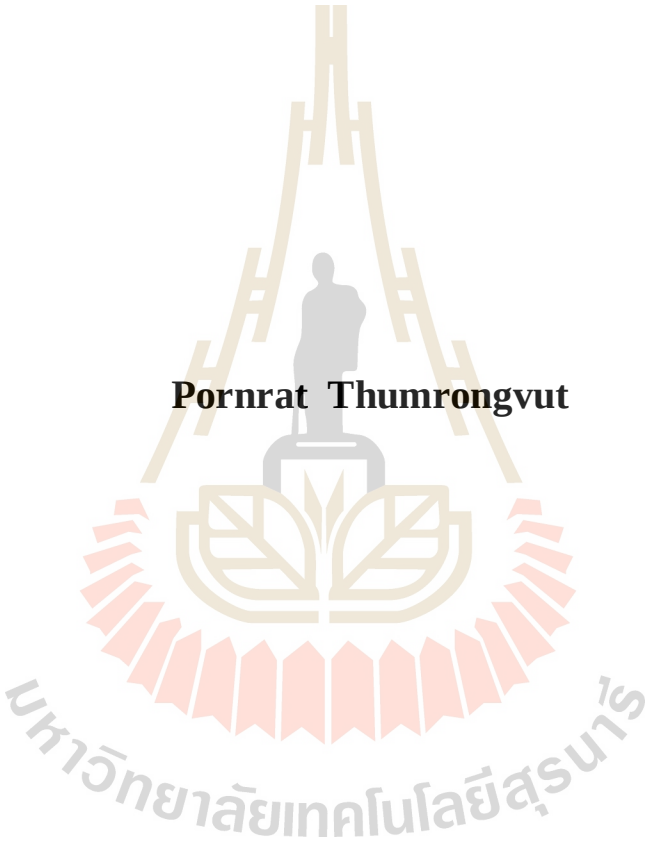
นางพรรัตน์ ธำรงวุฒิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2560

THE DEVELOPMENT FOR SEQUENCING PRODUCTION USING VISUAL BASIC FOR APPLICATION (VBA) ON MICROSOFT EXCEL

Pornrat Thumrongvut



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2017

การพัฒนาวิธีจัดลำดับการผลิตโดยใช้วีบีเอบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์)
ประธานกรรมการ

(อ. ดร.นรา สมัตถภาพงศ์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.นิวิท เจริญใจ)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พรรัตน์ ธำรงวุฒิ : การพัฒนาวิธีจัดลำดับการผลิตโดยใช้วีบีเอบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (THE DEVELOPMENT FOR SEQUENCING PRODUCTION USING VISUAL BASIC FOR APPLICATION (VBA) ON MICROSOFT EXCEL) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์, 105 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการจัดลำดับการผลิตหลายงานแบบเครื่องจักรหลายเครื่องโดยใช้ VBA บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล เพื่อลดเวลาในการจัดตารางการผลิตของปัญหาในกรณีศึกษา ปัญหาของการจัดลำดับการผลิตเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง และเป็นปัญหาที่สำคัญของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นการยากที่จะหาวิธีที่ดีที่สุดมาใช้ในแก้ไขปัญหาเหล่านี้ เนื่องจากมีตัวแปรมากมายที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต อาทิเช่น ระยะเวลาการทำงาน เวลารอคอยงาน เวลาว่างของเครื่องจักร เป็นต้น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาแนวทางแก้ปัญหาของกรณีศึกษาที่กำหนดให้มี 5 งาน ทำงานบนเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่อง เป็นการศึกษาเฉพาะกระบวนการทำงานบนเครื่องจักรเท่านั้น เพื่อนำมาพิจารณาเป็นเงื่อนไขของการวางแผนในการจัดลำดับการผลิต โดยงานแต่ละประเภททำได้ที่เครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่งครั้งละงาน เครื่องจักรทุกเครื่องมีความพร้อมในการปฏิบัติงานทุกเมื่อ และเครื่องจักรเครื่องนั้นจะพร้อมใช้กับงานอื่นถัดไปต่อเมื่องานก่อนหน้านั้นเสร็จแล้วเท่านั้น ด้วยลำดับการทำงาน ระยะเวลาการทำงาน และเครื่องจักรที่แตกต่างกัน

จากการประมวลผลของโปรแกรมพบว่า การเขียนคำสั่ง VBA ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล เป็นวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหาในการจัดลำดับการผลิตกับกรณีศึกษาได้ ซึ่งผลการคำนวณที่ได้นั้น ให้ค่าเวลาที่ใช้ในการผลิตงานเสร็จทุกงานดีกว่าวิธีดั้งเดิมจาก 36 นาที ลดลงเหลือ 34 นาที ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.56 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้โปรแกรม VBA เป็นค่าที่ถูกต้อง แม่นยำ และใช้เวลาการประมวลผลในโปรแกรมได้อย่างรวดเร็วในเวลา 12 นาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนักศึกษา พรรัตน์ ธำรงวุฒิ

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

PORNRAT THUMRONGVUT : THE DEVELOPMENT FOR SEQUENCING PRODUCTION USING VISUAL BASIC FOR APPLICATION (VBA) ON MICROSOFT EXCEL. THESIS ADVISOR : NARA SAMATTAPAPONG, Ph.D., 105 PP.

SEQUENCING PRODUCTION/MAKESPAN/SCHEDULING PRODUCTION/ VISUAL BASIC FOR APPLICATION

The objectives of this research are to developing efficiency of the sequencing production and improving method multiple machine-multiple job scheduling problem for reduce the time scheduling production using visual basic for application (VBA) on Microsoft Excel approach to the case study. Sequencing problem is a frequently occurring and important issues for industrial and the manufacturing system. However, it is difficult to find out the best method to schedule production. Since many variables will affect the manufacturing system such as processing time, queue time, idle time, waiting time. This research studies especially manufacturing on machines. The case study problem become finding a makespan all jobs from start to finish completing and to obtain a sequence of the jobs in the machines including five jobs and four machines flow shop. Each machine can handle one job at a time (at most one operation), preemption is not allowed and all machines are continuously available (no breakdown).

Based on the test results, the code for the algorithm is written by using VBA with a Microsoft Excel interface. This developed algorithm with an encoding method was applied to this case as an experimental study. From analytical algorithm, the algorithm with VBA show better performance reasonable optimization makespan than the original method was decreased from 36 minutes to 34 minutes. The results indicated that the effective solutions

can indeed improvement of this research at 5.56 percent with the accurate results and evaluated 12 minutes.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Industrial Engineering

Academic Year 2017

Student's Signature พรรษพล ศิลาธรรมสิทธิ์

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ ด้านการดำเนินงานวิจัย และด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้โอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัย ให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ แนะนำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และสละเวลาตรวจสอบข้อบกพร่องและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำเสนอแนะในการทำวิทยานิพนธ์และมีความเมตตาประสิทธิ์ประสาทวิชาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัยและการทำงานในอนาคต

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล กรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิท เจริญใจ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับการให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และเจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ทุกท่าน

ขอขอบพระคุณ คุณสุทธิดา อธิธาดา คุณอภิชญา วัฒนาภรณ์ และคุณสหรัช สุวรรณศรี นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ร่วมมือทำงานจนงานวิจัยสำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้โอกาสทางการศึกษา

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่ให้การอบรมสั่งสอนทุกสิ่งอย่างเสมอมา รวมทั้งสามีของผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักษดา ธำรงวุฒิ ที่ให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้าน อีกทั้งยังสนับสนุนในด้านการเงินและเป็นกำลังใจอันสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

พรรัตน์ ธำรงวุฒิ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและปริทัศน์วรรณกรรม 5
2.1 บทนำ 5
2.2 ความหมายและประเภทของการผลิต 5
2.3 ความสำคัญของการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต 7
2.4 ปัญหาการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต 9
2.5 วิธีการจัดลำดับการผลิต 13
2.5.1 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic Method) 15
2.5.2 วิธีอัลกอริทึม (Algorithm Method) 16
2.6 Visual Basic for Application (VBA) 17
2.6.1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรม VBA 17
2.6.2 ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 19

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 21
3.1 บทนำ 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ข้อมูลของปัญหาในงานวิจัย 23
3.3 การจัดลำดับการผลิตด้วย Solver 24
3.3.1 การนำ Solver ไปใช้ในงานวิจัย 25
3.4 การจัดลำดับการผลิตด้วย VBA 29
3.4.1 การนำ VBA ไปใช้ในงานวิจัย 31
3.5 การศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Solver และ VBA 37
4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล 38
4.1 บทนำ 38
4.2 การประมวลผลและวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการใช้ Solver 38
4.2.1 การประมวลผลการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ Solver 38
4.2.2 การวิเคราะห์ผลของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ Solver 42
4.3 การประมวลผลและวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการใช้ VBA 43
4.3.1 วิธีการจัดเรียงลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมด 43
4.3.2 การประมวลผลการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA 45
4.3.3 การวิเคราะห์ผลของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA 48
4.4 วิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล 54
4.5 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างการใช้ Solver และ VBA 57
4.5.1 เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิต 57
4.5.2 รอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) 58
4.5.3 เวลาสูญเปล่าของเครื่องจักรและอัตราการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักร 59
4.6 เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดทุกรูปแบบการจัดเรียง 60
5 สรุปผลงานวิจัย 63
5.1 บทนำ 63
5.2 สรุปผลทดสอบ 63
5.3 ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการใช้งาน 64
5.4 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป 65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง 66

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การติดตั้งโปรแกรม Solver 71
ภาคผนวก ข. การติดตั้งโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล 76
ภาคผนวก ค. การใช้งานโปรแกรม VBA สำหรับการจัดลำดับการผลิต 78
ภาคผนวก ง. รายการโปรแกรม (Program Listings) 82
ภาคผนวก จ. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา 97

ประวัติผู้เขียน 105

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ขั้นตอนงาน ระยะเวลาการทำงาน และเครื่องจักรที่ใช้ 4
2.1 ชนิดข้อมูล 18
2.2 การประกาศตัวแปร 18
2.3 ชนิดของค่าคงที่ 19
3.1 ระยะเวลาการทำงานและเครื่องจักรที่ใช้ของแต่ละงาน 24
3.2 จัดกลุ่มงานตามประเภทของเครื่องจักร 32
4.1 ผลลัพธ์ของการใช้ Solver 41
4.2 ผลลัพธ์ของการใช้ VBA 47
4.3 การเปรียบเทียบเวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมด 58
4.4 การเปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิต 59
4.5 การเปรียบเทียบเวลาสูญเปล่าของเครื่องจักร และอัตราการใช้เครื่องจักร 60
4.6 จำนวนผลลัพธ์เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมด 61

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 รายละเอียดงานของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการวางแผน 9
2.2 แผนภูมิแกนต์ 10
2.3 ประเภทของปัญหาการจัดตารางงาน 12
3.1 แผนภาพ (Flow Chart) วิธีการดำเนินงานวิจัย 22
3.2 Worksheet Model 27
3.3 การป้อนค่าใน Solver Parameters 28
3.4 Add Constraint 28
3.5 หน้าต่างของ Solver Results 29
3.6 การเรียกใช้งาน VBA 30
3.7 ส่วนประกอบของชุดคำสั่ง VBA 31
3.8 ตัวอย่างของผลลัพธ์ของรูปแบบการจัดเรียงที่เป็นไปได้ทั้งหมด 33
3.9 แผนภาพการใช้ VBA จัดลำดับการผลิต 34
3.10 สมุดงาน (Worksheet Model) ของ VBA 35
3.11 ตัวอย่างของการแสดงผลข้อมูล (Output Data) 36
4.1 การจัดลำดับการผลิตโดยใช้ Solver 39
4.2 รูปแบบการจัดเรียงแบบ ABCD ACB EBCD EAB 39
4.3 แผนภูมิแกนต์ของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ Solver 42
4.4 Worksheet Model: Output รูปแบบการจัดเรียง 44
4.5 Worksheet Model: Data การประมวลผล 46
4.6 รูปแบบการจัดเรียงแบบ CDAB CAB ECDB EAB 46
4.7 รูปแบบการจัดเรียงแบบ BADC ABC EBDC EAB 49
4.8 เวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) ต่ำที่สุด 50
4.9 แผนภูมิแกนต์ของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA 51
4.10 รูปแบบการจัดเรียงแบบ ABCD ABC CBDE ABE 52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.11 ตัวอย่างรูปแบบการจัดเรียงที่ไม่สามารถหาค่าได้ 54
4.12 ตัวอย่างการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล 56
4.13 รูปแบบการจัดเรียงแบบเดิม และแบบใหม่ 57
4.14 เวลารวมของงานทั้งหมดในแต่ละเครื่องจักร 58
4.15 รอบเวลาในการผลิตของงานต่าง ๆ 59
4.16 จำนวนความถี่ของรูปแบบการจัดเรียงที่ให้เวลารวมของเครื่องจักรเท่ากัน 62
5.1 รูปแบบการจัดเรียงลำดับการผลิต 64
ก.1 เตรียมติดตั้ง Solver Add-In 72
ก.2 กล่อง Add-Ins 73
ก.3 คำสั่ง Solver ในแท็บ Data ของ Toolbar 73
ข.1 หน้าต่าง Excel Option 75
ข.2 แท็บ Developer 76
ข.3 หน้าต่าง Trust Center 76
ข.4 Macro Settings 77
ค.1 ไฟล์โปรแกรม Production Sequencing 79
ค.2 แผ่นงาน Data 80
ค.3 แผ่นงาน Output 80

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์ในปัจจุบันอุตสาหกรรมแต่ละภาคส่วนนั้นมีการแข่งขันกันที่สูงมาก ส่งผลให้ทุกองค์กรมีการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ มีการปรับกลยุทธ์ในการแข่งขัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency) ของตนเองให้โดดเด่นกว่าคู่แข่ง ในอุตสาหกรรมการผลิตก็เช่นเดียวกันต่างมุ่งความสำคัญไปยังความต้องการของลูกค้า (Customer Demands) เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ แต่การที่จะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ลูกค้าพึงพอใจได้นั้น ทางผู้ผลิตต้องคำนึงถึงเงื่อนไขในเรื่องของต้นทุน คุณภาพของสินค้า การบริการ และความรวดเร็วในการส่งมอบ กล่าวคือต้องผลิตสินค้าให้มีคุณค่าในการใช้งานและมีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า และส่งให้ทันในเวลาที่กำหนดโดยมีต้นทุนที่ใช้ในการผลิตที่ต่ำที่สุด ดังนั้นทางภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้มีการนำเอาเครื่องจักรเข้ามาใช้แทนแรงงานคน ซึ่งข้อดีของการใช้เครื่องจักร คือทำให้มีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูง งานมีคุณภาพสม่ำเสมอ สามารถผลิตได้จำนวนมากและรวดเร็ว ในอดีตนั้นคนบางกลุ่มมีความเห็นว่าการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น การใช้เครื่องจักรกลต่าง ๆ หรือการใช้หุ่นยนต์นั้น จะทำลายการจ้างงานของแรงงาน จนกระทั่งเมื่อเวลาผ่านไปมีการพัฒนาเศรษฐกิจความเห็นที่ว่านี้ก็ได้รับการพิสูจน์ว่าไม่สามารถเกิดขึ้นได้ เพราะเมื่อมีการนำเครื่องจักรมาใช้ในการผลิตภายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้น แรงงานคนก็สามารถพัฒนายกระดับทักษะการทำงานให้สูงขึ้นเช่นกัน เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับเครื่องจักรได้ และยังก่อให้เกิดรายได้ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการพัฒนาที่กล่าวมานี้สามารถขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี และนวัตกรรมนำไปสู่ยุคดิจิทัลไทยแลนด์ 4.0 (Digital Thailand 4.0)

เมื่อมีการนำเครื่องจักรมาใช้ในกระบวนการผลิต สิ่งต่อไปที่ต้องคำนึงถึงคือ การจัดตารางการผลิต (Scheduling) และการจัดลำดับการผลิต (Sequencing) ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญที่ต้องได้รับการพิจารณาเพื่อนำมาซึ่งประสิทธิภาพในการผลิตภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น ข้อจำกัดทางด้านเครื่องจักรและลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งในหลาย ๆ องค์กรมักไม่มีการวางแผนเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิต ไม่ได้คำนึงถึงลำดับการผลิตก่อนหลัง หรืออาจมีการจัดการตารางการผลิตที่ไม่เหมาะสมทำให้เครื่องจักรมีการเสียเวลารอ หรือสูญเสียโอกาสในกระบวนการผลิต ส่งผลให้งานส่งมอบล่าช้ากว่ากำหนด ซึ่งการจัดตารางการผลิตเป็นการจัดทำแผนการผลิตที่ระบุเจาะจงลงไปว่าจะทำการผลิตชิ้นงานอะไร จำนวนเท่าใด และเสร็จเมื่อเวลาใด (Vieira and Favaretto, 2006; Feng et al., 2011) จึงกล่าวได้ว่าการจัดตารางการผลิตเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อสมรรถนะการผลิต กล่าวคือ หากวิธีการจัดตารางการผลิตมีสมรรถนะต่ำ จะทำให้ต้นทุนสูงขึ้นและอาจนำมาซึ่งปัญหาทางด้านการผลิตอีกมากมาย แต่หากจะทำให้

การจัดตารางการผลิตมีสมรรถนะสูงได้นั้นไม่ใช่งานที่ทำได้โดยง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่กระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อน ดังนั้น ลำดับการผลิตก่อนหลังในกระบวนการผลิตสินค้า (Precedence Constraint) จึงเป็นเงื่อนไขสำคัญในการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดและให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า (บรรหาร ลิลา, 2553) ความหมายของทรัพยากรในที่นี้รวมไปถึงสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้ในการผลิต เช่น เครื่องจักร อุปกรณ์ แรงงาน และวัตถุดิบ ซึ่ง การจัดตารางการผลิตโดยทั่วไปมีความยุ่งยากซับซ้อนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของปัจจัยการผลิตที่แตกต่างกัน โดยวิธีการที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันมี ได้แก่ วิธีฮิวริสติก (Heuristic Method) และ วิธีอัลกอริทึม (Algorithm Method) วิธีฮิวริสติกเป็นการพิจารณาหาทางเลือกที่เหมาะสมให้กับปัญหาการตัดสินใจที่ซับซ้อนเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดด้านเวลา และค่าใช้จ่าย บางครั้งการใช้ฮิวริสติกอาจทำให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจได้เร็วกว่า และเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าทางเลือกที่ใช้อยู่ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้ฮิวริสติกคือนำไปใช้กับสถานการณ์เฉพาะบางอย่างที่มีการวางเป้าหมายเอาไว้ตั้งแต่ต้นเท่านั้น อีกปัญหาหนึ่งก็คือทางแก้ปัญหาที่ได้จากการใช้ฮิวริสติกอาจไม่ใช่ทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด แต่เป็นเพียงทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ของปัญหานั้น และอีกวิธีการที่เป็นที่นิยมคือ วิธีอัลกอริทึม เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่สามารถเข้าใจได้ มีลำดับหรือวิธีการในการแก้ไขปัญหาใดปัญหาหนึ่งอย่างเป็นขั้นเป็นตอนและชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกที่อาจใช้ความรู้สึกเข้ามาตัดสินใจ โดยทั่วไปแล้ววิธีอัลกอริทึมจะประกอบด้วยวิธีการเป็นขั้น ๆ และมีส่วนที่ต้องทำแบบวนซ้ำ (Iterate) โดยใช้ตรรกะในการเปรียบเทียบในขั้นตอนต่าง ๆ จนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการทำงานนั้นในการทำงานประเภทเดียวกัน อาจเลือกขั้นตอนวิธีที่ต่างกันเพื่อแก้ปัญหาได้ โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นสุดท้ายจะออกมาเหมือนกันหรือไม่ก็ได้ และจะมีความแตกต่างที่จำนวน และชุดคำสั่งที่ใช้ต่างกันซึ่งส่งผลให้เวลา และขนาดหน่วยความจำที่ต้องการต่างกัน หรือเรียกได้อีกอย่างว่ามีความซับซ้อน (Complexity) ต่างกัน โดยเครื่องมือที่เป็นส่วนหนึ่งของวิธีอัลกอริทึมที่จะนำมาช่วยแก้ปัญหาในงานวิจัยนี้คือ Visual Basic for Application (VBA) เป็นการเขียนคำสั่งด้วยภาษาวิชวลเบสิก (Visual Basic) เพื่อใช้สั่งงานโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งพบว่าในปัจจุบันหลาย ๆ องค์กรได้มีการใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลในการวางแผนกระบวนการผลิต แต่เนื่องจากบางครั้งปัญหาที่ได้รับการแก้ไขนั้นต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์ กล่าวคือคนทั่วไปอาจไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ หรืออาจเกิดความผิดพลาด ทำให้งานที่มีการวางแผนเอาไว้เกิดความไม่ต่อเนื่อง หรือคนที่มารับช่วงทำต่อต้องมีการเริ่มต้นเรียนรู้ในเรื่องนั้นใหม่ ทำให้เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีการนำ VBA มาแก้ปัญหาซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งาน ลดงานที่ซ้ำซ้อนลงไปได้ อีกทั้งงานที่ประมวลผลด้วย VBA นี้จะรวดเร็วและถูกต้องกว่าการทำงานด้วยคน และการที่นำ VBA มาใช้ในการวางแผนจัดตารางการผลิตจะช่วยให้ลดระยะเวลาทำงานในการจัดตารางการผลิตและช่วยให้การจัดลำดับการผลิตของงานแต่ละงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น อีกทั้ง VBA เป็นโปรแกรมพื้นฐานที่ใช้ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล ที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้งานแต่อย่างใด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

พัฒนาวิธีการจัดลำดับการผลิตหลายงานแบบเครื่องจักรหลายเครื่อง (Multiple Machine - Multiple Job Scheduling Problem) โดยใช้ VBA บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล เพื่อลดเวลาในการจัดตารางการผลิต

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 งานวิจัยนี้กำหนดให้มี 5 งาน ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 8 ขั้นตอน และเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่อง แสดงข้อมูลดังตารางที่ 1.1

1.3.2 ศึกษาเฉพาะกระบวนการทำงานบนเครื่องจักรเท่านั้น เพื่อนำมาพิจารณาเป็นเงื่อนไขของการวางแผนในการจัดลำดับการผลิต

1.3.3 เครื่องจักรทุกเครื่องในระบบ มีความพร้อมในการปฏิบัติงาน

1.3.4 ใช้ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ในการแก้ไขปัญหา โดยการใช้ VBA ประมวลผลบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้วิธีการสำหรับเป็นตัวอย่างกรณีศึกษาในการจัดตารางการผลิตและลำดับการผลิตที่มีเงื่อนไขการทำงานสอดคล้องกับงานวิจัยนี้

1.4.2 นำไปสู่การพัฒนาการจัดตารางการผลิตและลำดับการผลิตในเวลาที่สั้นลงโดยที่ผลลัพธ์ของเวลาการผลิตรวมมีค่าน้อยที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนงาน ระยะเวลาการทำงาน และเครื่องจักรที่ใช้

งาน	ขั้นตอนงาน	ระยะเวลา (นาที)	เครื่องจักร
A	T1	8	M1
	T2	6	M2
	T3	6	M4
B	T1	8	M1
	T4	8	M3
	T2	8	M2
	T3	4	M4
C	T5	4	M1
	T6	1	M2
	T7	2	M3
D	T5	6	M1
	T7	8	M3
E	T4	6	M3
	T8	8	M4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและปริทัศน์วรรณกรรม

2.1 บทนำ

การจัดตารางการผลิต (Scheduling) และการจัดลำดับการผลิต (Sequencing) เป็นเรื่องของการทำงาน (Job Order) และการจัดลำดับงาน (Job Sequencing) ซึ่งเป็นหนึ่งในหน้าที่หลักสำคัญของระบบการบริหารการปฏิบัติการผลิตในโรงงาน โดยที่ต้องจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ เช่น แรงงาน เครื่องจักร วัตถุดิบ และอุปกรณ์ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้มีการดำเนินการผลิตตามที่ได้รับมอบหมายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตและการจัดลำดับงาน โดยมีจุดประสงค์หลัก เพื่อศึกษา และเข้าใจถึงปัญหาของวางแผนการจัดตารางการผลิตแล้วนำไปประยุกต์ใช้ในการหาแนวทาง วิธีการดำเนินงาน ให้เกิดประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ จะกล่าวถึงวิธีที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต เพื่อสามารถนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาได้ รวมทั้งทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา และที่มีส่วนคล้ายคลึงกับงานวิจัยที่ศึกษา

2.2 ความหมายและประเภทของการผลิต

การผลิต (Production) เป็นการสร้างสินค้า และบริการ โดยใช้ปัจจัยการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยที่ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตต้องมีประโยชน์ในด้านหน้าที่ใช้สอยที่เกิดประโยชน์ มีรูปร่างลักษณะที่สวยงาม ผลิตในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ และได้ผลผลิตทันเวลา วัตถุประสงค์ของการผลิต ได้แก่ การสร้างคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับคุณภาพที่กำหนดได้ การมีระดับต้นทุนที่ต่ำ ซึ่งแสดงถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การมีความสามารถที่จะส่งผลิตภัณฑ์ได้ทันเวลาที่กำหนดแก่ลูกค้า การมีความยืดหยุ่นที่จะปรับปริมาณการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า และสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงไป

ประเภทของการผลิตแบ่งตามลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. การผลิตตามคำสั่งซื้อ (Made to Order) เป็นการผลิตที่คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย ซึ่งมีกระบวนการผลิต และวัตถุดิบที่ต้องการจะใช้ก็มีความแตกต่างกัน เช่น การตัดเย็บชุดวิวาห์ การรับสร้างบ้านบนที่ดินของลูกค้า ดังนั้นกระบวนการผลิตจึงไม่สามารถคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าได้ และเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ต้องเป็นแบบอเนกประสงค์ และผู้ผลิตต้องมีความสามารถ และความชำนาญหลายอย่าง เพื่อทำการผลิตสิ่งที่ลูกค้าต้องการได้ เช่น การจัดตาราง

การผลิตแบบตามสั่ง สำหรับอุตสากรรมสิ่งทอ (ยอดดวงใจ นาคปฐม และกัญจนา ทองสนิท, 2555) การจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตขวดพลาสติกแบบที่มีการพิมพ์สี (พรไพบูลย์ ปุษปาคม, 2557) เป็นต้น

2. การผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Made to Stock) เป็นการผลิตที่มีคุณลักษณะเป็นมาตรฐานเดียวกันตามความต้องการของกลุ่มลูกค้าเป้าหมายส่วนใหญ่ เช่น การผลิตรถยนต์ การผลิตสบู่ ทำให้การจัดหาวัตถุดิบ และการเตรียมกระบวนการผลิตสามารถทำได้ล่วงหน้า (กรรณ จิตเมตตา และปรเมศ ชุติมา, 2554) เครื่องจักรอุปกรณ์จะเป็นเครื่องมือเฉพาะงาน และผู้ผลิตถูกอบรมมาเพื่อทำงานตามหน้าที่เฉพาะอย่าง

3. การผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อ (Assembly to Order) เป็นการผลิตชิ้นส่วนที่จะประกอบเป็นสินค้าสำเร็จรูปได้หลายชนิด ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านั้นจะมีลักษณะแยกออกเป็นส่วนจำเพาะหรือโมดูล (Module)โดยผลิตโมดูลรอไว้ก่อน เมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจึงทำการประกอบโมดูลให้เป็นสินค้าตามลักษณะที่ลูกค้าต้องการ จึงนับได้ว่าการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อได้นำเอาลักษณะของการผลิตเพื่อรอจำหน่าย ซึ่งมีการผลิตชิ้นส่วนเป็นโมดูลมาตรฐานที่ใช้ประกอบเป็นสินค้าหลายชนิดรอไว้มาผสมเข้ากับลักษณะของการผลิตตามคำสั่งซื้อ นำโมดูลมาประกอบ และแต่งเติมรายละเอียดให้สินค้าสำเร็จรูปมีความแตกต่างกันไปตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย

4. การผลิตแบบโครงการ (Project Manufacturing) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่มีราคาสูง และมีลักษณะเฉพาะตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างทางด่วน การต่อเรือดำน้ำ และการต่อเครื่องบิน เป็นต้น การผลิตแบบโครงการมักมีปริมาณการผลิตต่อครั้งน้อยมากหรือผลิตครั้งละชิ้นเดียว โดยใช้เวลาในการผลิตนาน การผลิตจะเกิดขึ้นที่สถานที่ตั้งของโครงการ เมื่อเสร็จงานโครงการหนึ่งจึงย้ายทั้งคน และวัสดุสิ่งของเครื่องมือต่าง ๆ ไปรับงานใหม่เครื่องมือที่ใช้จึงเป็นแบบอเนกประสงค์ซึ่งเคลื่อนย้ายได้ง่าย รวมทั้งคนงานต้องสามารถทำงานได้หลายอย่างจึงต้องใช้แรงงานมีฝีมือที่ผ่านการอบรมอย่างดี

5. การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องหรือการผลิตแบบตามสั่ง (Job Shop Production) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหลากหลายตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีปริมาณการผลิตต่อครั้งเป็นจำนวนหนึ่งและมีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตค่อนข้างบ่อย และผลผลิตไม่มีมาตรฐานมากนัก เช่น การบริการคนไข้ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล เครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ จะถูกรวมกันตามหน้าที่การใช้งานไว้ในสถานีการผลิต โดยแยกไว้เป็นหมวดหมู่อยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของผังโรงงานในจุดที่จะสามารถทำให้กระบวนการผลิตทุกผลิตภัณฑ์สามารถดำเนินไปตามขั้นตอนการผลิตที่กำหนดไว้อย่างคล่องตัว การเดินเครื่องจักรผลิตจะผลิตสินค้าชนิดหนึ่งจนได้ปริมาณตามที่ต้องการแล้วจึงเปลี่ยนไปผลิตสินค้าชนิดอื่นโดยใช้เครื่องจักรชุดเดิม นอกจากนี้ยังเป็นการผลิตแบบมุ่งเน้นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการจัดตารางการผลิต เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยวิธีการที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตแบบมุ่งเน้นกระบวนการคือผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย และมีปริมาณคำสั่งซื้อในแต่ละครั้งไม่มาก (สมโภช น้อยปลอด และดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน, 2556)

6. การผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) เป็นการผลิตที่คล้ายกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องมาก จนบางครั้งจัดเป็นการผลิตประเภทเดียวกัน แต่จะแตกต่างกันตรงที่การผลิตแบบกลุ่มจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแยกเป็นกลุ่ม ๆ โดยในแต่ละกลุ่มจะผลิตตามมาตรฐานเดียวกันทั้งระบบ ในขณะที่การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์หลากหลายมากกว่า โดยอาจต้องมีการวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรในการจัดตารางการผลิตตามกำลังการผลิตต่อประสิทธิภาพการผลิต และลักษณะการจัดเครื่องจักรอุปกรณ์ของการผลิตแบบกลุ่มจะเหมือนกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องคือ จัดเครื่องจักรตามหน้าที่การใช้งานเป็นสถานีแล้วงานจะไหลผ่านไปแต่ละสถานีตามลำดับขั้นตอนของงาน และเนื่องจากการผลิตแบบกลุ่มเป็นการผลิตของเป็นระบบ ขั้นตอนการผลิตจึงมีแบบแผนลำดับเหมือนกันเป็นกลุ่ม ๆ ตามระบบการผลิตเหล่านั้น การผลิตแบบกลุ่มนี้ใช้ได้กับการผลิตตามคำสั่งซื้อ และการผลิตเพื่อรอจำหน่าย เช่น การเย็บเสื้อโหล เป็นต้น

7. การผลิตแบบไหลผ่าน หรือการผลิตตามสายการประกอบ หรือการผลิตแบบซ้ำ (Line Flow หรือ Assembly หรือ Repetitive Production) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันในปริมาณมาก เช่น การผลิตแชมพู การผลิตรถยนต์ และการผลิตเครื่องซักผ้า เป็นต้น การผลิตแบบไหลผ่านจะมีเครื่องจักรอุปกรณ์เฉพาะของแต่ละสายผลิตภัณฑ์แยกต่างหากโดยไม่มีการใช้เครื่องจักรร่วมกัน เครื่องจักรอุปกรณ์จะเป็นแบบเฉพาะงาน สำหรับแต่ละสายผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิตที่รวดเร็ว และได้ปริมาณมาก การผลิตแบบนี้เหมาะสมกับการผลิตเพื่อรอจำหน่าย หรือใช้ในการประกอบโมดูลในการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อจากลูกค้าต่อไป

8. การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow Production) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวในปริมาณที่มากมายอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องจักรเฉพาะอย่าง ซึ่งมักจะเป็นการผลิตหรือแปรรูปทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นวัตถุดิบในการผลิตขั้นตอนต่อไป เช่น การกลั่นน้ำมัน การผลิตสารเคมี และการทำกระดาษ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 ความสำคัญของการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต

การจัดลำดับการผลิต (Production Sequencing) เป็นการวางแผนทรัพยากรต่าง ๆ เช่น แรงงาน เครื่องจักร และอุปกรณ์ โดยเพื่อมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรมากที่สุด ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านให้คำนิยามไว้ เช่น Baker (1974) ได้ให้ความหมายของการจัดลำดับการผลิตเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อทำงานที่ได้รับมอบหมายในสภาวการณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมี สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาลย์ (2548) ให้ความหมายของการจัดลำดับการผลิต คือการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของงานโดยพิจารณาทรัพยากรที่เป็นเครื่องจักร และเวลาที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับงานเพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพ และเกิดผลิตผลสูงสุด หรือ ปารเมศ ชุติมา (2546) ให้นิยามว่าเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เพียงพอกับงานที่กำหนดให้จำนวนหนึ่งภายในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้องค์กรบรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย

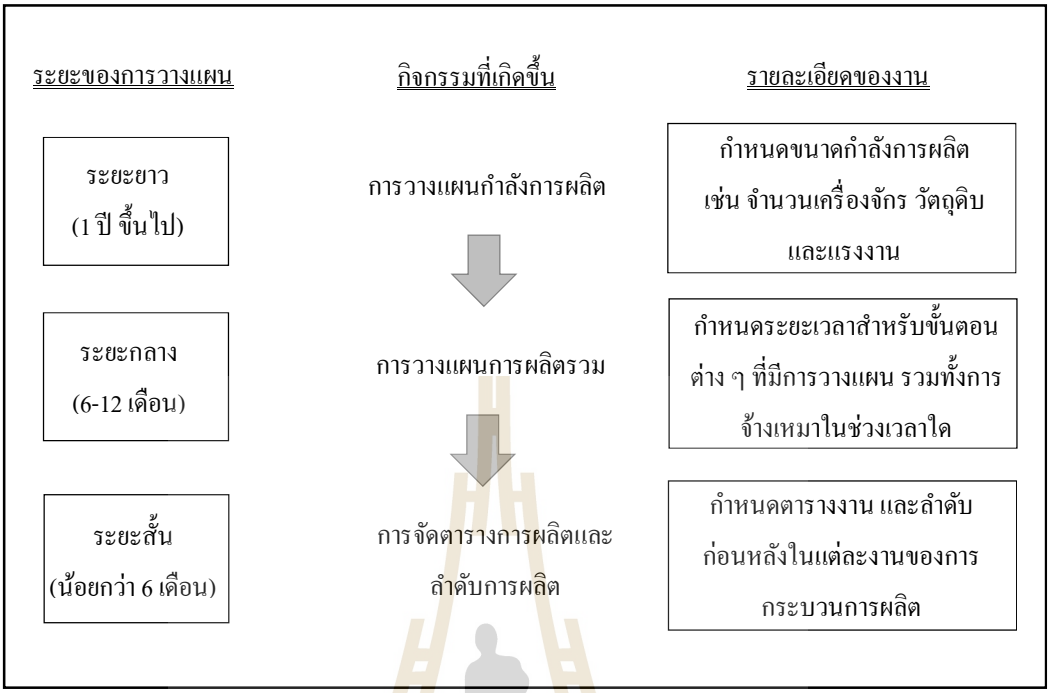
ที่ต้องการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เป้าหมายของการจัดลำดับการผลิตขององค์กรต่าง ๆ มีวัตถุประสงค์ที่คล้าย ๆ กันสามารถสรุปได้ดังนี้ (บรรหาร ลิลา, 2553)

1) สามารถส่งงานได้ทันตามกำหนด
2) ทำงานที่ส่งไม่ทันหรือเวลาที่ส่งไม่ทันให้เกิดน้อยที่สุด
3) ทำให้เวลาในการตอบสนองต่อลูกค้าสั้นที่สุด
4) ทำให้เวลาในการดำเนินการเสร็จสั้นที่สุด
5) ทำให้เวลาของงานในระบบสั้นที่สุด
6) ลดการทำงานล่วงเวลา
7) สามารถใช้ประโยชน์จากแรงงาน เครื่องจักร และอุปกรณ์ได้สูงที่สุด
8) ลดเวลาว่างงานของแรงงาน เครื่องจักร และอุปกรณ์
9) ลดงานที่อยู่ระหว่างผลิต

ในส่วนของการจัดตารางการผลิตนั้นจะเป็นการกำหนดทิศทางการจัดการต่าง ๆ ในส่วนประกอบหลักคือ กำลังการผลิตของทรัพยากร และประสิทธิภาพของการดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงได้ทันเวลาที่กำหนด ซึ่งมีวัตถุประสงค์ (ชุมพล ศฤงคารศิริ, 2554) ดังต่อไปนี้

1) ลดความล่าช้าในการผลิตส่งมอบงานให้ลูกค้าในกรณีงานไม่เสร็จทันเวลาอาจจะกระทบต่อความเชื่อถือ
2) เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3) ลดการรอคอยในกระบวนการผลิต หมายถึงลดจำนวนงานที่ต้องรอคอยโดยเฉลี่ยลงในขณะที่เครื่องจักรหรือคนยังต้องทำงานอยู่กับงานอื่น ๆ
4) ลดเวลาการทำงานล่วงเวลาให้เหลือน้อยที่สุด
5) ลดสินค้าคงคลังหรืองานระหว่างทำ ให้เหลือน้อยที่สุด
6) ลดต้นทุนรวมในการผลิตให้เหลือน้อยที่สุด

จากความสำคัญของการจัดตารางการผลิต และการจัดลำดับการผลิตที่กล่าวมานั้นเป็นเพียงกิจกรรมหนึ่งของการวางแผนกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการจัดการปัจจัยการผลิตต่าง ๆ เช่น แรงงาน (Man), เครื่องจักร (Machine), วัตถุดิบ (Materials) และกระบวนการผลิต (Method) เพื่อให้ผลการผลิตบรรลุตามเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้โดยตรงต่อความต้องการของลูกค้า (Customer Demands) ซึ่งความต้องการของลูกค้านั้นอาจเกิดจากการสั่งซื้อจริงที่เกิดขึ้นแล้ว และการพยากรณ์ความต้องการที่จะซื้อสินค้าในอนาคตตามช่วงเวลาต่าง ๆ โดยการวางแผนกระบวนการผลิตมี 3 ระยะ ได้แก่ ระยะยาว ระยะกลาง และระยะสั้น โดยรายละเอียดของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะเวลานั้นสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.1



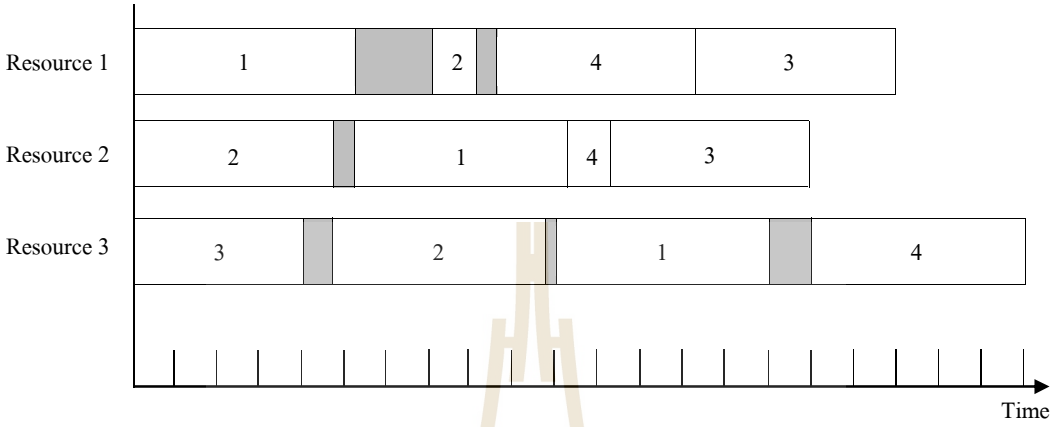
รูปที่ 2.1 รายละเอียดงานของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการวางแผน

2.4 ปัญหาการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต

ปัญหาของการจัดลำดับการผลิต (Job Sequencing Problem) มักเกิดจากงานหรือกิจกรรมนั้นมีแถวคอย (Queue) เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหรือการดำเนินงาน ซึ่งเป้าหมายหลักในการจัดลำดับการผลิตคือ ลดการสะสมของงานหรือกิจกรรมในกระบวนการผลิตหรือการดำเนินงาน ทำให้เวลาในการผลิตงานรวม (Makespan) มีค่าน้อยลง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ มีค่าน้อยลงด้วยเช่นกัน เครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดลำดับงานในการวางแผนการใช้ทรัพยากรที่มีให้เกิดประโยชน์สูงสุดในระยะเวลาที่กำหนด คือ แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งแผนภูมินี้จะช่วยให้มองเห็นภาพรวมที่ชัดเจนขึ้นระหว่างทรัพยากรการผลิตที่มี เช่น เครื่องจักร และแรงงาน กับเวลาที่มีอย่างจำกัด

ปัญหาในการจัดตารางการผลิต (Job Scheduling Problem) เป็นปัญหาที่องค์กรใช้เวลาในการดำเนินการงานต่าง ๆ มากเกินไป ซึ่งควรคำนึงถึงข้อจำกัดด้านเวลา และความสามารถ รวมทั้งข้อจำกัดในด้านการผลิตโดยที่มีทรัพยากรอยู่อย่างจำกัดเพื่อลดปัญหาในการจัดตารางการผลิต และการจัดลำดับการผลิต (Lopez and Roubellat, 2008) ซึ่งการจัดตารางการผลิตจะเริ่มต้นจากการวางแผนให้ชัดเจนว่า งานหรือกิจกรรมนี้ใครเป็นผู้รับผิดชอบ มีกำหนดระยะเวลาการดำเนินงานเท่าใด และในปริมาณเท่าไหร่

เพื่อที่จะได้จัดเตรียมทรัพยากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนงานการดำเนินการจากการกำหนดแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning)



รูปที่ 2.2 แผนภูมิแกนต์ (Baker and Trietsch, 2009)

ปัญหาการกำหนดตารางการผลิต และลำดับการผลิตนั้นค่อนข้างจะมีความหลากหลาย ซึ่งหลาย ๆ องค์กรมีการหาแนวทางแก้ไขอย่างต่อเนื่อง เช่น มีการปรับแผนการผลิตบ่อยครั้ง เป้าหมายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า หรืออาจจะเป็นการเพิ่มขึ้น หรือยกเลิกคำสั่งการผลิตอย่างกะทันหัน เพราะมีการแทรกงานใหม่เข้ามาในระบบการผลิต สิ่งเหล่านี้ต้องนำมาพิจารณาในการวางแผนทั้งสิ้น เนื่องจากเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมการผลิตที่แตกต่างกันมากมาย โดย พิภพ ลลิตาภรณ์ (2553) ได้แบ่งเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1) รูปแบบการไหล (Flow Patterns)
   1.1. การผลิตแบบไหล (Flow Shop) งานทุกงานจะมีการไหลของกระบวนการ (Process Flows) ที่เหมือนกันทุกประการ และต้องการลำดับขั้นของการปฏิบัติงานที่เหมือน ๆ กัน
   1.2. การผลิตแบบตามสั่ง (Job Shop) งานต่าง ๆ จะมีการไหลของกระบวนการ (Process Flows) ที่แตกต่างกัน และอาจจะต้องการลำดับขั้นในการปฏิบัติงานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
2) รูปแบบการผลิต (Processing Mode)
   2.1 การผลิตเป็นหน่วย (Unit Processing) งานจะถูกผลิตไปทีละหน่วย
   2.2 การผลิตเป็นรุ่น (Batch Processing) งานจำนวนมากจะถูกผลิตไปด้วยกันเป็นรุ่นการผลิต

3) รูปแบบการออกใบสั่งงาน (Job Release Pattern) เวลาออกใบสั่งงาน คือ เวลาเร็วที่สุดที่สามารถจะเริ่มการผลิตได้

3.1 แบบคงที่ (Static) งานจะถูกออกใบสั่งหรือสมมติว่าถูกออกใบสั่งเข้าสู่โรงงานในเวลาศูนย์

3.2 แบบแปรเปลี่ยนได้ (Dynamic) งานจะถูกออกใบสั่งหรือสมมติว่าถูกออกใบสั่งเข้าสู่โรงงานได้ตลอดเวลา

4) รูปแบบของหน่วยการผลิต (Work Center Configuration)

4.1 เครื่องจักรเครื่องเดียว (Single Machine)

4.2 เครื่องจักรหลายเครื่องแบบซ้ำ ๆ (Iterative Machines)

4.3 เครื่องจักรหลายเครื่องแบบอนุกรม (Serial Machines)

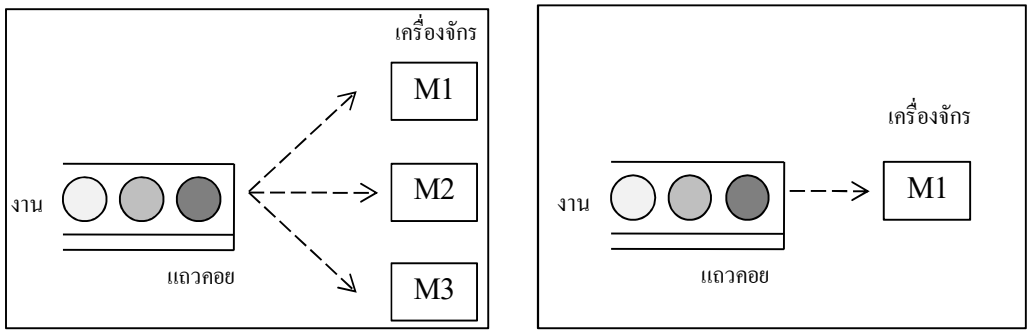
4.4 เครื่องจักรหลายเครื่องแบบไม่ซ้ำ (Non- Iterative Machines)

ข้อจำกัดพื้นฐานของการจัดตารางการผลิต และการจัดลำดับการผลิตที่พบได้เสมอ (ปารเมศ ชุติมา, 2546) ได้แก่

1) ข้อจำกัดด้านทรัพยากร (Resource Constraint) เกี่ยวข้องกับการที่ทรัพยากรที่มีอยู่สามารถทำงานได้อย่างจำกัดในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น ในเวลาใด ๆ เครื่องจักรสามารถทำงานได้เพียงชิ้นเดียวแต่ไม่สามารถทำงานพร้อมกัน 2 ชิ้น ในเวลาเดียวกันได้

2) ข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี (Technology Constraint) เกี่ยวข้องกับลำดับก่อนหลังในการทำงาน เช่น ต้องทำงานขั้นตอนที่หนึ่งให้เสร็จก่อน จึงสามารถเริ่มขั้นตอนที่สองต่อได้

ดังนั้นเพื่อให้ตารางการผลิตเป็นไปได้จริงภายใต้ 2 ข้อจำกัดดังกล่าว จึงต้องมีการตัดสินใจใน 2 รูปแบบ คือ การตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากร (Allocation) หรือเรียกว่า การโหลดงาน แสดงในรูปที่ 2.3 (a) และการตัดสินใจเรื่องลำดับงาน แสดงในรูปที่ 2.3 (b)



(a) การจัดสรรทรัพยากร (b) การจัดลำดับและจัดตารางให้กับงาน

รูปที่ 2.3 ประเภทของปัญหาการจัดตารางงาน

จากปัญหาการจัดลำดับการผลิต และการจัดตารางการผลิตที่กล่าวมานั้น ส่งผลให้เกิดความสูญเสียแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม ได้แก่

1) กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร หมายถึง ความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักรในกรณีต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรเสีย การหยุดเพื่อการซ่อมบำรุงเครื่องจักร การปรับเปลี่ยนงานบนเครื่องจักร การเปลี่ยนอุปกรณ์ที่สึกหรอก่อนกำหนด การเดินเครื่องไม่ได้รอบความเร็วที่กำหนดหรือเดินเครื่องเปล่า การเริ่มต้นเดินเครื่อง และการหยุดสั้น ๆ เนื่องจากอาจมีปัญหาเกิดขึ้นบนเครื่องจักร หรือการผลิตของที่ไม่ได้คุณภาพ

2) กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับแรงงาน เช่น การบริหารงานหรือการจัดการงานต้องสอดคล้องกับพนักงานหรือการจัดโครงสร้างการทำงานที่ไม่เหมาะสม โดยทั่วไปนั้นทุกองค์กรจะมีการจัดกลุ่มของงานเข้าด้วยกันเป็นหน่วยงาน และจัดทำยุทธศาสตร์ ที่ทำให้เกิดโครงสร้าง และลักษณะองค์การ ที่แตกต่างกัน ซึ่งมักจะมีการแสดงการจัดกลุ่มนั้น ๆ ไว้ด้วยผังองค์การ (Organization Chart)

3) กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน เช่น ใช้พลังงานไม่คุ้มค่าหรือสิ้นเปลืองกว่าความจำเป็น ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการใช้พลังงานมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีระบบการจัดการที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในเรื่องของการใช้พลังงาน โดยมีสิ่งที่ต้องระวังคือ เรื่องจุดคุ้มทุน (Break Even Point) และระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period)

4) กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือวัสดุที่จะถูกนำมาผลิตนั้นมีหลากหลายชนิด ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานนั้นจำเป็นต้องศึกษา หรือพิจารณาจากคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ ให้ตรงกับงานที่จะใช้ หากในกระบวนการผลิตมีการเลือกใช้วัตถุดิบที่ไม่มีคุณภาพหรือไม่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด ก็จะไม่สามารถที่จะผลิตของที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

5) กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร ได้อย่างเต็มที่ หากเป็นเครื่องจักรอาจเกิดจากการที่ขาดการบำรุงรักษา ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องจักรนั้นสั้นลง

ด้วยผลลัพธ์ของการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากสาเหตุเหล่านี้จึงเป็นเหตุผลให้นักวิจัยจำนวนมากมีความสนใจ และศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิต และการจัดลำดับการผลิต เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดแตกต่างกันออกไป เช่น ข้อจำกัดในระบบเครื่องจักรเดี่ยว (Cowling and Johansson, 2002; Choi, 2016) ข้อจำกัดในการผลิตแบบตามงาน (Job Shop Production) (Rangsaritratsamee et al., 2004; Pfeiffer and Monostori, 2007) ข้อจำกัดในกระบวนการไหลเลื่อนยืดหยุ่น (Flexible Flow Shop) (Yan-hai et al., 2005; Guo and Li, 2007)

2.5 วิธีการจัดลำดับการผลิต

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตรวมถึงเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องโดยเน้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Pinedo, 2002) โดยเริ่มจากเปลี่ยนแปลงเป้าหมายการตัดสินใจ และข้อจำกัดต่าง ๆ ไปเป็นฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) และข้อจำกัด (Constrain) ในแบบจำลอง (ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ, 2557) โดยทั่วไปเป้าหมายในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องในการจัดตารางการผลิต และการจัดลำดับการผลิต (ชุมพล ศฤงคารศิริ, 2554) ได้แก่

- การตอบสนองที่รวดเร็วต่อความต้องการของลูกค้า
- การส่งมอบผลิตภัณฑ์ทันตามเวลาที่กำหนด
- ประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เกิดประโยชน์สูงสุด

เทคนิคของการจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญที่รู้จัก โดยทั่วไป มี 5 ลักษณะ แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1) การจัดงานมาก่อนผลิตก่อน (First Come First Serve: FCFS) เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่เข้ามาก่อนเป็นอันดับแรก และทำงานที่เข้ามาทีหลังเป็นอันดับต่อไป ซึ่งหากพิจารณาจากเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการผลิตแล้ววิธี FCFS จะเป็นวิธีที่ไม่ค่อยดีนักแต่ถ้าพิจารณาในแง่ความเป็นธรรมแล้ว งานที่เข้าก่อนก็ควรได้รับการปฏิบัติก่อนซึ่งข้อเสียอย่างเด่นชัดของการจัดงานตามวิธีดังกล่าว คือ งานที่ใช้เวลาทำมากจะทำให้งานอื่น ๆ ที่ตามมาต้องคอยนาน ในการจัดลำดับงานวิธีนี้มี 2 แบบ คือ การจัดลำดับงานโดยพิจารณางานที่เข้ามาที่หน้าเครื่องก่อนจะทำก่อน และจัดโดยพิจารณาจากลำดับปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าสั่งก่อนได้ผลิตก่อน

2) การจัดงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดทำก่อน (Shortage Processing Time: SPT) เป็นการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ต่อไป จะเห็นได้ว่า SPT เป็นวิธีที่มุ่งในการลดเวลาแล้วเสร็จของงานแต่ละงาน และพยายามทำให้งานต่าง ๆ ออกจากระบบการผลิตไปให้เร็วที่สุด ข้อดีของการจัดงานแบบ SPT คือ เวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบจะต่ำที่สุด ทำให้เกิดสินค้าคงเหลือในระหว่างการผลิตน้อย รวมทั้งสามารถประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ แต่ข้อเสียของ SPT คือ งานที่ใช้เวลาในการผลิตนาน ๆ มักผลักไปอยู่อันดับสุดท้ายทำให้เกิดการรอคอยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดมีงานใหม่เข้ามาแทรกอยู่เสมอ ๆ และเป็นงานที่ใช้เวลาน้อยกว่า ซึ่งหากใช้ SPT ในการจัดลำดับงานที่เข้ามาแทรกก็จะได้รับการจัดอันดับให้ทำก่อนทำให้งานที่ใช้เวลาในการผลิตนาน ๆ เกิดการรอคอยที่นานมากยิ่งขึ้นไปเรื่อยๆ ในการจัดลำดับงานวิธีนี้มีอยู่ 2 แบบ คือ การจัดลำดับงานที่อยู่หน้าเครื่องจักรที่เวลาทำงานสั้นที่สุดทำก่อนจึงค่อยทำงานที่เวลามากเป็นลำดับต่อไป และการจัดงานตามเวลารวมแล้วเสร็จของงานที่เวลารวมสั้นที่สุดทำก่อน

3) การจัดงานตามเวลาที่เหลือน้อยที่สุดก่อน (Shortest Remaining Processing Time: SRT) เป็นการจัดลำดับความสำคัญโดยให้ทำงานใหม่ที่เข้ามาถึงแล้วมีเวลาการทำงานที่น้อยกว่าเวลาการทำงานที่เหลือของงานที่ทำอยู่ทำก่อน โดยทั่วไปวิธีนี้จะให้ค่าเฉลี่ยการรอคอยที่ต่ำที่สุด เพราะการเลื่อนงานที่มีเวลาการทำงานน้อยมาไว้หน้างานที่ทำอยู่จะลดเวลาการรอคอยในการผลิตนั้นมากกว่าการเพิ่มเวลากระบวนการผลิตที่ยาวเสมอ ในการจัดลำดับงานวิธีนี้มี 2 แบบ คือ การจัดงานโดยพิจารณาเวลาทำงานในกระบวนการที่หน้าเครื่องจักรที่เหลือเวลาน้อยกว่าจะจัดให้ทำก่อน และการจัดงานตามเวลาการทำงานรวมแล้วเสร็จที่เหลือน้อยกว่าที่ทำอยู่จะจัดทำก่อน

4) การจัดงานที่มีกำหนดส่งมอบงานที่เร็วที่สุดก่อน (Earliest Due Date: EDD) เป็นการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยกำหนดให้ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบที่เร็วที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่มีกำหนดส่งมอบนานกว่าเป็นลำดับถัดไป โดยทั่วไปแล้ว EDD เป็นวิธีที่มุ่งเน้นการล่าช้าจากกำหนดการส่งมอบถึงแม้ว่าวิธีนี้จะดูสมเหตุสมผล และเป็นวิธีที่นิยมใช้ปฏิบัติกันโดยทั่วไปก็จริง แต่วิธีการดังกล่าวอาจทำให้มีจำนวนงานที่เข้ามาในระบบมากกว่าวิธีการอื่น ๆ (หมายถึง พนักงานจะมีงานยุ่งอยู่ตลอดเวลา) และทำให้เกิดสินค้าคงเหลือระหว่างการผลิตสูงเนื่องจากในการจัดลำดับการทำงานตามหลักของ EDD นั้นไม่ได้มีการนำเอาเวลาที่ใช้ในการทำงานมาพิจารณาร่วมด้วย

5) การจัดงานที่มีเวลามากที่สุดทำก่อน (Longest Processing Time: LPT) เป็นการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับแรกแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับถัดมา โดยทั่วไปแล้ววิธีนี้มักจะเป็นวิธีที่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ เพราะการจัดงานแบบ LPT มักทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดนาน และยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานด้านทรัพยากรการผลิต ได้แก่ เครื่องจักร และกำลังคน มีประสิทธิภาพต่ำอีกด้วย แต่ข้อดีของการจัดแบบ LPT ประการหนึ่งก็คือสร้างขวัญ และกำลังใจในการทำงานให้แก่พนักงานได้เนื่องจากเมื่องานยาก ๆ ที่ใช้เวลานานผ่านไปแล้วก็จะเหลือแต่งานง่าย ๆ ที่ใช้เวลาไม่นานทำให้กำลังใจในการทำงานดีขึ้น ในการจัดลำดับงานวิธีนี้มี 2 แบบ คือ การจัดลำดับงานที่หน้า

เครื่องจักรที่เวลาการทำงานมากที่สุดก่อน และการจัดลำดับงานที่เวลารวมแล้วเสร็จของงานที่เวลาการทำงานที่มากที่สุดก่อน

วิธีการจัดตารางการผลิต และการจัดลำดับการผลิต โดยทั่วไปจะมีวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือการแก้ปัญหา แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของคำตอบที่ได้ คือวิธีการหาคำตอบแบบดีเทอร์มินิสติก (Deterministic) และวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic) โดยมีความแตกต่างกันที่ในระบบดีเทอร์มินิสติก ตัวแปรที่ใส่เข้าไปในระบบจะถูกกำหนดอย่างละเอียด ทำให้ใช้เวลามากในการแก้ปัญหาเพื่อคำตอบที่มีค่าที่ดีที่สุดจริง ๆ ซึ่งข้อจำกัดของวิธีนี้คือ จะไม่สามารถแก้ปัญหาข้อมูลที่มีตัวแปรจำนวนมากได้ ในส่วนของวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกนั้นได้ถูกพัฒนามาจากวิธีแบบดีเทอร์มินิสติก ที่ได้แก้ปัญหาในเรื่องของเวลาที่ใช้สำหรับการคำนวณหาคำตอบให้สั้นลงโดยจะอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อถัดไป จากความได้เปรียบในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ ทำให้วิธีฮิวริสติกเป็นที่ได้รับความนิยมในการนำมาแก้ปัญหาในหลาย ๆ เรื่อง ซึ่งทำให้ระบบกระบวนการวางแผนการผลิตนั้นมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่ลดลง อีกทั้งได้คำตอบที่สามารถตอบสนองยุทธสาสตร์ขององค์กรได้อีกด้วย

2.5.1 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic Method)

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554) กล่าวว่าวิธีฮิวริสติกเป็นวิธีการที่ที่งานใช้เวลาไม่มาก และได้ประสิทธิภาพของตารางการผลิตพอสมควร สามารถหาคำตอบให้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ โดยอาศัยการคำนวณคณิตศาสตร์ที่จำกัด นอกจากนี้ วิธีฮิวริสติกก็เป็นระเบียบวิธีแบบอิสระที่สามารถสร้างกรรมวิธีหรือขั้นตอนใด ๆ ก็ได้ เปรียบเสมือนการออกแบบเสื้อผ้า เมื่อออกแบบมาต้องสวยงาม สามารถใช้ได้จริงและสวมใส่ง่าย (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2553) วิธีฮิวริสติกมีการนำมาใช้การแก้ปัญหาหลากหลายในสายงานต่าง ๆ เช่น การจัดตารางการผลิตโดยการจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติก ที่ได้ถูกศึกษาโดย สุธาทิพย์ บุษบา (2554), สุภาภรณ์ สุวรรณรังสี และวิสุทธิ์ สุพิทักษ์ (2554) และในปีถัดมา ยอดดวงใจ นาคปฐม และกัญจนา ทองสนิท (2555) ได้ศึกษาและหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแบบตามสั่งในโรงงานย้อมผ้า โดยวิธีการทางฮิวริสติก เพื่อลดจำนวนนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (Setup Time) จากการศึกษาพบว่า จำนวนงานล่าช้าลดลงจาก 166 งาน เป็น 78 งาน ซึ่งลดลงจากเดิมร้อยละ 53.01 และจำนวนการครั้งในการทำความสะอาดเครื่องย้อม ลดลงจาก 117 ครั้ง เหลือ 98 ครั้ง ลดลงจากเดิมร้อยละ 16.24 แม้กระทั่งปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถก็สามารถใช้วิธีฮิวริสติกมาแก้ปัญหาได้เช่นกัน ซึ่ง อรประไพ จารุพัฒน์ และปวีณา เชาวลิตวงศ์ (2556) ทำการพัฒนาฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่ต้องมีการรับ และส่งสินค้าภายใต้กรอบเวลากำหนดการส่งมอบ และข้อจำกัดความจุในการบรรทุกของรถขนส่งเพื่อให้ได้ระยะทางขนส่งรวมที่สั้นที่สุด ซึ่งเป็นวิธีการจัดเส้นทางที่ไม่ซับซ้อน และเหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทางที่ต้องคำนวณแทรกงานขนส่งใหม่ลงเส้นทางเดิมได้อย่างรวดเร็ว ให้คำตอบโดยเฉลี่ยร้อยละ 6.51 และในปีเดียวกันนั้น สุจิตรา อดุลย์เกษม และคณะ

(2556) ได้มีการนำวิธีฮิวริสติกมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และวางแผนการการผลิตโรงงานผลิตเบเกอรี่ซึ่งจากการทดลองนั้นคำตอบที่ได้ถูกต้องแม่นยำ และสามารถจัดลำดับการผลิตได้อย่างเหมาะสม ในบางปัญหาอาจมีการใช้การทดลองทางสถิติมาเป็นตัวตัดสินใจอีกครั้งหนึ่งเพื่อความแน่นอนของแบบจำลองในปัญหานั้น (Hu et al., 2005; Hatami et al., 2015) เทคนิคของการหาคำตอบโดยใช้วิธีการแบบฮิวริสติกมีผู้พัฒนาต่อยอดมากมาย ซึ่งสามารถแบ่งไปได้อีกหลายวิธีที่นิยมกัน อาทิเช่น

1) วิธีหาคำตอบแบบทาบู (Tabu Search) เป็นวิธีที่นำมาแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และปัญหาที่ไม่เป็นโพลีเมียล (NP-Problem) (Lu and Hao, 2010; Venditti et al., 2010) โดยการค้นหาเปรียบเทียบข้อมูลที่ติดกันในชุดข้อมูลทั้งหมดและหาคำตอบไปเรื่อย ๆ จนได้คำตอบที่ดีที่สุด หรือไม่สามารถหาคำตอบที่ดีกว่าได้ อาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณผลลัพธ์เพื่อให้ได้คำตอบที่แม่นยำ และรวดเร็วยิ่งขึ้น (พรไพบูลย์ ปุษปาคม, 2557)
2) วิธีเชิงพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากเพราะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้หลากหลายรูปแบบ (Jain et al., 2010) ตั้งแต่การจัดตารางการทำงาน (Lee et al., 2008; เศรษฐา เพชรอำไพ และธนาธร กูลภัทรนิรันดร์, 2554) การจัดเส้นทางการเดินรถ (เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์ และคณะ, 2559) การจัดตารางการผลิตใหม่ (เกียรติขจร วรปรัชญา และทวีภัทร์ บูรณธิติ, 2551) การพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ (อาริต ธรรมโน และอัจฉรา ภูอ่าง, 2556; Cinar et al., 2016; Kurdi, 2016) นอกจากนี้ยังมีการนำวิธีเชิงพันธุศาสตร์ไปประยุกต์กับวิธีการผสมผสาน (Hybrid) โลคอลเสิร์ช (Local Search) (อดุลย์ พุกอินทร์, 2557; Liao et al., 2014; Kundakci and Kulak, 2016)

2.5.2 วิธีอัลกอริทึม (Algorithm Method)

วิธีอัลกอริทึมอาจมองดูเหมือนว่าเป็นขั้นตอนการหาวิธีที่คล้ายกับวิธีฮิวริสติก เนื่องจากว่าพื้นฐานของวิธีอัลกอริทึมได้ถูกพัฒนามาจากฮิวริสติกนั่นเอง (Baker and Trietsch, 2009) โดยที่มีขั้นตอนชัดเจน และสามารถกระทำให้สิ้นสุดได้ในเวลาหนึ่ง ๆ ในการแก้ปัญหา (นิสาชล โตอดิเทพย์, 2541) อัลกอริทึมมีหลายวิธี และไม่สามารถบอกได้ว่าวิธีใดดีที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการแก้ปัญหา อัลกอริทึมบางอย่างใช้กับงานหนึ่งได้ แต่ก็ไม่สามารถใช้กับงานอีกประเภทหนึ่งได้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนเป็นขั้น ๆ และมีส่วนที่ต้องทำแบบวนซ้ำอีกจนกระทั่งเสร็จสิ้นการ ทั้งนี้วิธีอัลกอริทึมไม่ใช่คำตอบ แต่เป็นชุดคำสั่งที่ทำให้ได้คำตอบหรือวิธีการในการอธิบายวิธีอัลกอริทึม ได้แก่

1) อธิบายแบบใช้ภาษาที่เราสื่อสารกันทั่วไป (Natural language)
2) อธิบายด้วยรหัสจำลองหรือรหัสเทียม (Pseudo code)
3) อธิบายด้วยแผนผัง (Flow chart)

การนำขั้นตอนวิธีไปใช้แก้ปัญหาไม่จำกัดเฉพาะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่สามารถใช้กับปัญหาอื่น ๆ ได้เช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ในการวางแผนการใช้ทรัพยากรทางธุรกิจขององค์กรหรือ Enterprise Resource Planning (ERP) เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประโยชน์สูงสุด ซึ่งจำเป็นต้องวางแผนอย่างเป็นระบบ จึงจำเป็นต้องอาศัยอัลกอริทึมด้วย เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนต่าง ๆ และตัดทอนขั้นตอนที่เกินความจำเป็น อีกทั้งยังสามารถปรับปรุง และเพิ่มเติมขั้นตอนใหม่เข้าไปได้ ช่วยลดความสับสนขณะทำงานด้วย สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการสร้างอัลกอริทึมโดยใช้ภาษา Visual Basic for Application (VBA) ที่เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ในการนำมาใช้แก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิต โดยมีเงื่อนไขการทำงานที่เป็นขั้นตอน และข้อจำกัดการผลิตมาเป็นกรอบการวิจัย

2.6 Visual Basic for Application (VBA)

VBA เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นบริษัทที่สร้างระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีรากฐานมาจากภาษา Beginner's All Purpose Symbolic Instruction หรือ เรียกว่า Basic หมายถึงชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธีเขียนด้วยภาษาโปรแกรมมิ่งภาษาใดภาษาหนึ่ง (ธีรวัฒน์ ประกอบผล, 2552) จุดเด่นคือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมสามารถเรียนรู้ และนำไปใช้งานได้อย่างง่าย และรวดเร็ว (ดุสิต กอปรชาติ, 2556) ใช้งานง่าย โดยการเลือกเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อออกแบบหน้าจอของโปรแกรมที่จะสร้าง การเขียนโปรแกรมลักษณะนี้เรียกว่า Visual Programming ซึ่งไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่าง ๆ มากแต่สามารถสร้างโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว

2.6.1 พื้นฐานการเขียนโปรแกรม VBA

การเขียนภาษาวิชวลเบสิกในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล เป็นการนำเอาโปรแกรมที่ติดมากับระบบปฏิบัติการวินโดว์ขึ้นมาใช้งาน ซึ่งเรียกคุณสมบัตินี้ว่า VBA ดังนั้นก่อนที่จะทำการเขียนโปรแกรม VBA จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรู้ในเรื่องต่อไปนี้

1) ชนิดของข้อมูล มีหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ต้องการ เช่น ตัวเลขจำนวนเต็ม ตัวเลขที่มีทศนิยม ตัวเลขทางการเงิน ค่าทางตรรกะ เป็นต้น ข้อมูลแต่ละชนิดใช้พื้นที่ในการจัดเก็บไม่เท่ากัน และความเร็วในการประมวลผลก็แตกต่างกัน สามารถแบ่งชนิดของข้อมูลได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดข้อมูล

ชนิดตัวแปร	สัญลักษณ์	ขนาดความจำ	ขอบเขตค่ารับได้
Byte	ไม่มี	1 Byte	0-255
Boolean	ไม่มี	2 Byte	True หรือ False
String	$	64 KB หรือ 2 MB	1-65400 ตัวอักษรโดยประมาณ
Integer	%	2 Byte	- 32768 ถึง + 32767
Long	&	4 Byte	-2147483648 ถึง + 2147483647
Single	!	4 Byte	-3402823E+38 ถึง -1401298e+45 และ +1401298E-45 ถึง -3402823E+38
Double	#	8 Byte	-494065645841247E-324 ถึง 179769313486232E308 สำหรับจำนวนบวก
Currency	@	8 Byte	-9223372036854775808 ถึง 9223372036584775807
Variant	-	16 Byte	ถ้าเป็นตัวเลข เท่ากับ Double ถ้าเป็นข้อความจะเหมือนกับ String แบบไม่กำหนดความยาว
Date	-	8 Byte	January 1100 ถึง December 319999
Object	-	4 Byte	Object ใด ๆ

2) การแทนค่าข้อมูล เป็นการแทนค่าข้อมูลด้วยชื่อประเภทของข้อมูล

3) การประกาศตัวแปร ก่อนที่จะใช้งานตัวแปร หรือค่าคงที่ทุกครั้ง ควรประกาศตัวแปร เพื่อให้โปรแกรมรู้ว่าตัวแปรนี้ใช้สำหรับรับค่าข้อมูลชนิดใด รูปแบบคำสั่งการประกาศตัวแปรแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การประกาศตัวแปร

Dim	คำสั่งสำหรับประกาศตัวแปร
Varname	ชื่อของตัวแปรที่ต้องการประกาศ
As	ส่วนที่บอกให้ Visual Basic ทราบว่าต้องการกำหนดชนิดของข้อมูล
Datatypes	ชนิดของข้อมูลที่ Visual Basic สนับสนุน

4) ค่าคงที่ เป็นค่าที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทำงานของโปรแกรม แสดงดังตารางที่ 2.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.3 ชนิดของค่าคงที่

Public (Optional)	ส่วนที่กำหนดให้ค่าคงที่สามารถใช้ได้ทั้งโปรแกรม ทุกโมดูล
Private (Optional)	ส่วนที่กำหนดให้ค่าคงที่สามารถใช้ได้เฉพาะโมดูลที่ประกาศเท่านั้น
Const	คำสั่งสร้างค่าคงที่
Constname	ชื่อค่าคงที่
Type (Optional)	การกำหนดชนิดของค่าคงที่
Expression	ค่าที่ต้องการกำหนด

5) ตัวดำเนินการ เป็นส่วนสำคัญในการคำนวณ หรือหาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการกระทำในแต่ละตัว โดยทั่วไปแบ่งได้ดังนี้

5.1 เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ เช่น +, -, *, / เป็นต้น

5.2 เครื่องหมายเปรียบเทียบที่นิยม เช่น <, >, =, <=, >=, <> เป็นต้น

5.3 เครื่องหมายตรรกะมี3 ตัวได้แก่ NOT, AND, OR

2.6.2 ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรม สรุปได้ว่า VBA เป็นการเขียนคำสั่งด้วยภาษาวิชวลเบสิก เพื่อสั่งงานให้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลทำงานตามต้องการแบบอัตโนมัติ ซึ่งช่วยทำให้ผู้ใช้งานลดงานที่ซ้ำซาก และซับซ้อนลงได้ อีกทั้งงานที่ประมวลผลด้วย VBA จะรวดเร็วและถูกต้องมากกว่าการทำงานด้วยคน (กิตินันท์ พลสวัสดิ์, 2556) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีนักวิจัยหลายท่านที่ทำการศึกษา และแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วย การเขียน VBA ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล อาทิเช่น นันทชัย กานตานันทะ, สุจิรา อิสริยะกุลกล้า และชยกฤต เจริญศิริวัฒน์ (2555) คำนวณหาการจัดส่ง Natural Gas for Vehicles (NGV) โดยพิจารณาจากระยะทางระหว่างสถานลูกและสถานีแม่ ประเภทรถที่ใช้ในการขนส่ง และกำลังในการผลิตก๊าซ ผลการวิจัยพบว่า การใช้วิธีนี้สามารถลดจำนวนรอบในการขนส่งได้ร้อยละ 9 Hong et al. (2012) ได้ทำการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาระบบไฟจราจรบนท้องถนนโดยใช้ VBA ในการเขียนชุดคำสั่งประมวลผล ซึ่งเป็นปัญหาที่มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมากมาย จากการศึกษา และพัฒนาโมเดลพบว่าสามารถหาผลลัพธ์ได้รวดเร็ว และใช้งานง่าย ศิริพร ตั้งวิบูลย์พาณิชย์ (2557) ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลแบบสอบถาม ด้วยการเขียนคำสั่ง VBA เพื่อง่ายในการป้อนข้อมูล การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมจะพิจารณาใน 2 ด้านคือ การลดเวลาในการประมวลผล และความถูกต้องของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ ผลการทดสอบพบว่าสามารถลดเวลาในการประมวลผลได้ร้อยละ 23.2 อีกทั้งข้อมูลที่ได้ก็มีความถูกต้องด้วย หรือสามารถเขียน VBA เพื่อนำมาหาจำนวนชุดของตัวแปรที่อาจจะเกิดขึ้นในสภาวการณ์ที่แตกต่างกัน (Zhang et al., 2016) งานที่เกี่ยวข้องสาขาอาชีพของวิศวกรรมเคมี ดังงานวิจัยที่ถูกศึกษาโดย Wong and Barford (2010)

แม้กระทั่งการนำ VBA ไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ และออกแบบคานต่อเนื่องคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นงานที่ซับซ้อนยุ่งยากในการคำนวณ ผลลัพธ์ที่ออกมามีความถูกต้องแม่นยำ และตรงตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ดังงานวิจัยที่เสนอโดย ศักดา กตเวทวารักษ์ (2551)

ในส่วนของการวางแผนการผลิตในโรงงงานอุตสาหกรรมก็มีนักวิจัยจำนวนมากพัฒนาการเขียน VBA เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้ง เช่น การจัดตารางผลิตหรือการปรับปรุงตารางการผลิต (รุ่งนภา ฟองทา และปวีณา เชาวลิตวงศ์, 2553; กิตกมล ลำจวน, 2557) การหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ และสรายุธ ทองฉ่ำ, 2554) เมื่อได้คำตอบที่เหมาะสมแล้วยังสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้สำหรับการพิจารณาในอนาคตได้อีกด้วย เพราะข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการผลิต

จากงานวิจัยที่ค้นคว้า และศึกษามานั้น จะเห็นได้ว่า การใช้ VBA สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายด้านในเชิงวิศวกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำ VBA มาใช้ในการแก้ปัญหา และพัฒนาการจัดลำดับการผลิตของงานวิจัยนี้ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด และในปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพในการประมวลผลมากขึ้น ทำให้การแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่จึงมีความรวดเร็วมากขึ้นด้วย และการที่จะแก้ปัญหาประเภทเดียวกันหรือคล้ายกันนั้นสามารถหาวิธีการต่าง ๆ ได้หลากหลายวิธี ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของงานนั้นหรือขอบเขตที่จำกัดนั้น ๆ

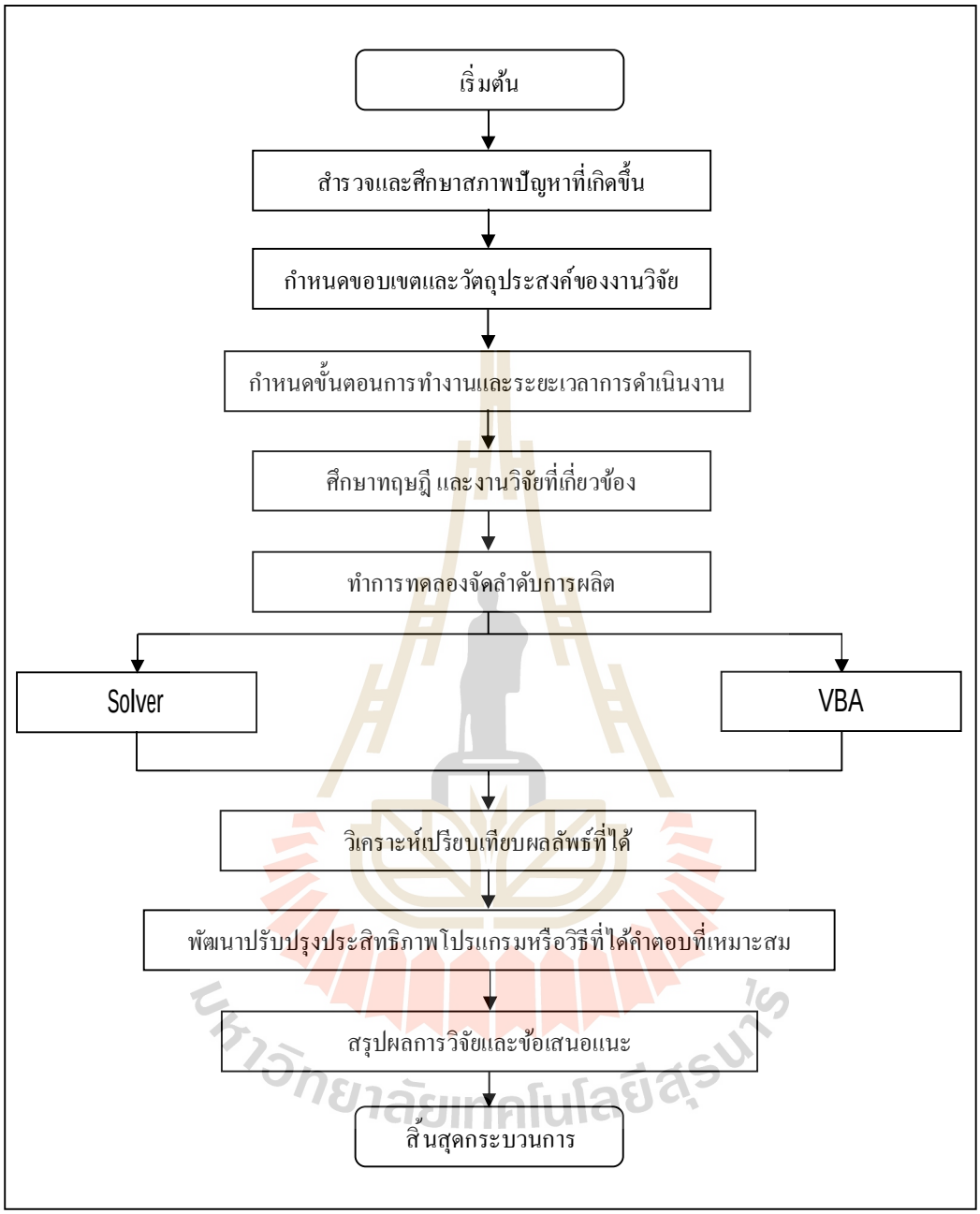
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

บทนี้กล่าวถึงแนวคิด ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานวิจัยในการจัดลำดับงานการผลิต โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลตัวอย่าง เพื่อหาวิธีที่จะจัดลำดับงานที่ถูกกำหนดให้มี 5 งาน กับเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่อง กล่าวคือจะทำการจัดให้ขั้นตอนงานใดของสินค้าประเภทไหนทำงานที่เครื่องจักรเครื่องใด ก่อนหรือหลังงานอื่นอย่างไร และขั้นตอนแต่ละขั้นตอนของงานนั้นจะทำการเริ่มต้นการผลิตและเสร็จสิ้นการผลิตเมื่อเวลาเท่าไหร่ จึงจะใช้เวลารวมในการผลิตน้อยที่สุด

งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมและในกระบวนการผลิตแล้วทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จากนั้นศึกษาถึงความเป็นมาหรือเหตุแห่งปัญหานั้น แล้วทำการค้นคว้าหาผลกระทบจากการจัดตารางผลิตและจัดลำดับการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ แล้วจึงกำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ที่ต้องการทำงานวิจัยนี้ ศึกษาทฤษฎี งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาและทำการทดลองจัดลำดับการผลิต ซึ่งงานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก จัดลำดับการผลิต โดยใช้วิธีฮิวริสติกด้วยการนำเครื่องมือชนิดหนึ่งของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ที่เรียกว่า Solver ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการคำนวณอย่างหนึ่ง ส่วนที่สองเป็นการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ภาษาวิชวลเบสิก (Visual Basic for Applications, VBA) ซึ่งเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล เช่นกัน และส่วนสุดท้าย คือการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่ได้จากทั้ง 2 ส่วนแรก แล้วทำการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพโปรแกรมหรือวิธีดังกล่าว หลังจากนั้นสรุปผลงานวิจัยเพื่อนำเสนอเป็นแนวทางตัวอย่างกรณีศึกษาสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตและการจัดลำดับการผลิตอื่น ๆ ที่มีเงื่อนไขสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ โดยสรุปขั้นตอนการศึกษาที่ได้กล่าวมาสามารถแสดงเป็นแผนภาพ (Flow Chart) ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพ (Flow Chart) วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2 ข้อมูลของปัญหาในงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลตัวอย่างที่กำหนดให้มี 5 งาน คือ งานที่ 1 (A), งานที่ 2 (B), งานที่ 3 (C),งานที่ 4 (D) และงานที่ 5 (E) และทำงานบนเครื่องจักร 4 เครื่อง คือ เครื่องจักรที่ 1 (M1), เครื่องจักรที่ 2 (M2), เครื่องจักรที่ 3 (M3) และเครื่องจักรที่ 4 (M4) โดยขั้นตอนและลำดับการทำงานทั้งหมดมี 8 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนใช้ระยะเวลาและเครื่องจักรที่แตกต่างกัน (ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ, 2557) แสดงดังตารางที่ 3.1 ที่แสดงประเภทของงาน ขั้นตอนงาน ระยะเวลาการทำงาน และเครื่องจักรที่ใช้แต่ละลำดับการทำงาน โดยงานแต่ละประเภททำได้ที่เครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่งครั้งละงาน เครื่องจักรทุกเครื่องมีความพร้อมในการปฏิบัติงานทุกเมื่อ และเครื่องจักรเครื่องนั้นจะพร้อมใช้กับงานอื่นถัดไปต่อเมื่องานก่อนหน้านั้นเสร็จแล้วเท่านั้น ด้วยลำดับการทำงาน ระยะเวลาการทำงาน และเครื่องจักรที่แตกต่างกัน โดยมีข้อจำกัดว่าแต่ละขั้นตอนทำได้บนเครื่องจักรเครื่องหนึ่งเพียงครั้งเดียว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. งานแต่ละประเภทไม่ได้ใช้ทั้งหมด 8 ขั้นตอน และเครื่องจักรทั้ง 4 เครื่อง
2. งานแต่ละประเภท มีขั้นตอนงานและลำดับการทำงานที่แน่นอนด้วยเครื่องจักรที่กำหนด
   - 2.1 งานที่ 1 (A) มีขั้นตอนและลำดับการทำงาน คือ
     - ขั้นตอนที่ 1 (T1) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 1 (M1)
     - ขั้นตอนที่ 2 (T2) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 2 (M2)
     - ขั้นตอนที่ 3 (T3) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 4 (M4)
   - 2.2 งานที่ 2 (B) มีขั้นตอนและลำดับการทำงาน คือ
     - ขั้นตอนที่ 1 (T1) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 1 (M1)
     - ขั้นตอนที่ 2 (T4) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 3 (M3)
     - ขั้นตอนที่ 3 (T2) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 2 (M2)
     - ขั้นตอนที่ 4 (T3) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 4 (M4)
   - 2.3 งาน C มีขั้นตอนและลำดับการทำงาน คือ
     - ขั้นตอนที่ 1 (T5) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 1 (M1)
     - ขั้นตอนที่ 2 (T6) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 2 (M2)
     - ขั้นตอนที่ 3 (T7) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 3 (M3)
   - 2.4 งาน D มีขั้นตอนและลำดับการทำงาน คือ
     - ขั้นตอนที่ 1 (T5) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 1 (M1)
     - ขั้นตอนที่ 2 (T7) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 3 (M3)
   - 2.5 งาน E มีขั้นตอนและลำดับการทำงาน คือ
     - ขั้นตอนที่ 1 (T4) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 3 (M3)
     - ขั้นตอนที่ 2 (T8) ทำงานบนเครื่องจักรที่ 4 (M4)

3. ขั้นตอนงาน T1 และ T5 ทำที่เครื่องจักรที่ 1 (M1)
   ขั้นตอนงาน T2 และ T6 ทำที่เครื่องจักรที่ 2 (M2)
   ขั้นตอนงาน T4 และ T7 ทำที่เครื่องจักรที่ 3 (M3)
   ขั้นตอนงาน T3 และ T8 ทำที่เครื่องจักรที 4 (M4)

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการทำงานและเครื่องจักรที่ใช้ของแต่ละงาน

งาน	ขั้นตอนงาน	ระยะเวลา (นาที)	เครื่องจักร
A	T1	8	M1
	T2	6	M2
	T3	6	M4
B	T1	8	M1
	T4	8	M3
	T2	8	M2
	T3	4	M4
C	T5	4	M1
	T6	1	M2
	T7	2	M3
D	T5	6	M1
	T7	8	M3
E	T4	6	M3
	T8	8	M4

3.3 การจัดลำดับการผลิตด้วย Solver

Solver คือโปรแกรมที่ช่วยในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นหลายตัว (Linear Programming) ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล ที่มีประโยชน์มากสำหรับช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด อาจกล่าวได้ว่า Solver สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ให้กับตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องภายใต้เงื่อนไข (Constraints) ต่าง ๆ พร้อมทั้งส่งค่ากลับมาแสดงยังตารางในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล ทั้งนี้จะต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) (Hillier, 2004) ซึ่งการกำหนดนั้นมีเพียงหนึ่งเดียวใน 3 เป้าหมายนี้ ได้แก่

1) ค่าสูงสุด (Max) เช่น ต้องการกำไรสูงสุด จากการผลิตสินค้าในจำนวนที่ต้องการ
2) ค่าต่ำสุด (Min) เช่น ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง หรือต้นทุนที่ต้องเสียไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) ค่าที่ทำกำหนดเอง (Value of) เช่น จุดคุ้มทุน จำนวนแรงงาน

ตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์ของการแก้ปัญหาต่าง ๆ มีหลากหลายด้าน ยกตัวอย่างเช่น การใช้เพื่อพิจารณาการลงทุน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด ซึ่งอาจอยู่ในรูปของกำไร ความเสี่ยงต่ำสุด ต้นทุนต่ำสุดที่อาจรวมถึงการลงทุน ซึ่งหากต้องการให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ จำเป็นต้องคำนึงถึงสมการวัตถุประสงค์ ข้อจำกัดที่มีในหลาย ๆ ด้าน ที่เป็นขอบเขตข้อกำหนดของปัญหาที่ต้องการแก้ไข แต่ทั้งนี้ Solver ก็มีข้อจำกัด คือ มีการใช้งานค่อนข้างยาก ซับซ้อน และต้องทำการตรวจสอบเงื่อนไขในการหาคำตอบให้ดี ต้องมีการทวนสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล ซึ่งทักษะเหล่านี้ ต้องมีความชำนาญ หรืออาศัยบุคคลที่มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือนี้มาแล้ว (วิธีการติดตั้งดังแสดงในภาคผนวก ก)

3.3.1 การนำ Solver ไปใช้ในการวิจัย

1) ขั้นตอนการใช้ Solver ในการสร้างแบบจำลองนั้น เริ่มต้นจากการนำข้อมูลในตารางที่ 3.1 มาสร้างสมุดงาน (Worksheet Model) ที่เชื่อมโยงตัวแปรกับเป้าหมาย และสร้างสูตรที่ใช้ สำหรับการระบุเงื่อนไขใน Target Cell แล้วกำหนด Changing Cells และ Constraints แสดงดังรูปที่ 3.2

- Target Cell หมายถึง เซลล์ 1 เซลล์ ซึ่งเป็นที่เก็บคำตอบหรือเป้าหมาย ในงานวิจัยนี้ คือ ค่าที่ต่ำที่สุด โดยจะมีการใส่สูตรคณิตศาสตร์ไว้ และสูตรนี้จะเชื่อมโยง กับ Changing Cells และเซลล์อื่นที่เกี่ยวข้องกับข้อจำกัด หรือ Constraints ของปัญหา และจะแสดงคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา ในงานวิจัยนี้ คือ เวลาการผลิตที่ทุกขั้นตอนงานเสร็จที่มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งอยู่ในแถวที่ 27 และค่าของสมการเป้าหมายอยู่ในเซลล์ E28 ซึ่งได้จากสูตร =Max(S2:W2)

สมการวัตถุประสงค์ คือเวลาการผลิตรวมที่น้อยที่สุด (นาที)

$$\text{Minimize } Z = X_{iE} \qquad (1)$$

ตัวแปรตัดสินใจ ได้แก่

X_{iE} คือ เวลาที่งาน i แล้วเสร็จ; i = 1, 2, 3, 4, 5

X_{ij} คือ เวลาเริ่มต้นขั้นตอนการทำงานของงาน i ที่เครื่องจักร j

i = 1, 2, 3, 4, 5; j = 1, 2, 3, 4

- Changing Cells หมายถึง เซลล์ที่มาใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร เพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา ซึ่งตัวแปรทั้งหมดหรือปัจจัยทั้งหมดที่มีความเกี่ยวข้องกับ Target Cell นั้นมีผลต่อการเปลี่ยน Changing Cells เพราะจะกระทบต่อ Target Cell ด้วย โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดแถวของ Changing Cells คือ เซลล์ E2 ไปจนถึง เซลล์ W2

- Constraints หมายถึง เซลล์ที่แสดงค่าขอบเขตจำกัดในแต่ละเงื่อนไขข้อจำกัดหรือเป้าหมายใน Target Cell ซึ่งเป็นเงื่อนไขบังคับที่ต้องนำมาพิจารณาเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับงานวิจัยนี้

เงื่อนไขบังคับจะอยู่ในคอลัมน์ X ซึ่งได้จากสูตรของ SUMPRODUCT เช่น ค่าของเซลล์ X_3 มาจากสูตร =SUMPRODUCT($E$2:$W$2,E3:W3) และสูตรนี้สามารถใช้ได้ถึงเซลล์ X_4 ไปจนถึง เซลล์ X26

สมการข้อจำกัดลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละงาน มีดังต่อไปนี้

งานที่ 1 (A) คือ สมการที่ (2) ถึง สมการที่ (4)
งานที่ 2 (B) คือ สมการที่ (5) ถึง สมการที่ (8)
งานที่ 3 (C) คือ สมการที่ (9) ถึง สมการที่ (11)
งานที่ 4 (D) คือ สมการที่ (12) ถึง สมการที่ (13)
งานที่ 5 (E) คือ สมการที่ (14) ถึง สมการที่ (15)

$$x_{12} - x_{11} \geq 8 \quad (2)$$
$$x_{14} - x_{12} \geq 6 \quad (3)$$
$$x_{1E} - x_{14} \geq 6 \quad (4)$$
$$x_{23} - x_{21} \geq 8 \quad (5)$$
$$x_{22} - x_{23} \geq 8 \quad (6)$$
$$x_{24} - x_{22} \geq 8 \quad (7)$$
$$x_{2E} - x_{24} \geq 4 \quad (8)$$
$$x_{32} - x_{31} \geq 4 \quad (9)$$
$$x_{33} - x_{32} \geq 1 \quad (10)$$
$$x_{3E} - x_{33} \geq 2 \quad (11)$$
$$x_{43} - x_{41} \geq 6 \quad (12)$$
$$x_{4E} - x_{43} \geq 8 \quad (13)$$
$$x_{54} - x_{53} \geq 6 \quad (14)$$
$$x_{5E} - x_{54} \geq 8 \quad (15)$$

สมการข้อจำกัดลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละเครื่องจักร มีดังต่อไปนี้

เครื่องจักรที่ 1 (M1) คือ สมการที่ (16) ถึง สมการที่ (18)
เครื่องจักรที่ 2 (M2) คือ สมการที่ (19) ถึง สมการที่ (20)
เครื่องจักรที่ 3 (M3) คือ สมการที่ (21) ถึง สมการที่ (23)
เครื่องจักรที่ 4 (M4) คือ สมการที่ (24) ถึง สมการที่ (25)

$$x_{21} - x_{11} \geq 8 \quad (16)$$
$$x_{31} - x_{21} \geq 8 \quad (17)$$
$$x_{41} - x_{31} \geq 4 \quad (18)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$x_{32} - x_{12} \geq 6 \quad (19)$$

$$x_{22} - x_{32} \geq 1 \quad (20)$$

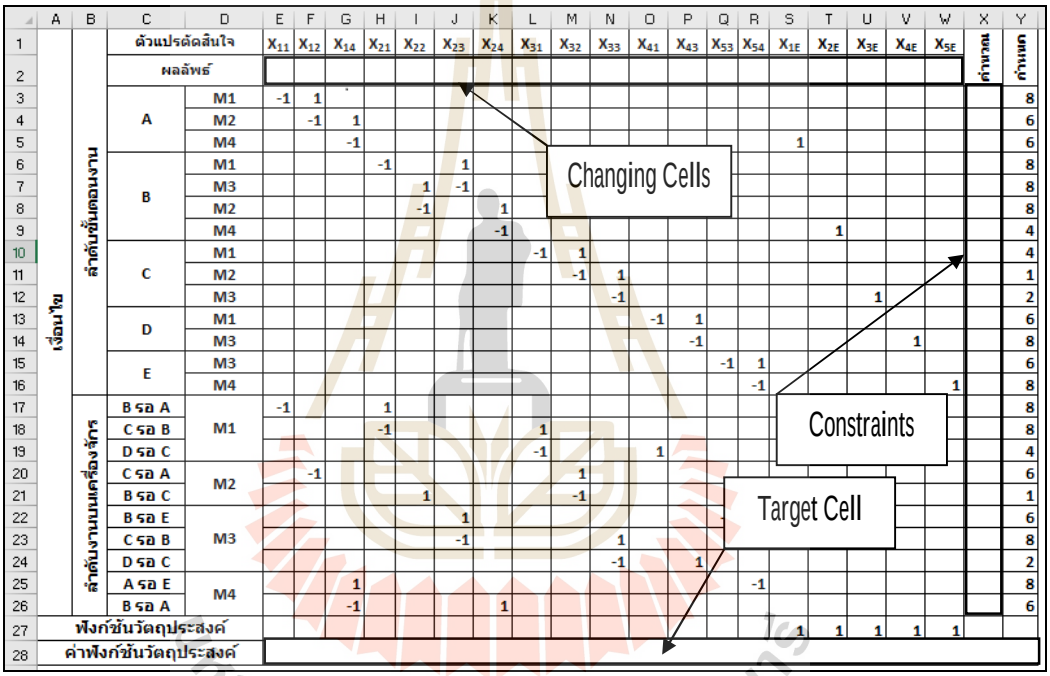
$$x_{23} - x_{53} \geq 6 \quad (21)$$

$$x_{33} - x_{23} \geq 8 \quad (22)$$

$$x_{43} - x_{33} \geq 2 \quad (23)$$

$$x_{14} - x_{54} \geq 8 \quad (24)$$

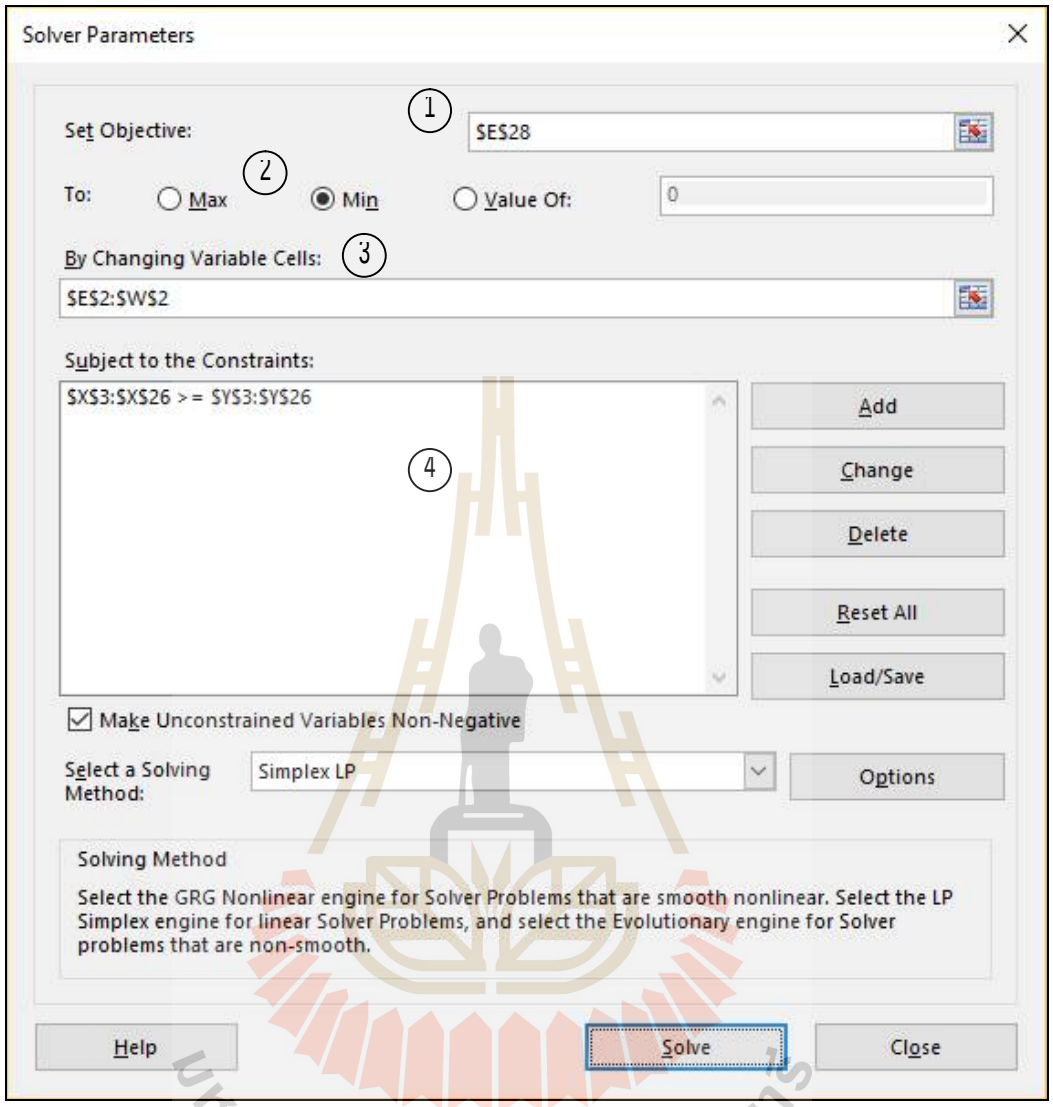
$$x_{24} - x_{14} \geq 6 \quad (25)$$



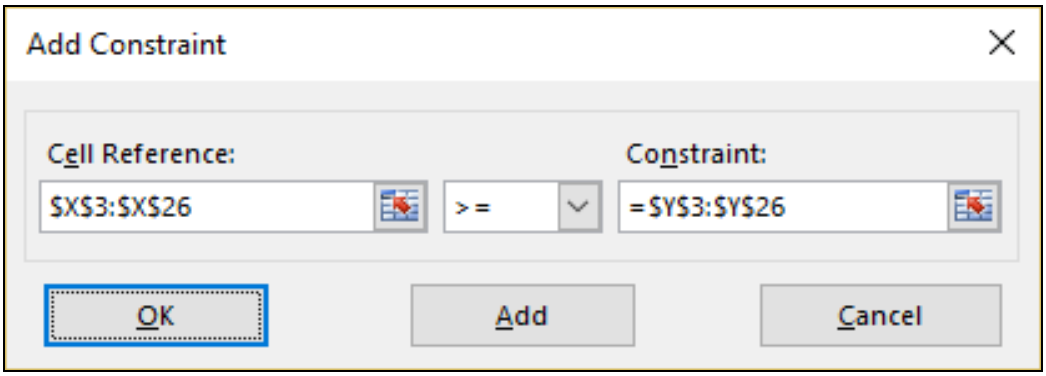
รูปที่ 3.2 Worksheet Model

2) เมื่อใส่ข้อมูล และเงื่อนไขทั้งหมดแล้ว ไปที่เมนู Data แล้วคลิกที่ Solver เพื่อเข้าสู่หน้าต่างของไดอะล็อกบ็อกซ์ Solver Parameter ดังรูปที่ 3.3 แล้วทำการป้อนค่า ดังต่อไปนี้

- หมายเลข 1 Set objective: หมายถึง Target Cell กำหนดให้เป็นเซลล์ E28
- หมายเลข 2 To: กำหนดให้เลือกที่ Min เนื่องจากต้องการหาเวลาที่น้อยที่สุด
- หมายเลข 3 By Changing Variable Cells: กำหนดให้เป็นแถว E2 ถึง เซลล์ W2
- หมายเลข 4 Subject to the Constraints: คลิกที่ปุ่ม Add เพื่อทำการกำหนดค่า จะได้ดังรูปที่ 3.4 จากนั้นกำหนดให้ Cell Reference คือ คอลัมน์ X3 ถึง X26 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ คอลัมน์ Y3 ถึง Y26 ซึ่งเป็น Constraints ที่กำหนด

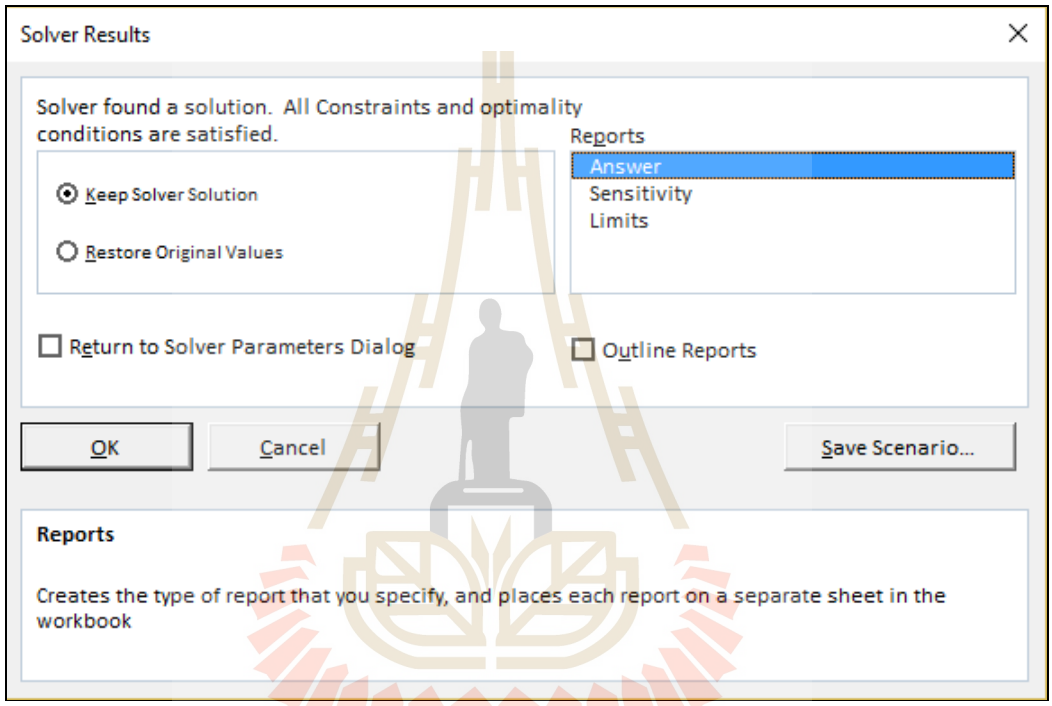


รูปที่ 3.3 การป้อนค่าใน Solver Parameters



รูปที่ 3.4 Add Constraint

3) จากรูปที่ 3.3 กด Solve จะไปสู่หน้าต่างของ Solver Results เพื่อคำนวณหาคำตอบ จะได้ดังรูปที่ 3.5 และหากต้องการผลรายงานการวิเคราะห์แบบใดก็สามารถกำหนดได้เช่นกัน โดยการกดเลือกในช่อง Reports สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการดูเพียงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ จึงเลือก Answer ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าในเซลล์ E28 ของสมุดงาน และคำตอบที่ได้จะถูกเปลี่ยนเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในช่อง Changing Cells



รูปที่ 3.5 หน้าต่างของ Solver Results

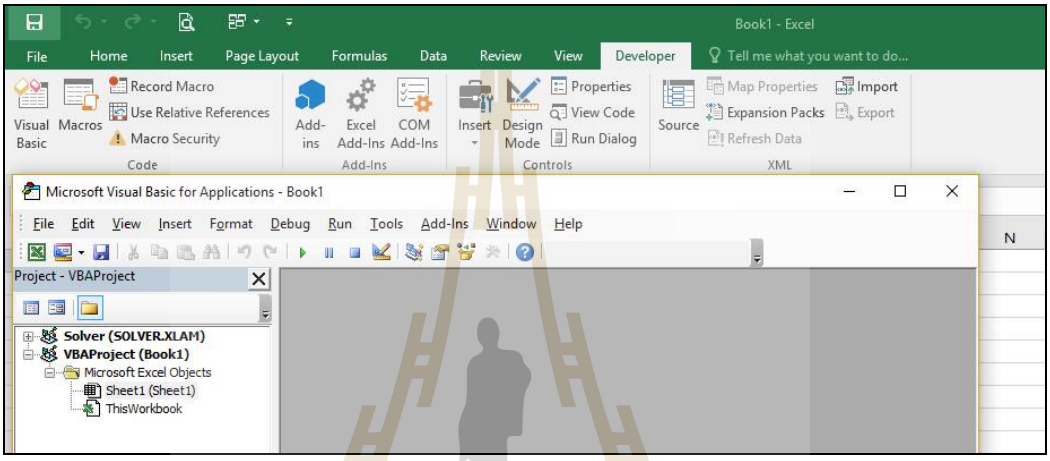
3.4 การจัดลำดับการผลิตด้วยภาษา VBA

VBA ได้ถูกพัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟต์ เพื่อประยุกต์ใช้งานกับโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล สำหรับเขียนคำสั่งการคำนวณต่าง ๆ ในโปรแกรมหรือในโมดูลย่อยติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) โดยลักษณะโครงสร้างเป็นภาษาวิชวลเบสิก ซึ่งเป็นภาษาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ทำให้ใช้งานได้ง่าย และสามารถเรียกใช้ได้ทันที ไม่ต้องมีการบันทึกการทำงาน (วิธีการติดตั้งดังแสดงในภาคผนวก ข) การใช้งาน VBA จำเป็นต้องเรียกเปิดโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล แล้วเลือกเมนู Developer จากนั้นคลิกต่อที่ Visual Basic เพื่อทำการเขียนคำสั่ง ดังรูปที่ 3.6

ส่วนประกอบที่ใช้ควบคุมการทำงานของโปรแกรม VBA ได้แก่

- โปรเจกต์ (Project) แสดงชื่อของงานที่ทำการสร้าง

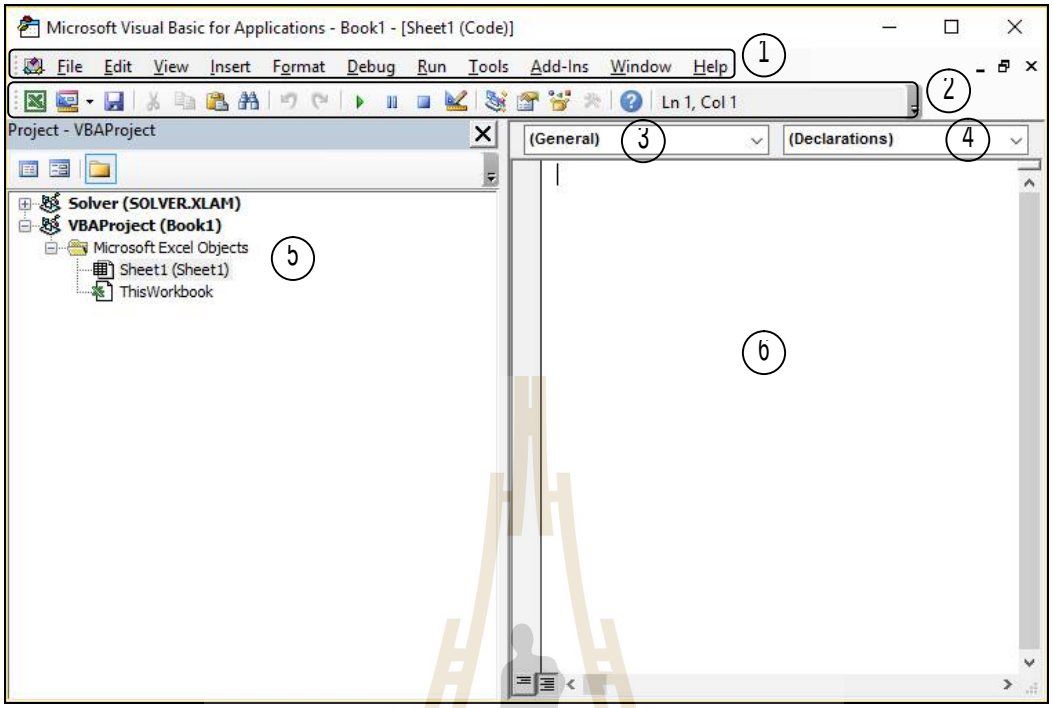
- ออบเจ็กต์ (Objects) สิ่งที่สร้างขึ้นมาเอง โดยมีการกำหนดคุณสมบัติ (Properties) ให้กับออบเจ็กต์ ให้มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น กาสร้างแผ่นงาน (Worksheet)
- ฟอร์ม (Form) เป็นการสร้างบล็อกสำหรับแสดงหน้าต่างของโปรเจกต์ที่มีการสร้างขึ้นมา
- โมดูล (Module) มีหน้าที่สำหรับเก็บชุดคำสั่ง VBA หรือการทำงานของแมโครที่ทำการบันทึก



รูปที่ 3.6 การเรียกใช้งาน VBA

<u>ส่วนประกอบที่ใช้ในการเขียนชุดคำสั่งโปรแกรม VBA</u> มีดังนี้ (แสดงในรูปที่ 3.7)

- หมายเลข 1 Menu Bar แสดงแถบเมนูที่มีอยู่ในโปรแกรม
- หมายเลข 2 Toolbars เครื่องมือช่วยในการใช้โปรแกรม
- หมายเลข 3 Object List Box แสดงรายการของออบเจ็กต์ที่มีในโปรเจกต์
- หมายเลข 4 Procedure List Box แสดงรายชื่อฟังก์ชัน หรือชุดคำสั่งที่มี
- หมายเลข 5 Project Explorer แสดงรายการโปรเจกต์ทั้งหมด
- หมายเลข 6 Code Window สำหรับเขียนชุดคำสั่ง VBA



รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบของชุดคำสั่ง VBA

3.4.1 การนำ VBA ไปใช้ในการวิจัย

ในส่วนนี้จะทำการสร้างอัลกอริทึมเพื่อลำดับความคิดขั้นตอนในการจัดลำดับการผลิตโดยการเขียน VBA เพื่อหาผลลัพธ์ โดยแบ่งขั้นตอนหลักออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ส่วนแรกจะเป็นการหาความเป็นไปได้ที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยจำแนกจากประเภทเครื่องจักร และส่วนที่สอง คือการใส่เงื่อนไขต่าง ๆ ของงาน และของเครื่องจักร แล้วทำการประมวลผล อธิบายโดยละเอียดได้ ดังต่อไปนี้

ส่วนแรก หาวิธีการจัดเรียงลำดับที่สามารถเป็นได้ทั้งหมด

1. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจัดลำดับภายในเครื่องจักร ซึ่งหมายความว่าภายในกลุ่มของเครื่องจักรเดียวกันนั้นงานทุกงานสามารถสลับกันได้ เพื่อต้องการหาเวลาการผลิตที่มีค่าน้อยที่สุด พิจารณาจำแนกโดยการจัดกลุ่มจากเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละงาน เช่น เครื่องจักรที่ 1 (M1) มีการทำงานของงานที่ 1 (A), งานที่ 2 (B), งานที่ 3 (C) และงานที่ 4 (D) เครื่องจักรที่ 2 (M2) มีงาน งานที่ 1 (A), งานที่ 2 (B) และงานที่ 3 (C) ในเครื่องจักรที่ 3 (M3) และ เครื่องจักรที่ 4 (M4) ก็เช่นเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จัดกลุ่มงานตามประเภทของเครื่องจักร

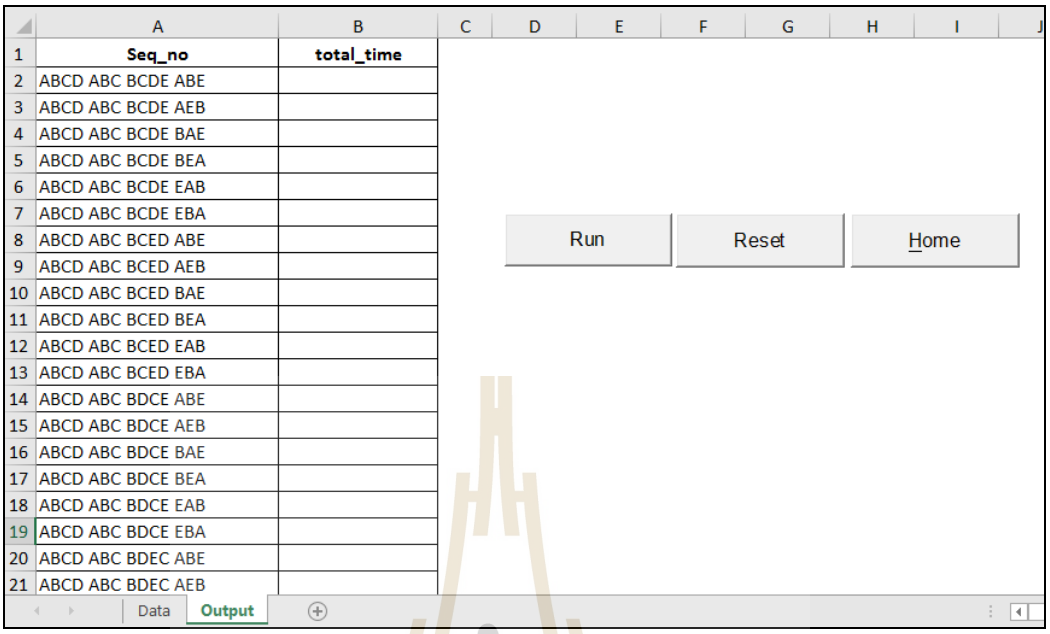
เครื่องจักร	งาน	จัดกลุ่ม
M1	A	ABCD
	B	
	C	
	D	
M2	A	ABC
	B	
	C	
M3	B	BCDE
	C	
	D	
	E	
M4	A	ABE
	B	
	E	

2. เขียนคำสั่ง VBA เพื่อหาผลลัพธ์ของวิธีการจัดเรียงที่เป็นได้ทั้งหมด โดยการกดปุ่ม Run จะได้วิธีการจัดเรียงทั้งหมด และแสดงค่าในคอลัมน์ A ยกตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้ดังรูปที่ 3.8 สำหรับปุ่ม Reset ใช้เพื่อล้างค่าทั้งหมดในคอลัมน์ A สุดท้ายปุ่ม Home ใช้เพื่อไปที่หน้าแผ่นงาน Data จำนวนผลลัพธ์ของการจัดเรียงลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดหาได้จากวิธี ดังต่อไปนี้

- เครื่องจักรที่ 1 มี ABCD จะได้ 4! = 24 รูปแบบ เช่น ABCD CBDA BADC DACB เป็นต้น
- เครื่องจักรที่ 2 มี ABC จะได้ 3! = 6 รูปแบบ เช่น ABC CBA BCA เป็นต้น
- เครื่องจักรที่ 3 มี BCDE จะได้ 4! = 24 รูปแบบ เช่น BCDE EDCB DBEC CEDA เป็นต้น
- เครื่องจักรที่ 4 มี ABE จะได้ 3! = 6 รูปแบบ เช่น ABE EBA BEA เป็นต้น

ดังนั้น จำนวนผลลัพธ์ของการจัดเรียงลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ

4! x 3! x 4! x 3! = 20,736 รูปแบบ



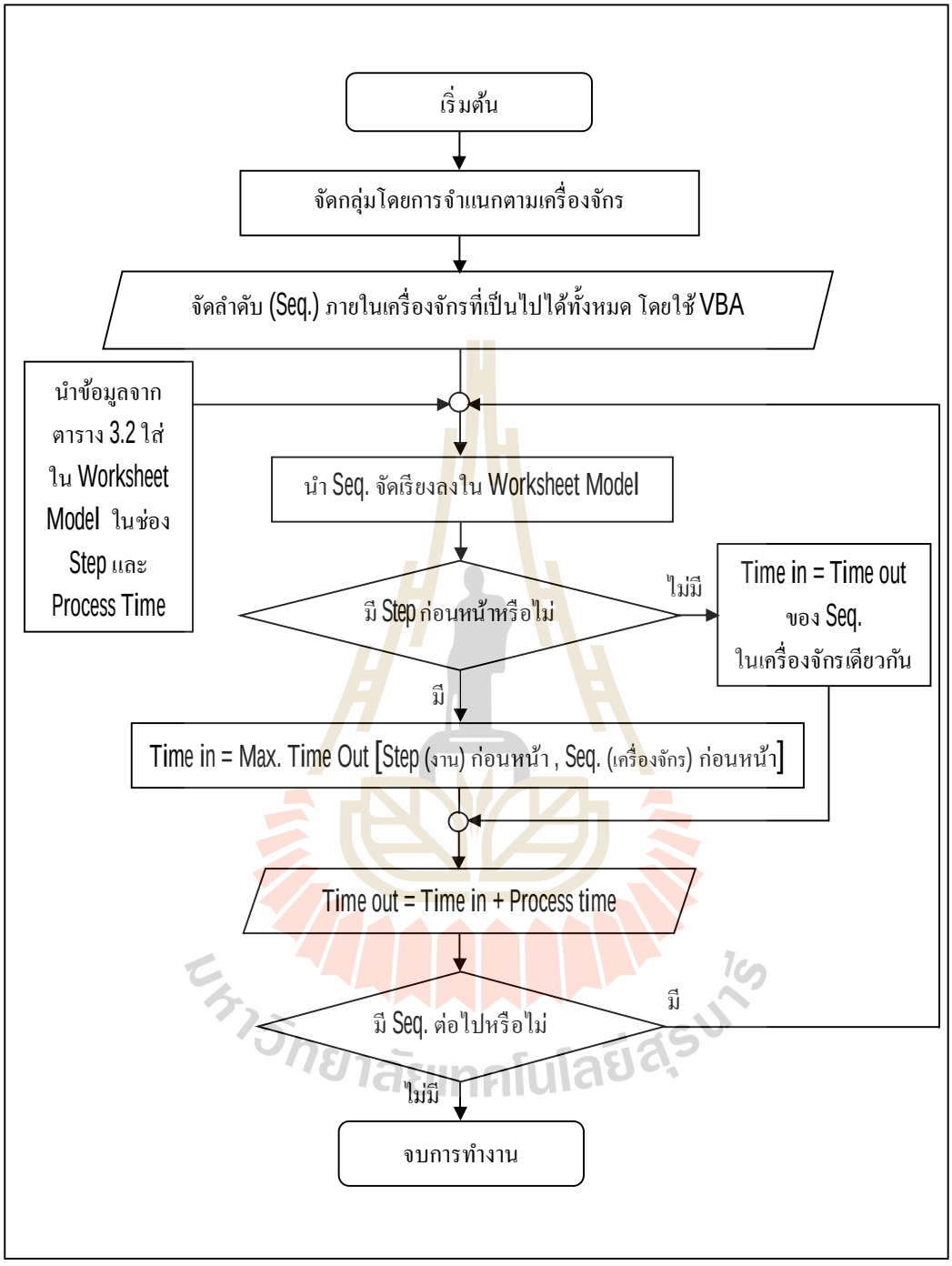
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างของผลลัพธ์ของรูปแบบการจัดเรียงที่เป็นไปได้ทั้งหมด

ส่วนที่สอง การใส่เงื่อนไขของปัญหาแล้วทำการประมวลผล

1. เขียนคำสั่ง VBA โดยใส่เงื่อนไขต่าง ๆ ของงาน และเครื่องจักร แล้วทำการประมวลผลหาเวลาการผลิตในแต่ละงาน และเวลาการผลิตในทุกวิธีการจัดเรียงที่ได้จากข้อ 2 ในส่วนแรก สามารถนำมาเขียนเป็นผังงานในการประมวลผลได้ดังรูปที่ 3.9

2. พิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 1 ที่เวลาการผลิตที่น้อยที่สุด แล้ววิเคราะห์ผลที่ได้ของวิธีดังกล่าว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

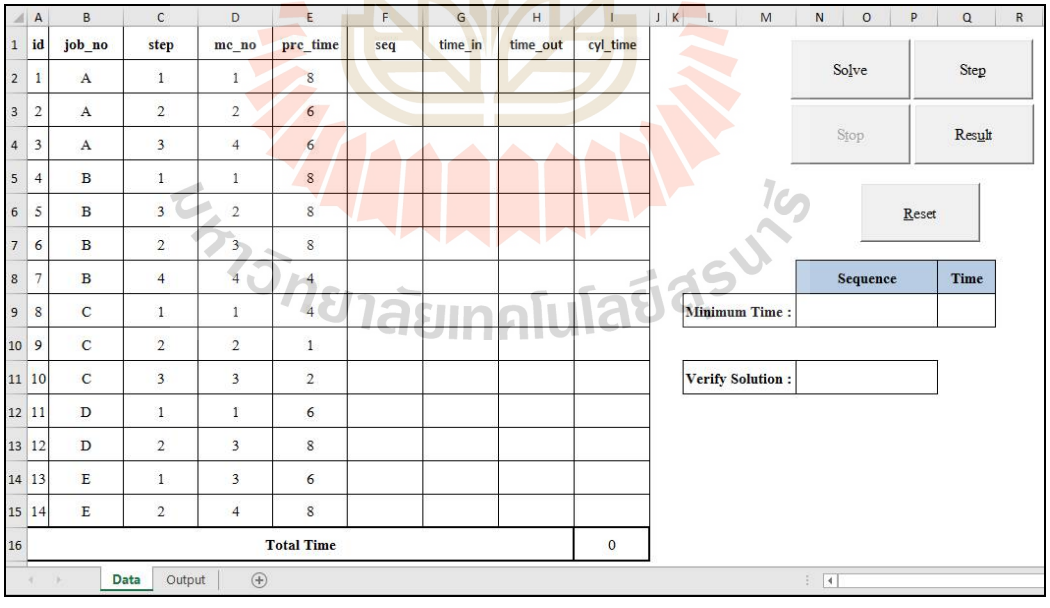


รูปที่ 3.9 แผนภาพการใช้ VBA จัดลำดับการผลิต

ขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อนำโปรแกรม VBA มาคำนวณผลลัพธ์ของการจัดลำดับการผลิตภายใต้ข้อจำกัดในปัญหางานวิจัย มีดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลนำเข้า (Input Data) โดยข้อมูลที่ต้องมีการป้อนค่าเข้าไปนั้น คือข้อจำกัดในการผลิตต่าง ๆ นั่นก็คือระยะเวลาของแต่ละขั้นตอนงาน และแต่ละประเภทบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ลำดับขั้นตอนของงาน และลำดับเครื่องจักรที่ใช้ ลงในสมุดงาน (Worksheet Model) ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล ที่สร้างขึ้นมา ดังรูปที่ 3.10 โดยที่เวลาการผลิตรวมของเครื่องจักรจะถูกคำนวณแล้วปรากฏในเซลล์ I16

job_no คือ ชื่อของงาน; งาน A, B, C, D และ E
step คือ ลำดับขั้นตอนของงานนั้น
mc_no คือ หมายเลขของเครื่องจักร; เครื่องจักรที่ 1, 2, 3 และ 4
prc_time คือ ระยะเวลาของขั้นตอนงานนั้น ๆ
seq คือ ลำดับเครื่องจักรที่ต้องการจัดเรียง
time_in คือ เวลาที่ขั้นตอนของงานนั้น ๆ เริ่มทำ
time_out คือ เวลาที่ขั้นตอนของงานนั้น ๆ เสร็จ ได้จาก time_in + prc_time
cyl_time คือ เวลาที่งานนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรือ time_out ที่ step สุดท้าย



	id	job_no	step	mc_no	prc_time	seq	time_in	time_out	cyl_time
2	1	A	1	1	8				
3	2	A	2	2	6				
4	3	A	3	4	6				
5	4	B	1	1	8				
6	5	B	3	2	8				
7	6	B	2	3	8				
8	7	B	4	4	4				
9	8	C	1	1	4				
10	9	C	2	2	1				
11	10	C	3	3	2				
12	11	D	1	1	6				
13	12	D	2	3	8				
14	13	E	1	3	6				
15	14	E	2	4	8				
16	Total Time								0

รูปที่ 3.10 สมุดงาน (Worksheet Model) ของ VBA

2) การประมวลผลและการคำนวณ (Processing) จะดำเนินการตามโปรแกรมที่มีการเขียนคำสั่งภาษา VBA ขึ้นมา ซึ่งกระบวนการประมวลผลดูได้ดังรูปที่ 3.9 ที่มีเงื่อนไขของงาน และเครื่องจักรในการนำมาคำนวณ เพื่อหาผลลัพธ์ในแต่ละรูปแบบการจัดเรียง หลักการทำงานในการประมวลผลมีดังนี้

- เมื่อกดปุ่ม Solve แล้วโปรแกรมจะดำเนินการนำลำดับของการจัดเรียงที่อยู่ในแผ่นงาน Output คอลัมน์ A มาประมวลผล จนได้ Total Time ในเซลล์ I16 จากนั้นโปรแกรมจะนำค่าของผลลัพธ์นั้นไปเก็บไว้ที่แผ่นงาน Output คอลัมน์ B ในแถวของลำดับการจัดเรียงนั้น ๆ ตัวอย่างของผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 3.11
- หากโปรแกรมมีการประมวลเสร็จเรียบร้อย ทำการกดปุ่ม Result จะนำไปสู่แผ่นงาน Output เพื่อดูผลลัพธ์ของการจัดเรียงแต่ละลำดับ
- สำหรับปุ่ม Step จะใช้ก็ต่อเมื่ออยากรู้รายละเอียดของการจัดเรียงลำดับแบบที่ต้องการ โดยการป้อนรูปแบบการจัดเรียงนั้นลงไปในเซลล์ N11
- ปุ่ม Stop เพื่อหยุดการทำงานของโปรแกรม
- ปุ่ม Reset ล้างค่าข้อมูลทั้งหมด

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	id	Seq_no	total_time	A	B	C	D	E
2	1	ABCD ABC BCDE ABE	191	20	36	35	43	57
3	2	ABCD ABC BCDE AEB	216	20	61	35	43	57
4	3	ABCD ABC BCDE BAE	213	42	36	35	43	57
5	4	ABCD ABC BCDE BEA	234	63	36	35	43	57
6	5	ABCD ABC BCDE EAB	265	63	67	35	43	57
7	6	ABCD ABC BCDE EBA	263	67	61	35	43	57
8	7	ABCD ABC BCED ABE	189	20	36	35	49	49
9	8	ABCD ABC BCED AEB	206	20	53	35	49	49
10	9	ABCD ABC BCED BAE	212	42	36	35	49	50
11	10	ABCD ABC BCED BEA	224	55	36	35	49	49
12	11	ABCD ABC BCED EAB	247	55	59	35	49	49
13	12	ABCD ABC BCED EBA	245	59	53	35	49	49
14	13	ABCD ABC BDCE ABE	176	20	36	36	34	50
15	14	ABCD ABC BDCE AEB	194	20	54	36	34	50
16	15	ABCD ABC BDCE BAE	198	42	36	36	34	50
17	16	ABCD ABC BDCE BEA	212	56	36	36	34	50
18	17	ABCD ABC BDCE EAB	236	56	60	36	34	50
19	18	ABCD ABC BDCE EBA	234	60	54	36	34	50
20	19	ABCD ABC BDEC ABE	180	20	36	42	34	48
21	20	ABCD ABC BDEC AEB	196	20	52	42	34	48
22	21	ABCD ABC BDEC BAE	204	42	36	42	34	50
23	22	ABCD ABC BDEC BEA	214	54	36	42	34	48

Run
Reset
Home
Data Output
Ready

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างของการแสดงผลข้อมูล (Output Data)

3) แสดงผลข้อมูล (Output Data) เมื่อทำการป้อนข้อมูลนำเข้าเรียบร้อยแล้ว โปรแกรม VBA มีการประมวลผลหาคำตอบ จากนั้นผลลัพธ์จะแสดงค่าออกมาในเซลล์ที่มีการเขียนคำสั่งให้ลงในสมุดงานในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.11 โดยจะปรากฏในคอลัมน์ B ที่หมายถึงเวลาการผลิตรวมของเครื่องจักรในแต่ละรูปแบบการจัดเรียง

รูปแบบของการแสดงผลลัพธ์

การวางแผนในงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นการแสดงลำดับการทำงานภายในเครื่องจักรนั้น ๆ โดยลำดับของเครื่องจักรจะมาจากการพิจารณาจัดเรียงเวลาที่ให้ผลการคำนวณที่ต่ำที่สุด เมื่อ มีการประมวลผลแล้วลักษณะของผลลัพธ์ในการวิจัยนี้ จะนำเสนอในลักษณะตารางดำเนินการที่ได้จากการปรับปรุงและพัฒนาด้วย VBA ที่มีรูปแบบการจัดเรียงที่ให้ผลลัพธ์ของเวลาการผลิตของแต่ละงาน

3.5 การศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Solver และ VBA

การจัดลำดับการผลิตในองค์กรต่าง ๆ ปัจจุบันมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับทรัพยากรที่มีอยู่ว่าจะจัดการอย่างไรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำ VBA มาใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์ คือการพัฒนาวิธีการจัดลำดับการผลิตหลายงานแบบเครื่องจักรหลายเครื่อง (Multiple Machine - Multiple Job Scheduling Problem) เพื่อลดเวลาในการจัดตารางการผลิตในข้อมูลตัวอย่างกรณีศึกษาดังกล่าว เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในเรื่องของวัสดุ อุปกรณ์ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล และสามารถได้ค่าของผลลัพธ์ที่ถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดจากการทดลองการจัดลำดับการผลิตของ 2 วิธี คือการใช้ Solver และการใช้ VBA มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบในส่วนของเวลาการผลิตที่ทุกขั้นตอนงานเสร็จสมบูรณ์มีค่าน้อยที่สุด (Makespan) เวลาที่แล้วเสร็จของแต่ละงาน (Cycle Times) เวลาที่เครื่องจักรเกิดการสูญเปล่า (Idle Time) และเวลาที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องมีการทำงานในกระบวนการผลิต รวมถึงอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องในกระบวนการผลิต (Utilization) เพื่อนำมาพิจารณาในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่เชื่อมโยงไปถึงค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิต อันเป็นต้นทุนส่วนหนึ่งขององค์กร หรือโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป ดังที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 1

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 บทนำ

จากการศึกษาค้นคว้าปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดตารางการผลิต และวิธีการจัดลำดับการผลิต จึงทำการทดลองนำ Solver และ VBA (Visual Basic for Application) ซึ่งเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อนำมาแก้ปัญหาของตัวอย่างกรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ คือ พัฒนาวิธีการจัดลำดับการผลิตหลายงานแบบเครื่องจักรหลายเครื่อง (Multiple Machine - Multiple Job Scheduling Problem) เพื่อลดเวลาในการจัดตารางการผลิตสำหรับเป็นแนวทางให้องค์กร หรือโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ นำแนวคิด และวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับสิ่งแวดล้อม หรือทรัพยากรที่มีอยู่

ในบทนี้กล่าวถึงผลการศึกษาที่ได้จากการดำเนินงานวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ Solver ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ผลโดยใช้ VBA ทั้งสองส่วนนี้แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องมือนั้น ๆ และในส่วนที่สามเป็นการอภิปรายผล เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมไปใช้ในการจัดลำดับการผลิต

4.2 การประมวลผลและวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการใช้ Solver

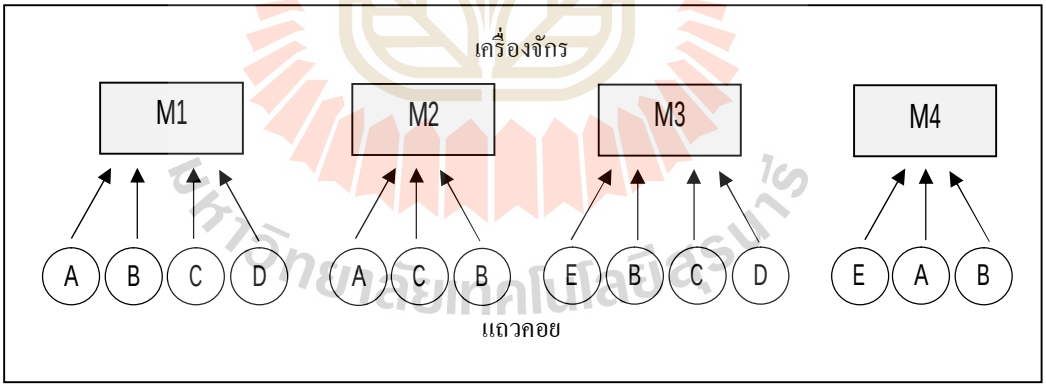
4.2.1 การประมวลผลการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ Solver

เมื่อทำการสร้างสมุดงาน (Worksheet Model) ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล แล้วทำการเชื่อมโยงตัวแปรเป้าหมาย สร้างสูตรที่ใช้สำหรับการคำนวณ และกำหนด Target Cell, Changing Cells และ Constraints แล้ว จะได้ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาตามที่กำหนดเงื่อนไขซึ่งเป็นข้อจำกัดบังคับ โดยในงานวิจัยนี้ต้องการเวลาการผลิตรวมที่น้อยที่สุด ดังรูปที่ 4.1 อธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

สำหรับการจัดลำดับโดยใช้ Solver ได้นำลำดับการทำงานแบบที่ตัวอย่างกรณีศึกษากำหนดมาใช้ในการประมวลผล นั่นคือ จัดเรียงแบบ ABCD ACB EBCD EAB แสดงดังรูปที่ 4.2 ซึ่งหมายความ ดังต่อไปนี้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1			ตัวแปรตัดสินใจ		X_{11}	X_{12}	X_{14}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{41}	X_{43}	X_{53}	X_{54}	X_{1E}	X_{2E}	X_{3E}	X_{4E}	X_{5E}	ขนาด	ผลคูณ
2			ผลลัพธ์		0	8	14	8	24	16	32	16	20	24	20	26	0	6	20	36	26	34	14		
3		ลำดับขั้นตอนงาน	A	M1	-1	1																		8	8
4				M2		-1	1																	6	6
5				M4			-1												1					6	6
6			B	M1				-1		1														8	8
7				M3					1	-1														8	8
8				M2					-1		1													8	8
9				M4							-1									1				4	4
10			C	M1								-1	1											4	4
11				M2									-1	1										4	1
12				M3										-1							1			2	2
13			D	M1											-1	1								6	6
14				M3												-1						1		8	8
15			E	M3													-1	1						6	6
16				M4														-1					1	8	8
17		ลำดับงานบนเครื่องจักร	B รอ A	M1	-1			1																8	8
18			C รอ B					-1				1												8	8
19			D รอ C									-1			1									4	4
20			C รอ A	M2		-1							1											12	6
21			B รอ C						1				-1											4	1
22			B รอ E	M3						1							-1							16	6
23			C รอ B							-1				1										8	8
24			D รอ C											-1		1								2	2
25			A รอ E	M4			1											-1						8	8
26			B รอ A				-1				1													18	6
27	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์																		1	1	1	1	1		
28	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์				36																				

รูปที่ 4.1 การจัดลำดับการผลิตโดยใช้ Solver



รูปที่ 4.2 รูปแบบการจัดเรียงแบบ ABCD ACB EBCD EAB

เครื่องจักรที่ 1 (M1)	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสาม
	งานที่ 4 (D)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 2 (M2)	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับแรก

	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 3 (M3)	งานที่ 5 (E)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสาม
	งานที่ 4 (D)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 4 (M4)	งานที่ 5 (E)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย

สมการวัตถุประสงค์ (Target Cell) คือเวลาการผลิตที่ทุกขั้นตอนงานเสร็จสมบูรณ์มีค่าน้อยที่สุด (นาที) ในเครื่องมือ Solver จะแสดงผลในเซลล์เป้าหมาย (Target Cell) ซึ่งจะปรากฏในเซลล์ E28 ได้จากสูตร =MAX(S2:W2) เป็นการหาค่าเวลามากที่สุดของทุกงานที่แล้วเสร็จ

สมการข้อจำกัดของลำดับขั้นตอนการทำงานและเครื่องจักร (Constraints) คือสมการที่ 2 ถึง สมการที่ 25 ในบทที่ 3 นั้นเป็นเงื่อนไขสำคัญที่เป็นตัวกำหนดขอบเขตของคำตอบที่ได้ให้มีค่าเหมาะสม ซึ่งเท่ากับ 130 ดังนั้นผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากการใช้ Solver นี้สามารถดูได้จากในคอลัมน์ X3 ถึง คอลัมน์ X26 ในรูปภาพที่ 4.1 สามารถอ่านค่าของผลลัพธ์สรุปได้ดังตารางที่ 4.1 แสดงถึงเวลาที่งานที่ i (Job i) ทำงานบนเครื่องจักรที่ j (Machine j) เริ่มขั้นตอนนั้นเมื่อเวลาเท่าใด (Time In) และเสร็จเมื่อไหร่ (Time Out) นำไปสร้างแผนภูมิแกนต์ได้ดังรูปที่ 4.3 ข้อสังเกตสำคัญของผลลัพธ์ที่ได้ในคอลัมน์ X3 ถึง คอลัมน์ X26 คือผลลัพธ์ที่คำนวณได้จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าใน คอลัมน์ Y3 ถึง คอลัมน์ Y26 ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของสมการข้อจำกัดในขั้นตอนการทำงาน และเครื่องจักร จึงเป็นการตรวจสอบได้อย่างหนึ่งว่ากระบวนการจัดลำดับโดยใช้ Solver นี้มีการป้อนข้อมูล และใส่เงื่อนไขได้ถูกต้องครบถ้วน

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ของการใช้ Solver

Jobs	Machine 1		Machine 2		Machine 3		Machine 4	
	Time In	Time Out	Time In	Time Out	Time In	Time Out	Time In	Time Out
A	0	8	8	14	-	-	14	20
B	8	16	24	32	16	24	32	36
C	16	20	20	21	24	26	-	-
D	20	26	-	-	26	34	-	-
E	-	-	-	-	0	6	6	14

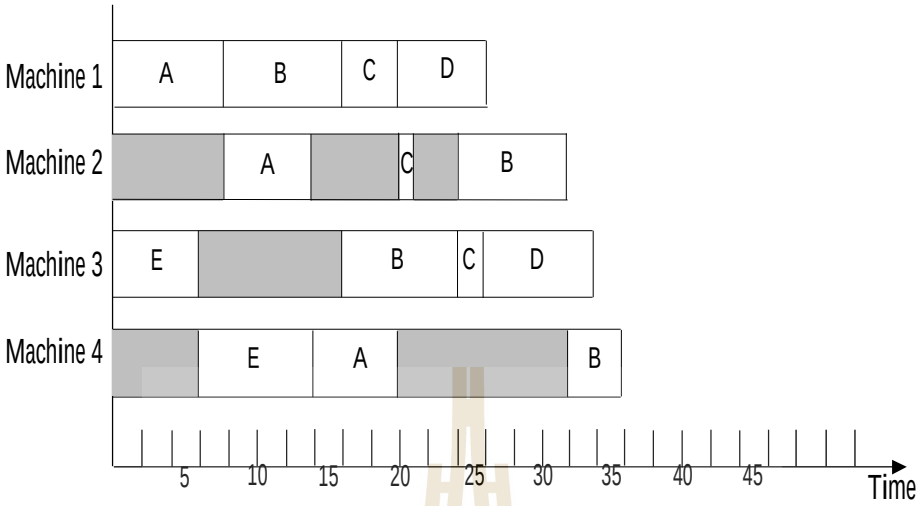
ตารางที่ 4.1 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของแต่ละงาน ที่ทำงานบนเครื่องจักรในแต่ละเครื่องจักร ซึ่งมีรายละเอียดที่บ่งบอกว่างานใด ขั้นตอนที่เท่าไหร่ เริ่มเข้าระบบในเครื่องจักรใด และออกจากเครื่องจักรนั้นเมื่อเวลาเท่าไหร่ ยกตัวอย่างเช่น งานที่ 1 (A) ขั้นตอนแรก สามารถเริ่มทำงานได้ทันทีบนเครื่องจักรที่ 1 แล้วเสร็จนาทีที่ 8 จากนั้นไปสู่ขั้นตอนที่สอง เริ่มทำงานบนเครื่องจักรที่ 2 เมื่อนาทีที่ 8 แล้วเสร็จเมื่อนาทีที่ 14 และขั้นตอนสุดท้ายทำงานบนเครื่องจักรที่ 4 เริ่มนาทีที่ 14 แล้วเสร็จเมื่อนาทีที่ 20 จึงเป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตของงานที่ 1 (A)

เวลาที่ใช้ในการผลิต (Cycle Time) ของแต่ละงาน แสดงผลในเซลล์ S2 ถึง เซลล์ W2 (รูปที่ 4.1) มีดังต่อไปนี้

เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน A เซลล์ S2 (X_{1E}) เท่ากับ 20 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน B เซลล์ T2 (X_{2E}) เท่ากับ 36 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน C เซลล์ U2 (X_{3E}) เท่ากับ 26 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน D เซลล์ V2 (X_{4E}) เท่ากับ 34 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน E เซลล์ W2 (X_{5E}) เท่ากับ 14 นาที

ดังนั้น เวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) มีค่าเท่ากับ 36 นาที

เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้ง 4 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยมีลำดับการจัดเรียงแบบ ABCD ACB EBCD EAB มีค่าเท่ากับ 20 + 36 + 26 + 34 + 14 = 130 นาที



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแกนต์ของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ Solver

4.2.2 การวิเคราะห์ผลของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ Solver

เนื่องจากการใช้ Solver ในการจัดลำดับการผลิต โดยมีรูปแบบการจัดเรียงลำดับแบบ ABCD ในเครื่องจักรที่ 1 แบบ ACB ในเครื่องจักรที่ 2 แบบ EBCD ในเครื่องจักรที่ 3 และแบบ EAB ในเครื่องจักรที่ 4 นั้น พบว่าในกระบวนการผลิตนี้เครื่องจักรทุกเครื่องในระบบมีการเกิดเวลาที่สูญเปล่า หรือเวลารอคอย (Idle Time) ซึ่งเป็นหนึ่งในความสูญเสียในกระบวนการผลิต (Wastes) ที่อยู่ในรูปของต้นทุนที่ต้องสูญเสีย และการเสียโอกาสในการผลิตสินค้า โดยแต่ละเครื่องจักรเกิดเวลาที่สูญเปล่า ดังต่อไปนี้

เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 1 = 36 – 26 = 10 นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 2 = 8 + 6 + 3 + 4 = 21 นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 3 = 10 + 2 = 12 นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 4 = 6 + 12 = 18 นาที

จะได้ว่า เครื่องจักรที่ 2 มีเวลาที่สูญเปล่ามากที่สุด รองลงมา คือ เครื่องจักรที่ 4 เครื่องจักรที่ 3 และเครื่องจักรที่ 1 เป็นลำดับสุดท้าย

อัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization) เป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ในงานวิจัยนี้ หมายถึงเครื่องจักรทั้ง 4 เครื่องว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด สามารถหาได้จาก

$$\frac{\text{Total Process Time of Machines}_j}{\text{Makespan}} \times 100 \qquad ; j = M1, M2, M3, M4$$

โดยที่

Total Process Time of Machine j คือ เวลาการทำงานของเครื่องจักรที่รับภาระงาน

Makespan คือ เวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์

ดังนั้น อัตราการใช้ประโยชน์ของแต่ละเครื่องจักร มีค่าดังต่อไปนี้

เครื่องจักรที่ 1;	Total Process Time	= 8 + 8 + 4 + 6	= 26	นาที
	% Utilization of M1	= (26/36) x 100	= 72.22%	
เครื่องจักรที่ 2 ;	Total Process Time	= 6 + 8 + 1	= 15	นาที
	% Utilization of M2	= (15/36) x 100	= 41.67%	
เครื่องจักรที่ 3;	Total Process Time	= 8 + 2 + 8 + 6	= 24	นาที
	% Utilization of M3	= (24/36) x 100	= 66.67%	
เครื่องจักรที่ 4;	Total Process Time	= 6 + 4 + 8	=18	นาที
	% Utilization of M4	= (18/36) x 100	= 50.00%	

หากอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรมีค่าสูง นั่นหมายความว่า เครื่องจักรนั้นมีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต หรือสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่มากด้วยเช่นกัน และในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราการใช้งาน หรือใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรมีค่าต่ำ จะหมายถึงมีการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรนั้นได้น้อย หรือไม่สามารถใช้ได้เต็มประสิทธิภาพ

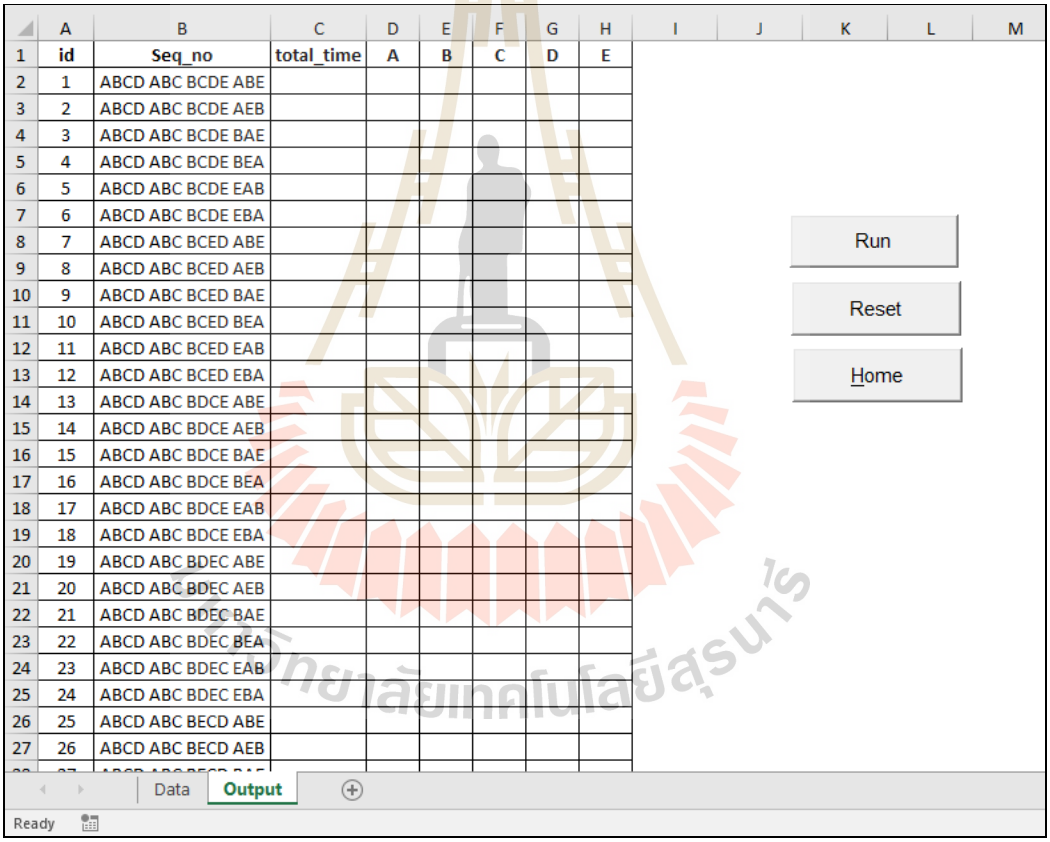
4.3 การประมวลผลและวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการใช้ VBA

ในขั้นตอนวิธีการดำเนินงานได้กล่าวมาแล้วว่า การจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA จะแบ่งเป็นสองส่วน ซึ่งแต่ละส่วนนั้นมีขั้นตอน และเป้าหมายที่แตกต่างกันไป แต่ทั้งนี้ทั้งสองส่วนก็มีส่วนที่ต่อเนื่องกัน กล่าวคือ ผลที่ได้จากส่วนแรกมีความเกี่ยวข้องกับผลที่ได้ในส่วนที่สอง รายละเอียดดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

4.3.1 วิธีการจัดเรียงลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมด

การเขียนคำสั่ง VBA เพื่อแสดงผลที่ต้องการนั้นในขั้นตอนกระบวนการนี้ เป็นการจัดเรียงโดยคำนึงถึงตำแหน่งของสิ่งของแต่ละสิ่งเป็นที่สำคัญที่สุด (Permutation) จะได้จำนวนของวิธีการจัดเรียงจะมีทั้งหมด 20,736 รูปแบบ ซึ่งได้มาจากเครื่องจักรที่ 1 (A) มี 24 รูปแบบ เครื่องจักรที่ 2 (B) มี 6 รูปแบบ เครื่องจักรที่ 3 (C) มี 24 รูปแบบ และเครื่องจักรที่ 4 (D) มี 6 รูปแบบ จากนั้นนำรูปแบบทั้งหมดมาคูณกันตามหลักการคณิตศาสตร์ก็จะได้ผลลัพธ์ดังกล่าว และรูปแบบทั้งหมดจะแสดงที่สมุดงานในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล ที่แผ่นงาน (Sheet) Output ดังรูปที่ 4.4 โดยที่

คอลัมน์ A แสดงถึง ลำดับรูปแบบการจัดเรียง
คอลัมน์ B แสดงถึง รูปแบบการจัดเรียง
คอลัมน์ C แสดงถึง เวลารวมในเครื่องจักรทั้งหมดของกระบวนการผลิต
คอลัมน์ D แสดงถึง เวลาที่ใช้ในการผลิตของงานที่ 1 (A)
คอลัมน์ E แสดงถึง เวลาที่ใช้ในการผลิตของงานที่ 2 (B)
คอลัมน์ F แสดงถึง เวลาที่ใช้ในการผลิตของงานที่ 3 (C)
คอลัมน์ G แสดงถึง เวลาที่ใช้ในการผลิตของงานที่ 4 (D)
คอลัมน์ H แสดงถึง เวลาที่ใช้ในการผลิตของงานที่ 5 (E)



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	id	Seq_no	total_time	A	B	C	D	E
2	1	ABCD ABC BCDE ABE						
3	2	ABCD ABC BCDE AEB						
4	3	ABCD ABC BCDE BAE						
5	4	ABCD ABC BCDE BEA						
6	5	ABCD ABC BCDE EAB						
7	6	ABCD ABC BCDE EBA						
8	7	ABCD ABC BCED ABE						
9	8	ABCD ABC BCED AEB						
10	9	ABCD ABC BCED BAE						
11	10	ABCD ABC BCED BEA						
12	11	ABCD ABC BCED EAB						
13	12	ABCD ABC BCED EBA						
14	13	ABCD ABC BDCE ABE						
15	14	ABCD ABC BDCE AEB						
16	15	ABCD ABC BDCE BAE						
17	16	ABCD ABC BDCE BEA						
18	17	ABCD ABC BDCE EAB						
19	18	ABCD ABC BDCE EBA						
20	19	ABCD ABC BDEC ABE						
21	20	ABCD ABC BDEC AEB						
22	21	ABCD ABC BDEC BAE						
23	22	ABCD ABC BDEC BEA						
24	23	ABCD ABC BDEC EAB						
25	24	ABCD ABC BDEC EBA						
26	25	ABCD ABC BECD ABE						
27	26	ABCD ABC BECD AEB						

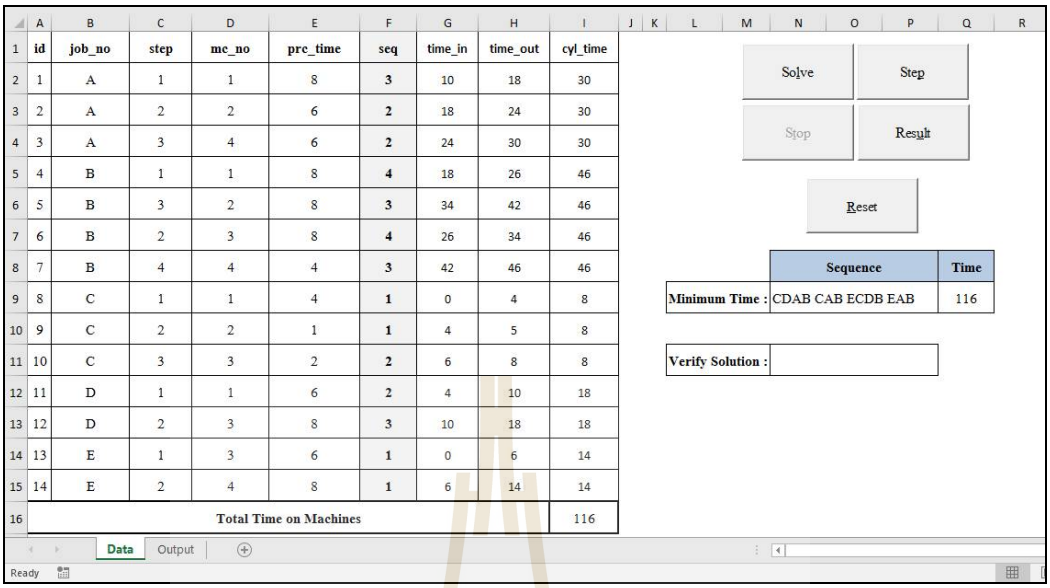
รูปที่ 4.4 Worksheet Model: Output รูปแบบการจัดเรียง

4.3.2 การประมวลผลการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA

เมื่อมีการใส่ข้อมูล ข้อจำกัดในการผลิต ลำดับขั้นตอนของงาน เวลาของแต่ละขั้นตอน และลำดับเครื่องจักรที่ใช้ในขั้นตอนงานนั้น ลงในสมุดงานในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล ที่สร้างขึ้นมา ดังรูปที่ 4.5 โดยที่เวลาการผลิตรวมของเครื่องจักรจะถูกคำนวณแล้วปรากฏในเซลล์ I16

คอลัมน์ A	แสดงถึง	ลำดับการเรียงเลขที่แถวของกระบวนการผลิต
คอลัมน์ B	แสดงถึง	ชื่อของงาน คือ งาน A, B, C, D และ E
คอลัมน์ C	แสดงถึง	ลำดับขั้นตอนของงานนั้น
คอลัมน์ D	แสดงถึง	หมายเลขของเครื่องจักร คือ เครื่องจักรที่ 1, 2, 3 และ 4คอลัมน์
E	แสดงถึง	ระยะเวลาของขั้นตอนงานนั้น ๆ
คอลัมน์ F	แสดงถึง	ลำดับเครื่องจักรที่ต้องการจัดเรียง
คอลัมน์ G	แสดงถึง	เวลาที่ขั้นตอนของงานนั้น ๆ เริ่มทำ
คอลัมน์ H	แสดงถึง	เวลาที่ขั้นตอนของงานนั้น ๆ เสร็จ หรือ ได้จาก คอลัมน์ G + คอลัมน์ E
คอลัมน์ I	แสดงถึง	เวลาที่งานนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรือ ได้จาก คอลัมน์ H ที่ขั้นตอนสุดท้ายของงาน
แถวที่ 16	แสดงถึง	เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดทุกเครื่องที่ทำงาน เสร็จสมบูรณ์ทุกงาน
เซลล์ N9	แสดงถึง	รูปแบบที่ให้ผลการคำนวณของเซลล์ I16 ที่มีค่าน้อยที่สุด
เซลล์ Q9	แสดงถึง	เวลาของรูปแบบในเซลล์ N9
เซลล์ N11	แสดงถึง	เมื่อมีการป้อนรูปแบบการจัดเรียงที่ต้องการทราบ แล้วกดปุ่ม Step จะทำให้รู้ถึงรายละเอียดของผลการประมวลผลรูปแบบนั้น ๆ

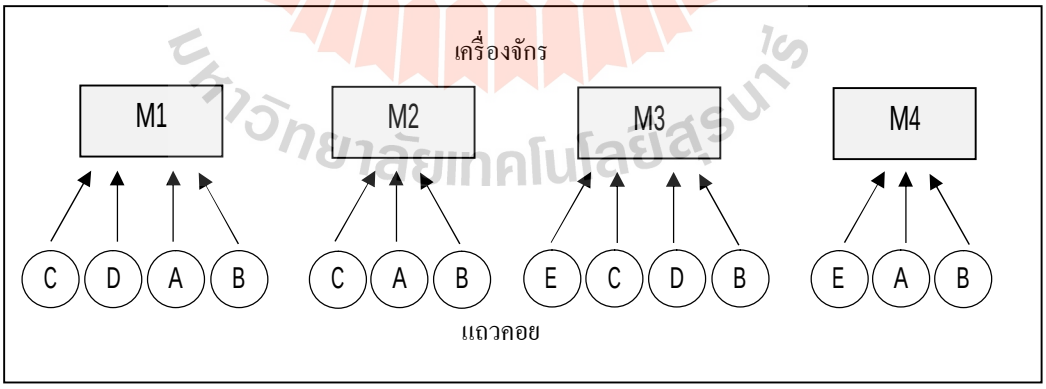
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



id	job_no	step	mc_no	pre_time	seq	time_in	time_out	cyl_time
1	A	1	1	8	3	10	18	30
2	A	2	2	6	2	18	24	30
3	A	3	4	6	2	24	30	30
4	B	1	1	8	4	18	26	46
5	B	3	2	8	3	34	42	46
6	B	2	3	8	4	26	34	46
7	B	4	4	4	3	42	46	46
8	C	1	1	4	1	0	4	8
9	C	2	2	1	1	4	5	8
10	C	3	3	2	2	6	8	8
11	D	1	1	6	2	4	10	18
12	D	2	3	8	3	10	18	18
13	E	1	3	6	1	0	6	14
14	E	2	4	8	1	6	14	14
Total Time on Machines								116

รูปที่ 4.5 Worksheet Model: Data การประมวลผล

หลักการทำงานในการประมวลผลดังรูปที่ 4.5 นี้ เมื่อกดปุ่ม Solve แล้วจะมีการเรียกข้อมูลจากแผ่นงาน Output ในคอลัมน์ B มาใส่ลำดับการจัดเรียงในคอลัมน์ F ของแผ่นงาน Data ยกตัวอย่างการอธิบายรายละเอียดตามรูปแบบการจัดเรียงแบบ CDAB CAB ECDB EABแสดงดังรูปที่ 4.6 ซึ่งหมายความ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.6 รูปแบบการจัดเรียงแบบ CDAB CAB ECDB EAB

เครื่องจักรที่ 1 (M1)	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 4 (D)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับสาม
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 2 (M2)	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 3 (M3)	งานที่ 5 (E)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 4 (D)	ทำการผลิตลำดับสาม
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 4 (M4)	งานที่ 5 (E)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย

เนื่องจากมีการเขียนคำสั่ง VBA ทำให้การประมวลผลมีการทำงานแบบอัตโนมัติในการคำนวณซึ่งจะได้ค่าของผลลัพธ์สรุปดังตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของแต่ละงาน ที่ทำงานบนเครื่องจักรในแต่ละเครื่องจักร ซึ่งมีรายละเอียดที่บ่งบอกว่างานใด ขั้นตอนที่เท่าไหร่ เริ่มเข้าระบบในเครื่องจักรใด และออกจากเครื่องจักรนั้นเมื่อเวลาเท่าไหร่

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของการใช้ VBA

Jobs	Machine 1		Machine 2		Machine 3		Machine 4	
	Time In	Time Out	Time In	Time Out	Time In	Time Out	Time In	Time Out
A	10	18	18	24	-	-	24	30
B	18	26	34	42	26	34	42	46
C	0	4	4	5	6	8	-	-
D	4	10	-	-	10	18	-	-
E	-	-	-	-	0	6	6	14

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เวลาที่ใช้ในการผลิต (Cycle Time) ของแต่ละงาน (รูปที่ 4.5) จะได้ดังต่อไปนี้

เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน A (เซลล์ I4) เท่ากับ 30 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน B (เซลล์ I8) เท่ากับ 46 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน C (เซลล์ I11) เท่ากับ 8 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน D (เซลล์ I13) เท่ากับ 18 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน E (เซลล์ I15) เท่ากับ 14 นาที

ดังนั้น เวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) มีค่าเท่ากับ 46 นาที

เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้ง 4 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยมีลำดับการจัดเรียงแบบ CDAB CAB ECDB EAB มีค่าเท่ากับ 30 + 46 + 8 + 18 + 14 = 116 นาที

4.3.3 การวิเคราะห์ผลของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA

1) เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดที่มีค่าต่ำสุด

รูปแบบการจัดเรียงแบบ CDAB CAB ECDB EAB มีเวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ เท่ากับ 46 นาที และให้ผลรวมของเวลาที่เครื่องจักรทั้งหมดใช้ในกระบวนการผลิตต่ำสุด มีค่า 116 นาที ดังนั้นจากผลลัพธ์การจัดเรียงรูปแบบนี้ พบว่าในกระบวนการผลิตนี้เครื่องจักรทุกเครื่องในระบบมีการเกิดเวลาที่สูญเปล่า หรือเวลารอคอย ดังต่อไปนี้

เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 1 = 46 – 26 = 20 นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 2 = 4 + 13 + 10 + 4 = 31 นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 3 = 2 + 8 + 12 = 22 นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 4 = 6 + 10 + 12 = 28 นาที

จะได้ว่า เครื่องจักรที่ 2 มีเวลาที่สูญเปล่ามากที่สุด รองลงมา คือ เครื่องจักรที่ 4 เครื่องจักรที่ 3 และเครื่องจักรที่ 1 เป็นลำดับสุดท้าย

อัตราการใช้ประโยชน์ของแต่ละเครื่องจักร มีค่าดังต่อไปนี้

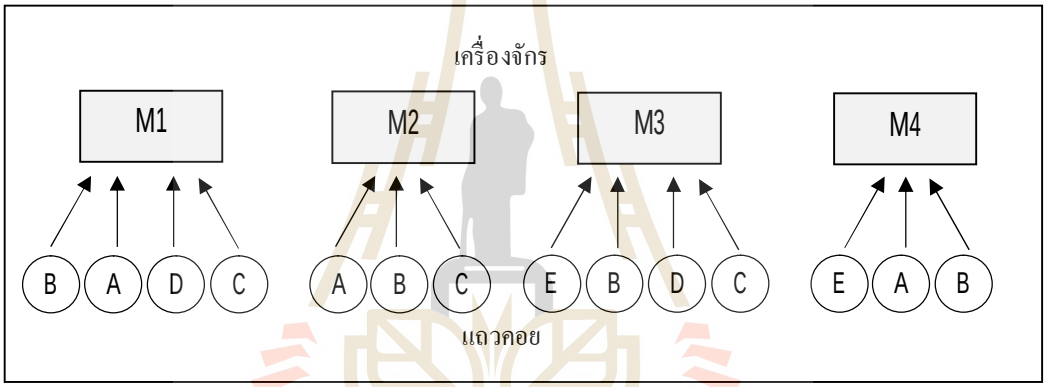
เครื่องจักรที่ 1; % Utilization of M1 = (26/46) x 100 = 56.52%
เครื่องจักรที่ 2 ; % Utilization of M2 = (15/46) x 100 = 32.61%
เครื่องจักรที่ 3; % Utilization of M3 = (24/46) x 100 = 52.17%
เครื่องจักรที่ 4; % Utilization of M4 = (18/46) x 100 = 39.13%

ในการคำนวณหาเวลาที่สูญเปล่า และอัตราการใช้งานของแต่ละเครื่องจักรนั้น จะเห็นว่าการจัดเรียงในรูปแบบดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการจัดเรียงตามที่ตัวอย่างกรณีศึกษากำหนดมา ที่มีการใช้ Solver ประมวลผล พบว่าทั้งเวลาที่สูญเปล่า และอัตราการใช้งานของแต่ละเครื่องจักรนั้น

รูปแบบที่มีการใช้ Solver ในการจัดลำดับการผลิตให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ถึงแม้ว่ารูปแบบการจัดเรียงนี้จะให้ค่าเวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดมีค่าต่ำสุดก็ตาม อีกทั้งเวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ก็มีค่ามากกว่า 27.78%

2) เวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) มีค่าต่ำสุด

โดยทั่วไปในกระบวนการผลิตที่มีสินค้าหลายประเภท หลายเครื่องจักร หรือหลายขั้นตอนกระบวนการ สิ่งสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณา นั่นคือ รอบเวลาการผลิต หรือเวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ต้องมีค่าที่ต่ำสุด เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิต ลดค่าใช้จ่าย และมีการส่งมอบที่ตรงเวลา เมื่อมีการนำ VBA มาใช้ในการจัดลำดับการผลิต รูปแบบที่ให้ค่าของเวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ คือการจัดเรียงแบบ BADC ABC EBDC EAB อธิบายรายละเอียดได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 รูปแบบการจัดเรียงแบบ BADC ABC EBDC EAB

เครื่องจักรที่ 1 (M1)	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 4 (D)	ทำการผลิตลำดับสาม
	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 2 (M2)	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 3 (M3)	งานที่ 5 (E)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 4 (D)	ทำการผลิตลำดับสาม
	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เครื่องจักรที่ 4 (M4) งานที่ 5 (E) ทำการผลิตลำดับแรก
งานที่ 1 (A) ทำการผลิตลำดับสอง
งานที่ 2 (B) ทำการผลิตลำดับสุดท้าย

เมื่อใช้ VBA ในทำงานประมวลผลตามรูปแบบการจัดเรียงนี้ จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.8 และสร้างแผนภูมิแกนต์ได้ดังรูปที่ 4.9 เวลาที่ใช้ในการผลิต (Cycle Time) ของแต่ละงาน ดังนี้

เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน A (เซลล์ I4) เท่ากับ 28 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน B (เซลล์ I8) เท่ากับ 34 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน C (เซลล์ I11) เท่ากับ 33 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน D (เซลล์ I13) เท่ากับ 30 นาที
เวลาที่ใช้ในการผลิต งาน E (เซลล์ I15) เท่ากับ 14 นาที

ดังนั้น เวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) มีค่าเท่ากับ 34 นาที
เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้ง 4 เครื่องที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยมีลำดับการจัดเรียงแบบ BADC ABC EBDC EAB มีค่าเท่ากับ 28 + 34 + 33 + 30 + 14 = 139 นาที

id	job_no	step	mc_no	pre_time	seq	time_in	time_out	cyl_time
1	A	1	1	8	2	8	16	28
2	A	2	2	6	1	16	22	28
3	A	3	4	6	2	22	28	28
4	B	1	1	8	1	0	8	34
5	B	3	2	8	2	22	30	34
6	B	2	3	8	2	8	16	34
7	B	4	4	4	3	30	34	34
8	C	1	1	4	4	22	26	33
9	C	2	2	1	3	30	31	33
10	C	3	3	2	4	31	33	33
11	D	1	1	6	3	16	22	30
12	D	2	3	8	3	22	30	30
13	E	1	3	6	1	0	6	14
14	E	2	4	8	1	6	14	14
Total Time on Machines								139

Solve | Step | Stop | Result | Reset

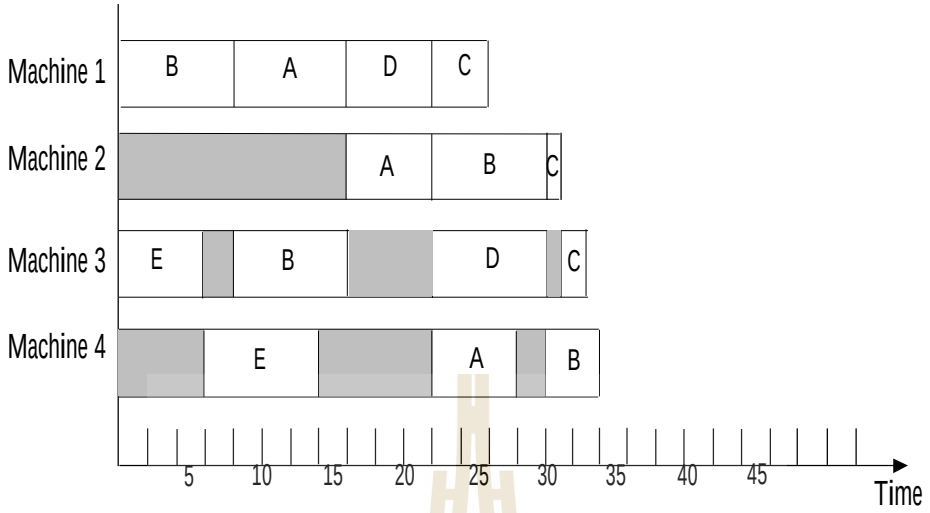
Sequence	Time
Minimum Time :	

Verify Solution : BADC ABC EBDC EAB

Data | Output

Ready

รูปที่ 4.8 เวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) ต่ำที่สุด



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแกนต์ของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA

รูปแบบการจัดเรียงแบบ BADC ABC EBDC EAB มีค่าของผลรวมเวลาของงานที่เครื่องจักรทั้งหมดใช้ในกระบวนการผลิตเท่ากับ 139 นาที ซึ่งมีค่ามากกว่าการจัดเรียงรูปแบบ CDAB CAB ECDB EAB ถึง 19.83% แต่ว่าเมื่อมองในภาพรวม และในความเป็นจริงนั้นเวลาที่เครื่องจักรทั้งหมดใช้ในกระบวนการผลิตไม่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบการผลิตได้เลย ซึ่งสิ่งที่ชี้วัดได้ คือ เวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ หรือ รอบเวลาการผลิต โดยรูปแบบการจัดเรียงแบบ BADC ABC EBDC EAB ให้ค่าการคำนวณที่ต่ำที่สุด และเป็นเพียงรูปแบบเดียวใน 20,736 รูปแบบที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในระบบการผลิตนี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตเครื่องจักรที่ใช้ย่อมมีการเกิดเวลาที่สูญเปล่า หรือเกิดเวลารอคอยงานเข้ามาในระบบ โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 1	= 34 – 26	= 8	นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 2	= 16 + 3	= 19	นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 3	= 2 + 6 + 1 + 1	= 10	นาที
เวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรที่ 4	= 6 + 8 + 2	= 16	นาที

จะได้ว่า เครื่องจักรที่ 2 มีเวลาที่สูญเปล่ามากที่สุด รองลงมา คือ เครื่องจักรที่ 4 เครื่องจักรที่ 3 และเครื่องจักรที่ 1 เป็นลำดับสุดท้าย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้ถึงแม้ว่าในเครื่องจักรที่ 2 เกิดเวลาที่สูญเปล่ามากที่สุดไม่ต่างจากรูปแบบการจัดเรียงลำดับอื่น ๆ ก็ตาม แต่สิ่งสำคัญนั่นคือรูปแบบการจัดเรียงลำดับนี้ให้ค่าที่ต่ำที่สุดกว่าทุกรูปแบบ นั่นหมายความว่าค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนในการผลิตขององค์กรมีค่าที่น้อยที่สุดเช่นกัน

อัตราการใช้ประโยชน์ของแต่ละเครื่องจักร มีค่าดังต่อไปนี้

เครื่องจักรที่ 1; % Utilization of M1 = (26/34) x 100 = 76.47%

เครื่องจักรที่ 2 ; % Utilization of M2 = (15/34) x 100 = 44.12%

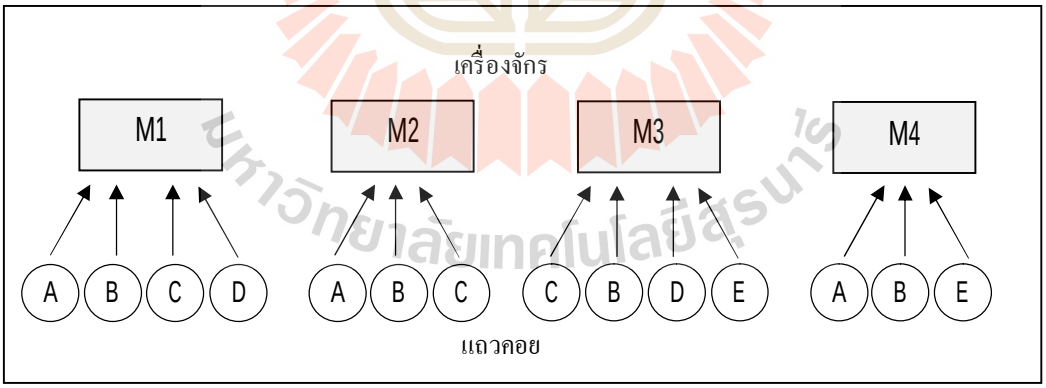
เครื่องจักรที่ 3; % Utilization of M3 = (24/34) x 100 = 70.59%

เครื่องจักรที่ 4; % Utilization of M4 = (18/34) x 100 = 52.94%

เครื่องจักรที่ 1 มีอัตราการใช้งานที่มากที่สุด รองลงมา คือเครื่องจักรที่ 3 เครื่องจักรที่ 4 และสุดท้ายคือเครื่องจักรที่ 2 ถึงแม้ว่ารูปแบบการจัดเรียงนี้จะไม่สามารถทำให้เครื่องจักรทุกเครื่องมีอัตราการใช้ประโยชน์ถึง 100% ก็ตาม แต่สามารถให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรมากกว่าทุกรูปแบบการจัดเรียงทั้งหมด ซึ่งสัมพันธ์กันกับผลการคำนวณการเกิดเวลาที่สูญเปล่าในแต่ละเครื่องจักร

3) รูปแบบการจัดเรียงที่ไม่สามารถหาค่าได้

รูปแบบการจัดเรียงที่เป็นไปได้ทั้งหมดมี 20,736 รูปแบบ เมื่อมีการใช้ VBA มาประมวลผลการทำงาน พบว่ามีบางรูปแบบที่ไม่สามารถหาค่าการคำนวณออกมาได้ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของขั้นตอนการทำงานของแต่ละงาน และข้อจำกัดลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละเครื่องจักร ทำให้ไม่สามารถประมวลผลได้ทุกรูปแบบ ยกตัวอย่างรูปแบบการจัดเรียงที่ไม่สามารถหาค่าได้ คือการจัดเรียงแบบ ABCD ABC CBDE ABE ดังรูปที่ 4.10



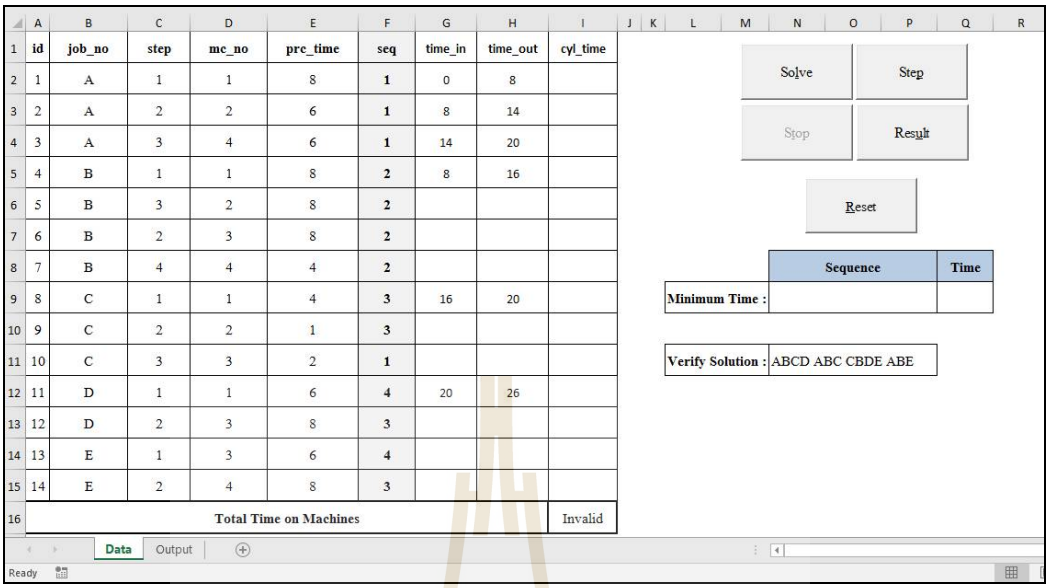
รูปที่ 4.10 รูปแบบการจัดเรียงแบบ ABCD ABC CBDE ABE

เครื่องจักรที่ 1 (M1)	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสาม
	งานที่ 4 (D)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย

เครื่องจักรที่ 2 (M2)	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 3 (M3)	งานที่ 3 (C)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 4 (D)	ทำการผลิตลำดับสาม
	งานที่ 5 (E)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย
เครื่องจักรที่ 4 (M4)	งานที่ 1 (A)	ทำการผลิตลำดับแรก
	งานที่ 2 (B)	ทำการผลิตลำดับสอง
	งานที่ 5 (E)	ทำการผลิตลำดับสุดท้าย

การประมวลผลการทำงานในรูปแบบดังกล่าว ไม่สามารถคำนวณผลลัพธ์ได้ เนื่องจากว่าขั้นตอนที่ 2 ของงานที่ 2 (B) ใช้เครื่องจักรที่ 3 (M3) ซึ่งมีลำดับการทำงานภายในเครื่องจักรเดียวกันเป็นลำดับที่ 2 ซึ่งจะสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อลำดับแรกมีการทำงานแล้วเสร็จเท่านั้น เมื่อพิจารณาลำดับแรกของเครื่องจักรที่ 3 จะอยู่ในขั้นตอนงานที่ 3 ของงานที่ 3 (C) ซึ่งไม่สามารถทำงานได้เช่นกัน เพราะติดเงื่อนไขของขั้นตอนภายในงานเดียวกัน นั่นคือ ขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 ทำให้รูปแบบการจัดเรียงนี้ไม่สามารถประมวลผลหาค่าการคำนวณได้ ดังนั้นจึงมีการกำหนดให้การจัดลำดับการผลิตในรูปแบบที่หาค่าไม่ได้นั้นให้แสดงผล “Invalid” ในเซลล์ I16 และจะเห็นว่าในคอลัมน์ G ที่แสดงถึงเวลาที่ขั้นตอนงานนั้นเริ่มทำและคอลัมน์ H ที่แสดงถึงเวลาที่ขั้นตอนงานนั้นแล้วเสร็จ ไม่มีการแสดงค่าการคำนวณออกมาในทุกขั้นตอนงาน และรอบเวลาการผลิตก็ไม่สามารถหาค่าได้เช่นกัน (คอลัมน์ I) แสดงดังรูปที่ 4.11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



id	job_no	step	mc_no	pre_time	seq	time_in	time_out	cyl_time
1	A	1	1	8	1	0	8	
2	A	2	2	6	1	8	14	
3	A	3	4	6	1	14	20	
4	B	1	1	8	2	8	16	
5	B	3	2	8	2			
6	B	2	3	8	2			
7	B	4	4	4	2			
8	C	1	1	4	3	16	20	
9	C	2	2	1	3			
10	C	3	3	2	1			
11	D	1	1	6	4	20	26	
12	D	2	3	8	3			
13	E	1	3	6	4			
14	E	2	4	8	3			
Total Time on Machines								Invalid

รูปที่ 4.11 ตัวอย่างรูปแบบการจัดเรียงที่ไม่สามารถหาค่าได้

4.4 วิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล

เมื่อโปรแกรมทำการประมวลผลหาค่าการคำนวณเรียบร้อยแล้ว หากต้องการที่จะตรวจสอบหาค่าคำนวณในแต่ละขั้นตอนกระบวนการทำงานก็สามารถทำได้ ยกตัวอย่างรูปแบบการจัดเรียงแบบที่มีเวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) มีค่าต่ำสุด คือการจัดเรียงแบบ BADC ABC EBDC EAB โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พิจารณาว่างานใดเป็นขั้นตอน และมีลำดับของเครื่องจักรที่สามารถทำได้ทันที จะได้ ที่งาน B และงาน E ทำได้เลย ดังนั้นเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิต (Time In) จะมีค่าเท่ากับ 0

2. นำเวลาที่ขั้นตอนของงาน B และ งาน E เริ่มทำการผลิตบวกกับระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตของขั้นตอนงานนั้น จะมีค่าเท่ากับเวลาที่ขั้นตอนของงาน B และงาน E แล้วเสร็จ (Time Out) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 8 นาที และ 6 นาที ตามลำดับ

3. พิจารณาลำดับการทำงานของแต่ละเครื่องจักร เริ่มที่เครื่องจักรที่ 1

Seq. 1 อยู่ที่ขั้นตอนแรก ของงาน B มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 0 นาที และเวลาที่แล้วเสร็จเท่ากับ 8 นาที

Seq. 2 อยู่ที่ขั้นตอนแรก ของงาน A มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 8 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนแรกที่งาน A เท่ากับ 8+8 = 16 นาที

Seq. 3 อยู่ที่ขั้นตอนแรก ของงาน D มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 16 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนแรกที่งาน D เท่ากับ 16+6 = 22 นาที

Seq. 4 อยู่ที่ขั้นตอนแรก ของงาน C มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 22 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนแรกที่งาน C เท่ากับ 22+4 = 26 นาที

4. พิจารณาลำดับการทำงานของแต่ละเครื่องจักรที่เครื่องจักรที่ 2

Seq. 1 อยู่ที่ขั้นตอนสอง ของงาน A มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 16 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสองที่งาน A เท่ากับ 16+6 = 22 นาที

Seq. 2 อยู่ที่ขั้นตอนสาม ของงาน B มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 22 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสามที่งาน B เท่ากับ 22+8 = 30 นาที

Seq. 3 อยู่ที่ขั้นตอนสอง ของงาน C มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 30 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสองที่งาน C เท่ากับ 30+1 = 31 นาที

5. พิจารณาลำดับการทำงานของแต่ละเครื่องจักรที่เครื่องจักรที่ 3

Seq. 1 อยู่ที่ขั้นตอนแรก ของงาน E มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 0 นาที และเวลาที่แล้วเสร็จเท่ากับ 6 นาที

Seq. 2 อยู่ที่ขั้นตอนสอง ของงาน B มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 8 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสองที่งาน B เท่ากับ 8+8 = 16 นาที

Seq. 3 อยู่ที่ขั้นตอนสอง ของงาน D มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 22 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสองที่งาน D เท่ากับ 22+8 = 30 นาที

Seq. 4 อยู่ที่ขั้นตอนสาม ของงาน C มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 31 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสามที่งาน C เท่ากับ 31+2 = 33 นาที

6. พิจารณาลำดับการทำงานของแต่ละเครื่องจักรที่เครื่องจักรที่ 4

Seq. 1 อยู่ที่ขั้นตอนสอง ของงาน E มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 6 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสองที่งาน E เท่ากับ 6+8 = 14 นาที

Seq. 2 อยู่ที่ขั้นตอนสาม ของงาน A มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 22 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสามที่งาน A เท่ากับ 22+6 = 28 นาที

Seq. 3 อยู่ที่ขั้นตอนสี่ ของงาน B มีเวลาที่ขั้นตอนของงานนั้นเริ่มทำการผลิตเท่ากับ 16 นาที ซึ่งได้มาจากการหาค่าที่มากที่สุดของเวลาที่แล้วเสร็จระหว่างงานก่อนหน้ากับเครื่องจักรเดียวกันก่อนหน้า ดังนั้นเวลาที่แล้วเสร็จของขั้นตอนสี่ที่งาน B เท่ากับ 30+4 = 34 นาที

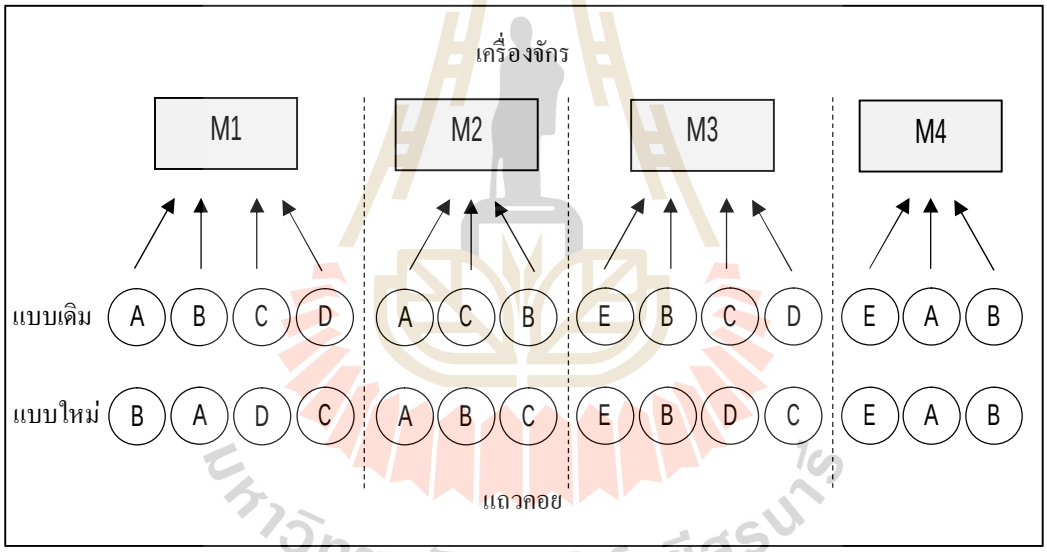
เวลาในการผลิตของแต่ละงาน (Cycle Time) ได้จากค่าของเวลางานที่แล้วเสร็จในขั้นตอนสุดท้ายของแต่ละงาน ได้แก่ งาน A = 28 นาที, งาน B = 34 นาที, งาน C = 33 นาที, งาน D = 30 นาที และงาน E = 14 นาที นำค่าทั้งหมดมาบวกกันจะได้เวลาที่เครื่องจักรใช้ทั้งระบบในกระบวนการผลิตมีค่าเท่ากับ 139 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.12

id	job_no	step	mc_no	prc_time	seq	time_in	time_out	cyl_time
1	A	1	1	8	2	8	16	28
2	A	2	2	6	1	16	22	28
3	A	3	4	6	2	22	28	28
4	B	1	1	8	1	0	8	34
5	B	3	2	8	2	22	30	34
6	B	2	3	8	2	8	16	34
7	B	4	4	4	3	30	34	34
8	C	1	1	4	4	22	26	33
9	C	2	2	1	3	30	31	33
10	C	3	3	2	4	31	33	33
11	D	1	1	6	3	16	22	30
12	D	2	3	8	3	22	30	30
13	E	1	3	6	1	0	6	14
14	E	2	4	8	1	6	14	14
Total Time								139

รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล

4.5 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างการใช้ Solver และ VBA

การจัดลำดับการผลิตในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการที่สามารถจัดการกับระบบการผลิตที่มีหลายงาน และหลายเครื่องจักรได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งมีการนำเสนอวิธีการจัดลำดับการผลิตด้วย 2 เครื่องมือที่เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล คือ การใช้ Solver และการเขียนคำสั่ง VBA ผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดเรียงลำดับที่มีการสลับสับเปลี่ยนลำดับงานได้ภายในเครื่องจักรเดียวกัน โดยรูปแบบที่ใช้ Solver ได้มาจากลำดับที่กำหนดในกรณีตัวอย่างศึกษา คือ ABCD ACB EBCD EAB ไม่ได้ทำการเปลี่ยนแปลง หรือสลับลำดับงานแต่อย่างใด ส่วนรูปแบบที่ใช้ VBA ในการจัดลำดับการผลิต ได้มาจากการประมวลผลอัตโนมัติแล้วเลือกที่รอบเวลาการผลิตน้อยที่สุด คือ BADC ABC EBDC EAB ดังรูปที่ 4.13 เมื่อมีการประมวลผลการทำงานในแต่ละรูปแบบแล้ว จึงทำการเปรียบเทียบในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.13 รูปแบบการจัดเรียงแบบเดิม และแบบใหม่

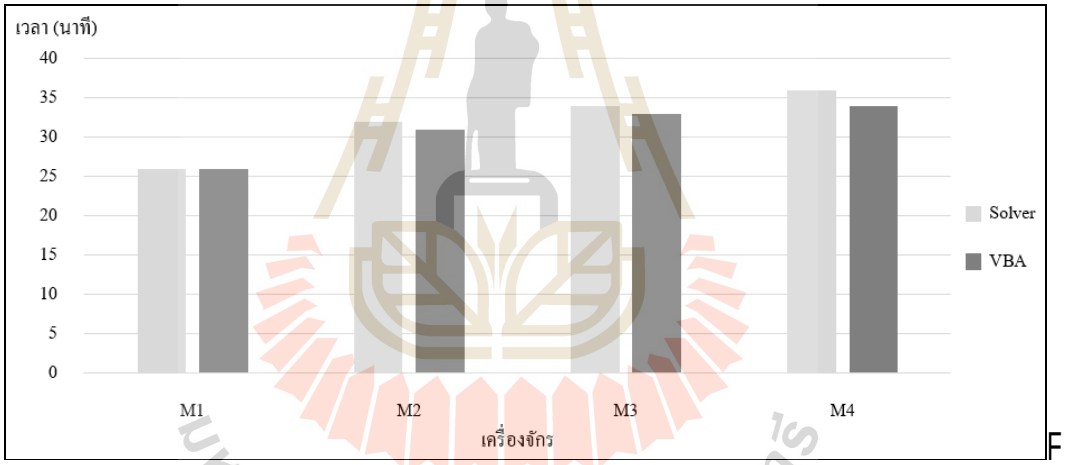
4.5.1 เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลที่เครื่องจักรแต่ละเครื่อง ต้องทำขั้นตอนของงานใดบ้าง อาจดูได้จากแผนภูมิแกนต์รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.9 เมื่อพิจารณาเวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิตพบว่าการใช้ Solver ให้ผลรวมมากกว่า การใช้ VBA เท่ากับ 4 นาที หรือ 3.13% ซึ่งหมายความว่า ในกระบวนการผลิตที่มีระยะเวลาการทำงาน และเงื่อนไขข้อจำกัดเดียวกันนั้น รูปแบบที่ได้จากการใช้ VBA ประมวลผลให้ค่าการคำนวณที่ทำให้ระบบการผลิตนี้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น นำข้อมูลไปสร้างกราฟแจกแจงความถี่ได้ดังรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าเครื่องจักรที่ 4 ที่มีงาน A, B และ E ทำงาน

นั้นมีเวลาในการใช้เครื่องจักรที่มากที่สุดทั้งการใช้ Solver และ VBA แต่รูปแบบการจัดเรียงที่ได้จาก VBA นั้นมีค่าน้อยกว่า 2 นาที หรือ 5.88%

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบเวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมด

เครื่องจักร	งานที่เครื่องจักรทำ	เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมด (นาที)	
		Solver	VBA
M 1	A, B, C, D	26	26
M 2	A, C, B	32	31
M 3	B, C, D, E	34	33
M 4	A, B, E	36	34
รวม		128	124



รูปที่ 4.14 เวลารวมของงานทั้งหมดในแต่ละเครื่องจักร

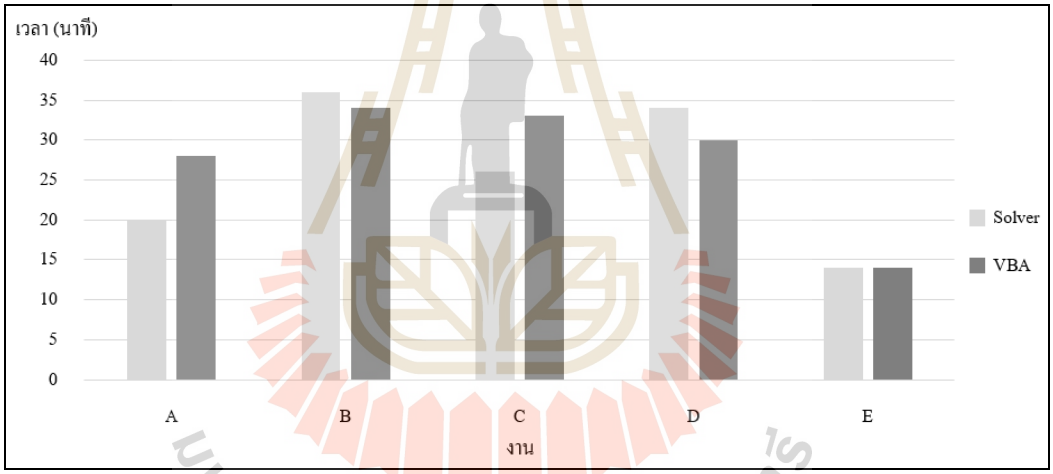
4.5.2 รอบเวลาในการผลิต (Cycle Time)

ตารางที่ 4.4 ทำการเปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิตของแต่ละงาน เพื่อหาเวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) พบว่า งานที่ 2 (B) มีรอบเวลาในการผลิตมากที่สุดเท่ากับ 36 นาที ในรูปแบบที่มีการใช้ Solver และ เท่ากับ 34 นาที ในรูปแบบที่มีการใช้ VBA ซึ่งเป็นเวลาที่งานอื่น ๆ แล้วเสร็จเช่นกันในรูปแบบนั้น ๆ ดังนั้นในส่วนของการเปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิตของแต่ละงานในตารางที่ 4.4 ที่มีการใช้ VBA นั้นให้ค่าการคำนวณที่ดีกว่าการใช้ Solver เมื่อมีการนำข้อมูลไปสร้างกราฟแจกแจงความถี่ดังแสดงในรูปที่ 4.15 จะเห็นว่ารอบเวลาการผลิตในแต่ละงานนั้นทั้งการใช้ Solver และ VBA จะให้ค่าคำนวณเวลาในการผลิตงานที่ 2 (B) มากที่สุด นั่นหมายความว่า งานทุกงานไม่สามารถ

จะแล้วเสร็จเมื่อเวลาน้อยกว่าที่งานที่ 2 เสร็จได้ หรือน้อยกว่า 34 นาที เมื่อใช้รูปแบบการจัดเรียงแบบ VBA ประมวลผล

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบรอบเวลาในการผลิต

งาน	เวลาในการผลิต (นาที)	
	Solver	VBA
A	20	28
B	36	34
C	26	33
D	34	30
E	14	14



รูปที่ 4.15 รอบเวลาในการผลิตของงานต่าง ๆ

4.5.3 เวลาสูญเปล่าของเครื่องจักร และ อัตราการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักร

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบเวลาสูญเปล่าของเครื่องจักร หรือเวลารอคอย และเปรียบเทียบอัตราการใช้ประโยชน์ของแต่ละเครื่องจักร ใน 2 รูปแบบที่ใช้เครื่องมือต่างกัน เห็นได้ว่า ในเครื่องจักรที่ 2 มีเวลาที่สูญเปล่าของเครื่องจักรมากที่สุด ทำให้อัตราการใช้งานของเครื่องจักรที่ 2 มีค่าน้อยกว่าเครื่องจักรอื่น ๆ

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบเวลาสูญเปล่าของเครื่องจักร และอัตราการใช้เครื่องจักร

		เครื่องจักร			
		M1	M2	M3	M4
เวลาที่สูญเปล่า (Idle Time)	Solver	10	21	12	18
	VBA	8	19	10	16
อัตราการใช้เครื่องจักร (% Utilization)	Solver	72.22%	41.67%	66.67%	50.00%
	VBA	76.47%	44.12%	70.59%	52.94%

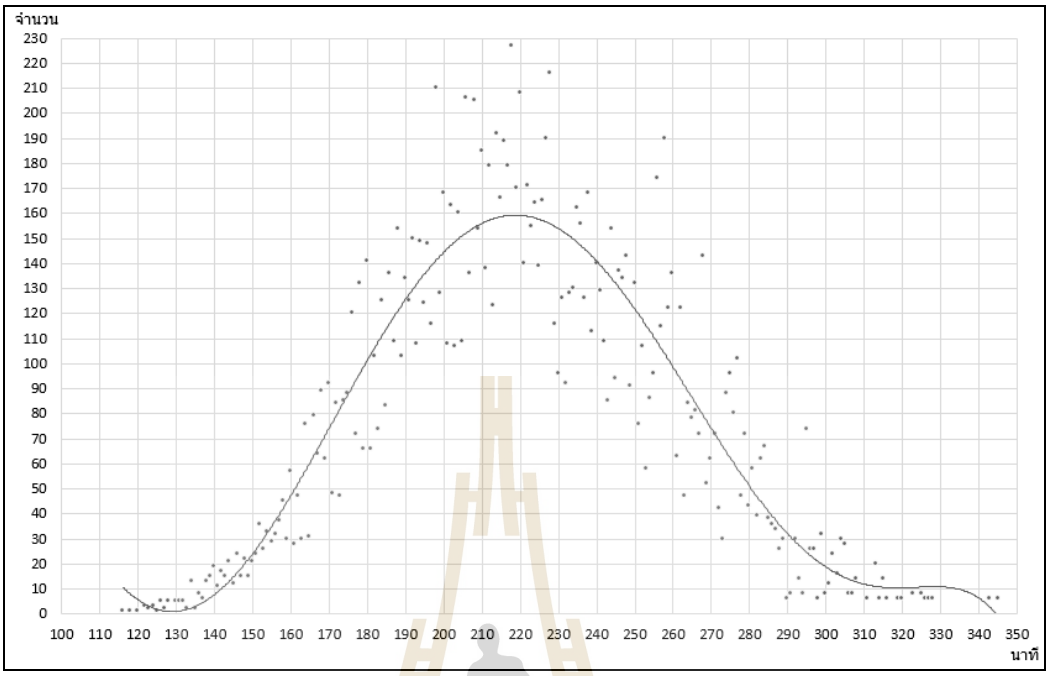
4.6 เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดทุกรูปแบบการจัดเรียง

การประมวลโดยใช้ VBA สั่งการทำงานโดยอัตโนมัตินั้น ในส่วนแรกจะได้รูปแบบการจัดเรียงทั้ง 20,736 รูปแบบ จากนั้นในส่วนที่สอง มีการใส่เงื่อนไขข้อจำกัดต่าง ๆ แล้วคำนวณเวลาในแต่ละรูปแบบ ผลลัพธ์ที่ได้จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ รูปแบบที่สามารถคำนวณเวลาออกมาได้ และรูปแบบที่ไม่สามารถหาค่าได้ (Invalid) เมื่อมีการพิจารณาผลที่ได้จากประมวลผลของโปรแกรม VBA จะได้รูปแบบที่สามารถคำนวณเวลาได้มี 15,552 รูปแบบ และที่ไม่สามารถหาค่าได้มี 5,184 รูปแบบ ในตารางที่ 4.6 เป็นการแสดงผลการคำนวณเวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิต จะเห็นว่าบางค่าการคำนวณมีผลรวมซ้ำกัน นั่นหมายถึง เมื่อต่างรูปแบบ ต่างการจัดเรียงลำดับ ค่าผลรวมเวลาของงานในทุกเครื่องจักรก็เท่ากันได้ ยกตัวอย่างเช่น ผลรวมเวลาของทุกงาน เท่ากับ 126 นาที จะมีรูปแบบที่ให้ผลรวมนี้เท่ากันจำนวน 5 รูปแบบ เมื่อมีการนำข้อมูลจากตารางที่ 4.6 ไปสร้างกราฟเพื่อดูการกระจายตัวจะได้ดังรูปที่ 4.16 แล้วสร้างเส้นแนวโน้มเพื่อดูลักษณะการกระจายตัวของผลลัพธ์ พบว่าจำนวนผลลัพธ์มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 จำนวนผลลัพธ์เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมด

เวลา (นาที)	จำนวน	เวลา (นาที)	จำนวน	เวลา (นาที)	จำนวน	เวลา (นาที)	จำนวน	เวลา (นาที)	จำนวน	เวลา (นาที)	จำนวน
116	1	154	33	188	154	222	171	256	174	290	6
118	1	155	29	189	103	223	155	257	115	291	8
120	1	156	32	190	134	224	164	258	190	292	30
122	3	157	37	191	125	225	139	259	122	293	14
123	2	158	45	192	150	226	165	260	136	294	8
124	3	159	30	193	108	227	190	261	63	295	74
125	1	160	57	194	149	228	216	262	122	296	26
126	5	161	28	195	124	229	116	263	47	297	26
127	2	162	47	196	148	230	96	264	84	298	6
128	5	163	30	197	116	231	126	265	78	299	32
130	5	164	76	198	210	232	92	266	81	300	8
131	5	165	31	199	128	233	128	267	72	301	12
132	5	166	79	200	168	234	130	268	143	302	24
133	2	167	64	201	108	235	162	269	52	303	16
134	13	168	89	202	163	236	156	270	62	304	30
135	2	169	62	203	107	237	126	271	72	305	28
136	8	170	92	204	160	238	168	272	42	306	8
137	6	171	48	205	109	239	113	273	30	307	8
138	13	172	84	206	206	240	140	274	88	308	14
139	15	173	47	207	136	241	129	275	96	311	6
140	19	174	85	208	205	242	109	276	80	313	20
141	11	175	88	209	154	243	85	277	102	314	6
142	17	176	120	210	185	244	154	278	47	315	14
143	15	177	72	211	138	245	94	279	72	316	6
144	21	178	132	212	179	246	137	280	43	319	6
145	12	179	66	213	123	247	134	281	58	320	6
146	24	180	141	214	192	248	143	282	39	323	8
147	15	181	66	215	166	249	91	283	62	325	8
148	22	182	103	216	189	250	132	284	67	326	6
149	15	183	74	217	179	251	76	285	38	327	6
150	21	184	125	218	227	252	107	286	36	328	6
151	24	185	83	219	170	253	58	287	34	343	6
152	36	186	136	220	208	254	86	288	26	345	6
153	26	187	109	221	140	255	96	289	30		



รูปที่ 4.16 จำนวนความถี่ของรูปแบบการจัดเรียงที่ให้เวลารวมของเครื่องจักรเท่ากัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัย

5.1 บทนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการจัดลำดับการผลิตหลายงานแบบเครื่องจักรหลายเครื่อง (Multiple Machine - Multiple Job Scheduling Problem) เพื่อลดเวลาในการจัดตารางการผลิต โดยใช้ Visual Basic for Application (VBA) ซึ่งเป็นการเขียนคำสั่งด้วยภาษาวิชวลเบสิก (Visual Basic) เพื่อใช้สั่งงานโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ทำงานแบบอัตโนมัติ ดังนั้นในบทนี้จะเป็นส่วนสรุปผลของการพัฒนาวิธีการจัดลำดับการผลิตโดยใช้ VBA โดยจะเป็นการอธิบายในลักษณะผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ VBA รวมถึงการระบุข้อจำกัดในการใช้งานที่อาจเกิดขึ้น และข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป

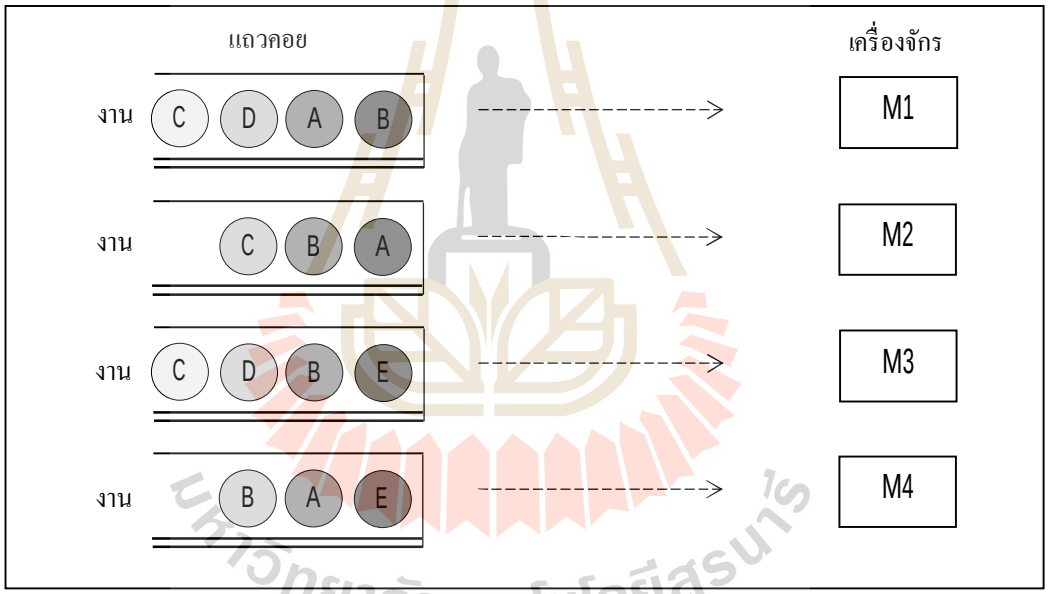
5.2 สรุปผลทดสอบ

เนื่องจากในปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพในการประมวลผลมากขึ้น ดังนั้นการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่จึงมีความรวดเร็วมากขึ้นด้วย ในงานวิจัยนี้จึงทำการพิจารณาการแก้ปัญหาโดยใช้ VBA บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล มาใช้สำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิต ซึ่งในปัจจุบันมีนักวิจัยหลายท่านที่ศึกษาปัญหานี้อยู่ แต่การนำ VBA มาประยุกต์ใช้ยังไม่แพร่หลายในปัญหาด้านนี้ จึงควรมีการพัฒนามากขึ้น ซึ่งปัญหาการจัดลำดับการผลิตเป็นปัญหาหลักอย่างหนึ่งของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรในกระบวนการผลิต โดยที่มีความสามารถในการผลิตต่างกัน สินค้ามีความหลากหลายรูปแบบและมีข้อจำกัดทางด้านต่าง ๆ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการจัดลำดับการผลิตที่พิจารณากระบวนการทำงานบนเครื่องจักรเท่านั้น โดยใช้ VBA ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งของวิธีอัลกอริทึม ที่ได้พิจาณาปัจจัยสำคัญคือ ระยะเวลาการทำงานของแต่ละขั้นตอนงาน ลำดับการผลิตภายในเครื่องจักรนั้น ๆ และลำดับการทำงานภายในขั้นตอนของงานนั้น

จากผลการทดลอง พบว่า การนำ VBA ไปใช้แก้ปัญหาของตัวอย่างกรณีศึกษานั้น มีเวลาการทำงานที่ทุกขั้นตอนเสร็จสมบูรณ์ (Makespan) เท่ากับ 34 นาที เวลารวมของงานในเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยมีลำดับการจัดเรียงแบบ BADC ABC EBDC EAB แสดงดังรูปที่ 5.1 มีอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรมากกว่ารูปแบบเดิม และเกิดเวลาที่สูญเปล่าน้อยกว่ารูปแบบเดิมเช่นกัน อีกทั้งใช้เวลาในการประมวลผลค่าการคำนวณในรูปแบบการจัดเรียงลำดับทั้งหมด 20,736 รูปแบบ ในระยะเวลาเพียง 12 นาที เท่านั้น

สำหรับการใช้ Solver ในการคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์ในแต่ละรูปแบบการจัดเรียงนั้น ต้องมีการสร้างสมุดงาน (Worksheet Model) และสร้างสูตรสำหรับระบุเงื่อนไขการเชื่อมโยงทั้งหมดให้กับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ระยะเวลาในขั้นตอนนี้ที่ค่อนข้างนาน ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุดจึงเป็นปัญหาและข้อจำกัดของการใช้ Solver ที่ต้องทำการตรวจสอบเงื่อนไขในการหาคำตอบให้ดี และต้องมีการทวนสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล ซึ่งทักษะเหล่านี้ ต้องมีความชำนาญ หรืออาศัยบุคคลที่มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือนี้มาแล้ว และผู้ใช้งานต้องเข้าใจเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ด้วย

ดังนั้น การนำ VBA มาใช้ในการจัดลำดับการผลิต และจัดตารางการผลิตสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว ที่สำคัญคือ สามารถเชื่อถือได้ ช่วยแก้ปัญหาได้ดี และสามารถช่วยให้การจัดตารางการผลิตมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และนำไปประยุกต์ใช้กับองค์กร หรือโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีการดำเนินงานในลักษณะคล้ายคลึงกันได้



รูปที่ 5.1 รูปแบบการจัดเรียงลำดับการผลิต

5.3 ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการใช้งาน

เนื่องจากการจัดลำดับการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ ซึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นที่สามารถช่วยขับเคลื่อนให้เกิดความรวดเร็วในกระบวนการผลิต มีหลากหลายวิธีการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้หาคำตอบในการจัดลำดับการผลิต โดยแต่ละวิธีล้วนมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกัน และเพื่อให้การพัฒนาวิธีการจัดลำดับการผลิตมีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง จึงควรพิจารณาข้อจำกัดต่าง ๆ ของวิธีการที่จะนำมาใช้ ซึ่งการใช้ VBA เป็นเครื่องมือแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตเป็นวิธีที่มีกระบวนหาคำตอบเป็นขั้นเป็นตอนชัดเจน และถูกต้อง แม่นยำ ดังนั้นจึงการันตีได้ว่าวิธีนี้มีความเหมาะสมที่จะ

นำมาประยุกต์ใช้เพื่อการจัดลำดับการผลิตได้ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางกับปัญหาอื่นๆ ในด้านอื่น ๆ เช่นกัน ซึ่งตัวอย่างของการประยุกต์นั้นได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดอยู่มาก การนำโปรแกรมที่ได้จากการพัฒนางานวิจัยนี้ไปใช้ตลอดจนข้อจำกัด หรือเงื่อนไขอื่น ๆ ที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้ไปใช้กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น วิศวกร และผู้ควบคุมงานต้องใช้วิจารณญาณ โดยคำนึงถึงปริมาณของงาน และปริมาณของเครื่องจักร เงื่อนไขขอบเขตต่าง ๆ รวมทั้งผู้ใช้งานที่ต้องการนำโปรแกรมไปใช้เพื่อการวางแผนจัดตารางการผลิตเป็นหลักด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป

1) ศึกษา และพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการจัดลำดับการผลิต และการจัดตารางการผลิต เช่น เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (Setup Time) เวลากำหนดส่งสินค้า (Delivery Time) เวลาแถวคอย (Queue Time) เป็นต้น
2) ศึกษาวิธีที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Approach) ในการจัดลำดับการผลิต และการจัดตารางการผลิต เพื่อให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพมากที่สุด
3) พิจารณาวิธีการแก้ปัญหา เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่าย หรือต้นทุนที่ต้องเสียไป เนื่องจากงานบางงานที่เสร็จล่าช้ามาก อาจเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่างานที่เสร็จล่าช้าน้อยกว่า
4) โปรแกรมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ถึงแม้ว่าจะมีรูปแบบที่ใช้งานได้ง่าย ในการนำไปใช้งานจริง ควรจะทำการสำรวจความคิดเห็นของผู้นำโปรแกรมไปใช้งาน เพื่อเป็นการปรับปรุงรูปแบบของโปรแกรมให้น่าใช้งานมากยิ่งขึ้น

โดยสรุปแล้ว งานวิจัยนี้ได้บรรลุวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับบที่ 9 (พ.ศ. 2560-2564) โดยการพัฒนาองค์กรความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ และพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตทางอุตสาหกรรมให้เอื้อต่อการเพิ่มศักยภาพของการเป็นฐานการผลิตภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนพัฒนาวัตถุดิบในประเทศ และการเพิ่มมูลค่าสินค้าเพื่อพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาด เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

รายการอ้างอิง

กรรณ จิตเมตตา และ ปรเมศ ชุติมา. (2554). การประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบฝูงอนุภาคสำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตที่มีหลายวัตถุประสงค์บนสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมแบบสองด้าน. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์** 3(3): 1-18.

กิตกมล ลำจวน. (2557). **ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดตารางการผลิตในแผนกปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กิตินันท์ พลสวัสดิ์. (2556). **Basic excel VBA**. นนทบุรี: บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด.

เกียรติขจร วรปรัชญา และ ทวีภัทร์ บูรณธิติ. (2551). การจัดตารางการผลิตใหม่ที่คำนึงถึงเสถียรภาพสำหรับกระบวนการหล่อเหล็กแผ่นแบบต่อเนื่อง. **การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2551.** กรุงเทพฯ: โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค.

ชุมพล ศฤงคารศิริ. (2554). **การวางแผนและควบคุมการผลิต**. พิมพ์ครั้งที่ 22. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์, ไพจิตร อุปถัมภ์, สุขสันต์ หอพิบูลสุข, จิระยุทธ สืบสุข, จักษดา ธำรงวุฒิ และ ชยกฤต เพชรช่วย. (2559). การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. **วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม. อบ.** 9(2): 30-37.

ดุสิต กอปรชาติ. (2556). **Advanced excel ฉบับเขียนโปรแกรมด้วย macro & VBA.** กรุงเทพฯ: บริษัท โปรวิชัน จำกัด.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2552). **โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม.** กรุงเทพฯ: บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด.

นันทชัย กานตานันทะ, สุจิรา อิสริยะกุลกล้า และ ชยกฤต เจริญศิริวัฒน์. (2555). การแบ่งกลุ่มเพื่อการขนส่งภายในเครือข่ายสถานีก๊าซ NGV โดยใช้กำหนดการเชิงเส้นแบบทวิภาค. **วิศวกรรมสาร มก.** 25(79): 72-83.

นิสาชล โตอดิเทพย์. (2541). **โครงสร้างข้อมูล.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

บรรหาร ลิลา. (2553). **การวางแผนวิและควบคุมการผลิต.** กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

ปารเมศ ชุติมา. (2546). **เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรไพบูลย์ ปุษปาคม. (2557). การจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตขวดพลาสติกแบบที่มีการพิมพ์สี. **วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร** 11(1): 27-42.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2553). **การกำหนดตารางการผลิตและการควบคุม.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ยอดดวงใจ นาคปฐม และ กัญจนา ทองสนิท. (2555). การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ. **การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2555**. กรุงเทพฯ: โรงแรม พูลแมน บางกอก คิง เพาเวอร์

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). **วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

รุ่งนภา ฟองทา และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์. (2553). การปรับปรุงการจัดลำดับการผลิตในสายงานประกอบรถยนต์. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์** 2(3): 13-24.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ และ สรายุธ ทองฉ่ำ. (2554). การหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาคอขวดโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์. **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ศักดา กตเวทวารักษ์. (2551). การวิเคราะห์และออกแบบคานต่อเนื่องคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ VBA on Microsoft Excel. **การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรม ครั้งที่ 1 (NCTechED).** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ. (2557). **สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (Optimization Modeling) ด้วย Excel (Solver).** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศิริพร ตั้งวิบูลย์พาณิชย์. (2557). การพัฒนาโปรแกรมเพื่อประมวลผลแบบสอบถาม โดยใช้ภาษา VBA ในโปรแกรมสำเร็จรูปไมโครซอฟต์เอ็กเซล. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร** 6(12): 59-70.

เศรษฐา เพชรอำไพ และ ธนาธร กูลภัทรนิรันดร์. (2554). การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน กรณีสถานีงานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม. **วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร** 8(1): 9-20.

สมโภช น้อยปลอด และ ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน. (2556). การปรับปรุงการจัดตารางการผลิตแบบมุ่งเน้นกระบวนการ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนทางอากาศยาน. **วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น** 1(2): 63-67.

สุจิตรา อดุลย์เกษม, ขวัญสกาว ขาวสะอาด, นวรัตน์ เดชกิจวิริยะ และ จิตดำรง ปรีชาสุข. (2556). โปรแกรมประยุกต์เพื่อรับสั่งการผลิตและวางแผนการผลิตสำหรับโรงงานผลิตเบเกอรี่. **วารสารวิชาการ Veridian E-Journal** 6(2): 1037-1046.

สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาลย์. (2548). **การบริหารการผลิตและการดำเนินงาน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุธาทิพย์ บุษบา. (2554). **การจัดตารางการผลิตโดยการจัดลำดับงานด้วยวิธีการฮิวริสติก กรณีศึกษาบริษัท หมวก วี ไอ พี จำกัด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุภาภรณ์ สุวรรณรังสี และ วิสุทธิ์ สุพิทักษ์. (2554). การกำหนดเวลาเริ่มงานที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลด้วยวิธีฮิวริสติก. **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

อดุลย์ พุกอินทร์. (2557). วิธีการแก้ปัญหาของการจัดตารางงานโดยใช้วิธีการผสมผสานเจเนติกอัลกอริทึมกับโลคอลเสิร์ช. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง** 7(2): 111-126.

อรประไพ จารุพัฒน์ และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์. (2556). ฮิวริสติกสำหรับการจัดเส้นทางเดินรถแบบ เปิดเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์** 4(3): 57-72.

อาริต ธรรมโน และ อัจฉรา ภูอ่าง. (2556). การจัดตารางงานการผลิตที่มีความยืดหยุ่นบนเครื่องจักรกลแบบคู่ขนานในอุตสาหกรรมการผลิต. **วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศลาดกระบัง** 2(1).

Baker, K. R. (1974). **Introduction to Sequencing and Scheduling.** New York: John Wiley & Sons.

Baker, K. R. and Trietsch, D. (2009). **Principles of Sequencing and Scheduling.** USA: John Wiley & Sons.

Choi, Y. C. (2016). Dispatching rule-based scheduling algorithm in a single machine with sequence-dependent setup times and energy requirements. **Journal Procedia CIRP.** 41: 135-140.

Cinar, D., Oliveira, J. A., Topcu, I. and Pardalos, P. (2016). A priority-based genetic algorithm for a flexible job shop scheduling problem. **Journal of Industrial and Management Optimization.** 12(4):1391-1415.

Cowling, P. and Johansson, M. (2002). Using real time information for effective dynamic scheduling. **European Journal of Operational Research.** 139: 230-244.

Feng, K., Rao, U. S., and Raturi, A. (2011). Setting planned orders in master production scheduling under demand uncertainty. **International Journal of Production Research.** 49(13): 4007-4025.

Guo, D. and Li, T. (2007). Rescheduling algorithm for steelmaking continuous casting. **Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications.** 1421-1425.

Hatami, S., Ruiz, R. and Romano, C. A. (2015). Heuristics and metaheuristics for the distributed assembly permutation flowshop scheduling problem with sequence dependent setup times. **International Journal Production Economics.** 169: 76-88.

Hillier, S. F. and Hillier, S. M. (2014). **Introduction to Management Science: A Modeling and Case Studies Approach with Spreadsheets.** (Fifth Edition). USA: Mcgraw-Hill.

Hong, J. D., Xie, Y. and Jeong K. Y. (2012). An efficient VBA spreadsheet algorithm and model for the system optimum traffic assignment. **International Journal of Applied Industrial Engineering.** 1(2): 36-62.

Hu, Y. H., Yan, J. Q., Ye, F. F. and Yu, J. H. (2005). Flow shop rescheduling problem under rush order. **Journal of Zhejiang University SCIENCE.** 6(10): 1040-1046.

Jain, A., Jain, S. and Chande, P. K. (2010). Formulation of genetic algorithm to generate good quality course timetable. **International Journal of Innovation, Management and Technology.** 1(3): 248-251.

Kundakci, N. and Kulak, O. (2016). Hybrid genetic algorithms for minimizing makespan in dynamic job shop scheduling problem. **Journal Computers and Industrial Engineering.** 96: 31-51.

Kurdi, M. (2016). An effective new island model genetic algorithm for job shop scheduling problem. **Journal Computers and Operations Research.** 67: 132-142.

Lee, D. H., Wang, H. Q. and Miao, L. (2008). Quay crane scheduling with non-interference constraints in port container terminals. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review.** 44(1): 124-135.

Liao, T. W., Chang, P.C., Kuo, R. J. and Liao, C. J. (2014). A comparison of five hybrid metaheuristic algorithms for unrelated parallel-machine scheduling and inbound trucks sequencing in multi-door cross docking systems. **Journal Applied Soft Computing.** 21: 180-193.

Lopez, P. and Roubellat, F. (2008). **Production Scheduling.** USA: John Wiley & Sons.

Lu, Z. and Hao, J. K. (2010). Adaptive Tabu Search for course timetabling. **European Journal of Operational Research.** 200(1): 235-244.

Pfeiffer, A., Kadar, B., and Monostori, L. (2007). Stability-oriented evaluation of rescheduling strategies, by using simulation. **Journal Computers in Industry.** 58(7): 630-643.

Pinedo, M. (2002). **Scheduling Theory, Algorithms, and Systems.** (Second Edition). USA: Prentice Hall.

Rangsaritratsamee, R., Ferrell, Jr., W. G., and Kurz, M. B. (2004). Dynamic rescheduling that simultaneously considers efficiency and stability. **Computers & Industrial Engineering.** 46: 1–15.

Venditti, L., Pacciarelli, D. and Meloni, C. (2010). A Tabu search algorithm for scheduling pharmaceutical packaging operations. **European Journal of Operational Research.** 202: 538-548.

Vieira, G. E. and Favaretto, F. (2006). A new and practical heuristic for master production scheduling creation. **International Journal of Production Research.** 44(18–19): 3607–3625.

Wong, K. W. W. and Barford J. P. (2010). Teaching Excel VBA as a problem solving tool for chemical engineering core courses. **Journal Education for Chemical Engineers.** 5: 72-77.

Zhang, D., Cheng, Q., Agterberg, F. and Chen, Z. (2016). An improved solution of local window parameters setting for local singularity analysis based on Excel VBA batch processing technology. **Journal Computers and Geosciences.** 88: 54-66.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

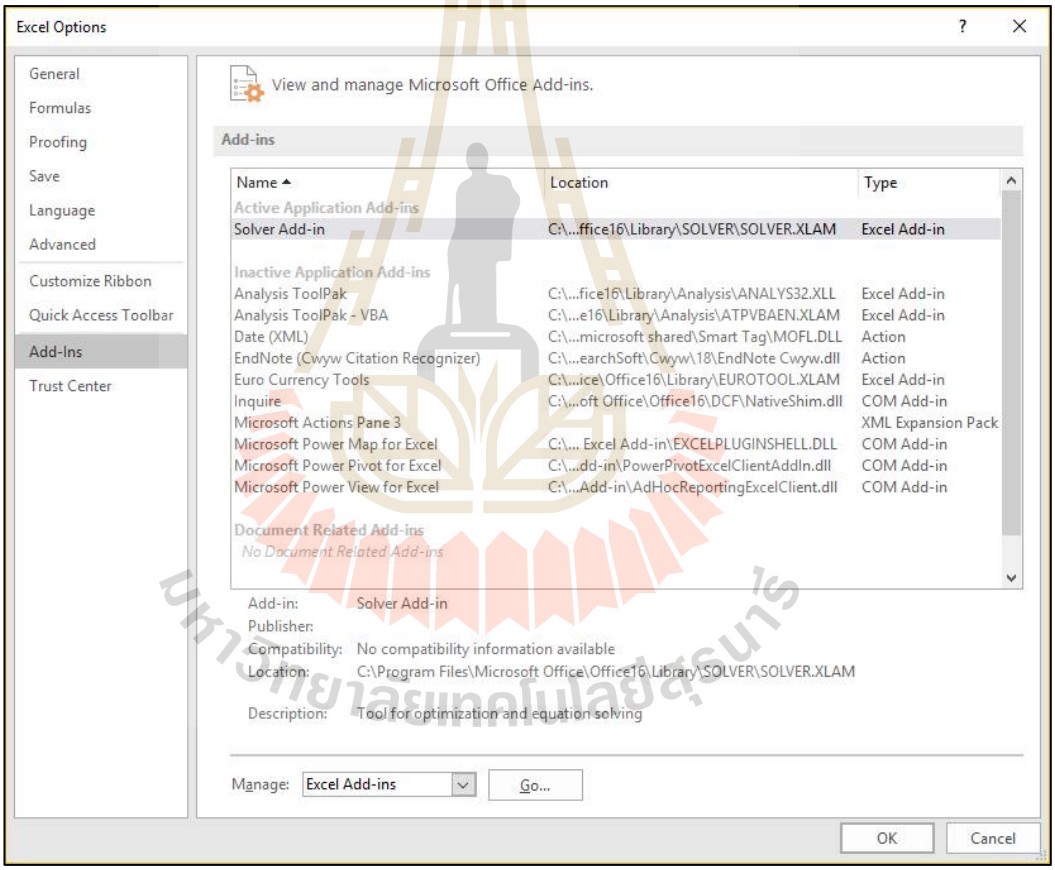
วิธีการติดตั้ง Solver

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการติดตั้งโปรแกรม Microsoft Excel (Solver Add-Ins)

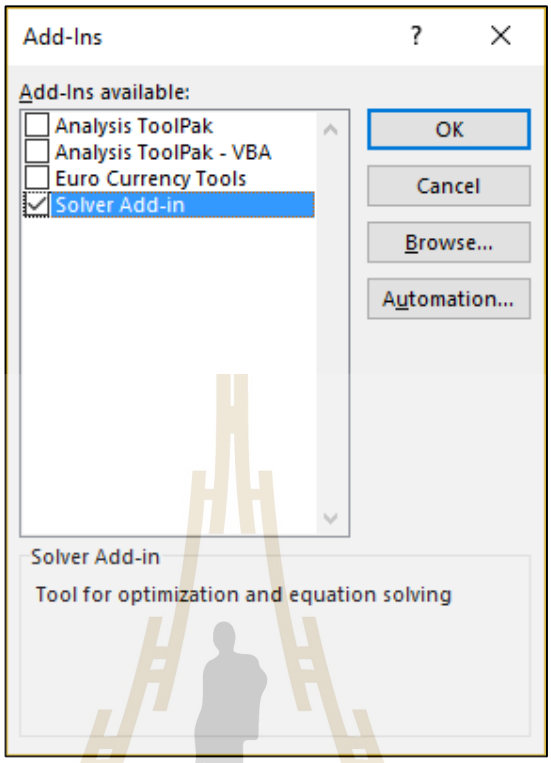
ก่อนที่จะใช้งาน Solver จำเป็นต้องมีการติดตั้งคำสั่ง Add-Ins/Solver ก่อน ซึ่งคอมพิวเตอร์บางเครื่องได้มีการติดตั้งแล้ว สามารถตรวจสอบได้จากการเลือกเครื่องมือแล้วสำรวจจากรายการใน Drop-Down Menu ว่ามีคำสั่ง Solver หรือไม่ ถ้าหากไม่พบคำสั่งดังกล่าวสามารถติดตั้งตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. เปิดโปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นคลิกแท็บ File
2. คลิก Options แล้วเลือกแท็บ Add-Ins แสดงดังรูปที่ก.1



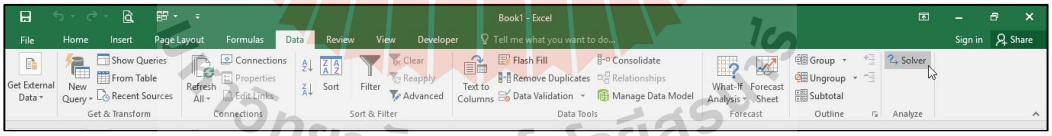
รูปที่ก.1 เตรียมติดตั้ง Solver Add-In

3. เลือก Solver Add-In แล้วคลิก Go... จะได้ดังรูปที่ ก.2
4. เลือก Solver Add-In แล้วคลิก OK



รูปที่ก.2 กล่อง Add-Ins

5. หากทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้ว Toolbar ในแท็บ Data จะปรากฏคำสั่ง Solver ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 คำสั่ง Solver ในแท็บ Data ของ Toolbar

ภาคผนวก ข

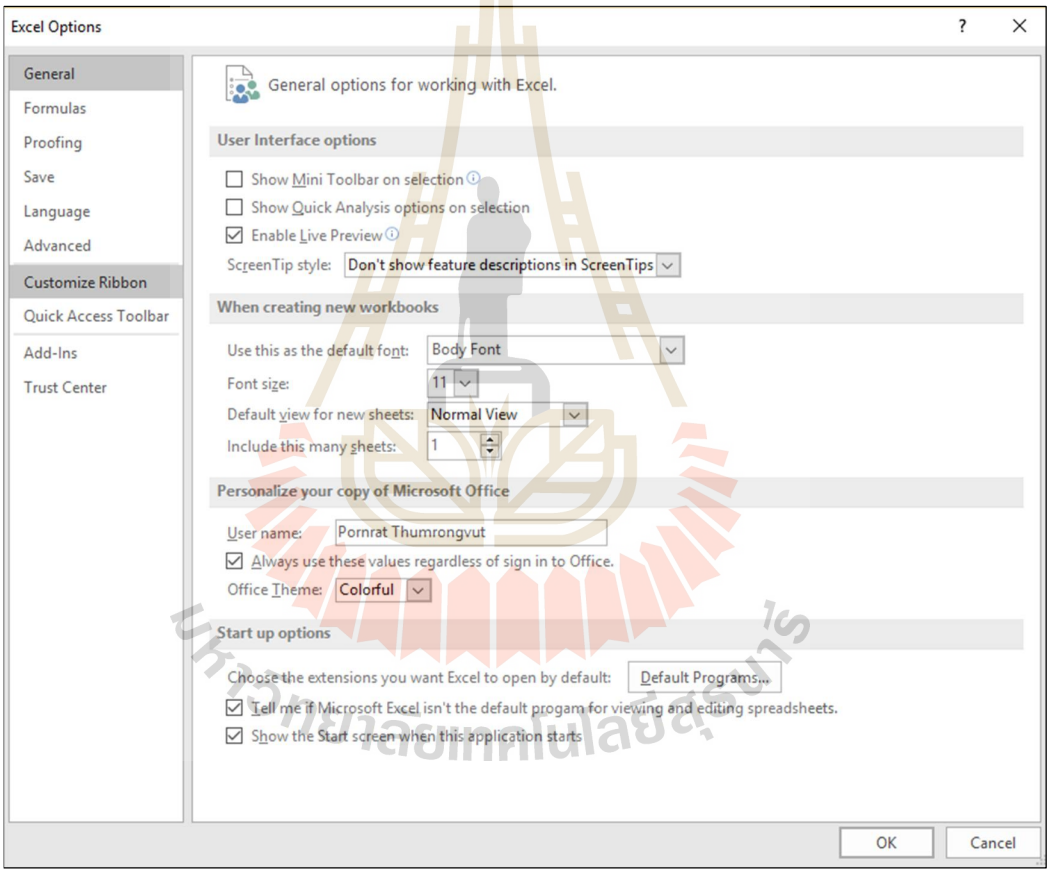
วิธีการติดตั้ง VBA บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการติดตั้ง VBA บน Microsoft Excel

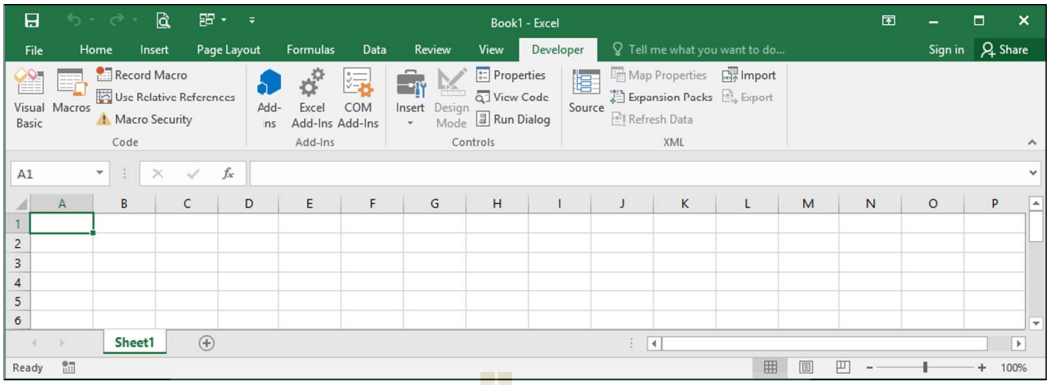
ก่อนที่จะทำการเขียนภาษาวิชวลเบสิก เพื่อสั่งงานโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล จำเป็นต้องมีการตั้งค่าโปรแกรมเพื่อให้พร้อมสำหรับการทำงานในส่วนของ เมนู Developer ก่อน ดังมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. เปิดโปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นคลิกแท็บ File เพื่อเรียกใช้ Developer
2. คลิกเลือก Option จะได้หน้าต่าง Excel Option ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 หน้าต่าง Excel Option

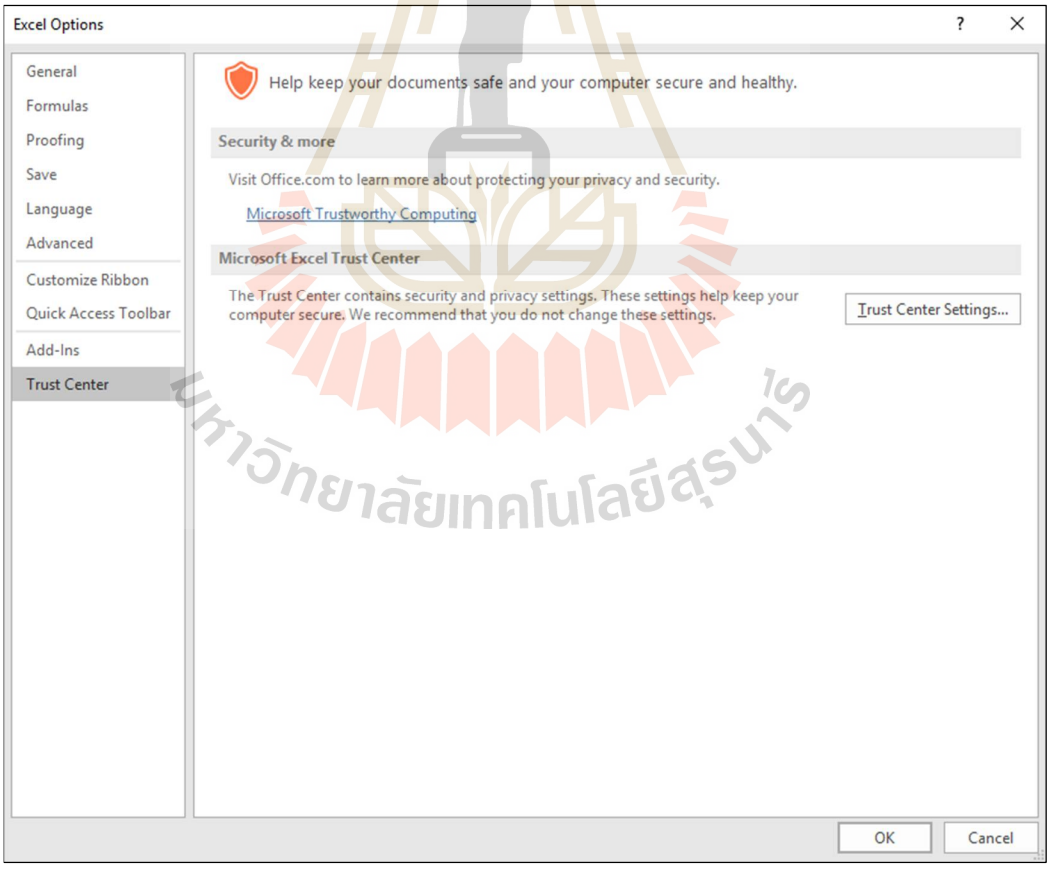
3. เลือก Customize Ribbon หาเมนู Developer แล้วคลิกเลือก จากนั้นไปคลิกที่ปุ่ม Add>> แล้วกด OK
4. หากทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้ว Toolbar ในแท็บ Developer จะปรากฏดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 แท็บ Developer

ขั้นตอนต่อไปเป็นการตั้งแมโครให้เปิดใช้งาน ขั้นตอนมีดังนี้

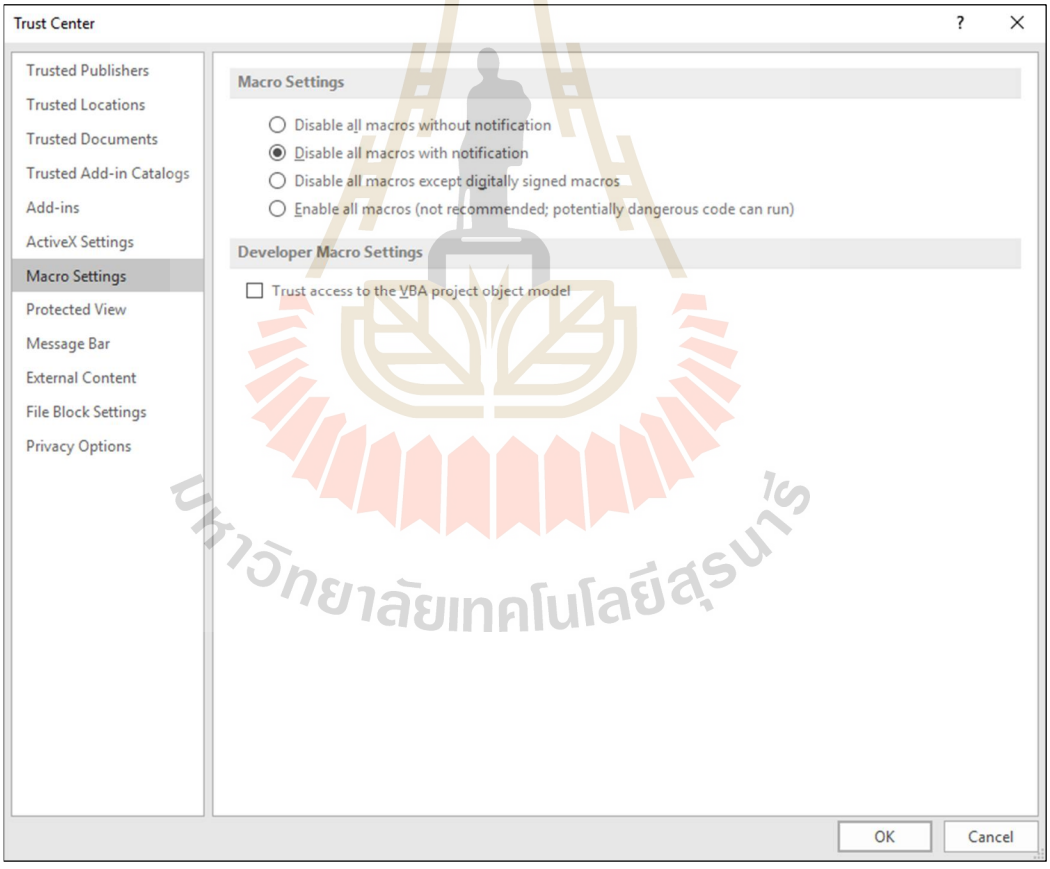
1. ไปที่แท็บ File แล้วคลิกเลือกที่ Option
2. เลือกที่ Trust Center แล้วคลิกที่ Trust Center Settings... ดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 หน้าต่าง Trust Center

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. เลือกที่ Macro Settings จะได้ดังรูปที่ ข.4 ซึ่งเป็นการตั้งค่า จะเลือกแบบใดขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน แต่ละเมนูมีความหมาย ได้แก่
   - Disable all macros without notification คือ ปิดใช้งานแมโครทั้งหมดโดยไม่มีการแจ้งให้ทราบ
   - Disable all macros with notification คือ ปิดใช้งานแมโครทั้งหมดโดยมีการแจ้งให้ทราบ
   - Disable all macros except digitally signed macros คือ ปิดใช้งานแมโครทั้งหมด ยกเว้นแมโครที่มีลายเซ็นดิจิทัล
   - Enable all macros (not recommended; potentially dangerous code can run) คือ เปิดใช้งานแมโครทั้งหมด (ไม่แนะนำให้ใช้ เพราะอาจเป็นการเปิดใช้งานโค้ดที่เป็นอันตราย)



รูปที่ ข.4 Macro Settings

4. เมื่อเลือกการตั้งค่าแมโครที่ต้องการแล้ว จากนั้นคลิกปุ่ม Ok และ ปุ่ม Ok อีกครั้งหนึ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม VBA สำหรับการจัดลำดับการผลิต

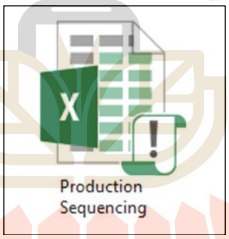
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

การจัดลำดับการผลิตด้วย VBA บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล จะทำให้ผู้ใช้โปรแกรมมีความสะดวกรวดเร็วในการจัดตารางการผลิต เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าผู้ใช้งานทุกคนจะสามารถใช้โปรแกรมนี้ได้ ผู้ใช้ควรมีพื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎี และตรรกะของการจัดตารางการผลิตและลำดับการผลิต เพื่อที่จะสะดวกในการป้อนข้อมูลและป้องกันความผิดพลาด อันเป็นสาเหตุให้โปรแกรมไม่สามารถทำการประมวลผลได้ ในงานวิจัยนี้โปรแกรมที่ทำการพัฒนาเพื่อการจัดลำดับการผลิต มีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งโปรแกรม

โปรแกรมการจัดลำดับการผลิตถูกพัฒนาขึ้นด้วย VBA (Visual Basic for Applications) ประมวลผลบนไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ดังนั้นการติดตั้งโปรแกรม ผู้ใช้งานจะต้องทำการคัดลอกไฟล์ ชื่อ Production Sequencing มาใส่ไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการใช้งาน รูปที่ ค.1 แสดงถึงรูปไฟล์โปรแกรมนี้

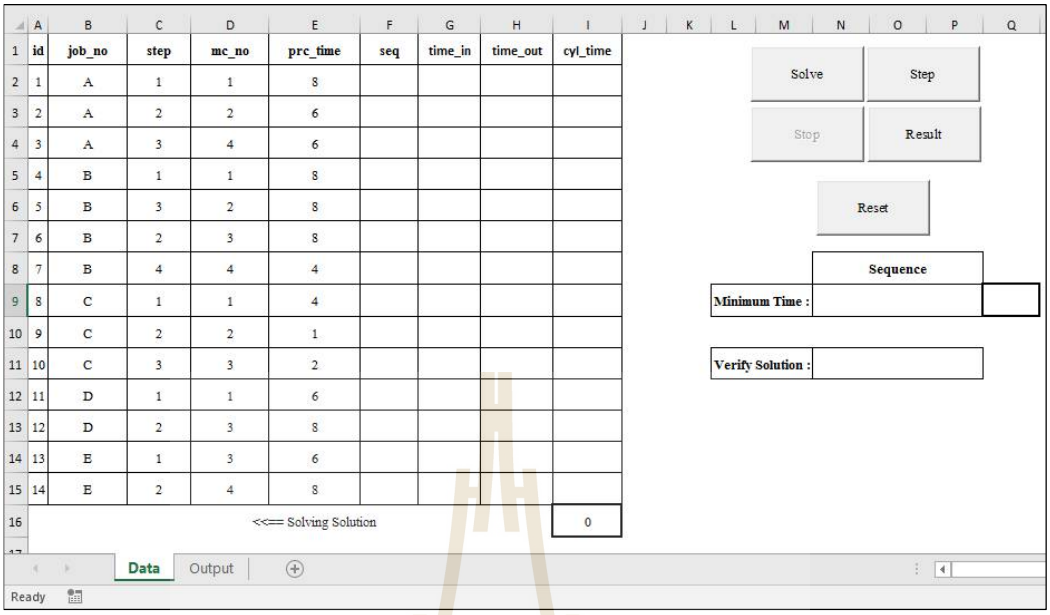


รูปที่ ค.1 ไฟล์โปรแกรม Production Sequencing

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

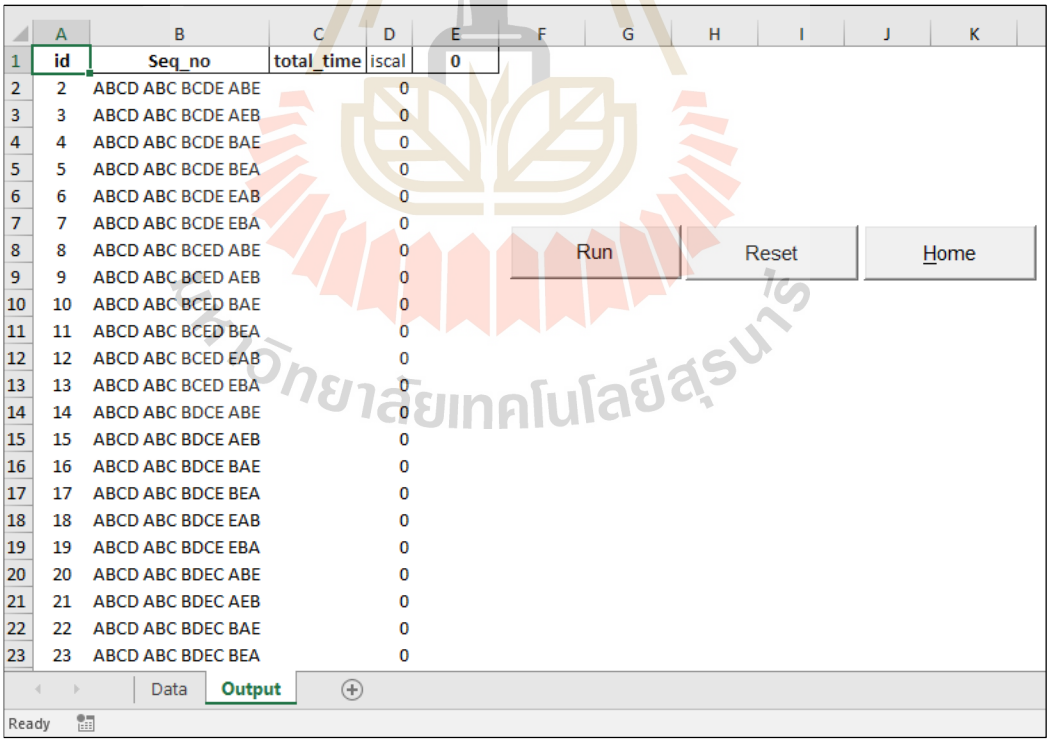
2. การเปิดใช้งานโปรแกรม

การเปิดใช้งานโปรแกรมสามารถทำได้โดยเปิดโปรแกรม Production Sequencing จะพบว่ามี 2 แผ่นงาน ได้แก่ Data และ Output ดังรูปที่ค.2 และ รูปที่ค.3



id	job_no	step	mc_no	prc_time	seq	time_in	time_out	cyl_time
1	A	1	1	8				
2	A	2	2	6				
3	A	3	4	6				
4	B	1	1	8				
5	B	3	2	8				
6	B	2	3	8				
7	B	4	4	4				
8	C	1	1	4				
9	C	2	2	1				
10	C	3	3	2				
11	D	1	1	6				
12	D	2	3	8				
13	E	1	3	6				
14	E	2	4	8				
			<<== Solving Solution					0

รูปที่ ค.2 แผ่นงาน Data



id	Seq_no	total_time	iscal	0
2	ABCD ABC BCDE ABE		0	
3	ABCD ABC BCDE AEB		0	
4	ABCD ABC BCDE BAE		0	
5	ABCD ABC BCDE BEA		0	
6	ABCD ABC BCDE EAB		0	
7	ABCD ABC BCDE EBA		0	
8	ABCD ABC BCED ABE		0	
9	ABCD ABC BCED AEB		0	
10	ABCD ABC BCED BAE		0	
11	ABCD ABC BCED BEA		0	
12	ABCD ABC BCED EAB		0	
13	ABCD ABC BCED EBA		0	
14	ABCD ABC BDCE ABE		0	
15	ABCD ABC BDCE AEB		0	
16	ABCD ABC BDCE BAE		0	
17	ABCD ABC BDCE BEA		0	
18	ABCD ABC BDCE EAB		0	
19	ABCD ABC BDCE EBA		0	
20	ABCD ABC BDEC ABE		0	
21	ABCD ABC BDEC AEB		0	
22	ABCD ABC BDEC BAE		0	
23	ABCD ABC BDEC BEA		0	

รูปที่ ค.3 แผ่นงาน Output

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1 แผ่นงาน Data สร้างขึ้นมาเพื่อใส่ข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ งาน ขั้นตอนการทำงาน เครื่องจักรที่ใช้ และระยะเวลาขั้นตอนการทำงาน มี 5 ปุ่ม ที่ใช้ในการดำเนินงาน ได้แก่

- ปุ่ม Solve เพื่อประมวลทั้งโปรแกรม ทุกรูปแบบการจัดเรียง
- ปุ่ม Step เพื่อดูเฉพาะรูปแบบการจัดเรียงที่ต้องการทราบ โดยการกรอกรูปแบบลงในเซลล์ N11
- ปุ่ม Stop หยุดการทำงาน
- ปุ่ม Result เพื่อไปยังแผ่นงาน Output
- ปุ่ม Reset ล้างค่าทั้งหมดในแผ่นงานนี้

2.2 แผ่นงาน Output มี 3 ปุ่ม ที่ใช้ในการดำเนินงาน ได้แก่

- ปุ่ม Run เพื่อแสดงรูปแบบการจัดเรียงทั้งหมด
- ปุ่ม Reset ล้างค่าทั้งหมดในแผ่นงานนี้
- ปุ่ม Home เพื่อไปแผ่นงาน Data

3. การป้อนข้อมูล

เมื่อผู้ใช้งานต้องการจัดลำดับการผลิตที่มีข้อจำกัดคล้ายคลึงกับงานนี้เพียงใส่รายละเอียดของงาน ขั้นตอนงาน เครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละลำดับ และเวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอนลงไป แล้วจุดคลิกปุ่มที่แผ่นงาน Output ก่อน เพื่อให้โปรแกรมแสดงรูปแบบที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากนั้นจึงมาที่แผ่นงาน Data เพื่อประมวลผลการคำนวณเวลา จึงจะได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ โดยจะแสดงไปที่แผ่นงาน Output ทั้งหมดทุกรูปแบบ

หากเงื่อนไขในการจัดลำดับการผลิตมีมากกว่า หรือน้อยกว่านี้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องไปไขโค้ดการทำงาน ซึ่งส่วนนี้อาจต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้ เพื่อให้การประมวลผลเป็นไปอย่างถูกต้อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

รายการโปรแกรม (Program Listings)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนของการหารูปแบบการจัดเรียงลำดับทั้งหมด

```
Option Explicit
Private Sub cmdHome_Click()
   ThisWorkbook.Sheets("data").Select
End Sub
Private Sub cmdReset_Click()
   If MsgBox("Do you want to reset output data?", vbQuestion + vbYesNo + vbDefaultButton2,
"Confirmation") = vbYes Then
      ThisWorkbook.Sheets("output").Range("A2:D30000").ClearContents
      ThisWorkbook.Sheets("data").Range("N9,Q9,N11").Value = ""
      Call ClearSeq
   End If
End Sub

Private Sub cmdRun_Click()
   Dim dX As Dictionary
   Dim I As Long, J As Long, K As Long, L As Long, X As Long
   Dim Key As Variant
   Dim mcA As Variant, mcB As Variant, mcC As Variant, mcD As Variant
   Dim strTx As String
   frmSplash.Show vbModeless
   frmSplash.cmdStop.Visible = False
   Application.ScreenUpdating = False
   ReDim MC(0 To 3) As Variant
   ThisWorkbook.Sheets("Output").Range("A2:C30000").ClearContents
   Call strX(dX, mcA, "ABCD")
   Call strX(dX, mcB, "ABC")
   Call strX(dX, mcC, "BCDE")
   Call strX(dX, mcD, "ABE")
     With ThisWorkbook.Sheets("Output").Range("B2")
      For I = 1 To UBound(mcA)
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
        DoEvents
        For J = 1 To UBound(mcB)
          DoEvents
          For K = 1 To UBound(mcC)
            DoEvents
            For L = 1 To UBound(mcD)
              DoEvents
              strTx = mcA(I) & " " & mcB(J) & " " & mcC(K) & " " & mcD(L)
              .Offset(X, -1) = X + 2
              .Offset(X, 0) = strTx
              .Offset(X, 2) = 0
              X = X + 1
            Next
          Next
        Next
      Next
  End With
  Application.ScreenUpdating = True
  Unload frmSplash
  Set dX = Nothing
End Sub
```

ส่วนของการคำนวณและใส่เงื่อนไขในการประมวลผล

```
Option Explicit
Public Conn As ADODB.Connection
Public bStop As Boolean
Private strConn As String
Private Const SQL As String = "UPDATE [data$] SET "
Public RsX As ADODB.Recordset
Public Sub strX(ByRef dX As Dictionary, ByRef arrMC As Variant, ByVal sChr As String)
  Dim iFac As Long
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
 Dim iLen As Long
 Dim Key As Variant
 Dim strTmp As String
 Dim I As Long
iLen = Len(sChr)
 iFac = Application.WorksheetFunction.Fact(iLen)
Set dX = New Dictionary
 Do While dX.Count < iFac
    DoEvents
    strTmp = RndStr(sChr)
    If Not dX.Exists(strTmp) Then
       dX.Add strTmp, strTmp
    End If
 Loop
 ThisWorkbook.Sheets("tmp").Range("A:A").ClearContents
 For Each Key In dX
    DoEvents
    ThisWorkbook.Sheets("tmp").Range("A1").Offset(I, 0) = dX(Key)
    I = I + 1
 Next
 ThisWorkbook.Sheets("tmp").Sort.SortFields.Clear
 ThisWorkbook.Sheets("tmp").Sort.SortFields.Add Key:=Range("A1"), SortOn:=xlSortOnValues,
 Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
 With ThisWorkbook.Sheets("tmp").Sort
    .SetRange Range("A1:A" & dX.Count)
    .Header = xlNo
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
 End With
```

```
    ReDim arrMC(1 To dX.Count) As Variant
    For I = 1 To dX.Count
        DoEvents
        arrMC(I) = ThisWorkbook.Sheets("tmp").Range("A" & I).Value
    Next
    dX.RemoveAll
    Set dX = Nothing
    ThisWorkbook.Sheets("tmp").Range("A:A").ClearContents
End Sub

Private Function RndStr(ByVal sChr As String) As String
    Dim strTmp As String, strX As String
    Dim I As Long, J As Long
    Dim strSource As String
    strSource = sChr
    For I = 1 To Len(sChr)
        DoEvents
        J = Application.WorksheetFunction.RandBetween(1, Len(strSource))
        strX = Mid(strSource, J, 1)
        strTmp = strTmp & strX
        strSource = Replace(strSource, strX, "")
    Next
    RndStr = strTmp
End Function

Public Function OpenConnEx(Optional sERR As String, Optional ForceDiscon As Boolean = False,
Optional sHDR As String = "NO", Optional sDB As String = "") As Long
    Dim strDB As String
    On Error GoTo LineCreateConn
        If Conn.State = adStateOpen Then
        If ForceDiscon = True Then
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
        Conn.Close
      Else
        OpenConnEx = adStateOpen
        Exit Function
      End If
   End If
   LineCreateConn:
   strDB = IIf(sDB = "", ThisWorkbook.Path & "\" & ThisWorkbook.Name, sDB)
   strConn = "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source=" & strDB
   strConn = strConn & ";Extended Properties=" & Chr(34) & "Excel 12.0 Xml;HDR=" & sHDR &
Chr(34) & ";"
   Set Conn = CreateObject("ADODB.Connection")
   On Error GoTo LineErr
   Conn.Open strConn
   OpenConnEx = adStateOpen
   Exit Function
   LineErr:
   sERR = Err.Description
End Function

Public Function VarToDBL(ByVal Var As Variant) As Double
   If IsNull(Var) Then
      VarToDBL = 0
   Else
      VarToDBL = IIf(IsNumeric(Var), CDbl(Var), 0)
   End If
   End Function

Public Function VarToString(ByVal Var As Variant, Optional ByVal bNull As Boolean = False) As
String
   On Error Resume Next
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
    If IsNull(Var) Then
        If Not bNull Then
            VarToString = ""
        Else
            VarToString = "NULL"
        End If
    Else
        VarToString = Trim(Var)
    End If
End Function

Public Function GetLastRow(ByVal sSht As Worksheet, ByVal sCol As String) As Long
    On Error Resume Next
    GetLastRow = sSht.Range(sCol & Rows.Count).End(xlUp).Row
End Function

Public Function GetSeq() As String
    Dim JobSq As String
    Dim J As Long, I As Long
        J = 20737
    With ThisWorkbook.Sheets("output")
        Do
DoEvents
            I = WorksheetFunction.RandBetween(2, J)
            JobSq = .Range("A" & I)
        Loop While Not .Range("A" & I).Offset(0, 1) = ""
    End With
    GetSeq = JobSq
End Function

Public Sub GetSequence(ByRef Rs As ADODB.Recordset)
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
   Set Rs = Conn.Execute("SELECT id,seq_no FROM [output$] WHERE NOT seq_no IS NULL AND
iscal+0 = 0 ORDER BY seq_no")
End Sub

Public Function DoSingleStep(ByVal JobSeq As String)
   Dim I As Long, J As Long, K As Long, X As Long, Y As Long, ID As Long
   Dim TimIn As Long
   Dim strTmp() As String
   Dim bComplete As Boolean
   On Error GoTo LineErr
   Call ClearSeq
   strTmp = Split(JobSeq, " ")
   bComplete = False
    Dim Rng As Range
   Set Rng = ThisWorkbook.Sheets("data").Range("B2")
   With Rng
      For I = 0 To 13
     .Offset(I, 4).Value = WorksheetFunction.Search(.Offset(I, 0).Text, strTmp((.Offset(I, 2).Value) -
1), 1)
      Next
End With
Dim JobNo As String
Dim StepNo As Long
Dim SeqNo As Long
   K = 0
   ID = 1
   Do While K < 2
      If ThisWorkbook.Sheets("data").Range("J1").Value = 14 Then Exit Do
      For I = 0 To UBound(strTmp)
         DoEvents
         For J = 1 To Len(strTmp(I))
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
            JobNo = UCase(Mid(strTmp(I), J, 1))
            StepNo = PickStep(JobNo, I + 1, ID)
            SeqNo = J
            If StepNo = 1 Then
                X = 0
              If SeqNo = 1 Then
                Y = 0
              Else
                 Y = GetBackwardTimeoutSequence(Mid(strTmp(I), J - 1, 1), I + 1, SeqNo - 1)
              End If
            Else
              X = GetBackwardTimeOutStep(JobNo, StepNo - 1)
              If SeqNo = 1 Then
                Y = 0
              Else
                Y = GetBackwardTimeoutSequence(Mid(strTmp(I), J - 1, 1), I + 1, SeqNo - 1)
              End If
            End If
               If X >= 0 And Y >= 0 Then
              TimIn = WorksheetFunction.Max(X, Y)
              Call UpdateTimeIn(JobNo, StepNo, SeqNo, TimIn, ID)
            End If
            X = -1: Y = -1
            DoEvents
          Next
        Next
        K = K + 1
    Loop
bComplete = WorksheetFunction.CountA(ThisWorkbook.Sheets("data").Range("G2:G15")) = 14
    Dim arrJob() As String
    arrJob = Split("A,B,C,D,E", ",")
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
   If bComplete Then
      For I = 0 To 4
         DoEvents
         Call GetMaxTime(arrJob(I))
      Next
   End If
   If bComplete Then
      ThisWorkbook.Sheets("data").Range("I16").Formula =
"=MAX(I2:I4)+MAX(I5:I8)+MAX(I9:I11)+MAX(I12:I13)+MAX(I14:I15)"
      I = ThisWorkbook.Sheets("data").Range("I16").Value
      UpdateCycleTime JobSeq, I
   Else
      ThisWorkbook.Sheets("data").Range("I16").Value = "Invalid"
      UpdateCycleTime JobSeq, "Invalid"
   End If
   Exit Function
   LineErr:
   UpdateCycleTime JobSeq, "Error :" & Err.Description
End Function

Private Sub UpdateTimeIn(ByVal sJob As String, ByVal iStep As Long, ByVal iSeq As Long, ByVal
iTimeIn As Long, ByVal RowID As Long)
   Dim I As Long
   ThisWorkbook.Sheets("data").Range("G" & RowID).Value = iTimeIn
   Exit Sub
      With ThisWorkbook.Sheets("data").Range("B2")
      For I = 0 To 13
         DoEvents
         If .Offset(I, 0).Text = sJob And .Offset(I, 1).Value = iStep And .Offset(I, 4).Value = iSeq Then
            .Offset(I, 5).Value = iTimeIn
            Exit For
```

```
        End If
      Next
   End With
End Sub

Private Function UpdateCycleTime(ByVal sSeqn As String, ByVal iCycle As Variant) As Boolean
   Dim Rng As Range
   Set Rng = FindCell(ThisWorkbook.Sheets("output").Range("B2:B20737"), sSeqn)
   If Not Rng Is Nothing Then
      Rng.Offset(0, 1).Value = "'" & iCycle
      Rng.Offset(0, 2).Value = 1
   End If
   Set Rng = Nothing
End Function
Public Sub ClearSeq()
   ThisWorkbook.Sheets("data").Range("F2:G16,I2:I15,B16").Value = ""
End Sub

Private Function GetBackwardTimeoutSequence(ByVal sJob As String, ByVal iMC As Long, ByVal
iSeq As Long) As Long
   Dim Rng As Range
   Dim I As Long, iStart As Long
   GetBackwardTimeoutSequence = -1
   Select Case sJob
      Case "A": iStart = 0
      Case "B": iStart = 3
      Case "C": iStart = 7
      Case "D": iStart = 10
      Case "E": iStart = 12
   End Select
   Set Rng = ThisWorkbook.Sheets("data").Range("B2")
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
    With Rng
        For I = iStart To 13
            DoEvents
            If .Offset(I, 0) = sJob And .Offset(I, 2) = iMC And .Offset(I, 4) = iSeq Then
            If Not .Offset(I, 6).Value = "" Then GetBackwardTimeoutSequence = .Offset(I, 6).Value
                Exit For
            End If
        Next
    End With
    Set Rng = Nothing
End Function

Private Function PickStep(ByVal sJob As String, ByVal iMC As Long, ByRef RowID As Long) As
Long
    Dim I As Long
    With ThisWorkbook.Sheets("data").Range("B2")
        For I = 0 To 13
            DoEvents
            If .Offset(I, 0) = sJob And .Offset(I, 2).Value = iMC Then
                PickStep = .Offset(I, 1).Value
                RowID = .Offset(I, 0).Row
                Exit For
            End If
        Next
    End With
End Function

Private Function GetMaxTime(ByVal sJob As String) As Long
    Dim I As Long
    Select Case sJob
        Case "A"
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
        I = WorksheetFunction.Max(ThisWorkbook.Sheets("data").Range("H2:H4"))
        ThisWorkbook.Sheets("data").Range("I2:I4").Value = I
    Case "B"
        I = WorksheetFunction.Max(ThisWorkbook.Sheets("data").Range("H5:H8"))
        ThisWorkbook.Sheets("data").Range("I5:I8").Value = I
    Case "C"
        I = WorksheetFunction.Max(ThisWorkbook.Sheets("data").Range("H9:H11"))
        ThisWorkbook.Sheets("data").Range("I9:I11").Value = I
    Case "D"
        I = WorksheetFunction.Max(ThisWorkbook.Sheets("data").Range("H12:H13"))
        ThisWorkbook.Sheets("data").Range("I12:I13").Value = I
    Case "E"
        I = WorksheetFunction.Max(ThisWorkbook.Sheets("data").Range("H14:H15"))
        ThisWorkbook.Sheets("data").Range("I14:I15").Value = I
  End Select
  GetMaxTime = I
End Function

Private Function GetBackwardTimeOutStep(ByVal sJob As String, ByVal iStep As Long) As Long
  Dim Rng As Range
  Dim I As Long, iStart As Long
  GetBackwardTimeOutStep = -1
    Select Case sJob
    Case "A": iStart = 0
    Case "B": iStart = 3
    Case "C": iStart = 7
    Case "D": iStart = 10
    Case "E": iStart = 12
  End Select
  Set Rng = ThisWorkbook.Sheets("data").Range("B2")
  With Rng
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

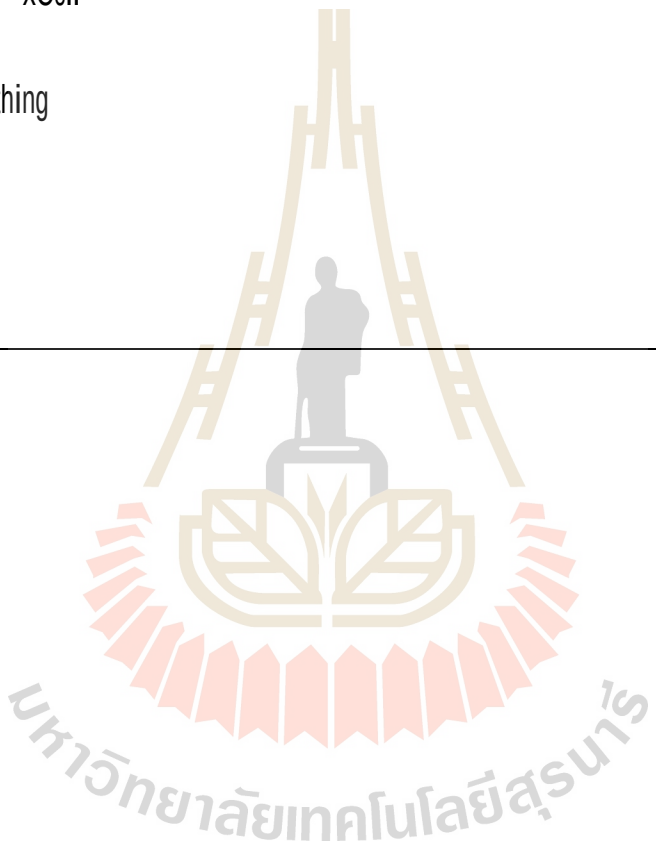
```
      For I = iStart To 13
        DoEvents
        If .Offset(I, 0) = sJob And .Offset(I, 1) = iStep Then
          If Not .Offset(I, 6).Value = "" Then GetBackwardTimeOutStep = .Offset(I, 6).Value
          Exit For
        End If
      Next
   End With
   Set Rng = Nothing
End Function

Public Function UpdateMinTime()
   RsX.Open "SELECT seq_no,total_time  FROM [output$] WHERE NOT total_time = '' AND NOT
total_time = 'Invalid' ORDER BY total_time ASC"
   If Not RsX.EOF Then
      ThisWorkbook.Sheets("data").Range("N9").Value = VarToString(RsX(0).Value)
      ThisWorkbook.Sheets("data").Range("Q9").Value = RsX(1).Value
   Else
      ThisWorkbook.Sheets("data").Range("N9").Value = "No Sequence"
      ThisWorkbook.Sheets("data").Range("Q9").Value = ""
   End If
   RsX.Close
End Function

Public Function FindCell(ByVal Rng As Range, ByVal sWord As String, Optional iLookAt As Long =
1, Optional rAfter As Range) As Range
   Dim xCell As Variant
   If rAfter Is Nothing Then
      Set xCell = Rng.Find(What:=sWord, LookIn:=xlValues, _
           LookAt:=iLookAt, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:=xlNext, _
           MatchCase:=False, SearchFormat:=True)
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
    Else
        Set xCell = Rng.Find(What:=sWord, After:=rAfter, LookIn:=xlValues, _
            LookAt:=iLookAt, SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:=xlNext, _
            MatchCase:=False, SearchFormat:=True)
    End If
    If Not xCell Is Nothing Then
        Set FindCell = xCell
    End If
    Set xCell = Nothing
End Function
```



ภาคผนวก จ

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Thumrongvut, P. and Samattapapong, N. (2018). **A Heuristic Algorithm for Production Scheduling and Sequencing Problems using VBA on Excel.** The International Conference on Engineering and Applied Science. 22-24 February 2018. Bangkok, Thailand. pp. 46-51.

TICEAS-0028

A Heuristic Algorithm for Production Scheduling and Sequencing Problems using VBA on Excel

Pornrat Thumrongvut*, Nara Samattapapong
School of Industrial Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand
* E-mail: pornratthum@gmail.com

Abstract

Sequencing problem is a frequently occurring and important issues for industrial and the manufacturing system. However, it is difficult to find out the best method to schedule production. Since many variables will affect the manufacturing system such as processing time, queue time, idle time, waiting time. Therefore, this research studies the method of sequencing production by using Visual Basic for Application (VBA) on Microsoft Excel. The goal of this research is to developing efficiency of the sequencing production and improving method can be easily expanded to user inferences. The result showed that minimize production time is decreased from 130 minutes to 116 minutes. Total efficiency improvement of this research is increased at 10.77 percent with the accurate results.

Keywords: Sequencing Production, Visual Basic for Application, Scheduling Production

1. Introduction

Nowadays competition in global industries, leading to intense competition in the market-place. How to improve the competitiveness of industry is a priority and main objective in all policies, therefore, an immediate challenge and currently experiencing shortcomings in terms of budget products at a competitive cost and time are considered first. In order to increase productivity and growth, all of which create wealth and reduce destitution. However, markets do not always work well, and uncompetitive markets are often those that matter most for the poor, and develop new products that consumers want. Priority Sequencing Rules provide the guidance for the order in which the jobs are to be processed at a workstation. Kenneth and Dan (2009) considered eight sequencing rules have been: SIPT (Shortest Imminent Processing Time), EDD (Earliest Due Date), DLS (Dynamic Least Slack), LWQ (Least Work in next Queue), FIFO (First In First Out), LIFO (Last In Last Out), CR (Critical Ratio) and LS (Least Slack). Production scheduling problem and sequencing problem for manufacturing process are frequently occurred, highly relevant problem in practice, its complexity and pervasive in the real world (Baker, 1974). Especially, the multi-production lines as precedence constraints, and sequence-dependent process times are considered. Most common aspects, parameters, and objective involved in the schedule and sequence production are time-varying demand uncertainty and supply capacity, quantities

over the planning thus must consider search perform well in term of holding and shortage costs (Vieira and Favaretto, 2006; Feng et al., 2011). Most researchers study scheduling problems and sequencing problems as deterministic problems. All deterministic scheduling problems and sequencing problems, with define parallel machine and single machine scheduling included, are combinatorial optimization problems, such as job shop production (Rangsaritratsamee et al., 2004; Pfeiffer and Monostori, 2007), flexible flow shop (Yan-hai et al., 2005; Guo and Li, 2007). Cowling and Johansson (2002) survey existing approaches for scheduling problem involving single machine and have developed a general framework for using real time information to improved scheduling decisions, which can be used to select a strategy for using real time information. Most researchers study production problems on parallel machine scheduling such as Kravchenko and Werner (2011) focus procedures for the problem of scheduling n jobs with each requiring an identical execution time on a set of parallel machines, with preemption either allowed or forbidden. They emphasize mostly on dynamic programming and liner programming approaches, trying to describe the most fruitful ideas and pose problems with an open complexity status. Guo et al. (2007) research the unrelated parallel machine problem by using a hybrid of Simulated Annealing (SA) and Tabu Search (TS) with Neighborhood Search (NS) for minimizing the makespan. For the minimization of makespan in scheduling problems with parallel machines and sequence-dependent setup times were investigated by Behnamian et al. (2009).

In this research has been developed using Visual Basic for Application (VBA) on Microsoft Excel, was used during code development, and served as an attractive way to analysis of schedule and sequence problem. VBA is one of the heuristic approach that in which production scheduling to become optimal less total process time. Heuristic is developed by considering the work center that may be a single machine and group of machines or an area where a particular type of work in done or by product in a flow. Therefore, the optimal heuristic is needed in order to minimize the effect of the manufacturing. The makespan is defined as the amount of time from start to finish completing a set of multi-machine jobs where machine order is pre-set for each job (Pinedo, 2008). Birnbaum (2005) argues that VBA is a programming environment designed to work with MS Office applications, this is a very valuable facility for running repetitive tasks. The other feature is that the spreadsheets containing various data can be interlinked. Components in each application are exposed as objects to the programmer to use and manipulate to a desired end. VBA is relatively easy to learn, but to use it in a new application, the relative simplicity of VBA makes it less intimidating and easier for learn. However, does share many of the programming constructs common to all languages, so it also serves as a great introduction to programming. Scheduling and sequencing problems are a popular field of study and many more studies can be found solving the NP-hard problems with the aims of minimizing the makespan, and total time of jobs is solved by VBA. Most researchers study this problems as deterministic problem, then using VBA for solved. A number of reviews already exist with each

focuses on different facets of production scheduling problem and sequencing problem. For examples are presented by Meineke and Brockmoller (2007), Wang et al. (2008), Cheng et al. (2010), Wong and Barford (2010), Hong et al. (2012), Qiu et al. (2013), Firdous and Devlin (2014), Zhang et al. (2016) and more recently, in the paper of Yanase (2017).

2. Methods

The paper studies especially manufacturing on machines. The objectives of the problem become finding a makespan all jobs from start to finish completing and to obtain a sequence of the jobs in the machines. There are given five jobs and four machines flow shop. Each machine can handle one job at a time (at most one operation), preemption is not allowed and all machines are continuously available (no breakdown). The order of the machines is fixed. The processing time of each job on each machine is a known as presented in Table 1. A machine processes one job at a time and a job is processed on one machine at a time with or without preemption.

Table 1: Process sequence and processing time

Job	Process	Processing Time (minutes)	Machine Numbers
J1	T1	8	M1
	T2	6	M2
	T3	6	M4
J2	T1	8	M1
	T4	8	M3
	T2	8	M2
	T3	4	M4
J3	T5	4	M1
	T6	1	M2
	T7	2	M3
J4	T5	6	M1
	T7	8	M3
J5	T4	6	M3
	T8	8	M4

This scheduling problem is made by creating algorithm in order to planning sequences in the process with VBA on Microsoft Excel. The procedures were detailed as following:

- Define the variables each job on each of machines were considered, as given in Table 2. This table was illustrated the separate cases where each job will be arranged with machine categories. From classified, all observed variables in this study can be divided into four groups.
- All observed results using VBA language were determined. All of inputs condition of job and machine such as processing time, due and release times for some jobs and precedence constraints of jobs were discussed.
- Analyze all existing data and run algorithm with VBA program on Microsoft Excel in

order to find the minimum makespan scheduling and reasonable optimization timespan.

Table 2: Group of defined variable for each job in each machine

Machine	Job	Variable	Group of variables
M1	J1	A	ABCD
	J2	B	
	J3	C	
	J4	D	
M2	J1	E	EFG
	J2	F	
	J3	G	
M3	J2	H	HIJK
	J3	I	
	J4	J	
	J5	K	
M4	J1	L	LMN
	J2	M	
	J5	N	

3. Results

The code for the algorithm is written by using VBA with a Microsoft Excel interface. This developed algorithm with an encoding method was applied to this case as an experimental study. The problems have five jobs and four machines flow shop and can be generate all the possible permutations of job sequence equal to 4! x 3! x 4! x 3! = 20,736 solutions. From analytical algorithm, the best solution in reasonable optimization timespan is shown in Table 3. The optimal times of process for five jobs are 30, 46, 8, 18 and 14 minutes, respectively. The cumulative makespan of all methods in this schedule is 116 minutes. The value is the outstanding makespan because the algorithm tries to improve upon multiple-criteria for scheduling.

Table 3: The job sequence for each machine

	Number of machines			
	1	2	3	4
Sequence of jobs	3	3	5	5
	4	1	3	1
	1	2	4	2
	2		2	

4. Conclusions

Irrespective of the consequence for the machine consumption in a manufacturing environment, the efforts on reducing makespan consumption are strongly needed in the operational aspect. The paper focuses on scheduling and sequencing problem using VBA on Microsoft Excel with the

objective of minimize the makespan. Further development of algorithms for solving the problem in question may be recommended, coupled to the comparison of results obtained with these algorithms and those obtained in current research. From the result of problem on data solved from existing research, the heuristic algorithm with VBA show better performance than the original method was decreased from 130 minutes to 116 minutes. The results indicated that the effective solutions can indeed improvement of this research at 10.77 percent with the accurate results.

5. References

Baker, K. R. (1974). *Introduction to sequencing and scheduling.* New York: John Wiley & Sons.

Baker, K. R., & Trietsch, D. (2009). *Principles of sequencing and scheduling.* USA: John Wiley & Sons.

Behnamian, J., Zandieh, M., & Ghomi, S. M. T. F. (2009). Parallel machine scheduling problems with sequence dependent setup times using an ACO, SA, and VNS hybrid algorithm. *Journal Expert Systems with Application, 36*(6), 9637-9644.

Birnbaum, D. (2005). *Microsoft Excel VBA Programming for the Absolute Beginner, Second Edition.* USA: Muska & Lipman/Premier-Trade.

Cheng, W., Wang, K., & Zhang, X. (2010). Corrigendum to "Implementation of a COM-based decision-tree model with VBA in ArcGIS". *Expert Systems with Applications, 37*(1), 12–17.

Cowling P., & Johansson M. (2002). Using real time information for effective dynamic scheduling. *European Journal of Operational Research, 139,* 230-244.

Feng, K., Rao, U.S., & Raturi, A. (2011). Setting planned orders in master production scheduling under demand uncertainty. *International Journal of Production Research, 49*(13), 4007-4025.

Firdous, R., & Devlin, J. F. (2014). BEARKIMPE-2: A VBA Excel program for characterizing granular iron in treatability studies. *Computers & Geosciences, 63,* 54-61.

Guo, D., & Li, T. (2007). Rescheduling algorithm for steelmaking continuous casting. *Proceeding of 2nd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications,* Harbin, China, 1421-1425.

Guo, Y.S., Lim, A., Rodrigues, B., & Yang, L. (2007). Minimizing the makespan for unrelated parallel machine. *International Journal Artificial Intelligence Tools, 16*(3), 399-415.

Hong, J., Xie, Y., & Jeong, K. (2012). An efficient VBA spreadsheet algorithm and model for the system optimum traffic assignment. *International Journal of Applied Industrial Engineering, 1*(2), 36-52.

Kravchenko, S.A., & Werner, F. (2011). Parallel machine problems with equal processing times: a survey. *Journal of Scheduling, 14*(5), 435-444.

Meineke, I., & Brockmoller, J. (2007). Simulation of complex pharmacokinetic models in Microsoft EXCEL. *Computer Methods and Programs in Biomedicine, 88*(3), 239-245.

Pfeiffer, A., Kadar, B., & Monostori, L. (2007). Stability-oriented evaluation of rescheduling

strategies, by using simulation. *Computers in Industry, 58*(7), 630-643.

Pinedo, M. L. (2008). *Scheduling: Theory, Algorithms and Systems. 3rd edition.* New York: Springer Science + Business Media.

Qiu, J.-T., Song, W.-J., Jiang, C.-X., Wu, H., & Dong, R. M. (2013). CGDK: An extensible CorelDRAW VBA program for geological drafting. *Computers & Geosciences, 51,* 34-38

Rangsaritratsamee, R., Ferrell Jr., W.G., & Kurz M.B. (2004). Dynamic rescheduling that simultaneously considers efficiency and stability. *Computers and Industrial Engineering, 46*(1), 1-15.

Vieira, G.E., & Favaretto, F. (2006). A new and practical heuristic for master production scheduling creation. *International Journal of Production Research, 44*(18-19), 3607-3625.

Wang, X., Ma, W., Gao, S., & Ke, L. (2008). GCDPlot: An extensible microsoft excel VBA program for geochemical discrimination diagrams. *Computers & Geosciences, 34*(12), 1964-1969.

Wong, K. W.W., & Barford, J.P. (2010). Teaching Excel VBA as a problem solving tool for chemical engineering core courses. *Education for Chemical Engineers, 5*(4), e72-e77.

Yanase, K. (2017). An introduction to FE analysis with Excel-VBA. *Computer Applications in Engineering Education, 25*(2), 311-319.

Yan-hai, H., Junqi, Y., Fei-fan, Y., & Jun-he, Y. (2005). Flow shop rescheduling problem under rush order. *Journal of Zhejiang University, 6*(10), 1040-1046.

Zhang, D., Cheng, Q., Agterberg, F., & Chen, Z. (2016). An improved solution of local window parameters setting for local singularity analysis based on Excel VBA batch processing technology. *Computers & Geosciences, 88*, 54-66.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางพรรัตน์ ธำรงวุฒิ เกิดเมื่อวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดลพบุรี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนเทศบาล 1 บ้านท่าหิน ตำบลท่าหิน อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี และระดับชั้นมัธยมศึกษา จากโรงเรียนพิบูลวิทยาลัย ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จากนั้น เริ่มศึกษาระดับปริญญาตรี ในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2553 ต่อมาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2559 ขณะที่ศึกษาอยู่ได้มีโอกาสนำความรู้ที่ได้จากการเรียนและการวิจัยมาประยุกต์ใช้ ทำให้มีบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ ดังนี้

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ	1	บทความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี