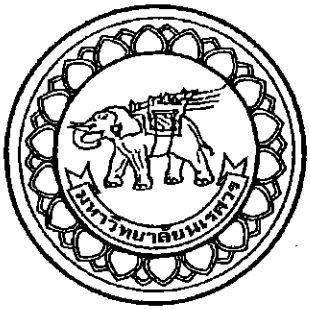


การวางผังโรงงานภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น
โดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง
SOLVING THE MACHINE LAYOUT PROBLEM UNDER FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS BY SIMULATED ANNEALING

นายภิภพ ดวงสุวรรณ รหัส 50382472
นางสาวสายฝน ดวงคำ รหัส 50383035

15518945
ว/ร.
ว 524 ก
2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2554
เลขทะเบียน 15518945
เลขเรียกหนังสือ ว/ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว 524 ก 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การวางผังโรงงานภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง		
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายภิภพ**	**ดวงสุวรรณ**	**รหัส** 50382472
	นางสาวสายฝน	ดวงคำ	รหัส 50383035
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ขวัญนิธิ	คำเมือง	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2553		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ภาณุ บูรณจารุกร)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การวางผังโรงงานภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายภิภพ	ดวงสุวรรณ	รหัส 50382472
	นางสาวสายฝน	ดวงคำ	รหัส 50383035
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ขวัญนิธิ	คำเมือง	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2553		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการพัฒนาโปรแกรมการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น มีจุดประสงค์เพื่อหาระยะทางในการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุดโดยนำทฤษฎีของการอบอ่อนจำลองมาใช้แก้ปัญหาในกรณีศึกษา รวมทั้งใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างกระบวนการการทำงานของการอบอ่อนจำลอง โดยภาษาที่เลือกใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คือ Visual Basic for Application (VBA) บน Microsoft Excel

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา Neighborhood search หรือการหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิมตามวิธีการอบอ่อนจำลองในหลายๆหลักการ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการอบอ่อนจำลอง ซึ่งในการทดสอบประสิทธิภาพของการวางผังโรงงานโดยวิธีการอบอ่อนจำลองนี้ ได้ทำการทดสอบกับปัญหาขนาดต่างๆ จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ความแตกต่างกันของ Neighborhood search และความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการอบอ่อนจำลอง มีผลต่อระยะทางในการขนถ่ายวัสดุ และมีผลโดยตรงต่อค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่มีความสำเร็จลุล่วงด้วยดีได้เลย หากไม่ได้รับคำแนะที่ดีตลอดมาจาก อาจารย์ขวัญนิธิ คำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน จึงต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแก้ไข และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิจัยมาโดยตลอด

นอกจากนั้นยังต้องขอขอบพระคุณ คณะกรรมการทั้งสามท่านเป็นอย่างสูง อันประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูพงษ์ พงษ์เจริญ อาจารย์สุธนิตย์ พุทธพนม อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ และ อาจารย์ภาณุ บูรณจารุกร ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขที่มีประโยชน์ จนสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่เป็นจุดเริ่มต้นบนเส้นทางแห่งความภาคภูมิใจนี้

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ที่มีพระคุณยิ่ง ที่ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา ตลอดจนเพื่อนร่วมรุ่น ที่ได้ให้ความรัก ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา จนทำให้มีความสำเร็จเกิดขึ้น ทางผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
ภิภพ ดวงสุวรรณ
สายฝน ดวงคำ

เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน.....3
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน.....3
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....5
2.1 การจัดรูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม.....5
2.2 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS).....7
2.3 ความหมายของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.....8
2.4 ระบบขนถ่ายวัสดุ (Material Handling System).....9
2.5 วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization Algorithms).....11
2.6 วิธีการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing: SA).....11
2.7 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิธีการอบอ่อนจำลอง.....12
2.8 หลักการและทฤษฎีของ (Visual Basic for Application).....14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน....15
3.1 การกำหนดปัญหาและศึกษาปัญหาการวางผังโรงงาน....15
3.2 ข้อมูลสำหรับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย....18
3.3 ออกแบบวิธีการอบอ่อนจำลองโดยเขียนโปรแกรมแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ด้วยภาษา Visual Basic for Applications บนโปรแกรมMicrosoft Excel....23
3.4 การทดสอบโปรแกรมการปัญหาโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง....37
3.5 จัดทำรายงานและสรุปผล....38
3.6 การนำเสนอโครงงาน....38

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์....39
4.1 โปรแกรมการวางผังโรงงานด้วยวิธีการอบอ่อนจำลอง....39
4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมและวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก....42
4.3 ผลการทดสอบโปรแกรมและวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลาง....59
4.4 ผลการทดสอบโปรแกรมและวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่....75
4.5 การแสดงผลลัพธ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อนจำลอง....92
4.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง....92

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....95
5.1 บทสรุป....95
5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงานวิจัย....96
5.3 ข้อเสนอแนะ....96

เอกสารอ้างอิง....97

ภาคผนวก ก....98
ภาคผนวก ข....109
ภาคผนวก ค....148

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน....165

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน....4

3.1 ข้อมูลของเครื่องจักรโรงงาน A....15

3.2 ข้อมูลกระบวนการการผลิตโรงงาน A....16

3.3 ข้อมูลของเครื่องจักรโรงงาน B....23

3.4 ข้อมูลกระบวนการการผลิตโรงงาน B....24

4.1 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 1 ของปัญหาขนาดเล็ก....43

4.2 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 2 ของปัญหาขนาดเล็ก....44

4.3 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 3 ของปัญหาขนาดเล็ก....45

4.4 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 4 ของปัญหาขนาดเล็ก....46

4.5 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 5 ของปัญหาขนาดเล็ก....47

4.6 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 6 ของปัญหาขนาดเล็ก....48

4.7 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 7 ของปัญหาขนาดเล็ก....49

4.8 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 8 ของปัญหาขนาดเล็ก....50

4.9 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 9 ของปัญหาขนาดเล็ก....51

4.10 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้นเมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก....53

4.11 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก....57

4.12 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 1 ของปัญหาขนาดกลาง....59

4.13 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 2 ของปัญหาขนาดกลาง....60

4.14 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 3 ของปัญหาขนาดกลาง....61

4.15 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 4 ของปัญหาขนาดกลาง....62

4.16 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 5 ของปัญหาขนาดกลาง....63

4.17 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 6 ของปัญหาขนาดกลาง....64

4.18 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 7 ของปัญหาขนาดกลาง....65

4.19 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 8 ของปัญหาขนาดกลาง....66

4.20 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 9 ของปัญหาขนาดกลาง....67

4.21 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้นเมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง....79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า
4.22 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง....73
4.23 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 1 ของปัญหาขนาดใหญ่....75
4.24 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 2 ของปัญหาขนาดใหญ่....76
4.25 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 3 ของปัญหาขนาดใหญ่....78
4.26 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 4 ของปัญหาขนาดใหญ่....79
4.27 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 5 ของปัญหาขนาดใหญ่....80
4.28 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 6 ของปัญหาขนาดใหญ่....81
4.29 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 7 ของปัญหาขนาดใหญ่....82
4.30 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 8 ของปัญหาขนาดใหญ่....83
4.31 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 9 ของปัญหาขนาดใหญ่....84
4.32 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้นเมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่....86
4.33 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่....90
ข.1 ปัญหาที่ 1 ปัญหาขนาดเล็ก....112
ข.2 ปัญหาที่ 2 ปัญหาขนาดเล็ก....113
ข.3 ปัญหาที่ 3 ปัญหาขนาดเล็ก....114
ข.4 ปัญหาที่ 4 ปัญหาขนาดเล็ก....115
ข.5 ปัญหาที่ 5 ปัญหาขนาดเล็ก....116
ข.6 ปัญหาที่ 6 ปัญหาขนาดเล็ก....117
ข.7 ปัญหาที่ 7 ปัญหาขนาดเล็ก....118
ข.8 ปัญหาที่ 8 ปัญหาขนาดเล็ก....119
ข.9 ปัญหาที่ 9 ปัญหาขนาดเล็ก....120
ข.10 ปัญหาที่ 1 ปัญหาขนาดกลาง....121
ข.11 ปัญหาที่ 2 ปัญหาขนาดกลาง....122
ข.13 ปัญหาที่ 4 ปัญหาขนาดกลาง....123
ข.12 ปัญหาที่ 3 ปัญหาขนาดกลาง....124
ข.14 ปัญหาที่ 5 ปัญหาขนาดกลาง....125
ข.15 ปัญหาที่ 6 ปัญหาขนาดกลาง....126
ข.16 ปัญหาที่ 7 ปัญหาขนาดกลาง....127
ข.17 ปัญหาที่ 8 ปัญหาขนาดกลาง....128
ข.18 ปัญหาที่ 9 ปัญหาขนาดกลาง....129
ข.19 ปัญหาที่ 1 ปัญหาขนาดใหญ่....130
ข.20 ปัญหาที่ 2 ปัญหาขนาดใหญ่....132

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.21 ปัญหาที่ 5 ปัญหาขนาดใหญ่....134

ข.22 ปัญหาที่ 4 ปัญหาขนาดใหญ่....136

ข.23 ปัญหาที่ 3 ปัญหาขนาดใหญ่....138

ข.24 ปัญหาที่ 6 ปัญหาขนาดใหญ่....140

ข.25 ปัญหาที่ 7 ปัญหาขนาดใหญ่....142

ข.27 ปัญหาที่ 8 ปัญหาขนาดใหญ่....144

ข.26 ปัญหาที่ 8 ปัญหาขนาดใหญ่....146

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การวางผังการผลิตแบบตามผลิตภัณฑ์ (Production Line Layout).....6
2.2 การวางผังการผลิตแบบอยู่กับที่ (Fixed Product Layout).....6
2.3 การวางผังการผลิตแบบตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Production Family Layout).....7
2.4 การวางผังการผลิตแบบตามกระบวนการ (Process Layout).....7
2.5 สัดส่วนของงานในระบบหลังจากเริ่มออกมาสู่ พื้นที่ทำงาน.....8
2.6 ขอบเขตการใช้งานของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.....9
2.7 รูปแบบของการจัดวางเครื่องจักรกับความแตกต่างของอุปกรณ์ขนย้ายวัตถุดิบในแต่ละรูปแบบ.....10
2.8 ขั้นตอนการอบอ่อนจำลอง.....13
3.1 การจัดเรียงเครื่องจักรของตัวอย่างปัญหาโรงงาน A.....17
3.2 การจักเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (Multiple Rows Layout).....19
3.3 การเดินทางของ AGV ระหว่างเครื่องจักร (1) การเดินทางแถวเดียวกัน (2) การเดินทางจากแถวล่างขึ้นแถวบน (3) การเดินทางจากแถวบนลงแถวล่าง.....20
3.4 ตัวอย่างการคิดระยะทางกรณีเครื่องจักรอยู่ในแถวเดียวกัน.....21
3.5 ตัวอย่างการคิดระยะทางกรณีเครื่องจักรอยู่ต่างแถวกัน.....22
3.6 ตัวอย่างการสุ่มคำตอบแรกในกระบวนการอบอ่อนจำลอง.....24
3.7 ตัวอย่างการจัดเรียงเครื่องจักรแรกในตำแหน่งแรก.....25
3.8 ตัวอย่างการจัดเรียงเครื่องจักรที่เสร็จสมบูรณ์.....26
3.9 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่แบบสลับ.....26
3.10 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรกของแบบสลับ.....27
3.11 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้ายของแบบสลับ.....28
3.12 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง ของแบบสลับ.....29
3.13 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่แบบเลื่อน.....29
3.14 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรก แล้วนำไปแทนที่แบบเลื่อน.....30
3.15 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย แล้วนำไปแทนที่แบบเลื่อน.....31
3.16 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง แล้วนำไปแทนที่แบบเลื่อน.....32
3.17 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่แบบหลักคงที่.....32
3.18 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรก แล้วนำไปแทนที่แบบหลักคงที่.....33
3.19 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย แล้วนำไปแทนที่แบบหลักคงที่.....34
3.20 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง แล้วนำไปแทนที่แบบหลักคงที่.....35
4.1 หน้าแรกของโปรแกรม.....39
4.2 การรับข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรม.....40
4.3 การรับข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรม.....41
4.4 ผลลัพธ์ของโปรแกรม.....42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.5 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของ รถ AGV ของปัญหาขนาดเล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 1 – 3.....55

4.6 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของ รถ AGV ของปัญหาขนาดเล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 4 – 6.....56

4.7 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของ รถ AGV ของปัญหาขนาดเล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 7 – 9.....56

4.8 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ ของรถ AGV ของปัญหาขนาดกลางเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 1-3.....71

4.9 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ ของรถ AGV ของปัญหาขนาดกลางเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 4-6.....72

4.10 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของ รถ AGV ของปัญหาขนาดกลางเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 7-9.....72

4.11 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของ รถ AGV ของปัญหาขนาดใหญ่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 1-3.....88

4.12 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของ รถ AGV ของปัญหาขนาดใหญ่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 4-6.....89

4.13 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของ รถ AGV ของปัญหาขนาดใหญ่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 7-9.....89

ก.1 ขั้นตอนการตั้งค่าความปลอดภัยแมโคร.....99

ก.2 หน้าต่างการตั้งระดับความปลอดภัยของแมโคร.....100

ก.3 หน้าต่างเพื่อเปิดการใช้แมโคร.....100

ก.4 หน้าต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม.....101

ก.5 User Form ช่วยแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม.....101

ก.6 การรับข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรม.....102

ก.7 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้ระบุค่าอุณหภูมิสุดท้ายมากกว่าอุณหภูมิเริ่มต้น.....103

ก.8 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลอัตราการเย็นตัวนอกเหนือจาก 0-1.....104

ก.9 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้ไม่ได้ทำการเลือกวิธีที่ใช้ในการทำ Neighborhood search.....104

ก.10 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลไม่ครบ.....105

ก.11 การรับข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรม.....106

ก.12 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลความกว้าง ความยาว ของเครื่องจักร ที่เป็นตัวอักษร.....106

ก.13 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลกระบวนการผลิต ที่ไม่ใช่ตัวเลข จำนวนเต็มบวก ตั้งแต่ 1 ขึ้นไป.....107

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า
ก.14 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลกระบวนการผลิตถูกต้อง.....107
ก.15 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลกระบวนการผลิตไม่ถูกต้อง.....108
ก.16 ผลลัพธ์ของโปรแกรม.....108

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตส่วนใหญ่ มีการแข่งขันกันทางด้านการผลิตค่อนข้างสูง ส่งผลให้เกิดการนำเครื่องจักรเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต เพื่อให้การผลิตสินค้าออกมามีคุณภาพและรวดเร็วตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการคิดค้น ปรับปรุง และพัฒนากลยุทธ์ใหม่ๆ อย่างต่อเนื่องไว้รับมือกับสภาวะการแข่งขัน ซึ่งปัจจุบันกลยุทธ์ที่นำมาใช้อย่างแพร่หลายกับการผลิตที่นำเครื่องจักรเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต คือกลยุทธ์การผลิตแบบยืดหยุ่น ส่งผลให้การตอบสนองความต้องการของลูกค้าเร็วขึ้น ทั้งในด้านปริมาณ และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะสามารถแข่งขันทางการตลาดกับคู่แข่งได้สูงขึ้น

กลยุทธ์การผลิตแบบยืดหยุ่น ทำให้กระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการจัดเรียงเครื่องจักรให้มีความยืดหยุ่น ทำให้สามารถลดระยะทางของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (AGV) ในการป้อนวัตถุดิบให้เครื่องจักร ซึ่งส่งผลทำให้การผลิตผลิตภัณฑ์ใช้เวลาน้อยลง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดและส่งมอบถึงลูกค้าได้รวดเร็วกว่าคู่แข่ง รวมถึงการลดต้นทุนในการขนถ่ายวัตถุดิบด้วย

ซึ่งปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นปัญหาที่ซับซ้อนและจำนวนความเป็นไปได้ของการหาระยะทางที่สั้นที่สุดของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ เพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหา ในที่นี้คือ จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตและขนาดของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องทำการผลิต ส่งผลให้ต้องใช้เวลานานในการหาคำตอบ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้จัดทำโครงงานนี้ขึ้นด้วยการหาคำตอบโดยใช้วิธีอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing : SA) เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ในย่านหนึ่งๆ (Local optimum) ของพื้นที่คำตอบทั้งหมด ซึ่งเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด ในเวลาอันรวดเร็ว แต่คำตอบนั้นยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimum) ของพื้นที่คำตอบทั้งหมด โดยหลักการทำงานของวิธีอบอ่อนจำลอง จะมีลักษณะการวนซ้ำ ทีมีจำนวนรอบที่ทำซ้ำสูงมากทำให้เหมาะสมที่จะใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างกระบวนการการทำงานของการอบอ่อนจำลอง โดยภาษาที่เลือกใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คือ Visual Basic for Application (VBA) ซึ่งเป็นภาษาที่เป็นมาตรฐานในโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อพัฒนาการหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิม (Neighborhood Search) ในวิธีการอบอ่อนจำลอง ช่วยในการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเพื่อให้มีระยะทางการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติที่สั้นที่สุด

1.2.2 สร้างโปรแกรมเพื่อช่วยในการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

วิธีการอบอ่อนจำลอง และโปรแกรมที่สร้างขึ้นด้วยภาษา VBA บน Microsoft Excel

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

วิธีการอบอ่อนจำลอง และโปรแกรมช่วยในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร ในกระบวนการผลิตแบบยืดหยุ่นชนิดหลายแถวได้

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

จากปริญญานิพนธ์ นาฏนภาและนุจรีย์ (2552) " เรื่องการใช้แบบจำลองโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ในการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น " เป็นการสร้างแบบจำลองขึ้นมาแล้วหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งใช้เวลานานในการหาคำตอบ ดังนั้น จึงได้นำเสนอโครงงานนี้ขึ้นมา โดยใช้วิธีแก้ปัญหาด้วยวิธีการอบอ่อนจำลอง เพื่อหาคำตอบที่ใกล้เคียง หรือบางครั้งอาจเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แล้วคำตอบที่ได้จะขึ้นอยู่กับค่าเริ่มต้น โดยใช้เวลาในการคำนวณไม่มาก โดยมีขอบเขตของปัญหาอ้างอิงจาก นาฏนภาและนุจรีย์ (2552) ดังนี้

1.5.1 โรงงานมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก และกำหนดให้ความกว้าง และความยาวของพื้นที่โรงงาน กำหนดขนาดด้านไม่เกินด้านละ 1,000 เมตร

1.5.2 เครื่องจักรทุกเครื่องมีรูปร่าง เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก และจะมีการจัดการอยู่ที่ศูนย์กลาง (Centroid) ของรูปทรงสี่เหลี่ยม

1.5.3 ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร และช่องว่างระหว่างแถวแต่ละแถวกำหนดให้มีขนาดเท่ากัน ซึ่งเว้นไว้ให้ AGV และเว้นไว้เป็นทางเดินสำหรับการทำงานในโรงงาน

1.5.4 รถ AGV จะเดินทางเป็นเส้นตรง จากซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้าย และจากบนลงล่างหรือล่างขึ้นบน

1.5.5 ในกรณี ที่การจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว การเดินทางของรถ AGV จะเดินทางโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี

1.5.5.1 กรณีที่ 1

เดินทางในแถวเดียวกันโดยรถ AGV จะออกจากทางด้านล่างของเครื่องจักรต้นทาง แล้วเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างที่กำหนดไว้ แล้วเลื่อนซ้ายหรือขวาไปหาเครื่องจักรปลายทาง และเข้าหาทางด้านล่างของเครื่องจักรปลายทาง

1.5.5.2 กรณีที่ 2

เดินทางระหว่างแถว จากแถวล่างขึ้นไปแถวบน และจากแถวบนลงแถวล่าง โดยรถ AGV จะออกจากทางด้านล่างของเครื่องจักรต้นทาง แล้วเคลื่อนที่ทางด้านขวาสุดหรือด้านซ้ายสุดของแถว

1.5.6 ในการเลือกเส้นทางว่าจะไปด้านซ้ายหรือด้านขวานั้น จะเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการเดินทางของรถ AGV

1.5.7 เวลาในการรอคอยการใช้งานของเครื่องจักร จะไม่ถูกนำมาพิจารณา

1.5.8 ในการศึกษาจะไม่คำนึงถึงว่าผลิตภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์จะใช้เครื่องจักรพร้อมกันหรือไม่

1.5.9 ความสูงของเครื่องจักรและความสูงของโรงงานที่ใช้ในการจัดเรียงเครื่องจักรจะไม่ถูกนำมาพิจารณา

1.5.10 เครื่องจักรทั้งหมดจะถูกจัดเรียงอยู่กับที่ไม่สามารถหมุนเปลี่ยนทิศทางการวางได้

1.5.11 หน่วยของระยะทางทั้งหมด มีหน่วยเป็นเมตร

1.5.12 ลักษณะของปัญหามี 3 ขนาด คือปัญหาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่

ปัญหาขนาดเล็ก	มีเครื่องจักร	1-10	เครื่อง	มีผลิตภัณฑ์	1- 6 แบบ
ปัญหาขนาดกลาง	มีเครื่องจักร	11-20	เครื่อง	มีผลิตภัณฑ์	7-12 แบบ
ปัญหาขนาดใหญ่	มีเครื่องจักร	21-30	เครื่อง	มีผลิตภัณฑ์	13-18 แบบ

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

กรกฎาคม 2553-เมษายน 2554

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงาน	2553						2554			
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.1 กำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา	←	→								
1.8.2 ศึกษาระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น		←	→							
1.8.3 ศึกษาหลักการและทฤษฎีของวิธีการอบอ่อนจำลอง		←	→							
1.8.4 ศึกษาการเขียนโปรแกรมที่ช่วยในการหาคำตอบด้วยภาษา VBA			←	→						
1.8.5 เริ่มขั้นตอนการเขียนโปรแกรม				←	—	→				
1.8.6 ทดสอบโปรแกรมและวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด							←	—	→	
1.8.7 สรุปผลการทดลองในการศึกษาโครงงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้										← →
1.8.8 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์และนำเสนอโครงงาน								←	—	→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

เนื่องจากอุตสาหกรรมปัจจุบันได้นำเครื่องจักรมาใช้ในการผลิต เพื่อสามารถแข่งขันทางการตลาดกับคู่แข่งได้สูงขึ้น ส่งผลให้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งการจัดเรียงเครื่องจักรส่งผลต่อความรวดเร็วในการผลิต ฉะนั้นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดของรถ AGV จึงสำคัญ เนื่องจากระยะทางที่สั้น ช่วยลดเวลาในการผลิต แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่นานหากขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น ดังนั้นโครงงานนี้จึงนำวิธีการอบอ่อนจำลองมาใช้ในการหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดของระยะทางรถ AGV โดยใช้โปรแกรมช่วยในการหาคำตอบด้วยภาษา VBA

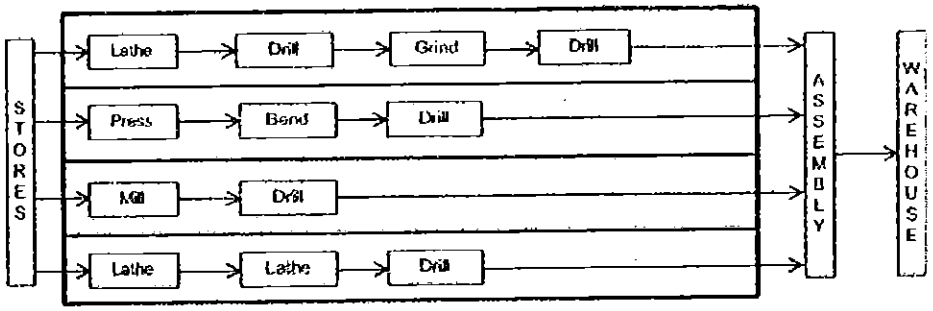
ในหัวข้อนี้จึงกล่าวถึงการวางผังและการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมรวมถึงระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น และระบบขนถ่ายวัสดุ (Material Handling System: MHS) นอกจากนี้ยังมีวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอบอ่อนจำลองแล้วโปรแกรมช่วยในการหาคำตอบด้วยภาษา VBA

2.1 การจัดรูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม

ในกระบวนการผลิตนั้นส่งผลต่อปัจจัยหลายๆด้าน เช่น การนำทรัพยากรเพื่อมาใช้ในการผลิต (คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และเงินลงทุน) เวลาที่ใช้ในการผลิต ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งปัญหาที่โรงงานส่วนใหญ่มักจะพบ เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ปริมาณการผลิตที่เปลี่ยนแปลง การสร้างโรงงานใหม่ การเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรที่ล้าสมัย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องจัดหารูปแบบที่เหมาะสมในกระบวนการการผลิต สำหรับปัญหานั้นๆ โดยรูปแบบพื้นฐานการวางเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปแบ่งออกได้ 4 รูปแบบ (Tompkins, 2003)

2.1.1 การวางผังการผลิตแบบตามผลิตภัณฑ์ (Production Line Layout)

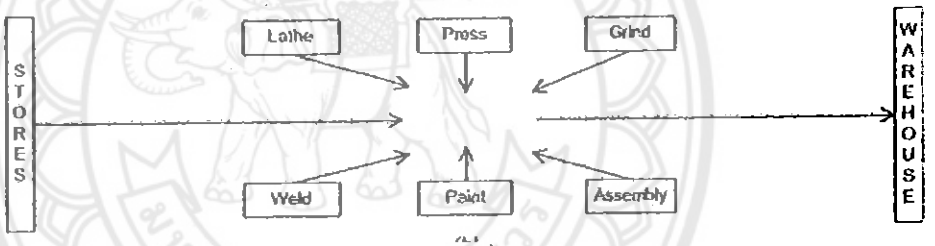
เป็นการวางผังตามลักษณะวัตถุดิบไหลผ่านสถานีงานไปเรื่อยๆ จนจบและได้ผลิตภัณฑ์ออกมา การไหลแบบนี้มีข้อดีคือ ปริมาณการผลิตที่ได้จะมีปริมาณมาก (Mass Production) แต่จะได้ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ต่ำ เช่น การผลิตน้ำอัดลม การผลิตอาหารกระป๋อง สังเกตได้ว่าผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุปโภคบริโภคอยู่อย่างสม่ำเสมอ และมีการผลิตอยู่ตลอดเวลา โดยเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การวางผังการผลิตแบบตามผลิตภัณฑ์ (Production Line Layout)
ที่มา : Tompkins (2003)

2.1.2 การวางผังการผลิตแบบอยู่กับที่ (Fixed Product Layout)

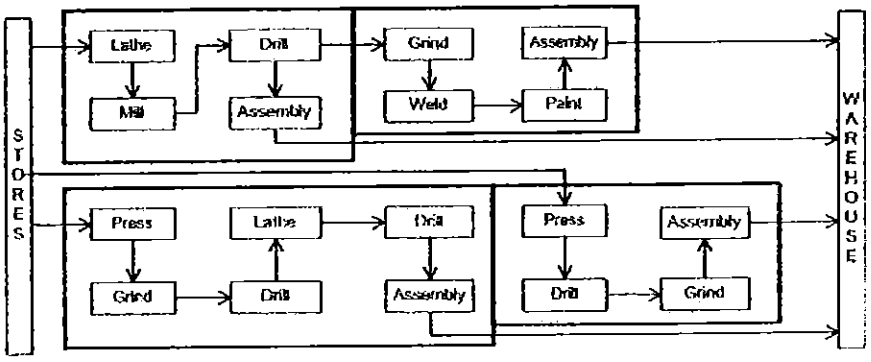
เป็นการวางผังการผลิตที่ไม่ต้องการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ หรือ ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ มีการผลิตในจำนวนที่น้อย เช่น เครื่องบิน การก่อสร้างประเภทอื่นๆ จะเป็นลักษณะที่นำชิ้นส่วนประกอบเครื่องจักร แรงงาน วัตถุดิบ กรรมวิธี พลังงาน เข้าไปสู่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ใช้เวลานานในการผลิต เช่นธุรกิจ ประกอบเครื่องบินขนาดใหญ่ อู่ต่อเรือ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การวางผังการผลิตแบบอยู่กับที่ (Fixed Product Layout)
ที่มา : Tompkins (2003)

2.1.3 การวางผังการผลิตแบบตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Production Family Layout)

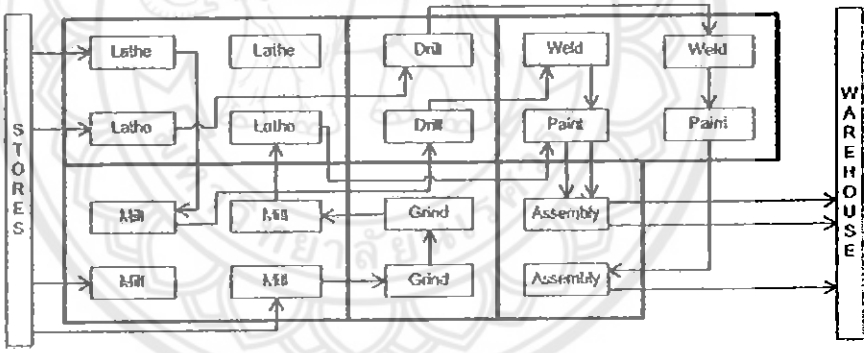
การผลิตแบบนี้จะเป็นเหมือนกับการสร้างโรงงานเล็กๆ หลายๆ โรงงาน อยู่ในโรงงานใหญ่โรงหนึ่ง เราอาจเรียกการวางผังโรงงานแบบนี้ว่า เทคโนโลยีการแบ่งกลุ่ม (Group Technology Layout) หรือกระบวนการการผลิตแบบกลุ่ม (Manufacturing Cell) เป็นการอาศัยกลุ่มชิ้นงานย่อยๆออกมาจากผลิตภัณฑ์ นำมาช่วยในการจัดกลุ่มเครื่องจักรโดยจะมีการลำดับอุปกรณ์ และเครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานนั้นๆ แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การวางผังการผลิตแบบตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Production Family Layout)
ที่มา : Tompkins (2003)

2.1.4 การวางผังการผลิตแบบตามกระบวนการ (Process Layout)

เป็นการผลิตตามงาน (Job Shop) เช่น โรงงานในการขึ้นรูป-กลึง-กัด-ไส-ตัด-เจาะ-เชื่อม จะมีการแยกแผนกอย่างชัดเจน โดยหลักการคือ จะแบ่งเครื่องมือประเภทเดียวกันไว้ในกลุ่มเดียวกันตัวอย่างที่เห็นได้ชัด เช่น โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งการวางผังแบบนี้เหมาะกับการผลิตที่หลากหลายในปริมาณที่ไม่มาก ขนาดของผลิตภัณฑ์ที่มีความไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่ในโรงงาน แสดงดังรูปที่ 2.4

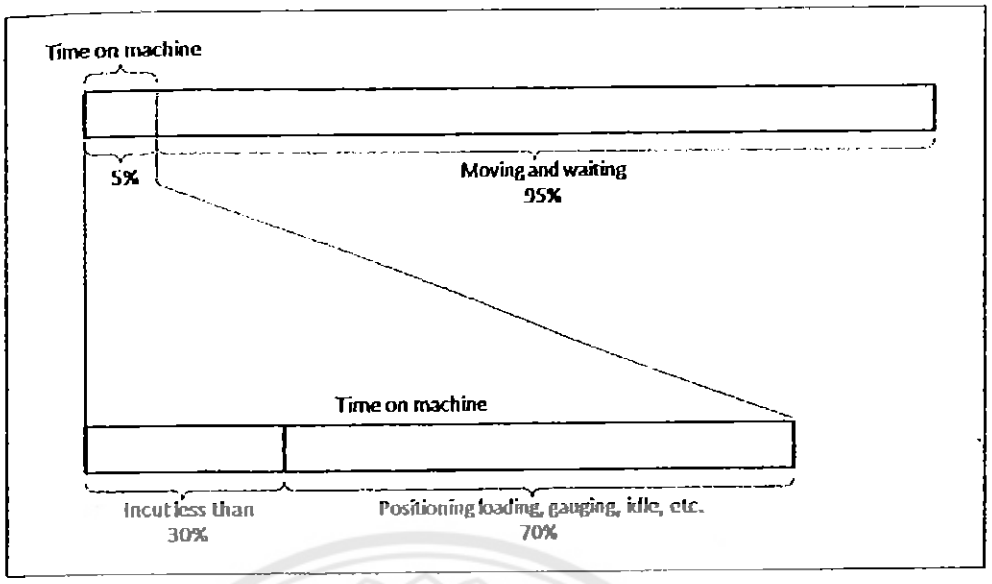


รูปที่ 2.4 การวางผังการผลิตแบบตามกระบวนการ (Process Layout)
ที่มา : Tompkins (2003)

2.2 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS)

ในการศึกษาการผลิตแบบชุดในส่วนของการตัดโลหะ แสดงดังรูปที่ 2.5 Tompkins (2003) ได้นำเสนอว่า เฉลี่ยงานชิ้นหนึ่งมีเพียงร้อยละ 5 เท่านั้นเป็นเวลาที่ชิ้นงาน อยู่บนเครื่องจักรซึ่งเวลาในกระบวนการทำงานมีน้อยกว่าร้อยละ 30 ของเวลาที่ชิ้นงานอยู่บนเครื่องจักร ยิ่งไปกว่านั้นอีกร้อยละ 70 ของเวลาที่ชิ้นงานอยู่บนเครื่องจักรยัง เป็นการโหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักรอีก

ส่วนอีกร้อยละ 95 ที่เหลือเป็นเคลื่อนที่และการรอคอย ซึ่งเป็นสิ่งที่ถกเถียงกันว่า ที่เครื่องจักรไม่ได้มีการทำงานนั้น มีตัวเชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรคือ ระบบการขนถ่ายวัสดุ การควบคุมระบบด้วยคอมพิวเตอร์ และการดำเนินงาน (Operation) ดังนั้น ระบบระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น จึงได้ถูกนำเสนอขึ้นมา



รูปที่ 2.5 สัดส่วนของงานในระบบหลังจากเริ่มออกมาสู่ พื้นที่ทำงาน
ที่มา : Tompkins (2003)

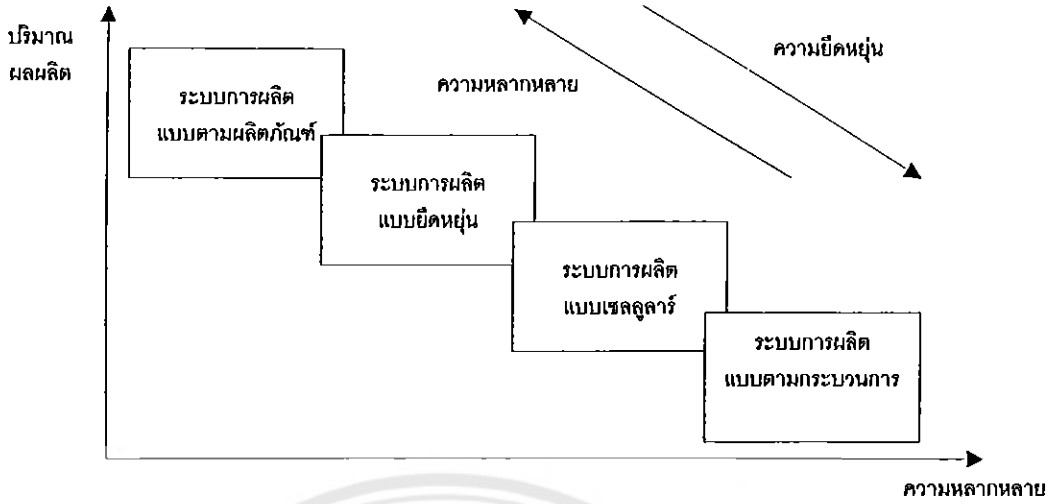
2.3 ความหมายของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นคือ การนำเอาระบบ MHS เช่น AGV เข้ามาช่วยในการเคลื่อนย้ายวัสดุชิ้นจะนำมาเชื่อมต่อ และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นศูนย์กลาง ทำให้เครื่องจักรทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตามเงื่อนไขความแตกต่างของการผลิตโดยที่ลำดับงานนั้นจะถูกสั่งงานด้วยคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่งเพื่อให้เกิดความสมดุลในการเคลื่อนที่ของทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดระบบจึงต้องสามารถปรับปรุงระบบอัตโนมัติตามการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์

โดยทั่วไปแล้วระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์ และซอฟแวร์ ฮาร์ดแวร์ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นสิ่งที่สามารถจับต้องได้ เช่น รถ AGV เครื่องจักรเอ็นซี ส่วนซอฟแวร์ได้แก่ โปรแกรมต่างๆที่ป้อนเข้าไปในระบบ ไม่สามารถจับต้องได้ เช่น ซอฟแวร์สำหรับควบคุมเส้นทางการเดินของรถ AGV

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นอาจเป็น หรือไม่เป็นคำตอบที่ต้องการ สำหรับการผลิตสินค้าประเภทหนึ่งๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า โจทย์ความต้องการทางด้านการผลิตของบริษัทนั้นๆ มากน้อยเพียงใด

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะเน้นหนักไปทางด้านความการผลิตชิ้นส่วนที่มีความหลากหลายที่มีความแตกต่างกันได้โดยระบบจะทำการผลิตชิ้นส่วนกลุ่มหนึ่ง ณ เวลาใดเวลาหนึ่งโดยจะไม่คำนึงถึงลำดับการผลิตชิ้นส่วนดังนั้นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะต้องนำความยืดหยุ่นที่มีอยู่อย่างหลากหลายมาทำให้เกิดการดัดแปลงตัวเองให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิต การเปลี่ยนแปลงในด้านวิศวกรรมออกแบบ การเปลี่ยนแปลงการผลิตแบบกะทันหัน โดยความยืดหยุ่นเหล่านี้เกิดขึ้นจากประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ และซอฟแวร์ที่ใช้เพื่อที่จะหาเกณฑ์ที่เหมาะสม และใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในเรื่องของทรัพยากรต่างๆ การวางแผนจัดทำการผลิต และเพื่อการตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่กำลังจะเกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดการณ์เอาไว้



รูปที่ 2.6 ขอบเขตการใช้งานของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น
ที่มา: ปารเมศ (2544)

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิต และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ ยิ่งมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มากเท่าไรจำนวนการผลิตจะลดลงเท่านั้น ซึ่งเป็นส่วนที่แปรผกผันโดยตรงในส่วนของ FMS ที่อยู่บริเวณตรงกลางนั้น คือ ปริมาณผลผลิตที่อยู่ในระดับปานกลางทั้งนี้ยังมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในระดับปานกลางอีกด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับระบบผลิตแบบอื่นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ยิ่งความยืดหยุ่นมากขึ้น ความสามารถในการผลิตสินค้าที่หลากหลายก็จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย

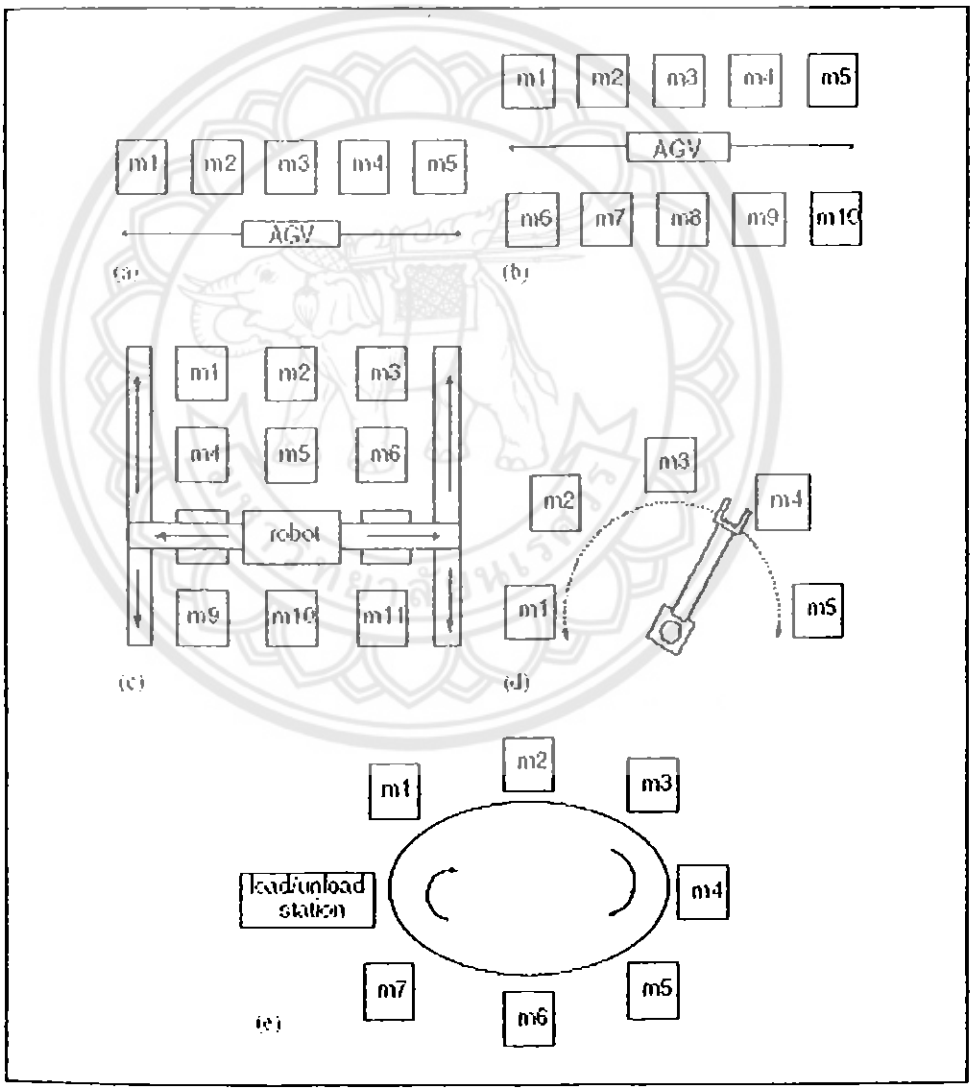
2.4 ระบบขนถ่ายวัสดุ (Material Handling System)

จากการสำรวจ Chiang and Kouvelis (2002) พบว่าค่าใช้จ่าย 30 – 70% นั่นมาจากการขนถ่ายวัสดุ และการวางผังโรงงาน ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะเป็นค่าใช้จ่ายที่มีอัตราส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งหมด ดังนั้นการขนถ่ายวัสดุจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบการผลิตถ้าหากพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่าย

ปารเมศ (2544) กล่าวว่าวัตถุประสงค์หลักของการขนถ่ายวัสดุคือ เพื่อที่จะย้ายวัตถุดิบจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง เพื่อที่จะขนย้ายงานระหว่างกระบวนการ (Work- In- Process: WIN) ไม่ว่าจะเป็น เครื่องมือ สินค้าสำเร็จรูป และสิ่งที่ต้องการ จากตำแหน่งหนึ่งไปสู่อีกตำแหน่งหนึ่ง เพื่อช่วยให้เกิดการบริหารจัดการระบบการผลิตอย่างสะดวก และมีประสิทธิภาพ

Solimanpur (2005) กล่าวว่าโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปได้นำอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ (Material Handling Device: MHD) เข้ามาใช้ในระบบการผลิตของโรงงาน ได้แก่ หุ่นยนต์ (Robot), ลิฟต์ (Elevator), สายพาน (Conveyor), หุ่นยนต์ติดโครงขาเคลื่อนที่เป็นแนว 3 มิติ และรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติเป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้เป็นตัวป้อน (Feed) วัตถุดิบให้กับเครื่องจักร หรือสถานีงานโดยอัตโนมัติ

Heragu (1987) ได้แสดงชนิดของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ ในระบบการผลิต ที่ใช้สำหรับรูปแบบของการจัดวางเครื่องจักร ซึ่งอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ ที่นำมาใช้โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบ และจัดวาง (Layout Configurations) แสดงดังรูปที่ 2.7(a) แสดงการใช้รถ AGV เคลื่อนย้ายชิ้นงานของการจัดวางเครื่องจักรในแนวเส้นตรงแบบแถวเดียว (Single Row Layout) ที่มีระนาบเครื่องจักรตรงกันตามแนวแกน X, ดังรูปที่ 2.7(b) แสดงการใช้รถ AGV เคลื่อนย้ายชิ้นงานของการจัดวางเครื่องจักรแบบสองแถว (Double Row Layout), ดังรูปที่ 2.7(c) แสดงการใช้ Gantry Robot ในการขนส่งชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรในการจัดวางแบบกลุ่ม (Cluster Layout) โดยที่พื้นที่ของโรงงานมีจำกัด, ดังรูปที่ 2.7(d) แสดงการใช้ Gantry Robot ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรแบบครึ่งวงกลม (Semi-circular) และดังรูปที่ 2.7(e) แสดงการใช้สายพานลำเลียงชิ้นงานให้เครื่องจักรในการจัดวางเครื่องจักรแบบวนปิด (Closed Unidirectional Loop Layout)



รูปที่ 2.7 รูปแบบของการจัดวางเครื่องจักรกับความแตกต่างของอุปกรณ์ขนย้ายวัตถุดิบในแต่ละรูปแบบ

ที่มา : Nearchou (2006)

2.5 วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization Algorithms)

วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (คณน, 2551) คือ

2.5.1 การหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีดั้งเดิม (Conventional Optimization Algorithms)

เป็นวิธีการที่อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ ในการหาคำตอบในการแก้ปัญหาที่คนรู้จักและใช้มานานแล้ว คำตอบที่ได้จึงถือว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุดแล้ว วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาที่มีขนาดเล็กเท่านั้นเนื่องจากข้อจำกัด และกฎเกณฑ์ในการหาคำตอบที่ตายตัวจนเกินไป (Enumerative search) หากนำวิธีการนี้ไปแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และซับซ้อนมากขึ้น จึงส่งผลให้ต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหาที่นานมากขึ้นเป็นทวีคูณ

2.5.2 การหาคำตอบแบบการประมาณ (Approximation Optimization Algorithms)

สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะปัญหาแบบ NP-Hard ซึ่งขณะที่ขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่นานเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว ดังนั้นจึงมีวิธีการหาคำตอบโดยอาศัยการประมาณเกิดขึ้น แต่ทั้งนี้คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด หรืออาจเป็นคำตอบที่ดีที่สุดก็ได้ แต่สามารถหาคำตอบได้โดยใช้เวลาสั้นกว่าวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีดั้งเดิม และการหาคำตอบแบบการประมาณสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

2.5.2.1 Constructive approaches เป็นการหาคำตอบโดยจะค่อยๆถูกสร้างจนได้คำตอบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

2.5.2.2 Iterative optimization approaches เป็นการหาคำตอบที่เลียนแบบพฤติกรรมธรรมชาติ ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ใหม่ เมื่อเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆตามที่ได้กล่าวมา และมีวิธีการอบอ่อนจำลอง เป็นแนวคิดโดยการอบอ่อนของโลหะ ซึ่งเป็นวิธีการที่งานวิจัยนี้ได้นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการวางผังโรงงานภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

2.6 วิธีการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing: SA)

ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร เป็นปัญหาที่ซับซ้อน และจำนวนความเป็นไปได้ของการหาระยะทางที่สั้นที่สุดของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติเพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหาในที่นี้คือ จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต และขนาดของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องทำการผลิต ส่งผลให้ต้องใช้เวลานานในการหาคำตอบ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจุบันมีวิธีการแก้ปัญหาหลายวิธี แต่ในโครงงานนี้ได้เลือกนำวิธีการอบอ่อนจำลองมาใช้ในการแก้ปัญหานี้

วิธีการอบอ่อนจำลอง เป็นวิธีการหาคำตอบแบบ ฮิวริสติก ที่สามารถหาคำตอบที่ใกล้เคียงหรือคำตอบที่ดีที่สุด แล้วคำตอบที่ได้จะขึ้นอยู่กับค่าเริ่มต้น (Initial solution) โดยใช้เวลาในการคำนวณไม่มากนัก

หลักการอบอ่อน เพื่อลดพลังงานให้อยู่ในสถานะที่เสถียรโดยเริ่มจากการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานที่อุณหภูมิสูงมาก จากนั้นก็ค่อยๆ ลดอุณหภูมิสูงมาก จากนั้นก็ค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆจนโครงสร้างของชิ้นงานจับตัวกันแน่นอีกครั้ง โดยเวลาที่ใช้สำหรับแต่ละอุณหภูมิของการอบอ่อนนั้น ต้องมีมากพอที่ทำให้ระบบเข้าสู่สถานะเสถียร หากการอบอ่อนไม่ได้เป็นไปด้วยอุณหภูมิ และระยะเวลาที่

กำหนด ก็จะทำให้เกิดการแปรแรวนของการจับตัวกันของโครงสร้างชิ้นงาน ทำให้ได้ชิ้นงานที่ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ได้

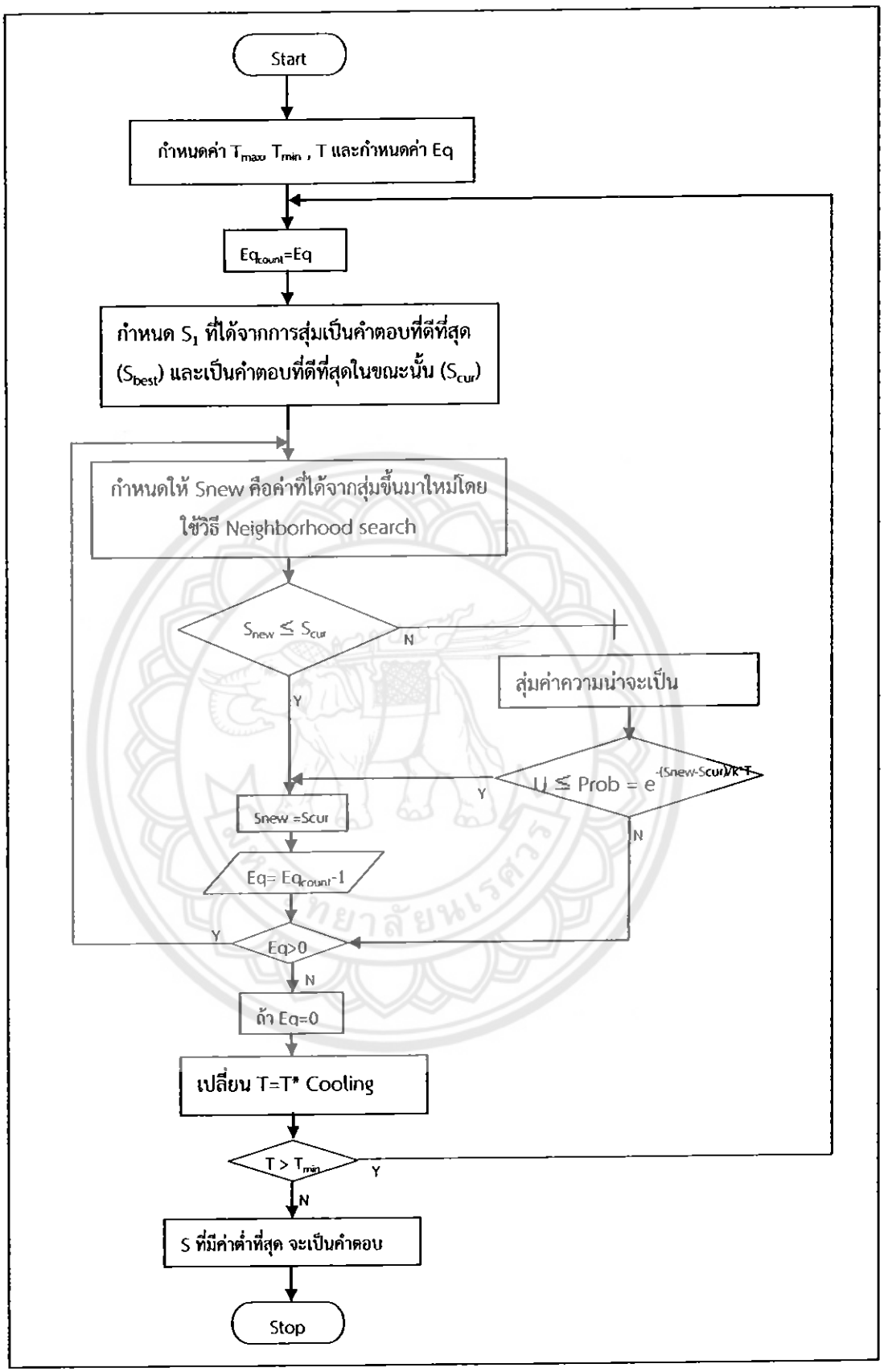
ฉะนั้น จะพบว่า มีส่วนสำคัญที่คล้ายกันระหว่างปัญหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Problem) และกระบวนการทำ annealing นั้น คือ ผลของคำตอบที่ตรงกันกับความต้องการให้เกิดการจัดเรียงโมเลกุลที่แข็งแรง

หลักการต่อมา คือ โอกาสในการยอมรับกับคำตอบที่ได้ หาได้จากการพิจารณาการจัดเรียงโมเลกุลของชิ้นงาน เราจะเปลี่ยนแปลงโดยสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ และหาปริมาณพลังงานที่ลดลง คือ กำหนดให้

S_1 = พลังงานที่เกิดจากการสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลครั้งแรก
S_{new} = พลังงานที่เกิดจากการสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลใหม่
S_{best} = พลังงานที่เกิดจากการสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลที่ดีที่สุด ที่ถูกเก็บไว้
S_{cur} = พลังงานที่เกิดจากการสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลที่ดีที่สุด ณ ขณะนั้น
T_{max} = อุณหภูมิเริ่มต้น
T_{min} = อุณหภูมิสุดท้าย
K = ค่าคงที่ ของโบลต์ซมันน์ (Boltzmann) =1.38E-23
Eq = จำนวนการค้นหาคำตอบในแต่ละระดับค่าอุณหภูมิ
Eq_{count} = ค่าจำนวนการค้นหา ที่เหลืออยู่ในระดับอุณหภูมิ
Cooling Rate = อัตราการเย็นตัว (0,1)

2.7 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิธีการอบอ่อนจำลอง

สามารถแสดงเป็น Flow chart ได้แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการอบอ่อนจำลอง
ที่มา: กัญญารัตน์และสายฝน (2550)

2.8 หลักการ และทฤษฎีของ Visual Basic for Application

ในปัจจุบันการแก้ไขปัญหาต้องการความรวดเร็วในการแก้ไข ซึ่งในการแก้ปัญหาของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น โดยหลักการของการอบอ่อนจำลอง ซึ่งมีลักษณะการทำงานที่วนซ้ำไปมาเป็นจำนวนรอบที่สูงมาก ดังนั้น VBA จึงเป็นภาษาที่ใช้ในการเลือกเขียนโปรแกรม เพราะเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่มีใช้โดยทั่วไปในเครื่องคอมพิวเตอร์แทบจะทุกเครื่องก็ว่าได้ มีการประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในงานวางแผน และบริหาร

จริงอยู่ที่ความสามารถของ Excel นั้นมีอยู่มากมาย แต่ทุกวันนี้ผู้ใช้ส่วนใหญ่ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ของโปรแกรมบางส่วนเท่านั้นเมื่อเทียบกับความสามารถที่มีอยู่ของโปรแกรมด้วยความที่ Excel เป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้งานส่วนใหญ่คุ้นเคยเป็นอย่างดี ถ้าหากสามารถพัฒนาขีดความสามารถของ Excel ให้สามารถตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้มากขึ้นแล้วก็จะทำให้เกิดประโยชน์ต่อด้านผู้พัฒนาโปรแกรมและผู้ใช้งาน เพราะว่า ผู้พัฒนาเองก็จะสะดวกในการพัฒนา ผู้ใช้งานคุ้นเคยเป็นอย่างดี แถมเจ้าของกิจการก็สบายกระเป๋าไม่ต้องจ่ายเงินก้อนโตเพื่อซื้อระบบฐานข้อมูลใหญ่ๆ

ในโครงงานนี้ได้นำเอา VBA มาใช้ในการสร้างฟังก์ชั่นบน Microsoft Excel โดยนำมาสร้างฟังก์ชั่นคำนวณหาระยะทางในการเคลื่อนที่ของ รถ AGV น้อยที่สุด โดยสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User From) เพื่อให้ผู้ใช้กรอก ข้อมูลที่ต้องการในการคำนวณ ซึ่งมีหลักการเชื่อมโยงข้อมูลในแผ่นงาน Excel มาใช้ในการคำนวณร่วมกับข้อมูลส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และสั่งให้แสดงผลการคำนวณหาค่าระหว่างเซลล์ที่น้อยที่สุดบน Excel

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 การกำหนดปัญหา และศึกษาปัญหาการวางผังโรงงาน

ในปัจจุบันปัญหาที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมมีความซับซ้อนมากมาย การกำหนดปัญหาให้ตรงกับเป้าหมายจึงมีความสำคัญมาก เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง การจัดตั้งปัญหาและศึกษาปัญหาของงานวิจัยนี้มีเป้าหมายโดยการวางผังโรงงานก็เพื่อต้องการหาระยะทางที่สั้นที่สุดของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติด้วยวิธีอบอ่อนจำลอง

ซึ่งปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นปัญหาที่ซับซ้อนและจำนวนความเป็นไปได้ของการหาระยะทางที่สั้นที่สุดของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ เพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหา ในที่นี้คือ จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต และขนาดของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องทำการผลิต ส่งผลให้ต้องใช้เวลานานในการหาคำตอบ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้จัดทำโครงงานนี้ เพื่อให้เข้าใจปัญหาของโครงงานนี้มากขึ้นจึงทำการยกตัวอย่างของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรดังต่อไปนี้

โรงงาน A มีข้อมูลของโรงงาน และเครื่องจักรดังนี้

3.1.1 กำหนดให้มีขนาดของโรงงานเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากโดยมีด้านกว้างของเนื้อที่โรงงาน (F_W) เท่ากับ 25 เมตร และด้านยาวของเนื้อที่โรงงาน (F_L) เท่ากับ 20 เมตร

3.1.2 ในระบบขนถ่ายวัสดุ จะใช้รถ AGV ขนถ่ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักร โดยบังคับให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่กำหนดให้โดยอัตโนมัติ โดย AGV นี้จะเดินทางในทิศทางที่เป็นเส้นตรง

3.1.3 ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร เท่ากับ 1 เมตร โดยช่องว่างระหว่างเครื่องจักร และช่องว่างของแต่ละแถวกำหนดให้มีขนาดเท่ากัน ซึ่งเว้นไว้ให้ AGV และเว้นไว้เป็นทางเดิน สำหรับการทำงานในโรงงาน

3.1.4 มีเครื่องจักรทั้งหมด 8 เครื่อง โดยข้อมูลของเครื่องจักรแต่ละเครื่องแสดงดังตารางที่ 3.1

3.1.5 มีการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูลของกระบวนการการผลิตแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของเครื่องจักรโรงงาน A

เครื่องจักร	ความยาว (L)	ความกว้าง (W)
1	3	4
2	4	4
3	3	3
4	3	5
5	5	4
6	2	5
7	5	6
8	6	7

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลกระบวนการการผลิตโรงงาน A

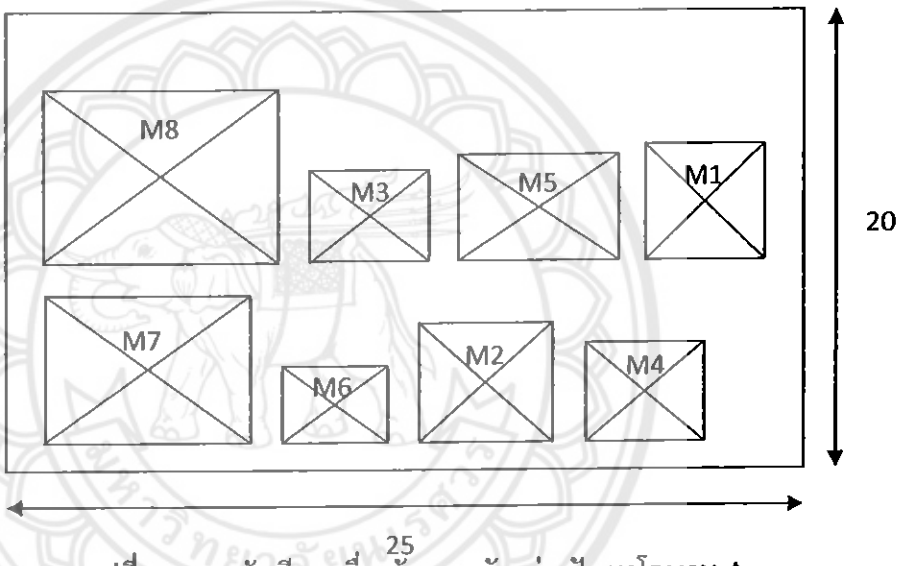
เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2	ผลิตภัณฑ์ 3
1			5
2	3	2	
3	6	4	3
4	4	3	
5		5	4
6	2		1
7	1	1	
8	5		2
ปริมาณการผลิต	30	20	20

จากตารางที่ 3.2 ข้อมูลในตาราง คือลำดับขั้นตอนการผลิตที่ผ่านเครื่องจักร**ตัวใดก่อนหลังของแต่ละ**ผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต คือ

ผลิตภัณฑ์ที่ 1	ขั้นตอนที่ 1	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 7
	ขั้นตอนที่ 2	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 6
	ขั้นตอนที่ 3	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 2
	ขั้นตอนที่ 4	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 4
	ขั้นตอนที่ 5	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 8
	และ ขั้นตอนที่ 6	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 3
ผลิตภัณฑ์ที่ 2	ขั้นตอนที่ 1	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 7
	ขั้นตอนที่ 2	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 2
	ขั้นตอนที่ 3	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 4
	ขั้นตอนที่ 4	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 3
	และ ขั้นตอนที่ 5	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 5
ผลิตภัณฑ์ที่ 3	**ขั้นตอนที่ 1**	**ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 6**
	ขั้นตอนที่ 2	**ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 8**
	ขั้นตอนที่ 3	**ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 3**
	ขั้นตอนที่ 4	**ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 5**
	และ ขั้นตอนที่ 5	**ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 1**

จากปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรของโรงงาน A ข้างต้น สมมุติให้สามารถแก้ปัญหา และสามารถจัดเรียงเครื่องจักรได้แสดงดังรูปที่ 3.1

เครื่องจักรที่ 1 ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 8
เครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 3
เครื่องจักรที่ 3 ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 6
เครื่องจักรที่ 4 ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 4
เครื่องจักรที่ 5 ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 7
เครื่องจักรที่ 6 ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 2
เครื่องจักรที่ 7 ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 1
เครื่องจักรที่ 8 ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 5



รูปที่ 3.1 การจัดเรียงเครื่องจักรของตัวอย่างปัญหาโรงงาน A

จากการจัดเรียงเครื่องจักรข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณหาค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยมีการพิจารณาถึงระยะทางการเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุดด้วย จะได้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ ของรถ AGV ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่ 1

ระยะทางการเคลื่อนที่ต่อผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย เท่ากับ 78.5 เมตร โดยคิดจาก
ระยะทางจากเครื่องจักร 7 ไปยัง เครื่องจักร 6 เท่ากับ 11 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 6 ไปยัง เครื่องจักร 2 เท่ากับ 9.5 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 2 ไปยัง เครื่องจักร 4 เท่ากับ 10 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 4 ไปยัง เครื่องจักร 8 เท่ากับ 36.5 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 8 ไปยัง เครื่องจักร 3 เท่ากับ 11.5 เมตร

ผลิตภัณฑ์ที่ 2

ระยะทางการเคลื่อนที่ต่อผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยเท่ากับ 64.0 เมตร โดยคิดจาก
ระยะทางจากเครื่องจักร 7 ไปยัง เครื่องจักร 2 เท่ากับ 17.5 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 2 ไปยัง เครื่องจักร 4 เท่ากับ 10 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 4 ไปยัง เครื่องจักร 3 เท่ากับ 27 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 3 ไปยัง เครื่องจักร 5 เท่ากับ 9.5 เมตร

และ ผลิตภัณฑ์ที่ 3

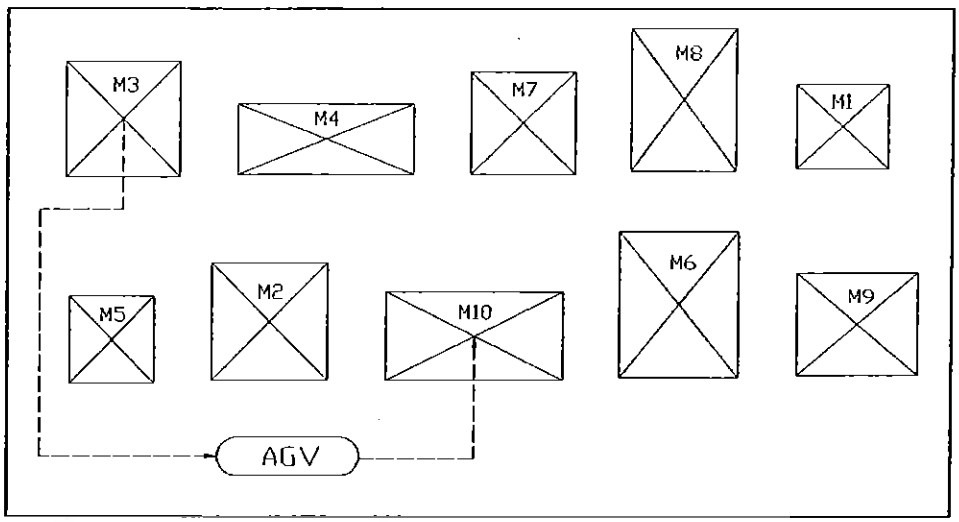
ระยะทางการเคลื่อนที่ต่อผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย เท่ากับ 56.0 เมตร โดยคิดจาก
ระยะทางจากเครื่องจักร 6 ไปยัง เครื่องจักร 8 เท่ากับ 25 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 8 ไปยัง เครื่องจักร 3 เท่ากับ 11.5 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 3 ไปยัง เครื่องจักร 5 เท่ากับ 9.5 เมตร
ระยะทางจากเครื่องจักร 5 ไปยัง เครื่องจักร 1 เท่ากับ 10 เมตร

เมื่อนำมาคูณกับปริมาณการผลิต โดยที่ Lot Size มีค่าเท่ากับ 1 จึงทำให้จำนวนครั้งของการขนถ่ายรถ AGV ในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าเท่ากับปริมาณการผลิต จะทำให้ได้ค่าระยะทางรวมของการเคลื่อนที่ของรถ AGV ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดของโรงงาน A จะเป็น (78.5x30) + (64.0x20) + (56.0x20) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4755 เมตร ซึ่งค่าคำตอบที่ได้นี้อาจจะยังไม่ใช่ค่าที่น้อยที่สุดหรือค่าเหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงต้องมีการจัดเรียงเครื่องจักรใหม่โดยมีการโยกย้ายตำแหน่งของเครื่องจักร ถ้าหากไม่มีการจัดตำแหน่งเครื่องจักรที่แน่นอนแล้ว จะส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการทำให้เกิดปัญหายุ่งยากตามมา ซึ่งการที่จะทำให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีการจัดเรียงเครื่องจักรที่ดี มีความยืดหยุ่นในการผลิต และมีระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่น้อยที่สุดด้วย

3.2 ข้อมูลสำหรับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.2.1 ลักษณะรูปแบบการจัดวางเครื่องจักร

ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ว่ารูปแบบการจัดวางผังเครื่องจักรมีมากมายหลากหลายรูปแบบ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (Multiple Rows Layout) แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยในระบบการขนถ่ายวัสดุ จะใช้รถ AGV ขนถ่ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรโดยบังคับให้เคลื่อนที่ตามทิศทางที่กำหนดโดยอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 การจักเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (Multiple Rows Layout)
ที่มา : พัชราภรณ์ (2550)

3.2.2 ลักษณะของพื้นที่โรงงาน

ในส่วนของขนาดหรือพื้นที่โรงงาน กำหนดให้มีรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้

ด้านยาวของพื้นที่โรงงาน แทนด้วย F_L

ด้านกว้างของพื้นที่โรงงาน แทนด้วย F_W

และช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(Gap) แทนด้วย G

โดยมีการกำหนดให้ความกว้างของแต่ละแถว (R_i) เท่ากับความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวนั้นๆ เพื่อเป็นตัวช่วยกำหนดตำแหน่งของเครื่องจักรในแถวต่อๆ ไป เมื่อ i เป็นจำนวนแถวที่มีการจัดเรียงเครื่องจักร (i=1, 2, 3, ..., n)

โดยมีการกำหนดให้ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร และช่องว่างของแต่ละแถว มีขนาดเท่ากัน รวมถึงระยะห่างจากขอบผนังของอาคารโรงงาน ซึ่งเว้นไว้ให้รถ AGV และเป็นทางเดินสำหรับทำงานในโรงงาน ซึ่งทั้งหมดมีหน่วยเป็นเมตร

3.2.3 สมมติฐานในการเคลื่อนที่ของรถ AGV

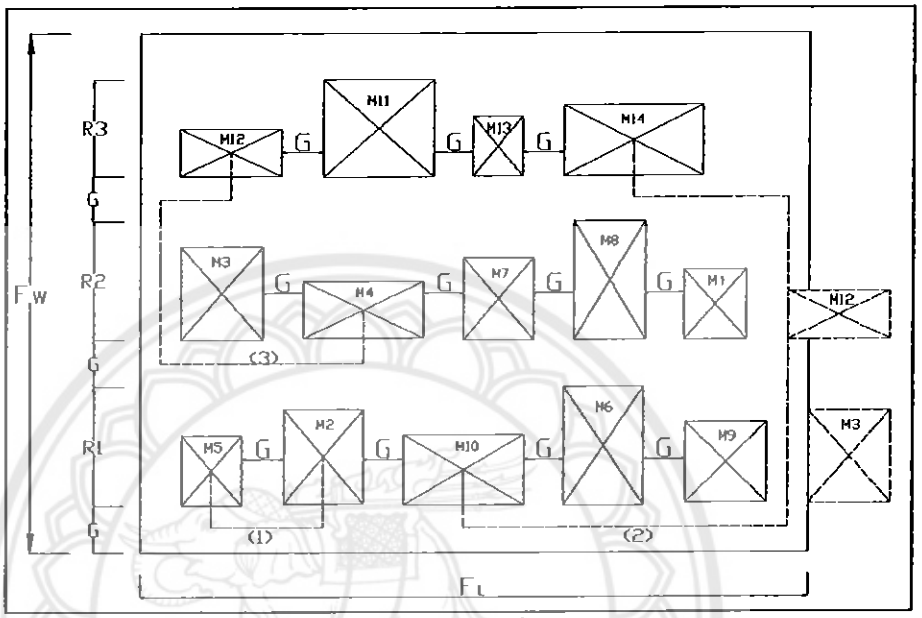
3.2.3.1 รถ AGV จะเดินทางเป็นเส้นตรง จากซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้าย และจากบนลงล่างหรือล่างขึ้นบน

3.2.3.2 รถ AGV สามารถเข้า-ออกเครื่องจักรทุกเครื่อง ได้ทางเดียว คือทางด้านหน้าของเครื่องจักรและเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะมีจุดปฏิบัติงานอยู่ตรงกึ่งกลางของเครื่องจักร

3.2.3.3 ในกรณี ที่การจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว แสดงดังรูปที่ 3.3 การเดินทางของ AGV จะเดินทางโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี

ก. กรณีที่ 1 เดินทางในแถวเดียวกันโดยรถ AGV จะออกจากทางด้านล่างของเครื่องจักรต้นทาง แล้วเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างที่กำหนดไว้ แล้วเลื่อนซ้ายหรือขวาไปหาเครื่องจักรปลายทาง และเข้าหาทางด้านล่างของเครื่องจักรปลายทาง ตามเส้นทางที่ (1) แสดดังรูปที่ 3.2

ข. กรณีที่ 2 คือ เดินทางระหว่างแถว จากแถวล่างขึ้นไปแถวบน ตามเส้นทางที่ (2) แสดงดังรูปที่ 3.3 และจากแถวบนลงแถวล่าง ตามเส้นทางที่ (3) แสดงดังรูปที่ 3.3 โดยรถ AGV จะออกจากทางด้านล่างของเครื่องจักรต้นทาง แล้วเคลื่อนที่ทางด้านขวาสุด หรือด้านซ้ายสุดของแถว ซึ่งการเลือกเส้นทางว่าจะไปทางด้านซ้าย หรือทางด้านขวานั้น จะเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยมีช่องว่าง G เพื่อให้รถ AGV เดินทางขึ้นหรือลงไปยังแถวของเครื่องจักรปลายทาง



รูปที่ 3.3 การเดินทางของ AGV ระหว่างเครื่องจักร (1) การเดินทางแถวเดียวกัน (2) การเดินทางจากแถวล่างขึ้นแถวบน (3) การเดินทางจากแถวบนลงแถวล่าง

ที่มา : พัชราภรณ์ (2550)

3.2.4 สมมติฐานของเครื่องจักร

ในงานวิจัยครั้งนี้ เครื่องจักรทุกเครื่องจะมีรูปทรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งขนาดของเครื่องจักรนั้นประกอบด้วย ความกว้าง (Width:W_i) และความยาว (Length:L_i) ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร โดยเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะมีจุดปฏิบัติงาน อยู่ตรงจุดกึ่งกลาง (Centroid) ของเครื่องเท่านั้น

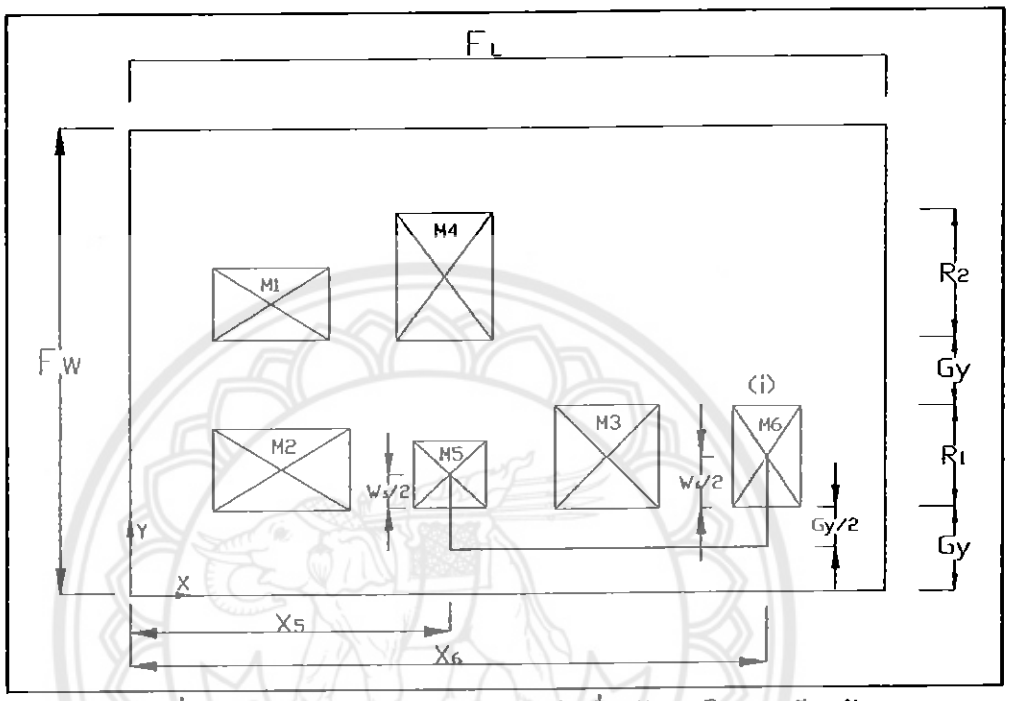
3.2.5 การคิดระยะทางการเคลื่อนที่

3.2.5.1 กรณีเครื่องจักรอยู่ในแถวเดียวกัน

เมื่อรถ AGV เคลื่อนที่จากเครื่องจักร i ไปเครื่องจักร j ที่อยู่ในแถวเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 3.4 ดังนั้นการคิดระยะทางตามสมการที่ 3.1

$$D_{ij} = |X_j - X_i| + G_y + \left(\frac{W_i}{2} + \frac{W_j}{2}\right) \qquad (3.1)$$

X_i คือระยะพิกัดในแนวแกน X ณ จุด Centroid ของเครื่องจักร i
X_j คือระยะพิกัดในแนวแกน X ณ จุด Centroid ของเครื่องจักร j
G_y คือช่องว่างระหว่างเครื่องจักรในแนวแกน y
W_i คือความกว้างของเครื่องจักร i
W_j คือความกว้างของเครื่องจักร j



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการคิดระยะทางกรณีเครื่องจักรอยู่ในแถวเดียวกัน

3.2.5.2 กรณีเครื่องจักรอยู่ต่างแถวกัน

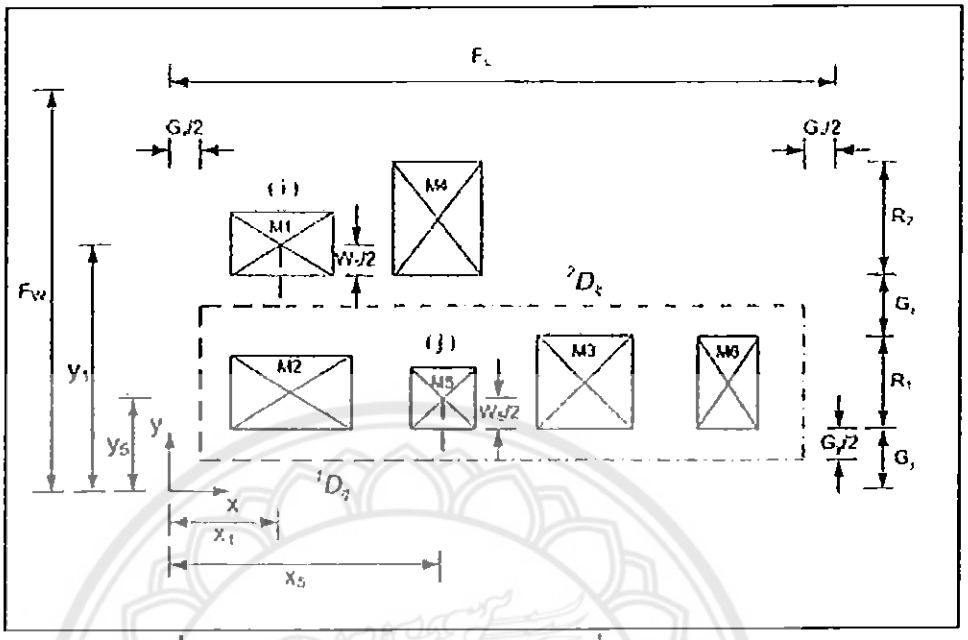
เมื่อรถ AGV เคลื่อนที่จากเครื่องจักร i ไปเครื่องจักร j ที่อยู่ต่างแถวกัน แสดงดังรูปที่ 3.5 ดังนั้นการคิดระยะทางจะมีด้วยกัน 2 เส้นทาง คือเส้นทางที่เดินทางในเส้นประซ้าย (LD_{ij}) คำนวณได้จากสมการที่ 3.2 และเส้นทางที่เดินทางในเส้นประขวา (RD_{ij}) คำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$LD_{ij} = (X_i + X_j) - G_x + \left|Y_i - Y_j - 2G_y - \frac{W_i}{2} - \frac{W_j}{2}\right| + \left(\frac{W_i}{2} + \frac{W_j}{2} + G_y\right) \quad (3.2)$$

$$RD_{ij} = (F_L - X_i) + (F_L - X_j) - G_x + \left|Y_i - Y_j - 2G_y - \frac{W_i}{2} - \frac{W_j}{2}\right| + \left(\frac{W_i}{2} + \frac{W_j}{2} + G_y\right) \quad (3.3)$$

X_i คือระยะพิกัดในแนวแกน X ณ จุด Centroid ของเครื่องจักร i
X_j คือระยะพิกัดในแนวแกน X ณ จุด Centroid ของเครื่องจักร j
Y_i คือระยะพิกัดในแนวแกน Y ณ จุด Centroid ของเครื่องจักร i
Y_j คือระยะพิกัดในแนวแกน Y ณ จุด Centroid ของเครื่องจักร j
F_L คือความยาวของผนังโรงงาน
W_i คือความกว้างของเครื่องจักร i
W_j คือความกว้างของเครื่องจักร j

G_x คือช่องว่างระหว่างเครื่องจักรในแนวแกน x
G_y คือช่องว่างระหว่างเครื่องจักรในแนวแกน y



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการคิดระยะทางกรณีเครื่องจักรอยู่ต่างแถวกัน

ในกรณีที่ G_x และ G_y มีขนาดช่องว่างระหว่างเครื่องจักรเท่ากัน จะได้สมการคำนวณระยะทางเส้นทางที่เดินทางในเส้นประซ้าย (LD_{ij}) คำนวณได้จากสมการที่ 3.4 และเส้นทางที่เดินทางในเส้นประขวา (RD_{ij}) คำนวณได้จากสมการที่ 3.5 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ G_x และ G_y มีขนาดช่องว่างระหว่างเครื่องจักรเท่ากัน

$$\mathrm{LD_{ij}} = (X_i + X_j) - 2G + |Y_i - Y_j| \tag{3.4}$$

$$\mathrm{RD_{ij}} = (F_L - X_i) + (F_L - X_j) - 2G + |Y_i - Y_j| \tag{3.5}$$

จากการคำนวณระยะทางทั้ง 2 เส้นทาง คือระยะทางในเส้นประซ้าย (LD_{ij}) และเส้นทางที่เดินทางในเส้นประขวา (RD_{ij}) แล้วเส้นทางใดมีระยะทางสั้นที่สุด จะถูกพิจารณาเลือกเส้นทางนั้น ดังสมการที่ 3.6

$$\mathrm{D_{ij}} = \min(\mathrm{LD_{ij}}, \mathrm{RD_{ij}}) \tag{3.6}$$

3.3 ออกแบบวิธีการอบอ่อนจำลองโดยเขียนโปรแกรมแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ด้วยภาษา Visual Basic for Applications บนโปรแกรมMicrosoft Excel

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง แล้วนำไปเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา Visual Basic for Applications บนโปรแกรม Microsoft Excel

การดำเนินการออกแบบแบบจำลองนี้ จะมีกระบวนการหลักอยู่ 4 กระบวนการ คือการหาคำตอบแรกที่ได้จากการสุ่ม กระบวนการจัดเรียงเครื่องจักร การหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิม (Neighborhood search) และกระบวนการอบอ่อนจำลองทั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิม ทั้งหมด 3 แบบ ที่มีความแตกต่างกันออกไป ดังนี้

3.3.1 วิธีการหาคำตอบใหม่แบบสลับ

3.3.2 วิธีการหาคำตอบใหม่แบบเลื่อน

3.3.3 วิธีการหาคำตอบใหม่แบบหลักคงที่

ซึ่งในการหาคำตอบใหม่โดยใช้หลักการต่างๆข้างต้น สามารถอธิบายได้โดยใช้ตัวอย่างดังต่อไปนี้

โรงงาน B มีข้อมูลของโรงงาน และเครื่องจักรดังนี้

ก. กำหนดให้มีขนาดของโรงงานเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากโดยมีด้านกว้างของเนื้อที่โรงงาน (F_W) เท่ากับ 10 เมตร และด้านยาวของเนื้อที่โรงงาน (F_L) เท่ากับ 10 เมตร

ข. ในระบบขนถ่ายวัสดุ จะใช้รถ AGV ขนถ่ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักร โดยบังคับให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่กำหนดให้โดยอัตโนมัติ โดย AGV นี้จะเดินทางในทิศทางที่เป็นเส้นตรง

ค. ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร เท่ากับ 1 เมตร โดยช่องว่างระหว่างเครื่องจักร และช่องว่างของแต่ละแถวกำหนดให้มีขนาดเท่ากัน ซึ่งเว้นไว้ให้ AGV และเว้นไว้เป็นทางเดินสำหรับการทำงานในโรงงาน

ง. มีเครื่องจักรทั้งหมด 5 เครื่อง โดยข้อมูลของเครื่องจักรแต่ละเครื่องแสดงดังตารางที่ 3.3

จ. มีการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูลของกระบวนการการผลิตแสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลของเครื่องจักรโรงงาน B

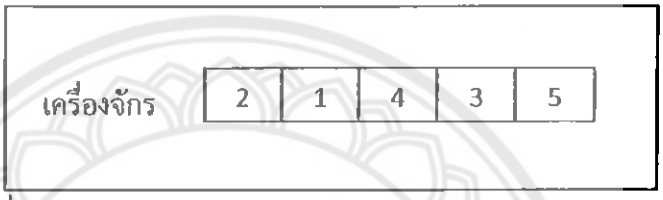
เครื่องจักร	ความยาว (L)	ความกว้าง (W)
1	4	2
2	3	2
3	4	3
4	3	3
5	2	1

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลกระบวนการการผลิตโรงงาน B

เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2
1	1	4
2	4	2
3	2	
4		1
5	3	3

3.3.1 การหาคำตอบแรกที่ได้จากการสุ่ม

ในขั้นตอนแรกจะทำการสุ่มหาคำตอบ ที่จะเป็นคำตอบแรกออกมา แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการสุ่มคำตอบแรกในกระบวนการอบอ่อนจำลอง

จากตัวอย่างนี้ มีเครื่องจักร 5 เครื่อง จะเห็นว่าคำตอบที่ได้จากการสุ่มคำตอบแรก คือ

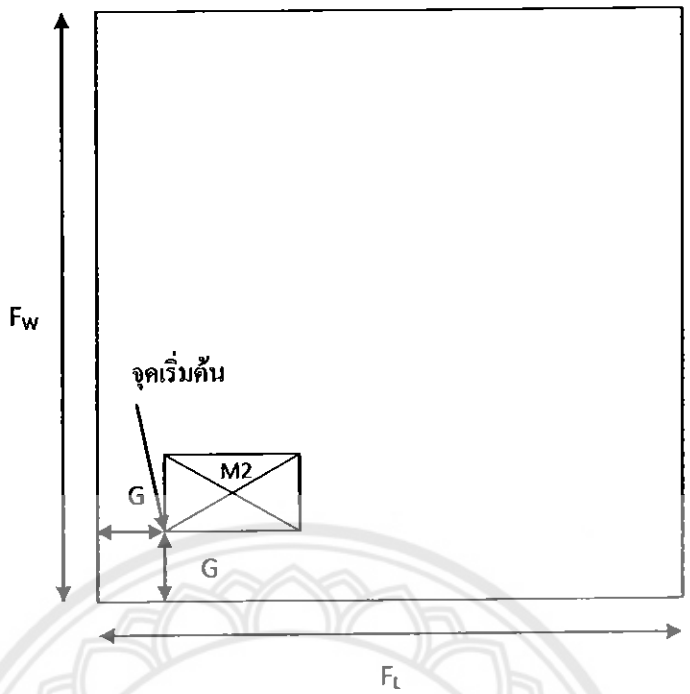
ตำแหน่งที่ 1 ถูกวางด้วยเครื่องจักรที่ 2
ตำแหน่งที่ 2 ถูกวางด้วยเครื่องจักรที่ 1
ตำแหน่งที่ 3 ถูกวางด้วยเครื่องจักรที่ 4
ตำแหน่งที่ 4 ถูกวางด้วยเครื่องจักรที่ 3
ตำแหน่งที่ 5 ถูกวางด้วยเครื่องจักรที่ 5

3.3.2 กระบวนการจัดเรียงเครื่องจักร

กระบวนการจัดเรียงเครื่องจักรมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.2.1 เริ่มจากกำหนดระยะพิกัดของจุดเริ่มต้น ในการจัดเรียงเครื่องจักรเครื่องแรก ตามคำตอบแรกที่ได้จากการสุ่มแสดงดังรูปที่ 3.6 โดยเว้นระยะห่างจากขอบของพื้นที่จัดเรียงกับขอบของเครื่องจักรแรกเท่ากับระยะระยะห่าง (G) ที่ได้กำหนด แสดงดังรูปที่ 3.7

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



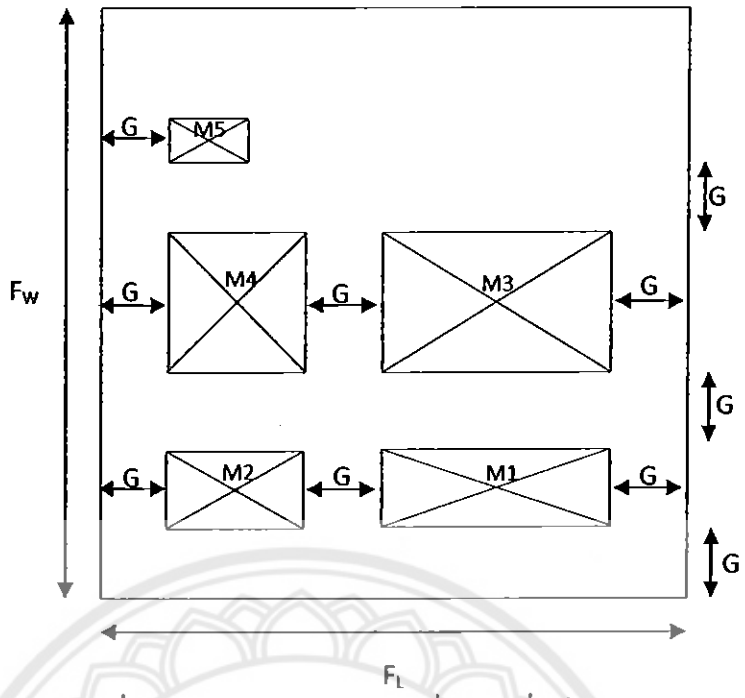
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการจัดเรียงเครื่องจักรแรกในตำแหน่งแรก

3.3.2.2 จากนั้น นำเครื่องจักรเครื่องที่ 2 มาวางต่อกับเครื่องจักรแรก โดยจะเว้นระยะห่าง (G) ตามที่ได้กำหนด จากขอบของเครื่องจักรแรก และขอบของพื้นที่จัดเรียงในแนวแกน x และ y ตามลำดับ จะทำขั้นตอนนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเครื่องจักรเรียงเสร็จสมบูรณ์ แต่ถ้าความยาว (F_L) ของพื้นที่จัดเรียงไม่เพียงพอ จะทำการนำเครื่องจักรที่เกินความยาวของพื้นที่จัดเรียง ไปเรียงในแถวใหม่

3.3.2.3 เมื่อมีการจัดเรียงเครื่องจักรในแถวใหม่ จะทำการจัดเรียงคล้ายกับจัดเรียงในแถวแรก จะต่างกันที่พิกัดในแนวแกน y ของเครื่องจักรที่นำมาวางใหม่นั้น จะมีช่องระยะห่าง (G) จากขอบของเครื่องจักรที่มีความกว้างมากที่สุดหรืออาจจะเรียกได้ว่าเป็นความกว้างของแถว (R_i) เมื่อ i คือจำนวนแถวในการจัดเรียง สำหรับพิกัดในแกน x ยังคงเหมือนเดิมกับการจัดเรียงในแถวแรก

3.3.2.4 จากนั้นจะวนไปทำตามขั้นตอนที่ 3.3.2.2 ใหม่ จนเครื่องจักรในคำตอบถูกจัดเรียงจนเสร็จสมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 3.8

15518945
ม.ร.
ว524ก
2553

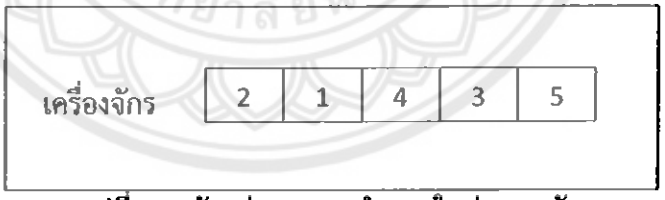


รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการจัดเรียงเครื่องจักรที่เสร็จสมบูรณ์

3.3.3 การหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิม (Neighborhood Search)

3.3.3.1 วิธีการหาคำตอบใหม่แบบสลับ

ในการหาคำตอบใหม่แบบสลับนั้น จะเป็นการสุ่มตำแหน่งขึ้นมา แล้วนำตำแหน่งที่สุ่มได้นั้น ไปสลับกับทุกตำแหน่งยกเว้นตำแหน่งของตัวมันเอง ดังเช่นตัวอย่างเดิม จะสามารถหาคำตอบใหม่ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่แบบสลับ

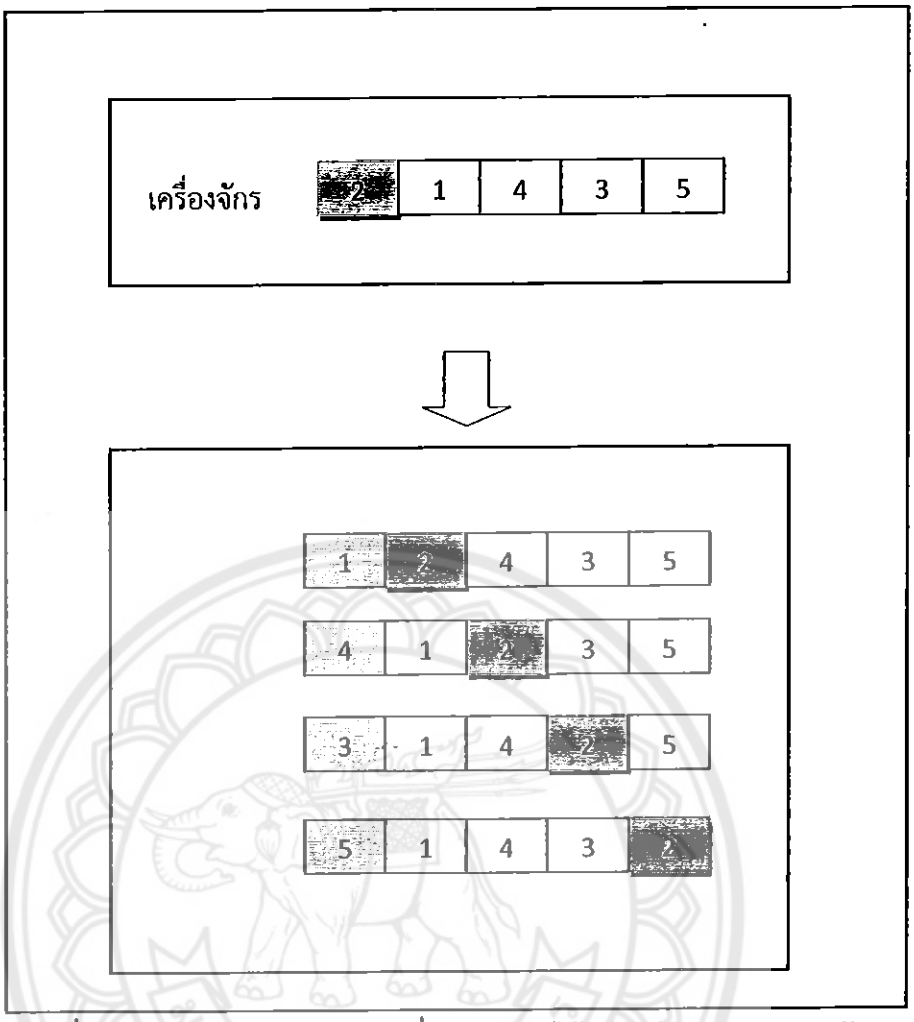
สามารถหาคำตอบใหม่ (X_{new}) ได้ทั้งหมด n-1 คำตอบ

โดยที่ n = จำนวนเครื่องจักร

ดังนั้น จากตัวอย่างนี้ จะสามารถหา X_{new} ได้ทั้งหมด 4 คำตอบ ซึ่งสามารถพิจารณาตำแหน่งการสุ่มออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ก. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรก

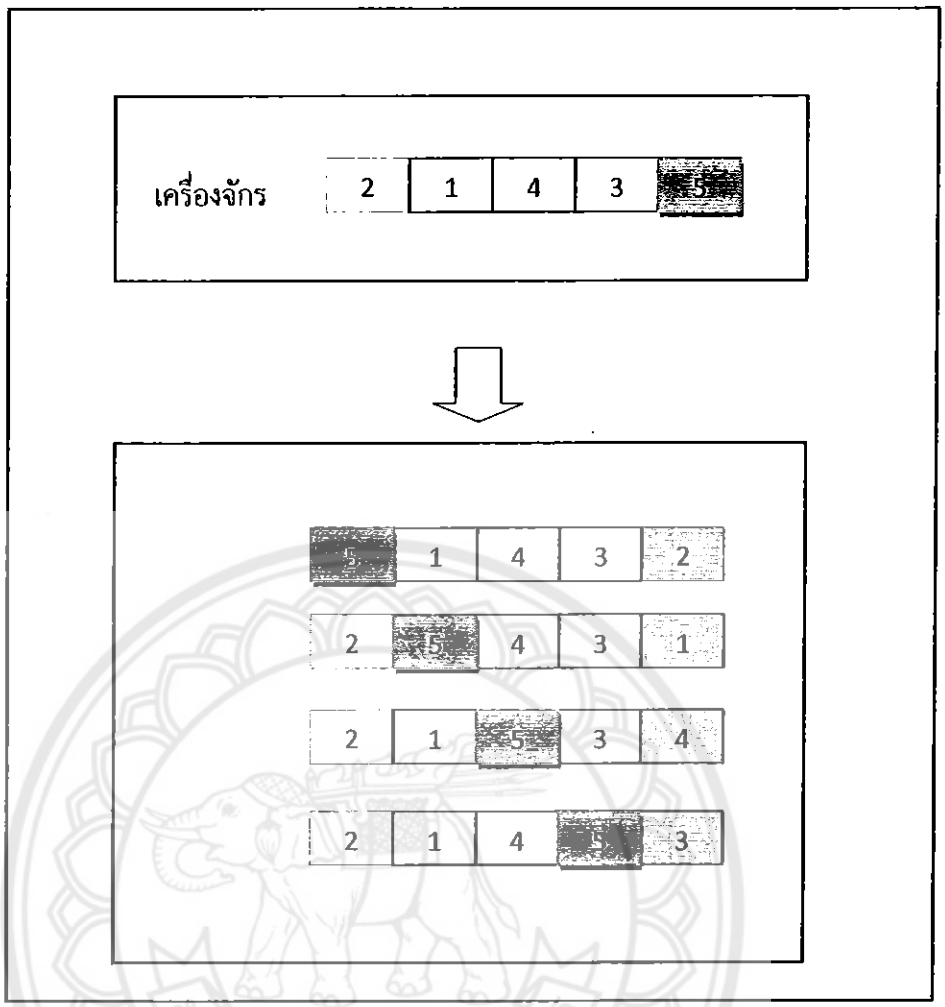
ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรกนั้น จากตัวอย่างเดิม จะสามารถนำตำแหน่งแรกไปสลับได้อีก 4 ตำแหน่ง ไปทางขวามือ แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรกของแบบสลับ

ข. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย

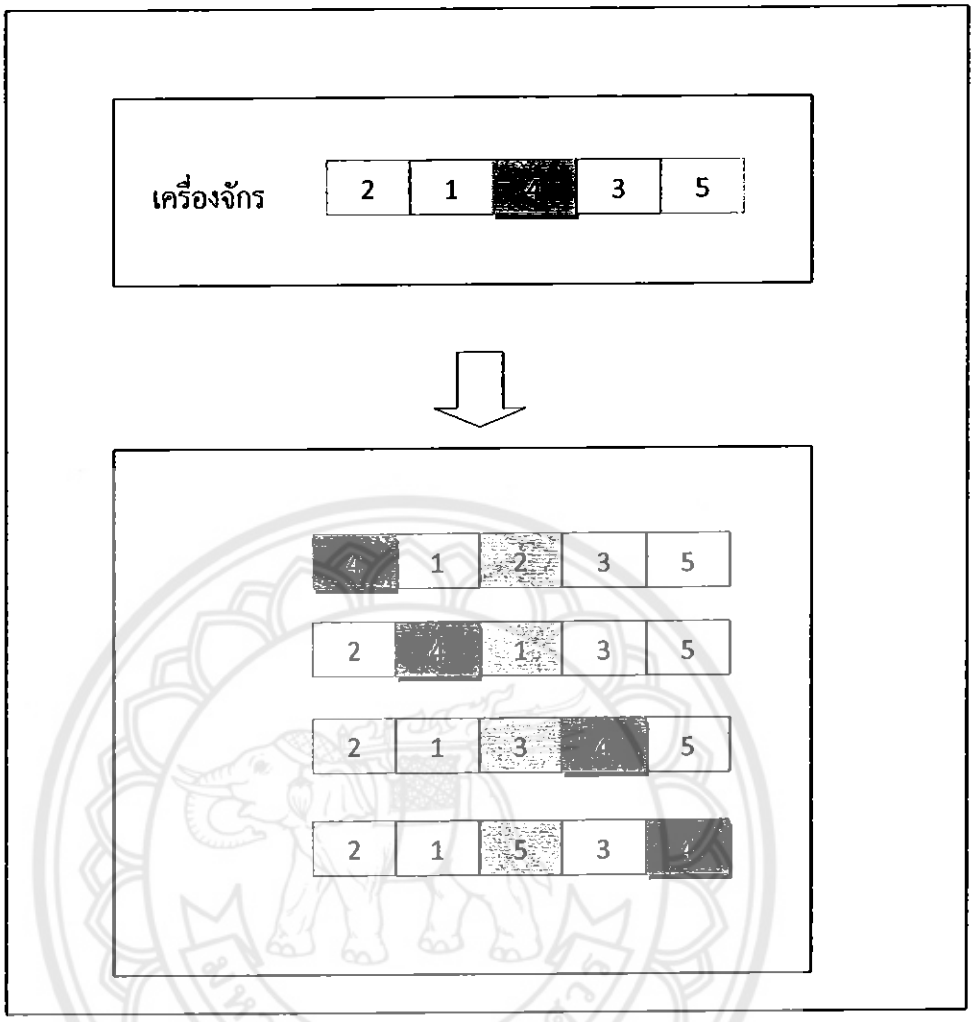
ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้ายนั้น จากตัวอย่างเดิม จะสามารถนำตำแหน่งสุดท้ายไปสลับได้อีก 4 ตำแหน่ง ไปทางซ้ายมือ แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้ายของแบบสลับ

ค. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง

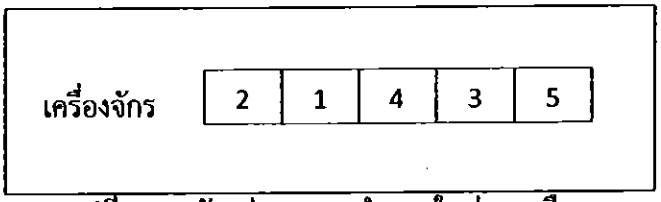
ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลางนั้น จากตัวอย่างเดิม จะสามารถนำตำแหน่งกลางไปสลับได้อีก 4 ตำแหน่ง ไปทางซ้ายมือและขวามือ สมมติสุ่มได้ตำแหน่งที่ 3 สามารถพิจารณาได้แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง ของแบบสลับ

3.3.3.2 วิธีการหาคำตอบใหม่แบบเลื่อน

ในการหาคำตอบใหม่แบบเลื่อนนั้น จะเป็นการสุ่มตำแหน่งขึ้นมา แล้วให้นำตำแหน่งที่สุ่มได้ ไปแทนตำแหน่งที่เหลือ โดยแทนที่ละตำแหน่ง หลังจากนั้นจึงทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป ดังเช่นตัวอย่างเดิม จะสามารถหาคำตอบใหม่ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่แบบเลื่อน

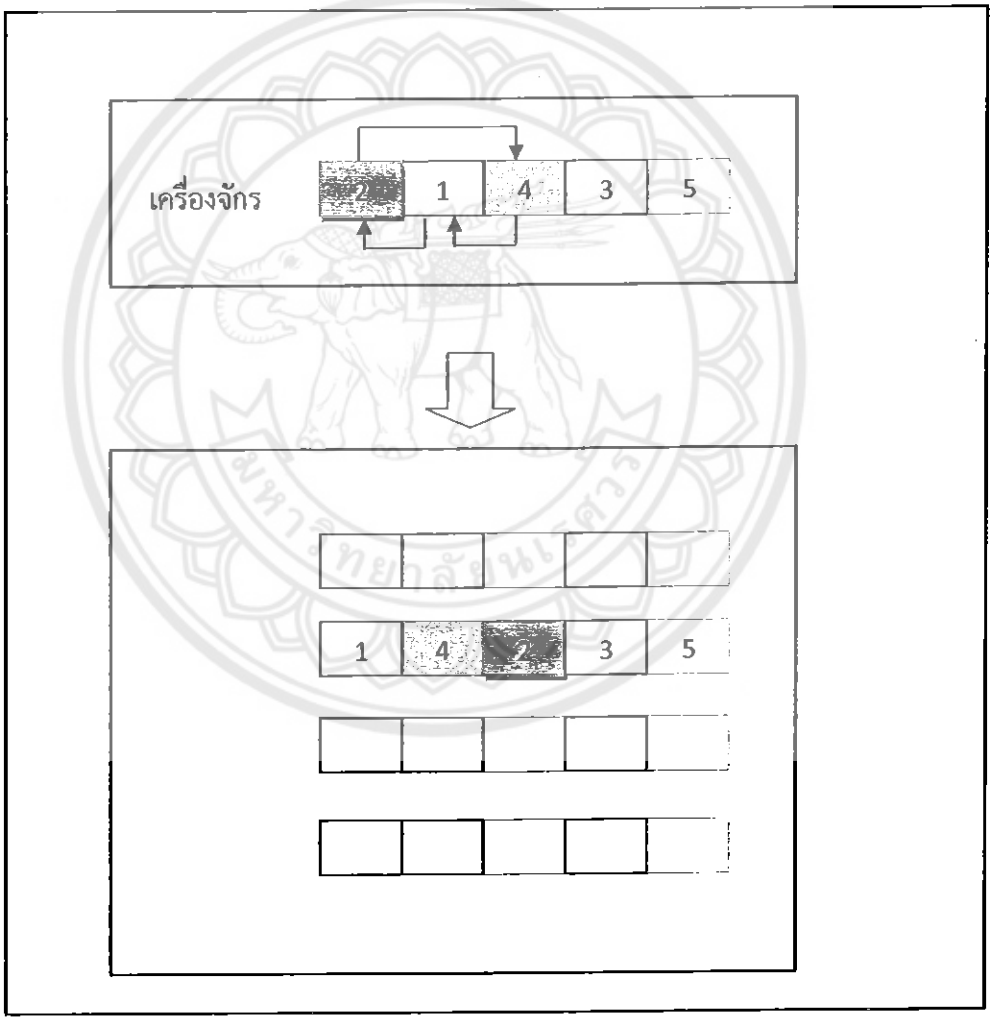
สามารถหาคำตอบใหม่ (X_{new}) ได้ทั้งหมด n-1 คำตอบ

โดยที่ n = จำนวนเครื่องจักร

ดังนั้น จากตัวอย่างนี้ จะสามารถหา X_{new} ได้ทั้งหมด 4 คำตอบ ซึ่งสามารถพิจารณาตำแหน่งการสุ่มออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ก. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรก

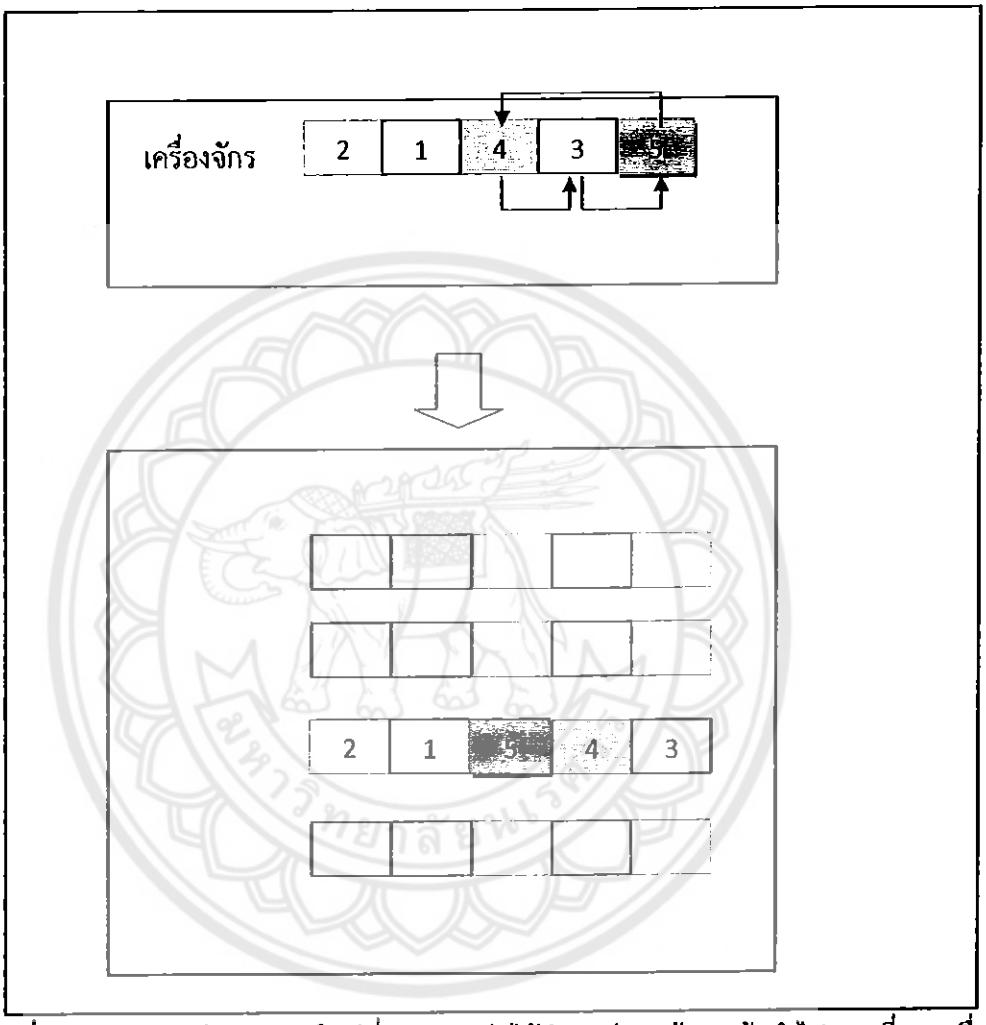
ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรกนั้น จากตัวอย่างเดิม ตำแหน่งแรกจะไปแทนที่ได้ 4 ตำแหน่ง ไปทางขวามือ โดยจะแทนที่ทีละตำแหน่ง แล้วจึงทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป กรณีนี้ยกตัวอย่าง การนำตำแหน่งที่สุ่มได้นั้นคือตำแหน่งแรก ไปแทนที่ตำแหน่งที่ 3 สามารถพิจารณาได้แสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรก แล้วนำไปแทนที่แบบเลื่อน

ข. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย

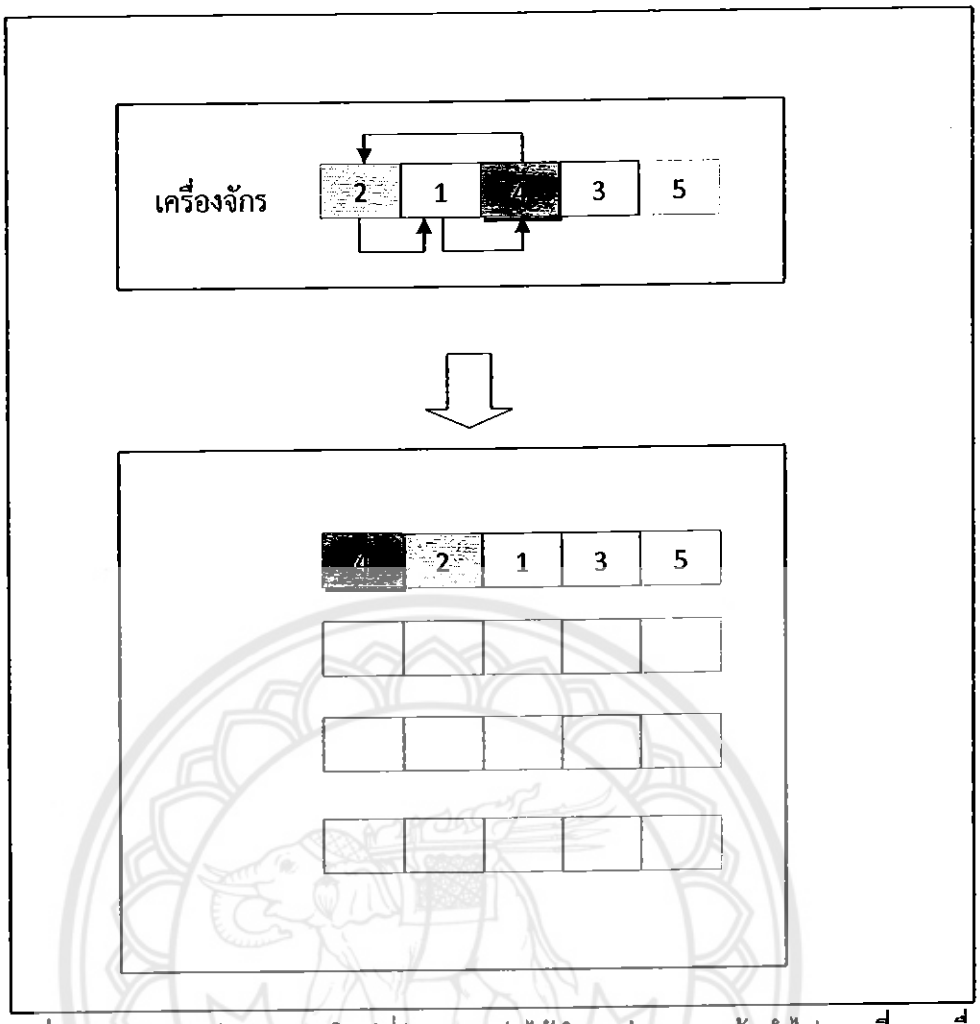
ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้ายนั้น จากตัวอย่างเดิม ตำแหน่งสุดท้ายจะไปแทนที่ได้ 4 ตำแหน่ง ไปทางซ้ายมือ โดยจะแทนที่ทีละตำแหน่ง แล้วจึงทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป กรณีนี้ยกตัวอย่าง การนำตำแหน่งที่สุ่มได้นั้นคือตำแหน่งสุดท้าย ไปแทนที่ตำแหน่งที่ 3 สามารถพิจารณาได้แสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย แล้วนำไปแทนที่แบบเลื่อน

ค. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง

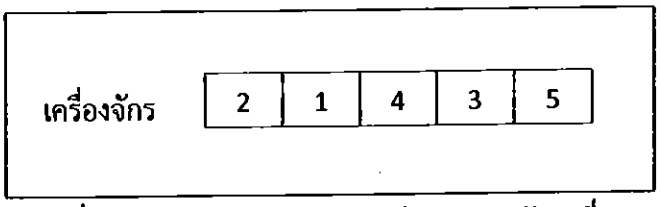
ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลางนั้น จากตัวอย่างเดิม จะสามารถนำตำแหน่งกลางจะไปแทนที่ได้อีก 4 ตำแหน่ง ไปทางซ้ายมือ และขวามือ โดยจะแทนที่ทีละตำแหน่ง แล้วจึงทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป กรณีนี้ยกตัวอย่าง นำตำแหน่งที่สุ่มได้นั้นคือตำแหน่งกลาง (สมมติสุ่มได้ตำแหน่งที่ 3) ไปแทนที่ตำแหน่งที่ 1 สามารถพิจารณาได้แสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง แล้วนำไปแทนที่แบบเลื่อน

3.3.3.3 วิธีการหาคำตอบใหม่แบบหลักคงที่

ในการหาคำตอบใหม่แบบหลักคงที่นั้น จะเป็นการสุ่มตำแหน่งขึ้นมา แล้วนำตำแหน่งที่สุ่มได้นั้น ให้คงอยู่กับที่ไม่เปลี่ยนแปลง แล้วนำตำแหน่งที่เหลือทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป ดังเช่นตัวอย่างเดิม จะสามารถหาคำตอบใหม่ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่แบบหลักคงที่

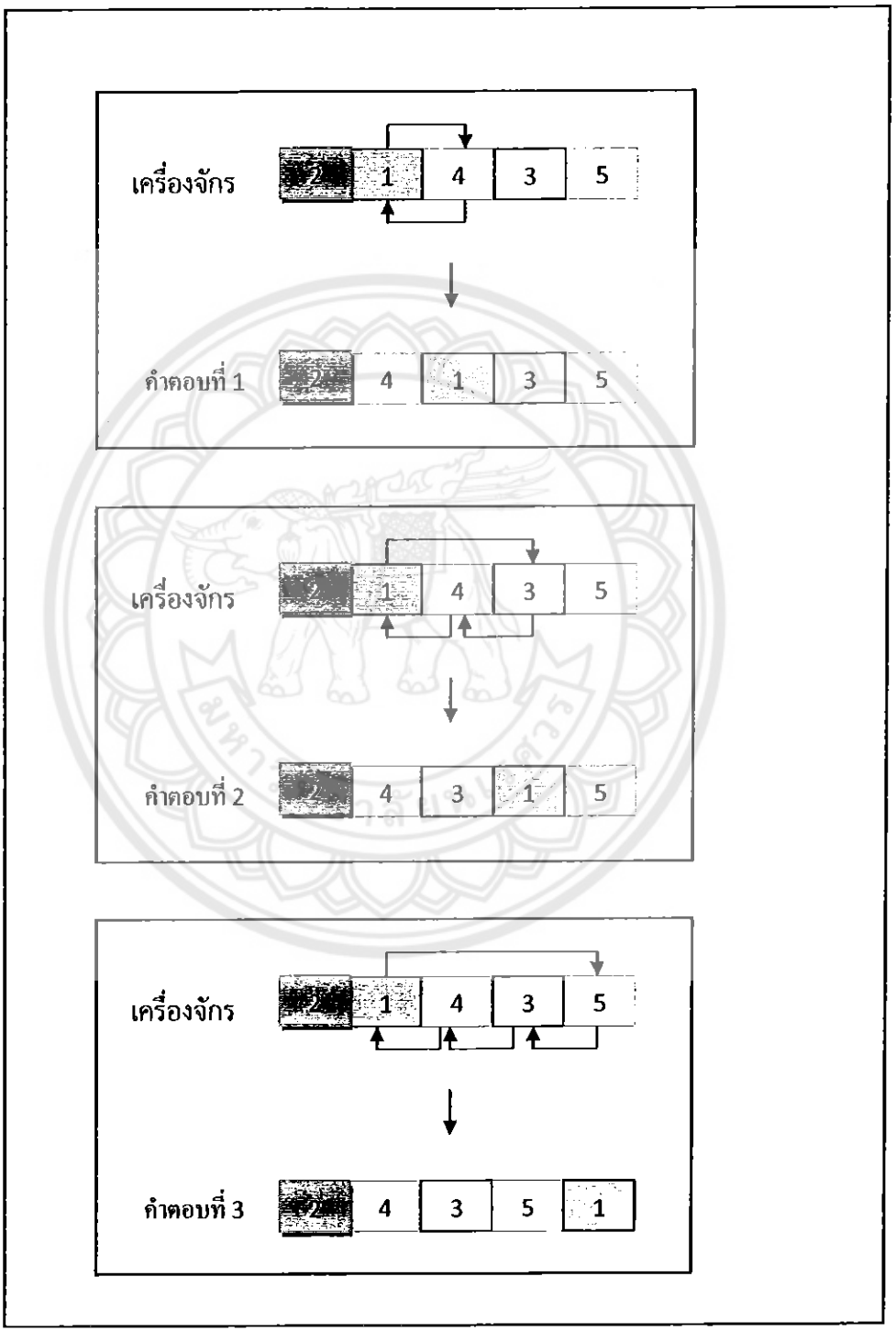
สามารถหาคำตอบใหม่ (X_{new}) ได้ทั้งหมด n-2 คำตอบ

โดยที่ n = จำนวนเครื่องจักร

ดังนั้น จากตัวอย่างนี้ จะสามารถหา X_{new} ได้ทั้งหมด 3 คำตอบ ซึ่งสามารถพิจารณาตำแหน่งการสุ่มออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ก. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรก

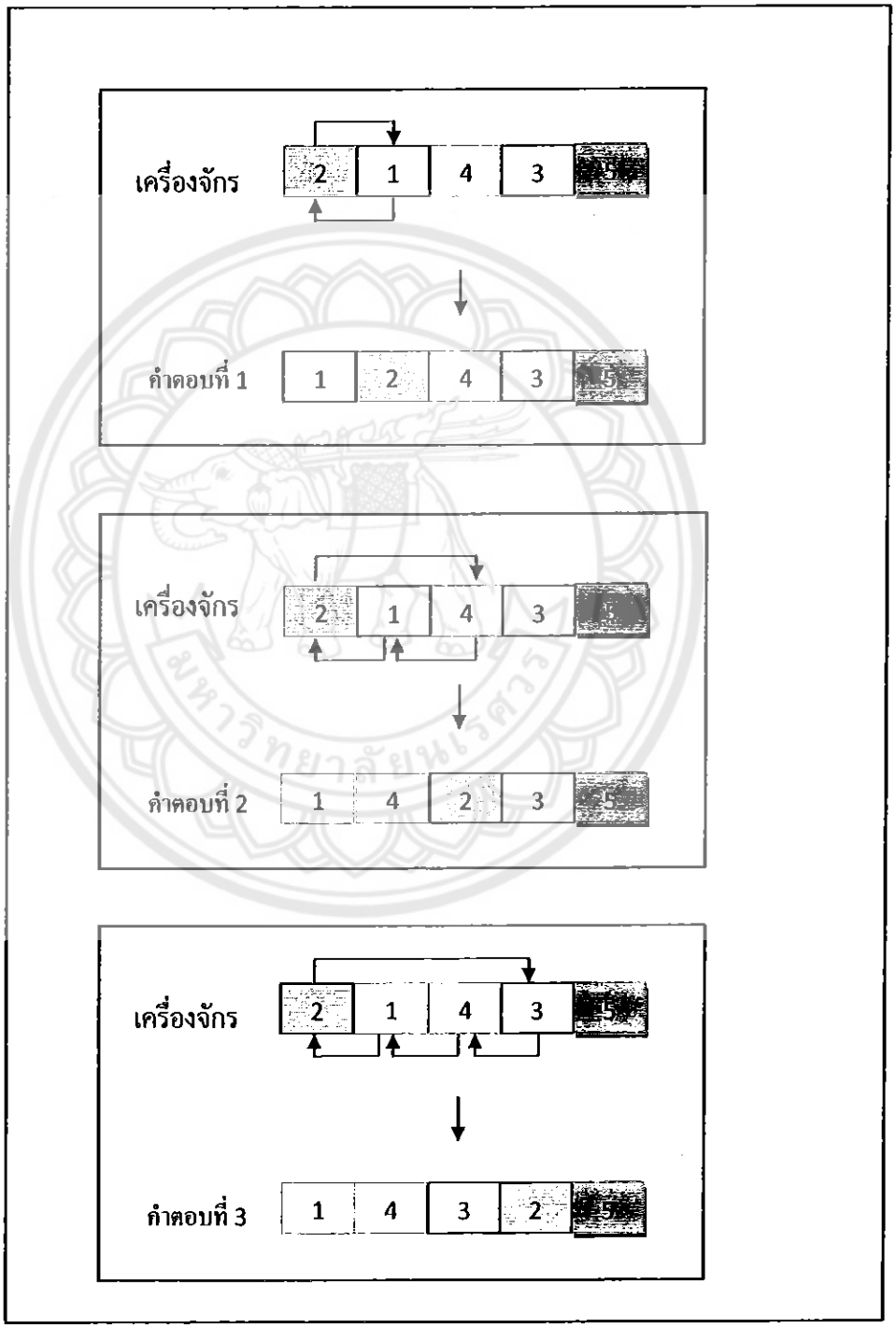
ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรกนั้น จากตัวอย่างเดิม ตำแหน่งแรกที่สุ่มได้นั้นจะคงที่ไว้ แล้วตำแหน่งซ้ายมือสุดที่ไม่ใช่ตำแหน่งที่สุ่มได้ จะเลื่อนไปแทนที่ทีละตำแหน่ง ไปทางขวามือ แล้วจึงทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป สามารถพิจารณาได้แสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งแรก แล้วนำไปแทนที่แบบหลักคงที่

ข. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย

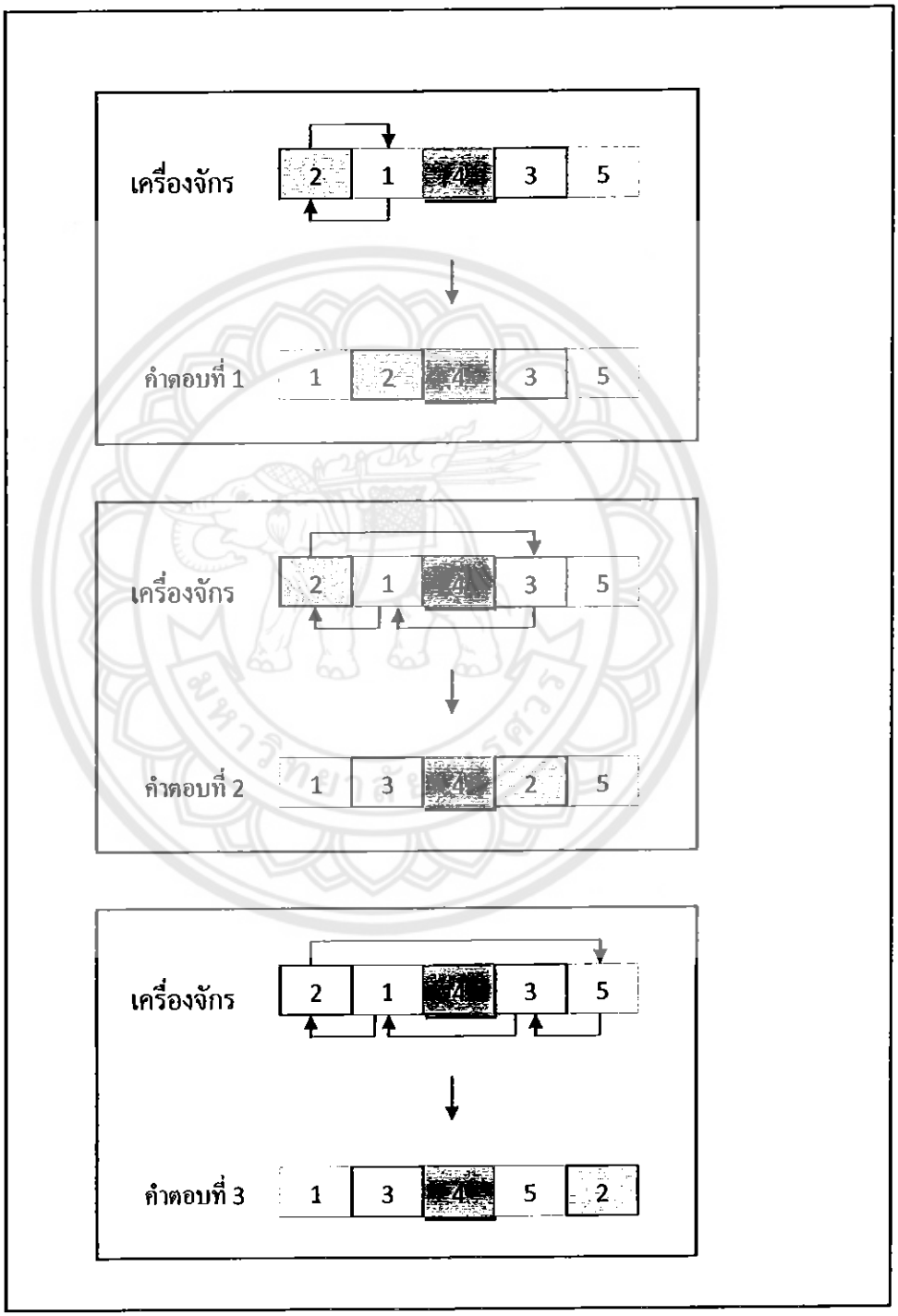
ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้ายนั้น จากตัวอย่างเดิม ตำแหน่งสุดท้ายที่สุ่มได้นั้นจะคงที่ไว้ แล้วตำแหน่งซ้ายมือสุดที่ไม่ใช่ตำแหน่งที่สุ่มได้ จะเลื่อนไปแทนที่ทีละตำแหน่ง ไปทางขวามือ แล้วจึงทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป สามารถพิจารณาได้แสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย แล้วนำไปแทนที่แบบหลักคงที่

ค. พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง

ในการพิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลางนั้น จากตัวอย่างเดิม จะสามารถนำตำแหน่งกลางที่สุ่มได้นั้น (สมมติสุ่มได้ตำแหน่งที่ 3) จะคงที่ไว้ แล้วตำแหน่งซ้ายมือสุดที่ไม่ใช่ตำแหน่งที่สุ่มได้ จะเลื่อนไปแทนที่ทีละตำแหน่ง ไปทางขวามือ แล้วจึงทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป สามารถพิจารณาได้แสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การจัดเรียงคำตอบใหม่ที่พิจารณาสุ่มได้ตำแหน่งกลาง แล้วนำไปแทนที่แบบหลักคงที่

3.3.4 กระบวนการอบอ่อนจำลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาปัญหาการวางผังโรงงาน และได้ทำการออกแบบวิธีการสุ่มค่าเริ่มต้น และหลักการหาค่าคำตอบใหม่ในกระบวนการอบอ่อนจำลองแล้ว ต่อไปจะเป็นการออกแบบวิธีการอบอ่อนจำลอง ซึ่งมีขั้นตอน และกระบวนการดังต่อไปนี้

3.3.4.1 กำหนดค่าและตัวแปรที่ใช้ในการอบอ่อนจำลอง อันได้แก่

ก. NumMc คือ จำนวนเครื่องจักร

ข. NumPro คือ จำนวนผลิตภัณฑ์

ค. T_{max} คือ อุณหภูมิเริ่มต้น

ง. T_{min} คือ อุณหภูมิสุดท้าย

จ. Eq คือ จำนวนรอบในการอบอ่อน

ฉ. Cooling Rate คือ อัตราการเย็นตัว

ช. NHS คือ หลักการหรือวิธีการคำตอบใหม่

3.3.4.2 กำหนดให้ค่าอุณหภูมิปัจจุบัน (T) เท่ากับอุณหภูมิเริ่มต้น (T_{max})

3.3.4.3 สุ่มค่าเริ่มต้น และให้ค่าเริ่มต้นเป็นคำตอบปัจจุบัน (S_{cur}) และคำตอบที่ดีที่สุด (S_{best})

3.3.4.4 หาค่าคำตอบใหม่ (S_{new}) โดยวิธีการทำ Neighborhood search

3.3.4.5 ทำการตัดสินใจว่า ค่าคำตอบใหม่ที่ได้ ดีกว่าคำตอบปัจจุบันหรือไม่

ก. ถ้าคำตอบใหม่ดีกว่าคำตอบปัจจุบัน (S_{new} <= S_{cur}) ให้ คำตอบปัจจุบันเท่ากับคำตอบใหม่ (S_{cur} = S_{new}) และให้ตัดสินใจต่อว่าคำตอบปัจจุบันดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุด หรือไม่ (S_{cur} <= S_{best}) ซึ่งถ้าคำตอบปัจจุบันดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุด จะให้คำตอบที่ดีที่สุดเท่ากับคำตอบปัจจุบันทันที (S_{best} = S_{cur})

ข. ถ้าคำตอบใหม่แย่กว่าคำตอบปัจจุบัน (S_{new} > S_{cur}) ให้ทำการสุ่มค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งแทนด้วยตัวแปร RandSA และทำการคำนวณความน่าจะเป็น (Prob) ดังสมการที่ 3.7 ซึ่งถ้าค่าที่ทำการสุ่มมามีค่าดีกว่าความน่าจะเป็นที่ได้ (RandSA <= Prob) จะทำให้เกิดการยอมรับค่าคำตอบใหม่ให้เป็นคำตอบปัจจุบัน (S_{cur} = S_{new})

$$Prob = e^{-(Snew-Scur)/k*T} \quad (3.7)$$

3.3.4.6 ให้ทำตามข้อที่ 3.3.4.4 และ 3.3.4.5 ใหม่ จนกระทั่งครบตามจำนวนรอบในการอบอ่อน (Eq)

3.3.4.7 ทำการลดอุณหภูมิ T ลง

ด้วยสมการ T = T* Cooling Rate และกลับไปเริ่มทำข้อที่ 3.3.4.4 ใหม่ และทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งค่าอุณหภูมิ T เข้าใกล้หรือเท่ากับอุณหภูมิสุดท้ายมากที่สุด แต่ต้องไม่น้อยกว่าอุณหภูมิสุดท้าย

3.3.4.8 คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้ (Sbest) จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

3.4 การทดสอบโปรแกรมการปัญหาโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาและออกแบบวิธีการอบอ่อนจำลอง รวมทั้งเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel แล้ว ต่อไปจะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของการวางผังโรงงานในปัญหาต่างๆ โดยจะทำการแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ขนาด คือ

3.4.1 ปัญหาขนาดเล็ก มีเครื่องจักรตั้งแต่ 1-10 เครื่อง และมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 1-6 ผลิตภัณฑ์ จำนวน 9 ปัญหา โดยปัญหาจะมีความแตกต่างกันดังนี้

3.4.1.1 ปัญหา 1-3 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กโดย ปัญหา 1 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 2 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 3 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.4.1.2 ปัญหา 4-6 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่โดย ปัญหา 4 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 5 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 6 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.4.1.3 ปัญหา 7-9 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก และใหญ่สลับกันไปโดย ปัญหา 7 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 8 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 9 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.4.2 ปัญหาขนาดกลาง มีเครื่องจักรตั้งแต่ 11-20 เครื่อง และมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 7-12 ผลิตภัณฑ์ จำนวน 9 ปัญหา โดยปัญหาจะมีความแตกต่างกันดังนี้

3.4.2.1 ปัญหา 1-3 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กโดย ปัญหา 1 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 2 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 3 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.4.2.2 ปัญหา 4-6 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่โดย ปัญหา 4 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 5 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 6 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.4.2.3 ปัญหา 7-9 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก และใหญ่สลับกันไปโดย ปัญหา 7 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 8 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 9 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.4.3 ปัญหาขนาดใหญ่ มีเครื่องจักรตั้งแต่ 21-30 เครื่อง และมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 11-18 ผลิตภัณฑ์ จำนวน 9 ปัญหา โดยปัญหาจะมีความแตกต่างกันดังนี้

3.4.3.1 ปัญหา 1-3 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กโดย ปัญหา 1 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 2 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 3 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.4.3.2 ปัญหา 4-6 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่โดย ปัญหา 4 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 5 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 6 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.4.3.3 ปัญหา 7-9 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก และใหญ่สลับกันไปโดย ปัญหา 7 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 8 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 9 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

ทั้งนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการทดลองอีกด้วยว่า ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลอย่างไรต่อคำตอบของปัญหาการวางผังโรงาน เช่น อุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสุดท้าย จำนวนรอบของการอบอ่อน และอัตราการเย็นตัว

3.5 จัดทำรายงานและสรุปผล

สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบกับปัญหาขนาดต่างๆ แล้วจัดทำรูปเล่มรายงาน

3.6 การนำเสนอโครงงาน

นำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดจากการทำโครงงานมานำเสนอต่อคณะกรรมการในการสอบโครงงานวิศวกรรม

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

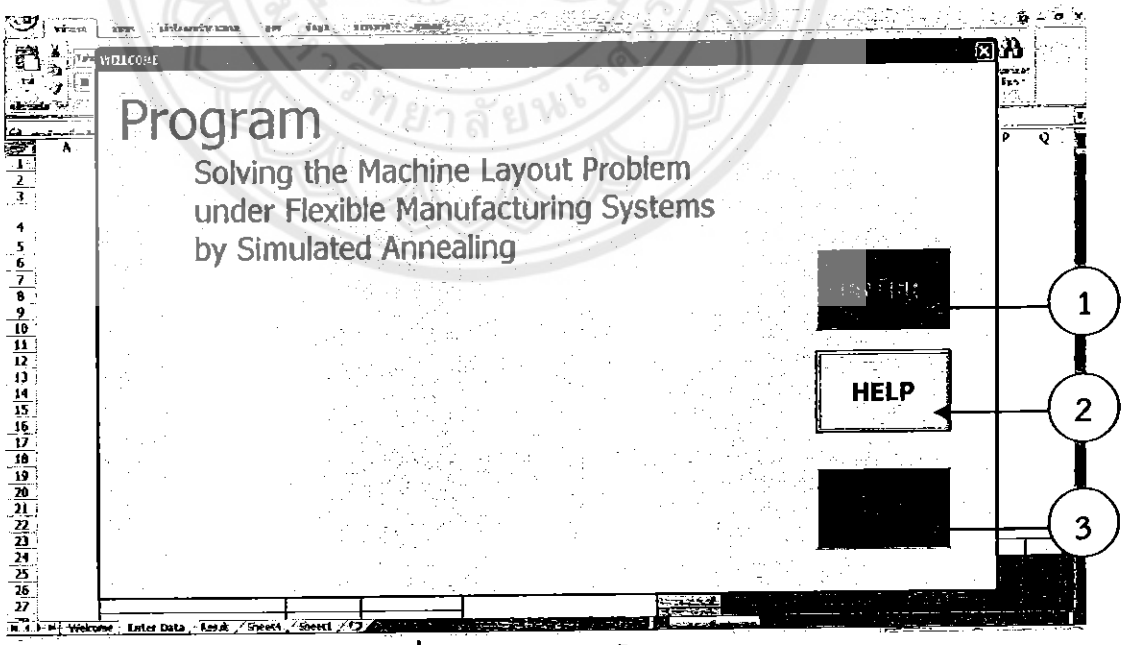
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการออกแบบการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel และผลการทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอบอ่อน รวมทั้งทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ทำการออกแบบ นอกจากนี้ยังเป็นการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลที่ได้กับงานวิจัยอื่นที่กล่าวมาในบทที่ 3
ซึ่งจะสามารถแบ่งหัวข้อของผลการทดลองและการวิเคราะห์ได้ ดังต่อไปนี้

4.1 โปรแกรมการวางผังโรงงานด้วยวิธีการอบอ่อนจำลอง
4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมและวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก
4.3 ผลการทดสอบโปรแกรมและวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลาง
4.4 ผลการทดสอบโปรแกรมและวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่
4.5 การแสดงผลลัพธ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อนจำลอง
4.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 โปรแกรมการวางผังโรงงานด้วยวิธีการอบอ่อนจำลอง

4.1.1 เริ่มต้นเข้าสู่โปรแกรม

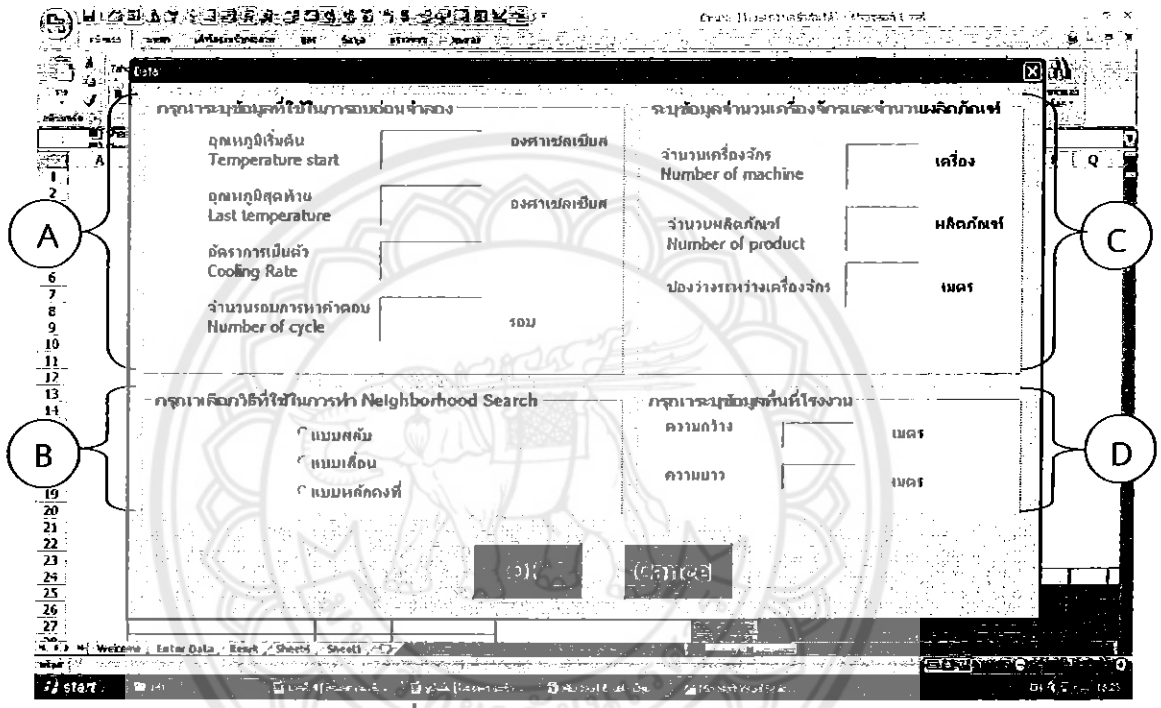
เมื่อเข้าสู่โปรแกรม จะพบหน้าเมนูหลัก แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 หน้าแรกของโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่หน้าแรกของโปรแกรมแล้ว ให้คลิกที่ หมายเลข 1 (ENTER) เมื่อคลิกปุ่มนี้แล้วจะเข้าสู่ฟอร์ม Data เพื่อรับค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยการให้ผู้ใช้กรอกค่าต่างๆ ลงไป ดังรูปที่ 4.2 ส่วนหมายเลข 2 เป็นปุ่มเพื่อให้ผู้ใช้สามารถคลิกเพื่อเข้าไปดูวิธีการใช้โปรแกรมและหมายเลข 3 จะเป็นปุ่มคำสั่งให้ออกจากโปรแกรม

4.1.2 ทำการกรอกข้อมูลต่างๆลงในฟอร์ม Data



รูปที่ 4.2 การรับข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรม

ในการกรอกข้อมูลในฟอร์ม Data นั้นแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

4.1.2.1 กรอกข้อมูลที่ใช้ในการอบอ่อนจำลอง

อันได้แก่ อุณหภูมิเริ่มต้นของการอบอ่อน อุณหภูมิสุดท้ายของการอบอ่อน อัตราการเย็นตัว และจำนวนรอบในการหาคำตอบของแต่ละอุณหภูมิ ลงในช่องกรอกข้อมูล ดังรูปที่ 4.2 โซน A

4.1.2.2 เลือกวิธีที่ใช้ในการหาคำตอบใหม่ (Neighborhood search)

จะเป็นการให้ผู้ใช้คลิกเลือกวิธีการทำ Neighborhood search ซึ่งมีทั้งหมด 3 วิธี อันได้แก่ แบบสลับ แบบเลื่อน และแบบหลักคงที่ โดยจะสามารถเลือกได้ในรูปที่ 4.2 โซน B

4.1.2.3 กรอกข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต

ให้ผู้ใช้กรอก จำนวนเครื่องจักร จำนวนผลิตภัณฑ์ และช่องว่างระหว่างเครื่องจักร ลงในช่องกรอกข้อมูล ดังรูปที่ 4.2 โซน C

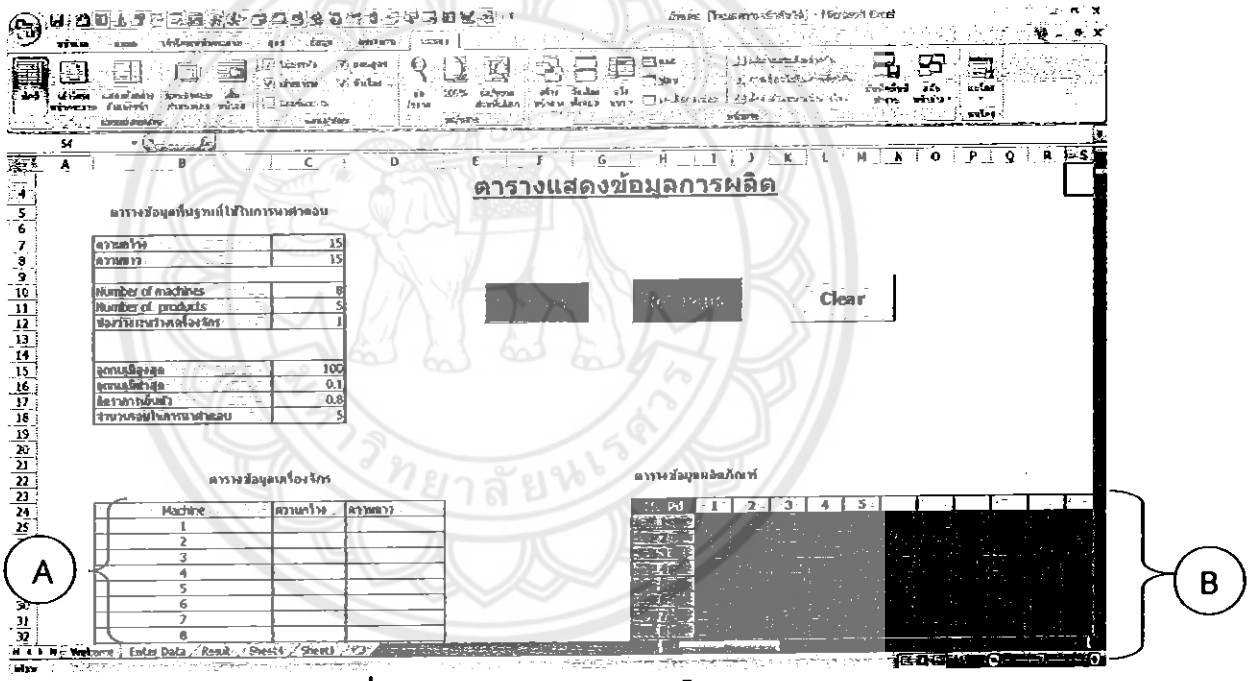
4.1.2.4 กรอกข้อมูลพื้นที่โรงงาน

ให้ผู้ใช้กรอกข้อมูล ความกว้าง ความยาวของโรงงาน ลงในช่องกรอกข้อมูล ดังรูปที่ 4.2 โซน D

เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จสมบูรณ์ให้คลิกที่ปุ่ม OK แต่หากต้องการกเลิกเพื่อออกจากโปรแกรมให้คลิกปุ่ม Cancel

4.1.3 ทำการกรอกข้อมูลการผลิต

เมื่อกรอกข้อมูลในฟอร์ม Data เสร็จแล้วนั้น ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลการผลิต อันได้แก่ ความกว้าง ความยาวของแต่ละเครื่องจักรจนครบตามจำนวนเครื่องจักร ดังรูปที่ 4.3 โซน A และกรอกข้อมูลการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์จนครบตามจำนวนผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ที่ 4.3 โซน B

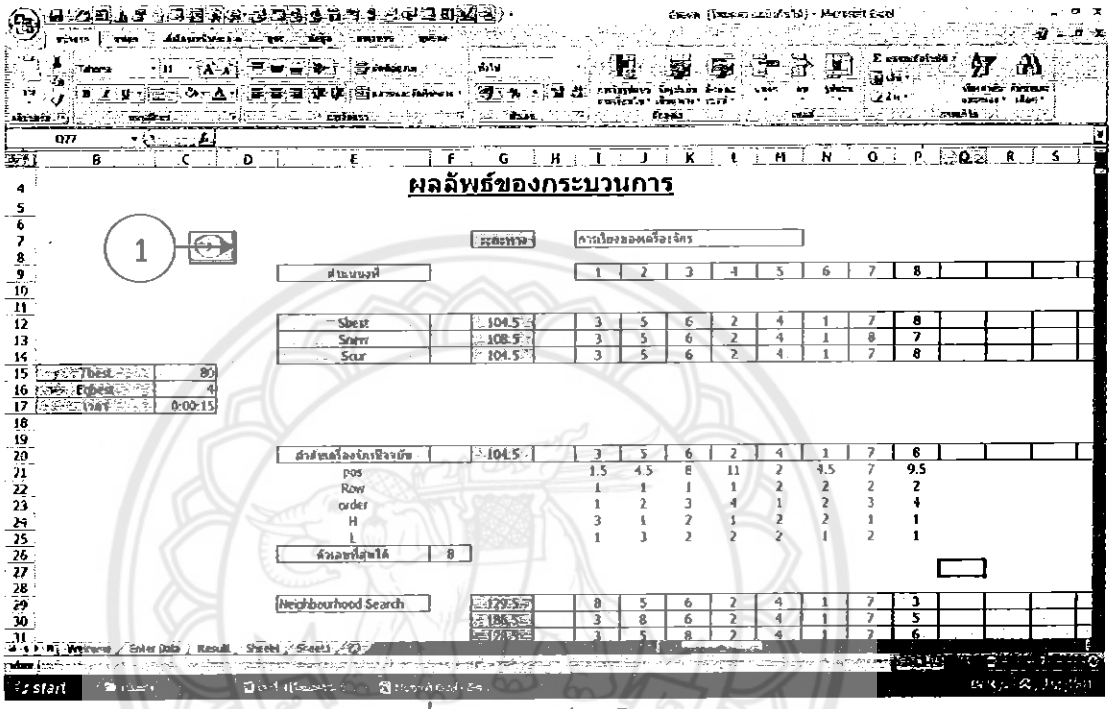


รูปที่ 4.3 การรับข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรม

เมื่อทำการกรอกข้อมูลการผลิตลงในตารางเรียบร้อยแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม CheckData เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องในการกรอกข้อมูลในตาราง เมื่อแน่ใจว่ากรอกข้อมูลถูกต้องแล้ว ให้คลิกปุ่ม Run Page เพื่อไปสู่หน้า Worksheet Result ดังรูปที่ 4.4 ให้แสดงผลลัพธ์ แต่ถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลหรือกรอกข้อมูลใหม่ ให้คลิกปุ่ม Clear

4.1.4 แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม

เมื่อกดปุ่ม Run Page ใน Worksheet Enter Data หน้า Worksheet Result ก็จะแสดงขึ้น เมื่อต้องการ Run โปรแกรม ให้กดปุ่ม ดังรูปที่ 4.4 หมายเลข 1 เพื่อให้โปรแกรมแสดงผลลัพธ์ออกมา



รูปที่ 4.4 ผลลัพธ์ของโปรแกรม

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก

หลังจากได้ทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งจะมีในลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ที่ได้มีการกำหนดขึ้นเองทั้งหมด 9 ปัญหา

โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมการวางผังโรงงานโดยวิธีการอบอ่อนจำลองคือ Windows 7 Professional Intel Core 2 Duo CPU Processor T6600 (2.20 GHz, 800 MHz FSB, 2MB L2 cache), 2.00 GB DDR2, Hard disk SATA II 320 GB

4.2.1 การแสดงผลลัพธ์เมื่อมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก

เป็นการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทั้ง 9 ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการอบอ่อนทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นี้จะมีจำนวนรอบในการหาคำตอบทั้งหมดเท่ากัน กล่าวคือ จะมีจำนวนอุณหภูมิในการหาคำตอบจำนวน 70 ครั้ง และในแต่ละอุณหภูมิจะมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบคือ 10 ครั้ง รวมแล้วจะมีจำนวนรอบ

ทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบคือ 700 รอบ ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมเมื่อมีการกำหนดตัวแปร ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 1 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	167.58	155.10	8.36	00:35	00:34	00:01	10	13
2.แบบเลื่อน	171.49	161.30	9.17	00:34	00:33	00:06	10	13
3.แบบหลักคงที่	191.34	175.20	11.57	00:43	00:42	00:02	10	37
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	157.12	152.70	3.02	00:35	00:36	00:01	10	48
2.แบบเลื่อน	171.45	155.10	12.04	00:35	00:35	00:00	10	20
3.แบบหลักคงที่	175.37	164.80	7.09	00:45	00:43	00:05	10	39
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	160.10	152.70	6.17	00:34	00:31	00:03	10	17
2.แบบเลื่อน	168.32	155.10	10.81	00:35	00:33	00:03	10	19
3.แบบหลักคงที่	186.51	165.30	14.32	00:44	00:41	00:07	10	16

จากตารางที่ 4.1 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ยและรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ 0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อพิจารณา ค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.8 คือ 157.12 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ และทั้งนี้ยังให้ค่า SD น้อยกว่าคำตอบอื่นซึ่งบ่งบอกว่าคำตอบที่ได้มีความแม่นยำของคำตอบมากกว่าแบบอื่น เมื่อพิจารณารอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละหลักพิจารณาของอัตราการเย็นตัวทั้ง 3 แบบนั้น จะพบ

คำตอบในรอบที่ 10 ซึ่งเป็นรอบที่ดีที่สุดนั่นหมายความว่ายิ่งรอบในการหาคำตอบมีค่าน้อยก็จะพบคำตอบที่ดีที่สุดของรอบนั้นเร็วมากขึ้น ส่วนรอบที่เจอคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ย คือ รอบที่ 13 พบที่ อัตราการเย็นตัว 0.7 ทั้งแบบสลับและแบบเลื่อน สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7,0.8 และ0.9 ของหลักการพิจารณาแบบสลับมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 167.58, 157.12 และ 160.10 เมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะทางที่ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 2 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	363.72	339.15	17.30	00:37	00:37	00:01	10	17
2.แบบเลื่อน	385.77	372.65	17.04	00:36	00:36	00:01	10	18
3.แบบหลักคงที่	414.59	386.95	18.29	00:44	00:41	00:02	10	63
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	348.51	335.95	11.79	00:37	00:36	00:01	10	12
2.แบบเลื่อน	395.62	373.25	22.18	00:37	00:36	00:01	10	20
3.แบบหลักคงที่	414.07	376.35	30.61	00:41	00:39	00:02	10	26
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	346.92	335.95	12.23	00:36	00:36	00:00	10	13
2.แบบเลื่อน	363.89	345.75	17.77	00:38	00:36	00:02	10	17
3.แบบหลักคงที่	411.59	365.45	33.65	00:43	00:41	00:01	10	15

จากตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 2 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.9 คือ 346.92 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละหลักพิจารณาของอัตราการเย็นตัวทั้ง 3 แบบนั้น จะพบคำตอบในรอบ

ที่ 10 ซึ่งเป็นรอบที่ดีที่สุดนั่นหมายความว่ายิ่งรอบในการหาคำตอบมีค่าน้อยก็จะพบคำตอบที่ดีที่สุดของรอบนั้นเร็วมากขึ้น ส่วนรอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 12 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.8 แบบสลับ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 363.72, 348.51 และ346.92 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 3 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	278.69	259.90	13.52	00:35	00:35	00:01	10	14
2.แบบเลื่อน	287.39	275.20	8.39	00:34	00:34	00:00	10	20
3.แบบหลักคงที่	292.34	278.6	15.63	00:41	00:40	00:02	10	24
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	264.96	257.20	5.09	00:36	00:35	00:01	10	14
2.แบบเลื่อน	303.46	286.9	15.47	00:36	00:34	00:02	10	27
3.แบบหลักคงที่	312.57	292.7	16.84	00:40	00:39	00:01	10	49
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	267.35	259.20	6.50	00:34	00:33	00:03	10	13
2.แบบเลื่อน	272.19	256.10	14.10	00:34	00:33	00:02	10	17
3.แบบหลักคงที่	292.72	261.00	17.40	00:39	00:39	00:01	10	14

จากตารางที่ 4.3 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 3 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ 0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.8 คือ 264.96 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละหลักพิจารณาของอัตราการเย็นตัวทั้ง 3 แบบนั้น จะพบคำตอบในรอบ

ที่ 10 ซึ่งเป็นรอบที่ดีที่สุดนั่นหมายความว่ายิ่งรอบในการหาคำตอบมีค่าน้อยก็จะพบคำตอบที่ดีที่สุดของรอบนั้นเร็วมากขึ้น ส่วนรอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 13 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบสลับ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 278.69, 264.96 และ267.35 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 4 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	386.49	366.05	13.18	00:39	00:38	00:02	10	13
2.แบบเลื่อน	386.73	365.85	18.68	00:40	00:37	00:02	10	26
3.แบบหลักคงที่	382.35	377.25	16.67	00:42	00:41	00:01	20	106
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	365.08	342.55	12.63	00:38	00:38	00:00	10	15
2.แบบเลื่อน	399.19	372.75	16.80	00:37	00:35	00:01	10	20
3.แบบหลักคงที่	404.86	391.05	13.05	00:42	00:41	00:01	20	83
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	360.66	352.05	6.94	00:38	00:38	00:01	10	13
2.แบบเลื่อน	376.38	346.65	15.78	00:38	00:37	00:03	10	15
3.แบบหลักคงที่	401.21	376.65	14.74	00:41	00:37	00:03	10	14

จากตารางที่ 4.4 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 4 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.9 คือ 360.66 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 13 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบสลับ

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 5 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	812.03	770.45	32.26	00:42	00:42	00:00	10	15
2.แบบเลื่อน	835.52	826.35	18.55	00:42	00:42	00:02	10	22
3.แบบหลักคงที่	843.8	835.85	38.69	00:58	00:50	00:11	10	129
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	760.25	739.65	15.50	00:44	00:43	00:02	10	16
2.แบบเลื่อน	791.47	753.25	36.24	00:42	00:42	00:00	10	15
3.แบบหลักคงที่	796.73	766.15	24.66	00:57	00:49	00:11	20	82
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	791.19	755.15	22.38	00:43	00:42	00:02	10	14
2.แบบเลื่อน	805.26	756.15	36.35	00:42	00:41	00:01	10	15
3.แบบหลักคงที่	877.03	826.95	45.55	00:55	00:50	00:11	10	13

จากตารางที่ 4.5 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 5 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.8 คือ 760.25 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 13 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 812.03, 760.25 และ 791.19 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 6 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	582.09	550.45	28.74	00:40	00:39	00:02	10	15
2.แบบเลื่อน	595.11	581.85	20.76	00:44	00:41	00:02	10	19
3.แบบหลักคงที่	618.91	579.85	17.88	00:40	00:40	00:00	10	142
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	573.18	550.75	9.75	00:39	00:39	00:00	10	15
2.แบบเลื่อน	637.57	590.95	26.85	00:40	00:38	00:02	10	22
3.แบบหลักคงที่	632.62	616.65	26.43	00:44	00:44	00:02	10	56
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	574.05	550.45	17.67	00:40	00:39	00:01	10	17
2.แบบเลื่อน	594.17	545.75	24.46	00:39	00:38	00:02	10	16
3.แบบหลักคงที่	652.29	607.05	30.68	00:45	00:44	00:01	10	12

จากตารางที่ 4.6 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 6 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.8 คือ 573.18 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละหลักพิจารณาของอัตราการเย็นตัวทั้ง 3 แบบนั้น จะพบคำตอบในรอบที่ 10 ซึ่งเป็นรอบที่ดีที่สุดนั่นหมายความว่ายิ่งรอบในการหาคำตอบมีค่าน้อยก็จะพบคำตอบที่ดีที่สุดของรอบนั้นเร็วมากขึ้น ส่วนรอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 12 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 ของหลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 582.09, 573.18 และ 574.05 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 7 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	274.53	250.95	12.84	00:37	00:36	00:01	10	16
2.แบบเลื่อน	278.03	260.55	11.69	00:36	00:36	00:00	10	25
3.แบบหลักคงที่	284.20	265.85	15.67	00:39	00:38	00:01	10	84
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	264.00	249.95	10.23	00:36	00:36	00:00	10	16
2.แบบเลื่อน	290.77	261.75	20.86	00:37	00:35	00:01	10	22
3.แบบหลักคงที่	290.43	263.65	17.27	00:39	00:38	00:01	10	37
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	269.15	261.25	9.82	00:36	00:36	00:00	10	11
2.แบบเลื่อน	275.31	249.95	18.02	00:37	00:36	00:01	10	15
3.แบบหลักคงที่	292.03	267.65	22.91	00:38	00:38	00:01	10	20

จากตารางที่ 4.7 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 7 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.8 คือ 264.00 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละหลักพิจารณาของอัตราการเย็นตัวทั้ง 3 แบบนั้น จะพบคำตอบในรอบที่ 10 ซึ่งเป็นรอบที่ดีที่สุดนั่นหมายความว่ายิ่งรอบในการหาคำตอบมีค่าน้อยก็จะพบคำตอบที่ดีที่สุดของรอบนั้นเร็วมากขึ้น ส่วนรอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 11 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักสลับ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 ของหลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 274.53, 264.00 และ 269.15 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 8 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	597.17	569.45	18.81	00:40	00:38	00:01	10	15
2.แบบเลื่อน	623.28	601.25	23.51	00:39	00:38	00:01	10	18
3.แบบหลักคงที่	660.48	620.25	34.70	00:43	00:41	00:02	10	98
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	584.67	569.45	11.56	00:39	00:38	00:01	10	21
2.แบบเลื่อน	652.45	599.45	43.85	00:39	00:38	00:01	10	17
3.แบบหลักคงที่	675.25	609.35	46.73	00:43	00:41	00:02	10	94
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	600.84	569.45	21.93	00:39	00:38	00:01	10	17
2.แบบเลื่อน	587.09	576.35	17.24	00:40	00:38	00:01	10	24
3.แบบหลักคงที่	687.58	640.55	29.90	00:43	00:42	00:02	10	13

จากตารางที่ 4.8 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 8 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.8 คือ 584.67 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละหลักพิจารณาของอัตราการเย็นตัวทั้ง 3 แบบนั้น จะพบคำตอบในรอบที่ 10 ซึ่งเป็นรอบที่ดีที่สุดนั่นหมายความว่ายิ่งรอบในการหาคำตอบมีค่าน้อยก็จะพบคำตอบที่ดีที่สุดของรอบนั้นเร็วมากขึ้น ส่วนรอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 13 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักหลักคงที

ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 9 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	449.40	421.75	12.49	00:37	00:37	00:01	10	12
2.แบบเลื่อน	460.62	427.85	24.21	00:38	00:37	00:01	10	13
3.แบบหลักคงที่	458.97	434.65	28.08	00:45	00:41	00:03	10	74
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	432.82	418.25	11.78	00:37	00:37	00:01	10	14
2.แบบเลื่อน	451.24	424.15	19.89	00:37	00:37	00:01	10	18
3.แบบหลักคงที่	447.93	426.15	15.60	00:40	00:40	00:09	10	61
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	431.68	410.15	14.01	00:39	00:37	00:02	10	20
2.แบบเลื่อน	443.74	425.45	21.22	00:38	00:38	00:05	10	21
3.แบบหลักคงที่	481.94	444.35	28.00	00:46	00:43	00:10	10	12

จากตารางที่ 4.9 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 9 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.9 คือ 431.68 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละหลักพิจารณาของอัตราการเย็นตัวทั้ง 3 แบบนั้น จะพบคำตอบในรอบที่ 10 ซึ่งเป็นรอบที่ดีที่สุดนั่นหมายความว่ายิ่งรอบในการหาคำตอบมีค่าน้อยก็จะพบคำตอบที่ดีที่สุดของรอบนั้นเร็วมากขึ้น ส่วนรอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 12 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.7 แบบหลักสลับ และ อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 449.40, 432.82 และ431.68 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

4.2.2 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1-9 ของปัญหาขนาดเล็ก จะพบว่าทั้ง 9 ปัญหามีความสอดคล้องกันคือ เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยเฉลี่ย ที่น้อยที่สุดทุกคำตอบอยู่ที่ Neighborhood search แบบสลับแต่จะพบในอัตราการเย็นตัวที่ต่างกัน ซึ่งหากพิจารณาทีละอัตราการเย็นตัวจะพบว่า Neighborhood search แบบสลับให้ผลลัพธ์ ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยเฉลี่ย น้อยที่สุดเกือบทุกปัญหา ยกเว้นปัญหาที่ 8 ปัญหาเดียว สามารถดูภาพโดยรวมได้แสดงดังตารางที่ 4.10

และเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างไม่เปลี่ยนพารามิเตอร์ (อัตราการเย็นตัว 0.8) กับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (อัตราการเย็นตัว 0.7 และ 0.9) จะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่อนข้างมากดังตารางที่ 4.10 ซึ่งส่งผลต่อการหาผลลัพธ์เป็นอย่างมาก

และเมื่อเปรียบเทียบ Neighborhood search ในแต่ละแบบจะส่งผลต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยตรง แต่ละแบบก็จะให้ค่าที่มีแนวโน้มต่างกัน เช่นในปัญหาขนาดเล็กนี้ แบบสลับจะมีแนวโน้มให้ค่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยเฉลี่ย ดีที่สุด

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้น เมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.9	
	ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด (%)	ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด (%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1										
1.แบบสลับ	167.58	155.10	157.12	152.70	160.10	152.70	-6.66	-1.57	-1.90	0.00
2.แบบเลื่อน	171.49	161.30	171.45	155.10	168.32	155.10	-0.02	-4.00	1.83	0.00
3.แบบหลักคงที่	191.34	175.20	175.37	164.80	186.51	165.30	-9.11	-6.31	-6.35	-0.30
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2										
1.แบบสลับ	363.72	339.15	348.51	335.95	346.92	335.95	-4.36	-0.95	0.46	0.00
2.แบบเลื่อน	385.77	372.65	395.62	373.25	363.89	345.75	2.49	0.16	8.02	7.37
3.แบบหลักคงที่	414.59	386.95	414.07	376.35	411.59	365.45	-0.13	-2.82	0.60	2.90
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 3										
1.แบบสลับ	278.69	259.90	264.96	257.20	267.35	259.20	-5.18	-1.05	-0.90	-0.78
2.แบบเลื่อน	287.39	275.20	303.46	286.90	272.19	256.10	5.30	4.08	10.30	10.74
3.แบบหลักคงที่	292.34	278.60	312.57	292.70	292.72	261.00	6.47	4.82	6.35	10.83
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 4										
1.แบบสลับ	386.49	366.05	365.08	342.55	360.66	352.05	-5.86	-6.86	1.21	-2.77
2.แบบเลื่อน	386.73	365.85	399.19	372.75	376.38	346.65	3.12	1.85	5.71	7.00
3.แบบหลักคงที่	382.35	377.25	404.86	391.05	401.21	376.65	5.56	3.53	0.90	3.68
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 5										
1.แบบสลับ	812.03	770.45	760.25	739.65	791.19	755.15	-6.81	-4.16	-4.07	-2.10
2.แบบเลื่อน	835.52	826.35	791.47	753.25	805.26	756.15	-5.57	-9.70	-1.74	-0.38
3.แบบหลักคงที่	843.80	835.85	796.73	766.15	877.03	826.95	-5.91	-9.10	-10.08	-7.94

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้น เมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก

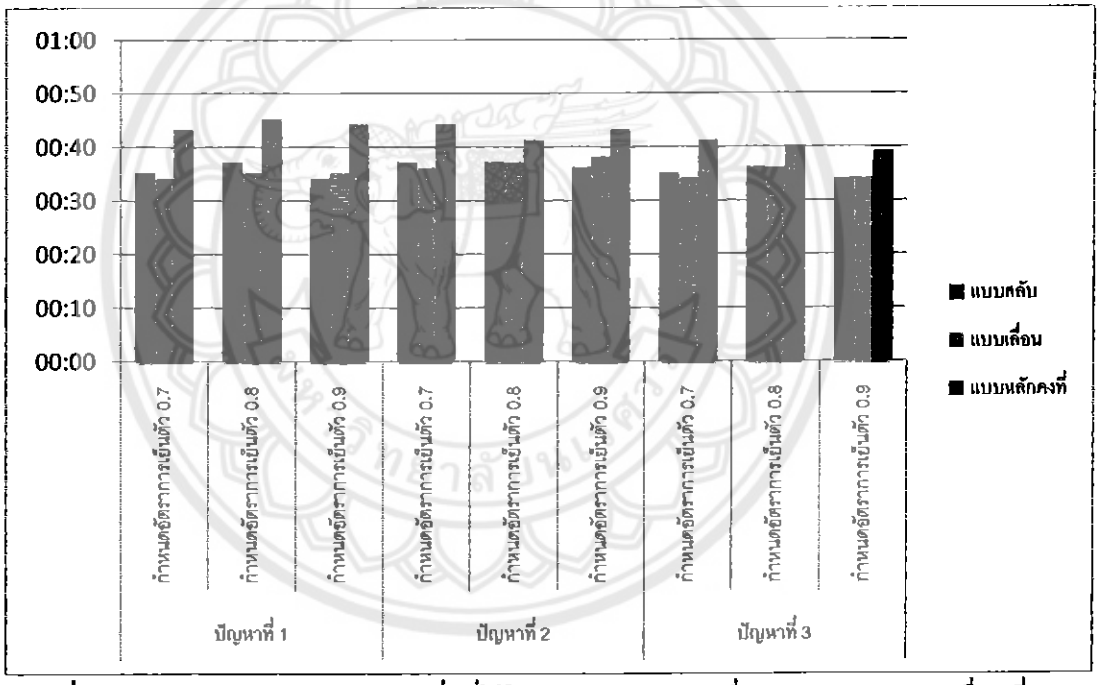
หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์	
	ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด (%)	ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด (%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 6										
1.แบบสลับ	582.09	550.45	573.18	550.75	574.05	550.45	-1.55	0.05	-0.15	0.05
2.แบบเลื่อน	595.11	581.85	637.57	590.95	594.17	545.75	6.66	1.54	6.81	7.65
3.แบบหลักคงที่	618.91	579.85	632.62	616.65	652.29	607.05	2.17	5.97	-3.11	1.56
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 7										
1.แบบสลับ	274.53	250.95	264.00	249.95	269.15	261.25	-3.99	-0.40	-1.95	-4.52
2.แบบเลื่อน	278.03	260.55	290.77	261.75	275.31	249.95	4.38	0.46	5.32	4.51
3.แบบหลักคงที่	284.20	265.85	290.43	263.65	292.03	267.65	2.15	-0.83	-0.55	-1.52
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 8										
1.แบบสลับ	597.17	569.45	584.67	569.45	600.84	569.45	-2.14	0.00	-2.77	0.00
2.แบบเลื่อน	623.28	601.25	652.45	599.45	587.09	576.35	4.47	-0.30	10.02	3.85
3.แบบหลักคงที่	660.48	620.25	675.25	609.35	687.58	640.55	2.19	-1.79	-1.83	-5.12
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 9										
1.แบบสลับ	449.40	421.75	432.82	418.25	431.68	410.15	-3.83	-0.84	0.26	1.94
2.แบบเลื่อน	460.62	427.85	451.24	424.15	443.74	425.45	-2.08	-0.87	1.66	-0.31
3.แบบหลักคงที่	458.97	434.65	447.93	426.15	481.94	444.35	-2.46	-1.99	-7.59	-4.27

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น ลบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจะทำให้มีค่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่น้อยกว่า เมื่อกำหนด ค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็นบวก แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน จะทำให้มีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่มากกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1

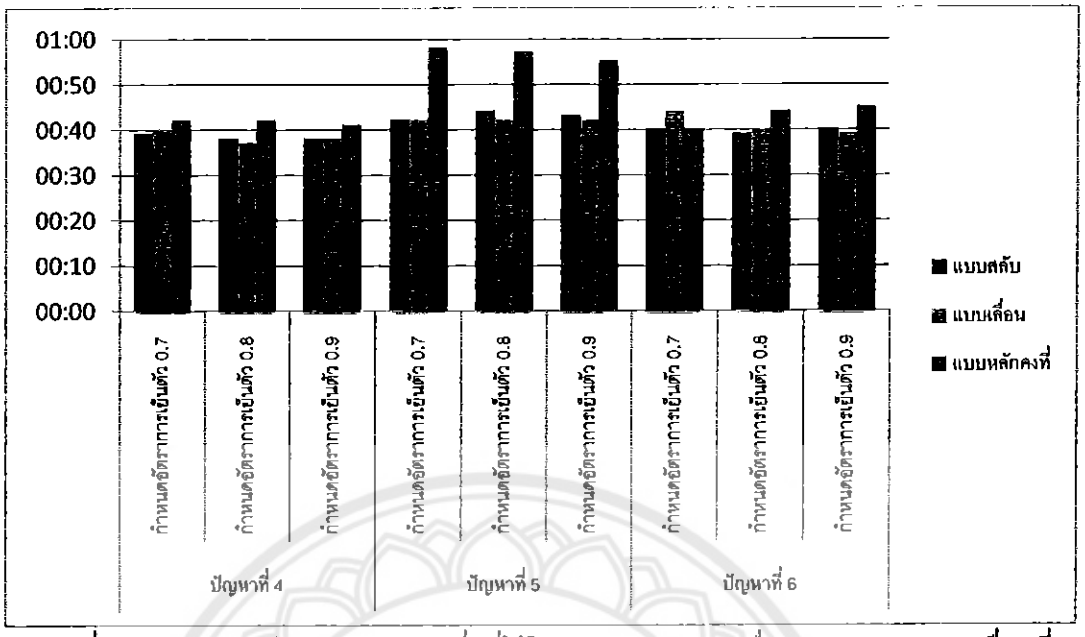
4.2.3 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก

การเปรียบเทียบการใช้เวลาของการประมวลผลเฉลี่ยของปัญหาขนาดเล็ก ระหว่างการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 โดยแสดงการใช้เวลาในการประมวลผลมาเปรียบเทียบ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นั้น แทบจะไม่ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม เพราะมีเวลาในการประมวลผลที่ใกล้เคียงกันมาก แสดงดังตารางที่ 4.11

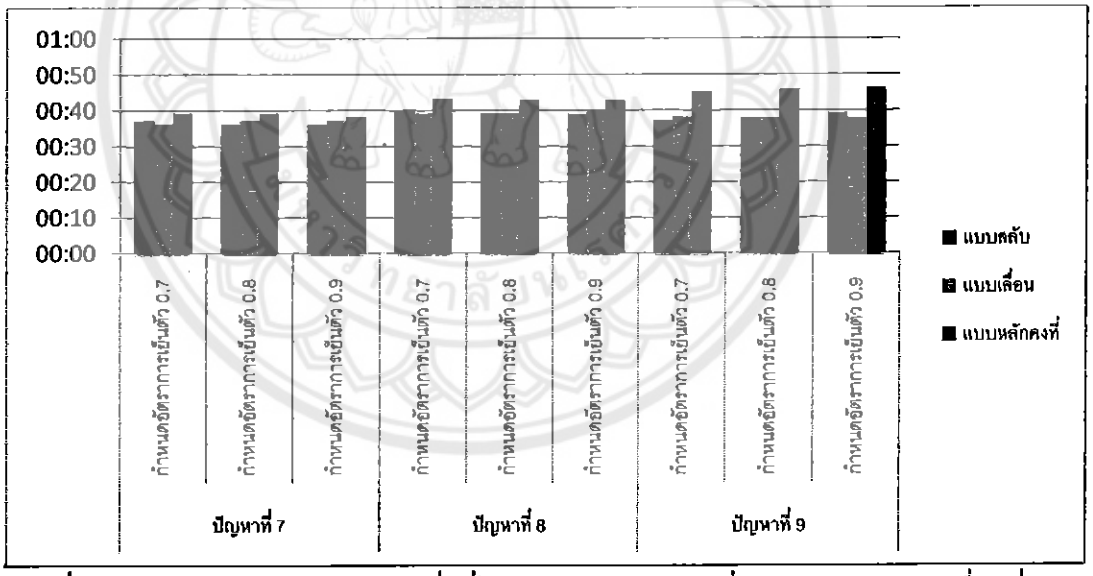
จะให้เห็นว่า ในแต่ละ Neighborhood search ที่แตกต่างกัน เวลาในการประมวลผลใกล้ก็จะแตกต่างกันไป ซึ่งหลักพิจารณาแบบสลับ และหลักพิจารณาแบบเลื่อน มีค่าเฉลี่ยของการใช้เวลาในการประมวลผลใกล้เคียงกันมากที่สุด ส่วนหลักพิจารณาแบบคงที่มีค่าเฉลี่ยการใช้เวลาในการประมวลผลมากที่สุด เกือบจะทุกปัญหา ยกเว้น ปัญหาที่ 6 ที่ อัตราการเย็นตัวที่ 0.7 แสดงดังรูปที่ 4.5-4.7



รูปที่ 4.5 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดเล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 1 – 3



รูปที่ 4.6 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดเล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์**ของปัญหาที่** 4 - 6



รูปที่ 4.7 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดเล็กเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 7 - 9

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ0.9	
	เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)	เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1										
1.แบบสลับ	00:35	00:34	00:37	00:36	00:34	00:31	5.41	5.56	8.11	13.89
2.แบบเลื่อน	00:34	00:33	00:35	00:35	00:35	00:33	2.86	5.71	0.00	5.71
3.แบบหลักคงที่	00:43	00:42	00:45	00:43	00:44	00:41	4.44	2.33	2.22	4.65
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2										
1.แบบสลับ	00:37	00:37	00:37	00:36	00:36	00:36	0.00	-2.78	2.70	0.00
2.แบบเลื่อน	00:36	00:36	00:37	00:36	00:38	00:36	2.70	0.00	-2.70	0.00
3.แบบหลักคงที่	00:44	00:41	00:41	00:39	00:43	00:41	-7.32	-5.13	-4.88	-5.13
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 3										
1.แบบสลับ	00:35	00:35	00:36	00:35	00:34	00:33	2.78	0.00	5.56	5.71
2.แบบเลื่อน	00:34	00:34	00:36	00:34	00:34	00:33	5.56	0.00	5.56	2.94
3.แบบหลักคงที่	00:41	00:40	00:40	00:39	00:39	00:39	-2.50	-2.56	2.50	0.00
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 4										
1.แบบสลับ	00:39	00:38	00:38	00:38	00:38	00:38	-2.63	0.00	0.00	0.00
2.แบบเลื่อน	00:40	00:37	00:37	00:35	00:38	00:37	-8.00	-5.71	-2.60	-5.71
3.แบบหลักคงที่	00:42	00:41	00:42	00:41	00:41	00:41	0.00	0.00	2.38	0.00
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 5										
1.แบบสลับ	00:42	00:42	00:44	00:43	00:43	00:42	4.55	2.33	2.27	2.33
2.แบบเลื่อน	00:42	00:42	00:42	00:42	00:42	00:41	0.00	0.00	0.00	2.38
3.แบบหลักคงที่	00:58	00:50	00:57	00:49	00:55	00:50	-1.75	-2.04	3.51	-2.04

ตารางที่ 4.11(ต่อ) การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดเล็ก

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.7 กับ0.8		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.7 กับ0.9	
	เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)	เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 6										
1.แบบสลับ	00:40	00:39	00:39	00:39	00:40	00:39	-2.56	0.00	-2.56	0.00
2.แบบเลื่อน	00:44	00:41	00:40	00:38	00:39	00:38	-10.00	-7.89	2.50	0.00
3.แบบหลักคงที่	00:40	00:40	00:44	00:44	00:45	00:44	9.09	9.09	-2.27	0.00
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 7										
1.แบบสลับ	00:37	00:36	00:36	00:36	00:36	00:36	-2.78	0.00	0.00	0.00
2.แบบเลื่อน	00:36	00:36	00:37	00:35	00:37	00:36	2.70	-2.86	0.00	-2.86
3.แบบหลักคงที่	00:39	00:38	00:39	00:38	00:38	00:38	0.00	0.00	2.56	0.00
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 8										
1.แบบสลับ	00:40	00:38	00:39	00:38	00:39	00:38	-2.56	0.00	0.89	0.00
2.แบบเลื่อน	00:39	00:38	00:39	00:38	00:40	00:38	0.00	0.00	-2.37	0.00
3.แบบหลักคงที่	00:43	00:41	00:43	00:41	00:43	00:42	-0.80	0.00	0.00	-2.44
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 9										
1.แบบสลับ	00:37	00:37	00:38	00:37	00:39	00:37	1.90	0.00	-3.40	0.00
2.แบบเลื่อน	00:38	00:37	00:38	00:37	00:38	00:38	-0.84	0.00	0.00	-2.70
3.แบบหลักคงที่	00:45	00:41	00:46	00:40	00:46	00:43	1.34	-2.50	-0.86	-7.50

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น ลบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจะทำให้มีค่าการใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น บวก แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน จะทำให้มีค่าการใช้เวลาในการประมวลผล ที่มากกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน

4.3 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลาง

หลังจากได้ทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งจะมีในลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ที่ได้มีการกำหนดขึ้นเองทั้งหมด 9 ปัญหา โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมการวางผังโรงงานโดยวิธีการอบอ่อนจำลองคือ Windows 7 Professional Intel Core 2 Duo CPU Processor T6600 (2.20 GHz, 800 MHz FSB, 2MB L2 cache), 2.00 GB DDR2, Hard disk SATA II 320 GB

4.3.1 การแสดงผลลัพธ์เมื่อมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง

เป็นการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทั้ง 9 ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการอบอ่อนทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นี้จะมีจำนวนรอบในการหาคำตอบทั้งหมดเท่ากัน กล่าวคือ จะมีจำนวนอุณหภูมิในการหาคำตอบจำนวน 70 ครั้ง และในแต่ละอุณหภูมิจะมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบคือ 10 ครั้ง รวมแล้วจะมีจำนวนรอบทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบคือ 700 รอบ ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 1 **ของปัญหาขนาดกลาง**

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	779.88	734.90	22.33	02:26	02:24	00:01	20	60
2.แบบเลื่อน	825.67	755.40	41.87	02:23	02:21	00:01	30	79
3.แบบหลักคงที่	977.56	909.8	60.34	03:12	02:59	00:09	10	70
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	784.91	754.40	19.74	02:28	02:22	00:03	20	55
2.แบบเลื่อน	809.19	776.80	20.82	02:22	02:17	00:03	10	70
3.แบบหลักคงที่	943.7	890.20	51.19	03:16	02:57	00:13	10	44
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	783.14	755.40	20.05	02:23	02:22	00:02	20	45
2.แบบเลื่อน	820.62	761.30	44.61	02:24	02:23	00:02	40	79
3.แบบหลักคงที่	957.87	927.50	30.67	03:14	02:59	00:10	10	52

จากตารางที่ 4.12 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7 คือ 779.88 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณารอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 52 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 779.88, 784.91 และ783.14 เมตรตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 2 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	2,011.32	1,911.25	52.78	02:44	02:43	00:01	30	49
2.แบบเลื่อน	2,135.53	2,052.95	62.94	02:43	02:39	00:06	20	61
3.แบบหลักคงที่	2,306.44	2,248.85	35.83	03:17	03:11	00:09	10	110
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	1987.39	1,916.55	46.78	02:46	02:43	00:02	40	51
2.แบบเลื่อน	2,054.73	1,993.95	57.86	02:43	02:38	00:05	20	48
3.แบบหลักคงที่	2,285.02	2,157.85	91.38	03:23	03:06	00:10	10	64
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	1,995.81	1,917.45	47.39	02:47	02:45	00:03	20	47
2.แบบเลื่อน	2,054.73	1,993.95	57.86	02:43	02:39	00:05	20	56
3.แบบหลักคงที่	2,267.07	2,211.65	42.91	03:21	03:12	00:11	10	41

จากตารางที่ 4.13 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 2 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.8 คือ 1987.39 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณา รอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 41 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 2,011.32, 1,987.39 และ 1,995.81เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 3 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	1,436.76	1,414.75	12.89	02:34	02:33	00:01	20	49
2.แบบเลื่อน	1,493.67	1,463.95	31.12	02:43	02:39	00:02	30	66
3.แบบหลักคงที่	1,669.82	1,591.85	69.80	03:03	02:55	00:07	10	89
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	1,436.93	1,410.55	24.24	02:35	02:33	00:01	30	57
2.แบบเลื่อน	1,529.72	1,441.55	64.63	02:41	02:38	00:04	30	56
3.แบบหลักคงที่	1,618.75	1,505.75	79.85	03:02	02:53	00:05	20	102
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	1,445.17	1,379.15	42.73	02:34	02:31	00:02	20	60
2.แบบเลื่อน	1,525.57	1,442.45	67.49	02:44	02:37	00:05	40	53
3.แบบหลักคงที่	1,669.23	1,613.35	28.88	03:06	02:56	00:07	10	15

จากตารางที่ 4.14 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 3 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7 คือ 1,436.76 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณา รอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 15 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 1436.76, 1436.93 และ 1445.17 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.15 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 4 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	1,507.56	1,457.2	46.12	02:30	02:31	00:02	20	40
2.แบบเลื่อน	1,609.13	1,485.1	79.87	02:26	02:24	00:04	20	73
3.แบบหลักคงที่	1,772.89	1,622.3	99.06	03:01	02:53	00:09	10	92
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	1,520.65	1,470.3	33.29	02:32	02:31	00:02	30	49
2.แบบเลื่อน	1,634.70	1,497.3	98.71	02:27	02:23	00:02	10	30
3.แบบหลักคงที่	1,707.40	1,547.7	78.69	02:59	02:51	00:09	10	70
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	1,479.35	1,416.2	32.14	02:32	02:30	00:02	20	42
2.แบบเลื่อน	1,652.08	1,570.5	55.84	02:25	02:25	00:02	30	57
3.แบบหลักคงที่	1,772.42	1,703.8	42.74	03:03	02:52	00:09	10	24

จากตารางที่ 4.15 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 4 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.9 คือ 1,479.35เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อ

พิจารณา รอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 24 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 1507.56, 1520.65 และ 1479.35 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าแบบอื่น

ตารางที่ 4.16 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 5 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	3,723.96	3,598.80	76.72	03:01	02:56	00:06	10	42
2.แบบเลื่อน	3,955.65	3,825.80	139.84	03:01	02:59	00:06	10	46
3.แบบหลักคงที่	4,174.38	3,909.90	143.48	03:46	03:34	00:09	30	143
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	3,699.66	3,662.40	33.29	02:54	02:54	00:06	10	41
2.แบบเลื่อน	3,916.03	3,795.10	67.91	02:57	02:51	00:04	10	38
3.แบบหลักคงที่	4,081.39	3,907.40	116.96	03:46	03:31	00:11	10	47
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	3,697.96	3,530.40	94.42	02:58	02:54	00:03	20	39
2.แบบเลื่อน	3,930.96	3,890.60	61.17	03:04	03:02	00:03	20	50
3.แบบหลักคงที่	4,148.67	3,979.50	129.30	03:40	03:34	00:07	10	23

จากตารางที่ 4.16 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 5 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.9 คือ 3,697.96 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณา รอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 23 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 3,723.96, 3,699.66 และ 3,697.96 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ต่ำกว่าแบบอื่น

ตารางที่ 4.17 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 6 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	2,652.94	2,567.50	56.18	02:46	02:46	00:01	10	44
2.แบบเลื่อน	2,842.34	2,768.00	71.31	03:07	02:51	00:09	10	71
3.แบบหลักคงที่	3,090.39	2,843.00	146.25	03:17	03:11	00:05	10	78
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	2,634.86	2,554.70	54.50	02:47	02:46	00:01	10	52
2.แบบเลื่อน	2,854.81	2,709.20	112.34	03:07	02:51	00:20	10	37
3.แบบหลักคงที่	3,020.57	2,879.30	97.58	03:17	03:09	00:09	10	53
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	2,676.3	2,611.60	43.43	02:45	02:45	00:00	20	49
2.แบบเลื่อน	2,876.49	2,751.10	89.82	03:04	02:56	00:10	20	58
3.แบบหลักคงที่	3,122.43	3,002.00	99.78	03:18	03:09	00:07	10	35

จากตารางที่ 4.17 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 6 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.8 คือ 2,634.86 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อ

พิจารณา รอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 23 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 2,652.94, 2,634.86 และ 2,676.3 เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV น้อยกว่าแบบอื่น

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 7 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	1,304.08	1,221.00	53.35	02:30	02:29	00:01	20	53
2.แบบเลื่อน	1,414.51	1,301.10	54.97	02:43	02:29	00:12	30	63
3.แบบหลักคงที่	1,637.8	1,521.80	86.07	02:53	02:49	00:03	10	57
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	1,315.51	1,206.20	55.86	02:32	02:31	00:01	10	39
2.แบบเลื่อน	1,412.91	1,291.20	58.12	02:56	02:39	00:16	20	46
3.แบบหลักคงที่	1,586.35	1,491.20	74.95	02:54	02:43	00:06	10	53
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	1,308.38	1,253.40	49.89	02:31	02:28	00:03	30	52
2.แบบเลื่อน	1,393.24	1,244.20	84.30	02:55	02:45	00:10	20	70
3.แบบหลักคงที่	1,585.71	1,471.20	105.41	02:56	02:48	00:04	10	24

จากตารางที่ 4.18 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 7 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7 คือ 1,304.08 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณา รอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 24 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณา

แบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 1,304.08, 1,315.51 และ 1,308.38เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV น้อยกว่าแบบอื่น

ตารางที่ 4.19 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 8 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	3,274.29	3,128.35	99.62	03:00	03:00	00:00	20	57
2.แบบเลื่อน	3,532.19	3,376.45	126.41	03:26	03:13	00:10	10	63
3.แบบหลักคงที่	3,729.54	3,562.75	125.77	03:36	03:31	00:03	10	78
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	3,287.92	3,159.25	79.79	03:02	03:00	00:01	30	56
2.แบบเลื่อน	3,421.31	3,122.55	143.37	03:28	03:05	00:12	10	61
3.แบบหลักคงที่	3,740.36	3,605.05	207.07	03:36	03:31	00:03	10	27
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	3,256.84	3,133.05	97.18	02:59	02:59	00:01	10	55
2.แบบเลื่อน	3,554.31	3,388.95	132.70	03:14	03:14	00:08	20	54
3.แบบหลักคงที่	3,732.55	3,608.95	85.54	03:33	03:33	00:01	10	40

จากตารางที่ 4.19 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 8 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.9 คือ 3,256.84 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณา รอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 27 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.8 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 3,274.29, 3,287.92 และ 3,256.84เมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV น้อยกว่าแบบอื่น

ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 9 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	2,351.43	2,299.75	34.32	03:03	02:46	00:10	20	39
2.แบบเลื่อน	2,554.87	2,415.15	102.95	03:00	02:55	00:08	20	49
3.แบบหลักคงที่	2,760.94	2,600.25	106.29	03:30	03:23	00:07	10	89
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	2,369.16	2,239.35	90.25	03:04	02:42	00:11	30	60
2.แบบเลื่อน	2,477.34	2,412.35	58.18	03:04	03:00	00:12	20	66
3.แบบหลักคงที่	2,670.52	2,566.05	93.00	03:31	03:13	00:10	20	67
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	2,326.27	2,260.95	59.91	03:03	02:51	00:10	30	51
2.แบบเลื่อน	2,525.37	2,385.05	105.71	03:03	03:00	00:10	20	54
3.แบบหลักคงที่	2,729.11	2,556.05	118.05	03:29	03:14	00:05	10	22

จากตารางที่ 4.20 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 9 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ยและค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

เมื่อมีการพิจารณาค่าระยะทางเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.9 คือ 2,326.27เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณา รอบที่เจอในการหาคำตอบที่ดีโดยเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือรอบที่ 22 พบที่อัตราการเย็นตัว 0.9 แบบหลักคงที่ สังเกตว่าเมื่อพิจารณาคำตอบ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 ของ หลักการพิจารณาแบบสลับซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เป็น 2,351.43, 2,369.16 และ 2,326.27 เมตรตามลำดับ ซึ่งให้ค่าคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV น้อยกว่าแบบอื่น

4.3.2 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1-9 ของปัญหาขนาดกลาง จะพบว่าทั้ง 9 ปัญหามีความสอดคล้องกันคือ เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยเฉลี่ย ที่น้อยที่สุดทุกคำตอบอยู่ที่ Neighborhood search แบบสลับแต่จะพบในอัตราการเย็นตัวที่ต่างกัน ซึ่งหากพิจารณาทีละอัตราการเย็นตัวจะพบว่า Neighborhood search แบบสลับให้ผลลัพธ์ ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยเฉลี่ย น้อยที่สุดทุกปัญหา สามารถดูภาพโดยรวมแสดงดังตารางที่ 4.21

และเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างไม่เปลี่ยนพารามิเตอร์ (อัตราการเย็นตัว 0.8) กับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (อัตราการเย็นตัว 0.7 และ 0.9) จะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างค่อนข้างมากแสดงดังตารางที่ 4.21 ซึ่งส่งผลต่อการหาผลลัพธ์เป็นอย่างมาก

และเมื่อเปรียบเทียบ Neighborhood search ในแต่ละแบบจะส่งผลต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยตรง แต่ละแบบก็จะให้ค่าที่มีแนวโน้มต่างกัน เช่นในปัญหาขนาดกลางนี้ แบบสลับจะมีแนวโน้มให้ค่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยเฉลี่ย ดีที่สุด

ตารางที่ 4.21 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้น เมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.9	
	ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด(%)	ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 1										
1.แบบสลับ	779.88	734.90	784.91	754.40	783.14	755.40	0.64	2.58	0.23	-0.13
2.แบบเลื่อน	825.67	755.40	809.19	776.80	820.62	761.30	-2.04	2.75	-1.41	2.00
3.แบบหลักคงที่	977.56	909.80	943.70	890.20	957.87	927.50	-3.59	-2.20	-1.50	-4.19
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 2										
1.แบบสลับ	2,011.32	1,911.25	1,987.39	1,916.55	1,995.81	1,917.45	-1.20	0.28	-0.42	-0.05
2.แบบเลื่อน	2,135.53	2,052.95	2,054.73	1,993.95	2,054.73	1,993.95	-3.93	-2.96	0.00	0.00
3.แบบหลักคงที่	2,306.44	2,248.85	2,285.02	2,157.85	2,267.07	2,211.65	-0.94	-4.22	0.79	-2.49
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3										
1.แบบสลับ	1,436.76	1,414.75	1,436.93	1,410.55	1,445.17	1,379.15	0.01	-0.30	-0.57	2.23
2.แบบเลื่อน	1,493.67	1,463.95	1,529.72	1,441.55	1,525.57	1,442.45	2.36	-1.55	0.27	-0.06
3.แบบหลักคงที่	1,669.82	1,591.85	1,618.75	1,505.75	1,669.23	1,613.35	-3.15	-5.72	-3.12	-7.15
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4										
1.แบบสลับ	1,507.56	1,457.20	1,520.65	1,470.30	1,479.35	1,416.20	0.86	0.89	2.72	3.68
2.แบบเลื่อน	1,609.13	1,485.10	1,634.70	1,497.30	1,652.08	1,570.50	1.56	0.81	-1.06	-4.89
3.แบบหลักคงที่	1,772.89	1,622.30	1,707.40	1,547.70	1,772.42	1,703.80	-3.84	-4.82	-3.81	-10.09
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 5										
1.แบบสลับ	3,723.96	3,598.80	3,699.66	3,662.40	3,697.96	3,530.40	-0.66	1.74	0.05	3.60
2.แบบเลื่อน	3,955.65	3,825.80	3,916.03	3,795.10	3,930.96	3,890.60	-1.01	-0.81	-0.38	-2.52
3.แบบหลักคงที่	4,174.38	3,909.90	4,081.39	3,907.40	4,148.67	3,979.50	-2.28	-0.06	-1.65	-1.85

ตารางที่ 4.21(ต่อ) การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้นเมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง

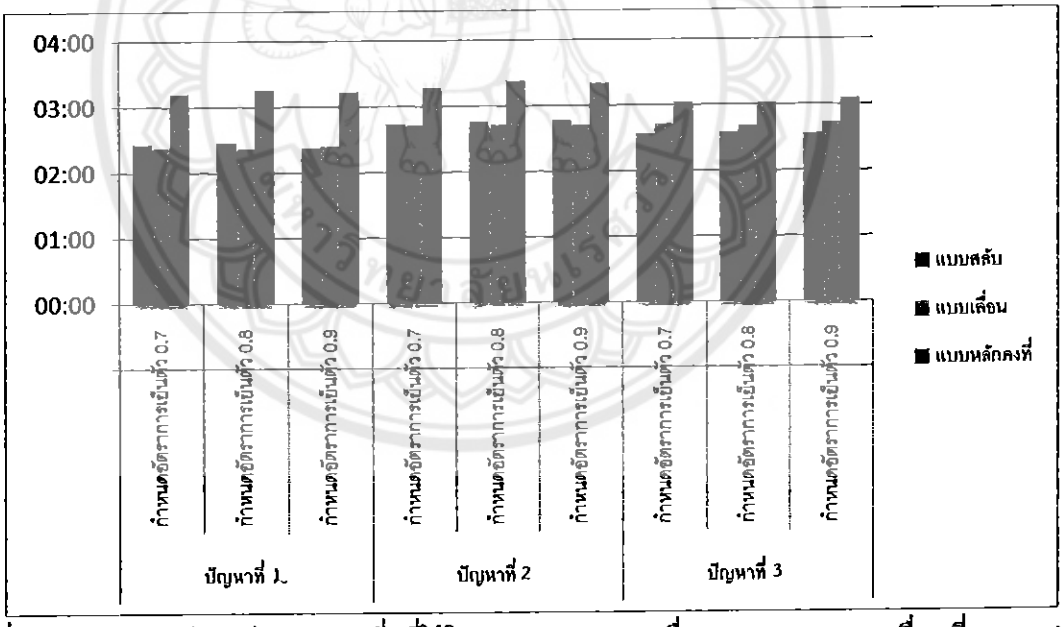
หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.9	
	ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด(%)	ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 6										
1.แบบสลับ	2,652.94	2,567.50	2,634.86	2,554.70	2,676.30	2,611.60	-0.69	-0.50	-1.57	-2.23
2.แบบเลื่อน	2,842.34	2,768.00	2,854.81	2,709.20	2,876.49	2,751.10	0.44	-2.17	-0.76	-1.55
3.แบบหลักคงที่	3,090.39	2,843.00	3,020.57	2,879.30	3,122.43	3,002.00	-2.31	1.26	-3.37	-4.26
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 7										
1.แบบสลับ	1,304.08	1,221.00	1,315.51	1,206.20	1,308.38	1,253.40	0.87	-1.23	0.54	-3.91
2.แบบเลื่อน	1,414.51	1,301.10	1,412.91	1,291.20	1,393.24	1,244.20	-0.11	-0.77	1.39	3.64
3.แบบหลักคงที่	1,637.80	1,521.80	1,586.35	1,491.20	1,585.71	1,471.20	-3.24	-2.05	0.04	1.34
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 8										
1.แบบสลับ	3274.29	3128.35	3,287.92	3159.25	3,256.84	3133.05	0.41	0.98	0.95	0.83
2.แบบเลื่อน	3,532.19	3376.45	3,421.31	3122.55	3,554.31	3388.95	-3.24	-8.13	-3.89	-8.53
3.แบบหลักคงที่	3,729.54	3562.75	3,740.36	3605.05	3,732.55	3608.95	0.29	1.17	0.21	-0.11
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 9										
1.แบบสลับ	2351.43	2299.75	2,369.16	2239.35	2,326.27	2260.95	0.75	-2.70	1.81	-0.96
2.แบบเลื่อน	2554.87	2415.15	2,477.34	2412.35	2,525.37	2385.05	-3.13	-0.12	-1.94	1.13
3.แบบหลักคงที่	2760.94	2600.25	2,670.52	2566.05	2,729.11	2556.05	-3.39	-1.33	-2.19	0.39

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น ลบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจะทำให้มีค่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGVที่น้อยกว่า เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น บวก แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจะทำให้มีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่มากกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน

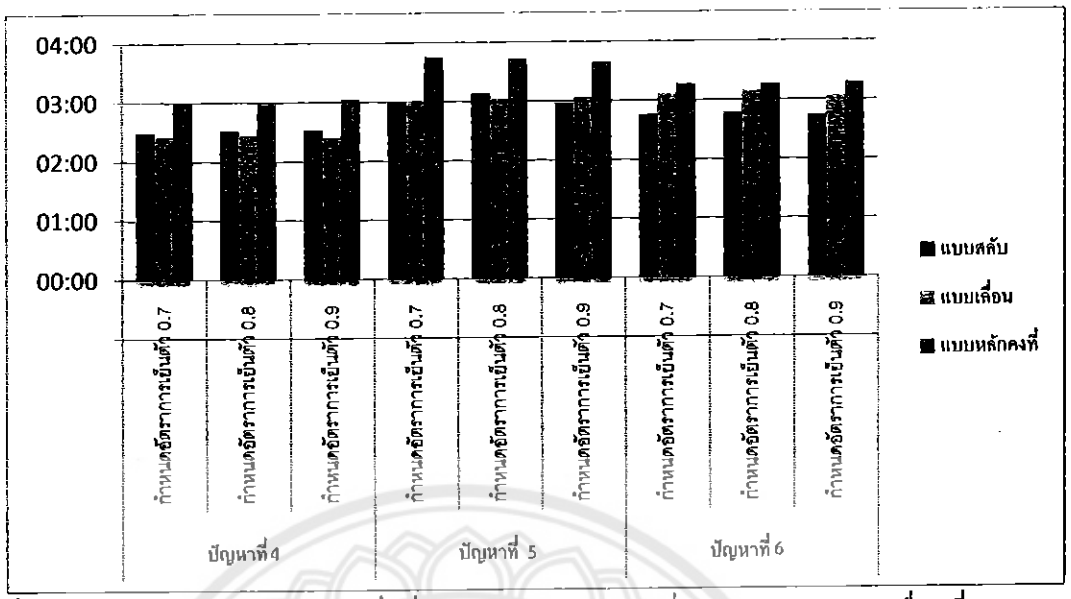
4.3.3 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง

การเปรียบเทียบการใช้เวลาของการประมวลผลเฉลี่ยของปัญหาขนาดกลาง ระหว่างการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 โดยแสดงการใช้เวลาในการประมวลผลมาเปรียบเทียบ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นั้น แทบจะไม่ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม เพราะแต่ละพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปมีเวลาในการประมวลผลที่ใกล้เคียงกันมาก แสดงดังตารางที่ 4.22

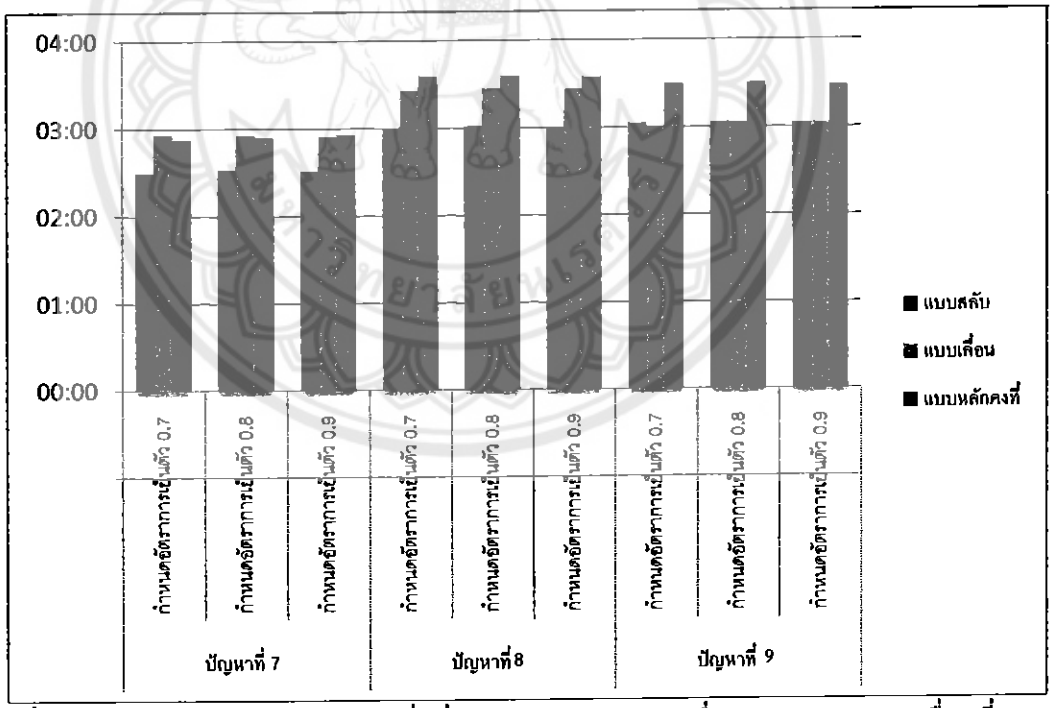
พิจารณาการเปรียบเทียบการใช้เวลาของการประมวลผลเฉลี่ยของปัญหาขนาดกลาง ระหว่างการกำหนดอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อน 0.7 การกำหนดอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อน 0.8 และการกำหนดอัตราการเย็นตัว ในการอบอ่อน 0.9 โดยแสดงการใช้เวลาในการประมวลผลมาเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 4.8-4.10 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นั้น ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม แต่ส่วนมากเวลาในการประมวลผลจะขึ้นอยู่กับหลักในการทำ Neighborhood search ซึ่งหลักพิจารณาแบบสลับ และหลักพิจารณาแบบเลื่อน มีค่าเฉลี่ยของการใช้เวลาในการประมวลผลใกล้เคียงกันมากที่สุด ส่วนหลักพิจารณาแบบคงที่มีค่าเฉลี่ยการใช้เวลาในการประมวลผลมากที่สุด



รูปที่ 4.8 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดกลางเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 1-3



รูปที่4.9 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดกลางเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 4-6



รูปที่4.10 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดกลางเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 7-9

ตารางที่ 4.22 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ0.9	
	เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)	เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 1										
1.แบบสลับ	02:26	02:24	02:28	02:22	02:23	02:22	1.46	-1.41	3.49	0.00
2.แบบเลื่อน	02:23	02:21	02:22	02:17	02:24	02:23	-0.69	-2.92	-1.39	-4.38
3.แบบหลักคงที่	03:12	02:59	03:16	02:57	03:14	02:59	1.93	-1.13	0.91	-1.13
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 2										
1.แบบสลับ	02:44	02:43	02:46	02:43	02:47	02:45	1.06	0.00	-0.75	-1.23
2.แบบเลื่อน	02:43	02:39	02:43	02:38	02:43	02:39	0.00	-0.63	0.00	-0.63
3.แบบหลักคงที่	03:17	03:11	03:23	03:06	03:21	03:12	2.97	-2.69	1.00	-3.23
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3										
1.แบบสลับ	02:34	02:33	02:35	02:33	02:34	02:31	0.65	0.00	0.65	1.31
2.แบบเลื่อน	02:43	02:39	02:41	02:38	02:44	02:37	-0.98	-0.63	-1.60	0.63
3.แบบหลักคงที่	03:03	02:55	03:02	02:53	03:06	02:56	-0.54	-1.16	-2.19	-1.73
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4										
1.แบบสลับ	02:30	02:31	02:32	02:31	02:32	02:30	1.28	0.00	-0.03	0.66
2.แบบเลื่อน	02:26	02:24	02:27	02:23	02:25	02:25	0.98	-0.70	1.65	-1.40
3.แบบหลักคงที่	03:01	02:53	02:59	02:50	03:03	02:52	-1.22	-1.76	-2.34	-1.18
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 5										
1.แบบสลับ	03:01	02:56	03:08	02:54	02:58	02:54	3.84	-1.15	5.44	0.00
2.แบบเลื่อน	03:01	02:59	03:03	02:57	03:04	03:02	0.96	-1.13	-0.68	-2.82
3.แบบหลักคงที่	03:46	03:34	03:44	03:31	03:40	03:34	-0.93	-1.42	1.75	-1.42

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดกลาง

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ0.9	
	เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)		เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)	เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 6										
1.แบบสลับ	02:46	02:46	02:47	02:46	02:45	02:45	0.89	0.00	1.48	0.60
2.แบบเลื่อน	03:07	02:51	03:10	02:51	03:04	02:56	1.43	0.00	3.02	-2.92
3.แบบหลักคงที่	03:17	03:11	03:17	03:09	03:18	03:09	-0.04	-1.06	-0.55	0.00
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 7										
1.แบบสลับ	02:30	02:29	02:32	02:31	02:31	02:28	1.38	1.32	0.72	1.99
2.แบบเลื่อน	02:56	02:43	02:56	02:39	02:55	02:45	0.00	-2.52	0.60	-3.77
3.แบบหลักคงที่	02:53	02:49	02:54	02:43	02:56	02:48	0.86	-3.68	-0.86	-3.07
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 8										
1.แบบสลับ	03:00	03:00	03:02	03:00	03:00	02:59	0.89	0.00	0.89	0.56
2.แบบเลื่อน	03:26	03:13	03:28	03:05	03:27	03:14	0.75	-4.32	0.27	-4.86
3.แบบหลักคงที่	03:36	03:31	03:36	03:31	03:35	03:33	0.00	0.00	0.46	-0.95
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 9										
1.แบบสลับ	03:03	02:46	03:04	02:42	03:03	02:51	0.36	-2.47	0.36	-5.56
2.แบบเลื่อน	03:00	02:55	03:04	03:00	03:03	03:00	1.94	2.78	0.31	0.00
3.แบบหลักคงที่	03:30	03:23	03:31	03:13	03:29	03:14	0.33	-5.18	0.81	-0.52

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น ลบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจะทำให้มีค่าการใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น บวก แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน จะทำให้มีค่าการใช้เวลาในการประมวลผล ที่มากกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน

4.4 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่

หลังจากได้ทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งจะมีในลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ที่ได้มีการกำหนดขึ้นเองทั้งหมด 9 ปัญหา

โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมการวางผังโรงงานโดยวิธีการอบอ่อนจำลองคือ Windows 7 Professional Intel Core 2 Duo CPU Processor T6600 (2.20 GHz, 800 MHz FSB, 2MB L2 cache), 2.00 GB DDR2, Hard disk SATA II 320 GB

4.4.1 การแสดงผลลัพธ์เมื่อมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่

เป็นการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทั้ง 9 ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการอบอ่อนทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นี้จะมีจำนวนรอบในการหาคำตอบทั้งหมดเท่ากัน กล่าวคือ จะมีจำนวนอุณหภูมิในการหาคำตอบจำนวน 70 ครั้ง และในแต่ละอุณหภูมิจะมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบคือ 10 ครั้ง รวมแล้วจะมีจำนวนรอบทั้งหมดที่ใช้ในการหาคำตอบคือ 700 รอบ ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม

ตารางที่ 4.23 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 1 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	1827.84	1,723.65	50.75	04:55	04:46	00:05	60	103
2.แบบเลื่อน	1,967.12	1,848.45	92.88	05:37	05:22	00:10	50	109
3.แบบหลักคงที่	2,342.95	2,289.65	57.98	06:25	05:55	00:20	10	52
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	1,794.71	1,729.45	43.90	04:56	04:45	00:09	60	116
2.แบบเลื่อน	1,983.71	1,854.15	90.08	05:35	05:24	00:22	50	99
3.แบบหลักคงที่	2315.1	2162.35	78.04	06:22	05:57	00:16	10	31
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 1 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	1,810.96	1,751.25	44.70	04:54	04:47	00:07	60	94
2.แบบเลื่อน	1,983.71	1,854.15	90.08	05:29	05:03	00:06	50	99
3.แบบหลักคงที่	2,296.34	2,251.65	95.28	06:17	05:55	00:13	10	52

จากตารางที่ 4.23 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ 3 แบบ จะให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถAGVโดยค่าคำตอบของหลักการพิจารณาแบบสลับ อัตราการเย็นตัวที่ 0.8 จะให้ค่าระยะทางเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของรถ AGV 1,794.71 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 แบบ จะสังเกตได้ว่ารอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดของหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่ของอัตราการเย็นตัวทั้ง 3 แบบนั้น จะพบคำตอบในรอบที่ 10 ซึ่งเป็นรอบที่ดีที่สุดนั่นหมายความว่ายิ่งรอบในการหาคำตอบมีค่าน้อยก็จะพบคำตอบที่ดีที่สุดของรอบนั้นเร็วมากขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยของรอบที่เจอในการหาคำตอบในรอบที่น้อยที่สุด คือ ปัญหาที่ 19 อัตราการเย็นตัว 0.8 รอบเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดคือรอบที่ 31 ของแบบหลักคงที่

ตารางที่ 4.24 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 2 **ของปัญหาขนาดใหญ่**

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	3,944.35	3,775.25	85.55	06:15	05:56	00:12	50	118
2.แบบเลื่อน	4,329.11	4,159.15	102.20	06:12	05:42	00:14	70	112
3.แบบหลักคงที่	4,937.12	4,613.55	165.18	07:56	07:53	00:13	10	96
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	4,003.92	3,823.25	116.05	06:10	05:53	00:13	60	106
2.แบบเลื่อน	4,195.18	4,061.35	130.35	06:11	05:45	00:17	110	174
3.แบบหลักคงที่	4,991.69	4,824.75	122.96	07:58	07:51	00:11	10	51
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 2 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	3,927.60	3,736.65	101.49	06:06	05:56	00:15	50	89
2.แบบเลื่อน	4,297.11	4,101.45	135.35	06:07	05:53	00:13	40	191
3.แบบหลักคงที่	5,031.16	4,766.25	148.50	07:59	07:54	00:08	10	26

จากตารางที่ 4.24 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 2 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ทั้ง 3 แบบ เวลาเฉลี่ยในการประมวลผลหลักการพิจารณาแบบสลับ และหลักการพิจารณาแบบเลื่อนแล้วพบว่า หลักการพิจารณาแบบสลับ อัตราการเย็นตัวที่ 0.7, 0.8 และ 0.9 ใช้เวลาในการประมวลผล 06:15, 06:10 ,06:06นาที ตามลำดับ ส่วนหลักการพิจารณาแบบเลื่อน อัตราการเย็นตัวที่ 0.7, 0.8 และ 0.9 ใช้เวลาในการประมวลผล 06:12, 06:11 และ 06:07นาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของหลักการพิจารณาแบบสลับ และหลักการพิจารณาแบบเลื่อนนั้น จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลของปัญหาที่ 20 ใกล้เคียงกัน แต่หลักการพิจารณาแบบหลักคงที่ อัตราการเย็นตัวที่ 0.7, 0.8 และ 0.9 นั้นจะใช้เวลาในการประมวลผล 07:56, 07:51 และ 07:54นาที ตามลำดับ ซึ่งหลักการแบบหลักคงที่นั้นจำใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น ในปัญหาข้อที่ 20 นี้ เมื่อมีการพิจารณาค่าเฉลี่ยระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ของหลักการพิจารณาแบบสลับ หลักการพิจารณาแบบเลื่อน และหลักการพิจารณาแบบคงที่แล้วพบว่า หลักการพิจารณาแบบสลับ ที่อัตราการเย็นตัว 0.7 ,0.8 , และ 0.9 นั้นให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV คือ 3,944.35, 4,003.92 และ 3,927.60เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหลักพิจารณาแบบเลื่อน กับหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่

ตารางที่ 4.25 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 3 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	2,855.12	2,732.05	71.47	05:40	05:36	00:11	70	111
2.แบบเลื่อน	3165.59	3059.05	145.86	05:45	05:39	00:11	70	125
3.แบบหลักคงที่	3590.86	3375.25	145.86	07:26	07:17	00:14	20	110
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	2,878.33	2,752.85	71.33	05:40	05:34	00:10	90	126
2.แบบเลื่อน	3,130.86	2,895.75	106.45	05:43	05:47	00:11	70	160
3.แบบหลักคงที่	3,726.65	3,344.75	199.08	07:26	07:14	00:16	10	143
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 3 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	2,901.18	2,794.55	79.39	05:44	05:35	00:08	70	109
2.แบบเลื่อน	3,146.86	2,971.45	105.15	05:40	05:30	00:11	90	126
3.แบบหลักคงที่	3,691.78	3,296.05	239.42	07:25	07:11	00:17	10	43

จากตารางที่ 4.25 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 3 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดกลาง จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของอัตราการเย็นตัว 0.7 นั้นหลักการพิจารณาแบบสลับ หลักการพิจารณาแบบเลื่อน และหลักการพิจารณาแบบคงที่ มีระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV เป็น 2,855.12, 3165.59 และ3590.86 เมตร เมื่อหลักการพิจารณาแบบสลับที่มีอัตราการเย็นตัวที่ 0.7 แล้วนำไปเทียบกับหลักการพิจารณาแบบอื่น ที่มีค่าอัตรา การเย็นตัวที่ 0.8 และ 0.9 แล้วพบว่า อัตราการเย็นตัวไม่ส่งผลต่อผลลัพธ์ในการหาคำตอบ แต่จะขึ้นอยู่กับชนิดของหลักการที่ใช้ในการพิจารณา ระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV นั้นหลักการพิจารณาแบบสลับให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าหลักพิจารณาแบบเลื่อน และหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่

ตารางที่ 4.26 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 4 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	3,159.18	3,066.80	49.65	05:31	05:10	00:11	70	221
2.แบบเลื่อน	3,582.17	3,532.00	85.63	05:54	05:41	00:09	40	212
3.แบบหลักคงที่	3,903.20	3,546.70	192.86	07:13	07:08	00:05	10	37
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	3,155.64	2,950.00	79.76	05:32	05:11	00:09	70	125
2.แบบเลื่อน	3,620.42	3,456.50	114.44	05:50	05:37	00:11	60	257
3.แบบหลักคงที่	3955.40	3,7670	85.96	07:15	07:08	00:09	10	70
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 4 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	3,238.65	3,142.50	68.38	05:29	05:16	00:13	70	116
2.แบบเลื่อน	3,672.17	3,578.70	103.96	05:51	05:40	00:10	50	169
3.แบบหลักคงที่	3,991.15	3,764.20	134.83	07:13	07:08	00:06	10	28

จากตารางที่ 4.26 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 4 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่น้อยที่สุดของหลักการพิจารณาแบบสลับ อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 นั้นมีระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV เป็น 3,066.80, 2,950.00 และ 3,142.50 เมตร เมื่อเทียบคำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของหลักการพิจารณาแบบอื่นแล้ว หลักการพิจารณาแบบสลับจะให้คำตอบน้อยกว่ามาก นั่นหมายถึงหลักการพิจารณาแบบสลับนั้นมีประสิทธิภาพในการหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV มากกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.27 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 5 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	7065.52	6755.3	191.62	06:47	06:03	00:26	60	197
2.แบบเลื่อน	7906.95	7398.10	271.51	07:54	07:22	00:20	50	180
3.แบบหลักคงที่	8422.41	8038	255.79	08:09	07:59	00:10	20	111
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	7065.75	6755.3	191.41	06:49	06:07	00:25	60	198
2.แบบเลื่อน	7929.76	7423.2	269.75	07:52	07:28	00:24	40	116
3.แบบหลักคงที่	8489.155	8262.1	130.92	08:09	07:58	00:13	10	96
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	6977.24	6832.3	177.95	06:45	06:11	00:20	70	176
2.แบบเลื่อน	8028.82	7829.4	170.58	07:57	07:19	00:21	50	225
3.แบบหลักคงที่	8503.25	7991.5	289.78	08:08	07:59	00:10	10	62

จากตารางที่ 4.27 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 5 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ทั้ง 3 แบบ เวลาเฉลี่ยในการประมวลผลหลักการพิจารณาแบบสลับ และหลักการพิจารณาแบบเลื่อนแล้วพบว่า หลักการพิจารณาแบบสลับ อัตราการเย็นตัวที่ 0.7, 0.8 และ 0.9 ใช้เวลาในการประมวลผล 06:47, 06:49นาที , 06:45นาที ตามลำดับ ส่วนหลักการพิจารณาแบบเลื่อน อัตราการเย็นตัวที่ 0.7, 0.8 และ 0.9 ใช้เวลาในการประมวลผล 07:54, 07:52 และ 07:57นาที และหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่ อัตราการเย็นตัวที่ 0.7, 0.8 และ 0.9 ใช้เวลาในการประมวลผล 08:09, 08:09 และ 08:08นาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของหลักการพิจารณาแบบสลับใช้เวลาน้อยกว่าหลักการพิจารณาแบบเลื่อน และหลักการพิจารแบบหลักคงที่ ซึ่งหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่นั้นจะใช้เวลาในการประมวลผลมากที่สุด และหลักการพิจารณาที่ใช้เวลาประมวลผลน้อยที่สุดคือ หลักการพิจารณาแบบสลับ และให้คำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ดีกว่าหลักพิจารณาแบบอื่น

ตารางที่ 4.28 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 6 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	5,152.14	4,929.50	111.28	06:00	05:49	00:14	60	255
2.แบบเลื่อน	5,751.14	5,509.80	126.09	06:25	06:14	00:14	110	247
3.แบบหลักคงที่	6,352.28	6,068.40	174.89	07:56	07:51	00:06	10	116
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	5,152.14	4,929.50	111.28	06:01	05:51	00:18	60	255
2.แบบเลื่อน	5,777.85	5,542.20	167.21	06:25	06:11	00:16	40	293
3.แบบหลักคงที่	6,394.44	6,125.70	171.42	07:57	07:53	00:04	10	66
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	5,157.04	5,042.30	99.96	06:02	05:53	00:16	80	250
2.แบบเลื่อน	5,847.35	5,545.40	227.75	06:24	06:15	00:16	50	142
3.แบบหลักคงที่	6,466.085	6,135.80	185.02	07:56	07:54	00:05	10	75

จากตารางที่ 4.28 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 6 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่อัตราการเย็นตัว 0.7 หลักการพิจารณาแบบสลับได้ระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV 5,152.14 เมตร และที่อัตราการเย็นตัว 0.8 หลักการพิจารณาแบบสลับได้ระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV 5,152.14 เมตร จะเห็นได้ว่าแม้ค่าอัตราการเย็นตัวจะมีค่าแตกต่างกัน คำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ก็สามารถมีค่าเท่ากันได้ ซึ่งในปัญหานี้ ระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV 5,152.14 ซึ่งเป็นคำตอบที่ได้จากหลักการพิจารณาทั้งคู่ เป็นระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.29 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 7 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	2,792.68	2,630.20	95.12	05:31	05:21	00:07	50	116
2.แบบเลื่อน	3,161.6	2,999.10	78.01	05:45	05:28	00:09	30	98
3.แบบหลักคงที่	3,527.28	3,337.90	90.55	07:33	07:23	00:11	10	116
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	2,832.47	2,720.80	68.47	05:29	05:13	00:07	50	83
2.แบบเลื่อน	3,168.90	2,986.90	133.41	05:43	05:24	00:09	50	117
3.แบบหลักคงที่	3,532.61	3,422.00	118.98	07:31	07:19	00:13	20	40
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 7 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	2,852.58	2,766.70	76.07	05:30	05:17	00:09	90	92
2.แบบเลื่อน	3,027.43	2,848.2	130.66	05:45	05:34	00:08	50	149
3.แบบหลักคงที่	3,694.33	3,491.10	145.08	07:34	07:26	00:12	10	19

จากตารางที่ 4.29 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 7 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการรอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

จากการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 ส่งผลให้ระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV คือ 2,792.68, 2,832.47 และ 2,852.58 เมตร ตามลำดับ และระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่น้อยที่สุด คือ 2,630.20, 2,720.80 และ 2,766.70 เมตร ตามลำดับ ซึ่งหลักการพิจารณาแบบสลับนั้นสามารถให้คำตอบทั้งค่าระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV และระยะทางการเคลื่อนที่ที่น้อยที่สุดรถ AGV ในข้อกำหนดที่มีอัตราการเย็นตัวที่แตกต่างกันได้

ตารางที่ 4.30 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 8 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	6,265.9	6,126.65	138.20	06:43	06:31	00:12	60	106
2.แบบเลื่อน	6,924.05	6,692.95	173.26	07:04	06:51	00:12	70	125
3.แบบหลักคงที่	7,662.02	7,135.65	316.88	08:30	08:17	00:15	10	90
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	6,307.61	6,126.95	116.25	06:43	06:35	00:12	70	103
2.แบบเลื่อน	6,776.17	6,586.25	138.22	07:03	06:48	00:09	90	161
3.แบบหลักคงที่	7,795.66	7,473.15	176.75	08:29	08:11	00:12	10	60
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 8 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	6,278.21	6,138.45	136.03	06:45	06:28	00:11	60	86
2.แบบเลื่อน	6,898.76	6,616.25	220.95	07:05	06:53	00:11	60	119
3.แบบหลักคงที่	7,714.26	7,500.35	174.55	08:31	08:07	00:14	10	40

จากตารางที่ 4.30 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 8 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่น้อยที่สุด ของอัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 นั้นมีค่าเป็น 7,135.65, 7,473.15 และ 7,500.35 เมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของหลักการพิจารณาแบบสลับ ของอัตราการเย็นตัวที่ 0.7, 0.8 และ 0.9 นั้นมีค่าเป็น 6,265.9, 6,307.61และ 6,278.21 เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.31 ผลลัพธ์ของปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัญหาที่ 9 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ระยะทางรวม (เมตร)			เวลาในการประมวลผล (นาที:วินาที)			Best Iteration	Best Iteration Average
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD		
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.7								
1.แบบสลับ	4630.26	4586.10	45.10	05:27	05:15	00:11	70	98
2.แบบเลื่อน	5057.90	4730.60	172.26	06:05	05:48	00:17	40	110
3.แบบหลักคงที่	5639.24	5442.40	230.08	07:25	07:23	00:08	20	99
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.8								
1.แบบสลับ	4571.07	4291.90	185.30	05:25	05:15	00:12	70	112
2.แบบเลื่อน	5116.75	4931.00	190.70	06:03	05:40	00:17	50	125
3.แบบหลักคงที่	5649.38	5225.80	212.14	07:23	07:16	00:07	10	70
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 9 อัตราการเย็นตัว 0.9								
1.แบบสลับ	4581.17	4291.90	187.63	05:27	05:19	00:13	40	114
2.แบบเลื่อน	5108.77	4752.90	252.55	06:05	05:45	00:15	60	179
3.แบบหลักคงที่	5724.34	5323.70	206.66	07:27	07:20	00:08	10	31

จากตารางที่ 4.31 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 9 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่ จะแสดงระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้งค่าเฉลี่ย และค่าน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดโดยเฉลี่ย และรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดต่ำสุด เมื่อมีการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนเป็น 0.7, 0.8 และ0.9 ซึ่งจะแสดงตามหลักการที่ใช้ในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ

ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่น้อยที่สุดของหลักการพิจารณาแบบสลับ อัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 นั้นมีระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV เป็น 4586.10, 4291.90 และ 4291.90 เมตร ซึ่งระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ทั้ง 3 ค่าที่ได้กล่าวมานั้น จะให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV น้อยกว่าหลักการพิจารณาแบบเลื่อน กับหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่

4.4.2 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่

เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างไม่เปลี่ยนพารามิเตอร์ (อัตราการเย็นตัว 0.8) กับเปลี่ยนพารามิเตอร์ (อัตราการเย็นตัว 0.7 และ 0.9) จะมีร้อยละความแตกต่างค่อนข้างมากแสดงดังตารางที่ 4.32 ซึ่งส่งผลต่อการหาผลลัพธ์เป็นอย่างมาก

จะเห็นได้ว่า ในปัญหาขนาดใหญ่นั้นการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 นั้นส่งผลต่อการหาผลลัพธ์ และหลักการพิจารณาแบบสลับ หลักการพิจารณาแบบเลื่อน และหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่นั้นจะส่งผลต่อคำตอบของปัญหาขนาดใหญ่โดยตรงในด้านการหาระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV และระยะทางการเคลื่อนที่ที่น้อยที่สุดของรถ AGV ซึ่งปัญหาขนาดใหญ่นั้นหลักการพิจารณาแบบสลับ ให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV ให้ค่าน้อยที่สุดในทุกปัญหา

ตารางที่ 4.32 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้นเมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.9	
	ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด(%)	ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 1										
1.แบบสลับ	1,827.84	1,723.65	1,794.71	1,729.45	1,810.96	1,751.25	-1.85	0.34	-0.91	-1.26
2.แบบเลื่อน	1,967.12	1,848.45	1,983.71	1,854.15	1,983.71	1,854.15	0.84	0.31	0.00	0.00
3.แบบหลักคงที่	2,342.95	2,289.65	2,315.10	2,162.35	2,296.34	2,251.65	-1.20	-5.89	0.81	-4.13
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 2										
1.แบบสลับ	3,944.35	3,775.25	4,003.92	3,823.25	3,927.60	3,736.65	1.49	1.26	1.91	2.27
2.แบบเลื่อน	4,329.11	4,159.15	4,195.18	4,061.35	4,297.11	4,101.45	-3.19	-2.41	-2.43	-0.99
3.แบบหลักคงที่	4,937.12	4,613.55	4,991.69	4,824.75	5,031.16	4,766.25	1.09	4.38	-0.79	1.21
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 3										
1.แบบสลับ	2,855.12	2,732.05	2,878.33	2,752.85	2,901.18	2,794.55	0.81	0.76	-0.79	-1.51
2.แบบเลื่อน	3,165.59	3,059.05	3,130.86	2,895.75	3,146.86	2,971.45	-1.11	-5.64	-0.51	-2.61
3.แบบหลักคงที่	3,590.86	3,375.25	3,726.65	3,344.75	3,691.78	3,296.05	3.64	-0.91	0.94	1.46
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 4										
1.แบบสลับ	3,159.18	3,066.80	3,155.64	2,950.00	3,238.65	3,142.50	-0.11	-3.96	-2.63	-6.53
2.แบบเลื่อน	3,582.17	3,532.00	3,620.42	3,456.50	3,672.17	3,578.70	1.06	-2.18	-1.43	-3.54
3.แบบหลักคงที่	3,903.20	3,546.70	3,955.40	3,767.00	3,991.15	3,764.20	1.32	5.85	-0.90	0.07
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5										
1.แบบสลับ	7,065.52	6,755.30	7,065.75	6,755.30	6,977.24	6,832.30	0.00	0.00	1.25	-1.14
2.แบบเลื่อน	7,906.95	7,398.10	7,929.76	7,423.20	8,028.82	7,829.40	0.29	0.34	-1.25	-5.47
3.แบบหลักคงที่	8,422.41	8,038.00	8,489.16	8,262.10	8,503.25	7,991.50	0.79	2.71	-0.17	3.28

ตารางที่ 4.32(ต่อ) การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถ AGV เสร็จสิ้นเมื่อมีการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่

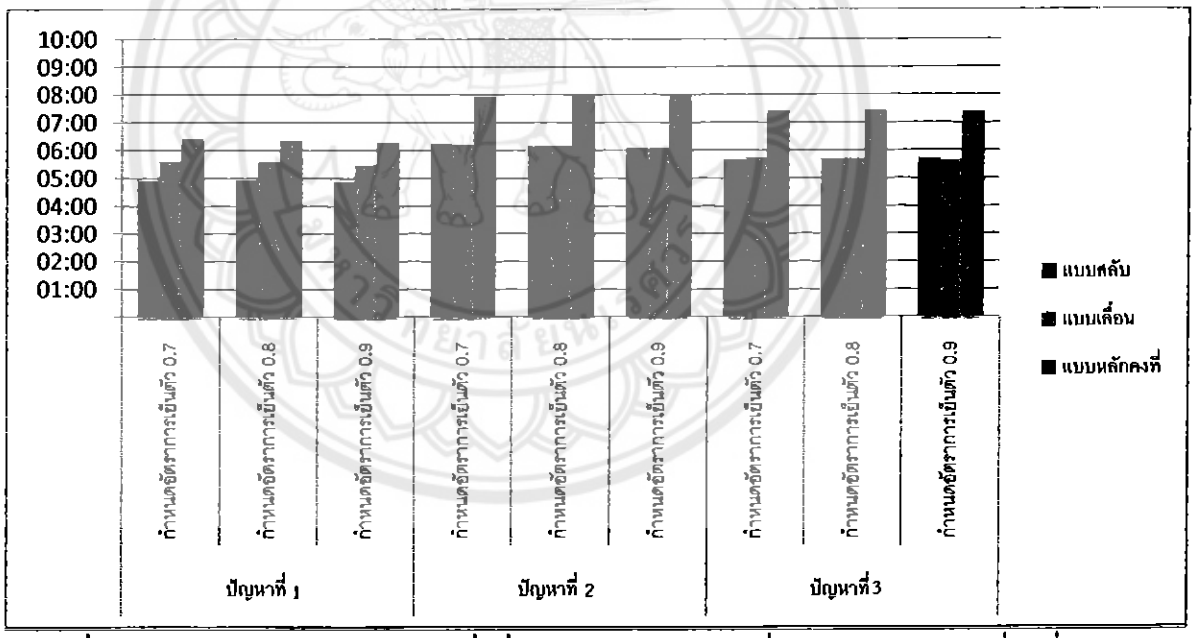
หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ 0.9	
	ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางรวม (เมตร)		ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด(%)	ระยะทางเฉลี่ย(%)	ระยะทางน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6										
1.แบบสลับ	5,152.14	4,929.50	5,152.14	4,929.50	5,157.04	5,042.30	0.00	0.00	-0.10	-2.29
2.แบบเลื่อน	5,751.14	5,509.80	5,777.85	5,542.20	5,847.35	5,545.40	0.46	0.58	-1.20	-0.06
3.แบบหลักคงที่	6,352.28	6,068.40	6,394.45	6,125.70	6,466.09	6,135.80	0.66	0.94	-1.12	-0.16
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 7										
1.แบบสลับ	2,792.68	2,630.20	2,832.47	2,720.80	2,852.58	2,766.70	1.40	3.33	-0.71	-1.69
2.แบบเลื่อน	3,161.60	2,999.10	3,168.90	2,986.90	3,027.43	2,848.20	0.23	-0.41	4.46	4.64
3.แบบหลักคงที่	3,527.28	3,337.90	3,532.61	3,422.00	3,694.33	3,491.10	0.15	2.46	-4.58	-2.02
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 8										
1.แบบสลับ	6,265.90	6,126.65	6,307.61	6,126.95	6,278.21	6,138.45	0.66	0.00	0.47	-0.19
2.แบบเลื่อน	6,924.05	6,692.95	6,776.17	6,586.25	6,898.76	6,616.25	-2.18	-1.62	-1.81	-0.46
3.แบบหลักคงที่	7,662.02	7,135.65	7,795.66	7,473.15	7,714.26	7,500.35	1.71	4.52	1.04	-0.36
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 9										
1.แบบสลับ	4,630.26	4,586.10	4,571.07	4,291.90	4,581.17	4,291.90	-1.29	-6.85	-0.22	0.00
2.แบบเลื่อน	5,057.90	4,730.60	5,116.75	4,931.00	5,108.77	4,752.90	1.15	4.06	0.16	3.61
3.แบบหลักคงที่	5,639.24	5,442.40	5,649.38	5,225.80	5,724.34	5,323.70	0.18	-4.14	-1.33	-1.87

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น ลบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจะทำให้มีค่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGVที่น้อยกว่า เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น บวก แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน จะทำให้มีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่มากกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน

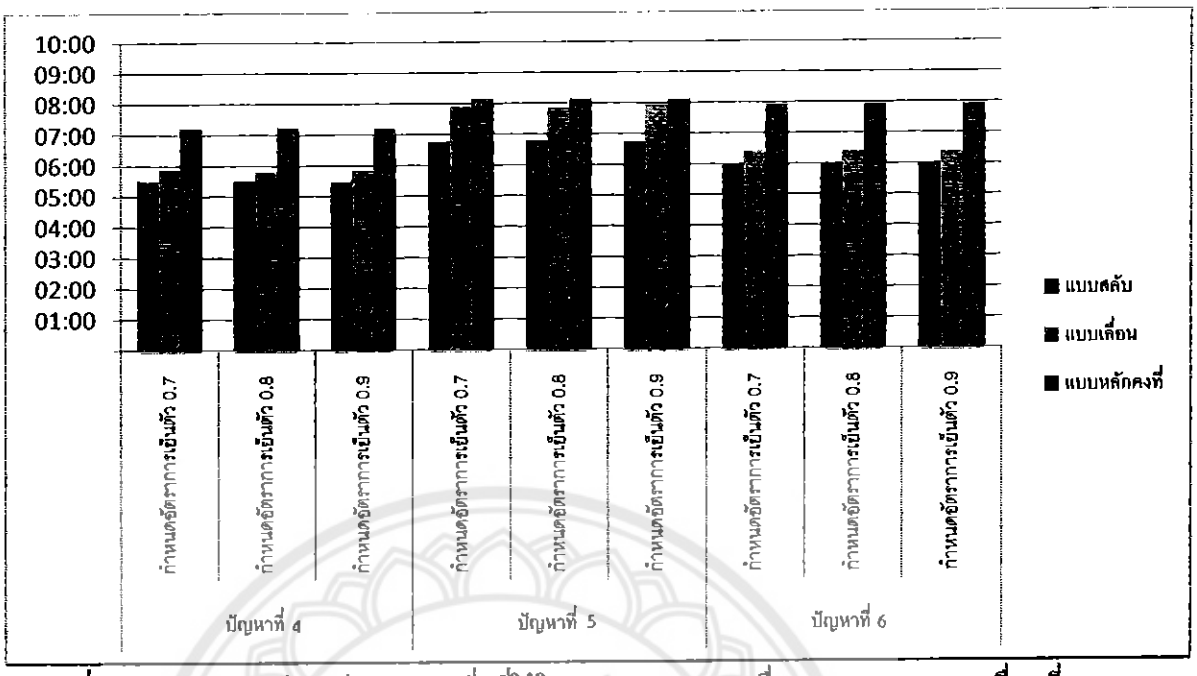
4.4.3 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล ในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่

การเปรียบเทียบการใช้เวลาของการประมวลผลเฉลี่ยของปัญหาขนาดใหญ่ ระหว่างการกำหนดค่าอัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ0.9 โดยแสดงการใช้เวลาในการประมวลผลมาเปรียบเทียบ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นั้น แทบจะไม่ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม เพราะแต่ละพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปมีเวลาในการประมวลผลที่ใกล้เคียงกันมาก แสดงไว้แสดงดังตารางที่ 4.22

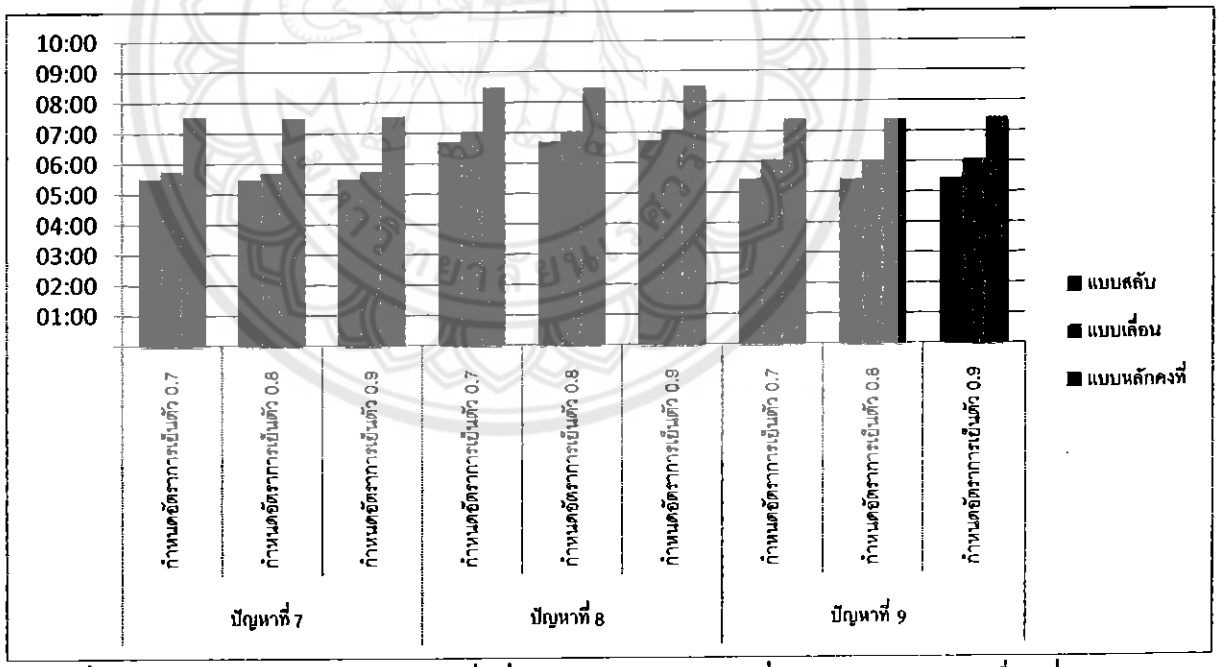
จะเห็นได้ว่า ในปัญหาขนาดใหญ่นั้นการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัว 0.7, 0.8 และ 0.9 นั้นส่งผลต่อเวลาในการหาผลลัพธ์ แต่หลักการพิจารณาแบบสลับ หลักการพิจารณาแบบเลื่อน และหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่นั้นจะส่งผลต่อเวลาในการประมวลผลของปัญหาขนาดใหญ่โดยตรงโดยเฉพาะหลักการพิจารณาแบบสลับจะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด ส่วนหลักการพิจารณาแบบเลื่อนจะใช้เวลารองลงมาจากหลักการพิจารณาแบบสลับ ส่วนหลักการพิจารณาแบบหลักคงที่จะใช้เวลาในการประมวลผลมากที่สุดสำหรับปัญหาขนาดใหญ่



รูปที่ 4.11 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดใหญ่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 1-3



รูปที่ 4.12 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดใหญ่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 4-6



รูปที่ 4.13 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ของปัญหาขนาดใหญ่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 7-9

ตารางที่ 4.33 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ0.7		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.8 กับ0.9	
	เวลาในการประมวลผล(นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล(นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล(นาที:วินาที)		เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)	เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 1										
1.แบบสลับ	04:55	04:46	04:56	04:45	04:54	04:47	0.43	-0.35	0.77	-0.70
2.แบบเลื่อน	05:37	05:22	05:35	05:24	05:29	05:03	-0.57	0.62	1.82	6.48
3.แบบหลักคงที่	06:25	05:55	06:22	05:57	06:17	05:55	-0.89	0.56	1.21	0.56
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 2										
1.แบบสลับ	06:15	05:56	06:10	05:53	06:06	05:56	-1.35	-0.85	1.08	-0.85
2.แบบเลื่อน	06:12	05:42	06:11	05:45	06:07	05:53	-0.38	0.87	0.97	-2.32
3.แบบหลักคงที่	07:56	07:53	07:58	07:51	07:59	07:54	0.46	-0.42	-0.17	-0.64
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 3										
1.แบบสลับ	05:40	05:36	05:41	05:34	05:44	05:35	0.37	-0.60	-0.81	-0.30
2.แบบเลื่อน	05:45	05:39	05:43	05:47	05:40	05:30	-0.53	2.31	0.93	4.90
3.แบบหลักคงที่	07:26	07:17	07:26	07:14	07:25	07:11	0.10	-0.69	0.32	0.69
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 4										
1.แบบสลับ	05:31	05:10	05:32	05:11	05:29	05:16	0.20	0.32	0.81	-1.61
2.แบบเลื่อน	05:54	05:41	05:50	05:37	05:51	05:40	-1.28	-1.19	-0.42	-0.89
3.แบบหลักคงที่	07:13	07:08	07:15	07:08	07:13	07:08	0.46	0.00	0.46	0.00
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5										
1.แบบสลับ	06:47	06:03	06:49	06:07	06:45	06:11	0.42	1.09	0.91	-1.09
2.แบบเลื่อน	07:54	07:22	07:52	07:28	07:57	07:19	-0.42	1.34	-1.06	2.01
3.แบบหลักคงที่	08:09	07:59	08:09	07:58	08:08	07:59	0.00	-0.21	0.23	-0.21

ตารางที่ 4.33 (ต่อ) การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาในการประมวลผลมีการเปลี่ยนค่าอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนจำลองของปัญหาขนาดใหญ่

หลักในการพิจารณา Neighborhood search	กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.7		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.8		กำหนดค่าพารามิเตอร์ 0.9		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.7 กับ0.8		ผลต่างระหว่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 0.7 กับ0.9	
	เวลาในการประมวลผล(นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล(นาที:วินาที)		เวลาในการประมวลผล(นาที:วินาที)		เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)	เวลาเฉลี่ย(%)	เวลาน้อยที่สุด(%)
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด				
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6										
1.แบบสลับ	06:00	05:49	06:01	05:51	06:02	05:53	0.36	0.57	-0.19	-0.57
2.แบบเลื่อน	06:25	06:14	06:25	06:11	06:24	06:15	0.00	-0.81	0.37	-1.08
3.แบบหลักคงที่	07:56	07:51	07:57	07:53	07:56	07:54	0.29	0.42	0.29	-0.21
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 7										
1.แบบสลับ	05:31	05:21	05:29	05:13	05:30	05:17	-0.61	-2.56	-0.30	-1.28
2.แบบเลื่อน	05:45	05:28	05:43	05:24	05:45	05:34	-0.58	-1.23	-0.58	-3.09
3.แบบหลักคงที่	07:33	07:23	07:31	07:19	07:34	07:26	-0.44	-0.91	-0.67	-1.59
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 8										
1.แบบสลับ	06:43	06:31	06:43	06:35	06:45	06:28	-0.05	1.01	-0.55	1.77
2.แบบเลื่อน	07:04	06:51	07:03	06:48	07:05	06:53	-0.26	-0.74	-0.50	-1.23
3.แบบหลักคงที่	08:30	08:17	08:29	08:11	08:31	08:07	-0.17	-1.22	-0.37	0.81
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 9										
1.แบบสลับ	05:27	05:15	05:25	05:15	05:27	05:19	-0.67	0.00	-0.67	-1.27
2.แบบเลื่อน	06:05	05:48	06:03	05:40	06:05	05:45	-0.61	-2.35	-0.61	-1.47
3.แบบหลักคงที่	07:25	07:23	07:23	07:16	07:27	07:20	-0.38	-1.61	-0.83	-0.92

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น ลบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจะทำให้มีค่าการใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เป็น บวก แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน จะทำให้มีค่าการใช้เวลาในการประมวลผล ที่มากกว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1 ในการอบอ่อน

4.5 การแสดงผลลัพธ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อนจำลอง

เป็นการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมกับปัญหาขนาดต่างๆทั้ง 27 ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อนทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงอัตราการเย็นตัวนี้ จะมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบทั้งหมดเท่ากัน กล่าวคือ ในการจัดเรียงเครื่องจักรโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง จะมีจำนวนรอบในการหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ตามหลักการอบอ่อนจำลองทั้งหมดจำนวน 700 รอบ ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงอัตราการเย็นตัวนั้น จะยังคงมีจำนวนรอบในการหาคำตอบเท่ากันคือ 700 รอบ

ซึ่งตัวแปรในการอบอ่อนจำลองปกติคือ

อุณหภูมิเริ่มต้น	500	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้าย	0.0001	องศาเซลเซียส
จำนวนรอบในการอบอ่อน	700	รอบ
อัตราการเย็นตัว	0.8	

ซึ่งตัวแปรในการอบอ่อนจำลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปร ครั้งที่ 1 คือ

อุณหภูมิเริ่มต้น	5, 000,000	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้าย	0.0001	องศาเซลเซียส
จำนวนรอบในการอบอ่อน	700	รอบ
อัตราการเย็นตัว	0.7	

ซึ่งตัวแปรในการอบอ่อนจำลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปร ครั้งที่ 2 คือ

อุณหภูมิเริ่มต้น	0.15	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้าย	0.0001	องศาเซลเซียส
จำนวนรอบในการอบอ่อน	700	รอบ
อัตราการเย็นตัว	0.9	

ซึ่งในการทำการทดลองมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบหลักการละ 10 ครั้ง ต่อ 1 ปัญหาและต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปร ดังต่อไปนี้

4.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนี้ จะทำการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการประมวลผลจากโปรแกรมการจัดลำดับเครื่องจักรโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง และจากการเปรียบเทียบผลนั้น สามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลการทดลองได้เป็น 3 ประเด็น คือ การเปรียบเทียบผลจากหลักการในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการกับระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV และเวลาในการประมวลผล, ขนาดของปัญหากับระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV และเวลาในการประมวลผล, การเปรียบเทียบผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อน

4.6.1 การเปรียบเทียบผลจากหลักการในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการกับระยะทางการเคลื่อนที่ของรถAGV และเวลาในการประมวลผล

จากหลักการในการทำ Neighborhood search ทั้ง 3 หลักการ อันได้แก่ หลักการแบบสลับ หลักการแบบเลื่อน และหลักการแบบคงที่ เมื่อทำการประมวลผลโปรแกรมด้วยปัญหาต่างๆแล้วพบว่า

หลักการแบบสลับ ให้คำตอบของระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยของรถ AGV และระยะการเคลื่อนที่ที่น้อยที่สุดของรถ AGV ดีกว่าหลักการแบบแบบสลับ และหลักการแบบคงที่ ซึ่งสามารถดูค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ได้จาก ตาราง 4.1-4.9, 4.12-4.20 และ4.23-4.31 ในด้านของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลนั้น แบบสลับใช้เวลาในการประมวลผลใกล้เคียงกับหลักการแบบเลื่อนในบางปัญหา แต่โดยรวมแล้วแบบสลับจะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด

หลักการแบบเลื่อน ในการให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV นั้นจะให้คำตอบของค่าเฉลี่ยระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV รองลงมาจากหลักการแบบสลับ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากตาราง 4.1 – 4.9, 4.12 – 4.20, 4.23 – 4.31 ซึ่งจะให้ค่าของระยะทางเฉลี่ยของรถ AGV และระยะทางของรถ AGV ที่น้อยที่สุด ใกล้เคียงกับหลักการแบบสลับ และนอกจากนั้นประสิทธิภาพของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในบางปัญหา มีค่าใกล้เคียงกับหลักการแบบสลับ แต่โดยรวมแล้วแบบสลับจะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุดอยู่ แล้วแบบเลื่อนรองลงมา

หลักการแบบหลักคงที่ เป็นวิธีที่ใช้เวลาในการประมวลผลของโปรแกรมนานที่สุดเนื่องจากวิธีในการเขียนโปรแกรมมีความซับซ้อนมากกว่าหลักการพิจารณาแบบสลับ และแบบเลื่อน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้หลักการแบบหลักคงที่นั้นใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าซึ่งสามารพิจารณาได้จากตาราง 4.1-4.9, 4.12-4.20 และ4.23-4.31

4.6.2 ขนาดของปัญหากับระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV และเวลาในการประมวลผล

ปัญหาขนาดเล็ก จะเห็นได้ว่าปัญหาขนาดเล็กมีระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่ใกล้เคียงกันในบางปัญหา เนื่องจากปัญหาขนาดเล็กมีความหลากหลายที่ต่ำกว่าปัญหาขนาดอื่น จึงมีโอกาสที่จะเจอคำตอบในละแวกเดียวกันได้สูง เพราะว่าปัญหาขนาดเล็ก กำหนดให้มี 10 เครื่องจักร 6 ผลิตภัณฑ์

ปัญหาขนาดกลาง ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV นั้นเริ่มมีความหลากหลายของปัญหาเนื่องมาจาก กำหนดให้มี 20 เครื่องจักร 12 ผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้น และระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV มากขึ้นตามไปด้วย

ปัญหาขนาดใหญ่ เป็นปัญหาที่ให้ความหลากหลายมากที่สุด ซึ่งกำหนดให้มี 30 เครื่องจักร 18 ผลิตภัณฑ์ จึงส่งผลให้มีการกระจายตัวของคำตอบ และเวลามากกว่าปัญหาขนาดอื่นๆ

4.6.3 การเปรียบเทียบผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อน

ในการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อนนั้น ในความเป็นจริงที่ปฏิเสธไม่ได้ว่า หากทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรแล้ว ทำให้จำนวนรอบทั้งหมดในการอบอ่อนมากขึ้น ซึ่งจะทำให้มีโอกาสในการที่จะได้ค่าระยะทางของการจัดเรียงเครื่องจักรที่น้อยที่สุดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่ในกรณีนี้เป็นการเปรียบเทียบว่า หากเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อนแล้ว จะส่งผลอย่างไร โดยที่จำนวนรอบทั้งหมดในการอบอ่อนยังคงเท่าเดิม จากการทดลอง เมื่อทำการประมวลผลโปรแกรมด้วยปัญหาต่างๆแล้ว จะเห็นได้ว่า

จากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อนครั้งที่ 1 ซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 500 องศาเซลเซียส เป็น 5,000,000 องศาเซลเซียส และเพิ่มอัตราการเย็นตัวจาก 0.80 เป็น 0.70 แล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่งผลให้ค่าของระยะทางเล็กน้อย แต่โดยรวมแล้วแบบสลับยังคงให้ระยะทางเคลื่อนที่เฉลี่ยดีที่สุดอยู่ และเวลาในการประมวลผลยังคงใกล้เคียงกับตอนที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ เพราะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เป็นการเพียงแค่การเปลี่ยนอุณหภูมิเริ่มต้นและอัตราการเย็นตัว แต่จำนวนรอบในการหาคำตอบยังคงเท่าเดิม แต่การเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอาจจะส่งผลต่อความน่าจะเป็นในการยอมรับคำตอบที่ด้อยกว่าในกระบวนการอบอ่อนจำลองได้

จากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อนครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 500 องศาเซลเซียส เป็น 0.15 องศาเซลเซียส ลดอัตราการเย็นตัวจาก 0.80 เป็น 0.90 แล้วพบว่าการจะส่งผลต่อค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่ได้เล็กน้อย แต่โดยรวมแล้วแบบสลับยังคงให้ระยะทางเคลื่อนที่เฉลี่ยดีที่สุดอยู่ และในขณะที่จำนวนรอบทั้งหมดในการหาคำตอบยังคงเท่าเดิม นั่นก็ส่งผลให้เวลาในการประมวลผลยังคงใกล้เคียงกับตอนที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์

จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการเย็นตัวในการอบอ่อน0.7, 0.8 และ0.9นั้น ส่งผลให้แบบสลับยังคงให้ระยะทางเคลื่อนที่เฉลี่ยดีที่สุดอยู่ รองลงมาคือแบบเลื่อน และแบบที่ให้คำตอบแย่ที่สุดคือแบบหลักคงที่ ดังนั้นผลลัพธ์ของระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV จะถูกผลกระทบจากการเปลี่ยนอัตราการเย็นตัวโดยทางอ้อมมากกว่า

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 จากการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้เกิดโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยในการจัดเรียงเครื่องจักร เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดเรียงเครื่องจักรในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมได้

5.1.2 โปรแกรมการจัดเรียงเครื่องจักรโดยวิธีการอบอ่อนจำลองจะทำการประมวลผลให้ได้คำตอบในการหาระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ในเวลาที่รวดเร็ว โดยประมาณ 31 วินาทีในปัญหาขนาดเล็ก ถึง 8 นาที 30 วินาที ในปัญหาขนาดใหญ่ โดยประมาณ และได้คำตอบที่น่าพึงพอใจ แม้คำตอบที่ได้นั้นจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม

5.1.3 จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมการจัดเรียงเครื่องจักรโดยวิธีการอบอ่อนจำลองนี้ ด้วยปัญหาขนาดเล็กพบว่าเมื่อพิจารณาค่าระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV เฉลี่ยนั้นพบว่าหลักการพิจารณาแบบสลับสามารถให้คำตอบที่ดีกว่าหลักการแบบเลื่อน และหลักการแบบหลักคงที่ หากพิจารณาในด้านเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลนั้น หลักการพิจารณาแบบสลับ และหลักการพิจารณาแบบเลื่อนมีเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลที่ใกล้เคียงกันในบางปัญหาแต่โดยรวมแล้วแบบสลับให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลน้อยกว่า ส่วนเวลาในการประมวลผลแบบหลักคงที่นั้นจะใช้เวลามากที่สุดเนื่องจากตัวโปรแกรมของหลักการแบบสลับนั้นมีความซับซ้อนกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

ปัญหาขนาดกลางพบว่า หลักการพิจารณาแบบสลับให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGV น้อยกว่าหลักการพิจารณาแบบเลื่อน และวิธีที่ให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่รถ AGVเฉลี่ยมากที่สุดนั้นคือหลักการพิจารณาแบบคงที่ เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของปัญหาขนาดกลาง หลักการแบบสลับมีค่าใกล้เคียงกับหลักการแบบเลื่อนในบางปัญหาแต่โดยรวมแล้วแบบสลับให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลน้อยกว่า

ปัญหาขนาดใหญ่พบว่า การกระจายตัวของระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV มีมากขึ้นเนื่องจากขนาดของโจทย์ที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งหลักการแบบสลับให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV น้อยที่สุด รองลงมาคือหลักการแบบสลับ และหลักการแบบหลักคงที่จะให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV มากกว่าหลักการอื่น หากพิจารณาในด้านเวลาที่ใช้ในการประมวลผลนั้น หลักการแบบสลับยังใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่าหลักการอื่น ส่วนหลักการที่ใช้เวลาในการประมวลผลรองลงมาคือหลักการแบบเลื่อน และหลักการแบบคงที่ ตามลำดับ

จากการพิจารณาปัญหาทั้ง 3 ขนาดจะพบว่า หากต้องการหาคำตอบในย่านปัญหาขนาดเล็กนั่นให้ ควรใช้หลักการแบบสลับ แต่ไม่ควรละทิ้งหลักการแบบเลื่อน เนื่องจากหลักการแบบเลื่อนมีโอกาสให้คำตอบที่ดีกว่าแบบสลับได้เช่นกัน ส่วนคำตอบในย่านของปัญหาขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ หลักการแบบสลับนับว่าเป็นหลักการที่ควรนำมาใช้ในการหาคำตอบมากกว่าหลักการพิจารณาแบบอื่น

5.1.3.1 ความหลากหลายของการทำ Neighborhood search มีผลโดยตรงต่อค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV หรือระยะทางรวมของการจัดเรียงเครื่องจักรน้อยที่สุด และเวลาในการประมวลผล ซึ่งหลักการสลับที่ในการทำ Neighborhood search จะทำให้ได้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGVที่น้อยที่สุด และให้ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด

5.1.3.2 การเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อนจำลองจะมีบทบาทสำคัญ ในการที่จะได้คำตอบที่มีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่ดีหรือไม่ยิ่งจำนวนรอบในการหาคำตอบแต่ละอุณหภูมิในกระบวนการอบอ่อนจำลองมีมากเท่าใด ก็ยิ่งมีโอกาสที่จะคำตอบในบริเวณใกล้เคียงที่มีค่าที่ดีกว่าได้เช่นกัน แต่จากปัญหาแต่ละขนาดที่ได้ทดลองนั้น กำหนดให้มีจำนวนรอบเท่ากัน 700 รอบ ซึ่งพิจารณาได้ว่าการกำหนดอัตราการเย็นตัวที่ 0.7, 0.8 และ 0.9 นั้น มีผลกับคำตอบเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้ในการพิจารณา ของการทำ Neighborhood search

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงานวิจัย

5.2.1 เนื่องจากผู้วิจัยไม่ค่อยมีความรู้ในการเขียนโปรแกรม จึงทำให้ระยะแรกๆ ในการจัดทำโครงงานค่อนข้างดำเนินไปอย่างลำบาก

5.2.2 การเขียนโปรแกรม และทดสอบโปรแกรมต้องใช้เวลามาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการอบอ่อน อาจจะต้องมีการศึกษาในหลายๆรูปแบบ ว่าการเปลี่ยนแปลงตัวแปรใดมีผลอย่างไร และสามารถเลือกใช้กับปัญหาขนาดใดจึงจะมีความเหมาะสมเพื่อให้ได้คำตอบจากการจัดลำดับการทำงานที่ดีที่สุดในเวลาอันรวดเร็ว

5.3.2 ในการดำเนินการทำ Neighborhood search นั้น อาจจะมีความหลากหลายใดที่ให้คำตอบที่ดีกว่า สะดวกกว่า และรวดเร็วกว่าในการประมวลผล ซึ่งนั่นอาจจะเป็นเหตุให้จะต้องมีการศึกษาในการทำ Neighborhood search หลายๆแบบต่อไป

5.3.3 โปรแกรมนี้จะสามารถนำไปใช้ได้กับกรณีที่ใช้ระบบการขนถ่ายวัสดุด้วยรถ AGV เท่านั้น หากผู้ใช้จะนำไปใช้กับระบบการขนถ่ายวัสดุประเภทอื่น สามารถนำโปรแกรมนี้ไปพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาของท่านได้

เอกสารอ้างอิง

กัญญารัตน์ คุ้มคลอง และ สายฝน ช่างเหลา. (2550). **การจัดลำดับการทำงานของเครนโดยใช้วิธีอบอ่อนจำลอง.** วิทยานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

คณน สุจารี . (18พฤศจิกายน 2551). **หลักการและทฤษฎีการแก้ปัญหาในงานวิจัย.** สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2553, จาก www.gotoknow.org/blog/kanon/213108?class=yuimenuitemlabel

นาฏนภานภา บุณน่วม และ นุจรีย์ ทองยิ้ม. (2552). **การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ในการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.** วิทยานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ปารเมศ ชุติมา. (2544). ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System). กรุงเทพ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Chiang W.C., Kouvelis P. and Urban T. (2002). Incorporating workflow interference in facility Layout design. The quadratic assignment problem. Management Sci, 48(4), 584-590.

Heragu Sunderesh S. (1987). Factories Design and Construction Plant layout. Facilities design.Australia: Lincoln.

Nearchou A. C. (2006). Meta-heuristics from nature for the loop layout design problem. International Journal of Production Economics, 101,312-328.

Solimanpur M., Vrat P. and Shankar R. (2005). An ant algorithm for the single row layoutProblem in flexible manufacturing systems. Computers & Operations Research, 32(3),583_598.

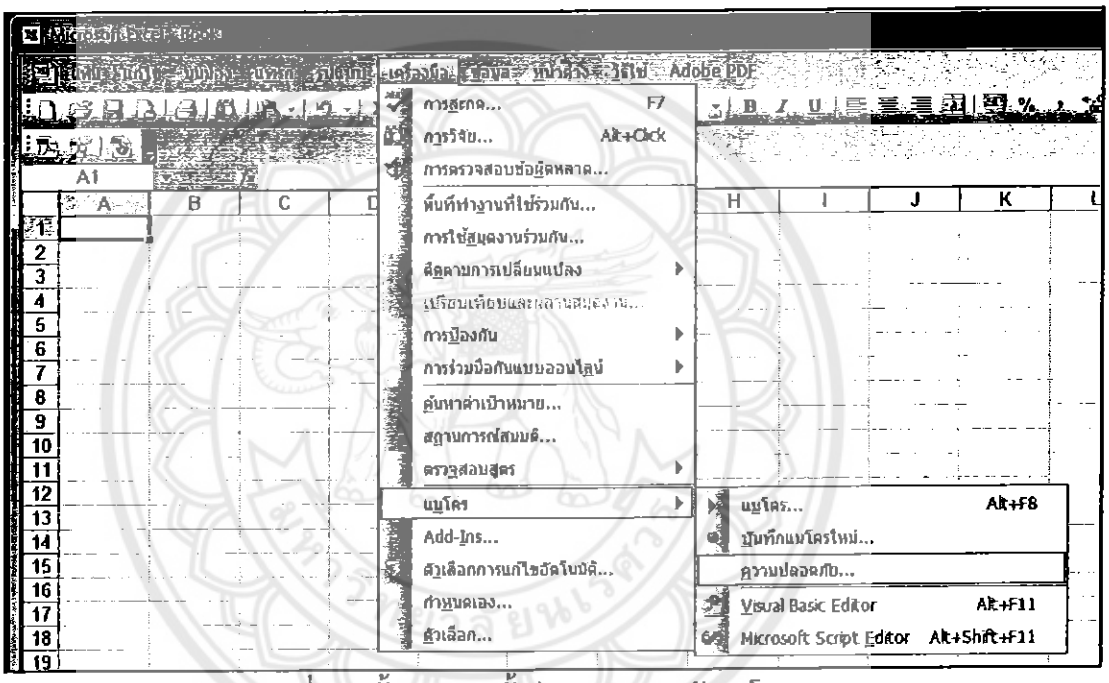
Tompkins J. A., White J. A., Boze Y. A. and Tanchoco J. M. A. (2003). Facilities Planning. America: John Wiley & Sons.

ภาคผนวก ก
คู่มือแนะนำการใช้โปรแกรม

ในส่วนนี้จะกล่าวถึง ส่วนประกอบ ขั้นตอน และวิธีการใช้โปรแกรม Solving the Machine Layout Problem under Flexible Manufacturing Systems by Simulated Annealing รวมไปถึงสิ่งที่ควรรู้ก่อนที่จะใช้โปรแกรม และรูปแบบการใช้อย่างไรบ้าง เริ่มแรกจะอธิบายการเข้าสู่โปรแกรม หน้าแรกของโปรแกรมมีปุ่ม และมีหน้าที่การทำงานอย่างไร ส่วนต่อมาจะเป็นส่วนของการกรอกข้อมูล เพื่อเป็นคำสั่งให้โปรแกรมทำงาน โดยอธิบายถึงข้อมูลที่จำเป็นต้องป้อนเป็นอย่างไร

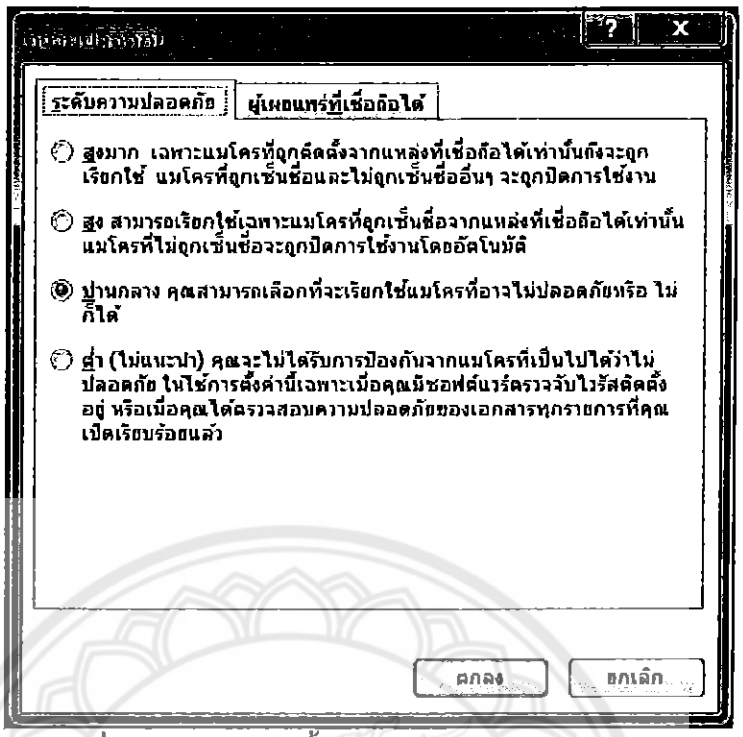
1. การเปิดใช้งานโปรแกรม

1.1 เริ่มจากการเปิด Microsoft Excel ขึ้นมา ทำการตั้งค่าความปลอดภัย โดยเลือกที่แทบเครื่องมือ เลือกแมโคร และเลือกความปลอดภัย แสดงดังรูปที่ ก.1



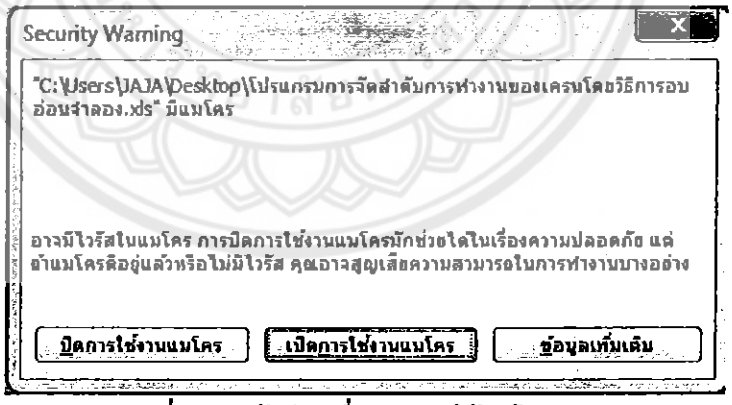
รูปที่ ก.1 ขั้นตอนการตั้งค่าความปลอดภัยแมโคร

จากนั้นทำการเลือกระดับความปลอดภัยที่ระดับปานกลาง แล้วคลิกปุ่ม ตกลง แสดงดังรูปที่ ก.2 แล้วทำการปิด File Microsoft Excel นี้ก่อน



รูปที่ ก.2 หน้าต่างการตั้งระดับความปลอดภัยของแมโคร

1.2 เปิด File โปรแกรมชื่อ Solving the Machine Layout Problem under Flexible Manufacturing Systems by Simulated Annealing นี้ขึ้นมา จะปรากฏหน้าต่าง Security Warning เช่นนี้ขึ้นมา ให้เราเลือก ที่ปุ่ม เปิดการใช้งานแมโคร แสดงดังรูปที่ ก.3

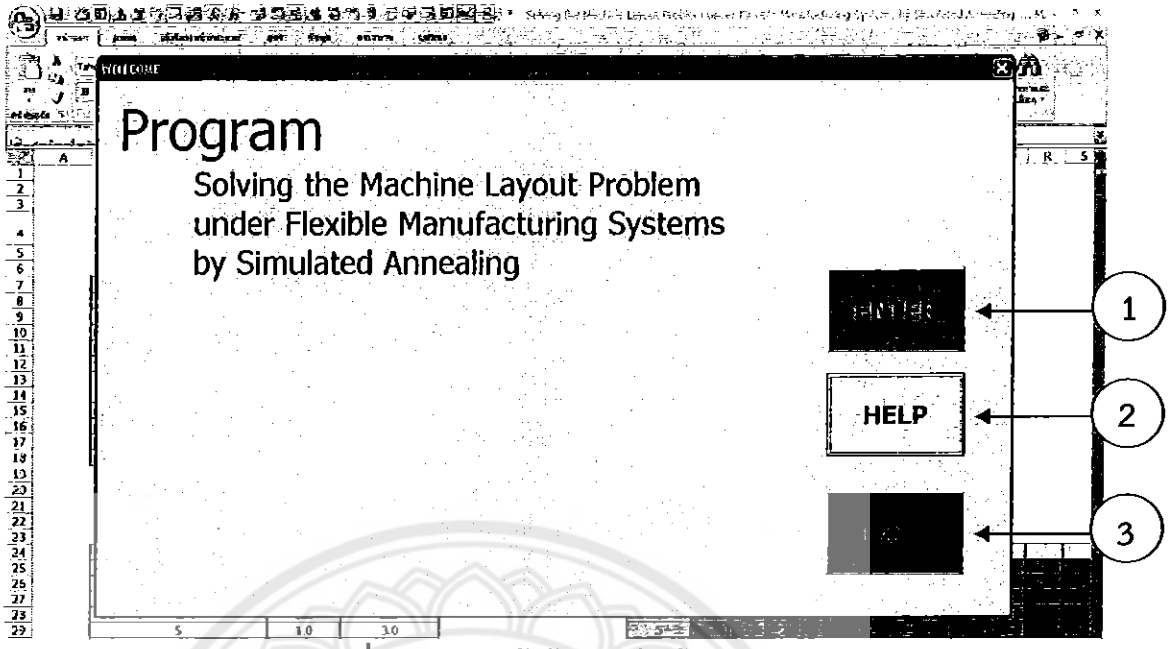


รูปที่ ก.3 หน้าต่างเพื่อเปิดการใช้แมโคร

2. การเข้าสู่โปรแกรมการวางผังโรงงานภายใต้การผลิตแบบยืดหยุ่นโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

2.1 หน้าต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

จะเป็นหน้าแรกของโปรแกรมซึ่งเมื่อเข้าโปรแกรมมาแล้ว หน้าต่างนี้จะแสดงมาก่อนทันทีโดยอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ ก.4



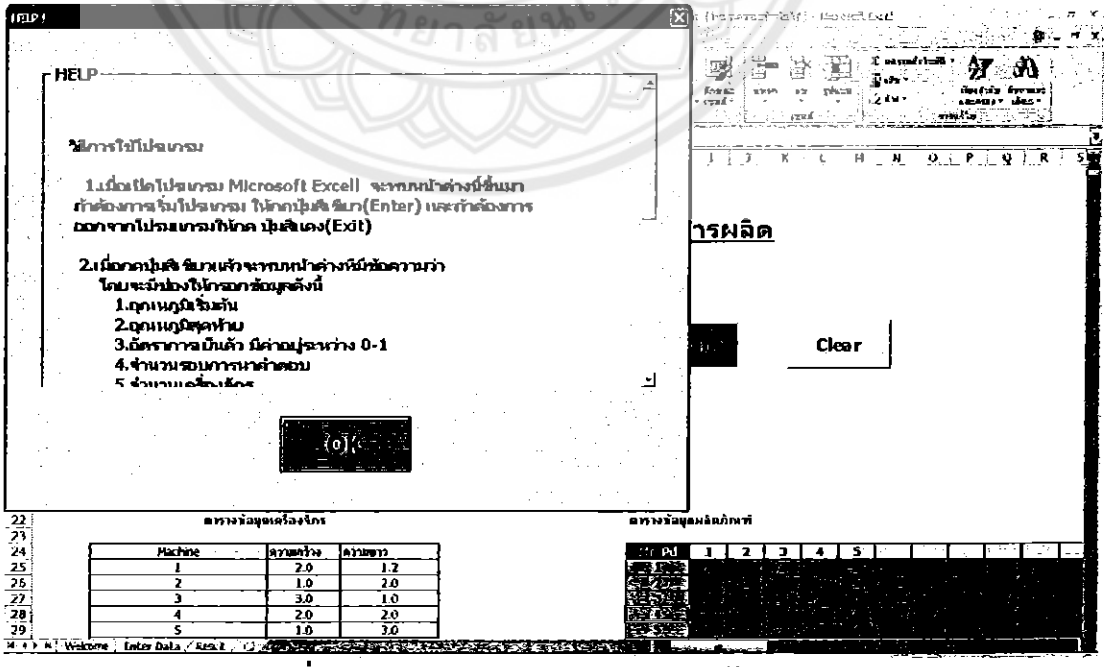
รูปที่ ก.4 แสดงหน้าต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

ปุ่มของหน้าเมนูหลักจะมี 3 ปุ่มดังนี้

หมายเลข 1 ปุ่ม ENTER เมื่อผู้ใช้คลิกปุ่มนี้ จะเข้าสู่ฟอร์ม Data เพื่อรับค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยการให้ผู้ใช้กรอกค่าต่างๆ ลงไป แสดงดังรูปที่ ก.6

หมายเลข 2 ปุ่ม HELP เมื่อผู้ใช้คลิกปุ่มนี้ จะเข้าสู่หน้า User Form มีหน้าที่ช่วยแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม แสดงดังรูปที่ ก.5

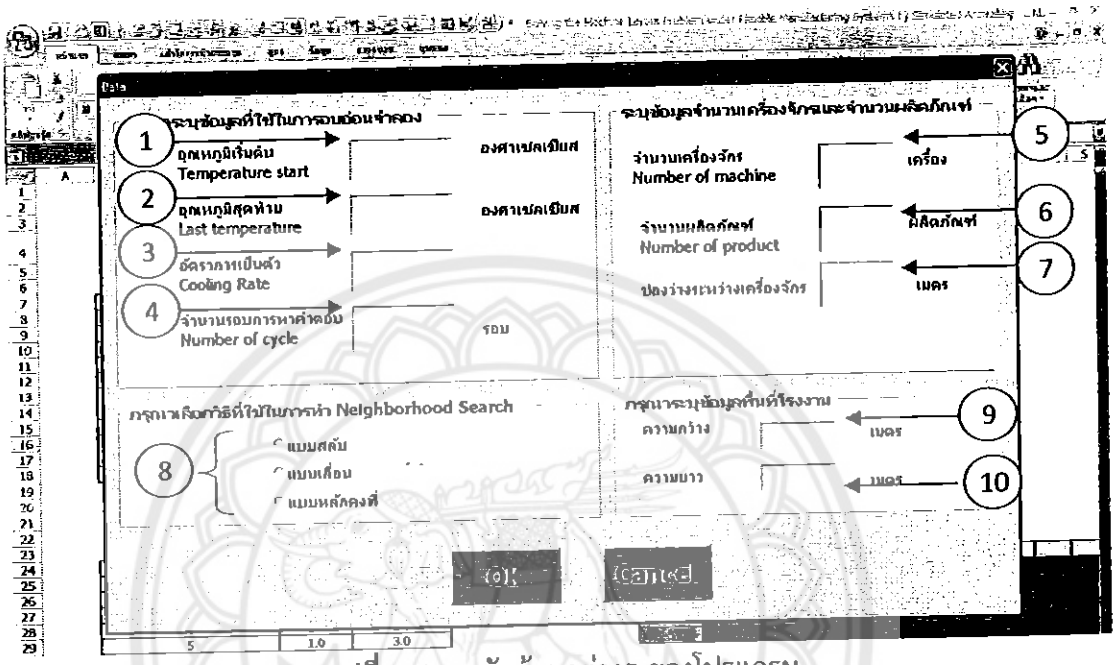
หมายเลข 3 ปุ่ม EXIT เมื่อผู้ใช้คลิกปุ่มนี้ จะเป็นปุ่มคำสั่งให้ออกจากโปรแกรม



รูปที่ ก.5 User Form ช่วยแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม

เมื่อผู้ใช้คลิกที่ปุ่ม.HELP หมายเลข 2 ในรูปที่ ก.4 โดยจะมีวิธีการแนะนำการใช้โปรแกรมปรากฏขึ้น แสดงดังรูปที่ ก.5 เมื่อรับทราบการใช้โปรแกรมแล้วคลิกปุ่ม OK ก็จะสามารถกลับสู่หน้าหลักได้

2.2 ทำการกรอกข้อมูลต่างๆลงในฟอร์ม Data



รูปที่ ก.6 การรับข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรม

2.2.1 หมายเลข 1

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูล อุณหภูมิเริ่มต้นของการอบอ่อน

2.2.2 หมายเลข 2

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูล อุณหภูมิสุดท้ายของการอบอ่อน ซึ่งสามารถระบุได้ที่หมายเลข 8 จะเป็นการให้ผู้ใช้ ระบุอุณหภูมิสุดท้ายตามที่ต้องการ ซึ่งจะต้องมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิเริ่มต้น และถ้าหากผู้ใช้ระบุค่าอุณหภูมิสุดท้ายมากกว่าอุณหภูมิเริ่มต้น จะมีหน้าต่างแจ้งเตือน แสดงดังรูปที่ ก.7

2.2.3 หมายเลข 3

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูล อัตราการเย็นตัว ตามที่ต้องการ ซึ่งต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลนอกเหนือจาก 0-1 จะมีหน้าต่างแจ้งเตือนแสดงดังรูปที่ ก.8

2.2.4 หมายเลข 4

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลจำนวนรอบในการหาคำตอบในแต่ละอุณหภูมิ ตามที่ต้องการ

2.2.5 หมายเลข 5

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลจำนวนเครื่องจักรตามต้องการ

2.2.6 หมายเลข 6

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

2.2.7 หมายเลข 7

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลช่องว่างระหว่างเครื่องจักรตามต้องการ

2.2.8 หมายเลข 8

ให้ผู้ใช้ทำการเลือกวิธีที่ใช้ในการทำ Neighborhood search โดยมีทั้งหมด 3 แบบ คือ แบบสลับ แบบเลื่อน และแบบหลักคงที่ หากผู้ใช้ไม่ได้ทำการเลือกจะมีหน้าต่างแจ้งเตือนแสดงขึ้นมา แสดงดังรูปที่ ก.9

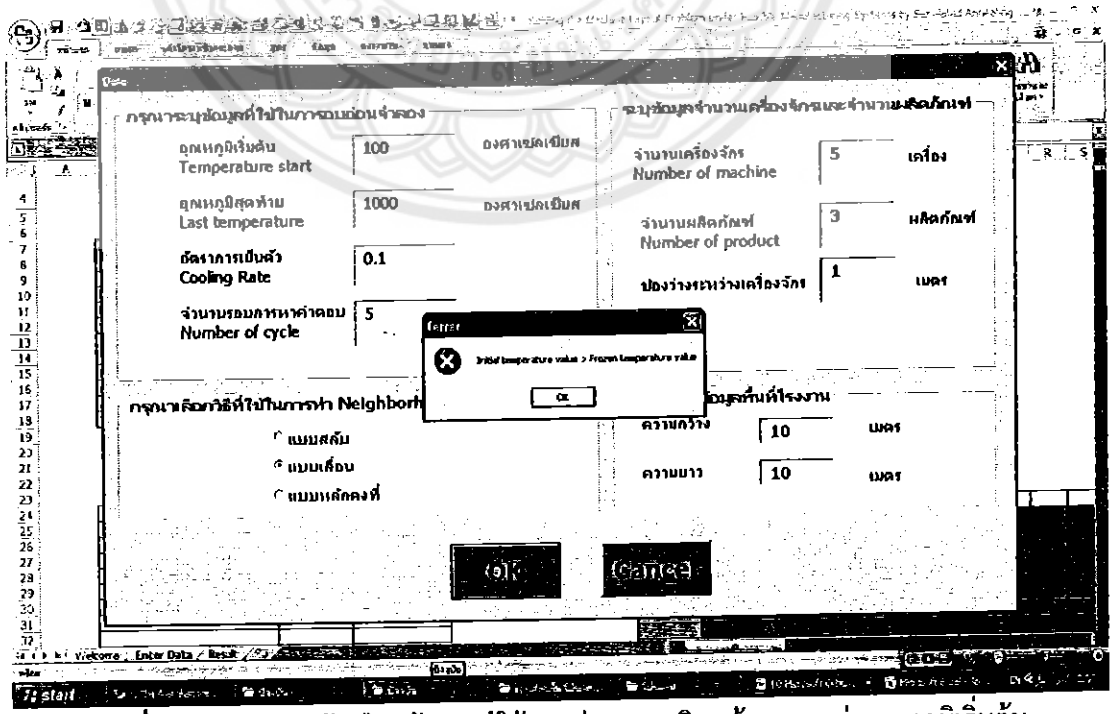
2.2.9 หมายเลข 9

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลความกว้างของพื้นที่โรงงาน

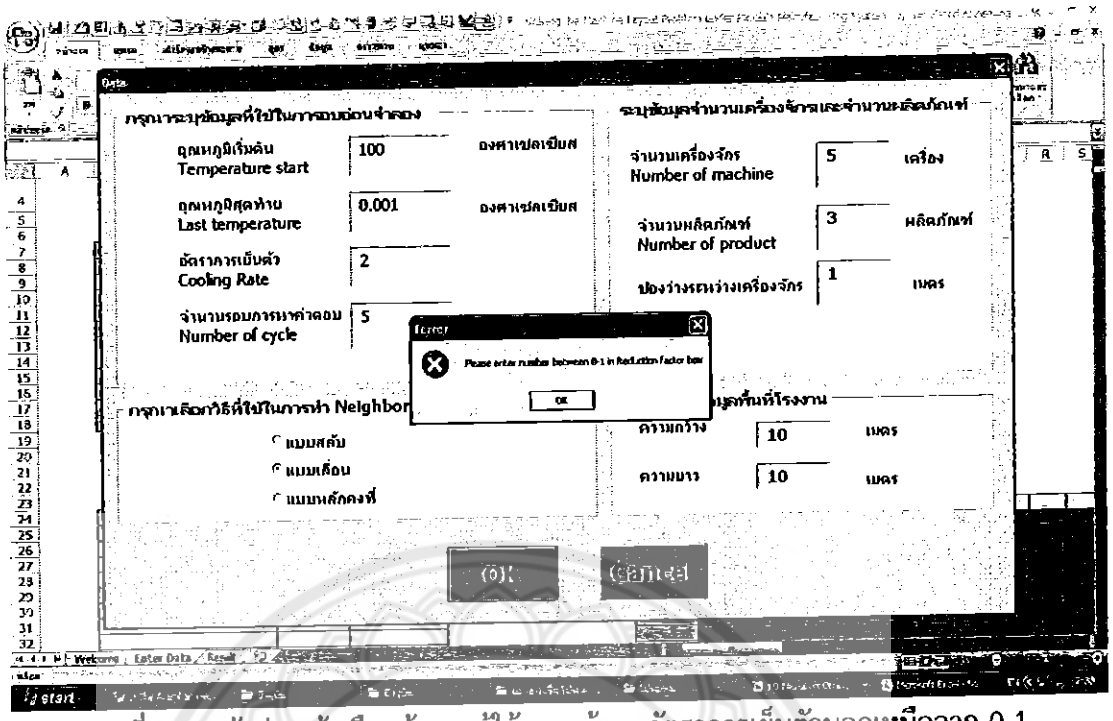
2.2.10 หมายเลข 10

ให้ผู้ใช้ทำการกรอกข้อมูลความยาวของพื้นที่โรงงาน

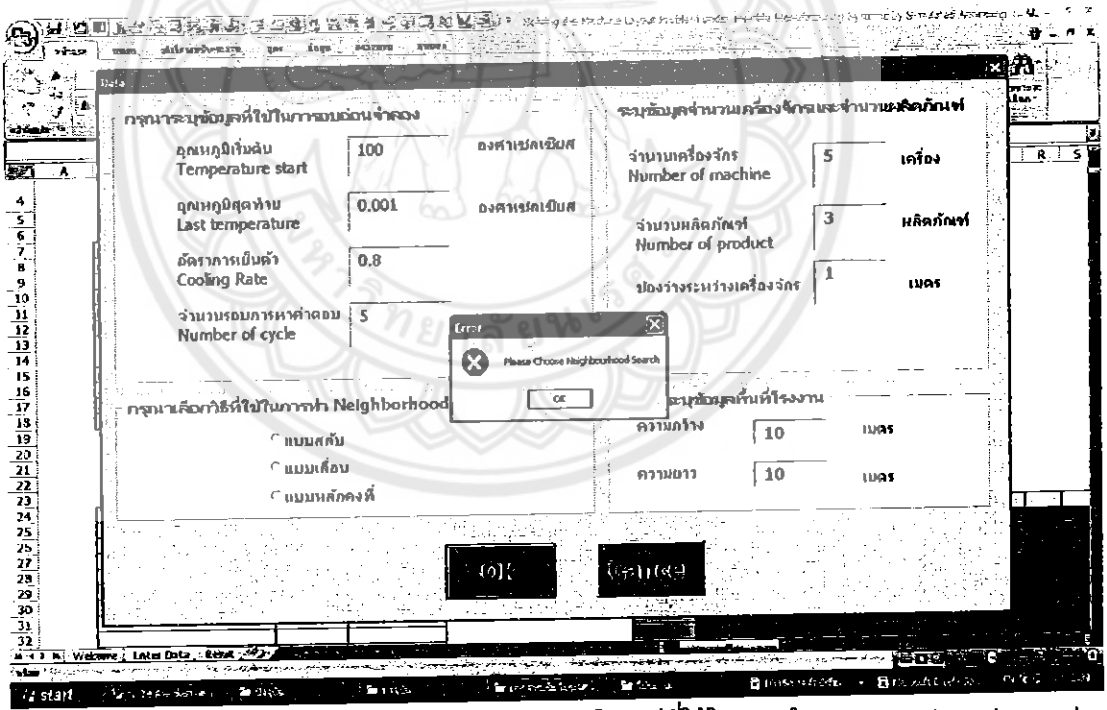
หากผู้ใช้กรอกข้อมูลไม่ครบทุกช่องจะมีหน้าต่างแจ้งเตือนแสดงขึ้นมา แสดงดังรูปที่ ก.10



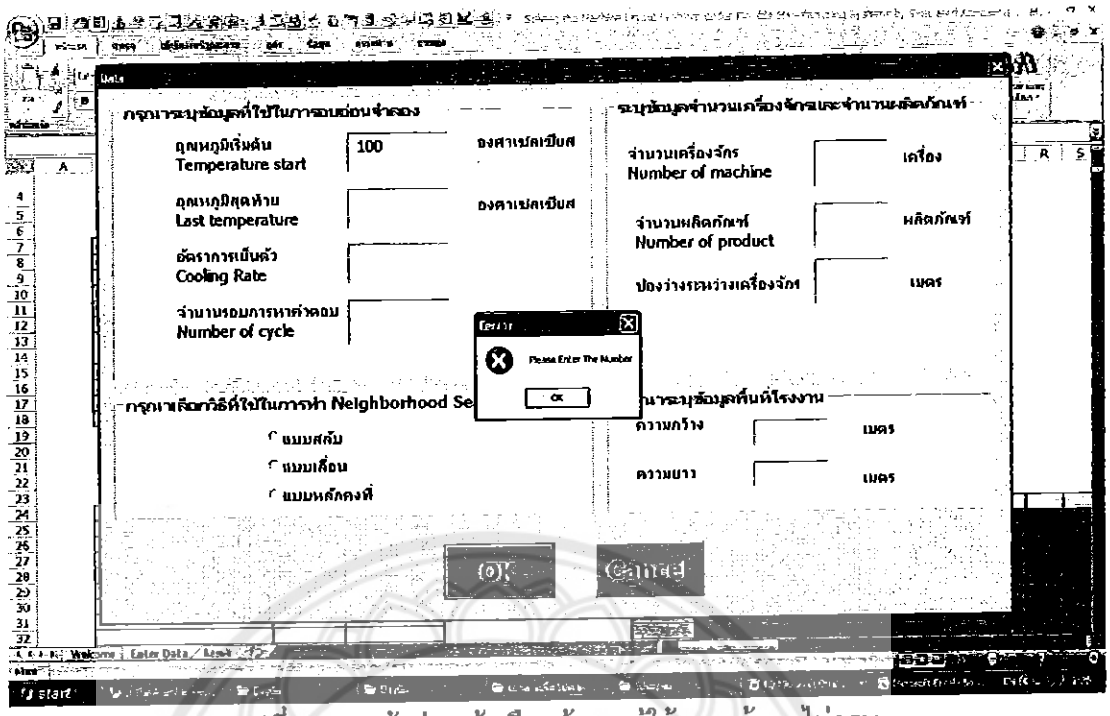
รูปที่ ก.7 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้ระบุค่าอุณหภูมิสุดท้ายมากกว่าอุณหภูมิเริ่มต้น



รูปที่ ก.8 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลอัตราการเย็นตัวนอกเหนือจาก 0-1



รูปที่ ก.9 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้ไม่ได้ทำการเลือกวิธีที่ใช้ในการทำ Neighborhood search



รูปที่ ก.10 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลไม่ครบ

2.3 ทำการกรอกข้อมูลการผลิต

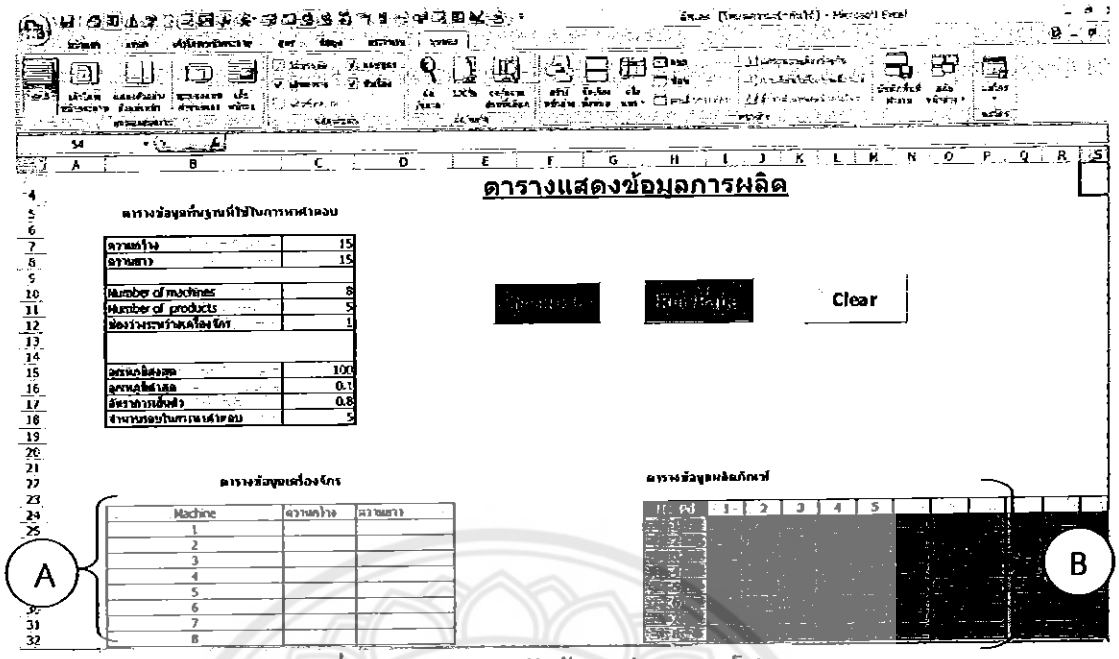
เมื่อกรอกข้อมูลในฟอร์ม Data เสร็จแล้วนั้น ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลการผลิต อันได้แก่

2.3.1 ข้อมูล ความกว้าง ความยาว ของแต่ละเครื่องจักรจนครบตามจำนวนเครื่องจักร แสดงดังรูปที่ ก.11 โซน A หากผู้ใช้กรอกข้อมูลที่เป็นตัวอักษร จะมีหน้าต่างแจ้งเตือนแสดงขึ้นมา แสดงดังรูปที่ ก.12

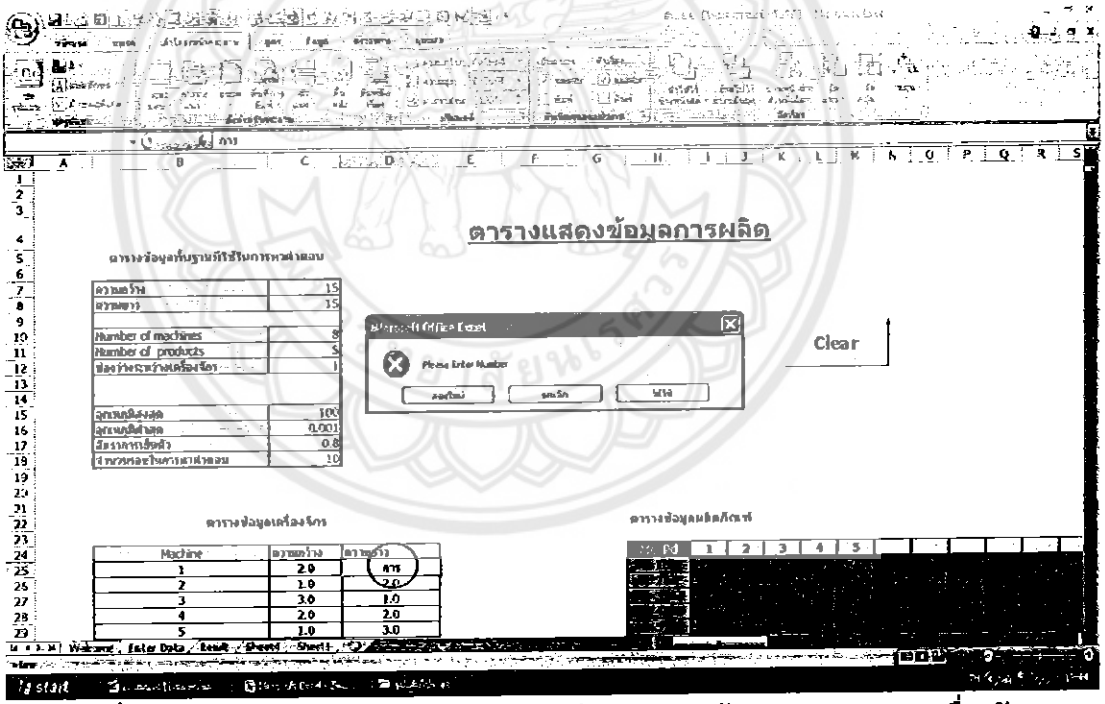
2.3.2 กรอกข้อมูลการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์จนครบตามจำนวนผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ ก.11 โซน B หากผู้ใช้กรอกข้อมูลที่ไม่ใช้ตัวเลขจำนวนเต็มบวก ตั้งแต่ 1 ขึ้นไป จะมีหน้าต่างแจ้งเตือน แสดงขึ้นมาแสดงดังรูปที่ ก.13

เมื่อทำการกรอกข้อมูลการผลิตลงในตารางเรียบร้อยแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม CheckData เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องในการกรอกข้อมูลกระบวนการผลิตในตาราง หากข้อมูลถูกต้องแล้วจะมีหน้าต่างแจ้งบอกแสดงดังรูปที่ ก.14 แต่ถ้าหากกรออกข้อมูลไม่ถูกต้องก็จะมีหน้าต่างแจ้งเตือนแสดงขึ้นมาแสดงดังรูปที่ ก.15

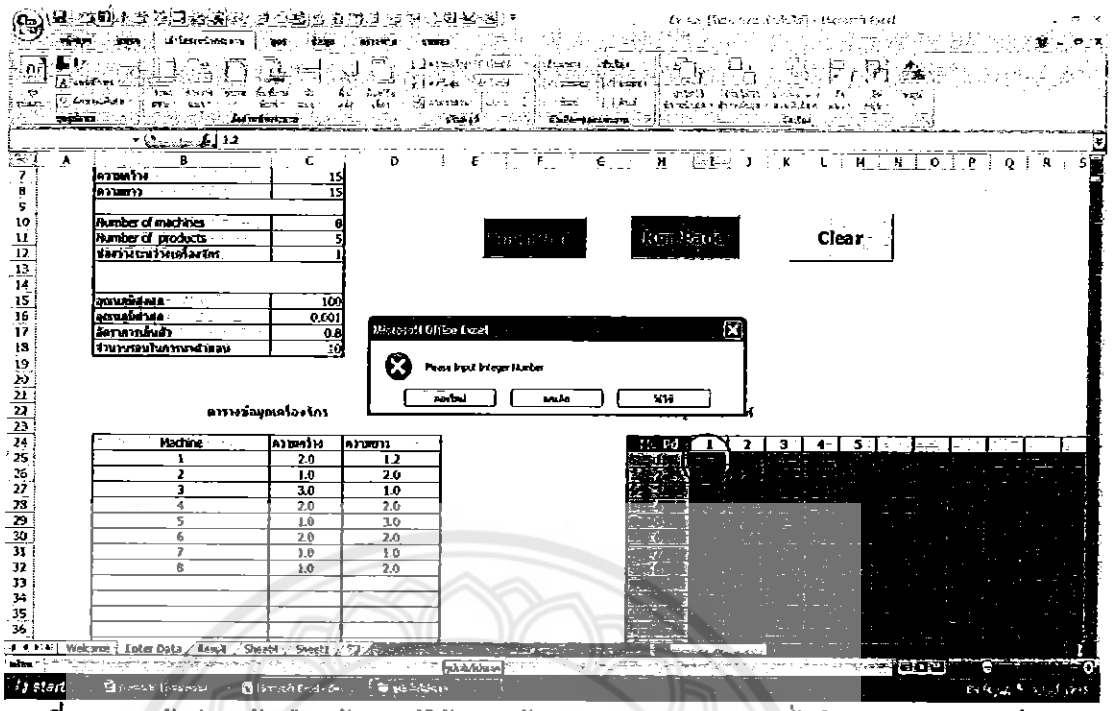
เมื่อแน่ใจว่ากรอกข้อมูลถูกต้องแล้ว ให้คลิกปุ่ม Run Page เพื่อไปสู่หน้า Worksheet Result แสดงดังรูปที่ ก.16 ให้แสดงผลลัพธ์ แต่ถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลหรือกรอกข้อมูลใหม่ ให้คลิกปุ่ม Clear



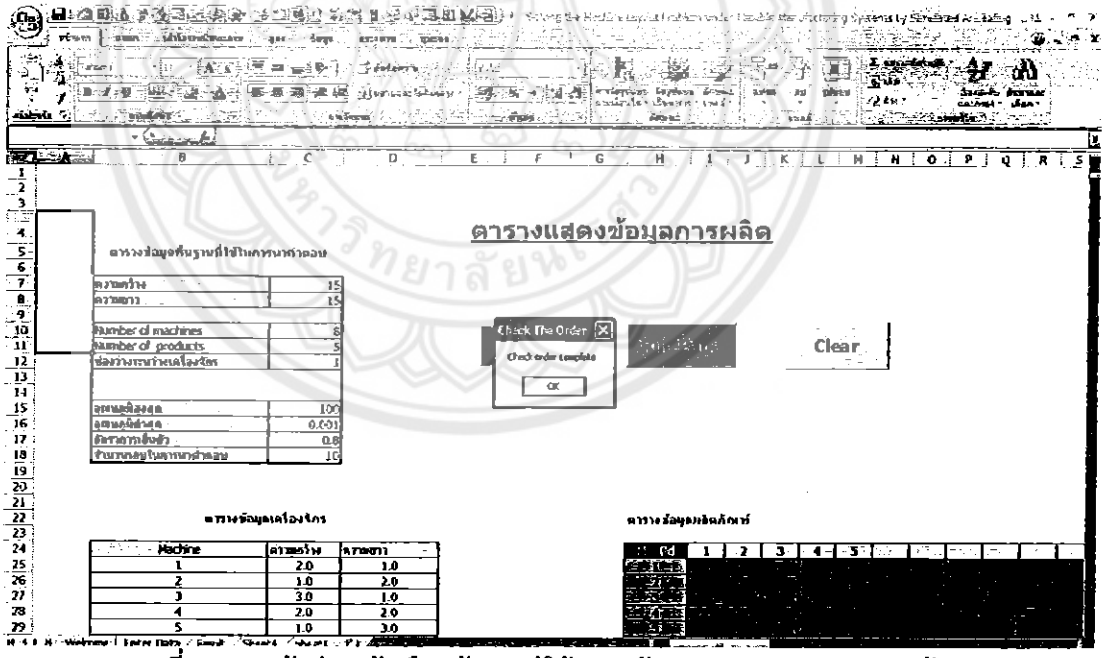
รูปที่ ก.11 แสดงการรับข้อมูลต่างๆ ของโปรแกรม



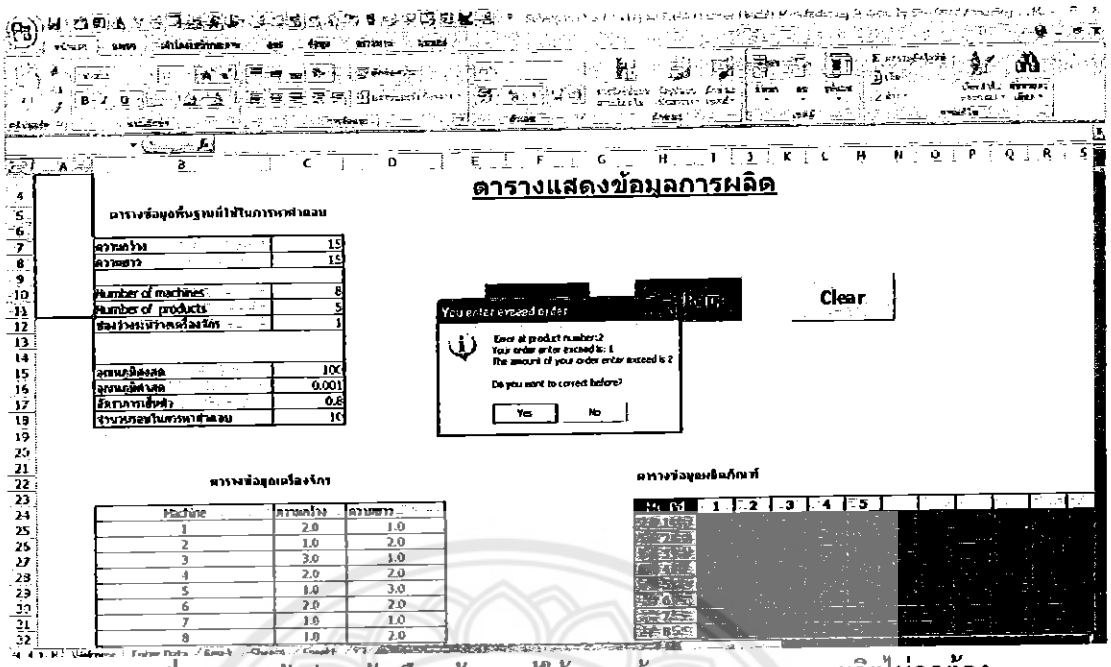
รูปที่ ก.12 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลความกว้าง ความยาว ของเครื่องจักรที่เป็นตัวอักษร



รูปที่ ก.13 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลกระบวนการผลิต ที่ไม่ใช่**ตัวเลขจำนวนเต็มบวก** ตั้งแต่ 1 ขึ้นไป



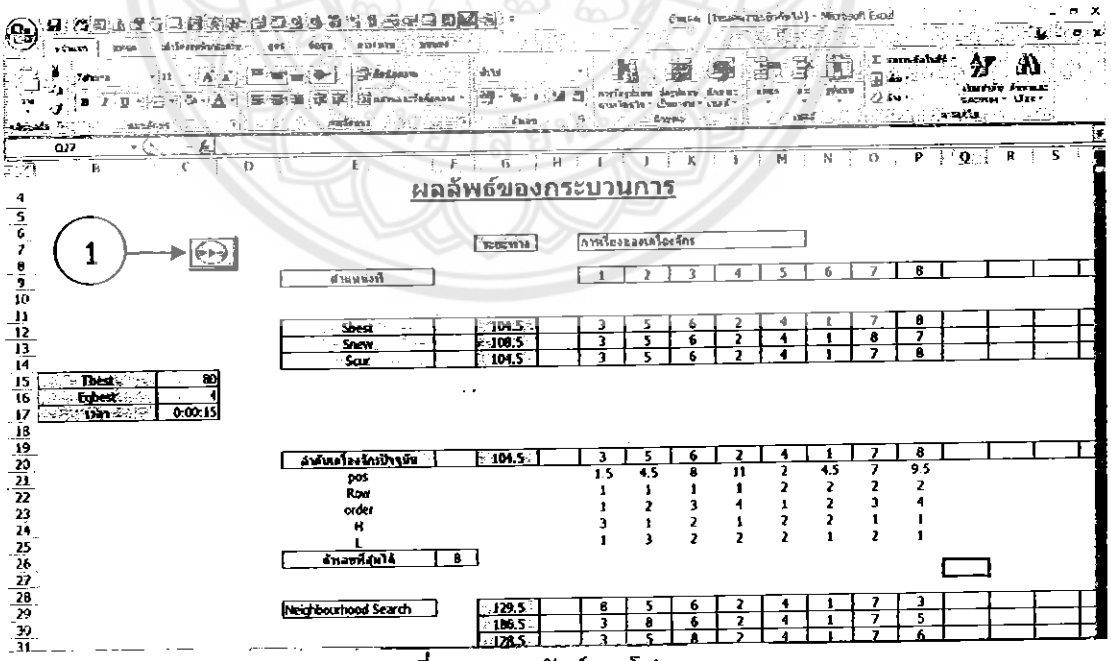
รูปที่ ก.14 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลกระบวนการผลิตถูกต้อง



รูปที่ ก.15 หน้าต่างแจ้งเตือนถ้าหากผู้ใช้กรอกข้อมูลกระบวนการผลิตไม่ถูกต้อง

2.4 แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม

เมื่อกดปุ่ม Run Page ใน Worksheet Enter Data หน้า Worksheet Result ก็จะแสดงขึ้น เมื่อต้องการ Run โปรแกรม ให้กดปุ่ม แสดงดังรูปที่ ก.16 หมายเลข 1 เพื่อให้โปรแกรมแสดงผลลัพธ์ออกมา



รูปที่ ก.16 ผลลัพธ์ของโปรแกรม

ภาคผนวก ข
ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลความกว้างความยาวของโรงงานและเครื่องจักร ข้อมูลกระบวนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ ของทั้ง 27 ปัญหา ที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม

1. ข้อมูลของปัญหาขนาดเล็ก

มีเครื่องจักรตั้งแต่ 1-10 เครื่อง และมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 1-6 ผลิตภัณฑ์ จำนวน 9 ปัญหาโดยปัญหาจะมีความแตกต่างกันดังนี้

1.1 ปัญหา 1-3 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กโดย ปัญหา 1 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 2 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 3 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป สามารถแสดงข้อมูลต่างๆได้ดังตาราง ข.1-ข.9

1.2 ปัญหา 4-6 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่โดยปัญหา 4 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 5 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 6 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป สามารถแสดงข้อมูลต่างๆได้ดังตาราง ข.10-ข.18

1.3 ปัญหา 7-9 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก และใหญ่สลับกันไปโดย ปัญหา 7 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 8 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 9 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป สามารถแสดงข้อมูลต่างๆได้ดังตาราง ข.19-ข.27

2. ปัญหาขนาดกลาง

มีเครื่องจักรตั้งแต่ 11-20 เครื่อง และมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 7-12 ผลิตภัณฑ์ จำนวน 9 ปัญหา โดยปัญหาจะมีความแตกต่างกันดังนี้

2.1 ปัญหา 1-3 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก โดยปัญหา 1 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 2 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 3 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

2.2 ปัญหา 4-6 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ โดยปัญหา 4 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 5 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 6 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

2.3 ปัญหา 7-9 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก และใหญ่สลับกันไป โดยปัญหา 7 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 8 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 9 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3. ปัญหาขนาดใหญ่

มีเครื่องจักรตั้งแต่ 21-30 เครื่อง และมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 11-18 ผลิตภัณฑ์ จำนวน 9 ปัญหา โดยปัญหาจะมีความแตกต่างกันดังนี้

3.1 ปัญหา 1-3 จะเป็นเครื่องจักร ที่มีขนาดเล็ก โดยปัญหา 1 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 2 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 3 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.2 ปัญหา 4-6 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ โดยปัญหา 4 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 5 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 6 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

3.3 ปัญหา 7-9 จะเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็ก และใหญ่สลับกันไป โดยปัญหา 7 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตน้อย ปัญหา 8 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมาก ปัญหา 9 ผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตมีทั้งมาก และน้อยสลับกันไป

ตารางที่ ข.1 ปัญหาที่ 1 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง (เมตร)	0.4	1.2	1.0	0.8	1.5	0.7	1.3	0.4	1.1	0.7
	ความยาว (เมตร)	1.0	1.2	1.9	1.5	0.7	1.5	1.9	1.5	1.0	1.6
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร (เมตร)										
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1			2		4	3		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2			4	2			1		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	3				4	1		5	2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		2		3	5		4			1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5		4	1		2		3			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6				5		1		3	2	4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง (เมตร)	15									
	ความยาว (เมตร)	15									

ตารางที่ ข.2 ปัญหาที่ 2 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	0.4	1.2	1.0	0.8	1.5	0.7	1.3	0.4	1.1	0.7
	ความยาว(เมตร)	1.0	1.2	1.9	1.5	0.7	1.5	1.9	1.5	1.0	1.6
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(เมตร)	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	6	1	7	2	8	3	9	4	10	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	7	2	1	4	3	6		5		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	6		1	7	3	9	2	8	5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	7	1	4		3	2		6	5	8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	8	7	3	6	4		2		1	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	6		5	8	2	4	1		3	7
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	15									
	ความยาว(เมตร)	15									

ตารางที่ ข.3 ปัญหาที่ 3 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	0.4	1.2	1.0	0.8	1.5	0.7	1.3	0.4	1.1	0.7
	ความยาว(เมตร)	1.0	1.2	1.9	1.5	0.7	1.5	1.9	1.5	1.0	1.6
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(เมตร)	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1			2		4	3		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	6	1	7	2	8	3	9	4	10	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3			4	2			1		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		4	1		2		3			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	6		1	7	3	9	2	8	5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	8	7	3	6	4		2		1	5
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	15									
	ความยาว(เมตร)	15									

ตารางที่ ข.4 ปัญหาที่ 4 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	2.9	3.0	3.3	3.6	3.3	2.7	4.0	4.6	2.3	4.3
	ความยาว(เมตร)	4.8	4.3	4.5	3.9	2.9	4.1	4.5	4.7	3.4	4.7
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(เมตร)	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1			2		4	3		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2			4	2			1		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	3				4	1		5	2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		2		3	5		4			1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5		4	1		2		3			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6				5		1		3	2	4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	15									
	ความยาว(เมตร)	15									

ตารางที่ ข.5 ปัญหาที่ 5 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	2.9	3.0	3.3	3.6	3.3	2.7	4.0	4.6	2.3	4.3
	ความยาว(เมตร)	4.8	4.3	4.5	3.9	2.9	4.1	4.5	4.7	3.4	4.7
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(เมตร)	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	6	1	7	2	8	3	9	4	10	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	7	2	1	4	3	6		5		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	6		1	7	3	9	2	8	5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	7	1	4		3	2		6	5	8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	8	7	3	6	4		2		1	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	6		5	8	2	4	1		3	7
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	15									
	ความยาว(เมตร)	15									

ตารางที่ ข.6 ปัญหาที่ 6 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	2.9	3.0	3.3	3.6	3.3	2.7	4.0	4.6	2.3	4.3
	ความยาว(เมตร)	4.8	4.3	4.5	3.9	2.9	4.1	4.5	4.7	3.4	4.7
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(เมตร)	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1			2		4	3		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	6	1	7	2	8	3	9	4	10	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3			4	2			1		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		4	1		2		3			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	6		1	7	3	9	2	8	5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	8	7	3	6	4		2		1	5
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	15									
	ความยาว(เมตร)	15									

ตารางที่ ข.7 ปัญหาที่ 7 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	3.8	3.8	1.0	4.3	3.7	0.5	2.1	3.3	1.2
	ความยาว(เมตร)	3.2	3.0	2.8	0.8	5.0	1.6	0.7	3.5	1.2	2.1
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(เมตร)	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1			2		4	3		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2			4	2			1		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	3				4	1		5	2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		2		3	5		4			1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5		4	1		2		3			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6				5		1		3	2	4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	15									
	ความยาว(เมตร)	15									

ตารางที่ ข.8 ปัญหาที่ 8 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	3.8	3.8	1.0	4.3	3.7	0.5	2.1	3.3	1.2
	ความยาว(เมตร)	3.2	3.0	2.8	0.8	5.0	1.6	0.7	3.5	1.2	2.1
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(เมตร)	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	6	1	7	2	8	3	9	4	10	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	7	2	1	4	3	6		5		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	6		1	7	3	9	2	8	5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	7	1	4		3	2		6	5	8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	8	7	3	6	4		2		1	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	6		5	8	2	4	1		3	7
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	15									
	ความยาว(เมตร)	15									

ตารางที่ ข.9 ปัญหาที่ 9 ปัญหาขนาดเล็ก

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	3.8	3.8	1.0	4.3	3.7	0.5	2.1	3.3	1.2
	ความยาว(เมตร)	3.2	3.0	2.8	0.8	5.0	1.6	0.7	3.5	1.2	2.1
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร(เมตร)	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1			2		4	3		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	6	1	7	2	8	3	9	4	10	5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3			4	2			1		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		4	1		2		3			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	6		1	7	3	9	2	8	5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	8	7	3	6	4		2		1	5
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	15									
	ความยาว(เมตร)	15									

ตารางที่ ข.10 ปัญหาที่ 1 ปัญหาขนาดกลาง

	เครื่องจักรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.0	1.7	1.2	0.5	1.8	0.5	0.7	1.7	1.9	0.9	1.6	1.6	0.4	0.5	0.6	0.6	1.3	1.7	1.7	0.7
	ความยาว(เมตร)	1.7	1.4	1.2	0.4	0.4	1.4	0.7	1.5	1.3	1.4	1.7	1.3	1.3	2.0	0.9	0.4	0.5	1.0	0.5	1.9
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		9		2	8			1		7			3		5		6		4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2			5		6		1				4		2			7			3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3								1			4	6			5	2				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		7				6			5		8	4		3	1			2		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	4		2			3			1	6		9				7		5		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	2			1				7		8	4		3			6		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	8				7			2			1		5		4		6			3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8			7			1			2		6		3			4		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		5			2				1			6			7			3		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10			2				1			4			6	3			7		5	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			6			2			1		5	7		3					4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		7			6		4		5		8		2		3		1		9	
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.11 ปัญหาที่ 2 ปัญหาขนาดกลาง

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.0	1.7	1.2	0.5	1.8	0.5	0.7	1.7	1.9	0.9	1.6	1.6	0.4	0.5	0.6	0.6	1.3	1.7	1.7	0.7
	ความยาว(เมตร)	1.7	1.4	1.2	0.4	0.4	1.4	0.7	1.5	1.3	1.4	1.7	1.3	1.3	2.0	0.9	0.4	0.5	1.0	0.5	1.9
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1	9		8	15		3	11	7	14	2	10	13	6	16	4	12		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		10		9			7		11	1	8		6	3	5	12	13	2		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	2		6	12	16	3	9	5	8	7	15	4	14	11		10		1	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	1		14	4	13	11	3	18	2	10	7	17	19	5	12	15	8	9	6	16
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	6	14		13		15	11		12	16	2	3	7	9	1	8	5	10	4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	1		3	13	15	1	10	4	16	2	9	12		6	11	5	8		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	16	7		5		6	15	2		4		3	13	14	11	1	9	12	8	10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	11		6		10	9	4	14		2	5	12	1	15	3		13		8	7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		16	17	5	15	10	2		14	3	8	1	13		12	4	9	11	7	6
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	1		11	10	3		2		4	13	12		5	7		6		9		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	11		3		12	1	1	4	8		2		5	13	9	7	6			10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		5		6	9		10	8		11	7	12	13	2	14	3	15	1	16	4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.12 ปัญหาที่ 3 ปัญหาขนาดกลาง

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.0	1.7	1.2	0.5	1.8	0.5	0.7	1.7	1.9	0.9	1.6	1.6	0.4	0.5	0.6	0.6	1.3	1.7	1.7	0.7
	ความยาว(เมตร)	1.7	1.4	1.2	0.4	0.4	1.4	0.7	1.5	1.3	1.4	1.7	1.3	1.3	2.0	0.9	0.4	0.5	1.0	0.5	1.9
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1			5		6		1						2	4		7			3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		7				6			5		8		3		1	4		2		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3		20		6	9	5	10	8		11	7	12	13	2	14	3	15	1	16	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	2			1				7			4		3	6		8		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	1		11		3		2		4	13	12		5	7		6	10	9		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	1		14	4	13	11	3	18	2	15	7	17	19	5	12	10	8	9	6	16
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7			7			1			2		6		3			4		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8		10		9			7	12	11	1	8		6	3	5		13	2		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	16	1	9		8	15	11	3	10	7	14	2		13	6		4	12		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		7			6				5	4		8	2		3		1		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	2		6	12	16	3		5	9	7	15	4	14	11		10	8	1	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			2				1			4	6			3			7		5	
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.13 ปัญหาที่ 4 ปัญหาขนาดกลาง

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.8	3.6	2.4	2.4	3.7	4.2	3.2	2.8	3.1	4.7	2.7	4.6	3.5	4.1	4.8	3.9	3.7	3.1	4.3	2.5
	ความยาว(เมตร)	4.0	2.2	4.5	3.7	2.4	2.5	4.6	3.4	2.7	4.4	4.1	2.9	4.5	2.4	4.5	2.2	3.2	4.0	4.3	3.3
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		9		2	8			1		7			3		5		6		4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2			5		6		1				4		2			7			3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3								1			4	6			5	2				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		7				6			5		8	4		3	1			2		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	4		2			3			1	6		9				7		5		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	2			1				7		8	4		3			6		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	8				7			2			1		5		4		6			3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8			7			1			2		6		3			4		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		5			2				1			6			7			3		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10			2				1			4			6	3			7		5	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			6			2			1		5	7		3					4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		7			6		4		5		8		2		3		1		9	
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.14 ปัญหาที่ 5 ปัญหาขนาดกลาง

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.8	3.6	2.4	2.4	3.7	4.2	3.2	2.8	3.1	4.7	2.7	4.6	3.5	4.1	4.8	3.9	3.7	3.1	4.3	2.5
	ความยาว(เมตร)	4.0	2.2	4.5	3.7	2.4	2.5	4.6	3.4	2.7	4.4	4.1	2.9	4.5	2.4	4.5	2.2	3.2	4.0	4.3	3.3
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1	9		8	15		3	11	7	14	2	10	13	6	16	4	12		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		10		9			7		11	1	8		6	3	5	12	13	2		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	2		6	12	16	3	9	5	8	7	15	4	14	11		10		1	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	1		14	4	13	11	3	18	2	10	7	17	19	5	12	15	8	9	6	16
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	6	14		13		15	11		12	16	2	3	7	9	1	8	5	10	4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	1		3	13	15	1	10	4	16	2	9	12		6	11	5	8		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	16	7		5		6	15	2		4		3	13	14	11	1	9	12	8	10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	11		6		10	9	4	14		2	5	12	1	15	3		13		8	7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		16	17	5	15	10	2		14	3	8	1	13		12	4	9	11	7	6
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	1		11	10	3		2		4	13	12		5	7		6		9		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	11		3		12	1	1	4	8		2		5	13	9	7	6			10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		5		6	9		10	8		11	7	12	13	2	14	3	15	1	16	4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.15 ปัญหาที่ 6 ปัญหาขนาดกลาง

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.8	3.6	2.4	2.4	3.7	4.2	3.2	2.8	3.1	4.7	2.7	4.6	3.5	4.1	4.8	3.9	3.7	3.1	4.3	2.5
	ความยาว(เมตร)	4.0	2.2	4.5	3.7	2.4	2.5	4.6	3.4	2.7	4.4	4.1	2.9	4.5	2.4	4.5	2.2	3.2	4.0	4.3	3.3
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1			5		6		1						2	4		7			3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		7				6			5		8		3		1	4		2		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3		20		6	9	5	10	8		11	7	12	13	2	14	3	15	1	16	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	2			1				7			4		3	6		8		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	1		11		3		2		4	13	12		5	7		6	10	9		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	1		14	4	13	11	3	18	2	15	7	17	19	5	12	10	8	9	6	16
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7			7			1			2		6		3			4		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8		10		9			7	12	11	1	8		6	3	5		13	2		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	16	1	9		8	15	11	3	10	7	14	2		13	6		4	12		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		7			6				5	4		8	2		3		1		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	2		6	12	16	3		5	9	7	15	4	14	11		10	8	1	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			2				1			4	6			3			7		5	
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.16 ปัญหาที่ 7 ปัญหาขนาดกลาง

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	2.5	1.7	2.9	4.6	2.1	4.0	1.1	4.9	2.3	1.6	3.1	3.8	3.8	4.4	4.7	1.9	0.8	2.7	1.1	4.7
	ความยาว(เมตร)	2.7	2.2	0.4	4.7	3.0	4.9	4.6	4.0	1.9	3.4	3.0	2.7	1.0	1.7	3.3	3.9	2.9	2.7	4.6	0.8
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		9		2	8			1		7			3		5		6		4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2			5		6		1				4		2			7			3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3								1			4	6			5	2				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		7				6			5		8	4		3	1			2		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	4		2			3			1	6		9				7		5		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	2			1				7		8	4		3			6		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	8				7			2			1		5		4		6			3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8			7			1			2		6		3			4		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		5			2				1			6			7			3		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10			2				1			4			6	3			7		5	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			6			2			1		5	7		3					4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		7			6		4		5		8		2		3		1		9	
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.17 ปัญหาที่ 8 ปัญหาขนาดกลาง

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	2.5	1.7	2.9	4.6	2.1	4.0	1.1	4.9	2.3	1.6	3.1	3.8	3.8	4.4	4.7	1.9	0.8	2.7	1.1	4.7
	ความยาว(เมตร)	2.7	2.2	0.4	4.7	3.0	4.9	4.6	4.0	1.9	3.4	3.0	2.7	1.0	1.7	3.3	3.9	2.9	2.7	4.6	0.8
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1	9		8	15		3	11	7	14	2	10	13	6	16	4	12		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		10		9			7		11	1	8		6	3	5	12	13	2		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	2		6	12	16	3	9	5	8	7	15	4	14	11		10		1	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	1		14	4	13	11	3	18	2	10	7	17	19	5	12	15	8	9	6	16
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	6	14		13		15	11		12	16	2	3	7	9	1	8	5	10	4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	1		3	13	15	1	10	4	16	2	9	12		6	11	5	8		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	16	7		5		6	15	2		4		3	13	14	11	1	9	12	8	10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	11		6		10	9	4	14		2	5	12	1	15	3		13		8	7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		16	17	5	15	10	2		14	3	8	1	13		12	4	9	11	7	6
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	1		11	10	3		2		4	13	12		5	7		6		9		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	11		3		12	1	1	4	8		2		5	13	9	7	6			10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		5		6	9		10	8		11	7	12	13	2	14	3	15	1	16	4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.18 ปัญหาที่ 9 ปัญหาขนาดกลาง

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	2.5	1.7	2.9	4.6	2.1	4.0	1.1	4.9	2.3	1.6	3.1	3.8	3.8	4.4	4.7	1.9	0.8	2.7	1.1	4.7
	ความยาว(เมตร)	2.7	2.2	0.4	4.7	3.0	4.9	4.6	4.0	1.9	3.4	3.0	2.7	1.0	1.7	3.3	3.9	2.9	2.7	4.6	0.8
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1			5		6		1						2	4		7			3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		7				6			5		8		3		1	4		2		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3		20		6	9	5	10	8		11	7	12	13	2	14	3	15	1	16	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	2			1				7			4		3	6		8		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	1		11		3		2		4	13	12		5	7		6	10	9		8
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	1		14	4	13	11	3	18	2	15	7	17	19	5	12	10	8	9	6	16
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7			7			1			2		6		3			4		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8		10		9			7	12	11	1	8		6	3	5		13	2		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	16	1	9		8	15	11	3	10	7	14	2		13	6		4	12		5
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		7			6				5	4		8	2		3		1		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	2		6	12	16	3		5	9	7	15	4	14	11		10	8	1	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			2				1			4	6			3			7		5	
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	20																			
	ความยาว(เมตร)	20																			

ตารางที่ ข.19 ปัญหาที่ 1 ปัญหาขนาดใหญ่

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.8	0.8	1.6	0.6	1.6	1.7	1.2	0.9	2.0	2.0	1.0	1.5	1.7	1.8	1.8	1.5	0.5	1.9	1.0	1.2
	ความยาว(เมตร)	1.2	1.5	1.0	1.2	0.5	1.7	0.4	1.5	0.9	1.6	0.5	0.5	0.9	1.7	1.1	0.6	1.3	1.4	1.5	0.6
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1					2					5			7			4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	8		7		10				5		9		6	2			11			1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	1															9	6		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1				7	3			6									2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	1		2		3		4		5		6		7		8		9			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6										5		7				6		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7			1				3				2					6			4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8				2				1					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		8						5		9			6	4					2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		1	9			4		8		2		5				3		7		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			1			6						3			9		2			4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			10	1				9				7			8				5	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		1			6		8		3		9	7			2				4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		1						2						4				3		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15				2		1								6				3		7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16			8			7		9	11			2		10		1				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17			9					4			3			8		2				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	4			5				6				7				8				10
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.19(ต่อ) ปัญหาที่ 1 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.4	1.7	0.4	1.4	1.0	1.4	0.5	0.9	0.5	1.2
	ความยาว(เมตร)	0.4	1.2	0.6	1.6	0.9	1.1	0.7	2	0.4	1.3
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	8		3					6		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2				3						4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3		3				8	2		5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4			8	5	9					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	13					12		11		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6							3		2	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7		7			5				8	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	3				6					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		7	3				1			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		6				10				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			7				5		8	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			6				2	4		3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13			5							
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		5								
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15			5		11	4	8		10	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		12	6			5		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	1		6			7		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18			9			3			1	2
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25									
	ความยาว(เมตร)	25									

ตารางที่ ข.20 ปัญหาที่ 2 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.8	0.8	1.6	0.6	1.6	1.7	1.2	0.9	2.0	2.0	1.0	1.5	1.7	1.8	1.8	1.5	0.5	1.9	1.0	1.2
	ความยาว(เมตร)	1.2	1.5	1.0	1.2	0.5	1.7	0.4	1.5	0.9	1.6	0.5	0.5	0.9	1.7	1.1	0.6	1.3	1.4	1.5	0.6
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1			1	15		9		4	16	10		2		7	17	14	5		13	20
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	4		9		17	10		3		11		13	2	18		6	16		12	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	15		18	2		14	17	6		15	1		7		4	19		3		11
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1	14		13		2			4		3			5		11		12	7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	20		1		4	21	3		2		6	16	5		8	17	7	14	18	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	9		15		2		7	16	13		3		8	6		17	4	19	20	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7		7	9		17	2		10		16	3		4		11	6	18	5		1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	1		2	22	5	3	21	15	4	20		6		8		16	7		11	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		12			1		11		9		13	10	3			2		5		15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	1			6		7		11	5		12	10		4		13	9		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		16	15		1		14		2	13		12			3	11		4		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		11	1		10		2	9	12		3	8			4	6		7	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		16			17	11	12			9		7	10		13	6		8	14	15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15	15		6		2		1	14		13	4		3		12		5		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		17	2		16	15	14	1		13	4		3		12		6		5	11
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	13		18		14			15		17		19	16			12	11	10		9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	18		2		17	1	16	15	3		6		14		5	13		7		4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.20(ต่อ) ปัญหาที่ 2 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.4	1.7	0.4	1.4	1.0	1.4	0.5	0.9	0.5	1.2										
	ความยาว(เมตร)	0.4	1.2	0.6	1.6	0.9	1.1	0.7	2	0.4	1.3										
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	3	17	11		6		8		19	12										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		14	19	7	5		8	20		15										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	8		5	12		9	20	13	10											
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		8		6			9		15	10										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	19	10		11		15	12			13										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6		5		10	1	18	12		11											
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	19	12		8	20	14	13	21	15											
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	17	12		10		13	18		14	19										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	4		6		8		7		14											
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	10		11	16	12		15	13		14										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	14	8	2		15			16		17										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		5		9		6		8	7											
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13	5		15		14															
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14	5			3		2		4		1										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15	11		10		7	17		8		16										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		7	10		9			8		18										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	8	7	6	5			4	3	2	1										
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	12	8			11		9		10											
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.21 ปัญหาที่ 3 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.8	0.8	1.6	0.6	1.6	1.7	1.2	0.9	2.0	2.0	1.0	1.5	1.7	1.8	1.8	1.5	0.5	1.9	1.0	1.2
	ความยาว(เมตร)	1.2	1.5	1.0	1.2	0.5	1.7	0.4	1.5	0.9	1.6	0.5	0.5	0.9	1.7	1.1	0.6	1.3	1.4	1.5	0.6
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	1															9	6		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	9		15		2		7	16	13		3		8	6		17	4	19	20	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3				2				1					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1					2					5			7			4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6		16			17	11	12			9		7	10		13	6		8	14	15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	1		2		3		4		5		6		7		8		9			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	1		2	22	5	3	21	15	4	20		6		8		16	7		11	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	4		9		17	10		3		11		13	2	18		6	16		12	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10				2				3					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	3		1			7			2							6		9		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			8					6			7			5					6	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		1		14		4		13	2	14		5			3		7		10	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14			11		12				10					5	6	7	8		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15			8			7		9	11			2		10		1				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	1			6		7		11	5		12	10		4		13	9		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	4			5				6				7				8				10
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.21(ต่อ) ปัญหาที่ 3 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	1.4	1.7	0.4	1.4	1.0	1.4	0.5	0.9	0.5	1.2
	ความยาว(เมตร)	0.4	1.2	0.6	1.6	0.9	1.1	0.7	2	0.4	1.3
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		3				8	2		5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		5		10	1	18	12		11	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	3				6					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	8		3					6		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	10		11	16	12		15	13		14
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	5			3		2		4		1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	13					12		11		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	17	12		10		13	18		14	19
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		14	19	7	5		8	20		15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	1		8		6			7		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11					5		8			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		3	1		4		2			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13	9	6	12	11		8				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14	14		13				4	3	1	2
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15		12	6			5		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16	10		11	16	12		15	13		14
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	14	8	2		15			16		17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18			9			3			1	2
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25									
	ความยาว(เมตร)	25									

ตารางที่ ข.22 ปัญหาที่ 4 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	4.5	4.2	4.1	2.8	4.7	2.7	3.4	2.9	2.6	4.0	2.8	2.4	4.6	2.7	3.8	3.2	3.6	2.9	4.5	3.5
	ความยาว(เมตร)	2.5	4.6	2.8	3.8	5.0	3.2	2.4	4.1	3.1	2.3	5.0	4.3	3.9	3.4	3.8	3.8	4.6	4.4	4.1	2.5
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1					2					5			7			4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	8		7		10				5		9		6	2			11			1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	1															9	6		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1				7	3			6									2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	1		2		3		4		5		6		7		8		9			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6										5		7				6		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7			1				3				2					6			4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8				2				1					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		8						5		9			6	4					2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		1	9			4		8		2		5				3		7		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			1			6						3			9		2			4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			10	1				9				7			8				5	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		1			6		8		3		9	7			2				4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		1						2						4				3		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15				2		1								6				3		7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16			8			7		9	11			2		10		1				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17			9					4			3			8		2				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	4			5				6				7				8				10
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.22(ต่อ) ปัญหาที่ 4 ปัญหาขนาดใหญ่

เครื่องจักรที่		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.7	4.0	4.0	3.4	3.4	5.0	2.9	4.1	4.5	3.5
	ความยาว(เมตร)	3.0	2.4	4.0	2.6	2.5	3.1	2.6	4.7	3.9	2.3
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	8		3					6		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2				3						4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3		3				8	2		5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4			8	5	9					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	13					12		11		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6							3		2	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7		7			5				8	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	3				6					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		7	3				1			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		6				10				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			7				5		8	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			6				2	4		3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13			5							
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		5								
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15			5		11	4	8		10	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		12	6			5		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	1		6			7		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18			9			3			1	2
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25									
	ความยาว(เมตร)	25									

ตารางที่ ข.23 ปัญหาที่ 5 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	4.5	4.2	4.1	2.8	4.7	2.7	3.4	2.9	2.6	4.0	2.8	2.4	4.6	2.7	3.8	3.2	3.6	2.9	4.5	3.5
	ความยาว(เมตร)	2.5	4.6	2.8	3.8	5.0	3.2	2.4	4.1	3.1	2.3	5.0	4.3	3.9	3.4	3.8	3.8	4.6	4.4	4.1	2.5
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1			1	15		9		4	16	10		2		7	17	14	5		13	20
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	4		9		17	10		3		11		13	2	18		6	16		12	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	15		18	2		14	17	6		15	1		7		4	19		3		11
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1	14		13		2			4		3			5		11		12	7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	20		1		4	21	3		2		6	16	5		8	17	7	14	18	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	9		15		2		7	16	13		3		8	6		17	4	19	20	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7		7	9		17	2		10		16	3		4		11	6	18	5		1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	1		2	22	5	3	21	15	4	20		6		8		16	7		11	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		12			1		11		9		13	10	3			2		5		15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	1			6		7		11	5		12	10		4		13	9		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		16	15		1		14		2	13		12			3	11		4		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		11	1		10		2	9	12		3	8			4	6		7	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		16			17	11	12			9		7	10		13	6		8	14	15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15	15		6		2		1	14		13	4		3		12		5		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		17	2		16	15	14	1		13	4		3		12		6		5	11
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	13		18		14			15		17		19	16			12	11	10		9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	18		2		17	1	16	15	3		6		14		5	13		7		4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.23(ต่อ) ปัญหาที่ 5 ปัญหาขนาดใหญ่

เครื่องจักรที่		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.7	4.0	4.0	3.4	3.4	5.0	2.9	4.1	4.5	3.5
	ความยาว(เมตร)	3.0	2.4	4.0	2.6	2.5	3.1	2.6	4.7	3.9	2.3
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	3	17	11		6		8		19	12
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		14	19	7	5		8	20		15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	8		5	12		9	20	13	10	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		8		6			9		15	10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	19	10		11		15	12			13
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6		5		10	1	18	12		11	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	19	12		8	20	14	13	21	15	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	17	12		10		13	18		14	19
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	4		6		8		7		14	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	10		11	16	12		15	13		14
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	14	8	2		15			16		17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		5		9		6		8	7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13	5		15		14					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14	5			3		2		4		1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15	11		10		7	17		8		16
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		7	10		9			8		18
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	8	7	6	5			4	3	2	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	12	8			11		9		10	
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25									
	ความยาว(เมตร)	25									

ตารางที่ ข.24 ปัญหาที่ 6 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	4.5	4.2	4.1	2.8	4.7	2.7	3.4	2.9	2.6	4.0	2.8	2.4	4.6	2.7	3.8	3.2	3.6	2.9	4.5	3.5
	ความยาว(เมตร)	2.5	4.6	2.8	3.8	5.0	3.2	2.4	4.1	3.1	2.3	5.0	4.3	3.9	3.4	3.8	3.8	4.6	4.4	4.1	2.5
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	1															9	6		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	9		15		2		7	16	13		3		8	6		17	4	19	20	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3				2				1					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1					2					5			7			4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6		16			17	11	12			9		7	10		13	6		8	14	15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	1		2		3		4		5		6		7		8		9			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	1		2	22	5	3	21	15	4	20		6		8		16	7		11	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	4		9		17	10		3		11		13	2	18		6	16		12	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10				2				3					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	3		1			7			2							6		9		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			8					6			7			5					6	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		1		14		4		13	2	14		5			3		7		10	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14			11		12				10					5	6	7	8		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15			8			7		9	11			2		10		1				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	1			6		7		11	5		12	10		4		13	9		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	4			5				6				7				8				10
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.24(ต่อ) ปัญหาที่ 6 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.7	4.0	4.0	3.4	3.4	5.0	2.9	4.1	4.5	3.5
	ความยาว(เมตร)	3.0	2.4	4.0	2.6	2.5	3.1	2.6	4.7	3.9	2.3
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		3				8	2		5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		5		10	1	18	12		11	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	3				6					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	8		3					6		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	10		11	16	12		15	13		14
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	5			3		2		4		1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	13					12		11		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	17	12		10		13	18		14	19
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		14	19	7	5		8	20		15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	1		8		6			7		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11					5		8			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		3	1		4		2			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13	9	6	12	11		8				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14	14		13				4	3	1	2
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15		12	6			5		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16	10		11	16	12		15	13		14
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	14	8	2		15			16		17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18			9			3			1	2
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25									
	ความยาว(เมตร)	25									

ตารางที่ ข.25 ปัญหาที่ 7 ปัญหาขนาดใหญ่

เครื่องจักรที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	2.2	0.7	4.3	1.3	0.6	2.2	3.3	1.3	3.6	4.6	2.6	4.5	2.2	4.9	4.8	4.2	1.5	2.7	1.0
	ความยาว(เมตร)	3.6	2.1	2.5	1.8	2.3	1.4	1.9	3.4	5.0	4.7	0.7	4.6	2.8	0.5	2.8	3.1	3.5	2.2	2.6	2.5
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		1					2					5			7			4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	8		7		10				5		9		6	2			11			1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	1															9	6		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1				7	3			6									2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	1		2		3		4		5		6		7		8		9			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6										5		7				6		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7			1				3				2					6			4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8				2				1					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		8						5		9			6	4					2	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		1	9			4		8		2		5				3		7		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			1			6						3			9		2			4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			10	1				9				7			8				5	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		1			6		8		3		9	7			2				4	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		1						2						4				3		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15				2		1								6				3		7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16			8			7		9	11			2		10		1				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17			9					4			3			8		2				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	4			5				6				7				8				10
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.25(ต่อ) ปัญหาที่ 7 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	3.0	1.6	3.0	4.5	3.3	2.5	2.8	1.4	4.7
	ความยาว(เมตร)	4.2	1.9	0.4	2.1	1.8	4.2	2.2	5.0	3.8	0.7
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	8		3					6		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2				3						4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3		3				8	2		5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4			8	5	9					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	13					12		11		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6							3		2	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7		7			5				8	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	3				6					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		7	3				1			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		6				10				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11			7				5		8	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			6				2	4		3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13			5							
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		5								
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15			5		11	4	8		10	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		12	6			5		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	1		6			7		5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18			9			3			1	2
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25									
	ความยาว(เมตร)	25									

ตารางที่ ข.26 ปัญหาที่ 8 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	2.2	0.7	4.3	1.3	0.6	2.2	3.3	1.3	3.6	4.6	2.6	4.5	2.2	4.9	4.8	4.2	1.5	2.7	1.0
	ความยาว(เมตร)	3.6	2.1	2.5	1.8	2.3	1.4	1.9	3.4	5.0	4.7	0.7	4.6	2.8	0.5	2.8	3.1	3.5	2.2	2.6	2.5
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1			1	15		9		4	16	10		2		7	17	14	5		13	20
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	4		9		17	10		3		11		13	2	18		6	16		12	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	15		18	2		14	17	6		15	1		7		4	19		3		11
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1	14		13		2			4		3			5		11		12	7
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	20		1		4	21	3		2		6	16	5		8	17	7	14	18	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	9		15		2		7	16	13		3		8	6		17	4	19	20	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7		7	9		17	2		10		16	3		4		11	6	18	5		1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	1		2	22	5	3	21	15	4	20		6		8		16	7		11	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		12			1		11		9		13	10	3			2		5		15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	1			6		7		11	5		12	10		4		13	9		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		16	15		1		14		2	13		12			3	11		4		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		11	1		10		2	9	12		3	8			4	6		7	13	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14		16			17	11	12			9		7	10		13	6		8	14	15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15	15		6		2		1	14		13	4		3		12		5		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		17	2		16	15	14	1		13	4		3		12		6		5	11
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	13		18		14			15		17		19	16			12	11	10		9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	18		2		17	1	16	15	3		6		14		5	13		7		4
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.26(ต่อ) ปัญหาที่ 8 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	3.0	1.6	3.0	4.5	3.3	2.5	2.8	1.4	4.7
	ความยาว(เมตร)	4.2	1.9	0.4	2.1	1.8	4.2	2.2	5.0	3.8	0.7
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	3	17	11		6		8		19	12
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		14	19	7	5		8	20		15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	8		5	12		9	20	13	10	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		8		6			9		15	10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	19	10		11		15	12			13
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6		5		10	1	18	12		11	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	19	12		8	20	14	13	21	15	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	17	12		10		13	18		14	19
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	4		6		8		7		14	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	10		11	16	12		15	13		14
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	14	8	2		15			16		17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		5		9		6		8	7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13	5		15		14					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14	5			3		2		4		1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15	11		10		7	17		8		16
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		7	10		9			8		18
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	8	7	6	5			4	3	2	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	12	8			11		9		10	
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25									
	ความยาว(เมตร)	25									

ตารางที่ ข.27 ปัญหาที่ 9 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	2.2	0.7	4.3	1.3	0.6	2.2	3.3	1.3	3.6	4.6	2.6	4.5	2.2	4.9	4.8	4.2	1.5	2.7	1.0
	ความยาว(เมตร)	3.6	2.1	2.5	1.8	2.3	1.4	1.9	3.4	5.0	4.7	0.7	4.6	2.8	0.5	2.8	3.1	3.5	2.2	2.6	2.5
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1																			
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1	1															9	6		7	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2	9		15		2		7	16	13		3		8	6		17	4	19	20	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3				2				1					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4		1					2					5			7			4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6		16			17	11	12			9		7	10		13	6		8	14	15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	1		2		3		4		5		6		7		8		9			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	1		2	22	5	3	21	15	4	20		6		8		16	7		11	9
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9	4		9		17	10		3		11		13	2	18		6	16		12	1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10				2				3					4					5		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11	3		1			7			2							6		9		4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12			8					6			7			5					6	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13		1		14		4		13	2	14		5			3		7		10	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14			11		12				10					5	6	7	8		9	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15			8			7		9	11			2		10		1				3
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16		2	21	1		3	20	4		5		19	6		7	18	8		9	17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	1			6		7		11	5		12	10		4		13	9		3	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18	4			5				6				7				8				10
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25																			
	ความยาว(เมตร)	25																			

ตารางที่ ข.27(ต่อ) ปัญหาที่ 9 ปัญหาขนาดใหญ่

	เครื่องจักรที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ข้อมูลเครื่องจักร	ความกว้าง(เมตร)	3.6	3.0	1.6	3.0	4.5	3.3	2.5	2.8	1.4	4.7
	ความยาว(เมตร)	4.2	1.9	0.4	2.1	1.8	4.2	2.2	5.0	3.8	0.7
	ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร	1									
ข้อมูลกระบวนการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ 1		3				8	2		5	4
	ผลิตภัณฑ์ที่ 2		5		10	1	18	12		11	
	ผลิตภัณฑ์ที่ 3	3				6					
	ผลิตภัณฑ์ที่ 4	8		3					6		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 5	10		11	16	12		15	13		14
	ผลิตภัณฑ์ที่ 6	5			3		2		4		1
	ผลิตภัณฑ์ที่ 7	13					12		11		10
	ผลิตภัณฑ์ที่ 8	17	12		10		13	18		14	19
	ผลิตภัณฑ์ที่ 9		14	19	7	5		8	20		15
	ผลิตภัณฑ์ที่ 10	1		8		6			7		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 11					5		8			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 12		3	1		4		2			
	ผลิตภัณฑ์ที่ 13	9	6	12	11		8				
	ผลิตภัณฑ์ที่ 14	14		13				4	3	1	2
	ผลิตภัณฑ์ที่ 15		12	6			5		4		
	ผลิตภัณฑ์ที่ 16	10		11	16	12		15	13		14
	ผลิตภัณฑ์ที่ 17	14	8	2		15			16		17
	ผลิตภัณฑ์ที่ 18			9			3			1	2
พื้นที่โรงงาน	ความกว้าง(เมตร)	25									
	ความยาว(เมตร)	25									

ภาคผนวก ค

Source Code ของโปรแกรมการวางผังโรงงานภายใต้การผลิตแบบยืดหยุ่น โดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

เพื่อสะดวกแก่ความเข้าใจ จะขอแบ่งการแสดงคำสั่งหรือ Source Code ตามลักษณะของโปรแกรม ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

1. การเปิดโปรแกรมและหน้าแรกที่เป็นส่วนต้อนรับโปรแกรม
2. โค้ดสร้าง User form Help เพื่อแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม
3. โค้ดการทำงานของ User form Go
4. โค้ดการทำงานของ Worksheets EnterData
5. โค้ดการทำงานของกระบวนการอบอ่อนจำลอง

1. การเปิดโปรแกรมและหน้าแรกที่เป็นส่วนต้อนรับโปรแกรม

เมื่อเปิดโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าแรกที่เป็นหน้าต้อนรับของโปรแกรมโดยอัตโนมัติ

```
Private Sub Workbook_Activate()
   Welcome.Show
End Sub
```

จากรูปที่ ก.4 ในส่วนหน้าแรกของโปรแกรมจะมีปุ่มให้กด 3 ปุ่ม จะแสดงคำสั่งเมื่อกดปุ่มหมายเลข 1, 2, 3 ตามลำดับ

แสดงคำสั่งเมื่อคลิกปุ่ม ENTER ในหน้าแรกของโปรแกรม

```
Private Sub EnterGo_Click()
   Unload Me
   Go.Show
End Sub
```

แสดงคำสั่งเมื่อคลิกปุ่ม HELP ในหน้าแรกของโปรแกรม

```
Private Sub HELP_Click()
   Unload Me
   HELPPRo.Show
End Sub
```

แสดงคำสั่งเมื่อคลิกปุ่ม EXIT ในหน้าแรกของโปรแกรม

```
Private Sub EXITPro_Click()
   Unload Me
End Sub
```

2. โค้ดสร้าง User form Help เพื่อแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม

หากคลิกปุ่ม HELP ในหน้าแรกแล้ว จะเข้าสู่หน้าต่าง HELPPro ซึ่งในหน้าต่างจะมีคำสั่งที่ปุ่ม OK ซึ่งจะแสดงได้

```
Private Sub CommandButton1_Click()
 Unload Me
 Welcome.Show
End Sub
Private Sub UserForm_Initialize()
Dim htlpText As String
totalRow = Worksheets("Welcome").Cells(65536, 1).End(xlUp).Row
For i = 90 To totalRow
   helpText = helpText & Worksheets("Welcome").Cells(i, 1).Text & vbCrLf
 '....helpText = ข้อความที่อยู่ใน Range A
Next i
With Label1
.Caption = helpText                    '.....คำบรรยายของ label1 = helpText
.AutoSize = True
End With
Frame1.ScrollHeight = Label1.Height
Frame1.ScrollTop = 0
End Sub
```

3. โค้ดการทำงานของ User form Go

```
.....ประกาศตัวแปร
Dim McN As Integer
Dim Pro As Integer
```

```
.....ถ้าหากคลิกปุ่ม cancal
Private Sub CommandButtoncancel_Click()
   Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub CommandButtonnok_Click()
Worksheets("Enter Data").Activat

.....ถ้ากรอกข้อมูลไม่ครบ จะมีข้อความเตือน
   If TextBox1.Value = "" Or TextBox2.Value = "" Or TextBox3.Value = ""
            Or TextBox4.Value = "" Or TextBox5.Value = "" _Or TextBox6.Value = ""
            Or TextBox8.Value = "" Or TextBox9.Value = "" Or TextBox10.Value = "" Then
             MsgBox "Please Enter The Number", vbCritical, "Eerror"
.....ถ้าไม่เลือก Neighborhoods Search จะมีข้อความเตือน
   ElseIf OptionButton1.Value = False And OptionButton2.Value = False And OptionButton3.Value
```

```
= False Then
        MsgBox "Please Choose Neighborhoods Search", vbCritical, "Error"
.....ถ้าใส่ค่าที่ไม่ใช่ 0-1 จะมีข้อความเตือนว่าค่าที่ใส่ได้คือ 0-1
    ElseIf TextBox3.Value < 0 Or TextBox3.Value > 1 Then
        MsgBox "Please enter number between 0-1 in Reduction factor box", vbCritical, "Eerror"
.....ถ้าใส่ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นน้อยกว่าอุณหภูมิสิ้นสุด
    ElseIf TextBox1.Value < TextBox2.Value Then
        MsgBox "Initial temperature value > Frozen temperature value", vbCritical, "Eerror"
    Else
.....นำค่าที่กรอกไปใส่ในแผ่นงาน EnterData
        Worksheets("Enter Data").Cells(15, 3).Value = Go.TextBox1.Value
        Worksheets("Enter Data").Cells(16, 3).Value = Go.TextBox2.Value
        Worksheets("Enter Data").Cells(17, 3).Value = Go.TextBox3.Value
        Worksheets("Enter Data").Cells(18, 3).Value = Go.TextBox4.Value '
        Worksheets("Enter Data").Cells(10, 3).Value = Go.TextBox5.Value 'Number of machines
        Worksheets("Enter Data").Cells(11, 3).Value = Go.TextBox6.Value 'Number of product
        Worksheets("Enter Data").Cells(7, 3).Value = Go.TextBox8.Value
        Worksheets("Enter Data").Cells(12, 3).Value = Go.TextBox9.Value
        Worksheets("Enter Data").Cells(8, 3).Value = Go.TextBox10.Value
        Worksheets("Enter Data").Activate
'.....กำหนดค่าให้กับตัวแปร
        McN = Worksheets("Enter Data").Cells(10, 3).Value
        Pro = Worksheets("Enter Data").Cells(11, 3).Value
    '.....ใส่เลขแสดงลำดับ Machines และProducts
        For i = 1 To McN
            Cells(24 + i, 8).Select
             Worksheets("Enter Data").Cells(24 + i, 8) = i
        Next i
        For i = 1 To Pro
            Cells(24, 8 + i).Select
             Worksheets("Enter Data").Cells(24, 8 + i) = i
        Next i
        For i = 1 To McN
            Cells(24 + i, 2).Select
             Worksheets("Enter Data").Cells(24 + i, 2) = i
        Next i
    End If
     Worksheets("Enter Data").Activate
    '.....กำหนดการเลือก Neighbourhood Search
     If OptionButton1.Value = True Then
            Slide = 1
            Worksheets("Result").Cells(5000, 1) = Slide
    End If
    If OptionButton2.Value = True Then
```

```
        Slide = 2
        Worksheets("Result").Cells(5000, 1) = Slide
    End If
    If OptionButton3.Value = True Then
        Slide = 3
        Worksheets("Result").Cells(5000, 1) = Slide
    End If
End Sub
```

4. โค้ดการทำงานของ Worksheets EnterData

```
.....การทำงานของปุ่ม Clear
Private Sub Clear_Click()
Application.ScreenUpdating = False
Range("C7:C18").ClearContents
Range("B25:D2344").ClearContents
Range("H25:DC2344").ClearContents
Range("I24:DC24").ClearContents
Worksheets("Result").Range("F9:BD478").ClearContents
Worksheets("Result").Range("C15:C17").ClearContents
Application.ScreenUpdating = True
    Go.Show
End Sub
```

```
.....การทำงานของปุ่ม Run Page
Private Sub Run_Click()
    Sheets("Result").Select
End Sub
```

```
.....การทำงานของปุ่ม CheckData
Private Sub CheckData_Click()
    Call CheckMain
End Sub
```

5. โค้ดการทำงานของกระบวนการอบอ่อนจำลอง

```
Private Sub SRun_Click()
.....การประกาศตัวแปร
Dim Arr(1 To 100000) As Integer
Dim Pos(1 To 50, 1 To 50) As Double
Dim Row(1 To 50) As Integer
Dim HMc(1 To 50) As Double
```

```
Dim LMc(1 To 50) As Double
Dim jnew(1 To 100, 1 To 100) As Integer
Dim WOD(0 To 100, 0 To 100) As Integer
Dim dist(1 To 50, 1 To 50) As Double
Dim Order(1 To 100) As Integer
Dim Posnew(1 To 50, 1 To 50) As Double
Dim RowMc(1 To 50) As Integer
Dim Rbest(1 To 50) As Integer
Dim Rnew(1 To 50) As Integer
Dim Rcur(1 To 50) As Integer
Dim OrderMc(1 To 50) As Integer
Dim PosMc(1 To 50) As Double
Dim Ldist(1 To 50, 1 To 50) As Double
Dim Rdist(1 To 50, 1 To 50) As Double
Dim Totaldist(1 To 100) As Double
Dim Hrowmax(1 To 50)  As Integer
Dim No(1 To 50) As Integer
Dim STime As Date
Dim FTime As Date
Dim TimeInt As Date
Dim Tmax As Double
Dim FWmax As Double
Dim FLmax As Double
Dim NumMc As Integer
Dim NumPRo  As Integer
Dim W As Double
Dim T As Double
Dim Tmin As Double
Dim Cooling As Double
Dim Eq As Integer
Dim Sbest As Double
Dim Snew As Double
Dim Scur As Double
Dim SumDist As Double
Dim PosMax As Double
Dim LRowMax As Double
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
..........กำหนดค่าเริ่มต้น
    FW = Worksheets("Enter Data").Cells(7, 3).Value
    FWmax = FW - 1
    FL = Worksheets("Enter Data").Cells(8, 3).Value
    FLmax = FL - 1
    NumMc = Worksheets("Enter Data").Cells(10, 3).Value
```

```
    NumPRo = Worksheets("Enter Data").Cells(11, 3).Value
    W = Worksheets("Enter Data").Cells(12, 3).Value
    ''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
.....การกรอกลำดับตำแหน่ง
    For i = 1 To NumMc
        Cells(9, 8 + i) = i
    Next i
    ''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
    .....การเก็บความกว้างยาวของเครื่องจักร
    For i = 1 To NumMc
        HMc(i) = Worksheets("Enter Data").Cells(24 + i, 3).Value
        LMc(i) = Worksheets("Enter Data").Cells(24 + i, 4).Value
    Next i
    '''การสุ่มลำดับเครื่องจักตอนเริ่มต้น
    For J = 1 To NumMc
        Arr(J) = J
    Next J
    For J = 1 To NumMc
        IntRnd = Int((NumMc - 1 + 1) * Rnd + 1)
        Temp = Arr(J)
        Arr(J) = Arr(IntRnd)
        Arr(IntRnd) = Temp
    Next J
    For J = 1 To NumMc
        Cells(20, 8 + J) = Arr(J)
    Next J
........กำหนดค่าเริ่มต้นที่ใช้ในการอบอ่อน
STime = Now
T = Worksheets("Enter Data").Cells(15, 3).Value
Tmax = Worksheets("Enter Data").Cells(15, 3).Value
Tmin = Worksheets("Enter Data").Cells(16, 3).Value
Cooling = Worksheets("Enter Data").Cells(17, 3).Value
Eq = Worksheets("Enter Data").Cells(18, 3).Value
Kb = 1.38E-23
Sbest = 1E+17
cout = 0
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
......เข้า loop การอบอ่อน
Application.ScreenUpdating = False
Do While T > Tmin
    For iiii = 1 To Eq
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
.......การลบข้อมูลบางส่วน
    Range("F1001:EW1889").Select
```

```
    Selection.ClearContents
    Range("F1001").Selec
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
'......สุ่มตัวเลขขึ้นมาสำหรับสสำหรับนำไปใช้ Neighborhoods Search
    RandNo = Int((NumMc - 1 + 1) * Rnd + 1)
    Cells(26, 6) = RandNo
'''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''' Neighborhoods Search แบบสลับ
    If Cells(5000, 1) = 1 Then
        For i = 1 To NumMc - 1
                For J = 1 To NumMc
                    Cells(28 + i, 8 + J) = Cells(20, 8 + J)
                Next J
        Next i
        J = 1
        For i = 1 To NumMc
            If i <> RandNo Then
                Temp = Cells(28 + J, 8 + i)
                Cells(28 + J, 8 + i) = Cells(28 + J, 8 + RandNo)
                Cells(28 + J, 8 + RandNo) = Temp
                J = J + 1
            End If
        Next i
    End If
    If Cells(5000, 1) = 2 Then
        '''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''' Neighborhoods Search แบบเลื่อน
        For i = 1 To NumMc - 1
            For J = 1 To NumMc
                Cells(28 + i, 8 + J) = Cells(20, 8 + J)
            Next J
        Next i
        If RandNo = 1 Then
            For J = 2 To NumMc
                KR = RandNo
                Temp = Cells(27 + J, 8 + KR)
                Do While KR < J
                    Cells(27 + J, 8 + KR) = Cells(27 + J, 8 + KR + 1)
                    KR = KR + 1
                Loop
                Cells(27 + J, 8 + KR) = Temp
            Next J
        ElseIf RandNo = NumMc Then
            For J = 1 To (NumMc - 1)
                KR = RandNo
                Temp = Cells(28 + J, 8 + KR)
```

```
        Do While KR > J
            Cells(28 + J, 8 + KR) = Cells(28 + J, 8 + KR - 1)
            KR = KR - 1
        Loop
        Cells(28 + J, 8 + J) = Temp
        Next J
    Else
        i = RandNo
        For J = 1 To NumMc
            If J < RandNo Then
                KR = RandNo
                Temp = Cells(28 + J, 8 + KR)
                Do While KR > J
                    Cells(28 + J, 8 + KR) = Cells(28 + J, 8 + KR - 1)
                    KR = KR - 1
                Loop
                Cells(28 + J, 8 + J) = Temp
            End If
            If J > RandNo Then
                KR = RandNo
                Temp = Cells(28 + i, 8 + KR)
                Do While KR < J
                    Cells(28 + i, 8 + KR) = Cells(28 + i, 8 + KR + 1)
                    KR = KR + 1
                Loop
                Cells(28 + i, 8 + J) = Temp
                i = i + 1
            End If
        Next J
    End If
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''

End If
If Cells(5000, 1) = 3 Then
    '''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''' Neighborhoods Search แบบหลักคงที่
    For i = 1 To (NumMc - 2)
        For J = 1 To NumMc
            Cells(28 + i, 8 + J) = Cells(20, 8 + J)
        Next J
    Next i
    If RandNo = 1 Then
        For J = 2 To (NumMc - 1)
            KR = (RandNo + 1)
            Temp = Cells(27 + J, 8 + KR)
            Do While KR <= J
```

```
            Cells(27 + J, 8 + KR) = Cells(27 + J, 8 + KR + 1)
            KR = KR + 1
        Loop
        Cells(27 + J, 8 + KR) = Temp
    Next J
ElseIf RandNo = NumMc Then
    For J = 2 To (NumMc - 1)
        KR = 1
        Temp = Cells(27 + J, 8 + KR)
        Do While KR < J
            Cells(27 + J, 8 + KR) = Cells(27 + J, 8 + KR + 1)
            KR = KR + 1
        Loop
        Cells(27 + J, 8 + KR) = Temp
    Next J
Else
    For i = 1 To (NumMc - 2)
        K = RandNo
        Temp = Cells(28 + i, 8 + K)
        Do While K < NumMc
            Cells(28 + i, 8 + K) = Cells(28 + i, 8 + K + 1)
            K = K + 1
        Loop
            Cells(28 + i, 8 + NumMc) = Temp
    Next i
    For J = 2 To (NumMc - 1)
        KR = 1
        Temp = Cells(27 + J, 8 + KR)
        Do While KR < J
            Cells(27 + J, 8 + KR) = Cells(27 + J, 8 + KR + 1)
            KR = KR + 1
        Loop
        Cells(27 + J, 8 + KR) = Temp
    Next J
    For J = 1 To (NumMc - 2)
        KR = NumMc
        Temp = Cells(28 + J, 8 + KR)
        Do While KR > RandNo
            Cells(28 + J, 8 + KR) = Cells(28 + J, 8 + KR - 1)
            KR = KR - 1
        Loop
        Cells(28 + J, 8 + RandNo) = Temp
    Next J
End If
```

```
    End If
'''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
เก็บค่า WOD(ลำดับproductj,ลำดับการทำงาน)
    For i = 1 To NumPRo
        For J = 1 To NumMc
            WOD(i, Worksheets("Enter Data").Cells(24 + J, 8 + i)) = Worksheets("Enter Data").Cells(24 +
J, 8)
        Next J
    Next i
'''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
.....เก็บลำดับการเรียงเครื่องจักรเริ่มต้น
    For i = 1 To NumMc
        No(i) = Cells(20, 8 + i)
    Next i
'''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
.......แสดงค่าความกว้างยาวของเครื่องจักร
    For i = 1 To NumMc
        Cells(24, 8 + i) = HMc(No(i))
        Cells(25, 8 + i) = LMc(No(i))
    Next i
'''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
''''หาตำแหน่งของแต่ละเครื่องจักร
    jj = 1
    kk = 1
    For i = 1 To NumMc
        If kk = 1 Then
            Pos(jj, kk) = W + (LMc(No(i)) / 2)
            PosMc(No(i)) = Pos(jj, kk)
            Cells(21, 8 + i) = Pos(jj, kk)
            Cells(23, 8 + i) = Int((Pos(jj, kk) / FLmax) + kk)
            OrderMc(No(i)) = Int((Pos(jj, kk) / FLmax) + kk)
            Cells(22, 8 + i) = jj
            RowMc(No(i)) = jj
            kk = kk + 1
        Else
            Pos(jj, kk) = W + Pos(jj, kk - 1) + (LMc(No(i - 1)) / 2) + (LMc(No(i)) / 2)
            PosMc(No(i)) = Pos(jj, kk)
            Cells(21, 8 + i) = Pos(jj, kk)
            If (Pos(jj, kk) + (LMc(No(i)) / 2)) <= FLmax Then
                Cells(23, 8 + i) = Int((Pos(jj, kk) / FLmax) + kk)
                OrderMc(No(i)) = Int((Pos(jj, kk) / FLmax) + kk)
                Cells(22, 8 + i) = jj
                RowMc(No(i)) = jj
                kk = kk + 1
```

```
            ElseIf ((Pos(jj, kk) + (LMc(No(i)) / 2)) / FLmax) <> 1 Then
                If Int((Pos(jj, kk) + (LMc(No(i)) / 2)) / FLmax) + 1 > 1 Then
                    Pos(jj, kk) = 0
                    jj = jj + 1
                    kk = 1
                    i = i - 1
                End If
            End If
        End If
    Next i
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
''''หาความสูงที่มากที่สุดของแต่ละแถว
    counter = 0
    For i = 1 To NumMc - 1
        If Cells(22, 8 + i) = Cells(22, 8 + i + 1) Then
            counter = counter + 1
            If i = NumMc - 1 Then
                counter = counter - 1
                Hrowmax(Cells(22, 8 + i)) = _
                Application.WorksheetFunction.Max(Range(Cells(24, 8 + i + 1), Cells(24, 8 + i -
counter)))
                counter = 0
            End If
        Else
            Hrowmax(Cells(22, 8 + i)) = _
            Application.WorksheetFunction.Max(Range(Cells(24, 8 + i), Cells(24, 8 + i - counter)))
            counter = 0
        End If
        If i = NumMc - 1 Then
            If Cells(22, 8 + i + 1) > Cells(22, 8 + i) Then
                Hrowmax(Cells(22, 8 + i + 1)) = Cells(24, 8 + i + 1)
            End If
        End If
    Next i
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''....เริ่มหาระยะทางการขนถ่าย
วัสดุ
    For i = 1 To NumMc
        Cells(300 + i, 1) = (PosMc(i) + (LMc(i) / 2))
    Next i
    PosMax = Application.WorksheetFunction.Max(Range(Cells(301, 1), Cells(301 + NumMc, 1)))
    LRowMax = PosMax + (W / 2)
    For i = 1 To NumPRo
        Totaldist(i) = 0
    Next i
```

```
  For i = 1 To NumPRo
     Totaldist(i) = 0
  Next i
  For i = 1 To NumPRo
     For J = 1 To NumMc - 1
        If WOD(i, J + 1) > 0 Then
           If RowMc(WOD(i, J)) = RowMc(WOD(i, J + 1)) Then
              dist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = Abs(PosMc(WOD(i, J + 1)) - PosMc(WOD(i, J))) _
              + W + ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
              Totaldist(i) = Totaldist(i) + dist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1))
           Else
              If Abs(RowMc(WOD(i, J)) - RowMc(WOD(i, J + 1))) = 1 Then
                 AA = Application.WorksheetFunction.Min((RowMc(WOD(i, J))), (RowMc(WOD(i, J +
1))))

                 Ldist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                 + (PosMc(WOD(i, J)) + PosMc(WOD(i, J + 1))) _
                 + Hrowmax(AA) + W

                 Rdist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                 + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J))) + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J + 1))) +
Hrowmax(AA) + (2 * W)

              ElseIf Abs(RowMc(WOD(i, J)) - RowMc(WOD(i, J + 1))) = 2 Then
                 BB = Application.WorksheetFunction.Min((RowMc(WOD(i, J))), (RowMc(WOD(i, J +
1))))
                 CC = BB + 1

                 Ldist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                 + (PosMc(WOD(i, J)) + PosMc(WOD(i, J + 1))) _
                 + Hrowmax(BB) + Hrowmax(CC) + (2 * W)

                 Rdist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                 + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J))) + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J + 1))) +
Hrowmax(BB) + Hrowmax(CC) + (3 * W)

              ElseIf Abs(RowMc(WOD(i, J)) - RowMc(WOD(i, J + 1))) = 3 Then
                 BB = Application.WorksheetFunction.Min((RowMc(WOD(i, J))), (RowMc(WOD(i, J +
1))))
                 CC = BB + 1
```

```
                DD = CC + 1

                Ldist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                + (PosMc(WOD(i, J)) + PosMc(WOD(i, J + 1))) _
                + Hrowmax(BB) + Hrowmax(CC) + Hrowmax(DD) + (3 * W)

                Rdist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J))) + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J + 1))) +
Hrowmax(BB) + Hrowmax(CC) + Hrowmax(DD) + (4 * W)
            ElseIf Abs(RowMc(WOD(i, J)) - RowMc(WOD(i, J + 1))) = 4 Then
                BB = Application.WorksheetFunction.Min((RowMc(WOD(i, J))), (RowMc(WOD(i, J +
1))))
                CC = BB + 1
                DD = CC + 1
                EE = DD + 1

                Ldist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                + (PosMc(WOD(i, J)) + PosMc(WOD(i, J + 1))) _
                + Hrowmax(BB) + Hrowmax(CC) + Hrowmax(DD) + Hrowmax(EE) + (4 * W)

                Rdist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J))) + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J + 1))) +
Hrowmax(BB) + Hrowmax(CC) + Hrowmax(DD) + Hrowmax(EE) + (5 * W)
            ElseIf Abs(RowMc(WOD(i, J)) - RowMc(WOD(i, J + 1))) = 5 Then
                BB = Application.WorksheetFunction.Min((RowMc(WOD(i, J))), (RowMc(WOD(i, J
+ 1))))
                CC = BB + 1
                DD = CC + 1
                EE = DD + 1
                FF = EE + 1
                Ldist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                + (PosMc(WOD(i, J)) + PosMc(WOD(i, J + 1))) _
                + Hrowmax(BB) + Hrowmax(CC) + Hrowmax(DD) + Hrowmax(EE) + Hrowmax(FF)
+ (5 * W)

                Rdist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)) = ((HMc(WOD(i, J))) / 2) + ((HMc(WOD(i, J + 1))) / 2)
_
                + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J))) + (LRowMax - PosMc(WOD(i, J + 1))) +
Hrowmax(BB) + Hrowmax(CC) + Hrowmax(DD) + Hrowmax(EE) + Hrowmax(FF) + (6 * W)
```

```
                End If
                Totaldist(i) = Totaldist(i) + TDIST(Ldist(WOD(i, J), WOD(i, J + 1)), Rdist(WOD(i, J),
WOD(i, J + 1)))
            End If
            Totaldist(i) = Totaldist(i)
        Else
            Exit For
        End If
    Next J
  Next i
  SumDist = 0
  For i = 1 To NumPRo
    SumDist = SumDist + Totaldist(i) ..............ได้ระยะทางรวม
  Next i
  Cells(20, 7) = SumDist
..........วนทำซ้ำเพื่อหาระยะทางของ แต่ละคำตอบของ Neighborhoods Search
  ''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
  For kkkk = 1 To NumMc - 1
    For i = 1 To NumPRo
      Totaldist(i) = 0
    Next i
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
    For i = 1 To NumMc
      No(i) = Cells(28 + kkkk, 8 + i)
    Next i
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
    For i = 1 To NumMc
      Cells(24, 8 + i) = HMc(No(i))
      Cells(25, 8 + i) = LMc(No(i))
    Next i
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
  ********copy โค้ด ตั้งแต่ wod จนถึงคำนวณระยะทางมาแทรก
    SumDist = 0
    For i = 1 To NumPRo
      SumDist = SumDist + Totaldist(i)
    Next i
    Cells(28 + kkkk, 7) = SumDist
  Next kkkk
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
    For i = 1 To NumMc
      Cells(1000 + i, 7) = Cells(28 + i, 7)
    Next i
    For i = 1 To NumMc
      For J = 1 To NumMc
```

```
            Cells(1000 + i, 8 + J) = Cells(28 + i, 8 + J)
        Next J
    Next i
.....

    Scur = Cells(20, 7)
    Snew = Cells(1001, 7)
    For i = 1 To NumMc
        Rcur(i) = Cells(20, 8 + i)
        Rnew(i) = Cells(1001, 8 + i)
    Next i
.....

Dim Tbest As Double
Dim Eqbest As Integer
Tbest = Tmax
Eqbest = Eq
.....เข้าสู่กระบวนการคัดสรรคำตอบที่ดีที่สุด
    If Snew <= Scur Then
        Scur = Snew
        Cells(20, 7) = Scur
        For i = 1 To NumMc
            Rcur(i) = Rnew(i)
            Cells(20, 8 + i) = Rcur(i)
        Next i
            If Scur < Sbest Then
                Sbest = Scur
                Tbest = T
                Eqbest = iiiii
                Cells(15, 3) = Tbest
                Cells(16, 3) = Eqbest
                For J = 1 To NumMc
                    Rbest(J) = Rcur(J)
                Next J
            End If
    ElseIf Snew > Scur Then
        Prob = Exp(-(Snew - Scur) / (Kb * T))
        RandSA = Rnd
            If RandSA < Prob Then
                Scur = Snew
                Cells(20, 7) = Scur
                For K = 1 To NumMc
                    Rcur(K) = Rnew(K)
                    Cells(20, 8 + K) = Rcur(K)
                Next K
            End If
```

```
        End If
    Next iiiii
cout = cout + 1
Cells(20, 2) = cout
T = T * Cooling
Loop
Application.ScreenUpdating = True
For i = 1 To NumMc
    Cells(12, 8 + i) = Rbest(i)
    Cells(13, 8 + i) = Rnew(i)
    Cells(14, 8 + i) = Rcur(i)
Next i
Cells(12, 7) = Sbest
Cells(13, 7) = Snew
Cells(14, 7) = Scur
FTime = Now
TimeInt = FTime - STime
Cells(17, 3) = TimeInt
End Sub
.....ฟังก์ชันการหาระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างทางซ้ายหรือทางขวา
Public Function TDIST(A As Double, B As Double)
TDIST = Application.WorksheetFunction.Min(A, B)
End Function
```

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายภิภพ ดวงสุวรรณ

ภูมิลำเนา 95/1 ม.2 ต.สันทราย อ.เมือง จ.เชียงราย 57000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสามัคคีวิทยาคม จ.เชียงราย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: pipop.dsw@gmail.com

ชื่อ นางสาวสายฝน ดวงคำ

ภูมิลำเนา 23 หมู่ 1 ต.เวียง อ.เชียงแสน จ.เชียงราย 57150

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเชียงแสนวิทยาคม จ.เชียงราย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: duangkhum_s@hotmail.com

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายภิภพ ดวงสุวรรณ

ภูมิลำเนา 95/1 ม.2 ต.สันทราย อ.เมือง จ.เชียงราย 57000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสามัคคีวิทยาคม จ.เชียงราย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: plpop.dsw@gmail.com

ชื่อ นางสาวสายฝน ดวงคำ

ภูมิลำเนา 23 หมู่ 1 ต.เวียง อ.เชียงแสน จ.เชียงราย 57150

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเชียงแสนวิทยาคม จ.เชียงราย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: duangkhum_s@hotmail.com