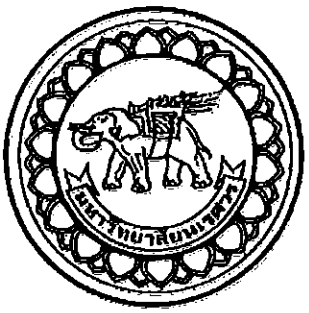


การประยุกต์ใช้เทคนิคชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

SHUFFLED FROG-LEAPING ALGORITHM FOR ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEM

นางสาวหนึ่งฤทัย แสงแปลง รหัส 51363760

นางสาวญาณิศา เกษหอม รหัส 51365351

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 1593249X
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ท160ก 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้เทคนิคซัฟเฟิลฟร์อกลิปปิงอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวหนึ่งฤทัย แสงแปลง รหัส 51363760
	นางสาวญาณิศา เกษหอม รหัส 51365351
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....กรรมการ

(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ

(ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม)

.....กรรมการ

(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้เทคนิคชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวหนึ่งฤทัย แสงแปลง รหัส 51363760
	นางสาวญาณิศา เกษหอม รหัส 51365351
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

ระบบการผลิตแบบสายงานการประกอบเป็นระบบการผลิตที่ถูกใช้มากสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าเป็นปริมาณมาก ซึ่งงานวิจัยที่แพร่หลายเกี่ยวกับระบบการผลิตแบบสายงานการประกอบ ก็คือปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ซึ่งลักษณะของปัญหานั้นเป็นการมอบหมายกลุ่มของงานให้กับสถานีงาน เพื่อตอบสนองจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้เหมาะสมมากที่สุด

ในปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาและประยุกต์ใช้วิธีการชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดความแปรปรวนของภาระงาน ลดเวลาว่างงานรวม และลดจำนวนสถานีงาน โดยได้นำปัญหาตัวอย่างที่ศึกษา (6 งาน 11 งาน 13 งาน 31 งาน 39 งาน และ 54 งาน) มาใช้ในการทดลองจากนั้นผลที่ได้จากการทดลองจะนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ปัญหาขนาด 11 งาน 13 งาน, 31 งาน และ 54 งาน ค่าพารามิเตอร์จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของวิธีการ SFL ทั้ง 2 วิธี คือ วิธี Swap Operator (SO) และวิธี Adjustment Operator (AO) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนค่าจำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และค่าจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ค่า P ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้จะไม่อาจเสร็จสมบูรณ์ลงได้เลย หากขาดคำปรึกษาที่ดีเป็นอย่างยิ่งในการทำโครงงานจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งท่านได้ให้ความกรุณาแก่กลุ่มของข้าพเจ้า โดยการที่ท่านได้มาเป็นที่ปรึกษาโครงงานให้แก่กลุ่มของข้าพเจ้า ซึ่งท่านได้เสียสละเวลาเพื่อให้คำแนะนำที่ดี และเป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานเล่มนี้ ตลอดไปจนเอกสารงานวิจัยที่ใช้ในการประกอบการทำโครงงาน นอกจากนี้ท่านยังได้ตรวจรายละเอียดความถูกต้องและความเรียบร้อยของเล่มโครงงานอย่างละเอียดถี่ถ้วน และทุกครั้งที่เข้าพบเพื่อขอคำปรึกษา ท่านอาจารย์ท่านมักจะมีแนวคิดที่ดี เกี่ยวกับการใช้ชีวิตเพื่อให้ประสบความสำเร็จมาเป็นข้อคิดให้ข้าพเจ้าอยู่เสมอ

นอกจากนี้การทำโครงงานเล่มนี้ยังได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีจากคณาจารย์อันมีเกียรติหลายท่าน ได้แก่ อาจารย์ ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมในส่วนของค่าการสุ่มและให้คำปรึกษาในการทำโครงงาน ขอบคุณ ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล อาจารย์ผู้สอนรายวิชาการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ขอบคุณ คุณไตรรงค์ เรืองพิพัฒน์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์เพื่อใช้งานห้องปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ในการรันโปรแกรมเพื่อเก็บผลการทดลอง มาใช้ในการทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

ขอบคุณ คุณคมสัน ยมนา และคุณ อโนทัย เอี่ยมบาง เพื่อนกลุ่มทำโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม และการวิเคราะห์ผลการทดลอง นอกจากนี้ยังได้ให้ความช่วยเหลือทางด้านเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงาน

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ที่ท่านได้ให้กำลังใจในการทำโครงงานเสมอมา และสนับสนุนทุนในการทำโครงงานแก่ข้าพเจ้า

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวหนึ่งฤทัย แสงแปลง
นางสาวญาณิศา เกษหอม

มีนาคม 2555

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 3
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 3
1.5 ขอบเขตการทำโครงงาน 3
1.6 สถานที่ในการดำเนินวิจัย 3
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินวิจัย 3
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ความหมายและความสำคัญของการจัดสมดุลการผลิต 5
2.1.1 สายงานการประกอบ 6
2.1.2 ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ 6
2.1.3 ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย 8
2.1.4 จุดมุ่งหมายของการจัดสมดุลสายงานการประกอบ 9
2.2 เทคนิคในการหาคำตอบที่เหมาะสม 10
2.2.1 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ 10
2.2.2 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาด้วยหลักการประมาณค่า 11
2.3 ภาษา TCL/TK 16
ข้อดีของภาษา TCL 17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 18
2.5.1 การออกแบบการทดลอง 18
2.5.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 20
2.5.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^k 20
2.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 21
2.5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน 21
2.5.6 สถิติทดสอบที (T-test Statistic) 23
2.5.7 สถิติทดสอบเอฟ (F-test Statistic) 26

บทที่ 3 การดำเนินโครงงาน 28
3.1 ศึกษาทฤษฎีของการจัดสมดุลสายงานการประกอบ 28
3.2 ศึกษาทฤษฎีของซัฟเฟิลฟอร์กลิปปิงอัลกอริทึม 29
3.3 ศึกษาโปรแกรมการเขียนภาษา TCL/TK 34
3.4 รวบรวมข้อมูลและออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม 34
3.4.1 ลักษณะข้อมูลนำเข้า 34
3.4.2 ลักษณะข้อมูลนำออก 35
3.5 การเขียนโปรแกรม SFL สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ 37
3.5.1 การรับค่าข้อมูลขาเข้าในส่วน Input 37
3.5.2 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล 37
3.5.3 การกำหนดรูปแบบของคำตอบ 47
3.5.4 การสร้างประชากรกบ (Frogs) เริ่มต้น 47
3.5.5 การประเมินค่าความเหมาะสมของกบแต่ละตัว 48
3.5.6 การปรับปรุงค่าคำตอบ 50
3.5.7 การตรวจเงื่อนไขและหยุดการทำงาน 50
3.6 พัฒนาโปรแกรม 50
3.7 ออกแบบและดำเนินการทดลอง 54
3.8 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม 54
3.9 วิเคราะห์ผลการทดลองของโปรแกรม 55
3.10 สรุปผลการทดลอง 55
3.11 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ 55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 56

4.1 การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาผลกระทบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่อประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการ SFL 56

4.1.1 การออกแบบการทดลองที่ 1 56

4.1.2 ผลการทดลองที่ 1.1 การทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค Swap Operator (SO) 58

4.1.3 ผลการทดลองที่ 1.2 การทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค Adjustment operator (AO) 63

4.2 การทดลองที่ 2 การพิจารณาเปรียบเทียบการปรับปรุงค่าคำตอบระหว่างวิธี SWAP OPERATOR (SO) กับวิธี ADJUSTMENT OPERATOR (AO) 68

4.2.1 การออกแบบการทดลองที่ 2 68

4.2.2 ผลการทดลองที่ 2 69

4.3 การเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสม 71

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 75

5.1 การสรุปผลของโครงงาน 75

5.1.1 สรุปผลการทดลองที่ 1 75

5.1.2 สรุปผลการทดลองที่ 2 76

5.1.3 การเปรียบเทียบค่าคำตอบของวิธีการ SFL และ วิธีการ ACO 76

5.2 การอภิปรายผล 76

5.3 ข้อเสนอแนะ 77

เอกสารอ้างอิง 78

ภาคผนวก ก 80

ภาคผนวก ข 92

ภาคผนวก ค 96

ภาคผนวก ง 100

ภาคผนวก จ 107

ภาคผนวก ฉ 111

ภาคผนวก ช 115

ภาคผนวก ช..... 119
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 123

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 4

2.1 แสดงตัวอย่างการกำหนดปัจจัย (K) และระดับของปัจจัยที่ 3 ระดับ..... 21

2.2 แสดงรูปแบบข้อมูลการทดลองเชิงแฟกทอเรียล กรณี 2 ปัจจัย 22

2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ตัวแปร แบบ FIXED EFFECTS MODEL 23

3.1 ตัวอย่างปัญหาที่จะนำมาใช้ในการศึกษาโครงงาน 28

4.1 ตารางแสดงรายละเอียดในการทดลองที่ 1 56

4.2 ตารางแสดงปัจจัยที่นำมาพิจารณาสำหรับการทดลองที่ 1 57

4.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการ SFL (SO) ของทุกปัญหา 58

4.4 ตารางสรุปค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค SO ที่ได้จากทุกปัญหา 63

4.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการ SFL (AO) ของทุกปัญหา 64

4.6 ตารางสรุปค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค AO ที่ได้จากทุกปัญหา 68

4.7 แสดงผลการทดสอบความแปรปรวนของการทดลองที่ 2 69

4.8 แสดงการวิเคราะห์ T - TEST ระหว่างวิธี SO และวิธี AO 70

4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่างๆ ของทุกปัญหา 71

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดสมดุลสายงานผลิต 6

2.2 หลักการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย 7

2.3 หลักการจัดสมดุลสายงานการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม 7

2.4 หลักการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ 8

2.5 ลักษณะพฤติกรรมการหาอาหารของกบ 14

2.6 PSEUDO CODE การทำงานของชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (SFLA) 16

2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ 19

3.1 แสดงลำดับขั้นตอนของวิธีการชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (SFLA) 30

3.2 การแบ่งประชากรกบเข้าไปใน M MEMEPLEXES 32

3.3 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า (INPUT FILE) 35

3.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำออกของโปรแกรม 36

3.5 แสดงตัวอย่างของแฟ้มข้อมูลขาเข้าในส่วน INPUT 37

3.6 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อข้อมูลของปัญหาไม่ครบ 38

3.7 แสดงตัวอย่างของ MESSAGE BOX แจ้งเตือนเมื่อข้อมูลไม่ครบ 39

3.8 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเมื่อไม่ได้ระบุหน่วยของเวลาที่ใช้ 39

3.9 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อไม่ได้ระบุหน่วยของเวลาที่ใช้มาให้ 40

3.10 แสดงตัวอย่างของ MESSAGE BOX แจ้งเตือนเมื่อไม่ได้ระบุหน่วยของเวลาที่ใช้ 40

3.11 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเมื่อไม่ได้ระบุรอบการผลิต 41

3.12 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อไม่ได้ระบุรอบการผลิตมาให้ 41

3.13 แสดงตัวอย่างของ MESSAGE BOX แจ้งเตือนเมื่อไม่ได้ระบุรอบการผลิต 42

3.14 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเมื่อไม่ได้ระบุสถานีงาน 43

3.15 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อไม่ได้ระบุสถานีงานมาให้ 43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.16 แสดงตัวอย่างของ MESSAGE BOX แจ้งเตือนเมื่อไม่ได้ระบุสถานีงาน 44

3.17 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเมื่อเวลางานเกินรอบการผลิต 45

3.18 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อมีเวลางานเกินรอบการผลิต 45

3.19 แสดงตัวอย่างของ MESSAGE BOX แจ้งเตือนเมื่อเวลาของงานเกินรอบการผลิต..... 46

3.20 แสดงรายชื่องานที่ไม่มีตามที่กำหนด..... 46

3.21 แสดงตัวอย่างของ MESSAGE BOX เมื่อมีชื่องานไม่ตรงตามกำหนด 47

3.22 แสดงรูปแบบของคำตอบในรูปแบบของอาเรย์ 47

3.23 แสดงส่วนของหน้าจอแรกของโปรแกรม 51

3.24 แสดงตัวอย่างการโหลดแฟ้มข้อมูลนำเข้า 51

3.25 แสดงตัวอย่างการเลือกปัญหาจากแฟ้มข้อมูลนำเข้า 52

3.26 ตัวอย่างหน้าจอหลักของโปรแกรม 52

3.27 แสดงตัวอย่างของการจัดสมดุลสายงานการประกอบที่ได้จากการประมวลผลขอโปรแกรม .. 54

4.1 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 11 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย SO..... 60

4.2 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 13 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย SO..... 60

4.3 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 31 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย SO..... 61

4.4 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 39 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย SO..... 61

4.5 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 54 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย SO..... 62

4.6 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 11 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย AO..... 65

4.7 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 13 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย AO..... 66

4.8 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 31 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย AO..... 66

4.9 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 39 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย AO..... 67

4.10 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 54 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย AO..... 67

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัญหาการจัดสมดุลการผลิตนับเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมที่มีการผลิตคราวละมากๆ (Mass Production) ซึ่งสินค้าที่ทำการผลิตในกระบวนการผลิตแบบนี้จะมีรูปแบบวิธีการทำส่วนมากไม่ค่อยมีการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตบ่อยๆ ในการมอบหมายงานให้กับพนักงานอย่างเหมาะสมย่อมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการส่งผลให้มีอัตราการผลิตที่สูงขึ้น และพนักงานสามารถทำงานในปริมาณที่เท่าเทียมกัน จากแนวโน้มอุตสาหกรรมในปัจจุบันที่ต้องมีการผลิตสินค้าในปริมาณที่มากขึ้น และมีความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขของข้อจำกัดที่มีเวลาคงที่ ในการปรับเปลี่ยนรุ่นการผลิตนั้นย่อมส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน การมอบหมายงาน และอื่นๆ ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยรวม ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตจึงเป็นการพิจารณาการกำหนดงาน หรือขั้นงานต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบสินค้าให้กับสถานีงาน หรือหน่วยงานผลิต ซึ่งพยายามให้สถานีงานในสายการผลิตมีความสมดุลกันมากที่สุด และสามารถผลิตสินค้าได้ตามอัตราความต้องการ ถ้าสามารถจัดให้สายการผลิตให้มีความสมดุลกันจะทำให้เวลาว่างเปล่าในแต่ละสถานีงานมีน้อยลง และทำให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตสูงขึ้น

ระบบผลิตแบบสายงานการประกอบ จะมีการแบ่งงานออกเป็นงานย่อย พนักงานทำงานเฉพาะงานย่อย หรืออาจจะทำงานหลายงานย่อยรวมกันก็ได้ ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นงานที่เกี่ยวกับการนำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ โดยผ่านสถานีงานตามลำดับขั้นตอนของการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเรียกว่า สายงานการประกอบ (Assembly Line) ซึ่งเหตุผลนี้ทำให้เรียกการจัดสมดุลสายงานผลิตว่าเป็น การจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Assembly Line Balancing) ตัวอย่างเช่น โรงงานประกอบรถจักรยานยนต์ เครื่องถ่ายเอกสาร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งแผนผังกระบวนการผลิตแบบสายงานประกอบ (Assembly Line) สามารถใช้ประโยชน์ และทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงได้ ในแผนผังกระบวนการผลิตแบบสายงานประกอบจะประกอบไปด้วยสถานีงาน (Workstations) ที่เรียงต่อกันไปตามสายพาน (Conveyors Belt) เป็นเครื่องมือลำเลียงวัสดุ (Materials) ที่อยู่ในระบบการผลิต ระบบสายงานประกอบแบบต่อเนื่องชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ทำการประกอบจะเคลื่อนย้ายมาตามสถานีงาน เมื่อชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเข้าไปในแต่ละสถานีงานใดๆ แล้วจะเกิดการประกอบ (Assembly Operation) ขึ้นในสถานีงานนั้นตามลำดับขั้นตอนการประกอบ เมื่อเสร็จจากสถานีงานดังกล่าวก็จะเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไปเรื่อยๆ ในขณะเดียวกันชิ้นส่วนถัดไปในสถานีงานก่อนหน้าก็จะเข้ามาแทนที่ในสถานีงานถัดไปเรื่อยๆจนกว่าจะเสร็จสิ้นเป็นผลิตภัณฑ์

การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบสามารถใช้หลากหลายวิธีในการค้นหาคำตอบ เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming), แรงค์โพซิชั่นแนลเวล (Ranked Positional Weight: RPW), โปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming) เป็นต้น ซึ่งเหมาะสมกับปัญหาขนาดเล็กๆเท่านั้น เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมได้เจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ซึ่งเปลี่ยนไปจากในรุ่นอดีตที่ผ่านมาจึงเกิดความยุ่งยากซับซ้อนของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิตมีขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อนหลายขั้นตอน วิธีเหล่านี้มักไม่มีประโยชน์กับการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ ในการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Assembly Line Balancing) เป็นปัญหาแบบ NP - Hard ในลักษณะปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงผสมผสาน (combinatorial optimisation problem) จึงมีการนำเอาวิธีของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) โดยวิธีฮิวริสติก (Heuristic Approach) เป็นสาขาหนึ่งของการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักของการประมาณ และประสบความสำเร็จอย่างมากเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนสูงในทางวิศวกรรมซึ่งได้รับคำตอบเป็นที่ยอมรับได้ และใช้เวลาอันรวดเร็ว เช่น เจเนติคอัลกอริทึม (Genetic algorithm: GA), แอนท์โคโลนีออพติไมเซชั่น (Ant Colony Optimisation: ACO), ซิมูเลทเทดแอนนีลลิง (Simulated Annealing: SA), ทาบูเสิร์ช (Taboo Search: TS), ชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Suffled Frog Leaping Algorithm: SFLA) วิธีการเหล่านี้เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และมีความสลับซับซ้อนสูง จึงได้รับความนิยมในการแก้ปัญหาเป็นอย่างมาก

วิธีฮิวริสติกจัดเป็นวิธีที่ใช้จัดการกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และขนาดของปัญหามีความซับซ้อนสูง เหมาะแก่การนำมาแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าคำตอบที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นในโครงงานนี้จึงได้เลือกวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกเอาวิธีการของชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Shuffled Frog Leaping Algorithm: SFLA) มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ เพื่อ ลดความแปรปรวนของภาระงาน (Minimize Workload Variance), ลดเวลาในการว่างงานรวม (Minimize Total Idle Time), ลดจำนวนสถานีทำงาน (Minimize Number of Workstations) และอีกเหตุผลที่เลือกวิธีชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Shuffled Frog Leaping Algorithm: SFLA) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา เนื่องจากว่าเป็นศาสตร์ที่ค่อนข้างใหม่ และยังไม่มีผู้วิจัยท่านใดเลือกใช้วิธีนี้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ศึกษาและประยุกต์ใช้เทคนิคชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Shuffled Frog Leaping Algorithm: SFLA) เพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบด้วยวิธีชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Shuffled Frog Leaping Algorithm: SFLA)

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.4.1 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบในโรงงานอุตสาหกรรมได้

1.4.2 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้สามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของวิธีการได้

1.4.3 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลของปัญหาที่เป็นข้อมูลป้อนเข้าของโปรแกรมได้

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 งานวิจัยนี้จะใช้แก้ปัญหา Stochastic Search Algorithm ด้วยวิธีชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Shuffled Frog Leaping Algorithm: SFLA)

1.5.2 โปรแกรมที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยการใช้โปรแกรมภาษา TCL/TK (Tool Command Language / Toolkit) ซึ่งจะไม่รองรับการทำงานแบบเครือข่าย

1.5.3 ขนาดของปัญหาในโครงงานนี้แบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (6งาน, 11งาน), ขนาดกลาง (31งาน, 39งาน), ขนาดใหญ่ (54งาน) นอกจากนี้ยังใช้ปัญหาจากกรณีศึกษาการประกอบโน้ตบุ๊กซึ่งถูกดึงมาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้

1.5.4 ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบในโครงงานนี้ เป็นปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย (Simple Assembly Line Balancing Problem: SALBP)

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.2 สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

มิถุนายน พ.ศ 2554 ถึง มกราคม พ.ศ 2555

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.8.1 ศึกษาทฤษฎีการจัดสมดุลสายงานการประกอบ	←	→						
1.8.2 ศึกษาทฤษฎีของซัฟเฟิลฟร์อกลิปปิงอัลกอริทึม		←	→					
1.8.3 ศึกษาโปรแกรมการเขียนภาษา TCL/TK			←	→				
1.8.4 รวบรวมข้อมูลและออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม				←	→			
1.8.5 การเขียนโปรแกรม SFL สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ			←			→		
1.8.6 พัฒนาโปรแกรม				←			→	
1.8.7 ออกแบบและดำเนินการทดลอง						←	→	
1.8.8 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม							←	→
1.8.9 วิเคราะห์ผลการทดลองของโปรแกรม								← →
1.8.10 สรุปผลการทดลอง								← →
1.8.11 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์				←				→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

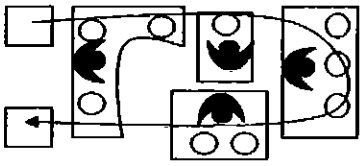
ในบทนี้จะกล่าวถึงความหมายและความสำคัญในการจัดสมดุลสายการผลิต ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Assembly Line Balancing Problem: ALBP) ซึ่งได้กล่าวถึงประเภทของปัญหาในการจัดสมดุลสายงานการประกอบภาษา TCL/TK ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม รวมถึงวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ จนถึงงานวิจัยที่ใช้วิธีการที่แตกต่างกันไปในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (ALBP) และทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของโครงงานเล่มนี้ คือวิธีซัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Suffled Frog Leaping Algorithm: SFLA) ซึ่งในบทนี้ได้กล่าวถึง ความเป็นมาของวิธีการ หลักการทำงาน ซึ่งให้ได้มาซึ่งคำตอบนั่นเอง

2.1 ความหมายและความสำคัญของการจัดสมดุลการผลิต

การจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balancing) คือการจัดงานให้กับสถานีงานต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก (Mass Production) ในโรงงานที่มีการผลิตที่ต่อเนื่องกันไปตลอดสายการผลิต โดยพยายามที่จะทำให้งานในแต่ละสถานีงานมีความสมดุลกันในอัตราการทำงาน และเวลาที่ใช้ในสถานีงานที่เท่ากัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้จำนวนสถานีงานน้อยที่สุด และเกิดประสิทธิภาพของสายการผลิตที่มากที่สุด ซึ่งวัตถุประสงค์ดังกล่าวสามารถบรรลุได้โดยการวัดงานเข้าไปในสถานีงานเพื่อให้มีเวลาว่างงานที่น้อยที่สุด เพื่อให้สายการผลิตสอดคล้องกับความต้องการ

ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต เป็นการกำหนดงานให้กับหน่วยผลิตซึ่งลักษณะการผลิตเป็นแบบการผลิตสินค้าในปริมาณที่มาก สินค้าจะมีรูปแบบมาตรฐาน และไม่จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการบ่อยๆ เครื่องจักรที่ใช้เป็นเครื่องจักรที่ใช้ผลิตสินค้าเฉพาะอย่าง และตำแหน่งการทำงานจะถูกกำหนดเป็นขั้นตอนตามลำดับ ในสายการผลิตจะถูกแบ่งออกเป็นสถานีงาน ที่เรียกว่า Workstation ซึ่งจะประกอบไปด้วยหลายๆสถานีงานที่เรียงต่อเนื่องกัน ซึ่งปัญหาในการจัดสมดุลการผลิตเป็นการพิจารณาในการกำหนดงาน หรือลำดับการทำงานต่างๆที่ใช้ในการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ให้กับสถานีงาน หรือหน่วยการผลิต โดยมีความพยายามในการทำให้สถานีงานต่างๆมีความสมดุลกันของภาระงาน และในขณะเดียวกันต้องสามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามความต้องการ ในการผลิตในลักษณะนี้จะมีการทำงานแบบต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่วัตถุดิบเข้าไปในกระบวนการผ่านขั้นตอนต่างๆเป็นลำดับจนได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการเคลื่อนย้ายโดยการใช้สายพานลำเลียง (Conveyer) ในการจัดสายการผลิตแบบต่อเนื่องนี้ ถ้าสามารถจัดให้สถานีงานที่ทำงานในแต่ละสถานีงานมีความสมดุลกัน จะทำให้เวลาว่างงานในแต่ละสถานีงานมีน้อย ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของสายการผลิตที่สูงขึ้น

สายการผลิตแบบเส้นตรง



สายการผลิตจัดแบบเส้นโค้ง รูปตัว U

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดสมดุลสายงานผลิต

ที่มา : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต

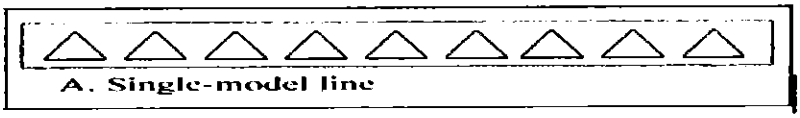
2.1.1 สายงานการประกอบ (Assembly Line)

สายงานการประกอบ คือ ลำดับของสถานีงานที่มีความเชื่อมต่อกันสำหรับการประกอบส่วนประกอบต่างๆขึ้นมาเป็นผลิตภัณฑ์ ปัญหาในการจัดสมดุลสายงานการประกอบ คือการกำหนดงาน (Task) ให้กับสถานีงาน (Workstation) เพื่อลดเวลาว่างงานในสายงานการประกอบให้น้อยที่สุด และมีความสอดคล้องกับเงื่อนไขแรก คือเวลาการทำงานรวมของแต่ละสถานีงานจะต้องน้อยกว่า หรือเท่ากับรอบเวลาการผลิต (Cycle time) และเงื่อนไขที่สองคือ ขั้นงานที่ได้รับการจัดสรรให้กับแต่ละสถานีงานจะต้องสอดคล้องกับลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง (Precedence relationship)

2.1.2 ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Assembly Line Balancing Problem: ALBP)

ในปัจจุบันแนวโน้มทางด้านอุตสาหกรรมมีความเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ทำให้มีการผลิตสินค้าหลากหลายประเภทภายใต้ระยะเวลาที่จำกัด ทำให้การจัดสมดุลสายงานการประกอบมีความจำเป็นมากยิ่งขึ้น ซึ่งการปรับเปลี่ยนรุ่นการผลิตย่อมส่งผลกระทบต่อการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน การมอบหมายงาน และประสิทธิภาพของสายการผลิต ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ตามลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำการประกอบ ดังนี้

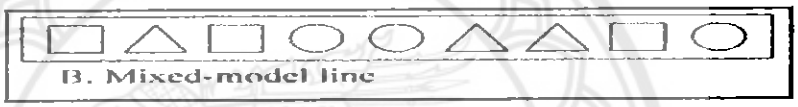
2.1.2.1 สายการประกอบผลิตภัณฑ์เดี่ยว (Single Model Assembly Line) เป็นสายการประกอบผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียว ความซับซ้อนจึงขึ้นอยู่กับจำนวน และลำดับของงานย่อย



รูปที่ 2.2 หลักการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย

ที่มา : Scholl.A review of assembly line balancing and sequencing including Line layouts.หน้า72

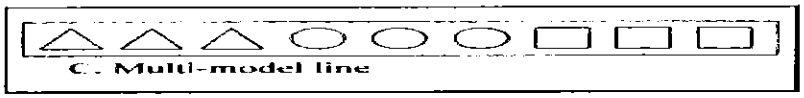
2.1.2.2 **สายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม** (Mixed Models Assembly Line) **เป็นสาย**การประกอบผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์จะอยู่เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่มีความแตกต่างทางด้านลักษณะปลีกย่อยเท่านั้นซึ่งรายละเอียด และวิธีการทำงานมีความแตกต่างกันไม่มากทำให้เวลา set up ของเครื่องจักรมีน้อยลง



รูปที่ 2.3 หลักการจัดสมดุลสายงานการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม

ที่มา : Scholl.A review of assembly line balancing and sequencing including Line layouts.หน้า73

2.1.2.3 สายการประกอบหลายผลิตภัณฑ์ (Multi - Model Assembly Line) **เป็นสาย**การประกอบผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายชนิด โดยผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันมาก ทำให้ต้องเสียเวลาในการ set up เครื่องจักรเพื่อการเปลี่ยนรุ่นการประกอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการผลิตแต่ละครั้งต้องมีการกำหนดขนาดการผลิตเพื่อจะได้ไม่เสียเวลาในการ set up เครื่องจักร และเพื่อให้ได้ปริมาณการผลิตที่เหมาะสมกับต้นทุนการ set up ที่เสียไป ซึ่งในกรณีนี้ผลิตภัณฑ์มีความคล้ายคลึงกันในด้านการใช้เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ชุดเดียวกัน การลงทุนติดตั้งเครื่องจักร หรือซื้ออุปกรณ์หลายชุดอาจไม่คุ้มทุน ซึ่งพิจารณาจากเป้าหมายการผลิตในการจัดสมดุลสายงานการประกอบ กำหนดให้จำนวนสถานีงานคงที่เพื่อหลีกเลี่ยงการเสียเวลาจากการ set up โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานแยกตามผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท



รูปที่ 2.4 หลักการจัดสมดุลสายงานการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์

ที่มา : Scholl.A review of assembly line balancing and sequencing including Line layouts.หน้า78

2.1.3 ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย (Simple Assembly Line Balancing Problem: SALBP)

ในโครงงานเล่มนี้ผู้ดำเนินโครงงานเน้นการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย (Simple Assembly Line Balancing Problem: SALBP) ซึ่งเป็นแบบผลิตภัณฑ์เดียว (Single - model) ที่มีระบบการผลิตที่เป็นแบบ Mass Production คือผลิตสินค้าชนิดเดียวโดยมีการกำหนดกระบวนการตายตัวที่แน่นอน และเวลาที่ใช้ในสถานีงานจะคงที่ไม่มีการมอบหมายงานนอกเหนือไปจากความสัมพันธ์ของงานที่กำหนดไว้ โดยสายงานจะเรียงเป็นแบบอนุกรม ในแต่ละสถานีงานจะปฏิบัติงานด้วยเครื่องจักร หรือแรงงานคนก็ได้ ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ จำนวนขั้นงาน เวลาการทำงานของแต่ละขั้นงาน ลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง และรอบเวลาการผลิต วัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา ALB คือ การทำให้จำนวนสถานีงานน้อยที่สุด และประสิทธิภาพของสายงานการประกอบมากที่สุด ดังสมการที่ (2.1) - (2.4) ตามลำดับเมื่อ n คือจำนวนสถานีงาน, n_{max} คือ จำนวนสถานีงานสูงสุดที่ยอมรับได้ W คือ เวลาของการทำงานรวมของทุกขั้นงาน, ct คือ รอบเวลาการผลิต, ct_r คือ รอบเวลาการผลิตจริง, T_i คือ เวลาการทำงานของสถานีงาน i, L_{eff} คือ ประสิทธิภาพของสายงานการประกอบ, W_v คือ ความแปรปรวนของภาระงาน และ T_{id_T} คือ เวลาว่างงานรวม

$$\frac{W}{ct} \le \min \quad n \le n_{max} \tag{2.1}$$

$$\min \; T_{id_T} = \min \sum_{i=1}^{n} \left(ct - T_i \right) \tag{2.2}$$

$$\min w_v = \min \sum_{i=1}^{n} \left(T_i - \left(\frac{W}{n} \right) \right)^2 \Big/ n \tag{2.3}$$

$$\max \ L_{eff} = \max \ \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{(n \times ct \ _ \ r)} \times 100 \qquad (2.4)$$

ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย (SALBP) นั้นแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.1.3.1 SALBP - F เป็นการจัดสมดุลการประกอบที่มีการกำหนดรอบการผลิต (Cycle Time) และจำนวนสถานีงาน (Workstations) มาให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขดังกล่าวได้

2.1.3.2 SALBP - 1 เป็นการจัดสมดุลการประกอบโดยการพยายามลดจำนวนสถานีงานเพื่อให้อยู่ในรอบการผลิต

2.1.3.3 SALBP - 2 เป็นการจัดสมดุลการประกอบที่พยายามลดรอบการผลิตเพื่อให้อยู่ในจำนวนสถานีงานที่กำหนด

2.1.3.4 SALBP - E เป็นการจัดสมดุลการประกอบที่พยายามที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้มากที่สุด (จำนวนสถานีงานคูณกับจำนวนรอบการผลิต)

2.1.4 จุดมุ่งหมายของการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Objectives of Assembly Line Balancing)

ในการจัดสมดุลสายงานการประกอบสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

2.1.4.1 เพื่อจุดหมายทางเทคนิค (Technical Efficiency)

ก. ลดรอบการผลิต (Park, Park and Kim, 1996)

ข. ลดจำนวนสถานีงาน (Hackman, Magazine and Wee, 1988; Bautista and Pereia, 2002)

ค. ลดเวลาว่างงานรวม (กรรณิการ์ ศิลานนท์, 2542)

ง. ลดความแปรปรวนของภาระงาน (สุภาภรณ์ สุวรรณรังษี, สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ และเดชา พวงดาวเรือง, 2550)

จ. ลดจำนวนเครื่องจักร (Chen, Lu and Yu, 2002)

ฉ.ฯลฯ

2.1.4.2 เพื่อจุดมุ่งหมายทางต้นทุน (Cost Oriented) (Becker and Scholl, 2006) ได้แก่

ก. ลดค่าจ้างแรงงาน

ข. ลดต้นทุนจากวัสดุ

ค. ลดต้นทุนในการ set up เครื่องจักร

ง. ลดต้นทุนจากวัสดุคงคลัง

จ. ลดต้นทุนจากชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์

ฉ.ฯลฯ

2.2 เทคนิคในการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimisation Algorithms)

การหาค่าคำตอบที่เหมาะสมของปัญหาโดยใช้อัลกอริทึมต่างๆมาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบนั้น สามารถทำได้ดังนี้

2.2.1 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ (Conventional Optimisation Algorithms: COAs)

ในการหาคำตอบของปัญหาโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ เป็นการหาค่าคำตอบที่สามารถได้คำตอบที่แน่นอน ซึ่งมีกฎเกณฑ์ในการหาคำตอบที่ตายตัว โดยมีขั้นตอน ตัวแปร และสมการที่ค่อนข้างซับซ้อน ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์นั้นมีหลากหลายวิธีด้วยกัน เช่น วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming), วิธีการโปรแกรมเชิงพลวัต หรือวิธี Branch and Bound (Dynamic Programming) เป็นต้น ในหัวข้อนี้จะได้นำเสนอตัวอย่างการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย เพื่อจุดมุ่งหมายในการลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสถานีงานด้วยวิธีอินเทอร์เจอร์โปรแกรมมิ่ง ซึ่งนำเสนอโดย Bowman (1960) ซึ่งมีโมเดลทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\text{Minimize } \left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} w_{ik} \cdot x_{ik}\right) \tag{2.5}$$

Subject to:

$$\sum_{k=1}^{n} x_{ik} = 1 \qquad \text{เมื่อ } 1 \le i \le n \tag{2.6}$$

$$\sum_{i=1}^{n} t_i x_{ik} \le C \qquad \text{เมื่อ } 1 \le k \le n \tag{2.7}$$

$$x_{i_2 k_1} \le \sum_{k=1}^{k_1} x_{i_1 k} \qquad \text{เมื่อ } (1 \le i_2, k_1 \le n) \wedge (i_1 \in P_{i_2}) \tag{2.8}$$

$$x_{ik} \in \{0,1\} \tag{2.9}$$

กำหนดให้

c คือ จำนวนรอบการผลิต

k คือ ลำดับที่ของสถานีงาน

i คือ ลำดับที่ของงาน

P_i คือ กลุ่มของงานที่ต้องทำก่อนงาน i

t_i คือ เวลาทำงานของงานที่ i

n คือ จำนวนของงานทั้งหมด

m คือ จำนวนของสถานีงาน

w_k คือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสถานีงานที่ k

x_{ik} คือ ตัวเลขที่ใช้ตัดสินใจในการมอบหมายงานที่ i (x_{ik} =1 เมื่องานที่ iต้องมอบหมายสถานีงานที่ k, x_{ik} =0 ในกรณีอื่น)

โดย

สมการที่ 2.5 หมายถึง สมการเป้าหมายในการหาค่าที่น้อยที่สุดของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสถานีงาน

สมการที่ 2.6 หมายถึง งานแต่ละงานสามารถมอบหมายให้กับสถานีงานได้สถานีงานเดียวเท่านั้น

สมการที่ 2.7 หมายถึง เวลาของแต่ละสถานีต้องไม่เกินรอบการผลิตที่กำหนดไว้

สมการที่ 2.8 หมายถึง พิจารณาถึงเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างงาน

สมการที่ 2.9 แสดงถึง ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจโดยเป็นเลขฐานสอง

2.2.2 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาด้วยหลักการประมาณค่า (Approximation Optimisation Algorithms: AOAs)

ในสมัยก่อนนั้นความซับซ้อนของความสัมพันธ์ระหว่างงานอาจมีน้อย แต่เมื่ออุตสาหกรรมในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น จึงเป็นไปได้ยากที่จะใช้วิธีการหาค่าโดยตรงในสมัยอดีตมาใช้ในการแก้ปัญหา เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการประมวลผลนั้นใช้เวลาที่มากเกินกว่าที่จะยอมรับได้ จึงเกิดการคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาขึ้นมาใหม่ โดยลดความยุ่งยากซับซ้อนของวิธีการ และสามารถแก้ปัญหาได้รวดเร็ว นั่นคือวิธีการหาค่าคำตอบโดยอาศัยหลักการประมาณค่า ซึ่งมีรูปแบบการค้นหาคำตอบโดยใช้หลักการค้นหาแบบสุ่ม (Stochastic Search) ซึ่งเหมาะกับการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนของปัญหาที่สูง เนื่องจากวิธีการหาคำตอบด้วยการประมาณค่านี้เป็นการค้นหาแบบสุ่ม ทำให้ค่าคำตอบที่ได้อาจจะไม่ดีที่สุดแต่เป็นคำตอบที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด (Near Optimum Solutions) โดยกลยุทธ์ของวิธีการหาคำตอบด้วยการประมาณค่านี้คือ กลยุทธ์ในการค้นหา และพยายามหลีกเลี่ยงการติดอยู่ในผลเฉลยที่ไม่ใช่ผลเฉลยที่ดีที่สุด มีการทำงานแบบวนซ้ำแล้วหยุดทำงาน

เมื่อถึงเงื่อนไขตามที่กำหนด ตัวอย่างของวิธีการเหล่านี้เช่น Genetic Algorithm (GA), Ant Colony Optimisation (ACO), Memetic Algorithm (MA), Particle Swarm Optimisation (PSO) และโครงงานนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Suffled Frog Leaping Algorithms : SFL) มาใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายงานกาประกอบของผลิตภัณฑ์ แต่ละวิธีที่กล่าวถึงมีกลยุทธ์ในการค้นหาผลเฉลยที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนวิธีดังนี้

2.2.2.1 เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm: GA)

Genetic Algorithm เกิดขึ้นเมื่อปี 1975 โดยแนวคิดนี้ถูกคิดค้นโดย John Holland ซึ่งเป็นลักษณะการจำลองการวิวัฒนาการ และกระบวนการคัดสรรแบบธรรมชาติของ Charls Darwin โดยใช้หลักการทางวิวัฒนาการชีววิทยา ซึ่งมีความเหมาะสมของการกำหนดความสามารถที่บุคคลจะอยู่รอด และมีการขยายเผ่าพันธุ์ครั้งใหม่จัดอยู่ในกลุ่มขั้นตอนเลือกวิวัฒนาการ หลักการของ GA มีขั้นตอนง่ายๆคือ ขั้นแรกจะทำการสุ่มค่าประชากรขึ้นมาก่อน จากนั้นจะทำการประเมินค่า Fitness Function เมื่อได้ค่าความเหมาะสมดังกล่าว จะทำการเรียงลำดับค่าเหล่านั้นจากมากไปน้อย ในขั้นตอนของการปรับปรุง จะทำการคัดสรรโครโมโซมที่เป็นพ่อแม่ของแต่ละรุ่นมาทำการประเมินค่าความเหมาะสม หลังจากนั้นจะทำการคัดเลือกประชากรในรุ่นถัดไป

2.2.2.2 แอนท์โคโลนีออพติไมเซชัน (Ant Colony Optimisation: ACO)

Ant Colony Optimisation เป็นวิธีการแก้ปัญหาโดยลอกเลียนแบบพฤติกรรมธรรมชาติของมดในการหาอาหาร เป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากแหล่งอาหารสู่รัง ซึ่ง Deneubourg et al. (1990) ได้กล่าวไว้ว่า มดจะค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างแหล่งอาหารกับรังของมัน ระหว่างที่เดินทางไปกลับของแหล่งอาหารสู่รัง มดจะใช้การติดต่อสื่อสารระหว่างกันโดยใช้สารเคมีชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า ฟีโรโมน ทิ้งไว้บนพื้น เส้นทางที่มีฟีโรโมนหนาแน่นมากมดจะทำการตัดสินใจในการเลือกระยะทางนั้น องค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของกระบวนการทำงานของวิธี ACO คือ การกำหนดปัญหาให้อยู่ในรูปแบบ construction graph เนื่องจากเส้นทางที่เดินผ่านกราฟอย่างสมบูรณ์จะแทนผลเฉลยของปัญหา

2.2.2.3 มีมีติกอัลกอรีทึม (Memetic Algorithm: MA)

กระบวนการ Memetic เป็นการค้นพบแบบเฉพาะพื้นที่ (Local search) ซึ่งเป็นกระบวนการแบบไฮบริดของ Genetic Algorithm มีหลักการพื้นฐานของกระบวนการคัดสรรทางธรรมชาติ และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรมศาสตร์ ซึ่งได้แนวคิดมาจากทฤษฎีว่า Memetics ของ Dawkins (1976) ดังนั้นจึงเรียกวิธีการนี้ว่า Memetic Algorithm เรียกแทนโครโมโซมว่า มีมี (Meme) ซึ่งมีลักษณะพิเศษกว่า GA ตรงที่โครโมโซมสามารถเพิ่มประสบการณ์ผ่านการค้นหาแบบ

เฉพาะพื้นที่ (Local search) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพก่อนที่จะผ่านกระบวนการทางพันธุกรรม (Crossover and mutation) โดยขั้นตอนคร่าวๆจะคล้ายกับ Genetic Algorithm กล่าวคือ คำตอบของปัญหา โดยใช้วิธีการสุ่มแทนเป็นโครโมโซม หรือมีมี จากนั้นจะทำการสลับสายพันธ์ระหว่างโครโมโซมพ่อกับแม่ (Crossover) หรือเรียงกลายพันธ์ด้วยตัวมันเอง (Mutation) เพื่อสร้างคำตอบใหม่หลังจากนั้นก็ทำการค้นหาแบบเฉพาะพื้นที่ อาจจะใช้วิธีการจัดกลุ่มของโนดใกล้เคียง เพื่อพัฒนาคำตอบด้อยที่สุดในกลุ่ม หรือรักษาคำตอบที่ดีก็ได้ขึ้นอยู่กับเทคนิคในการทำ Local Search ของเรา หลังจากนั้นเราก็ทำการคำนวณค่า Fitness Function อีกครั้งแล้วเก็บค่าเพื่อเปรียบเทียบกับ Iteration ก่อนเพื่อหาค่า Best So far เป็นคำตอบของปัญหาต่อไป

2.2.2.4 พาร์ทิเคิล สวอร์ม ออพติไมเซชัน (Particle Swarm Optimisation: PSO)

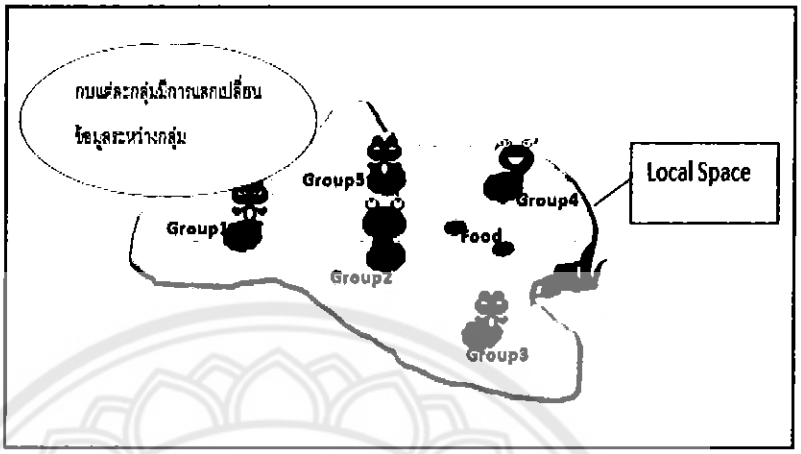
พาร์ทิเคิล สวอร์ม ออพติไมเซชัน ถูกพัฒนาโดย Eberhart & Kennedy ในปี 1995 PSO เป็นวิธีการพัฒนาการเรียนรู้ หรือความจำแตกต่างจากวิธีการ Genetic Algorithm, Shuffle frog และ memetic ซึ่งใช้การวิวัฒนาการ หรือการคัดสายพันธุ์ที่ดี หรือแย่ PSO มีแนวคิดมาจากการหาอาหารของนก หรือหาอาหารของปลา และทฤษฎีการเคลื่อนที่กันเป็นกลุ่มประชากร (Velocity Theory) ซึ่งเรียกว่า Particle โดยจะมีการสำรวจความเป็นไปได้ของปัญหา และมีการค้นหาค่าคำตอบกันเป็นกลุ่มที่เกิดจากการเรียนรู้ซึ่งกัน และกันภายในกลุ่มในแต่ละ Particle จะประกอบไปด้วยตำแหน่งของตัวเอง (Position) และอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ (Velocity) โดยในแต่ละรอบการค้นหาค่าคำตอบจะเกิดการปรับปรุงอัตราเร็ว เพื่อที่จะปรับปรุงค่าตำแหน่งของการเว้นระยะห่างระหว่างนกแต่ละตัวซึ่งเรียกว่า Particle ให้ได้ตำแหน่งที่ดีที่สุด หรือค่าคำตอบที่ดีที่สุดนั้นเอง

2.2.2.5 ซัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Suffled Frog Leaping Algorithm: SFLA)

เทคนิค SFL เป็นวิธีการที่ศึกษา และคัดสรรความแข็งแรงของกบ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับวิธีการ GA ซึ่งเป็นวิธีการที่คัดสรรเผ่าพันธุ์ หรือโครโมโซมที่ดีให้ดำรงอยู่ และกำจัดโครโมโซมที่ไม่ดีทิ้งไปลักษณะการทำงานของวิธีนี้จะวนซ้ำของรอบการทำงาน (Iteration) ในการค้นหาคำตอบและหยุดทำงานเมื่อสิ้นสุดเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้วิธีนี้ได้ถูกพัฒนาโดย Eusuff, M. M., et al (2003) และยังถูกนำไปใช้กับปัญหาตัวแปรแบบต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่องกลไกการทำงานของ SFL ได้เลียนแบบพฤติกรรมทางธรรมชาติในการค้นหาอาหารของฝูงกบ

วิธีการซัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (SFLA) มีกลไกการทำงานที่ไม่ซับซ้อน และใช้จำนวนพารามิเตอร์น้อย จึงถูกนำมาปรับปรุงความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ กลยุทธ์ของวิธีการ SFL จะเริ่มจากการสร้างกลุ่มประชากรเริ่มต้นของกลุ่ม (Population size) และมีวิธีการปรับปรุงผลเฉลยที่คล้ายคลึงกับวิธีการของ Particle Swarm Optimisation (PSO) โดยเกิดการแลกเปลี่ยน และเรียนรู้ข้อมูลกันภายในกลุ่มย่อย ซึ่งเป็นขั้นตอนของ Local Search ซึ่งจะพยายามค้นหาค่าคำตอบที่

เหมาะสม และใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด โดยลักษณะการทำงานของ SFL มีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2.5 ลักษณะพฤติกรรมการหาอาหารของกบ

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการกำหนดจำนวนของกบ โดยการสร้างประชากรของกบ (Frogs) ซึ่งกบแต่ละตัวจะแทนผลลัพธ์ของคำตอบหนึ่งคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินค่าความแข็งแรงของกบ (Fitness) หรือค่าความเหมาะสมของกบทั้งหมด โดยเป็นการถอดรหัสเพื่อคำนวณหาค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชั่นเป้าหมายหรือฟังก์ชั่นความเหมาะสมของปัญหาที่ได้กำหนดไว้ เมื่อทำการประเมินค่าทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเรียงลำดับค่าความเหมาะสมของกบทั้งหมดจากมากไปน้อย

ขั้นตอนที่ 3 ทำการแบ่งกบออกเป็น M กลุ่มย่อย ซึ่งเรียกกลุ่มย่อยนี้ว่า มีมีเพล็ก (memeplex) ในแต่ละมีมีเพล็กจะถูกจัดสรรจำนวนกบลงไป ซึ่งผลรวมของกบที่บรรจุลงไปใน มีมีเพล็ก จะเท่ากับจำนวนกบที่จัดสรรไว้ตั้งแต่ตอนเริ่มต้น จากนั้นในแต่ละกลุ่มย่อยมีมีเพล็กจะทำการปรับปรุงค่าความเหมาะสม กบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุดเพียงตัวเดียวให้มีค่าความเหมาะสมเพิ่มขึ้น ดังสมการที่ 2.10 และ 2.11 ในการแบ่งกลุ่มจะทำการจัดกบตัวที่มีความแข็งแรงมากที่สุดไว้เป็นอับดับที่หนึ่ง และจัดเข้าไปใน memeplexes ที่ 1 กบตัวที่มีค่าความแข็งแรงรองลงมาเป็นอันดับที่สองจัดเข้าไปใน memeplexes ที่ 2 กบตัวที่ n จัดเข้าไปใน memeplexes ที่ M (โดยที่ M คือ memeplexes สุดท้าย) และกบตัวที่ M+1 จะวนกลับไปจัดเข้าที่ memeplexes ที่ 1 ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.6 จากนั้นในแต่ละ memeplexes จะต้องหาว่ากบตัวใดมีค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดกำหนดให้เป็น Xb และหาว่ากบตัวใดที่ให้ค่าความเหมาะสมที่แย่ที่สุดกำหนดให้เป็น Xw

ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุงกบตัวที่แย่ที่สุดภายในแต่ละ memeplexes, หลังจากการแบ่งกบเข้าไปใน M memeplexes ทำการปรับปรุงแต่ละ memeplexes โดยปรับปรุงค่าความ

เหมาะสมหรือค่าความแข็งแรงของกบตัวที่ให้ค่าแย่ที่สุดเพียงตัวเดียวของแต่ละ memeplexes ตามสมการ

Change in frog position (Di) = rand () x (Xb-Xw) **(2.10)**

New position Xw = Current position Xw+Di, Dmax ≥ Di ≥ -Dmax **(2.11)**

เมื่อ rand() คือ การสุ่มจำนวนระหว่าง 0 และ 1 ในความพยายามปรับปรุงค่าความแข็งแรงให้กับกบตัวที่แย่ที่สุดนั้นจะมีการกำหนดค่าการทำซ้ำของการปรับปรุง (Iteration Number) ซึ่งเมื่อทำซ้ำจนครบตามจำนวนรอบการทำซ้ำที่กำหนดไว้แล้วพบว่า ค่าความเหมาะสมหรือค่าความแข็งแรงของกบตัวที่แย่ที่สุดยังไม่ดีขึ้น ดังนั้นจะทำการคัดกบตัวที่ไม่พัฒนาค่าคำตอบออกจากกลุ่ม และทำการสุ่มสร้างกบตัวใหม่ขึ้นมาแทนกบตัวเดิมที่ถูกคัดออกไป ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวจะถูกทำซ้ำในทุกๆ memeplexes ตามรอบที่ถูกกำหนดไว้

ทำการรวมกบในทุกๆ memeplexes เข้าด้วยกันให้เป็นกลุ่มใหญ่เพียงกลุ่มเดียว กระบวนการจะทำการวนซ้ำกลับไปทำในขั้นตอนการแบ่งกลุ่ม ซึ่งจะทำการวนซ้ำไปเรื่อยๆจนครบตามจำนวนที่กำหนด โปรแกรมจะหยุดทำงาน

```
Begin;
    Generate random population of P solutions (frogs);
    For each individual i ∈ P : calculate fitness (i);
    Sort the population P in descending order of their fitness;
        Divide P into m memeplexes;
        For each memeplex;
                Determine the best and worst frogs;
                Improve the worst frog position using Eqs. (2.10) or (2.11)
                Repeat for a specific number of iterations;
        End;
        Combine the evolved memeplexes;
        Sort the population P in descending order of their fitness;
    Check if termination=true;
End;
```

รูปที่ 2.6 Pseudo Code การทำงานของชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (SFLA)
ที่มา: Ebeltagi, 2005

2.3 ภาษา TCL/TK

TCL/TK ถูกพัฒนาโดย John K. Outsterhoot โดยตอนแรกนั้นตั้งใจให้ TCL เป็นคำสั่งภาษาที่ใช้สำหรับสั่งงานแบบอินเตอร์แอคทีฟเท่านั้น แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาขยายความสามารถของ TCL ให้มีมากขึ้น การพัฒนาแอพพลิเคชั้นด้วย TCL/TK นั้นสามารถนำไปใช้งานได้บนหลายๆแพล็ตฟอร์ม ตั้งแต่ยูนิกซ์ ลีนุกซ์ แมคอินทอช และ วินโดวส์

TCL ย่อมาจากคำว่า Tool Command Language อ่านว่า tickle (ทิกเคิล) ถูกพัฒนามาจากภาษา C ที่เป็นภาษาเขียนทั่วไปในลักษณะภาษาสคริปต์ที่การใช้งานจึงต้องมีการใช้ TCL shell (tclsh) ที่เป็นหน้าต่างที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมไม่มีคำสั่งที่ช่วยเกี่ยวกับการปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งาน (GUI)

TK ย่อมาจากคำว่า Toolkit อ่านว่า tee – kay เป็นส่วนที่เอาไว้ใช้สำหรับการสร้างหน้าต่างที่มีการปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งาน (GUI: Graphic User Interface) ที่ทำงานภายใต้ Windowing shell (wish) ที่ประกอบด้วยคำสั่งต่างๆของ TCL, ชุดเครื่องมือของ TK และส่วนโปรแกรมหลักที่ใช้สำหรับการอ่านคำสั่งจาก Standard input หรือจากแฟ้มข้อมูลใช้สำหรับการสร้าง Graphic Application ที่

สามารถทำงานได้ในทุกระบบปฏิบัติการการใช้งาน Wish มีทั้งแบบโต้ตอบที่เรียกว่า Interactive และแบบไม่โต้ตอบที่เรียกว่า non – Interactive

ข้อดีของภาษา TCL

ข้อดีต่างๆของ TCL สามารถสรุปได้ดังนี้

2.3.1.1 เป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายสำหรับผู้ที่มีประสบการณ์ในการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมมาแล้วย่อมเข้าใจการทำงานได้รวดเร็ว

2.3.1.2 สามารถทำงานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ UNIX, Windows, Macintosh และระบบปฏิบัติการอื่นๆที่มีใช้กันแพร่หลาย

2.3.1.3 เหมาะสำหรับแอปพลิเคชั่นขนาดใหญ่เป็นภาษาที่มีความเสถียรภาพสูง

2.3.1.4 ง่ายที่จะประสานกับองค์ประกอบ (Component) และโปรแกรมอื่นที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.1.5 เป็น Platform ที่ให้ความสะดวกในการติดต่อกับเครือข่ายได้ง่าย

2.3.1.6 เป็นฟรีโปรแกรมสามารถทำการแก้ไขให้เหมาะสมกับความต้องการของนักพัฒนาได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คมสัน พิมลบรรยง (2551) ได้ประยุกต์ใช้แอนท์โคโลนีออฟติไมเซชันเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานประกอบ ที่ใช้รูปแบบการเดินของมดมาช่วยในการหาคำตอบของปัญหา โดยการเลือกใช้ข้อมูลที่สุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics Information Type: HT) ของแอนท์โคโลนีออฟติไมเซชันโดยมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหาคำตอบในการจัดสมดุลสายงานการประกอบด้วย ACO ทั้ง 5 รูปแบบมาเปรียบเทียบกัน โดยใช้มาตรวัดประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายงานประกอบ ซึ่งประกอบด้วยค่าความแปรปรวนของภาระงาน, เวลาว่างงานรวม และจำนวนสถานีงานมาใช้ในการคำนวณหาค่าฟังก์ชั่นความเหมาะสม

สุภัคกานดา ชมพูมิ่ง (2552) ได้ใช้เทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิงในการแก้ปัญหาการจัดตารางผลิต ซึ่งใช้ข้อมูลที่มีปัญหาแตกต่างกัน 4 ขนาด โดยในขั้นตอนของการปรับปรุงผลเฉลย ผู้วิจัยได้เลือกเทคนิคสำหรับการปรับปรุงผลเฉลย 2 วิธี คือ Swap Operator (SO) เป็นการหาคำตอบโดยการสลับตำแหน่งของคู่อันดับ และวิธี Adjustment Operator (AO) ซึ่งวิธีนี้คล้ายกับวิธี Swap Operator (SO) แต่มีความแตกต่างกันที่ตำแหน่งของการสลับที่ คือ AO จะหาค่ามาแทรกไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ แล้วผลักค่าที่อยู่ในตำแหน่งที่แทรกให้ขยับถอยออกไป ซึ่งผลลัพธ์จากการใช้วิธี SFLA ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตเป็นที่น่าพึงพอใจและให้ค่าคำตอบที่ดีสุด

ธนภัทร เอี่ยมตาล (2553) ได้ประยุกต์ใช้วิธีชัฟเฟิลเฟอร์กลิปปิงอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นงาน โดยมีกฎเกณฑ์ในการจัดคือ เพื่อให้เกิดระยะทางในการขนถ่ายวัสดุน้อยที่สุดซึ่งใช้ข้อมูล 4 ข้อมูลหลักในการจัดเรียงเครื่องจักร ได้แก่ ข้อมูลของ

รูปแบบการวางผังเครื่องจักร ข้อมูลผลิตภัณฑ์ในการผลิต ข้อมูลเครื่องจักร และฟังก์ชั่นเป้าหมาย ซึ่งวิธีSFLA สามารถแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นได้

Nai - Chieh Wei และ I - Ming Chao (2011) ของมหาวิทยาลัย I - Shou ในประเทศไต้หวัน ได้แก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่ายโดยใช้ SALBP - E (A solution procedure for type E simple assembly line balancing problem) ซึ่งใช้กรณีศึกษาการประกอบโน้ตบุ๊ก โดยนำเสนอการจัดสมดุลการประกอบอย่างง่ายโดยใช้ SALBP - E ซึ่งเป็นการจัดสมดุลการประกอบที่พยายามที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้มากที่สุด (จำนวนสถานีงานคูณกับจำนวนรอบการผลิต) โดยการรวมเอาการผสมผสานรูปแบบของ SALBP - 1 และ SALBP - 2 นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอและพัฒนาคำตอบของวิธี SALBP - E รูปแบบการนำเสนอจะเน้นให้มีความรู้และความเข้าใจในการบริหารจัดการที่เหมาะสมเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการประกอบและลดเวลาว่างงาน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดขอบเขตของรอบเวลา (Ct_{max}), รูปแบบที่นำเสนอจะสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับตัวแปรที่น้อยที่สุดของข้อจำกัด และระยะเวลาที่ใช้ประมวลผล

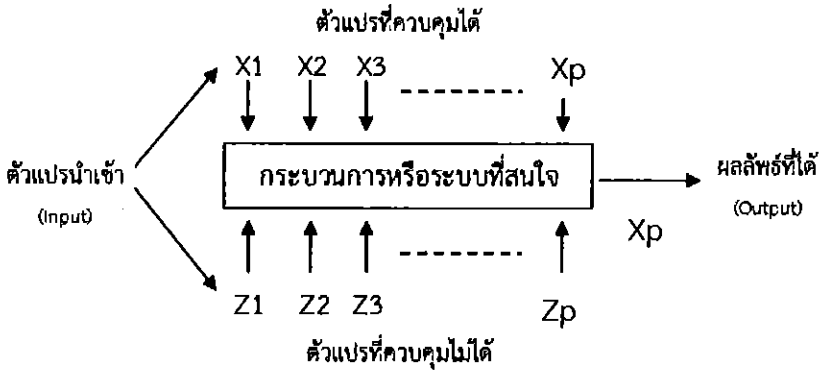
2.5 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการทดลองส่วนใหญ่จะมีปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง เพื่อทำการหาข้อสรุปถึงผลกระทบที่มาจากปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของระบบ ดังนั้นจึงมีการนำวิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยในการสร้างความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยมี 2 ขั้นตอนคือ การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างมาก การออกแบบการทดลองที่ดีนั้น จะทำให้การวิเคราะห์ผลทางสถิตินั้นมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.5.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experimental)

การออกแบบ (Design) หมายถึง การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมในการศึกษาระบบที่สนใจ

การทดลอง (Experiments) หมายถึง การทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือแบบต่อเนื่อง ซึ่งตามปกติการทดลองจะถูกนำมาใช้เพื่อการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ที่อยู่ในระบบ เพื่อชี้ถึงสาเหตุต่างๆที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ (Output or Responses) จากระบบนั้น ที่มีผลตอบสนองออกมาในรูปแบบหนึ่งหรืออาจมีมากกว่าซึ่งสามารถเห็นได้ ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ
ที่มา: ประไพศรี และพงศ์ชนัน, 2551

จากภาพที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าจากกระบวนการหรือระบบนั้นตัวแปรนำเข้าสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ ปัจจัยการแปรผัน X1, x2, x3, ... ,Xp ของกระบวนการเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ (Controllable Factors) ในขณะที่อีกกลุ่มหนึ่งคือ Z1, Z2, Z3, ... ,Zp เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable Factors) ซึ่งมีการทดลองโดยรวมแล้วดังนี้

2.5.1.1 อธิบายถึงปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนอง y

2.5.1.2 อธิบายถึงการกำหนดค่าตัวแปร x ที่มีอิทธิพลต่อค่าผลตอบสนอง y เพื่อทำให้ค่าผลตอบสนอง y อยู่ในช่วงที่ต้องการ

2.5.1.3 อธิบายถึงการกำหนดค่าตัวแปร x ที่มีอิทธิพลต่อค่าผลตอบสนอง y เพื่อทำให้ค่าผลตอบสนอง y มีค่าน้อย

2.5.1.4 อธิบายถึงการกำหนดค่าตัวแปร x ที่มีอิทธิพลต่อค่าผลตอบสนอง y เพื่อทำให้ผลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ Z1, Z2,...,Zp มีค่าน้อยที่สุด

การนำหลักการของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) โดยวิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยในการวางแผนการทดลองจะทำให้การทดลองมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมและสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปวิเคราะห์ผลได้อย่างถูกต้องและตรงตามวัตถุประสงค์

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) คือ กระบวนการที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าที่เกี่ยวกับการทดลอง เพื่อเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการทดสอบ โดยใช้หลักการทางสถิติเพื่อสามารถนำไปวิเคราะห์ผลได้ถูกต้องตามจุดมุ่งหมายในการทดลอง นอกจากนี้ยังสามารถใช้การออกแบบการทดลองในการศึกษาถึงการค้นหาผลกระทบของปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของผลตอบสนองและการกรองปัจจัย เพื่อค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมากที่สุดของกระบวนการ โดยสามารถนำกระบวนการออกแบบการทดลอง

มาประยุกต์ใช้กับการลดความแปรปรวนของกระบวนการ ลดเวลาในการปรับปรุง และการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ

2.5.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Designs)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล คือ การทดลองที่สมบูรณ์โดยมีการพิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Levels) ของปัจจัย (Factors) ทั้งหมดที่เป็นไปได้ โดยการทดลองจะทำการศึกษาถึงผลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลนี้เป็นวิธีการออกแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เช่น กรณีที่มีปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ดังนั้นหนึ่งในการทำซ้ำของการทดลองจะประกอบไปด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลอง (ธนภัทร เอี่ยมตาล, 2553)

ผลกระทบของปัจจัยจะอธิบายได้ในลักษณะของผลกระทบหลักหรืออิทธิพลหลัก (Main Effect) หรืออธิบายในลักษณะของการมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัย โดยที่ผลกระทบหลัก คือ ผลกระทบของปัจจัยที่ศึกษาซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบสนองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนั้นๆ ส่วนการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย คือ ผลตอบสนองที่ได้ในแต่ละระดับของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยอื่นๆด้วย (Montgomery, 1997)

การทดลองเชิงแฟกทอเรียลถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการทดลอง โดยสามารถแยกออกเป็น การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k (2^k Factorial Experimental Design) และการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^k (3^k Factorial Experimental Design) แต่ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาวิธีการของการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^k มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการทดลอง ดังนั้นจึงขออธิบายวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^k แบบเดียวเท่านั้น

2.5.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^k (3^k Factorial Experimental Design)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลกรณีที่มีปัจจัยที่ต้องการพิจารณา k ปัจจัย และแต่ละปัจจัยมีระดับปัจจัยอยู่ 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ โดยการแทนระดับสูง (High: 1) ระดับกลาง (Intermediate: 0) และระดับต่ำ (Low: -1) ดังตารางที่ 2.1 โดยจำนวนของการทำซ้ำในการทดลองนี้เป็น $3 \times 3 \times 3 \times \ldots \times 3 = 3^k$ จึงเรียกการทดลองนี้ว่า การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^k ซึ่งจะเหมาะสมกับผลตอบสนองที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้ง และจะเห็นได้ว่าขนาดของการออกแบบจะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดของ k (Montgomery, 1997)

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการกำหนดปัจจัย (k) และระดับของปัจจัยที่ 3 ระดับ

ที่มา: Montgomery, 1997

Factors	3 Level of Factors		
	Low Level (-1)	Intermediate Level (0)	High Level (1)
A	Value 1	Value 2	Value 3
B	Value 1	Value 2	Value 3
		⋮	⋮
k	Low Level k	Intermediate Level k	High Level k

2.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตินั้นเป็นการนำข้อมูลหลายๆที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ผล โดยจะไม่เจาะจงข้อมูลค่าใดค่าหนึ่ง มีประโยชน์ในการศึกษาและการวัดที่มีความต้องการข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือสูง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งจะช่วยในการวิเคราะห์ผลการทดลองเท่านั้น

2.5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน คือ วิธีการพื้นฐานทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง โดยจะบอกความแปรปรวนของกลุ่มข้อมูลทั้งหมด เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการกำหนดรูปแบบของปัจจัย สามารถแยกความแปรปรวนทั้งหมดของข้อมูลออกตามสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลเกิดความแตกต่าง นั่นคือ แยกตามความแปรปรวนหรือความแปรปรวนของข้อมูลขาออกเป็น

2.5.5.1 ความผันแปรหรือความแตกต่างระหว่างประชากร

2.5.5.2 ความผันแปรหรือความแตกต่างภายในประชากรเดียวกัน

โดยความผันแปรทั้งหมดเท่ากับ ความผันแปรหรือความแตกต่างระหว่างประชากรรวมกับความผันแปรหรือความแตกต่างภายในประชากรเดียวกัน

นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายถึงผลกระทบหลัก (Main Effect) ของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบสนอง และอธิบายถึงการมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างปัจจัยได้ดีอีกด้วย

ตัวอย่างการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล ในกรณีที่มี 2 ปัจจัย คือ A และ B โดยปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งทั้งหมดจะถูกจัดให้อยู่ในรูปการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล โดยในแต่ละรอบ (Replication) ของการทดลองจะประกอบไปด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมด ab การทดลอง โดยปกติจะมีจำนวนรอบ ทั้งหมด n ครั้ง รูปแบบทั่วไปของ

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย และมีการวนซ้ำทั้งหมด n ครั้ง เมื่อกำหนดให้ y_{ijk} คือผลคำตอบที่เกิดขึ้นจากระดับ *i* ของปัจจัย *A* (เมื่อ *i* = 1,2,3,..., *a*) และระดับ *j* ของปัจจัย *B* (เมื่อ *j* = 1,2,3,..., *b*) สำหรับรอบที่ *k* (เมื่อ *k* = 1,2,3,..., *n*) (Montgomery, 1997)

ตารางที่ 2.2 แสดงรูปแบบข้อมูลการทดลองเชิงแฟกทอเรียล กรณี 2 ปัจจัย
ที่มา: Montgomery, 1997

Factor A	Factor B			
	1	2	...	b
1	$y_{111}, y_{112},..., y_{11n}$	$y_{121}, y_{122},..., y_{12n}$	...	$y_{1b1}, y_{1b2},..., y_{1bn}$
2	$y_{211}, y_{212},..., y_{21n}$	$Y_{221}, y_{222},..., y_{22n}$	...	$y_{2b1}, y_{2b2},..., y_{2bn}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	$y_{a11}, y_{a12},..., y_{a1n}$	$y_{a21}, y_{a22},..., y_{a2n}$	...	$y_{ab1}, y_{ab2},..., y_{abn}$

จากข้อมูลที่ได้ในตารางที่ 2.2 นั้นสามารถแสดงได้ดังสมการความสัมพันธ์ ระหว่างค่าตอบสนอง ปัจจัย และความผิดพลาด สามารถเขียนในรูปแบบการจำลองสถิติเชิงเส้น (Linear Statistical Model) ดังนี้

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \qquad (2.12)$$

เมื่อ i = 1, 2, 3, ... , a

j = 1, 2, 3, ... ,b

k = 1, 2, 3, ... ,n

โดยที่

y_{ijk} หมายถึง ผลตอบสนองที่สังเกตได้เมื่อปัจจัย *A* อยู่ที่ระดับ *i* และปัจจัย *B* อยู่ที่ระดับ *j* ในรอบที่ k

μ หมายถึง ค่าผลกระทบเฉลี่ยรวม (Overall Mean Effect)

τ หมายถึง ผลกระทบหรืออิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ *i* ของปัจจัย *A*

β หมายถึง ผลกระทบหรืออิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ *j* ของปัจจัย *B*

$(\tau\beta)_{ij}$ หมายถึง ผลกระทบที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง τ_i กับ β_j

ε_{ijk} หมายถึง ค่าความผิดพลาดแบบสุ่ม (Random Error component) ที่มาจากแหล่งความแปรปรวนทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง

เมื่อการทดลองมีทั้งหมดจำนวน *n* ครั้ง ดังนั้นจำนวนค่าของผลตอบสนองที่สังเกตได้จะมีจำนวนทั้งหมดเป็น *abn* จำนวน (Montgomery, 1997)

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ตัวแปร แบบ Fixed Effects Model

ที่มา: Montgomery, 1997

Source of Variation	DF	Sum of Square	Mean Square	F
ปัจจัย A	a -1	$SS_A = \frac{1}{bn}\sum_{i=1}^{a} y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$\frac{MS_A}{MS_E}$
ปัจจัย B	b -1	$SS_B = \frac{1}{an}\sum_{i=1}^{b} y_{j..}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$\frac{MS_B}{MS_E}$
AB	(a -1)(b -1)	$SS_{AB} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} y_{ij}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} - SS_A - SS_B$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	ab(n-1)	$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Total	abn-1	$SS_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$		

จากตารางที่ 2.3 เป็นตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ซึ่งประกอบด้วย แหล่งความแปรปรวน (Source of Variation) ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square: SS) ค่าองศาเสรีหรือระดับความอิสระ (Degree of Freedom: DF) ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square: MS) และค่า F (F Value)

เมื่อ F เป็นตัวสถิติที่ได้อธิบายถึงอัตราส่วนความแปรปรวนระหว่างกลุ่มกับความแปรปรวนที่อยู่ภายในกลุ่ม ซึ่งสามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย (MS_A) เมื่อ *A* คือ ปัจจัย ซึ่งหารด้วยค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาด (MS_E) และค่า F เป็นค่าที่บอกถึงค่า P value ซึ่งเป็นการบอกถึงระดับความเชื่อมั่นที่เป็นไปได้อย่างน้อย 1 ระดับที่มีความแตกต่างไปจากระดับอื่นอย่างมีค่านัยสำคัญทางสถิติและใช้สัญลักษณ์ α เป็นตัวกำหนดระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level)

2.5.6 สถิติทดสอบที (T-test Statistic)

เป็นการทดสอบสมมติฐานชนิดหนึ่งที่ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (n<30) การทดสอบผู้วิจัยจะต้องทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2) หรือในกรณีไม่ทราบค่าความแปรปรวน

ของประชากร เพราะในงานวิจัยผู้วิจัยจะไม่มีโอกาสทราบค่าความแปรปรวนของประชากร ผู้วิจัยก็อาจจะใช้ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S^2) แทนการทดสอบที (t - test) ใช้ในการทดสอบกรณีต่าง ๆ ดังนี้

2.5.6.1 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียว

การทดสอบแบบนี้ใช้ในกรณีผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างมาเพียงกลุ่มเดียว แล้วต้องการทดสอบว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มนี้จะแตกต่างจากค่าเฉลี่ยมาตรฐานอื่น ๆ หรือไม่ค่าต่าง ๆ ที่กำหนดเป็นเกณฑ์ถือว่าเป็นค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ดังสมการ

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{N}}} \qquad (2.13)$$

เมื่อ องศาเสรี (Degree of freedom) คือ *N-1*

2.5.6.2 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม

ก. กรณีกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มเป็นอิสระจากกัน (Independent Samples)

เป็นการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ตัวอย่างสองกลุ่ม ในกรณีที่ไม่ ทราบความแปรปรวนของประชากร และกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มที่มีขนาดเล็ก กล่าวคือ $n_1<30$ และ $n_2<30$ ซึ่งก่อนที่จะทาการทดสอบ โดยใช้สถิติทดสอบที จะต้องนาค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มไปทดสอบ เพื่อสรุปว่าประชากรที่ศึกษานั้นมีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ โดยมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

ก1.ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้มาจากการสุ่มซึ่งเป็นอิสระต่อกัน

ประชากรทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ

ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาคหรืออัตราส่วน

ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร

ก2. กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

การทดสอบแบบทางเดียว

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$ หรือ ข. $H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$

$H_1: \mu_1 - \mu_2 > d_0$ หรือ $H_1: \mu_1 - \mu_2 < d_0$

โดยที่ d_0 เป็นค่าคงที่อาจจะมีค่าเป็นบวก ลบ หรือศูนย์ก็ได้

ถ้า d_0 เป็นศูนย์จะทำให้ ก. และ ข. กลายเป็น

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

H_0: $\mu_1 = \mu_2$ และ H_1: $\mu_1 > \mu_2$

H_0: $\mu_1 = \mu_2$ และ H_1: $\mu_1 < \mu_2$

การทดสอบแบบสองทาง

H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$

H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq d_0$

ถ้า d_0 สมมติฐานจะกลายเป็น

H_0: $\mu_1 = \mu_2$

H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

การทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นข้างต้นทั้งแบบทางเดียวและสองทางนั้นจะสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดจากแต่ละประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\bar{X}_1$ และ $\bar{X}_2$ ตามลำดับ และพิจารณาเป็น 3 กรณี คือ

1. ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติ และทราบค่า σ_1^2, σ_2^2
2. ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบใดๆ และขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่
   2.1 ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2
   2.2 ไม่ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2
3. ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงปกติ ขนาดตัวอย่างเล็กและไม่ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2

ตัวสถิติสำหรับทำการทดสอบเมื่อไม่ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2 ได้แก่ตัวสถิติ t ดังสมการ

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{sp\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \qquad (2.14)$$

เมื่อ $\bar{X}_1$ แทน ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจากประชากรกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจากประชากรกลุ่มที่ 2

n_1 แทน จำนวนตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรกลุ่มที่ 1

n_2 แทน จำนวนตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรกลุ่มที่ 2

ตัวสถิติสำหรับทำการทดสอบเมื่อไม่ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2 แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ได้แก่ตัวสถิติ t ดังสมการ

i5932497x
ปร.
ท160ร
2557

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{sp\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \qquad (2.15)$$

เมื่อ $\bar{X}_1$ แทน ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจากประชากรกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยตัวอย่างจากประชากรกลุ่มที่ 2

n_1 แทน จำนวนตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรกลุ่มที่ 1

n_2 แทน จำนวนตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรกลุ่มที่ 2

S_1 แทน ค่าความแปรปรวนจากประชากรกลุ่มที่ 1

S_2 แทน ค่าความแปรปรวนจากประชากรกลุ่มที่ 2

ขอบเขตที่จะปฏิเสธสมมติฐาน

ถ้าสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ คือ H_0: $\mu_1 = \mu_2$, H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$ แสดงว่าเป็นการทดสอบแบบสองทาง และปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ถ้า $t > t_{\alpha/2(n-1)}$ หรือ $t < t_{\alpha/2(n-1)}$

ถ้าสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ คือ H_0: $\mu_1 - \mu_2 \leq d_0$, H_1: $\mu_1 - \mu_2 > 0$ แสดงว่าเป็นการทดสอบแบบทางเดียวข้างขวา และปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ถ้า $t > t_{\alpha/2(n-1)}$

ถ้าสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ คือ H_0: $\mu_1 - \mu_2 \geq d_0$, H_1: $\mu_1 - \mu_2 < 0$ แสดงว่าเป็นการทดสอบแบบทางเดียวข้างขวา และปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ถ้า $t < t_{\alpha/2(n-1)}$

2.5.7 สถิติทดสอบเอฟ (F-test Statistic)

เป็นการทดสอบค่าความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม เพื่อดูว่าความแปรปรวนต่างกันหรือไม่ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากร ถ้าให้ S_1^2 และ S_2^2 เป็นความแปรปรวนจากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน และมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ n_1 และ n_2 ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ และมีค่าความแปรปรวนของประชากรเท่ากับ σ_1^2 และ σ_2^2 ตามลำดับ

2.5.7.1 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของความแปรปรวนของประชากร

เมื่อต้องการทราบว่า ความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันหรือไม่ จะใช้สถิติทดสอบเอฟ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สำหรับการทดสอบแบบทางเดียว

H_0: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

H_1: $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ หรือ $\sigma_1^2 < \sigma_2^2$ อย่างใดอย่างหนึ่ง

สำหรับการทดสอบแบบสองทาง

H_0: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

H_1: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

ค่าสถิติ F ที่ใช้ในการสอบ ดังสมการ

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \qquad (2.16)$$

โดยที่ $S_1^2 > S_2^2$ และ $df_1 = n_1 - 1$, $df_2 = n_2 - 1$

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการนำทฤษฎีที่ได้กล่าวถึงในบทที่แล้วมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาการจัดสมดุลการประกอบ โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการแก้ปัญหาการจัดสมดุลงานประกอบโดยใช้ซัฟเฟิลฟร์อกลิปปิงอัลกอริทึม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีของการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

ผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย (Simple Assembly Line Balancing Problem: SALBP) ซึ่งเป็นแบบผลิตภัณฑ์เดียว (Single-model) มีการผลิตที่เป็นแบบ Mass Production ในที่นี้ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้ SALBP-1 เป็นการจัดสมดุลการประกอบโดยกำหนดรอบการผลิตมาให้แต่ไม่กำหนดจำนวนสถานีงาน ขนาดของปัญหาแบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือปัญหาขนาดเล็ก 2 ตัวอย่าง คือ 6 งาน (ณัฏพงศ์ คำขาด, 2551) และ 11 งาน (พิภพ - เล้าประจง, 2541), ปัญหาขนาดกลาง 2 ตัวอย่าง คือ 31 งาน (Ratanawilaiwan, 1982) และ 39 งาน (กรรณิการ์ ศิลานนท์, 2542) และปัญหาขนาดใหญ่ 1 ตัวอย่าง คือ 54 งาน (Ratanawilaiwan, 1982) นอกจากนี้ยังใช้ปัญหาจากกรณีศึกษาการประกอบโน้ตบุ๊กจากงานวิจัยก่อนหน้านี้เพื่อใช้ในการทดสอบซึ่งจัดเป็นปัญหาขนาดเล็ก จำนวน 13 งาน แสดงรายละเอียดดังตาราง

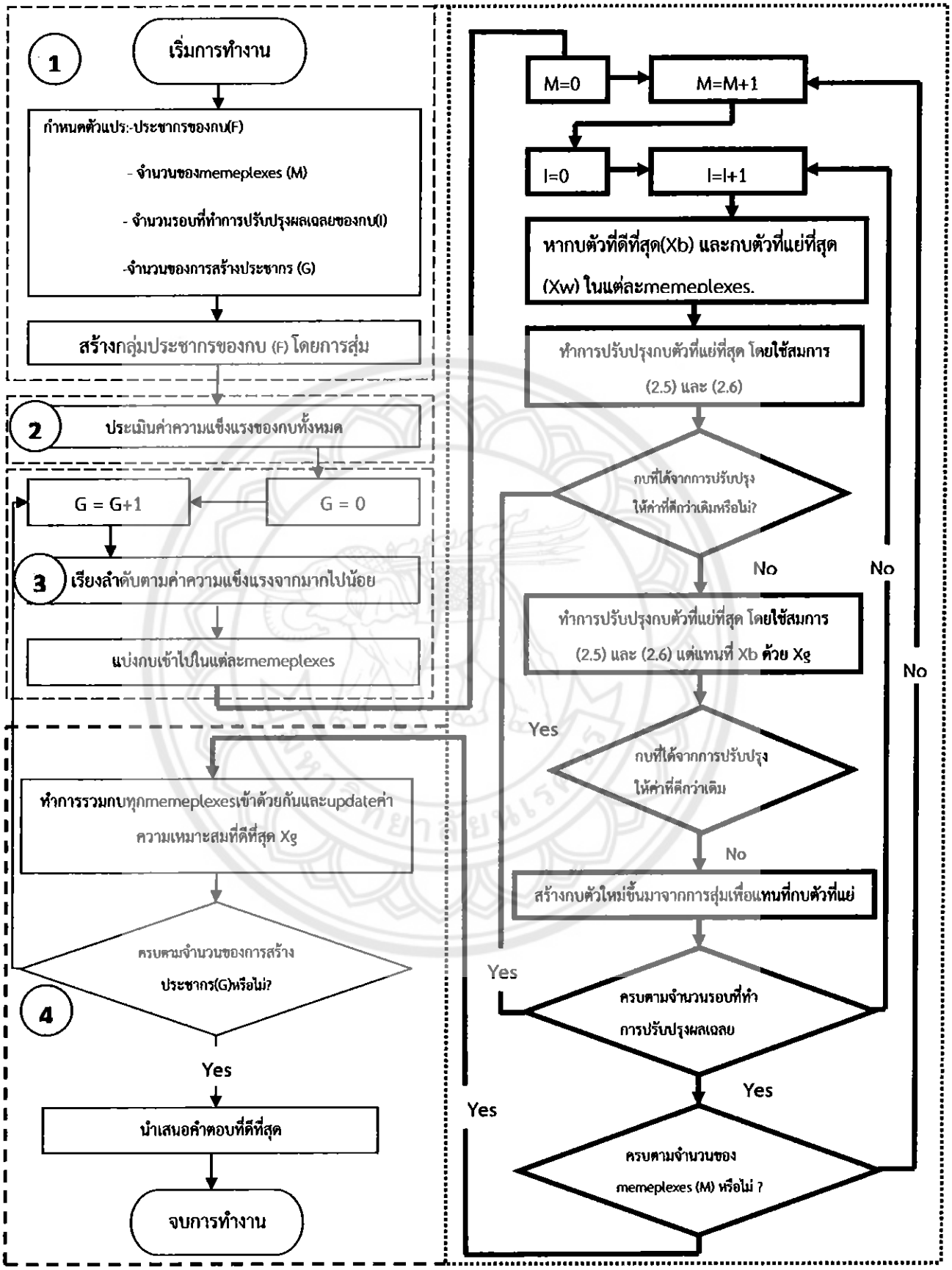
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างปัญหาที่จะนำมาใช้ในการศึกษาโครงงาน

จำนวนงาน	ขนาดปัญหา	เวลาแต่ละงาน	ความสัมพันธ์ของงาน	รอบการผลิต	จำนวนสถานีงานที่ยอมรับได้
13 งาน	เล็ก	กำหนด	กำหนด	12.78 วินาที	7
6 งาน	เล็ก	กำหนด	กำหนด	7 นาที	4
11 งาน	เล็ก	กำหนด	กำหนด	10 นาที	7
31 งาน	กลาง	กำหนด	กำหนด	100 วินาที	12
39 งาน	กลาง	กำหนด	กำหนด	134 วินาที	9
54 งาน	ใหญ่	กำหนด	กำหนด	100 วินาที	11

หมายเหตุ : คำว่า กำหนด หมายถึง เป็นข้อมูลที่กำหนดมาให้พร้อมกับปัญหานั้นๆ รายละเอียดสามารถดูได้จากภาคผนวก

3.2 ศึกษาทฤษฎีของซัฟเฟิลฟอร์กลิปปิงอัลกอริทึม

ในส่วนนี้ จะได้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้เทคนิคซัฟเฟิลฟอร์กลิปปิงอัลกอริทึม เพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ในส่วนของกระบวนการทำงาน สามารถแบ่งได้ตามขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงลำดับขั้นตอนของวิธีการชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (SFLA)

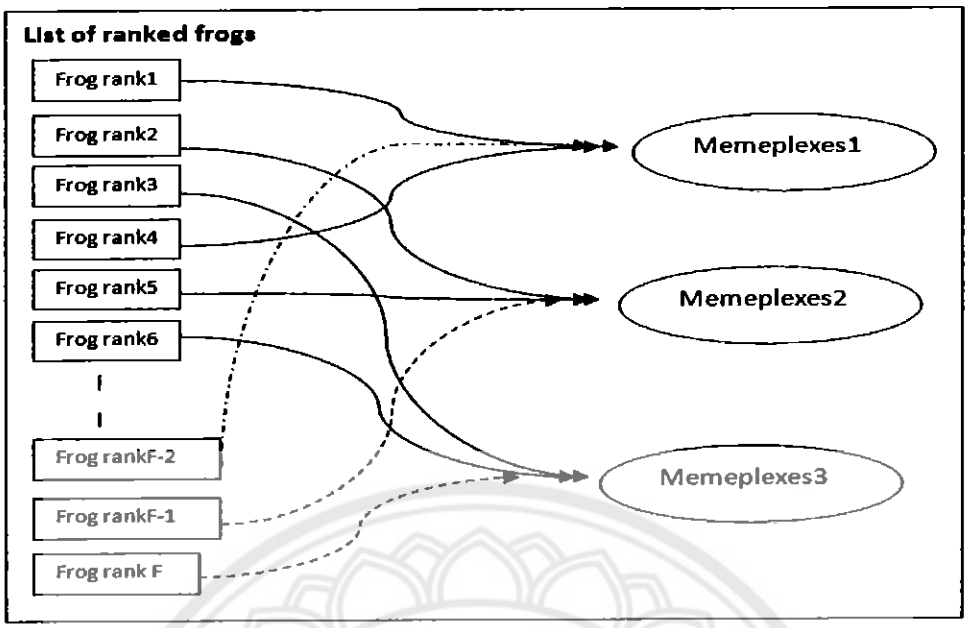
ที่มา: ธนภัทร เอี่ยมตาล, 2550

3.2.1 ขั้นตอนแรกของการทำงานของ SFL ต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นของพารามอเตอร์ต่างๆ ของ SFL ได้แก่ จำนวนกบ (Amount of frog: F) จำนวนรุ่นของประชากร (Number of Generations: G) จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) และจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (Number of Memeplex: M)

3.2.2 สร้างประชากรกบ (Frogs) เริ่มต้น โดยจะกำหนดรูปแบบของคำตอบที่เก็บไว้ในรูปแบบของอาเรย์ (Array) โดยกบหนึ่งตัวจะแทนด้วยอาเรย์หนึ่งชุด

3.2.3 ทำการประเมินค่าความเหมาะสมของกบแต่ละตัว ในการประเมินค่าความเหมาะสมนี้ จะใช้สมการฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Fitness Function) การประเมินจะขึ้นอยู่กับแต่ละปัญหาด้วย

3.2.4 ทำการแบ่งกลออกเป็น M กลุ่มย่อยๆ ซึ่งกลุ่มดังกล่าว เรียกว่า มีมีเพล็ก (Memeplex) โดยในหนึ่งมีมีเพล็กจะประกอบไปด้วยกบจำนวน n ตัว ซึ่งต้องมีการเรียงลำดับค่าความเหมาะสมหรือค่าความแข็งแรงสูงสุดเป็นอันดับที่หนึ่ง และจัดเข้าไปใน memeplexes ที่ 1 กบตัวที่มีค่าความแข็งแรงรองลงมาเป็นอันดับที่สองจัดเข้าไปใน memeplexes ที่ 2 กบตัวที่ n จัดเข้าไปใน memeplexes ที่ M (โดยที่ M คือ memeplexes สุดท้าย) และกบตัวที่ M+1 จะวนกลับไปจัดเข้าที่ memeplexes ที่ 1 ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.2 จากนั้นในแต่ละ memeplexes จะต้องหาว่ากบตัวใดมีค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดกำหนดให้เป็น Xb และหาว่ากบตัวใดที่ให้ค่าความเหมาะสมที่แย่ที่สุดกำหนดให้เป็น Xw ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การแบ่งประชากรกบเข้าไปใน m Memeplexes.

3.2.5 ทำการปรับปรุงกบตัวที่แย่ที่สุด ในแต่ละมีมีเพล็ก ตามสมการ

$$\text{Change in frog position (Di)} = \text{rand ()} \times (Xb - Xw) \quad \textbf{(3.4)}$$

$$\text{New position Xw} = \text{Current position Xw} + Di,\ Dmax \geq Di \geq -Dmax \quad \textbf{(3.5)}$$

สมการที่ 3.4 สมการแสดงระยะห่างของกบตัวที่แย่จากเป้าหมาย เป็นการปรับปรุง Xw **เข้าหา** Xb
สมการที่ 3.5 สมการแสดงถึงจุดหรือตำแหน่งที่กบต้องไปถึงเป้าหมาย

โดยมี 2 เทคนิค ที่ใช้ในการปรับปรุงค่าคำตอบ คือวิธี Swap Operator (SO) **และวิธี** Adjustment Operator (AO) **ซึ่งได้ยกตัวอย่างการอธิบายทั้งสองเทคนิคดังกล่าวโดยยกตัวอย่างโจทย์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาของโครงงานนี้ ซึ่งได้เลือกเอาปัญหา 6 งาน ในการอธิบายทั้ง 2 เทคนิคดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้**

3.2.5.1 Swap Operator (SO)

เมื่อทำการจัดกบลงไปในแต่ละมีมีเพล็กแล้ว จากนั้นจะทำการค้นหาในแต่ละกลุ่มของมีมีเพล็กว่า กบตัวใดให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด ให้เป็น Xb **และกบตัวใดที่ให้ค่าคำตอบที่แย่ที่สุด ให้เป็น** Xw **โดยจะทำการปรับปรุงกบตัวที่แย่ที่สุด** (Xw) **เข้าสู่เป้าหมาย** (Xb) **เมื่อ** Xb **มีการจัดเรียงสถานีงานคือ** Xb = 3 1 2 5 4 6 **และ** Xw = 5 3 1 2 4 6 **ดังนั้นจะทำการปรับปรุงกบตัวที่แย่ที่สุดเข้าหา**

เป้าหมายนั่นคือ กบตัวที่ดีที่สุด โดยใช้เทคนิค Swap Operator ซึ่งเป็นการสลับที่ตำแหน่งที่ต้องการปรับปรุง โดยสามารถแสดงได้ดังนี้

Xb = 3 1 2 5 4 6

Xw = 5 3 1 2 4 6

ตำแหน่งที่ 1 ของ Xb คือ 3

ตำแหน่งที่ 1 ของ Xw คือ 5

ปรับปรุงครั้งที่ 1 SOXbest (S1,1) = 3 5 1 2 4 6

ตำแหน่งที่ 2 ของ Xb คือ 1

ตำแหน่งที่ 2 ของ Xw คือ 5

ปรับปรุงครั้งที่ 2 SOXbest (S1,2) = 3 1 5 2 4 6

ตำแหน่งที่ 3 ของ Xb คือ 2

ตำแหน่งที่ 3 ของ Xw คือ 5

ปรับปรุงครั้งที่ 3 SOXbest (S1,3) = 3 1 2 5 4 6

ซึ่งมีขั้นตอนในการปรับปรุง Xw เข้าหา Xb ทั้งหมด 3 ขั้นตอน ต่อไปจะเป็นการดูว่ากบตัวนี้มีความพยายามที่จะปรับปรุงตัวเองเพื่อเข้าสู่เป้าหมายได้เพียงใด จึงทำการสุ่มค่าตามสมการเพื่อดูว่าจะทำการปรับปรุงกี่ขั้นตอน ในโจทย์นี้กบตัวที่แย่ที่สุดทำการปรับปรุงตัวเองได้เพียง 2 ขั้นตอนเท่านั้น จึงได้ค่าคำตอบอยู่ที่ขั้นตอนที่ 2 นั่นคือ new best = 3 1 5 2 4 6

3.2.5.2 Adjustment Operator (AO)

ในเทคนิคนี้จะทำการเลือก Xb และ Xw ในแต่ละกลุ่มมีมีเพล็กเหมือนกับวิธีการ SO แต่เทคนิค Adjustment Operator จะเป็นการแทรกตำแหน่งที่ต้องการปรับปรุง จากนั้นตำแหน่งถัดไปจะทำการขยับตำแหน่งไปทางขวา เมื่อใช้โจทย์เดียวกัน คือ ปัญหา 6 งาน จะได้ Xb = 3 1 2 5 4 6 และ Xw = 4 1 2 5 3 6 ดังนั้นทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิค AO ได้ดังนี้

Xb = 3 1 2 5 4 6

Xw = 4 1 2 5 3 6

ตำแหน่งที่ 1 ของ Xb คือ 3

ตำแหน่งที่ 1 ของ Xw คือ 4

ปรับปรุงครั้งที่ 1 SOXbest (S1,1) = 3 4 1 2 5 6

ตำแหน่งที่ 2 ของ Xb คือ 1

ตำแหน่งที่ 2 ของ Xw คือ 4

ปรับปรุงครั้งที่ 2 SOXbest (S1,2) = 3 1 4 2 5 6

ตำแหน่งที่ 3 ของ Xb คือ 2

ตำแหน่งที่ 3 ของ Xw คือ 4
ปรับปรุงครั้งที่ 3 SOXbest (S1,3) = 3 1 2 4 5 6
ตำแหน่งที่ 4 ของ Xb คือ 5
ตำแหน่งที่ 4 ของ Xw คือ 4
ปรับปรุงครั้งที่ 4 SOXbest (S1,4) = 3 1 2 5 4 6

ซึ่งมีขั้นตอนในการปรับปรุง Xw เข้าหา Xb ทั้งหมด 4 ขั้นตอน ต่อไปจะเป็นการดูว่ากบตัวนี้มีความพยายามที่จะปรับปรุงตัวเองเพื่อเข้าสู่เป้าหมายได้เพียงใด จึงทำการสุ่มค่าตามสมการเพื่อดูว่าจะทำการปรับปรุงกี่ขั้นตอน ในโจทย์นี้กบตัวที่แย่ที่สุดทำการปรับปรุงตัวเองได้เพียง 1 ขั้นตอนเท่านั้น จึงได้ค่าคำตอบอยู่ที่ขั้นตอนที่ 2 นั่นคือ new best = 3 4 1 2 5 6

นำกบที่ได้จากการปรับปรุงไปเทียบกับกบทุกตัวในมีมีเพล็ก ถ้าพบว่า ค่าความเหมาะสมที่ถูกปรับปรุงในกบตัวนั้นยังไม่ดีขึ้น กบตัวที่ไม่สามารถพัฒนาค่าคำตอบจะถูกคัดออกจากกลุ่ม แล้วจึงทำการสุ่มกบตัวใหม่ขึ้นมา ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวจะถูกทำซ้ำในทุกๆมีมีเพล็ก ตามจำนวนรอบการปรับปรุง(Iteration) ที่ถูกกำหนดไว้

3.3 ศึกษาโปรแกรมการเขียนภาษา TCL/TK

เพื่อที่ผู้ดำเนินโครงงานจะสามารถเขียนโปรแกรม TCL/TK ได้นั้น ต้องทำการศึกษาถึงการใช้งานของโปรแกรม เริ่มตั้งแต่การติดตั้งโปรแกรม วิธีการใช้งาน คำสั่งต่างๆที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม การเขียน Source Code ใน Total Command Language (Tcl) และศึกษา Toolkit (Tk) ซึ่งจะใช้ในการสร้าง Graphic User Interface (Gui)

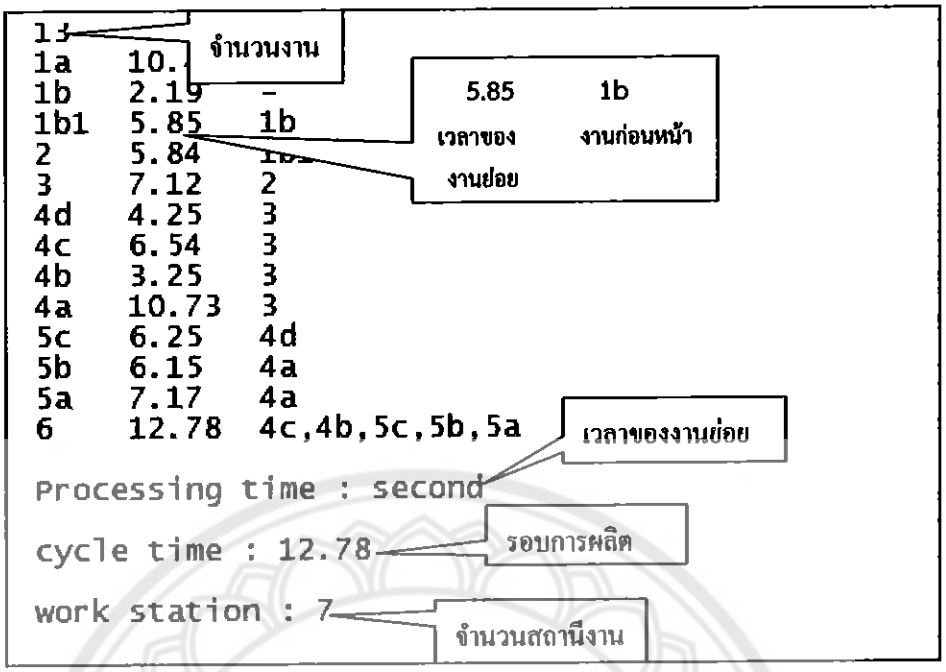
3.4 รวบรวมข้อมูลและออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม

แนวคิดของโปรแกรมที่ใช้ในโครงงานนี้มี 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนของแฟ้มข้อมูลนำเข้า (Input phase) และส่วนของข้อมูลนำออก (Output phase) โดยในแต่ละส่วนของโปรแกรมจะถูกควบคุมโดยผู้ใช้ผ่านทางหน้าจอควบคุมของโปรแกรม (GUI: Graphic User Interface)

3.4.1 ลักษณะข้อมูลนำเข้า (Input phase)

3.4.1.1 ข้อมูลนำเข้าของส่วนปัญหา

แฟ้มข้อมูลนำเข้า (Input File) เป็นแฟ้มที่ใช้เก็บรายละเอียดของส่วนต่างๆไม่ว่าจะเป็นความสัมพันธ์ของงาน เวลาที่ใช้ในแต่ละงาน รอบเวลาการผลิต จำนวนงาน จำนวนสถานีงานสูงสุดที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงต้องทำการนำข้อมูลเข้าก่อนที่จะสั่งให้โปรแกรมทำงาน แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า (Input File)

3.4.1.2 ข้อมูลนำเข้าส่วนของ SFL

เป็นหน้าต่างโปรแกรมเพื่อรับค่าพารามิเตอร์ของซัฟเฟิลฟร็อก โดยจะประกอบด้วย การสร้างกลุ่มประชากร (Generate Randomly Population), การกำหนดการแบ่งกลุ่มประชากร (Memeplexes), การกำหนดจำนวนรอบในการปรับปรุง (Iteration), และกระบวนการสร้างผลเฉลย (Line Balancing Evaluation)

3.4.2 ลักษณะข้อมูลนำออก (Output phase)

แฟ้มข้อมูลนำออก (Output phase) เป็นแฟ้มรายงานผลลัพธ์ที่จะแสดงถึง การจัดลำดับงานที่ไม่ขัดข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างงาน และงานต่างๆที่ถูกมอบหมายให้กับสถานีงานใดบ้าง พร้อมทั้งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการจัดสมดุลสายงานการประกอบผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ ค่าความแปรปรวนของภาระงาน, ค่าเวลาว่างงานรวม, จำนวนสถานีงาน และค่าความเหมาะสมหรือค่าความแข็งแรงของกบ (Fitness Function) ซึ่งค่าดังกล่าวที่หน้าจอของโปรแกรมที่ได้แสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าที่เหมะสมที่เป็นผลลัพธ์จากกบเพียงตัวเดียว

จากการประมวลผลของโปรแกรมนี้ จะได้ผลลัพธ์ในรูปของแฟ้มข้อความ (Text File) ซึ่งแสดงผลลัพธ์ออกเป็น 6 ส่วน คือ

3.4.2.1 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ (Parameters Setting) ได้แก่ จำนวนกบ (Amount of frog) จำนวนรุ่นของประชากร (Number of Generation) จำนวนมีมีเพล็ก (Number of Memeplexe) และจำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration)

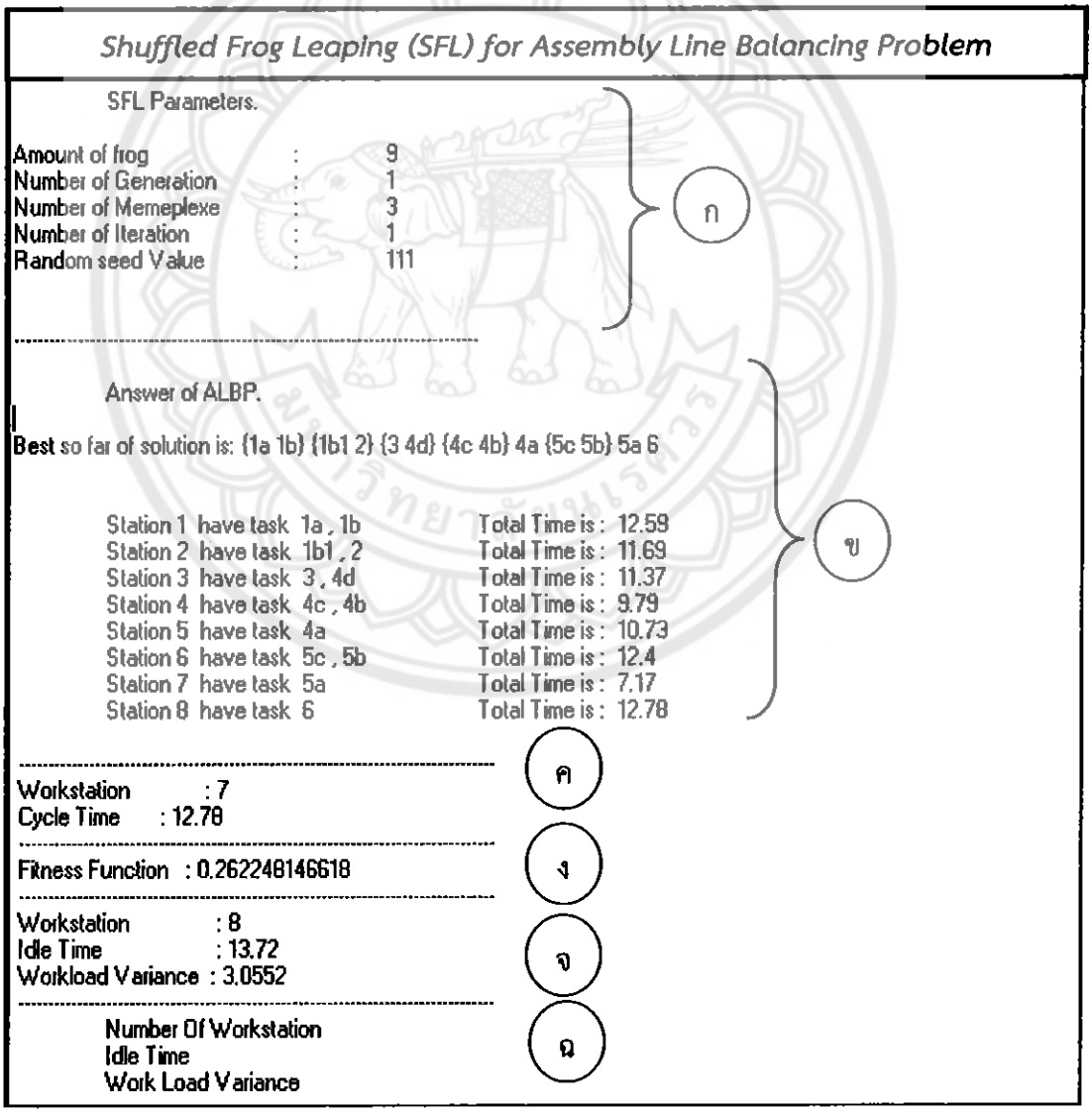
3.4.2.2 แสดงส่วนของผลลัพธ์คำตอบที่ได้ ได้แก่ ค่าคำตอบที่ดีที่สุดของทุกๆรอบ (Best So Far of Solution) การจัดงานเข้าไปในแต่ละสถานีงาน และเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงาน

3.4.2.3 แสดงการกำหนดค่าของปัญหา ได้แก่ จำนวนรอบการผลิต (Cycle time) และจำนวนสถานีงาน (Number of Workstation)

3.4.2.4 แสดงค่าความเหมาะสมหรือค่า Fitness Function ของปัญหานั้นๆ

3.4.2.5 แสดงค่าที่ใช้ในการประเมินผล ได้แก่ จำนวนสถานีงานที่จัดได้ ค่าเวลาว่างงาน และค่าความแปรปรวนของงาน ซึ่งเป็นค่าที่แสดงผลออกมาใน 1 รอบการทำงาน

3.4.2.6 แสดงค่าที่ถูกเลือกในการใช้ประเมินผล ซึ่งการประเมินผลสามารถเลือกประเมินได้ 3 แบบ ได้แก่ จำนวนสถานีงาน (Number of Workstation) ค่าเวลาว่างงาน (Idle Time) และค่าความแปรปรวนของงาน (Work Load Variance)



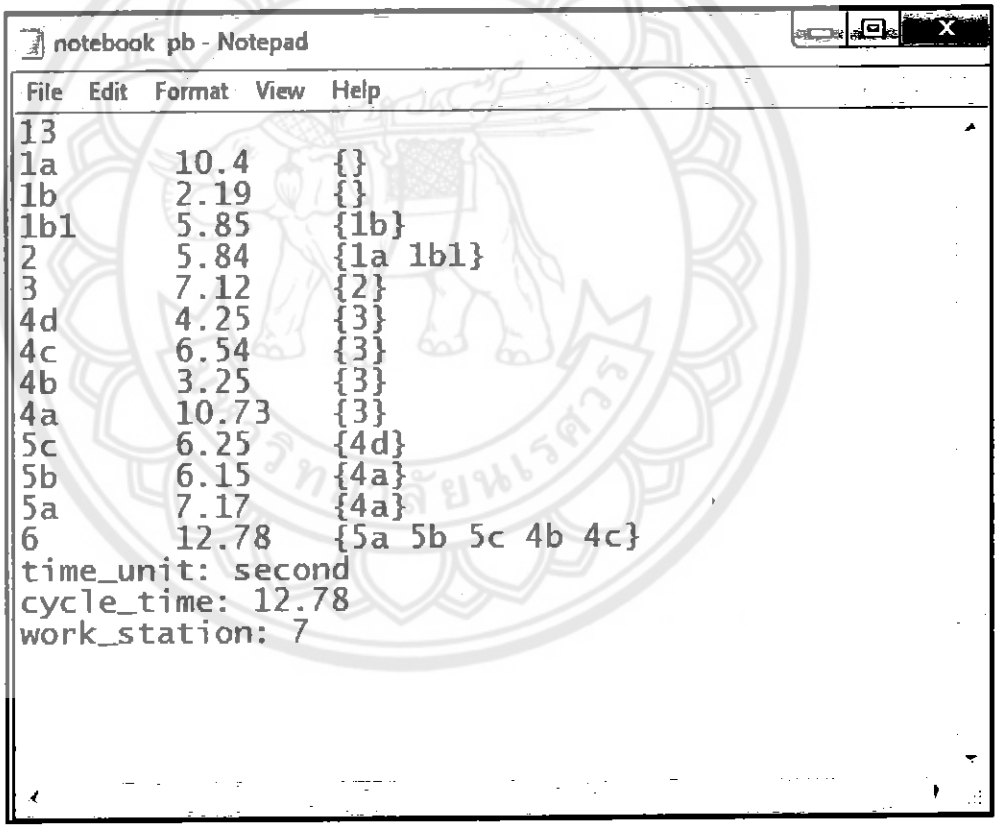
รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำออกของโปรแกรม

3.5 การเขียนโปรแกรม SFL สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

โปรแกรม SFL ถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Tcl&Tk เวอร์ชั่น 8.4 โดยปัญหาที่ใช้ในการจัดสมดุลสายงานการประกอบนั้น ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดที่ประกอบไปด้วย จำนวนงาน ชื่องาน เวลาที่งานแต่ละงานใช้ ความสัมพันธ์ระหว่างงาน รอบเวลาการผลิต และจำนวนสถานีงาน โดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นจะมีลักษณะดังนี้

3.5.1 การรับค่าข้อมูลขาเข้าในส่วน Input

ในส่วนของการรับค่าของข้อมูลขาเข้า โปรแกรมจะทำการรับค่าข้อมูลในส่วนของปัญหาประกอบด้วย ชื่องาน(Name of Job) จำนวนงาน (Number of Job) เวลาที่ใช้ในแต่ละงาน (Task Times) ลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลัง (Precedence Relationship) หน่วยเวลา (Time Unit) รอบการผลิต (Cycle Time) และจำนวนสถานีงานที่ยอมรับได้ (Workstation) ดังรูปที่ 3.5



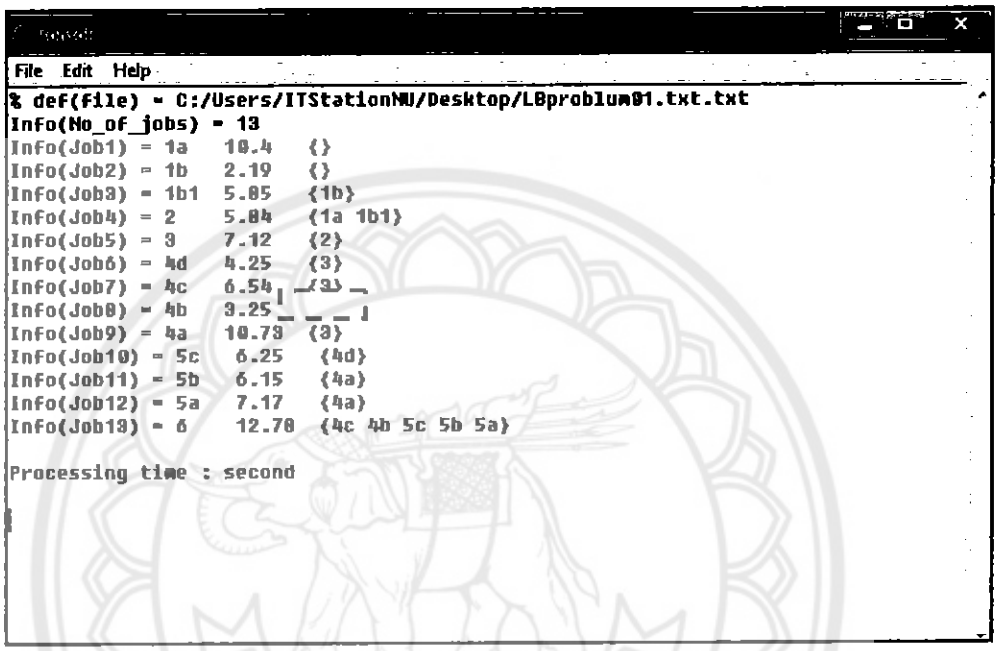
รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างของแฟ้มข้อมูลขาเข้าในส่วน Input

3.5.2 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

โดยในการรับค่าต่างๆของปัญหาเข้ามานั้น ในส่วนของโปรแกรมจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยมีการตรวจทั้งหมด 6 รูปแบบด้วยกัน ดังนี้

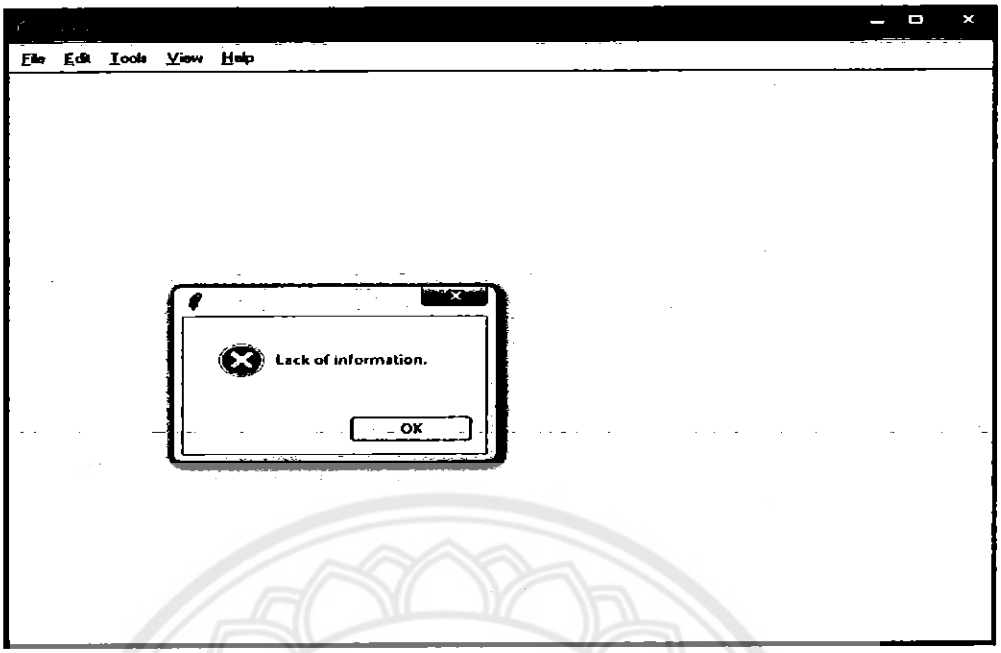
3.5.2.1 ตรวจสอบข้อมูลของปัญหา

เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่โหลดเข้ามานั้น ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกันคือ ชื่องาน (Jobs) เวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงาน (Processing Time) และงานก่อนหน้า (Precedence) ตามลำดับ โดยโปรแกรมจะทำงานก็ต่อเมื่อมีข้อมูลครบถ้วนตามจำนวนดังกล่าว ดังรูป 3.3 ถ้าข้อมูลไม่ครบ โปรแกรมจะอ่านข้อมูลได้ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อข้อมูลของปัญหาไม่ครบ

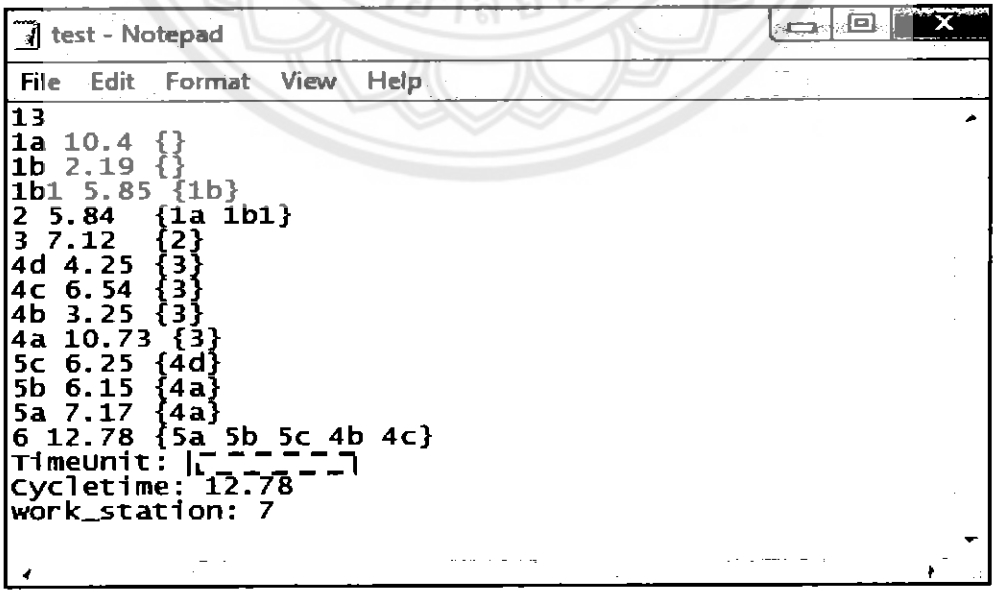
จากนั้นโปรแกรมจะปรากฏ Message Box ขึ้นมา เพื่อแจ้งเตือนว่าข้อมูลไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้หรือมีข้อมูลเกินตามจำนวนที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างของ Message Box แจ้งเตือนเมื่อข้อมูลไม่ครบ

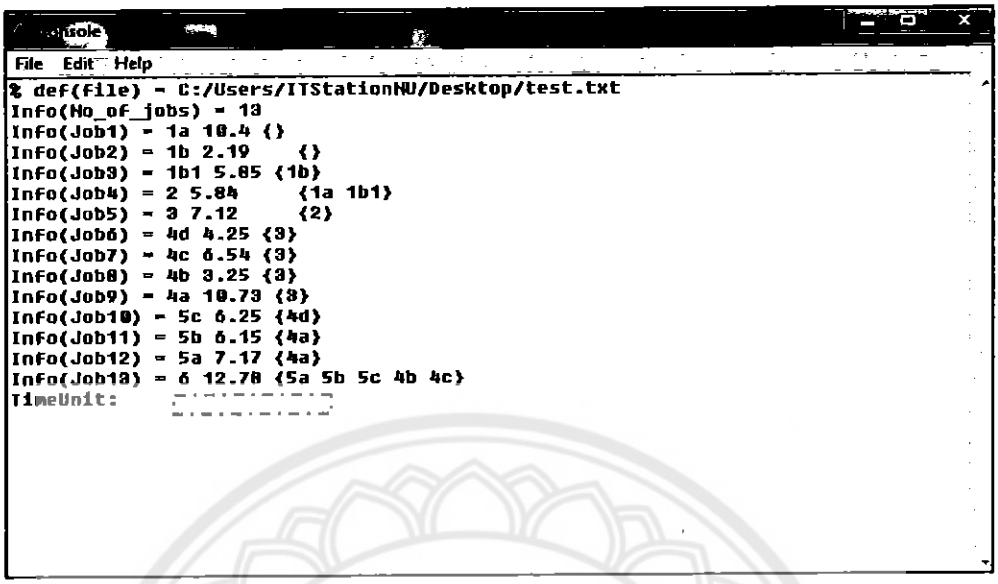
3.5.2.2 ตรวจสอบหน่วยของเวลาที่ใช้ (Time Unit)

ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบหน่วยของเวลางานที่ใช้ในแต่ละงาน โดยข้อมูลนั้นต้องกำหนดหน่วยของเวลาที่ใช้เป็นหน่วยเดียวกัน เช่นในตัวอย่างของปัญหาการประกอบโน้ตบุ๊ก ได้มีการกำหนดหน่วยของเวลาที่ใช้เป็นหน่วยวินาที (Second) ถ้าข้อมูลไม่ได้ระบุหน่วยเวลาที่ใช้ ดังรูปที่ 3.8



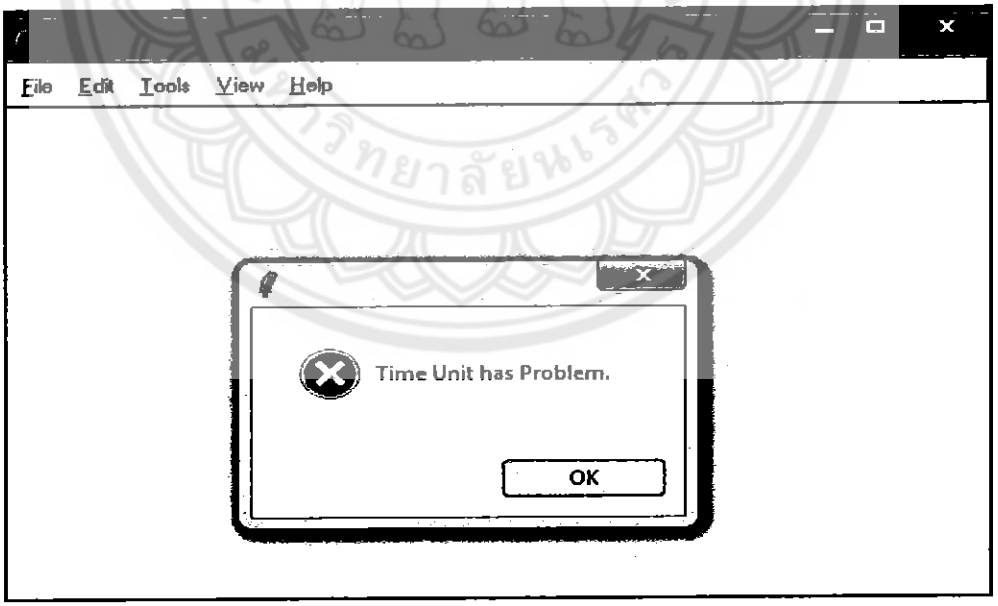
รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเมื่อไม่ได้ระบุหน่วยของเวลาที่ใช้

ถ้าไม่ได้ระบุหน่วยของเวลางานที่ใช้ โปรแกรมจะอ่านข้อมูลได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อไม่ได้ระบุหน่วยของเวลาที่ใช้มาให้

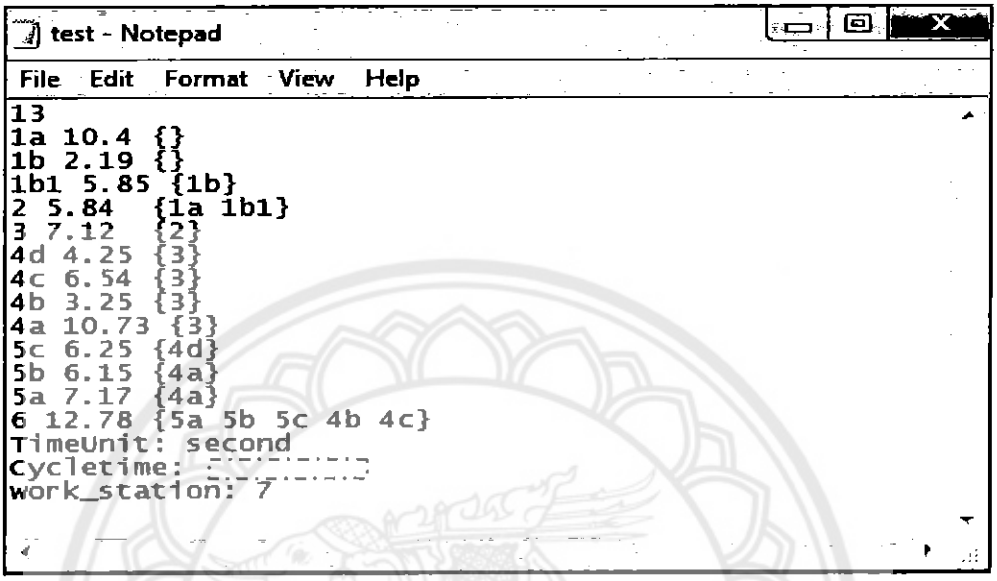
จะปรากฏ Message Box ขึ้นมา เพื่อแจ้งเตือนว่าหน่วยของเวลางานที่ใช้ไม่ได้กำหนดมาให้ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างของ Message Box แจ้งเตือนเมื่อไม่ได้ระบุหน่วยของเวลาที่ใช้

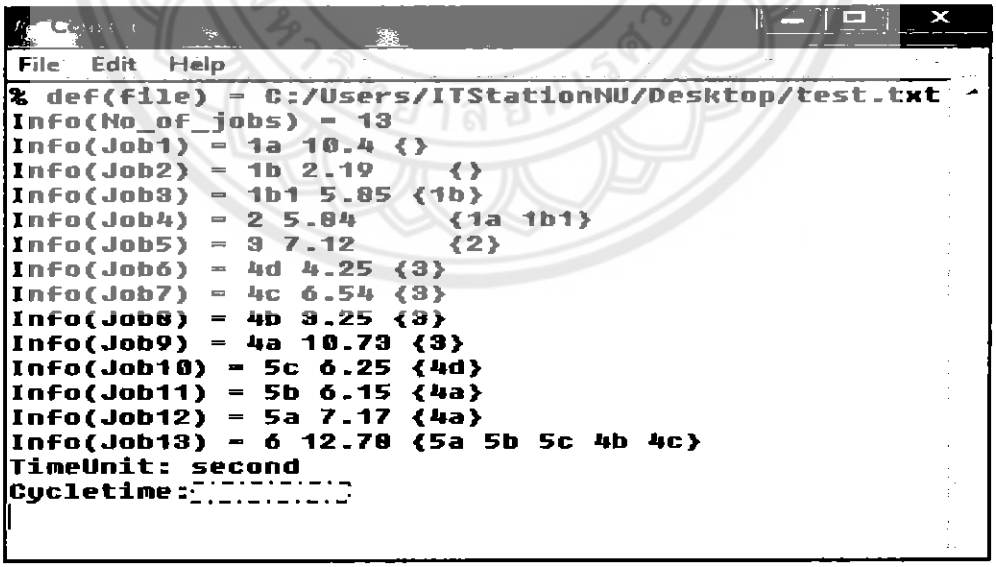
3.5.2.3 ตรวจสอบรอบการผลิต (Cycle Time)

ทำการตรวจสอบว่า ได้กำหนดรอบการผลิตมาให้หรือไม่ โดยข้อมูลต้องทำการกำหนดรอบการผลิตมาให้ ซึ่งถ้าไม่ได้กำหนดรอบการผลิตมาให้ ดังรูปที่ 3.11



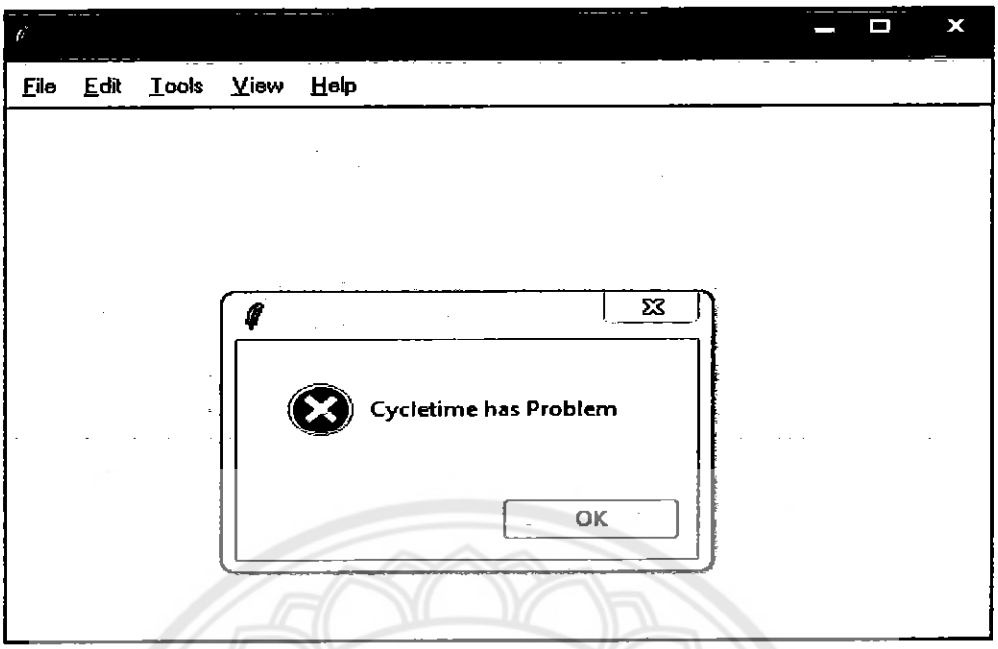
รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเมื่อไม่ได้ระบุรอบการผลิต

ถ้าไม่ได้ระบุรอบการผลิตมาให้ โปรแกรมจะอ่านข้อมูลได้ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อไม่ได้ระบุรอบการผลิตมาให้

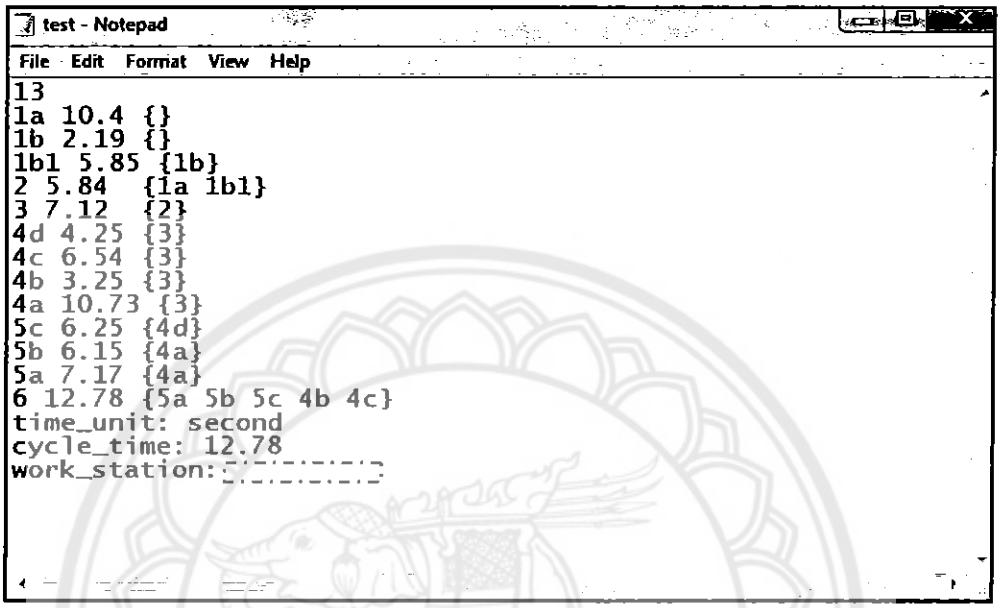
จะปรากฏ Message Box ขึ้นมา เพื่อแจ้งเตือนว่ารอบการผลิตไม่ได้กำหนดมาให้ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงตัวอย่างของ Message Box แจ้งเตือนเมื่อไม่ได้ระบุรอบการผลิต

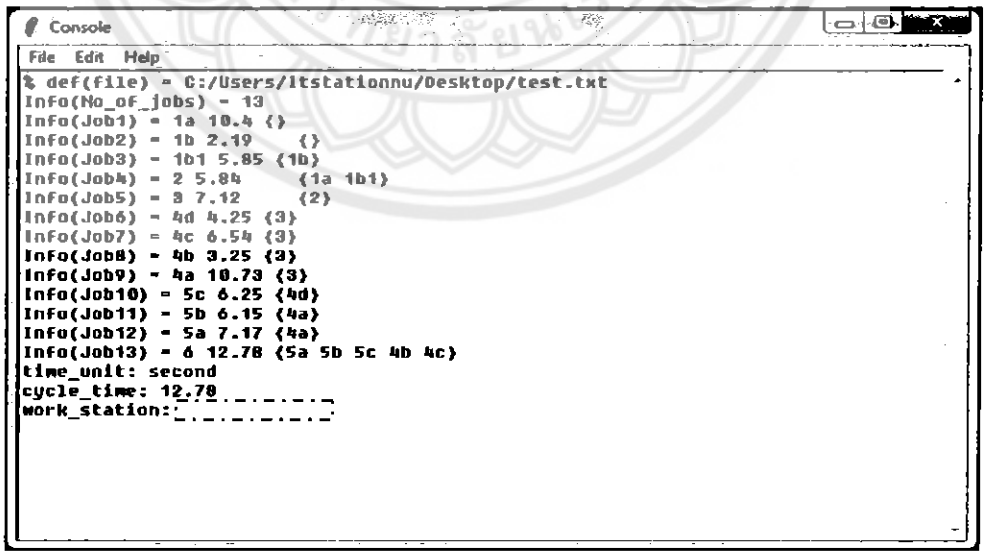
3.5.2.4 ตรวจสอบสถานีงาน (Work Station)

ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบการกำหนดสถานีงานมาให้หรือไม่ ซึ่งถ้าไม่ได้ระบุสถานีงานมาให้ ดังรูปที่ 3.14



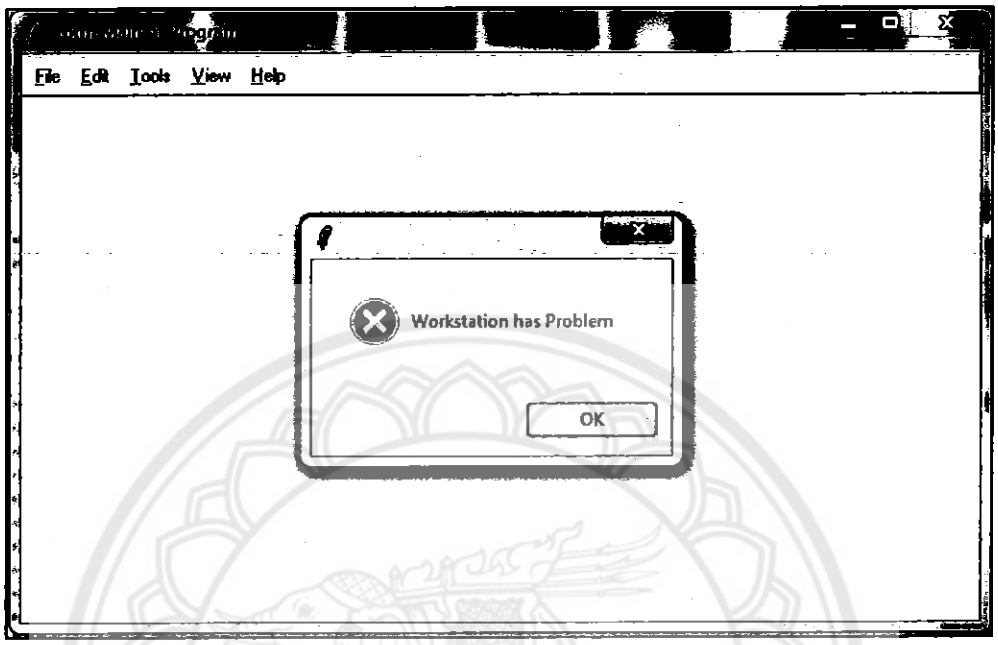
รูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเมื่อไม่ได้ระบุสถานีงาน

ถ้าไม่ได้ระบุสถานีงานมาให้ โปรแกรมจะอ่านข้อมูลได้ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อไม่ได้ระบุสถานีงานมาให้

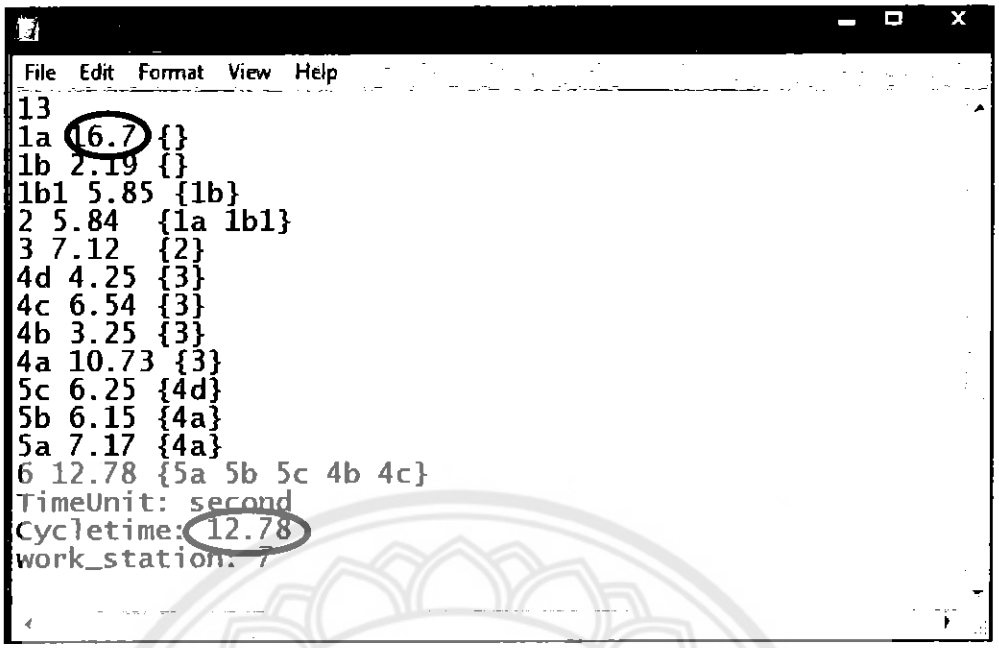
หลังจากนั้นจะปรากฏ Message Box ขึ้นมา เพื่อแจ้งเตือนว่าสถานีงานไม่ได้กำหนดมาให้ ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างของ Message Box แจ้งเตือนเมื่อไม่ได้ระบุสถานีงาน

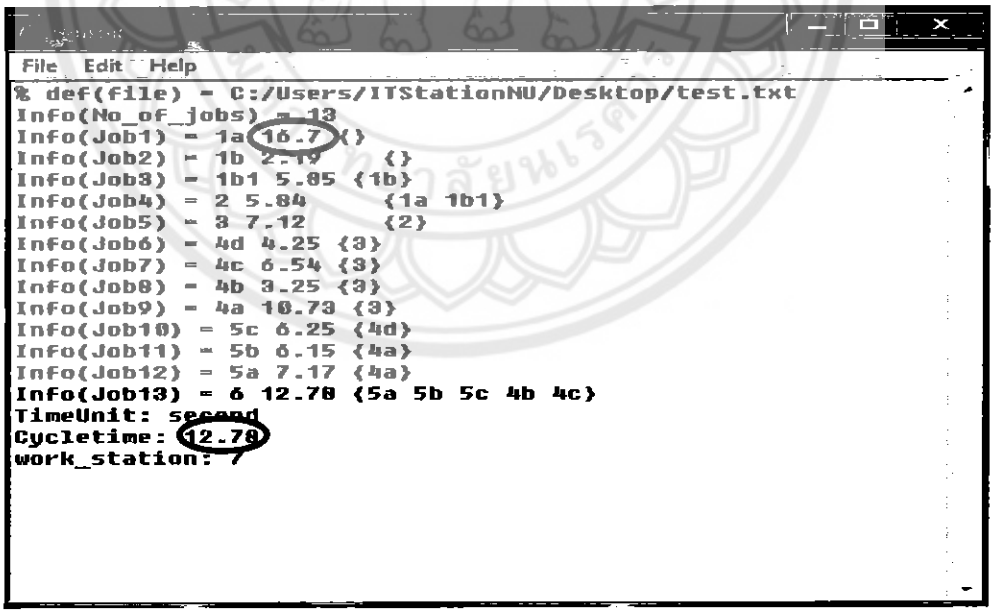
3.5.2.5 ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในแต่ละงาน (Processing Time)

ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบว่าเวลาที่ใช้ในแต่ละงาน มีเวลาไหนบ้างที่เกินรอบการผลิต ซึ่งจะทำการตรวจสอบเมื่อมีเวลาการรอบการผลิต ดังรูปที่ 3.17



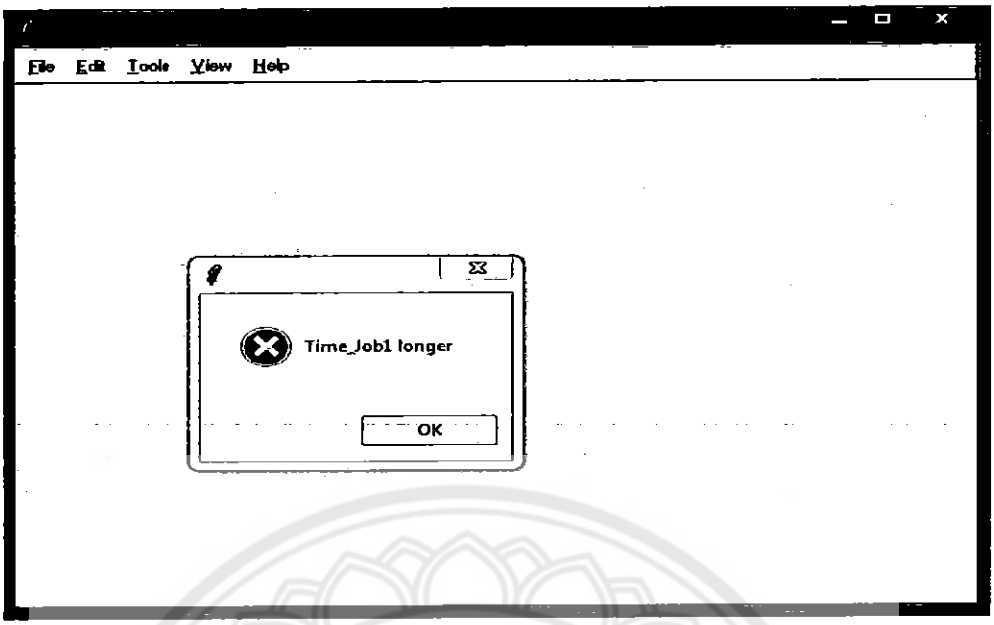
รูปที่ 3.17 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเมื่อเวลางานเกินรอบการผลิต

เมื่อทำการอ่านไฟล์ข้อมูล เมื่อมีเวลางานใดเกินรอบการผลิต โปรแกรมจะอ่านข้อมูลได้ ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงตัวอย่างการอ่านไฟล์เมื่อมีเวลางานเกินรอบการผลิต

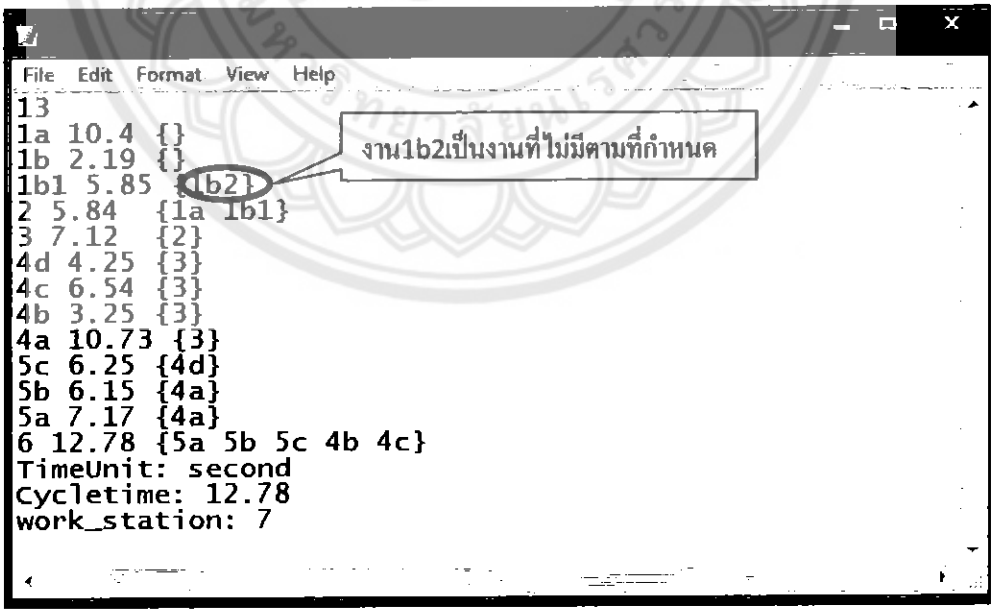
หลังจากนั้นจะปรากฏ Message Box ขึ้นมา เพื่อแจ้งเตือนว่ามีเวลางานเกินรอบการผลิต จารรูปจะเห็นได้ว่าเวลาของงานที่ 1 มีเวลางานที่เกินรอบการผลิต ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงตัวอย่างของ Message Box แจ้งเตือนเมื่อเวลาของงานที่1 เกินรอบการผลิต

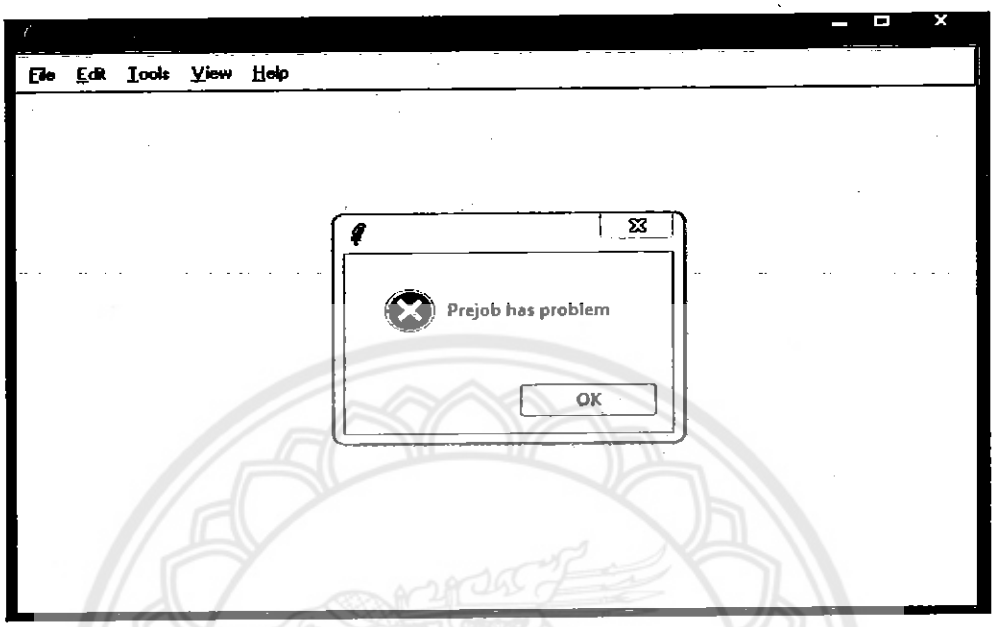
3.5.2.6 ตรวจสอบชื่อของแต่ละงาน (Jobs)

ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบว่า มีชื่องานใดบ้างที่ไม่ตรงกับชื่องานที่ได้ระบุไว้ ถ้าชื่องานใดที่ไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงรายชื่องานที่ไม่มีตามที่กำหนด

เมื่อมีชื่องานที่ไม่ตรงตามที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนทันที โดยจะปรากฏ Message Box ขึ้นมา เพื่อแจ้งเตือนว่ามีชื่องานที่ไม่ตรงกับที่กำหนด ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงตัวอย่างของ Message Box เมื่อมีชื่องานไม่ตรงตามกำหนด

3.5.3 การกำหนดรูปแบบของคำตอบ

รูปแบบของคำตอบจะถูกเก็บใน Array ของชื่อสถานีงานหรือเรียกว่า Frogs ซึ่งแทนด้วย Array 1 ชุด โดยแสดงรูปแบบของคำตอบดังรูปที่ 3.22

1a, 2a	2b, 3a	1b, 3b	4

รูปที่ 3.22 แสดงรูปแบบของคำตอบในรูปแบบของอาเรย์

3.5.4 การสร้างประชากรกบ (Frogs) เริ่มต้น

ทำการสร้างประชากรกบ (Frogs) เริ่มต้นขึ้นมา โดยที่กบหนึ่งตัวจะแทนค่าคำตอบของการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ในการสร้าง Frogs เริ่มต้นนั้น ใช้หลักการของการสุ่ม โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.5.4.1 ขั้นแรก เริ่มต้นจากการสร้างลิสขึ้นมา เพื่อเก็บงานก่อนหน้า

3.5.4.2 สุ่มเลือกงานที่ไม่มีงานก่อนหน้า จากในลิสต์ขึ้นมาทีละงาน แล้วนำไปจัดลงในสถานีงาน งานที่ถูกสุ่มเลือกขึ้นมาแล้วจะถูกลบออกจากลิสต์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการซ้ำกัน

3.5.4.3 เมื่อทำครบทุกขั้นตอนแล้ว ให้วนกลับไปทำตั้งแต่ขั้นตอนแรกใหม่ จนได้ Frogs ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้

3.5.5 การประเมินค่าความเหมาะสมของกบแต่ละตัว

ทำการประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) ในขั้นตอนนี้จะทำการประเมินค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ได้ ซึ่งในขั้นตอนการประเมินค่าความเหมาะสมนี้จะทำการประเมินโดยการทำให้มีค่ามากที่สุด ซึ่งมีอยู่ 3 ประการ ดังนี้

3.5.5.1 ค่าความแปรปรวนของภาระงาน (Workload Variance)

$$WV = \frac{\sum_{i=1}^{m}(T_i - (\frac{W_o}{m}))^2}{m} \qquad (3.1)$$

โดย WV = ความแปรปรวนของภาระงาน (Workload Variance)

T_i = เวลาทำงานของสถานีที่ i

W_o = เวลาทำงานรวมของงาน

m = จำนวนสถานีงาน

3.5.5.2 เวลาว่างงานรวม (Total Idle Time)

$$\text{Total Idle Time} = \sum_{i=1}^{m}(C - T_i) \qquad (3.2)$$

โดย C = รอบการผลิต (Cycle Time)

3.5.5.3 จำนวนสถานีงาน (Workstation: m)

จำนวนสถานีงาน (m) นั้น จะได้ค่าจากการถอดรหัสคำตอบอยู่แล้ว

จุดมุ่งหมายในการจัดสมดุลสายงานการประกอบทั้ง 3 ประการที่กล่าวไว้เบื้องต้นจะอยู่ในรูปแบบการหาค่าต่ำสุด จึงต้องแปลงค่าให้เป็นค่าสูงสุด เพื่อทำการคำนวณหาค่าฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Fitness Function) ซึ่งจะบ่งบอกถึงคำตอบใดที่ค่า Fitness Function ที่สูงที่สุด แสดงว่าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุด โดยสมการที่นำมาใช้ในการประเมินค่าความเหมาะสมของคำตอบนี้ ได้อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ คนสัน พิมลยรรยง (2551) ดังสมการต่อไปนี้

$$f(K)_{WV} = \frac{1}{WV_K} \tag{3.3}$$

$$f(K)_{Idle} = \frac{1}{Idle_K} \tag{3.4}$$

$$f(K)_m = \frac{1}{m_K} \tag{3.5}$$

การประมาณค่าคำตอบที่มีจุดมุ่งหมายในการจัดสมดุลสายงานการประกอบหลายประการ สามารถทำได้โดยการใช้มาตรวัดประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (Performance measure for Assembly Line Balancing) ซึ่งจะต้องรวม Fitness Function ทั้ง 3 ประการ (สมการที่ 3.3 – 3.5) ให้เป็นค่าเดียว ซึ่งจะรวมไว้แบบสมการเส้นตรง โดยมีค่าน้ำหนักของ Fitness Function ย่อยแต่ละตัวเป็นสัมประสิทธิ์ (ω_1, ω_2, ω_3) ดังสมการที่ 3.6

$$F(K) = \omega_1 f(K)_{WV} + \omega_2 f(K)_{Idle} + \omega_3 f(K)_m \tag{3.6}$$

สมการที่ 3.6 คือสมการมาตรวัดประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ซึ่งเป็นการรวม Fitness Function ทั้ง 3 ประการไว้เป็นค่าเดียว แต่เนื่องจากว่าในแต่ละ Fitness Function นั้น มีหน่วยที่แตกต่างกัน จึงจะต้องทำการแปลงหน่วยให้เป็นหน่วยเดียวกันเสียก่อน โดยจะนำหลักของการหาขนาดของเวคเตอร์ 3 มิติมาใช้ โดยกำหนด Fitness Function รวมเป็นเวคเตอร์ 3 มิติ และทำการหาขนาดของเวคเตอร์ ดังสมการที่ 3.7 และ 3.8

$$\overrightarrow{F(K)} = [\omega_1 f(K)_{WV}]\hat{i} + [\omega_2 f(K)_{Idle}]\hat{j} + [\omega_3 f(K)_m]\hat{k} \tag{3.7}$$

โดยที่ i, j, k คือ เวคเตอร์ตามแนวแกน x, y, z ตามลำดับ ดังนั้น Fitness Function จะมีค่าเท่ากับ

$$\left|\overrightarrow{F(K)}\right| = \sqrt{(\omega_1 \times f(K)_{WV})^2 + (\omega_2 \times f(K)_{Idle})^2 + (\omega_3 \times f(K)_m)^2} \tag{3.8}$$

3.5.6 การปรับปรุงค่าคำตอบ

ในขั้นตอนการปรับปรุงค่าคำตอบของกบแต่ละตัว จะใช้เทคนิคการปรับปรุง 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ วิธี Swap Operator (SO) และวิธี Adjustment Operator (AO) โดยเทคนิคทั้งสองเทคนิคนี้เป็นการกระทำบนผลเฉลย เพื่อให้เกิดผลเฉลยใหม่ขึ้นมา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.6.1 Swap Operator (SO)

เป็นวิธีการปรับปรุงค่าคำตอบของกบโดยการสลับตำแหน่งของงานในแต่ละสถานีงานที่ต้องการได้เลย ตัวอย่างเช่น ผลเฉลยที่ได้มีค่าเท่ากับ {1, 2, 3, 4, 5, 6} และค่าที่ต้องการปรับปรุงคือ {1, 3, 2, 6, 5, 4} ต้องทำการสลับตำแหน่งในตำแหน่งที่ 2 กับตำแหน่งที่ 3 นั่นคือ สลับงานที่ 2 กับ 3 จะได้ SO (2,3) = {1, 2, 3, 6, 5, 4} และทำการสลับตำแหน่งที่ 4 กับตำแหน่งที่ 6 นั่นคือ สลับงานที่ 6 กับงานที่ 4 จะได้ SO (4,6) = {1, 2, 3, 4, 5, 6} เป็นต้น

3.5.6.2 Adjustment Operator (AO)

เป็นการปรับปรุงค่าคำตอบโดยการนำงานที่ต้องการปรับปรุงมาแทนที่ในตำแหน่งที่ต้องการ แล้วทำการเลื่อนตำแหน่งของงานที่อยู่ถัดไปไปทางขวามือ ตัวอย่างเช่น ผลเฉลยที่ได้มีค่าเท่ากับ {1, 2, 3, 4, 5, 6} และค่าที่ต้องการปรับปรุงคือ {1, 3, 2, 6, 5, 4} ต้องการสลับตำแหน่งของงาน 2 ให้มาแทนที่งาน 3 นั่นคือ ต้องสลับให้ตำแหน่งที่ 3 มาอยู่แทนที่ตำแหน่งที่ 2 จะได้ AO (3,2) = {1, 2, 3, 6, 5, 4} สลับตำแหน่งของงาน 4 กับงาน 6 นั่นคือ ต้องสลับให้ตำแหน่งที่ 6 มาอยู่แทนที่ตำแหน่งที่ 4 จะได้ ได้ AO (6,4) = {1, 2, 3, 4, 6, 5} และสลับตำแหน่งของงาน 5 กับงาน 6 นั่นคือ ต้องสลับให้ตำแหน่งที่ 6 มาอยู่แทนที่ตำแหน่งที่ 5 จะได้ ได้ AO (6,5) = {1, 2, 3, 4, 5, 6} เป็นต้น

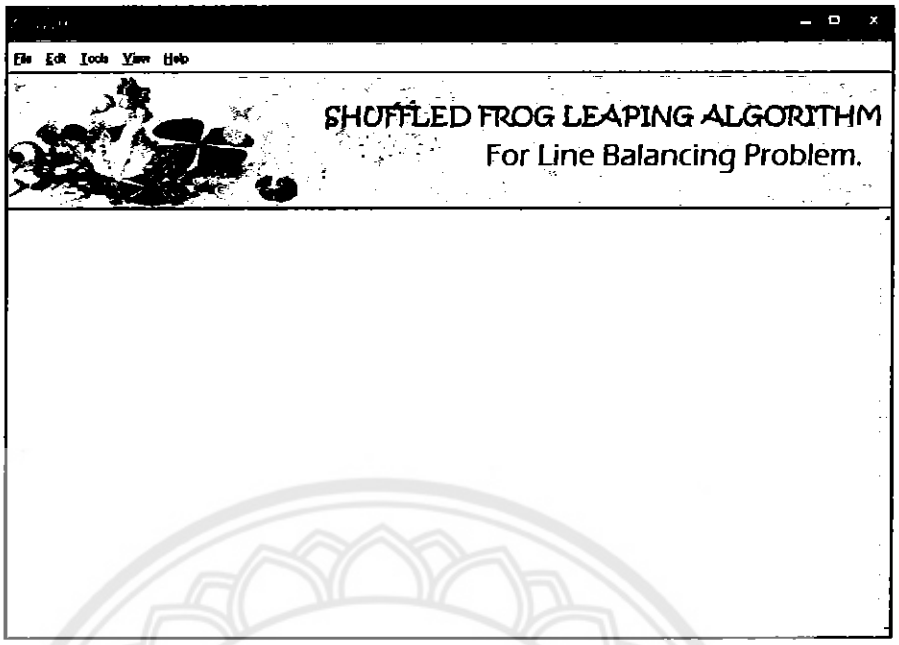
3.5.7 การตรวจเงื่อนไขและหยุดการทำงาน (Termination)

กำหนดให้ SFL หยุดการทำงานก็ต่อเมื่อมีการทำงานครบตามจำนวนรอบ (Number of Iterations) ที่ได้กำหนดไว้ ถ้าหากยังทำงานยังไม่ครบตามจำนวนรอบที่กำหนด ก็จะทำการวนกลับไปปรับปรุงค่าคำตอบ เพื่อหาตำแหน่งหรือค่าคำตอบ (Update Position) ในรอบถัดไป

3.6 พัฒนาโปรแกรม

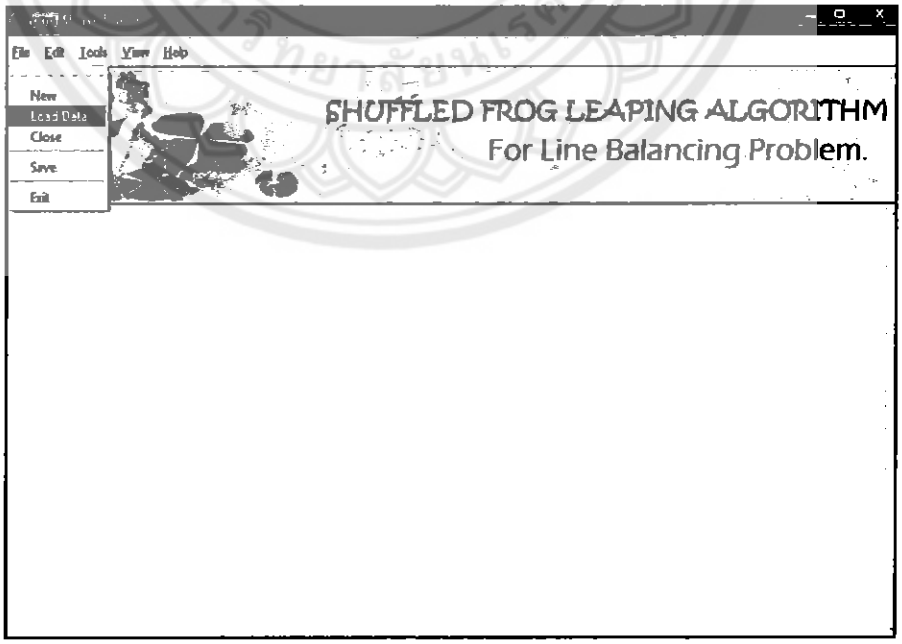
โปรแกรมถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยโปรแกรม Tcl and the Tk เวอร์ชั่น 8.4 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถจัดการในส่วนของการติดต่อสำหรับผู้ใช้ (Graphic User Interface) ได้ดี โดยมีลักษณะดังนี้

3.6.1 เมื่อมีการเรียกใช้งานโปรแกรม จะปรากฏหน้าจอแรกของโปรแกรม ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกทำงานโดยใช้เมนูหลัก ดังรูปที่ 3.23

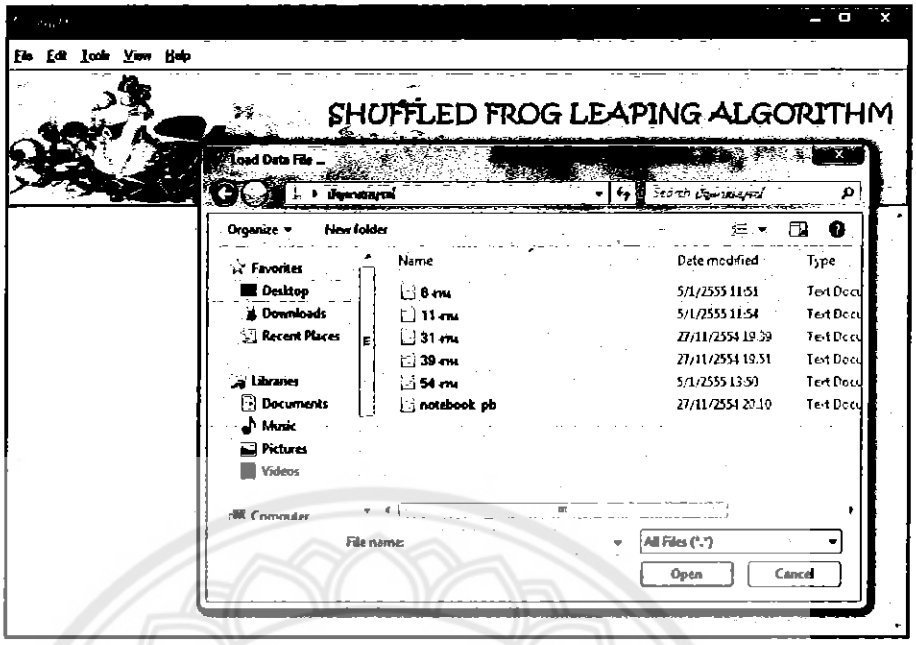


รูปที่ 3.23 แสดงส่วนของหน้าจอแรกของโปรแกรม

3.6.2 กรณีที่ต้องการโหลดแฟ้มข้อมูลนำเข้า (Input Files) เพื่อทำการประมวลผล โดยทำการคลิกที่คำสั่ง Files เลือก Load Data จากนั้นเลือกชนิดของข้อมูลนำเข้า ดังรูปที่ 3.24 และ รูปที่ 3.25

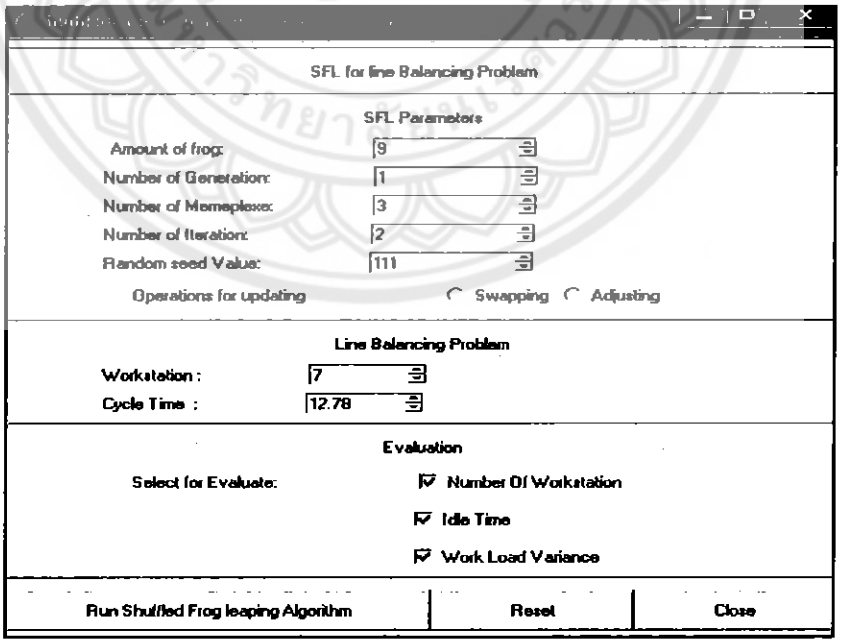


รูปที่ 3.24 แสดงตัวอย่างการโหลดแฟ้มข้อมูลนำเข้า



รูปที่ 3.25 แสดงตัวอย่างการเลือกปัญหาจากแฟ้มข้อมูลนำเข้า

3.6.3 เมื่อทำการโหลดแฟ้มข้อมูลนำเข้าเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการคลิกที่เมนูบาร์คำสั่ง Tools แล้วกดเลือกโปรแกรม SFL for Line Balancing Problem ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างหน้าจอหลักของโปรแกรมขึ้นมา ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ตัวอย่างหน้าจอหลักของโปรแกรม

จากรูปที่ 3.26 หน้าจอหลักของโปรแกรมสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.6.3.1 ส่วนของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม ค่าพารามิเตอร์ต่างที่จำเป็นในการถูกกำหนดเพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแต่ละพารามิเตอร์มีการอธิบายได้ดังนี้

3.6.3.1.1 จำนวนกบ (Amount of frog: F) หรือจำนวนคำตอบ การกำหนดค่าต้องทำการกำหนดให้เป็นจำนวนเต็มบวก

3.6.3.1.2 จำนวนรุ่นของประชากร (Number of Generations: G) การกำหนดค่านี้เพื่อแสดงถึงจำนวนรุ่นที่จะให้กบหาคำตอบ และทำให้ทราบจำนวนรอบการทำงานของโปรแกรม ค่าที่ถูกกำหนดต้องเป็นเลขจำนวนเต็มบวก

3.6.3.1.3 จำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (Number of Memeplex: M) การกำหนดค่านี้แสดงถึงจำนวนที่ใช้ในการจัดกบหรือคำตอบเพื่อใช้ในการปรับปรุงกบ ค่าที่ถูกกำหนดต้องเป็นเลขจำนวนเต็มบวก

3.6.3.1.4 จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) การกำหนดค่านี้แสดงถึงจำนวนรอบในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกบ โดยค่าที่กำหนดต้องเป็นจำนวนเต็มบวก

3.6.3.1.5 กระบวนการปรับปรุงผลเฉลย มี 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 Swap Operator และวิธีที่ 2 Adjustment Operator

3.6.3.2 ส่วนของกำหนดปัญหา ในส่วนนี้จะเป็นการกำหนดจำนวนสถานีงานที่เป็นไปได้ และรอบการผลิตของปัญหานั้นๆ

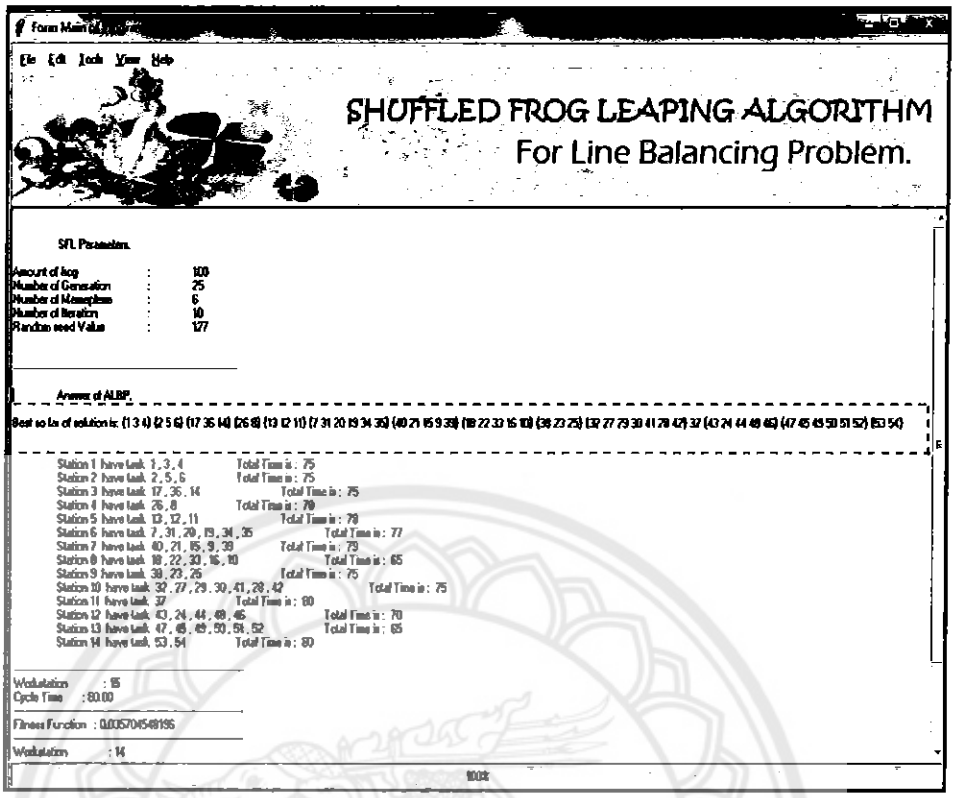
3.6.3.3 ส่วนของปุ่มคำสั่งต่างๆในการสั่งทำงานของโปรแกรม ปุ่มคำสั่งต่างๆ มีไว้เพื่อสั่งการทำงานของโปรแกรม ซึ่งในส่วนนี้มีปุ่มคำสั่งอยู่ 3 ปุ่ม คือ

3.6.3.3.1 ปุ่มรันชัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (Run Shuffled Frog Leaping Algorithm) ปุ่มนี้มีไว้เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำการประมวลผลเพื่อหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ตามที่มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆไว้

3.6.3.3.2 ปุ่มตั้งค่าใหม่ (Reset) มีไว้เพื่อทำการยกเลิกค่าพารามิเตอร์เดิมที่มีการกำหนดไว้ แล้วทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใหม่อีกครั้งตามต้องการ

3.6.3.3.3 ปุ่มออกจากโปรแกรม (Close) มีไว้เพื่อต้องการเลิกการใช้งานโปรแกรม

เมื่อทำการคลิกที่ปุ่ม Run Shuffled Frog Leaping Algorithm โปรแกรมจะทำการประมวลผลเพื่อหาค่าคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ พร้อมทั้งบอกว่าสถานีงานใดประกอบด้วยงานไหนบ้าง และบอกถึงค่าความเหมาะสม (Fitness Function) จำนวนสถานีงาน (Workstation) เวลาว่างงานรวม (Idle Time) และความแปรปรวนของงาน (Workload Variance) ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 แสดงตัวอย่างของการจัดสมดุลสายงานการประกอบที่ได้จากการประมวล**ผลขอโปรแกรม**

โปรแกรมจะแสดงการจัดสมดุลสายงานการประกอบที่ได้จากการ**ประมวลผลของ**กบตัว**ที่ดีที่สุด** (Xg) และสามารถจัดเก็บข้อมูล โดยคลิกที่ File →Save

3.7 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

ในการที่จะได้คำตอบจากการใช้ SFLA มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ค่าคำ**ตอบที่ดีที่สุดนั้น จำเป็น**ต้องมีการกำหนดค่าที่มีความเหมาะสมให้กับ SFLA ซึ่งต้องมีการออกแบบการ**ทดลองเสียก่อน เป็น**ขั้นตอนการออกแบบการทดลองที่ต้องการเลือกใช้ค่าต่างๆที่เท่าใดจากที่กำหนด**ไว้ การกำหนด ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของ SFLA ควรกำหนดไว้ที่เท่าใดจึงจะส่งผลต่อผลลัพธ์ของคำตอบให้ได้ค่าที่ เหมาะสม ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทถัดไป**

3.8 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

หลังจากที่ได้ออกแบบการทดลองแล้ว จากนั้นจึงทำการรันโปรแกรมเพื่อประมวลผลหาค่า คำตอบตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ จากนั้นจะทำการรวบรวมคำตอบที่ได้ไปวิเคราะห์ผล การทดลองในลำดับต่อไปทั้งนี้ได้ใช้ตัวอย่างปัญหาดังตัวอย่างที่ได้กล่าวไว้ในการทดสอบการทำงาน

3.9 วิเคราะห์ผลการทดลองของโปรแกรม

เมื่อทำการทดลองเรียบร้อยแล้ว จึงนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักการทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ จากนั้นจะทำการเลือกค่าที่เหมาะสมและนำค่าเหล่านั้นไปรันโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งรายละเอียดต่างๆ จะได้กล่าวถึงในบทถัดไป

3.10 สรุปผลการทดลอง

ขั้นตอนนี้จะทำการสรุปผลของการเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมของ SFLA ที่ได้จากวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ก่อให้เกิดความรู้อะไรใหม่ๆบ้าง พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยต่อไปในอนาคต ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทสุดท้าย

3.11 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการทดลองและนำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักสถิติ การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนที่ 1 ส่วนของการทดลองเพื่อศึกษาว่าปัจจัยใดที่มีผลกระทบต่อการทำงานของวิธีการซัฟเฟิลฟร็อกลิปปิงอัลกอริทึม (SFLA) ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ และส่วนที่ 2 คือ ส่วนของการศึกษาและทดสอบเพื่อทำการเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงผลเฉลยของวิธีการ SFL ระหว่างวิธี Swap Operator (SO) และวิธี Adjustment Operator (AO) ซึ่งผลการทดลองทั้ง 2 ส่วนที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ และทำการอภิปรายผลต่อไป

4.1 การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาผลกระทบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่อประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการ SFL

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่มีผลต่อการทำงานของวิธีการ SFLA ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลยทั้ง 2 วิธีคือ วิธี Swap Operator (SO) และวิธี Adjustment Operator (AO) โดยใช้หลักการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^K ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวได้ถูกกล่าวไว้ในบทที่ 2 เพื่อการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ โดยทำการทดสอบกับปัญหาทั้ง 6 ขนาด โดยมีปัจจัยที่พิจารณา 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) ปัจจัยที่ 2 จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) และปัจจัยที่ 3 จำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (Number of Memeplex: M) ซึ่งจะมีการทำซ้ำ 5 ครั้ง โดยการใช้หมายเลขในการสุ่ม (Random Seed Number) ที่แตกต่างกัน คือ 111, 222, 333, 444 และ 555 ซึ่งการทดลองที่ 1 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงรายละเอียดในการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1	รายละเอียด
การทดลองที่ 1.1	การทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของ SFL (SO)
การทดลองที่ 1.2	การทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของ SFL (AO)

4.1.1 การออกแบบการทดลองที่ 1

ปัจจัยที่นำมาศึกษาในการทดลองนี้ได้อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ ธนภัทร เอี่ยมตาล (2553) ซึ่งมีทั้งหมด 3 ปัจจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปัจจัยที่ 1 คือ จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) เนื่องจากต้องการที่จะควบคุมจำนวนการค้นหาคำตอบให้มีค่าเท่ากัน จึงต้องนำค่า F มาคูณกับค่า G และในการกำหนดจำนวนประชากรกบนั้นสามารถที่จะกำหนดไว้ที่เท่าใดก็ได้ โดยยิ่งมีจำนวนประชากรกบมากยิ่งดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของโปรแกรมที่ใช้ทำการทดสอบ ซึ่งในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้กำหนดจำนวนประชากรกบไว้ที่ 2,500 ตัว ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 100*25, 50*50 และ 25*100 ตามลำดับ

ปัจจัยที่ 2 คือ จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) โดยอ้างอิงมาจากงานวิจัยของ สุภัคกานดา ชมพูมิ่ง (2552) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 ตามลำดับ

ปัจจัยที่ 3 คือ จำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (Number of Memeplex: M) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ โดยค่าระดับกลางนั้นได้อ้างอิงมาจากการทบทวนวรรณกรรมของ Amiri, et al., (2007) และเพื่อให้การทดลองเป็นไปอย่างครอบคลุม จึงได้กำหนดค่าระดับที่ต่ำและสูงกว่าค่าระดับกลาง คำนวณได้จากค่าระดับกลางลบด้วยหนึ่ง และบวกด้วยหนึ่งตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงปัจจัยที่นำมาพิจารณาสำหรับการทดลองที่ 1

ปัจจัย	ระดับ (Levels)	ค่า (Values)		
		ต่ำ (-1)	กลาง (0)	สูง (1)
จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร(FG)	3	100*25	50*50	25*100
จำนวนรอบในการปรับปรุง (I)	3	10	50	90
จำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M)	3	4	5	6

จากปัจจัย (Factors) และระดับ (Levels) ที่ใช้ในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสมบูรณ์ (Full Factorial Design) โดยทำการรันทั้งสิ้น 3^3 เท่ากับ 27 รัน มีการทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง (Replication) โดยการใช้หมายเลขในการสุ่ม (Random Seed Number) ที่แตกต่างกัน คือ 111, 222, 333, 444 และ 555 และมีการจำแนกการปรับปรุงผลเฉลย 2 วิธี ทั้งนี้มีจำนวนปัญหาทั้งหมด 6 ปัญหา ดังนั้นจำนวนในการรันทดสอบทั้งหมดจึงเป็น 270x6 เท่ากับ1620 การทดลอง (รัน)

ผลจากการทดลองที่ได้จากทั้ง 2 วิธีถูกนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ซึ่งหลักเกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การแยกความแปรปรวนหรือความคลาดเคลื่อนของข้อมูลทั้งหมดออกเป็นส่วนๆ โดยแบ่งตาม

แหล่งกำเนิดของความคลาดเคลื่อนนั้น โดยตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นประกอบด้วย แหล่งความแปรปรวน (Source) ระดับความเป็นอิสระ (Degree of Freedom: DF) ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square: SS) ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square: MS) ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาใน F-Distribution (F) และค่าความน่าจะเป็น (Probability: P) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

4.1.2 ผลการทดลองที่ 1.1 การทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค Swap Operator (SO)

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองจะใช้โปรแกรมประยุกต์ทางสถิติ คือ โปรแกรม Minitab เวอร์ชั่น 14 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในรูปแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (General Linear Model) เพื่ออธิบายถึงผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) จากการรันทดสอบด้วยวิธีการ SFL เทคนิค SO ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3 (รายละเอียดเพิ่มเติมของตาราง ANOVA ในแต่ละปัญหาสามารถดูได้จากภาคผนวก)

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการ SFL (SO) ของทุกปัญหา

		FG	I	M	FG*I	FG*M	I*M	FG*I*M
6	F	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P
งาน	P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P
11	F	4.59	0.01	0.22	0.01	0.26	0.01	0.01
งาน	P	0.012*	0.991	0.806	1.000	0.906	1.000	1.000
13	F	11.88	0.14	0.14	0.27	0.06	0.07	0.10
งาน	P	0.000*	0.866	0.866	0.898	0.993	0.992	0.999
31	F	24.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
งาน	P	0.000*	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
39	F	1.38	0.09	0.80	0.16	0.72	0.06	0.09
งาน	P	0.256	0.912	0.450	0.960	0.583	0.992	0.999
54	F	6.35	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.01
งาน	P	0.002*	0.999	0.964	1.000	1.000	1.000	1.000

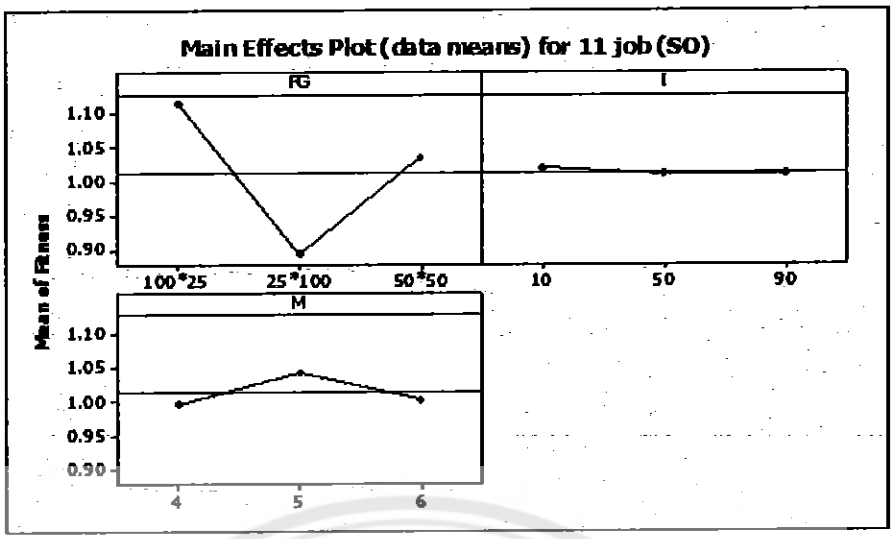
หมายเหตุ: * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, N/P หมายถึง Not - Applicable

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาค่า P ในทุกปัญหาแล้ว พบว่า กรณีปัญหาขนาด 6 งาน เมื่อรันทดสอบด้วยวิธีการ SFL เทคนิค SO พบว่าคำตอบที่ได้มีค่าเท่ากันทุกค่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากขนาดของปัญหามีขนาดเล็กเกินไป จึงทำให้ไม่มีความแปรปรวนของคำตอบ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยของพารามิเตอร์ของวิธีการ SFL ไม่มีผลใดๆ ต่อค่าคำตอบที่เหมาะสมหรือค่า Fitness Function ดังนั้นจึงได้กำหนดให้มีการใช้ค่าระดับพารามิเตอร์ทุกตัวเป็นระดับใดก็ได้

ในกรณีปัญหาขนาด 11 งาน 13 งาน, 31 งาน และ 54 งาน พบว่า จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (FG) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค SO ส่วนค่าจำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และค่าจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) พบว่าค่า P มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ค่า P ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น

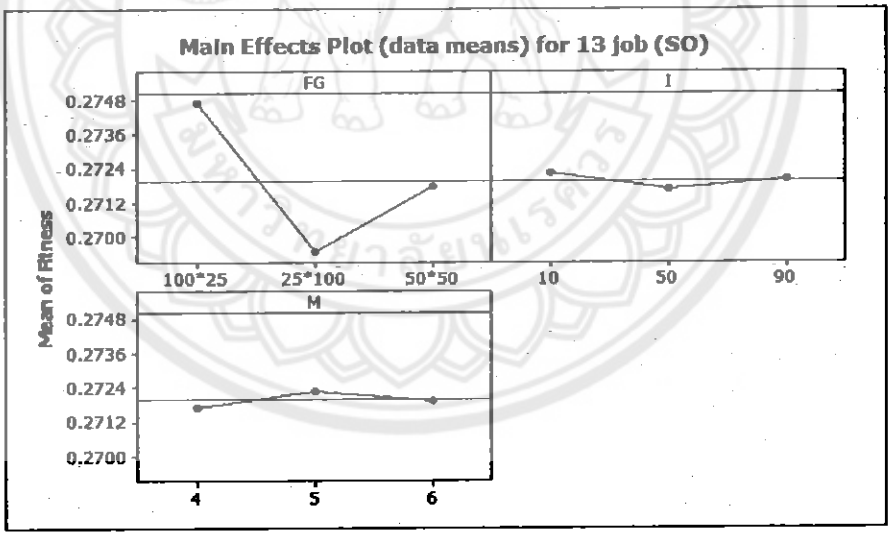
ในกรณีปัญหาขนาด 39 งาน จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (FG) จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) พบว่าค่า P มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ที่กำหนด ซึ่งหมายความว่าปัจจัยนี้ไม่มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค SO ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ค่า P ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น

ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยนั้นๆ จะต้องมีการสร้างกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งได้แก่ จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (FG) จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) โดยจะกำหนดค่าที่จุดสูงสุดของกราฟ ซึ่งรายละเอียดของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแต่ละปัญหามีรายละเอียดดังต่อนี้



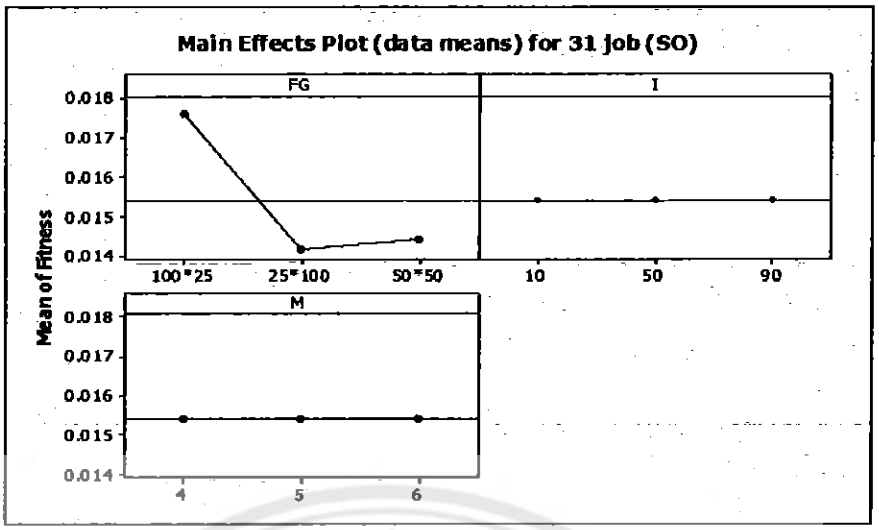
รูปที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 11 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Swap Operator (SO)

จากรูปที่ 4.1 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 10 ส่วนค่าและค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 5



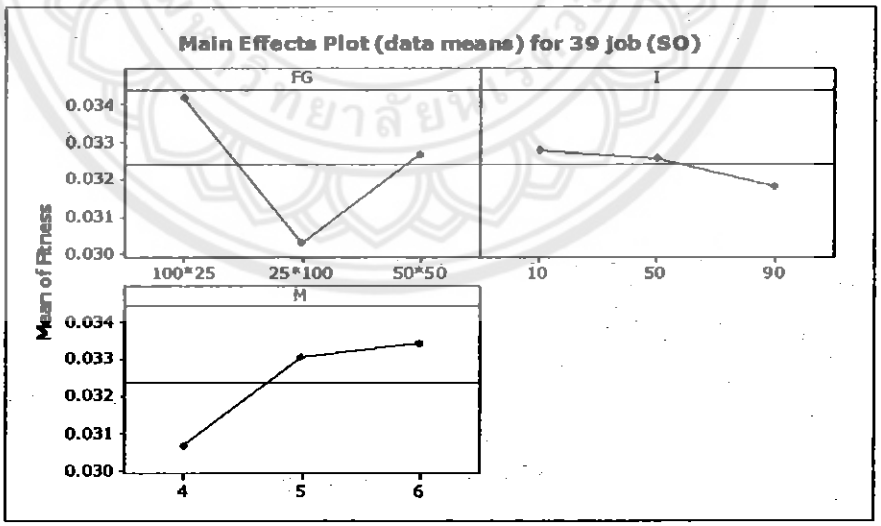
รูปที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 13 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Swap Operator (SO)

จากรูปที่ 4.2 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 10 ส่วนค่าและค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 5



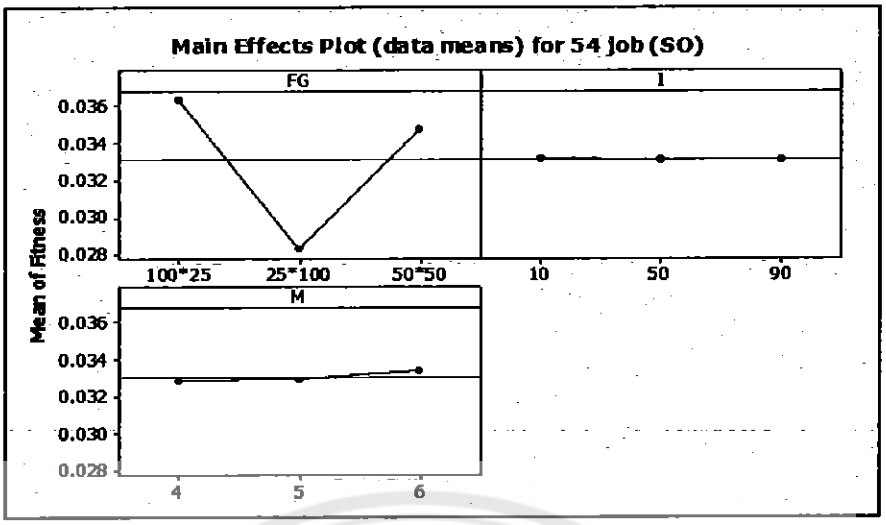
รูปที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 31 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Swap Operator (SO)

จากรูปที่ 4.3 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I นั้นอยู่ในระดับที่เท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถเลือกที่จุดใดก็ได้ ซึ่งผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 10 ส่วนค่าและค่าพารามิเตอร์ M อยู่ในระดับที่เท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถเลือกที่จุดใดก็ได้ ซึ่งผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 5



รูปที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 39 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Swap Operator (SO)

จากรูปที่ 4.4 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 10 ส่วนค่าและค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 6



รูปที่ 4.5 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 54 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Swap Operator (SO)

จากรูปที่ 4.5 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 10 และค่าพารามิเตอร์ มีค่าเท่ากับ 6

จากค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น ซึ่งได้แสดงผลจากกราฟไว้ในภาคผนวก ช.

จากกราฟ Main Effect Plot ได้แสดงให้เห็นถึงการกำหนดค่าที่เหมาะสมในระดับของปัจจัยที่ศึกษา นั่นคือ ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ซึ่งสามารถกำหนดค่าที่เหมาะสมได้ดังสรุปในตารางที่ 4.4 ส่วนหมายเลขในการสุ่ม (Random Seed Number) นั้นจัดว่าเป็นปัจจัยรบกวนในกระบวนการสุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้ แต่จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค SO ได้

ตารางที่ 4.4 ตารางสรุปค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค SO ที่ได้จากทุกปัญหา

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสม					
	6 งาน	11 งาน	13 งาน	31 งาน	39 งาน	54 งาน
จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (FG)	Any	100*25	100*25	100*25	100*25	100*25
จำนวนรอบในการปรับปรุง (I)	Any	10	10	10	10	10
จำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M)	Any	5	5	5	6	6

หมายเหตุ: Any หมายถึง ค่าพารามิเตอร์สามารถกำหนดค่าเท่าไรก็ได้ ในช่วงค่าที่ศึกษา

4.1.3 ผลการทดลองที่ 1.2 การทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค Adjustment operator (AO)

การวิเคราะห์ผลการทดลองนี้ จะใช้โปรแกรมประยุกต์ทางด้านสถิติ ได้แก่ โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 14 เช่นเดียวกันกับในการทดลองที่ 1.1 และจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในรูปแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (General Linear Model) เพื่ออธิบายถึงผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) จากการรันทดสอบด้วยวิธีการ SFL เทคนิค AO ได้ผลออกมาดังตารางที่ 4.5 (รายละเอียดเพิ่มเติมของตาราง ANOVA ในแต่ละปัญหาสามารถดูได้จากภาคผนวก)

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการ SFL (AO) ของทุกปัญหา

		FG	I	M	FG*I	FG*M	I*M	FG*I*M
6	F	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P
งาน	P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P
11	F	5.86	0.02	0.05	0.01	0.05	0.01	0.02
งาน	P	0.004*	0.983	0.952	1.000	0.994	1.000	1.000
13	F	13.98	0.04	0.19	0.12	0.04	0.05	0.11
งาน	P	0.000*	0.958	0.830	0.977	0.996	0.996	0.999
31	F	42.38	0.18	0.23	0.13	0.15	0.16	0.17
งาน	P	0.000*	0.832	0.798	0.973	0.963	0.959	0.994
39	F	0.91	0.07	0.03	0.31	0.09	0.17	0.19
งาน	P	0.404	0.932	0.970	0.870	0.986	0.952	0.991
54	F	6.04	0.07	0.13	0.24	0.21	0.13	0.07
งาน	P	0.003*	0.930	0.878	0.918	0.931	0.971	1.000

หมายเหตุ: * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, N/P หมายถึง Not – Applicable

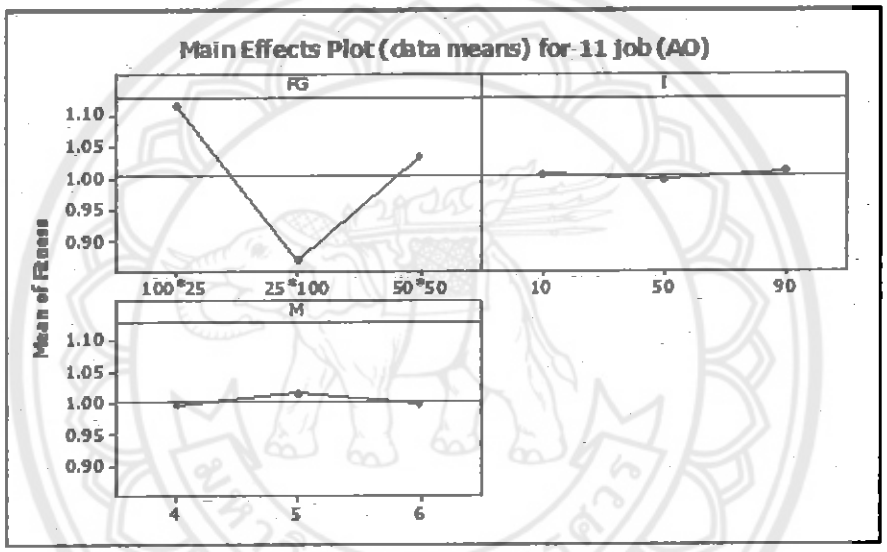
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาค่า P ในทุกปัญหาแล้ว พบว่า กรณีปัญหาขนาด 6 งาน เมื่อรันทดสอบด้วยวิธีการ SFL เทคนิค AO พบว่าคำตอบที่ได้มีค่าเท่ากันทุกค่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากปัญหามีขนาดเล็กมากจึงทำให้ไม่มีความแปรปรวนของคำตอบแสดงให้เห็นว่าปัจจัยของพารามิเตอร์ของวิธีการ SFL ไม่มีผลใดๆ ต่อค่าคำตอบที่เหมาะสม หรือค่า Fitness Function ดังนั้นจึงได้กำหนดให้มีการใช้ค่าระดับพารามิเตอร์ทุกตัวเป็นระดับใดก็ได้

ในกรณีปัญหาขนาด 11 งาน 13 งาน, 31 งาน และ 54 งาน พบว่า จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (FG) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค AO ส่วนค่าจำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และค่าจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) พบว่าค่า P มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ค่า P ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น

ในกรณีปัญหาขนาด 39 งาน จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (FG) จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) พบว่าค่า P มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่

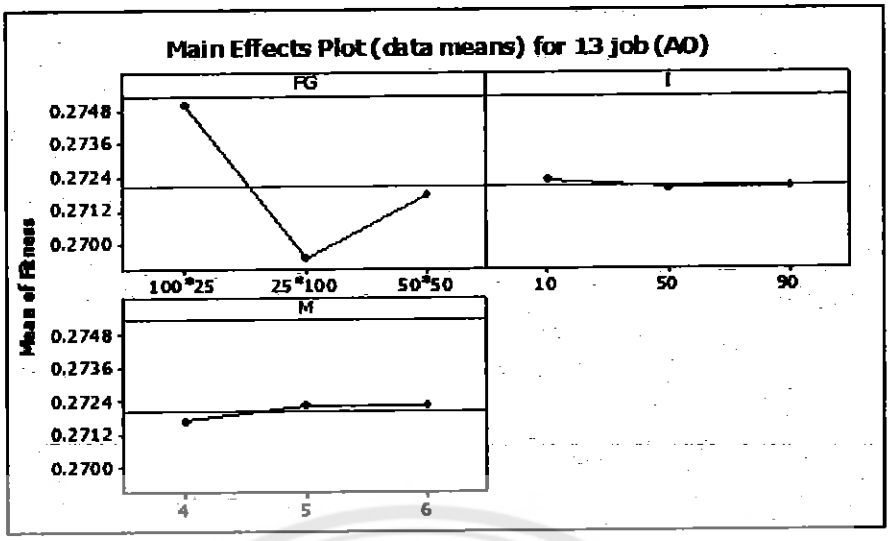
0.05 ที่กำหนด ซึ่งหมายความว่าปัจจัยนี้ไม่มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค AO ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ค่า P ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น

ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยนั้นๆ จะต้องมีการสร้างกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งได้แก่ จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (FG) จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) โดยจะกำหนดค่าที่จุดสูงสุดของกราฟ ซึ่งรายละเอียดของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแต่ละปัญหามีรายละเอียดดังต่อนี้



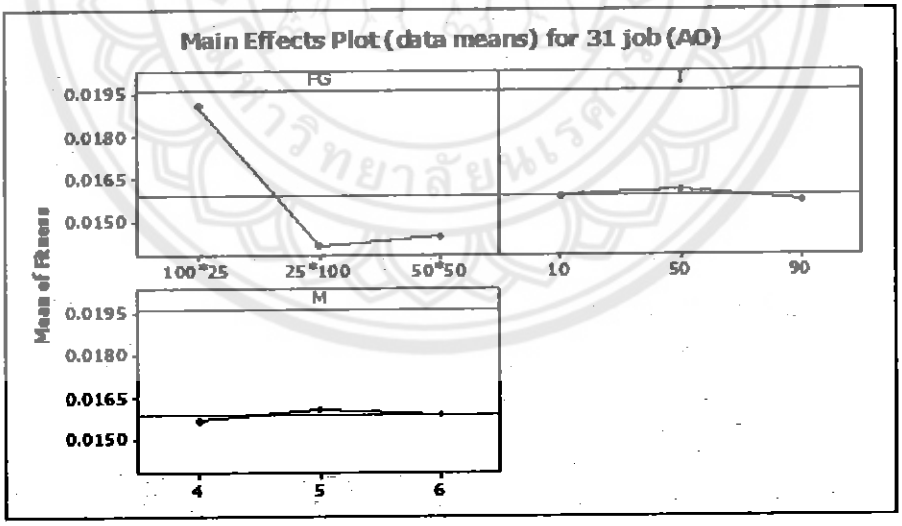
รูปที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 11 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Adjustment Operator (AO)

จากรูปที่ 4.6 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 90 ส่วนค่าและค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 5



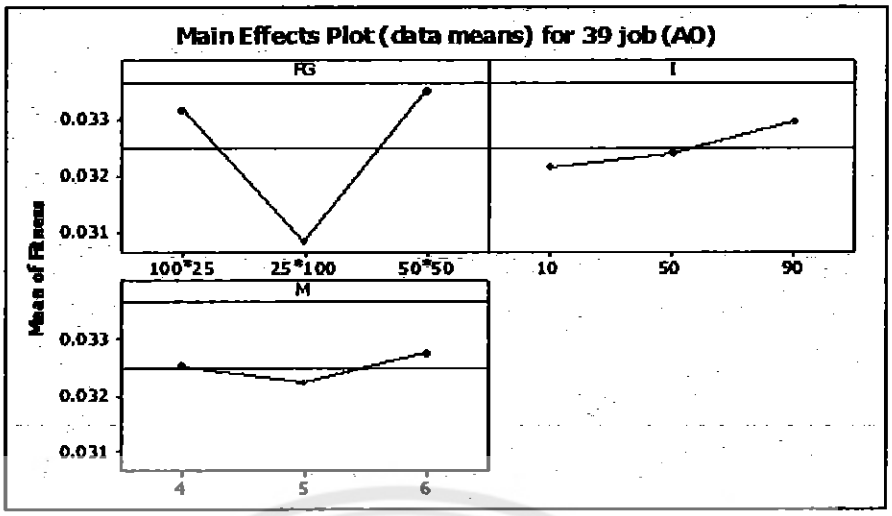
รูปที่ 4.7 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 13 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Adjustment Operator (AO)

จากรูปที่ 4.7 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 10 ส่วนค่าพารามิเตอร์ M อยู่ในระดับที่เท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถเลือกที่จุดใดก็ได้ ซึ่งผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 5



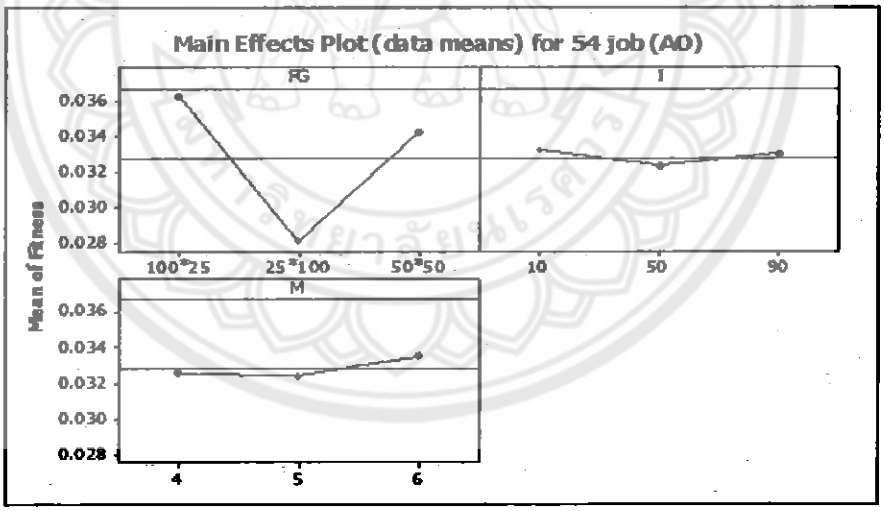
รูปที่ 4.8 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 31 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Adjustment Operator (AO)

จากรูปที่ 4.8 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 50 ส่วนค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 5



รูปที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 39 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Adjustment Operator (AO)

จากรูปที่ 4.9 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 50*50 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 90 ส่วนค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 6



รูปที่ 4.10 ค่าพารามิเตอร์ในปัญหา 54 งาน ด้วยเทคนิคการปรับปรุงผลเฉลย Adjustment Operator (AO)

จากรูปที่ 4.10 พบว่าที่จุดสูงสุดของกราฟ พารามิเตอร์ FG มีค่าเท่ากับ 100*25 ค่าพารามิเตอร์ I มีค่าเท่ากับ 10 ส่วนค่าพารามิเตอร์ M มีค่าเท่ากับ 6

จากค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น ซึ่งได้แสดงผลจากกราฟไว้ในภาคผนวก ช.

จากกราฟ Main Effect Plot ได้แสดงให้เห็นถึงการกำหนดค่าที่เหมาะสมในระดับของปัจจัยที่ศึกษา นั่นคือ ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า ซึ่งสามรถกำหนดค่าที่เหมาะสมได้ดังสรุปในตารางที่ 4.6 ส่วนหมายเลขในการสุ่ม (Random Seed Number) นั้นจัดว่าเป็นปัจจัยรบกวนในกระบวนการสุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้ แต่จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค AO ได้

ตารางที่ 4.6 ตารางสรุปค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ SFL ด้วยเทคนิค AO ที่ได้จากทุกปัญหา

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสม					
	6 งาน	11 งาน	13 งาน	31 งาน	39 งาน	54 งาน
จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (FG)	Any	100*25	100*25	100*25	100*25	100*25
จำนวนรอบในการปรับปรุง (I)	Any	90	10	50	90	10
จำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M)	Any	5	5	5	5	6

หมายเหตุ: Any หมายถึง ค่าพารามิเตอร์สามารถกำหนดค่าเท่าไรก็ได้ ในช่วงค่าที่ศึกษา

4.2 การทดลองที่ 2 การพิจารณาเปรียบเทียบการปรับปรุงค่าคำตอบระหว่างวิธี Swap operator (SO) กับวิธี Adjustment operator (AO)

การทดลองในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าคำตอบและทดสอบว่าวิธีการปรับปรุงผลเฉลยทั้งเทคนิค Swap operator (SO) และเทคนิค Adjustment operator (AO) วิธีทั้งสองนี้จะให้ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบเท่ากันหรือไม่

4.2.1 การออกแบบการทดลองที่ 2

ในการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ของ SFL ในการทดลองที่ 2 จะใช้การกำหนดค่าพารามิเตอร์ ซึ่งได้แก่ จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) และ จำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (Number of Memeplex: M) จากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองที่ 1 ซึ่งในการทดลองนี้

จะทำการศึกษาและทดสอบ 1 ปัจจัย คือ การปรับปรุงผลเฉลย โดยจะมีประชากร 2 กลุ่ม คือ SO และ AO

ในส่วนของปัญหานั้น ได้นำเอาปัญหา 5 ปัญหาได้แก่ ปัญหาขนาด 11 งาน 13 งาน 31 งาน 39 งาน และ 54 งาน มาใช้ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยจะมีการทำการทดลองซ้ำ (Replications) 30 ครั้ง โดยใช้หมายเลขสุ่ม (Random Seed Number) ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำการรันทั้งสิ้น 30x2x6 เท่ากับ 360 รัน

4.2.2 ผลการทดลองที่ 2

4.2.2.1 การทดสอบความแปรปรวน (σ) ในการทดลองที่ 2

สมมติฐานการทดลอง

H_0 : ค่าความแปรปรวนของคำตอบที่ได้จากวิธีการ SFL การปรับปรุงค่าคำตอบวิธี SO เท่ากับ วิธี AO ($\sigma_{SFL\,(SO)} = \sigma_{SFL\,(AO)}$)

H_1 : ค่าความแปรปรวนของคำตอบที่ได้จากวิธีการ SFL การปรับปรุงค่าคำตอบวิธี SO ไม่เท่ากับ วิธี AO ($\sigma_{SFL\,(SO)} \neq \sigma_{SFL\,(AO)}$)

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบความแปรปรวนของการทดลองที่ 2

ปัญหา	F - Test	P - value
6 งาน	-	-
11 งาน	1.00	1.000
13 งาน	-	-
31 งาน	1.12	0.755
39 งาน	0.99	0.983
54 งาน	0.93	0.841

หมายเหตุ: * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ในปัญหาขนาด 6 งาน ไม่มีความแปรปรวน เนื่องจากคำตอบที่ได้จากการทำการทดลอง โดยการใช้การปรับปรุงผลเฉลยด้วยวิธี SO และวิธี AO เท่ากันทุกค่าจึงไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ T-test ได้

จากปัญหา 13 งาน เมื่อทำการออกแบบการทดลอง โดยจะมีการทำการทดลองซ้ำ (Replications) 30 ครั้ง โดยใช้หมายเลขสุ่ม (Random Seed Number) ที่แตกต่างกัน ทั้งวิธี SO และวิธี AO จำนวนจำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) เท่ากับ 100*25 จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration:

I) เท่ากับ 10 และจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (Number of Memeplex: M) เท่ากับ 5 พบว่าได้ค่าความเหมาะสม หรือค่า Fitness Function เท่ากับ 0.275276 ซึ่งมีค่าเท่ากันทุกค่า จึงไม่สามารถนำไปทดสอบความแปรปรวนได้ เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบมีค่าเท่ากันทุกค่าอีกทั้งขนาดของปัญหามีขนาดเล็กมาก จึงไม่มีความแปรปรวนของคำตอบ ทำให้ไม่สามารถนำผลการทดลองไปทำการทดสอบ T-test ได้

ส่วนปัญหาขนาด 11 งาน 31 งาน 39งาน และ 54 งาน นั้นมีค่า P ที่สูงกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น ซึ่งหมายความว่า ค่าความแปรปรวนของปัญหาดังกล่าว จากการปรับปรุงผลเฉลยด้วยวิธี SO เท่ากับวิธี AO

4.2.2.2 การทดสอบ T - test ในการทดลองที่ 2

สมมติฐานการทดลอง

H_0 : ค่าเฉลี่ยของค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการ SFL การปรับปรุงค่าคำตอบ วิธี SO เท่ากับ วิธี AO ($\mu_{SFL\,(SO)} = \mu_{SFL\,(AO)}$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยของค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการ SFL การปรับปรุงค่าคำตอบ วิธี SO ไม่เท่ากับ วิธี AO ($\mu_{SFL\,(SO)} \neq \mu_{SFL\,(AO)}$)

ตารางที่ 4.8 แสดงการวิเคราะห์ T - test ระหว่างวิธี SO และวิธี AO

ปัญหา	กลุ่มประชากร	N	ค่าเฉลี่ย (Average)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	T	P
11 งาน	SO	30	1.223	0.286	0.00	1.00
	AO	30	1.223	0.286		
31 งาน	SO	30	0.01765	0.00252	0.38	0.709
	AO	30	0.01741	0.00238		
39 งาน	SO	30	0.0382	0.0422	0.08	0.936
	AO	30	0.0373	0.0424		
54 งาน	SO	30	0.03063	0.00705	0.13	0.897
	AO	30	0.03039	0.00733		

หมายเหตุ: * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ทุกปัญหามีค่า P ที่มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น ซึ่งเป็นการยอมรับสมมติฐาน H_0 และปฏิเสธสมมติฐาน H_1 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของค่าคำตอบของปัญหาทุกปัญหาที่ได้จากการปรับปรุงผลเฉลยด้วยวิธี SO เท่ากับวิธี AO

4.3 การเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสม

จากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า คมสัน พิมลยรรยง (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่องการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ซึ่งได้นำเทคนิคแอนท์โคโลนีออพติไมเซชั่น (ACO) ทั้ง 5 รูปแบบ ได้แก่ AS, EAS, MMAS, AS-Rank และ ACS มาใช้ในการแก้ปัญหา ฉะนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงได้นำเอางานวิจัยดังกล่าว มาทำการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้ระหว่างวิธีการของ SFL และวิธีการของ ACO จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ เพื่อต้องการทราบว่าวิธีการใดให้ค่าคำตอบที่เหมาะสมได้ดีที่สุด และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้แก่ ค่าความแปรปรวนของภาระงาน, เวลาว่างงานรวม, จำนวนสถานีงาน และค่าคำตอบที่เหมาะสม (Fitness Function) (รายละเอียดเพิ่มเติมของคำตอบในทุกปัญหาสามารถดูได้จากภาคผนวก) ซึ่งได้อ้างอิงค่าคำตอบของวิธีการ ACO จากงานวิจัยของ คมสัน พิมลยรรยง (2551) ส่วนค่าคำตอบของวิธีการ SFL ได้มาจากผลการทดลองที่ 1.1 และ 1.2 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่างๆ ของทุกปัญหา

	AS	EAS	MMAS	AS-Rank	ACS	SFL
			6 งาน			
Workload variance	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
Total Idle time	3	3	3	3	3	3
Workstations	3	3	3	3	3	3
Cycle time	7	7	7	7	7	7
Fitness Function	1.2009	1.2009	1.2009	1.2009	1.2009	1.2009

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่างๆ ของทุกปัญหา

	AS	EAS	MMAS	AS-Rank	ACS	SFL
			11 งาน			
Workload variance	0.5556	0.5556	0.56	0.5556	0.5556	0.5556
Total Idle time	0.56	0.56	4	0.56	0.56	14
Workstations	6	6	5	6	6	6
Cycle time	9	9	10	9	9	10
Fitness Function	1.4402	1.4402	1.4289	1.4402	1.4402	1.4401
			31 งาน			
Workload variance	31.1111	31.1111	31.1111	31.1111	31.1111	36.0
Total Idle time	90	90	90	90	90	90
Workstations	9	9	9	9	9	9
Cycle time	100	100	100	100	100	100
Fitness Function	0.02803	0.02803	0.02803	0.02803	0.02803	0.02487
			39 งาน			
Workload variance	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	71.10204
Total Idle time	3	3	3	3	3	137
Workstations	6	6	6	6	6	7
Cycle time	134	134	134	134	134	134
Fitness Function	3.2002	3.2002	3.2002	3.2002	3.2002	0.018199

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่างๆ ของทุกปัญหา

	AS	EAS	MMAS	AS-Rank	ACS	SFL
			54 งาน			
Workload variance	13.1684	12.5969	12.8827	12.8827	12.5969	14.454081
Total Idle time	81	81	81	81	81	81
Workstations	14	14	14	14	14	14
Cycle time	80	80	80	80	80	80
Fitness Function	0.06120	0.06390	0.06250	0.06250	0.06390	0.0558203

จากตารางที่ 4.9 แสดงถึงการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่เหมาะสมของงานวิจัยก่อนหน้านี้คือวิธีการ ACO และวิธีการ SFL จากการเปรียบเทียบค่าในตารางโดยภาพรวมแล้วพบว่า คำตอบที่ได้จากวิธีการ SFL จะมีค่า Fitness Function น้อยกว่าวิธีการของ ACO แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่น้อยกว่าของวิธีการ SFL สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ซึ่งสามารถแยกเป็นรายละเอียดของแต่ละปัญหาได้ ดังนี้

ปัญหาขนาด 6 งาน พบว่า มีค่าความแปรปรวนของภาระงาน, เวลาว่างงานรวม, จำนวนสถานีงาน และค่า Fitness Function เท่ากับ ACO ซึ่งอาจเป็นเพราะปัญหาที่ใช้ทดสอบเป็นปัญหาขนาดเล็กมาก ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการ SFL และวิธีการ ACO มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบเท่ากัน ในปัญหาขนาด 6 งาน

กรณีปัญหาขนาด 11 งาน จะพบว่า ค่าความแปรปรวนของภาระงาน และจำนวนสถานีงาน ที่ได้จากวิธีการ SFL มีค่าเท่ากับวิธีการ ACO แต่วิธีการ SFL มีเวลาว่างงานรวมที่มากกว่า และมีค่า Fitness Function น้อยกว่า ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการ SFL มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธีการ ACO ในปัญหาขนาด 11 งาน

กรณีปัญหาขนาด 31 งาน พบว่า ค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการ SFL มีเวลาว่างงานรวม และจำนวนสถานีงาน เท่ากับวิธีการ ACO แต่เนื่องจากวิธีการ SFL มีค่าความแปรปรวนของภาระของภาระงานมากกว่า และมีค่า Fitness Function น้อยกว่าวิธีการ ACO ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการ SFL มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่น้อยกว่าวิธีการ ACO ในปัญหาขนาด 31 งาน

กรณีปัญหาขนาด 39 งาน พบว่า ค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการ SFL มีค่าความแปรปรวนของภาระงาน เวลาว่างงานรวม และจำนวนสถานีงาน มากกว่าวิธีการ ACO และยังมีค่า Fitness Function

น้อยกว่าวิธีการ ACO ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการ SFL มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่น้อยกว่าวิธีการ ACO ในปัญหาขนาด 39 งาน

และในกรณีปัญหาขนาด 54 งาน พบว่า ค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการ SFL มีค่าความแปรปรวนของภาระงานมากกว่า เวลาว่างงานรวม และจำนวนสถานีงาน เท่ากับวิธีการ ACO และยังมีค่า Fitness Function ที่น้อยวิธีการ ACO ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการ SFL มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่น้อยกว่าวิธีการ ACO ในปัญหาขนาด 54 งาน

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทำโครงงาน และการให้ข้อเสนอแนะ โดยการสรุปผลนี้จะอ้างอิงเฉพาะกรณีของปัญหาที่ใช้ในโครงงานนี้เท่านั้น โดยสามารถสรุปผลของโครงงานได้ดังนี้

5.1 การสรุปผลของโครงงาน

ในการสรุปผลของโครงงานจะอ้างอิงมาจากการทดลองจากบทที่ผ่านมา โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

5.1.1 สรุปผลจากการทดลองที่ 1

จากการทดลองที่ 1 สามารถสรุปผลได้ว่า ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการ SFL ในปัญหา 6 ปัญหา ได้แก่ ปัญหาขนาด 6 งาน, 11 งาน, 13 งาน, 31 งาน, 39 งาน และ 54 งาน พบว่า ค่าพารามิเตอร์จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละปัญหา โดยภาพรวมแล้วค่าพารามิเตอร์จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยนี้มีผลต่อการหาค่าคำตอบของทุกปัญหา ซึ่งรายละเอียดสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1.1 ในปัญหาขนาด 6 งาน เมื่อทำการทดลองด้วยวิธีการ SFL โดยใช้เทคนิคการปรับปรุงทั้ง 2 วิธี คือ วิธี Swap Operation (SO) และวิธี Adjustment Operation (AO) พบว่า ไม่มีปัจจัยใดที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากค่าคำตอบที่ได้จากการรันทดสอบด้วยวิธีการของ SFL มีค่าเท่ากันทุกค่า ซึ่งปัญหามีขนาดเล็กเกินไปจึงไม่มีความแปรปรวนของคำตอบ ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า พารามิเตอร์ของ SFL ไม่มีผลใดๆต่อค่าคำตอบที่เหมาะสมหรือค่า Fitness Function จึงกำหนดให้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ระดับใดก็ได้

5.1.1.2 ในปัญหาขนาด 11 งาน 13 งาน 31 งานและ 54 งาน เมื่อทำการทดลองด้วยวิธีการ SFL โดยใช้เทคนิคการปรับปรุงทั้ง 2 วิธี คือ วิธี Swap Operation (SO) และวิธี Adjustment Operation (AO) พบว่า จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยนี้มีผลต่อการหาค่าคำตอบของปัญหาทั้ง 4 ขนาด ส่วนค่าจำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และค่าจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) พบว่าค่า P มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ค่า P ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น โดย

ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหา 4 ขนาด ทั้งวิธี SO และวิธี AO คือ จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) คือ 100*25 ส่วนค่าจำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และค่าจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) สามารถกำหนดให้ใช้ค่าที่ระดับใดก็ได้

5.1.1.3 ในปัญหาขนาด 39 งาน เมื่อทำการทดลองด้วยวิธีการ SFL โดยใช้เทคนิคการปรับปรุงทั้ง 2 วิธี คือ วิธี Swap Operation (SO) และวิธี Adjustment Operation (AO) พบว่า จำนวนของประชากรคูณกับจำนวนรุ่นของประชากร (Amount of Frogs * Number of Generation: FG) จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) และจำนวนกลุ่มมีมีเพล็ก (M) พบว่าค่า P มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยพิจารณาค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ค่า P ของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95 ความเชื่อมั่น โดยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหา 39 งาน ทั้งวิธี SO และวิธี AO สามารถกำหนดให้ใช้ค่าที่ระดับใดก็ได้

5.1.2 สรุปผลจากการทดลองที่ 2

จากการศึกษาการปรับปรุงผลเฉลยทั้ง 2 วิธี ได้แก่ วิธี Swap Operation (SO) และวิธี Adjustment Operation (AO) ของแต่ละปัญหา โดยทำการทดสอบความแปรปรวน และทดสอบ T - test พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งก็หมายความว่า ค่าเฉลี่ยของค่าคำตอบของทั้ง 2 วิธี เท่ากัน นั่นก็คือในทุกปัญหาการปรับปรุงผลเฉลยด้วยวิธี SO หรือวิธี AO ไม่มีผลต่อการหาค่าคำตอบ สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการระกอบ

5.1.3 การเปรียบเทียบค่าคำตอบของวิธีการ SFL และ วิธีการ ACO

ในการเปรียบเทียบค่าคำตอบจะทำการเปรียบเทียบในส่วนของ ค่าความแปรปรวนของภาระงาน, เวลาว่างงานรวม และจำนวนสถานีงาน พบว่า โดยรวมแล้ววิธีการ SFL มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบได้น้อยกว่าวิธีการ ACO (คมสัน พิมลยรรยง, 2551) สำหรับปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ

5.2 การอภิปรายผล

จากงานวิจัยในอดีตที่มีการศึกษาถึง ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของวิธีการ SFL ว่าควรมีค่าที่เหมาะสมที่ระดับใด สำหรับใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (ธนภัทร เอี่ยมตาล, 2553) แต่เมื่อนำวิธีการ SFL มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบแล้วกลับพบว่า ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงไป ได้ค่าที่เหมาะสมต่างออกไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อโจทย์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาเปลี่ยนไป ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยแม้ว่าจะใช้

วิธีการแก้ปัญหาเหมือนกันก็ตาม อีกทั้ง เมื่อนำค่าคำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าคำตอบของงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งได้ทำการได้ทำการศึกษาเรื่องการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบโดยนำแอนท์โคโลนีออพติไมเซชัน (ACO) ทั้ง 5 รูปแบบมาใช้ในการแก้ปัญหา (คมสัน พิมลยรรยง, 2551) พบว่าค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการของ SFL แม้ว่าจะเป็นค่าที่ดีในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังมีค่าน้อยกว่าค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการ ACO (รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้จากการทดลองในบทที่ 4) ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ว่า การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบด้วยวิธีการของ SFL นั้นไม่เหมาะสมเท่าที่ควร แต่ก็ไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีการของ SFL ไม่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบเนื่องจากวิธีการของ SFL อาจเหมาะสมกับการแก้ปัญหาในลักษณะอื่นก็เป็นได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีการศึกษาถึงขนาดของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ (ALBP) ที่มีขนาดปัญหาที่ใหญ่ขึ้น

5.3.2 ใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบอื่น หรือใช้ปัญหาอื่นในการแก้ปัญหา

5.3.3 ใช้เทคนิคการปรับปรุงผลเฉลยในแบบอื่นๆที่น่าสนใจ

5.3.4 ควรมีการพัฒนาโปรแกรมให้ดียิ่งขึ้นและนำไปใช้จริง เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ ศิลานนท์. (2542). **การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง. (2552). **สถิติวิศวกรรม.**

คมสัน พิมลบรรยง. (2551). **การประยุกต์ใช้แอนท์โคโลนีออฟติไมเซชันเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร

ธนภัทร เอี่ยมตาล. (2553). **การประยุกต์ใช้ชัฟเฟิลเฟอร์กลิปปิงอัลกอริทึมเพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551).**การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง.** กรุงเทพฯ: ท้อป

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2551). **ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท

สุภัคกานดา ชมภูมิ่ง. (2552). **การประยุกต์ใช้เทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลิปปิงในการแก้ปัญหาการจัดตารางผลิต.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร

Babak Amiri, Mohammad Fathian and Ali Maroosi (2009). Application of shuffled frog-leaping algorithm on clustering, **Int J Adv Manuf Technol**, 45, 199–209.

Becker, C. and Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. **European journal of operational research**, 168, 694-715.

Bowman, E.H. (1960). Assembly line balancing by linear programming. **Operation Research**, 8(3), 385-389.

Chen, R., Lu, K. and Yu, S. (2002). A hybrid genetic algorithm approach on multi-objective of assembly planning problem. **Engineering application of Artificial intelligence**, 15, 447-457.

Emad Elbeltagi, Tarek Hegazy and Donald Grierson (2005). A modified Shuffled Frog-Leaping Optimization Algorithm : applications to project management. **Structure and Infrastructure Engineering**, 3, 53-60.

Hackman, S., Magazine, M. and wee, T. (1988). Fast, effective algorithm for simple assembly line balancing problems, **Operation Research**, 37(6), 916-924.

Montgomery, D.C. (1997). **Design and Analysis of Experiments.** New York: John Wiley and Sons.

Nai-Chieh Wei, I-Ming Chao (2011). A solution procedure for type E simple assembly line balancing problem. **Computers & Industrial Engineering,** 61, 824-830.

Park, K. Park, S. and Kim, W. (1997). A heuristic for an assembly line problem with incapability, range, and partial precedence constraints. **Pergamon,** 32(2), 321-332.

Wang, K., Huang, L.,Zhou, C. and Pang, W. (2003). Particle Swarm optimization for traveling salesman problem. **In the Second International Conference on Machine Learning and Cybernetic Proceedings.** N.p.: n.p.

ภาคผนวก ก.
ปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในโครงงาน

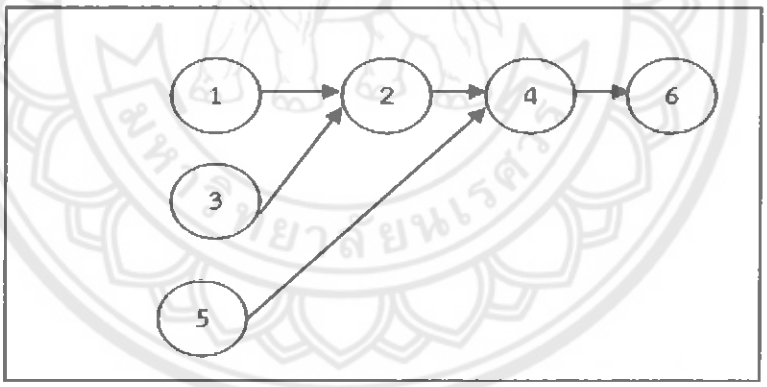
ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างปัญหาที่ 1

6 งาน		
งาน	เวลาทำงาน (นาที)	งานก่อนหน้า
1	2	-
2	3	1,3
3	5	-
4	4	2,5
5	3	-
6	1	4

ที่มา : ณัฏพงศ์ คำขาด, 2551

รอบการผลิต = 7 นาที

จำนวนสถานีงานที่ยอมรับได้ = 4 สถานี



รูปที่ ก.1 แผนภาพความสัมพันธ์ของปัญหา 6 งาน

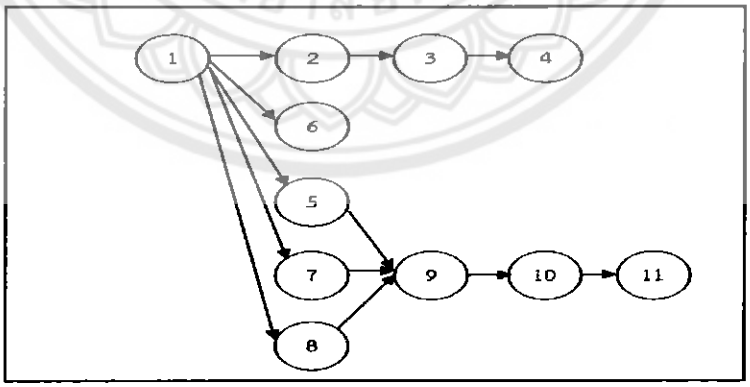
ตารางที่ ก.2 ตัวอย่างปัญหาที่ 2

11 งาน		
งาน	**เวลาทำงาน (นาที)**	**งานก่อนหน้า**
1	6	-
2	2	1
3	2	2
4	6	3
5	5	4
6	5	1
7	7	1
8	1	1
9	3	6,7,8
10	5	9
11	4	10

ที่มา : ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต, พิภพ เล้าประจง 2541

รอบการผลิต = 10 นาที

จำนวนสถานีงานที่ยอมรับได้ = 7 สถานี



รูปที่ ก.2 แผนภาพความสัมพันธ์ของปัญหา 11 งาน

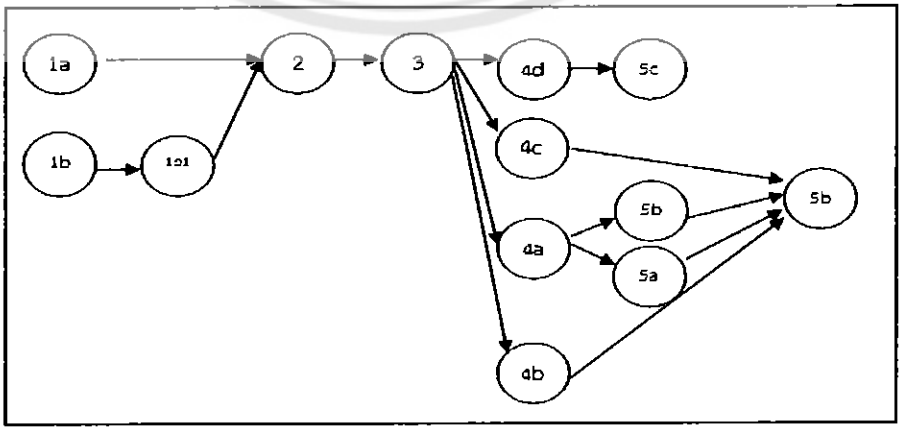
ตารางที่ ก.3 ตัวอย่างปัญหาที่ 3

13 งาน		
งาน	**เวลาทำงาน (นาที)**	**งานก่อนหน้า**
1a	10.14	-
1b	2.19	-
1b1	5.85	1b
2	5.84	1a,1b1
3	7.12	2
4d	4.25	3
4c	6.54	3
4b	3.25	3
4a	10.73	3
5c	6.25	4d
5b	6.15	4a
5a	7.71	4a
6	12.78	4c,4b,5a,5b

ที่มา : การแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบอย่างง่าย, Nai-Chieh Wei และ I-Ming Chao (2554)

รอบการผลิต = 12.78 นาที

จำนวนสถานีงานที่ยอมรับได้ = 7 สถานี



รูปที่ ก.3 แผนภาพความสัมพันธ์ของปัญหา 13 งาน

ตารางที่ ก.4 ตัวอย่างปัญหาที่ 4

31 งาน		
งาน	เวลาทำงาน (วินาที)	งานก่อนหน้า
1	10	-
2	60	-
3	18	-
4	5	-
5	35	1,2,3,4
6	10	5
7	7	6
8	20	7
9	55	7
10	20	8,9,12
11	15	10
12	5	7
13	20	5
14	5	5
15	4	5
16	6	5
17	45	5
18	45	17
19	25	5
20	15	5
21	15	5

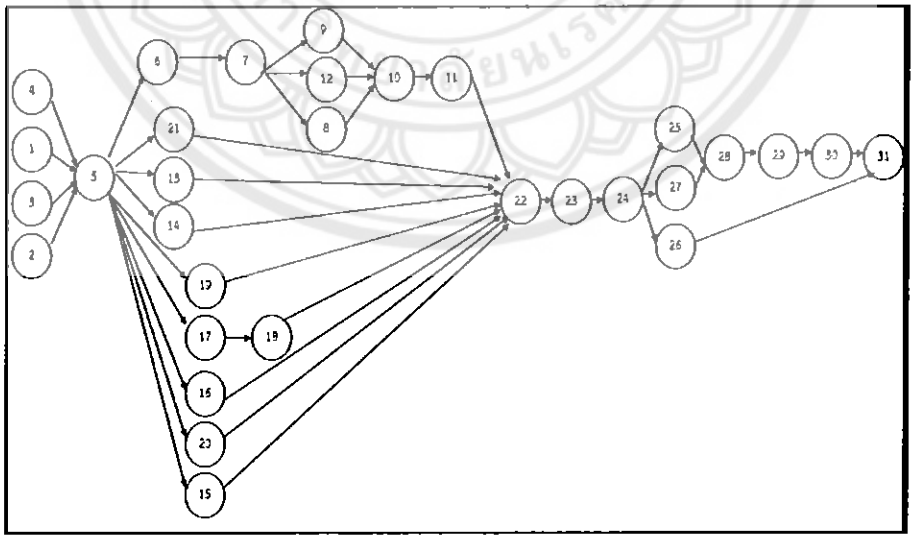
ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ตัวอย่างปัญหาที่ 4

31 งาน		
งาน	**เวลาทำงาน (วินาที)**	**งานก่อนหน้า**
22	30	11,13,14,15,16,18,19,20,21
23	10	22
24	40	23
25	15	24
26	10	24
27	25	24
28	70	25,27
29	70	28
30	70	29
31	30	26,30

ที่มา : Ratanawilaiwan (1982)

รอบการผลิต = 100 วินาที

จำนวนสถานีงานที่ยอมรับได้ = 12 สถานี



รูปที่ ก.4 แผนภาพความสัมพันธ์ของปัญหา 31 งาน

ตารางที่ ก.5 ตัวอย่างปัญหาที่ 5

39 งาน		
งาน	**เวลาทำงาน (วินาที)**	**งานก่อนหน้า**
1	18	-
2	60	-
3	16	-
4	30	-
5	18	-
6	20	5
7	20	1,2,3
8	18	4
9	28	6
10	25	8
11	27	4,6,7
12	8	6
13	20	10
14	25	11
15	8	11
16	12	13
17	6	14
18	45	12
19	30	1,16
20	8	14

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) ตัวอย่างปัญหาที่ 5

39 งาน		
งาน	เวลาทำงาน (วินาที)	งานก่อนหน้า
21	8	17
22	8	19
23	4	22
24	28	11,21
25	22	18
26	20	23
27	20	5,21
28	24	24,25
29	8	26
30	30	27
31	10	28,30
32	18	29
33	45	29
34	20	31
35	20	32
36	24	33

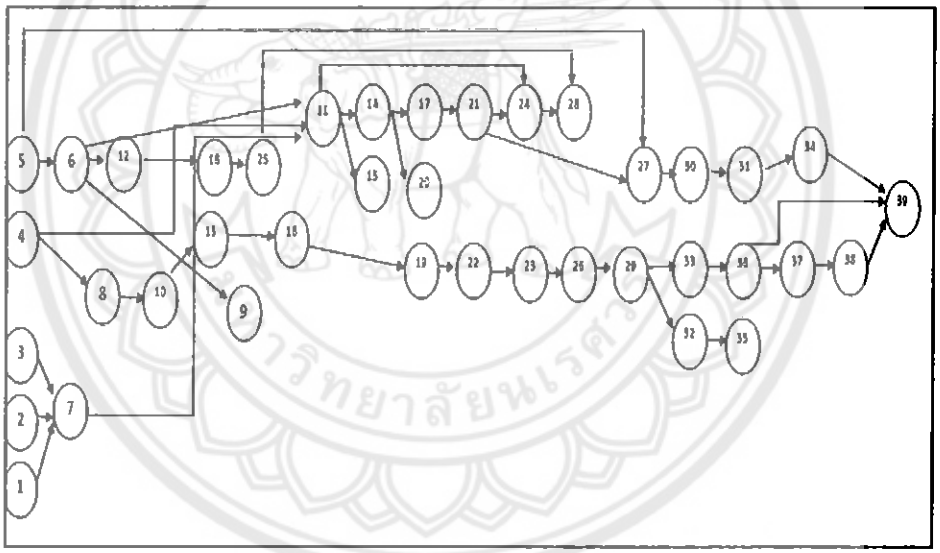
ตารางที่ ก.5 (ต่อ) ตัวอย่างปัญหาที่ 5

39 งาน		
งาน	เวลาทำงาน (วินาที)	งานก่อนหน้า
37	8	36
38	22	37
39	20	34,36,38

ที่มา : การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ, กรรณิการ์ ศิลานนท์ 2542

รอบการผลิต = 134 วินาที

จำนวนสถานีงานที่ยอมรับได้ = 9 สถานี



รูปที่ ก.5 แผนภาพความสัมพันธ์ของปัญหา 39 งาน

ตารางที่ ก.6 ตัวอย่างปัญหาที่ 6

54 งาน		
งาน	**เวลาทำงาน(วินาที)**	**งานก่อนหน้า**
1	20	-
2	20	3
3	25	1
4	30	3
5	40	2,4
6	15	5
7	8	6
8	40	6
9	10	6
10	3	9
11	20	6
12	8	6
13	50	8
14	35	6
15	40	31
16	10	9
17	20	6
18	7	31
19	7	6
20	7	6
21	15	11

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) ตัวอย่างปัญหาที่ 6

54 งาน		
งาน	เวลาทำงาน(วินาที)	งานก่อนหน้า
22	20	9
23	40	12,14,17,31,38
24	10	43
25	15	22,23
26	30	6
27	25	15,32
28	7	27
29	7	27
30	7	27
31	20	13
32	15	25
33	25	6
34	15	7
35	15	34
36	20	6
37	80	21,26,32,33,36,42
38	20	10,16
39	7	35
40	7	35
41	7	27
42	7	18,19,20,28,29,30,39,40,41
43	30	37

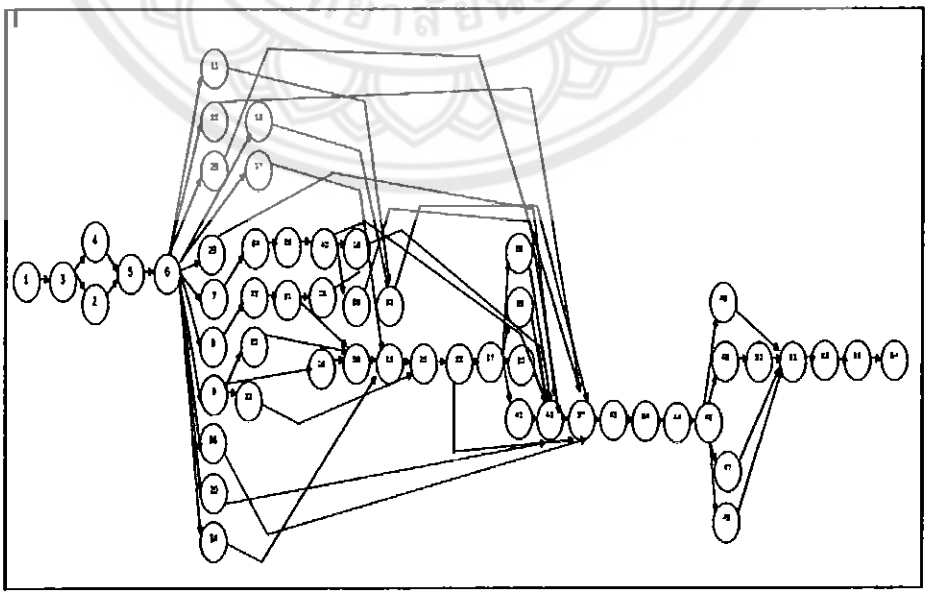
ตารางที่ ก.6 (ต่อ) ตัวอย่างปัญหาที่ 6

54 งาน		
งาน	**เวลาทำงาน(วินาที)**	**งานก่อนหน้า**
44	10	24
45	10	48
46	10	48
47	15	48
48	10	44
49	5	48
50	5	49
51	20	45,46,47,50
52	10	51
53	30	52
54	50	53

ที่มา : Ratanawilaiwan (2525)

รอบการผลิต = 100 วินาที

จำนวนสถานีงานที่ยอมรับได้ = 15 สถานี



รูปที่ ก.6 แผนภาพความสัมพันธ์ของปัญหา 54 งาน

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการ SFL เทคนิค SO

ตารางที่ ข.1 ตาราง ANOVA ของปัญหา 11 งาน

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	1.1415	1.1415	0.5708	4.59	0.012*
I	2	0.0022	0.0022	0.0011	0.01	0.991
M	2	0.0539	0.0270	0.0270	0.22	0.806
FG*I	4	0.0044	0.0044	0.0011	0.01	1.000
FG*M	4	0.1269	0.1269	0.0317	0.26	0.906
I*M	4	0.0044	0.0044	0.0011	0.01	1.000
FG*I*M	8	0.0088	0.0088	0.0011	0.01	1.000
Error	108	13.4325	13.4325	0.1244		
Total	134	14.7746				

ตารางที่ ข.2 ตาราง ANOVA ของปัญหา 13 งาน

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	0.0006232	0.0006232	0.0003116	11.88	0.000*
I	2	0.0000075	0.0000075	0.0000038	0.14	0.866
M	2	0.0000076	0.0000076	0.0000038	0.14	0.866
FG*I	4	0.0000281	0.0000281	0.0000070	0.27	0.898
FG*M	4	0.0000065	0.0000065	0.0000016	0.06	0.993
I*M	4	0.0000069	0.0000069	0.0000017	0.07	0.992
FG*I*M	8	0.0000213	0.0000213	0.0000027	0.10	0.999
Error	108	0.0028316	0.0028316	0.0000262		
Total	134	0.0035327				

ตารางที่ ข.3 ตาราง ANOVA ของปัญหา 31 งาน

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	0.0003276	0.0003276	0.0001638	24.60	0.000*
I	2	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.00	1.000
M	2	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.00	1.000
FG*I	4	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.00	1.000
FG*M	4	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.00	1.000
I*M	4	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.00	1.000
FG*I*M	8	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.00	1.000
Error	108	0.0007192	0.0007192	0.0000067		
Total	134	0.0010468				

ตารางที่ ข.4 ตาราง ANOVA ของปัญหา 39 งาน

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	0.0003454	0.0003454	0.0001727	1.38	0.256
I	2	0.0000231	0.0000231	0.0000115	0.09	0.912
M	2	0.0002013	0.0002013	0.0001006	0.80	0.450
FG*I	4	0.0000777	0.0000777	0.0000194	0.16	0.960
FG*M	4	0.0003583	0.0003583	0.0000896	0.72	0.583
I*M	4	0.0000320	0.0000320	0.0000080	0.06	0.992
FG*I*M	8	0.0000890	0.0000890	0.0000111	0.09	0.999
Error	108	0.0135051	0.0135051	.0001250		
Total	134	0.014631				

ตารางที่ ข.5 ตาราง ANOVA ของปัญหา 54 งาน

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	0.0016193	0.0016193	0.0008097	6.35	0.002*
I	2	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.00	0.999
M	2	0.0000093	0.0000093	0.0000047	0.04	0.964
FG*I	4	0.0000042	0.0000042	0.0000011	0.01	1.000
FG*M	4	0.0000080	0.0000080	0.0000020	0.02	1.000
I*M	4	0.0000003	0.0000003	0.0000001	0.00	1.000
FG*I*M	8	0.0000085	0.0000085	0.0000011	0.01	1.000
Error	108	0.0137609	0.0137609	0.0001274		
Total	134	0.0154107				

ภาคผนวก ค.

ตารางแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการ SFL เทคนิค AO

ตารางที่ ค.1 ตาราง ANOVA ของปัญหา 11 งาน

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	1.4137	1.4137	0.7068	5.86	0.004*
I	2	0.0042	0.0042	0.0021	0.02	0.983
M	2	0.0118	0.0118	0.0059	0.05	0.952
FG*I	4	0.0063	0.0063	0.0016	0.01	1.000
FG*M	4	0.0265	0.0265	0.0066	0.05	0.994
I*M	4	0.0063	0.0063	0.0016	0.01	1.000
FG*I*M	8	0.0148	0.0148	0.0018	0.02	1.000
Error	108	13.0337	13.0337	0.1207		
Total	134	14.5173				

ตารางที่ ค.2 ตาราง ANOVA ของปัญหา 13 งาน

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	0.0007002	0.0007002	0.0003501	13.98	0.000*
I	2	0.0000022	0.0000022	0.0000011	0.04	0.958
M	2	0.0000094	0.0000094	0.0000047	0.19	0.830
FG*I	4	0.0000115	0.0000115	0.0000029	0.12	0.977
FG*M	4	0.0000043	0.0000043	0.0000011	0.04	0.996
I*M	4	0.0000047	0.0000047	0.0000012	0.05	0.996
FG*I*M	8	0.0000227	0.0000227	0.0000028	0.11	0.999
Error	108	0.0027045	0.0027045	0.0000250		
Total	134	0.0034595				

ตารางที่ ค.3 ตาราง ANOVA ของปัญหา 31 งาน

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	0.0006984	0.0006984	0.0003492	42.38	0.000*
I	2	0.0000030	0.0000030	0.0000015	0.18	0.832
M	2	0.0000037	0.0000037	0.0000019	0.23	0.798
FG*I	4	0.0000041	0.0000041	0.0000010	0.13	0.973
FG*M	4	0.0000049	0.0000049	0.0000012	0.15	0.963
I*M	4	0.0000052	0.0000052	0.0000013	0.16	0.959
FG*I*M	8	0.0000112	0.0000112	0.0000014	0.17	0.994
Error	108	0.0008898	0.0008898	0.0000082		
Total	134	0.0016206				

ตารางที่ ค.4 ตาราง ANOVA ของปัญหา 39 งาน

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	0.0001956	0.0001956	0.0000978	0.91	0.404
I	2	0.0000151	0.0000151	0.0000076	0.07	0.932
M	2	0.0000065	0.0000065	0.0000032	0.03	0.970
FG*I	4	0.0001331	0.0001331	0.0000333	0.31	0.870
FG*M	4	0.0000374	0.0000374	0.0000094	0.09	0.986
I*M	4	0.0000737	0.0000737	0.0000184	0.17	0.952
FG*I*M	8	0.0001649	0.0001649	0.0000206	0.19	0.991
Error	108	0.0115725	0.0115725	0.0001072		
Total	134	0.0121989				

ตารางที่ ค.5 ตาราง ANOVA ของปัญหา 54 งาน

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
FG	2	0.0016208	0.0016208	0.0008104	6.04	0.003*
I	2	0.0000195	0.0000195	0.0000098	0.07	0.930
M	2	0.0000350	0.0000350	0.0000175	0.13	0.878
FG*I	4	0.0001263	0.0001263	0.0000316	0.24	0.918
FG*M	4	0.0001142	0.0001142	0.0000285	0.21	0.931
I*M	4	0.0000698	0.0000698	0.0000175	0.13	0.971
FG*I*M	8	0.0000746	0.0000746	0.0000093	0.07	1.000
Error	108	0.0144885	0.0144885	0.0001342		
Total	134	0.0165487				

ภาคผนวก ง.

รายละเอียดการจัดสถานีงานของค่าคำตอบที่เหมาะสมของแต่ละปัญหา

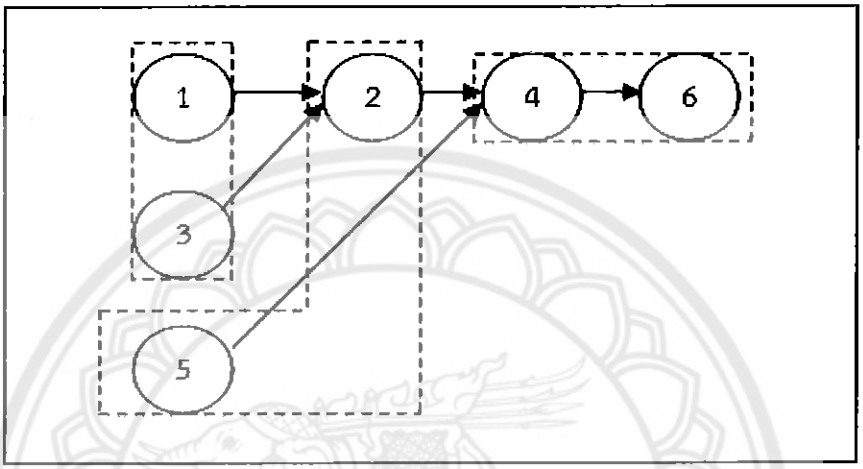
ค่าคำตอบที่เหมาะสมในปัญหาขนาด 6 งาน

Best so far of solution is: {1 3} {2 5} {4 6}

Station 1 have task 1 , 3 Total Time is : 7

Station 2 have task 2 , 5 Total Time is : 6

Station 3 have task 4 , 6 Total Time is : 5



รูปที่ ง.1 การจัดสมดุลสายงานการประกอบของปัญหา 6 งาน

Workstation : 3

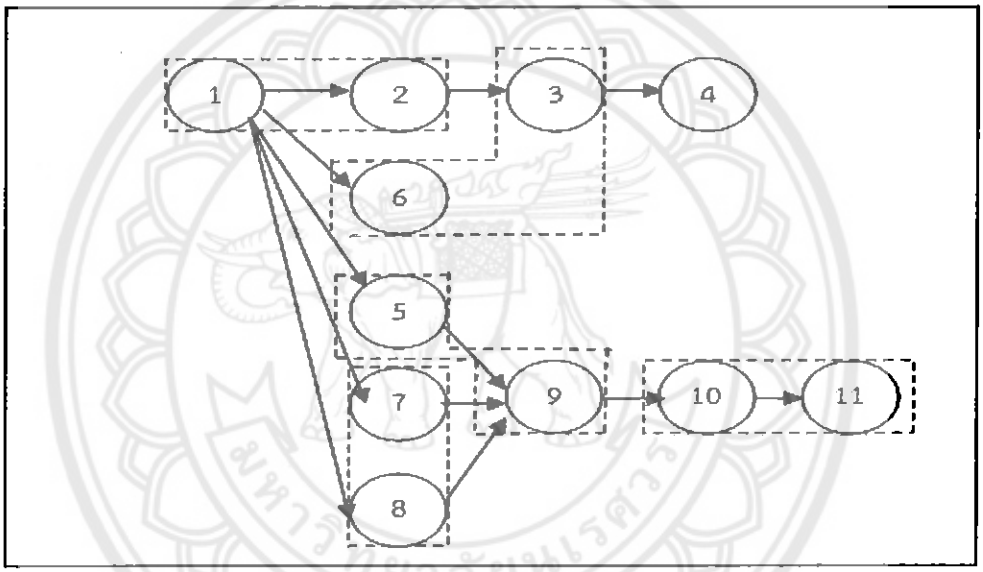
Idle Time : 3

Workload Variance : 0.666666666667

ค่าคำตอบที่เหมาะสมในปัญหาขนาด 11 งาน

Best so far of solution is: {1 2} {6 3} 4 {7 8} {5 9} {10 11}

Station 1 have task 1 , 2	Total Time is : 8
Station 2 have task 6 , 3	Total Time is : 7
Station 3 have task 4	Total Time is : 6
Station 4 have task 7 , 8	Total Time is : 8
Station 5 have task 5 , 9	Total Time is : 8
Station 6 have task 10 , 11	Total Time is : 9



รูปที่ ง.2 การจัดสมดุลสายงานการประกอบของปัญหา 11 งาน

Workstation : 6

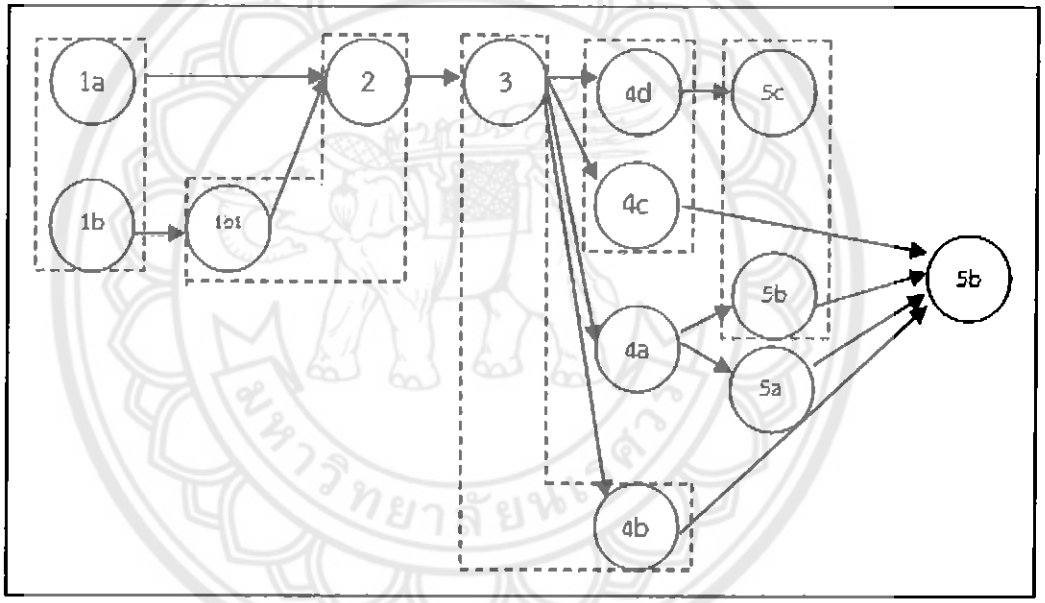
Idle Time : 14

Workload Variance : 0.88888888889

ค่าคำตอบที่เหมาะสมในปัญหาขนาด 13 งาน

Best so far of solution is: {1b 1a} {1b1 2} {3 4b} 4a {4d 4c} {5b 5c} 5a 6

Station 1	have task 1b , 1a	Total Time is : 12.59
Station 2	have task 1b1 , 2	Total Time is : 11.69
Station 3	have task 3 , 4b	Total Time is : 10.37
Station 4	have task 4a	Total Time is : 10.79
Station 5	have task 4d , 4c	Total Time is : 10.73
Station 6	have task 5b , 5c	Total Time is : 7.17
Station 7	have task 5a	Total Time is : 12.4
Station 8	have task 6	Total Time is : 12.78



รูปที่ ง.3 การจัดสมดุลสายงานการประกอบของปัญหา 13 งาน

Workstation : 8

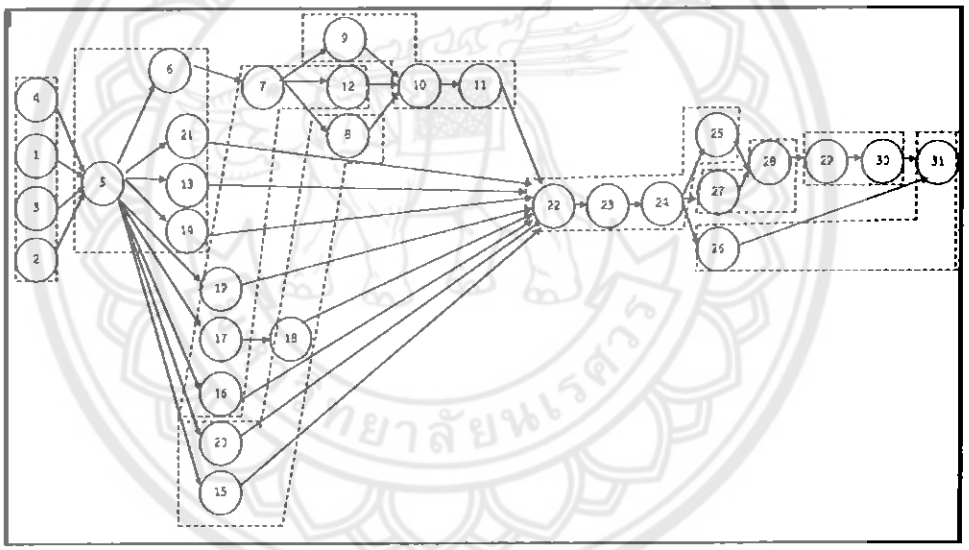
Idle Time : 13.72

Workload Variance: 2.9102

ค่าคำตอบที่เหมาะสมในปัญหาขนาด 31 งาน

Best so far of solution is: {4 1 3 2} {5 21 13 6 14} {19 17 7 16 12} {8 20 15 18} {9 10 11} {22 23 24 25} {27 28} {29 26} {30 31}

Station 1	have task 4 , 1 , 3 , 2	Total Time is : 93
Station 2	have task 5 , 21 , 13 , 6 , 14	Total Time is : 85
Station 3	have task 19 , 17 , 7 , 16 , 12	Total Time is : 88
Station 4	have task 8 , 20 , 15 , 18	Total Time is : 84
Station 5	have task 9 , 10 , 11	Total Time is : 90
Station 6	have task 22 , 23 , 24 , 25	Total Time is : 95
Station 7	have task 27 , 28	Total Time is : 95
Station 8	have task 29 , 26	Total Time is : 80
Station 9	have task 30 , 31	Total Time is : 100



รูปที่ ง.4 การจัดสมดุลสายงานการประกอบของปัญหา 31 งาน

Workstation : 9

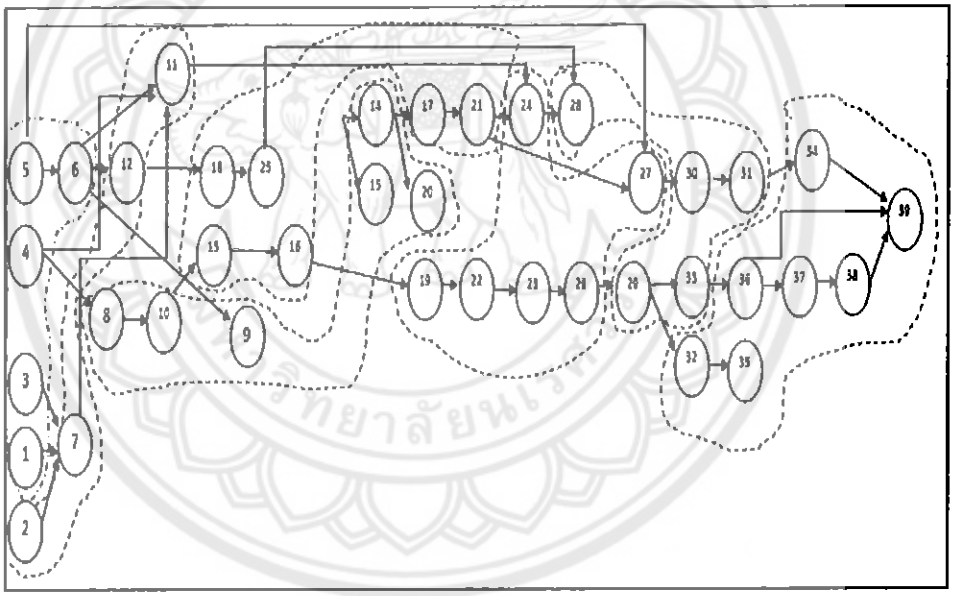
Idle Time : 90

Workload Variance : 36.0

ค่าคำตอบที่เหมาะสมในปัญหาขนาด 39 งาน

Best so far of solution is: {3 5 1 6 4} {2 7 11 12} {14 15 20 9 8 10} {18 25 13 17 16 21} {19 24 22 23 27 26} {30 29 28 33 31} {34 32 35 36 37 38 39}

Station 1 have task 3 , 5 , 1 , 6 , 4	Total Time is :	102
Station 2 have task 2 , 7 , 11 , 12	Total Time is :	115
Station 3 have task 14 , 15 , 20 , 9 , 8 , 10	Total Time is :	112
Station 4 have task 18 , 25 , 13 , 17 , 16 , 21	Total Time is :	113
Station 5 have task 19 , 24 , 22 , 23 , 27 , 26	Total Time is :	110
Station 6 have task 30 , 29 , 28 , 33 , 31	Total Time is :	117
Station 7 have task 34 , 32 , 35 , 36 , 37 , 38 , 39	Total Time is :	132



รูปที่ ง.5 การจัดสมดุลสายงานการประกอบของปัญหา 39 งาน

Workstation : 7

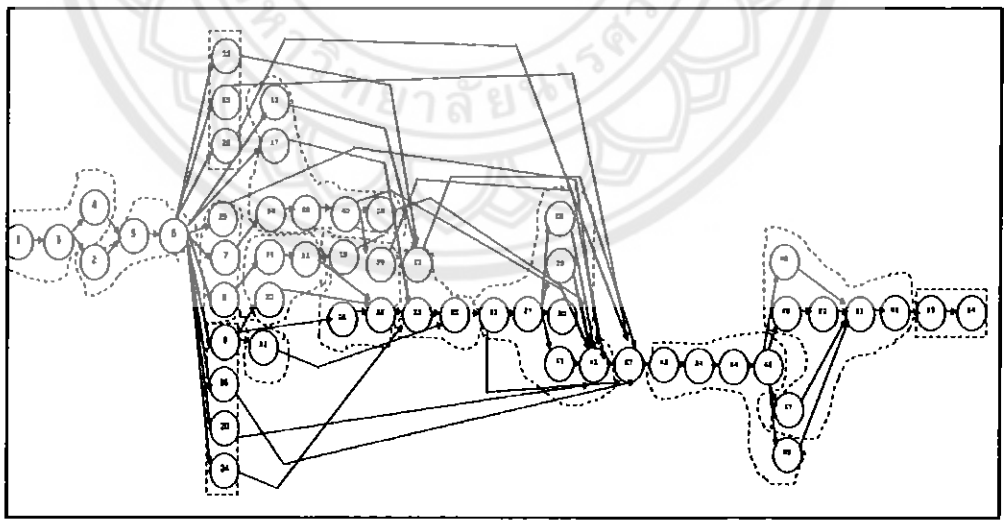
Idle Time : 137

Workload Variance: 71.1020408166

ค่าคำตอบที่เหมาะสมในปัญหาขนาด 54 งาน

Best so far of solution is: {1 3 4} {2 5 6} {36 20 14 9} {22 19 7 8} {26 33 11} {13 10 31} {34 35 17 18 40 12} {15 16 38 39} {23 21 25} {32 27 29 28 41 30 42} 37 {43 24 44 48 45} {47 49 50 46 51 52} {53 54}

Station 1 have task 1 , 3 , 4	Total Time is : 75
Station 2 have task 2 , 5 , 6	Total Time is : 75
Station 3 have task 36 , 20 , 14 , 9	Total Time is : 72
Station 4 have task 22 , 19 , 7 , 8	Total Time is : 75
Station 5 have task 26 , 33 , 11	Total Time is : 75
Station 6 have task 13 , 10 , 31	Total Time is : 78
Station 7 have task 34 , 35 , 17 , 18 , 40 , 12	Total Time is : 72
Station 8 have task 15 , 16 , 38 , 39	Total Time is : 72
Station 9 have task 23 , 21 , 25	Total Time is : 75
Station 10 have task 32 , 27 , 29 , 28 , 41 , 30 , 42	Total Time is : 75
Station 11 have task 37	Total Time is : 80
Station 12 have task 43 , 24 , 44 , 48 , 45	Total Time is : 70
Station 13 have task 47 , 49 , 50 , 46 , 51 , 52	Total Time is : 65
Station 14 have task 53 , 54	Total Time is : 80



รูปที่ ง.6 การจัดสมดุลสายงานการประกอบของปัญหา 54 งาน

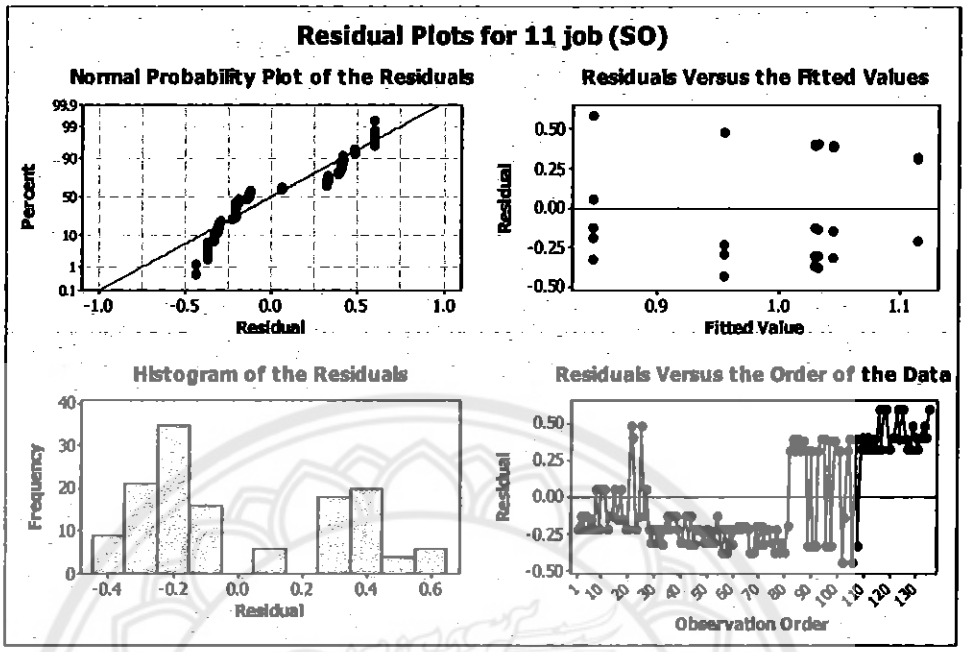
Workstation : 14

Idle Time : 81

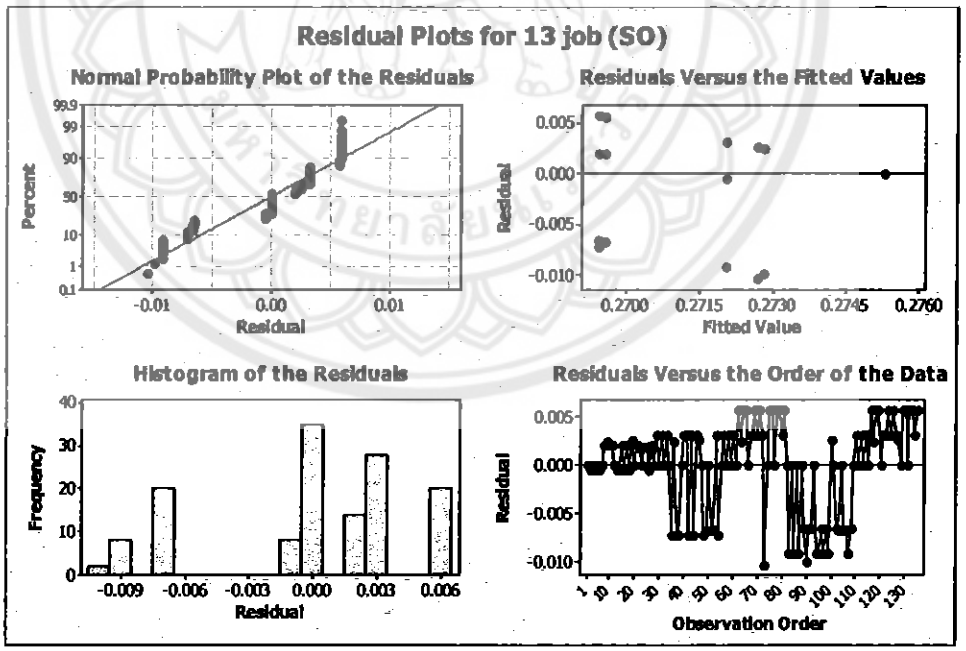
Workload Variance : 14.4540816327

ภาคผนวก จ.
กราฟ Residual Plot ของทุกปัญหา ด้วยเทคนิค SO

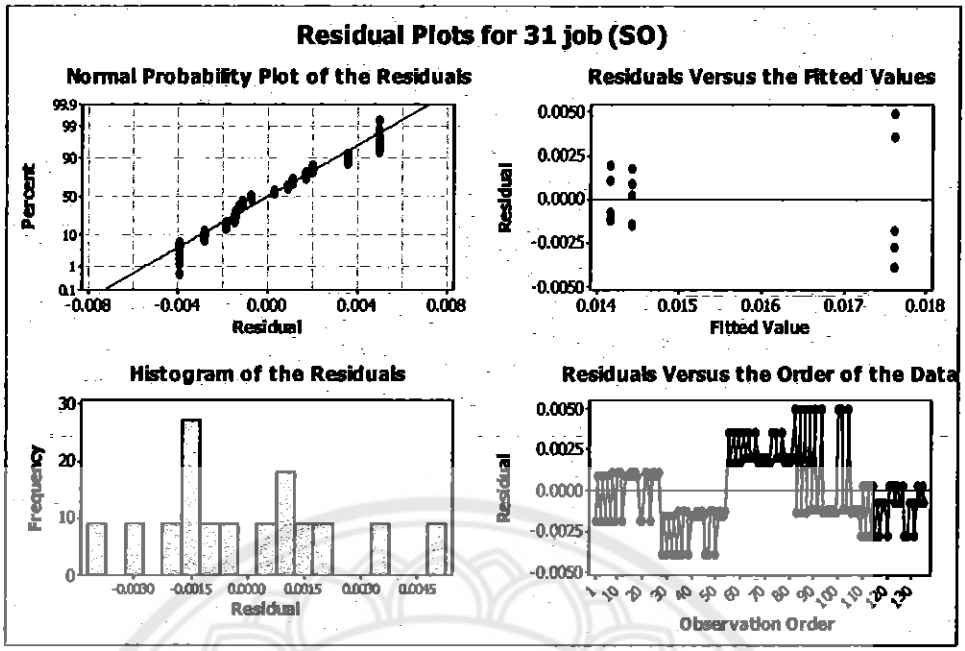
กราฟ Residual Plot ของทุกปัญหา



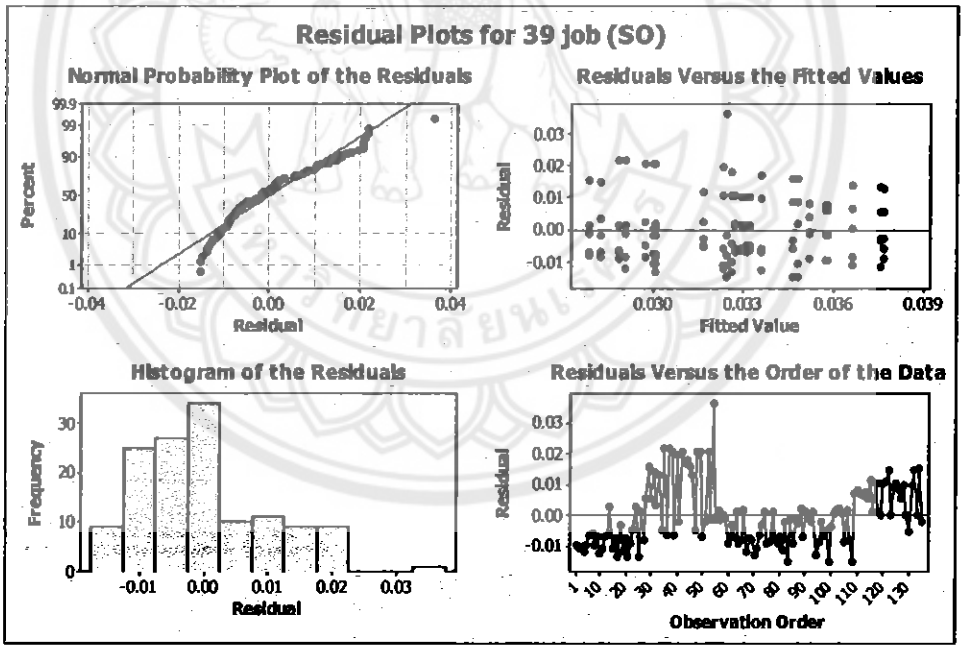
รูปที่ จ.1 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 11 งาน



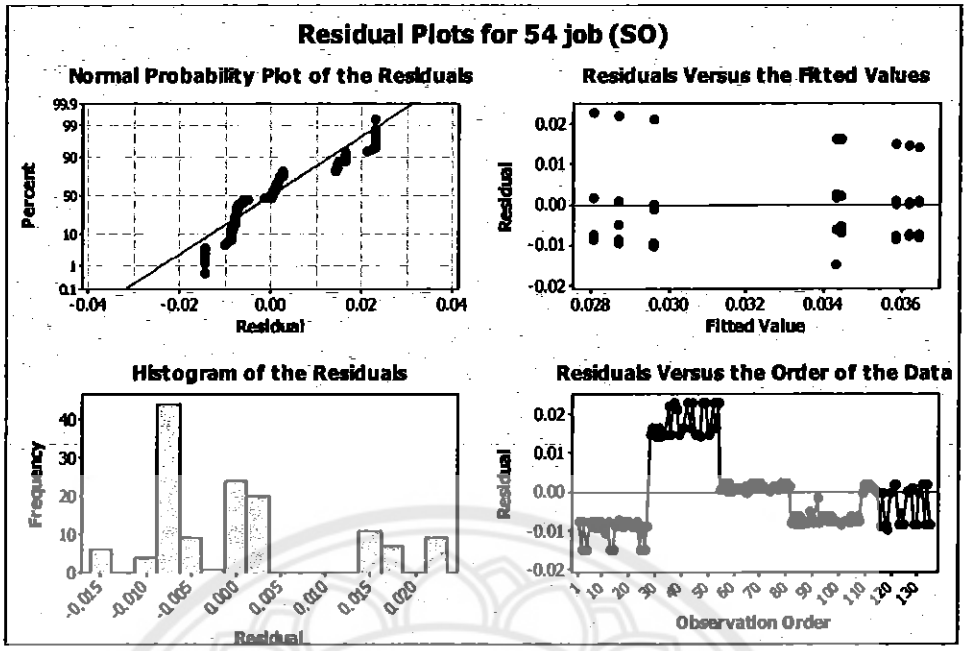
รูปที่ จ.2 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 13 งาน



รูปที่ จ.3 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 31 งาน



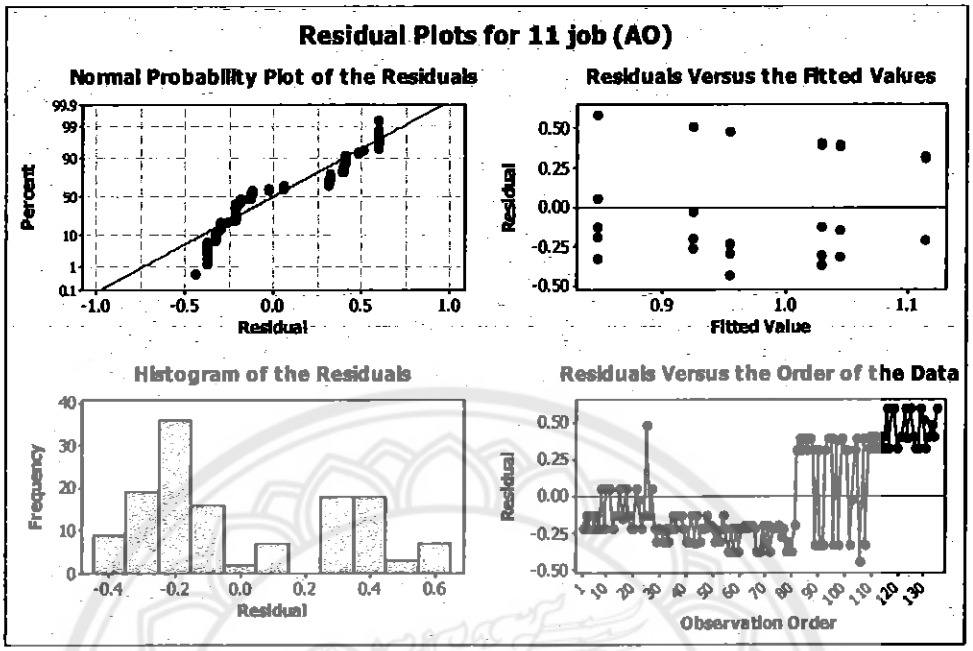
รูปที่ จ.4 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 39 งาน



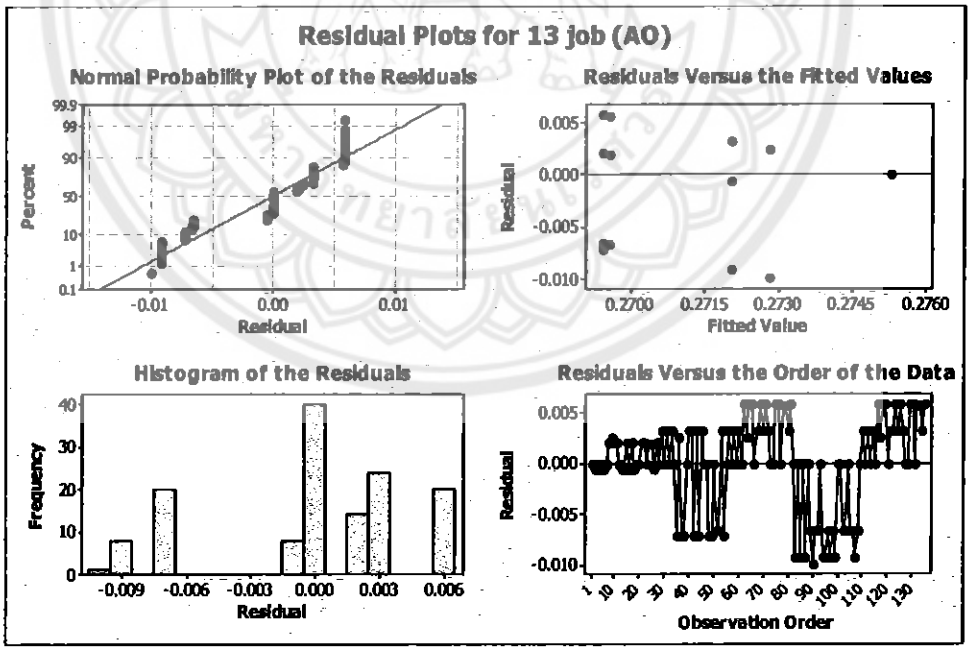
รูปที่ จ.5 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 54 งาน

ภาคผนวก ฉ.
กราฟ Residual Plot ของทุกปัญหา ด้วยเทคนิค AO

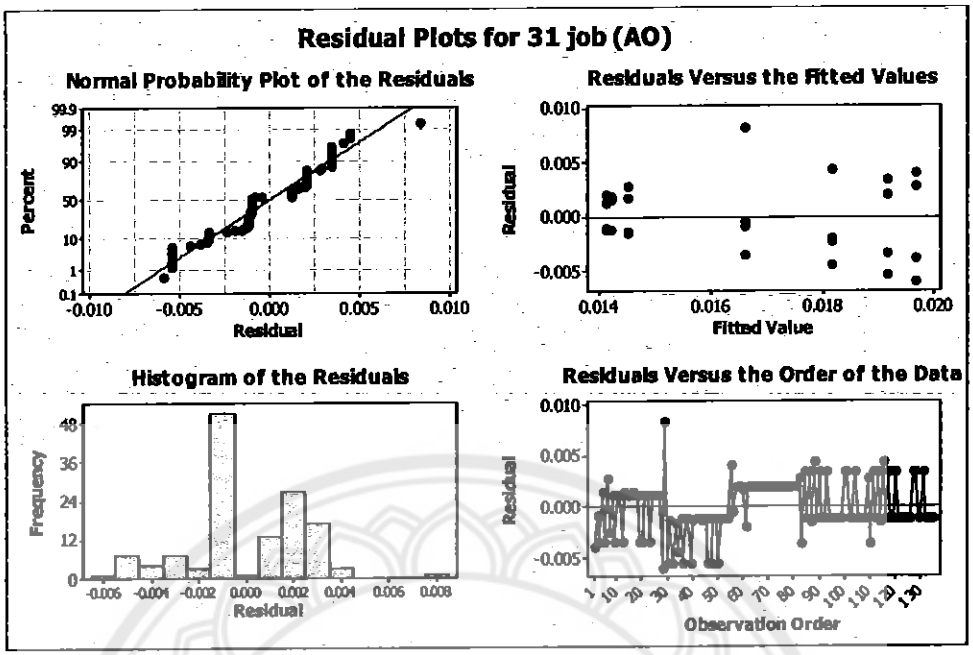
กราฟ Residual Plot ของทุกปัญหา



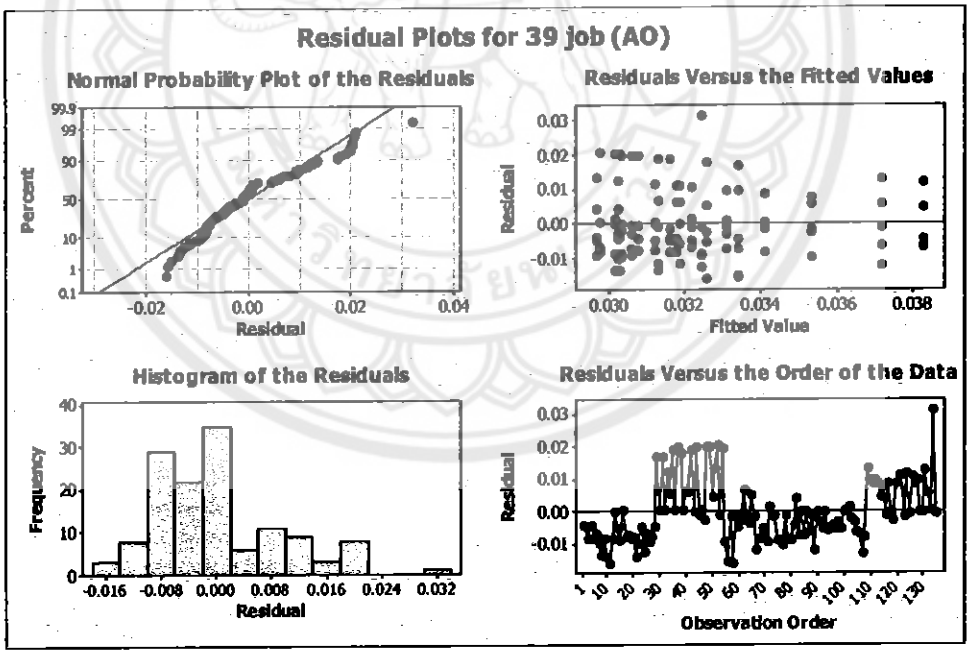
รูปที่ ฉ.1 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 11 งาน



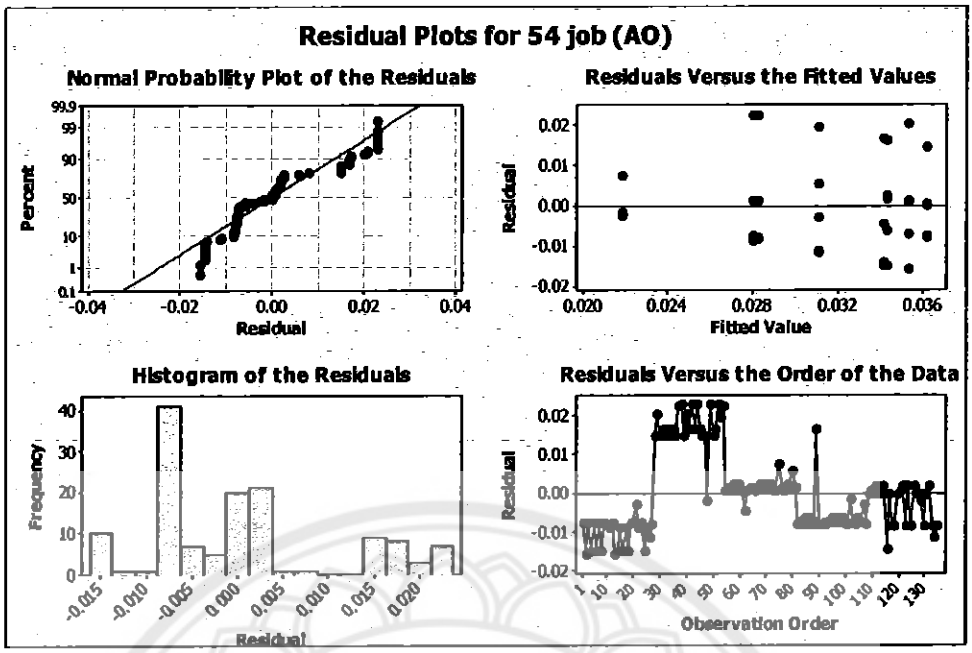
รูปที่ ฉ.2 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 13 งาน



รูปที่ ฉ.3 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 31 งาน

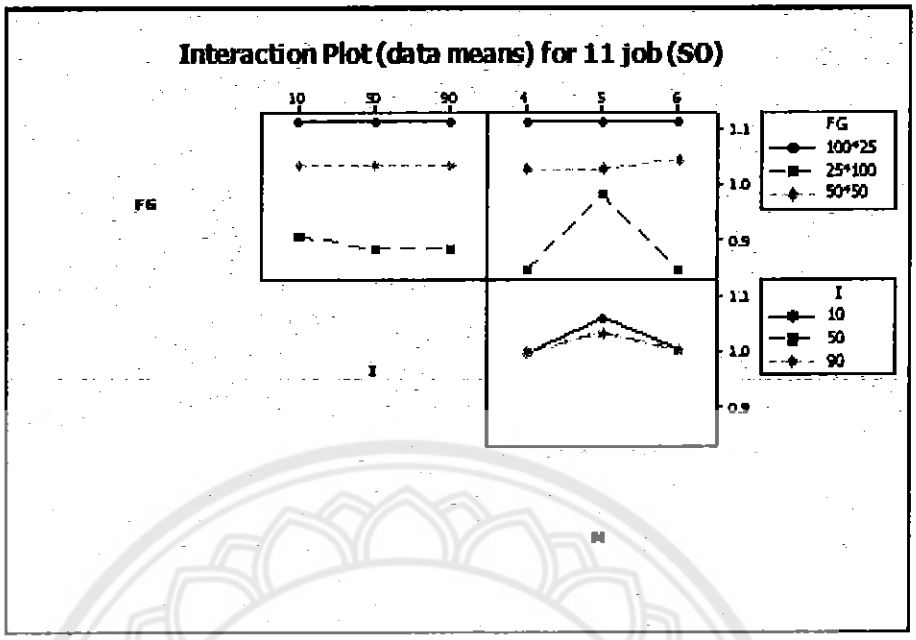


รูปที่ ฉ.4 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 39 งาน

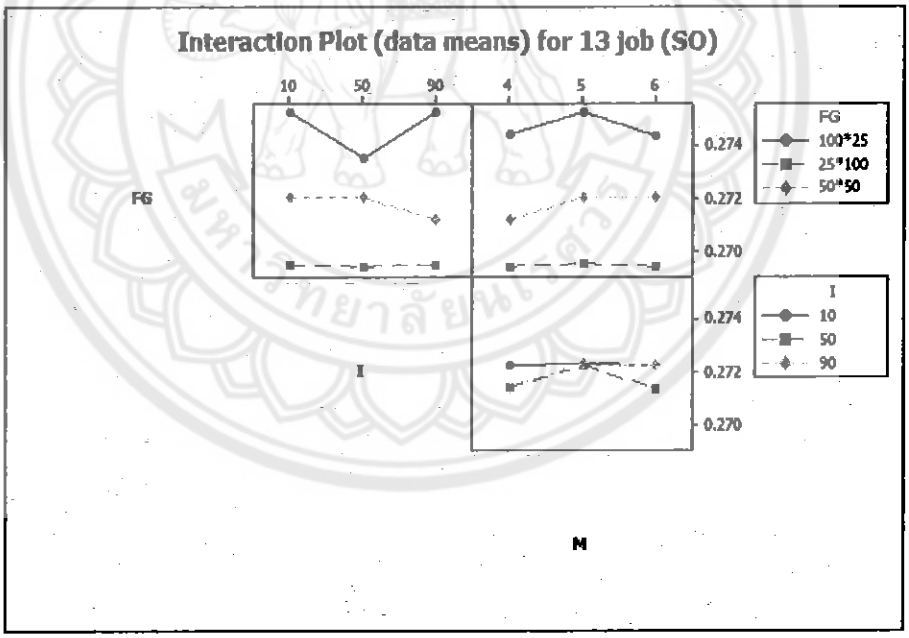


รูปที่ ฉ.5 กราฟ Residual Plot ของปัญหา 54 งาน

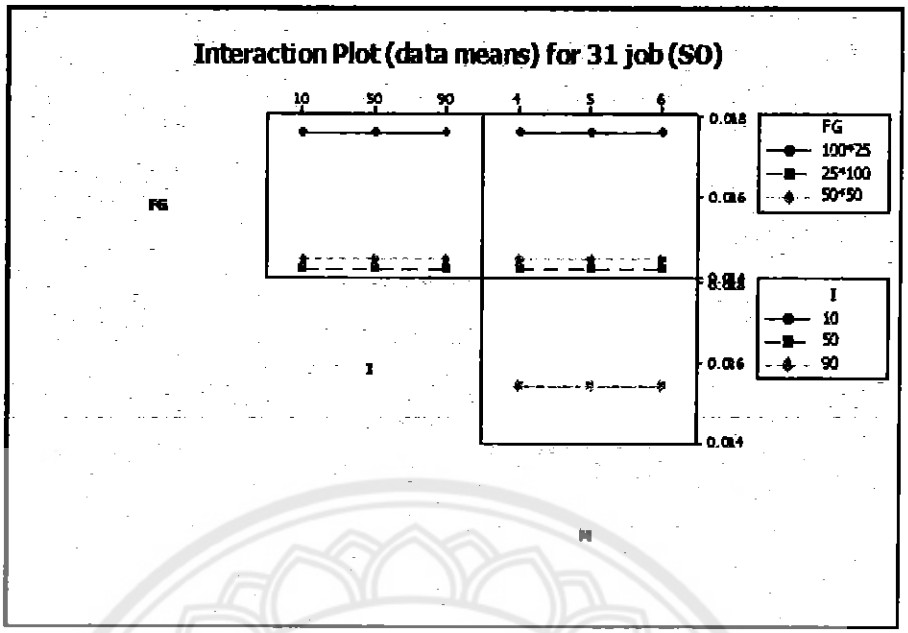
ภาคผนวก ช.
กราฟ Interaction Plot ของทุกปัญหา ด้วยเทคนิค SO



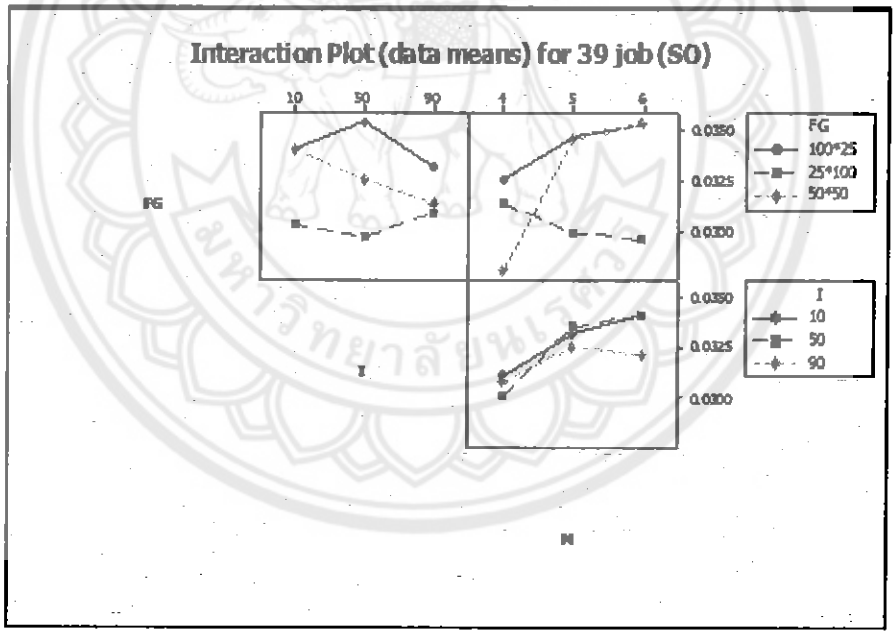
รูปที่ ช.1 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 11 งาน



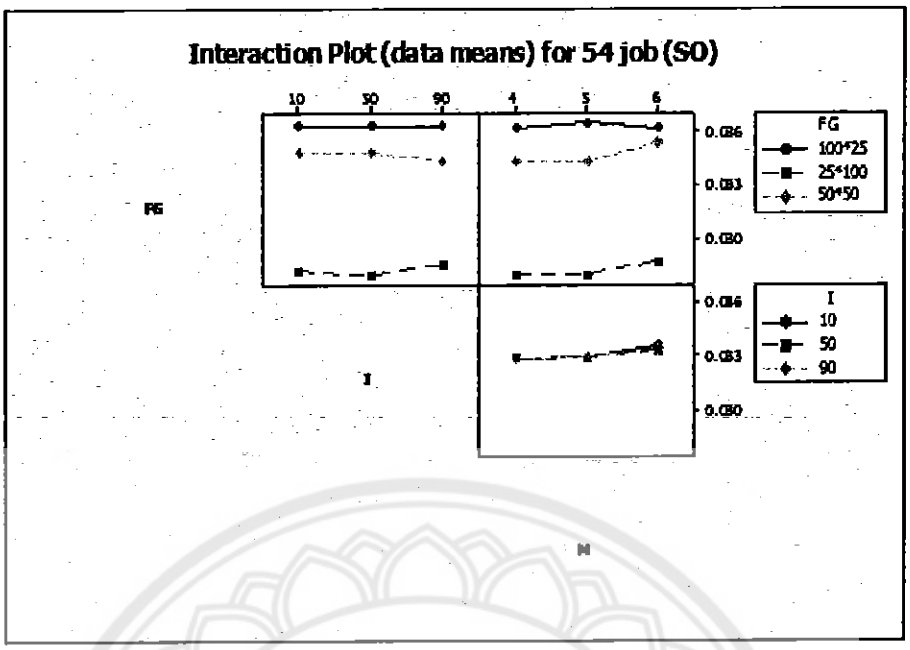
รูปที่ ช.2 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 13 งาน



รูปที่ ช.3 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 31 งาน



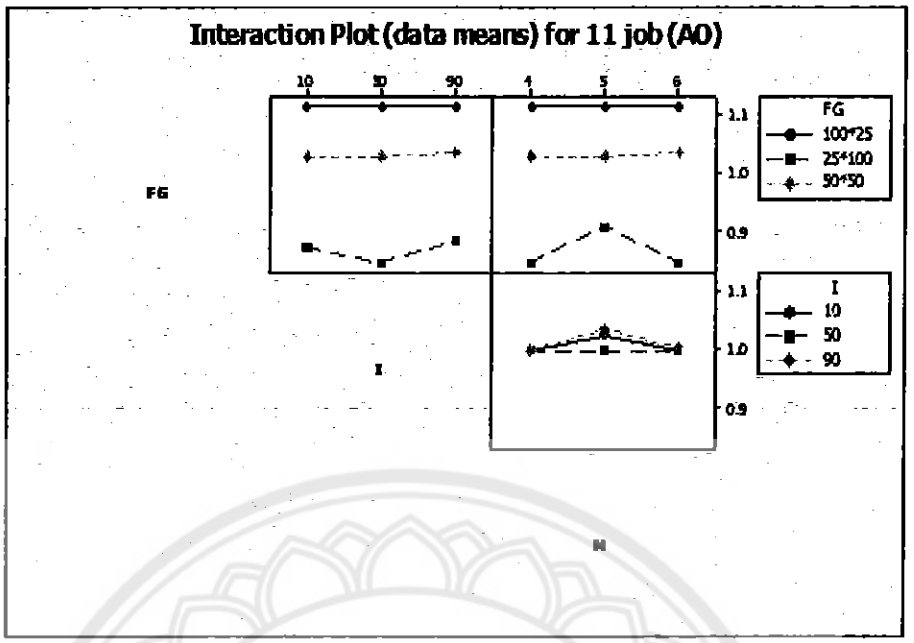
รูปที่ ช.4 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 39 งาน



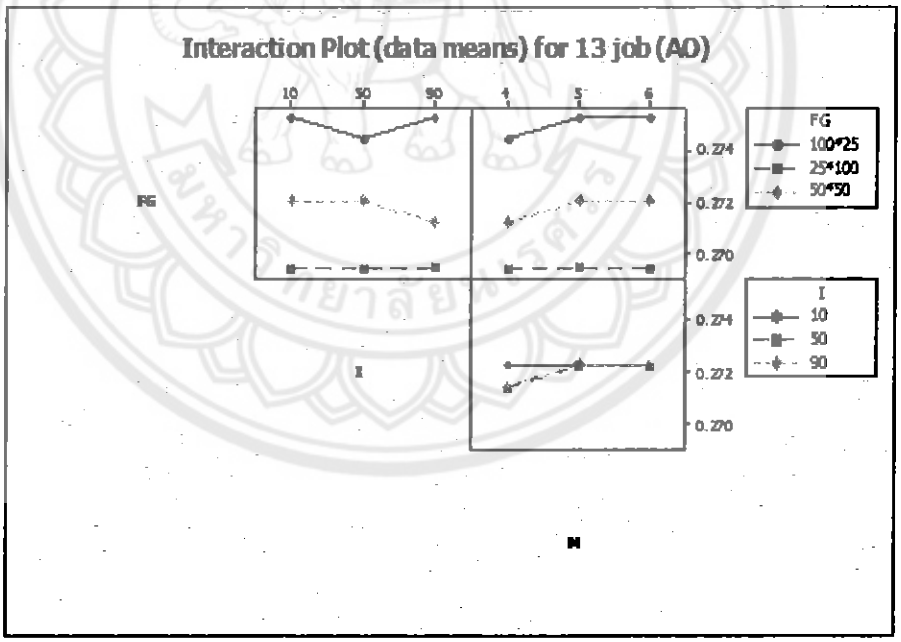
รูปที่ ช.5 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 54 งาน

ภาคผนวก ซ.

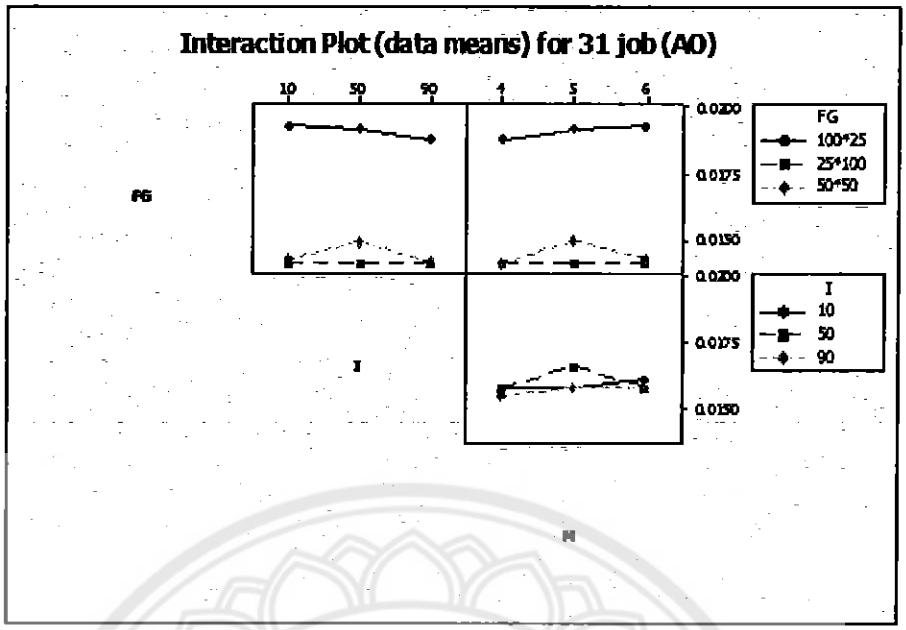
กราฟ Interaction Plot ของทุกปัญหา ด้วยเทคนิค AO



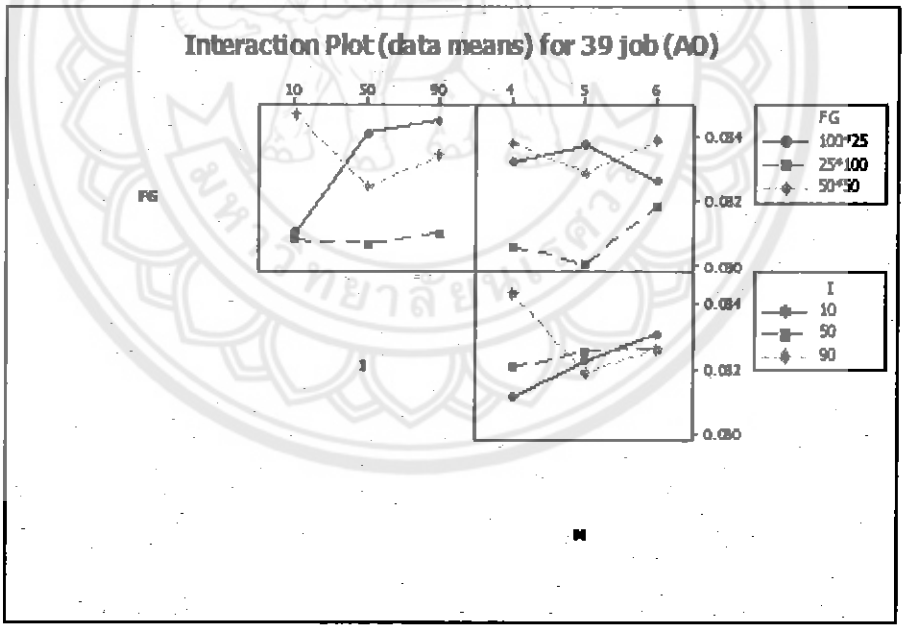
รูปที่ ซ.1 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 11 งาน



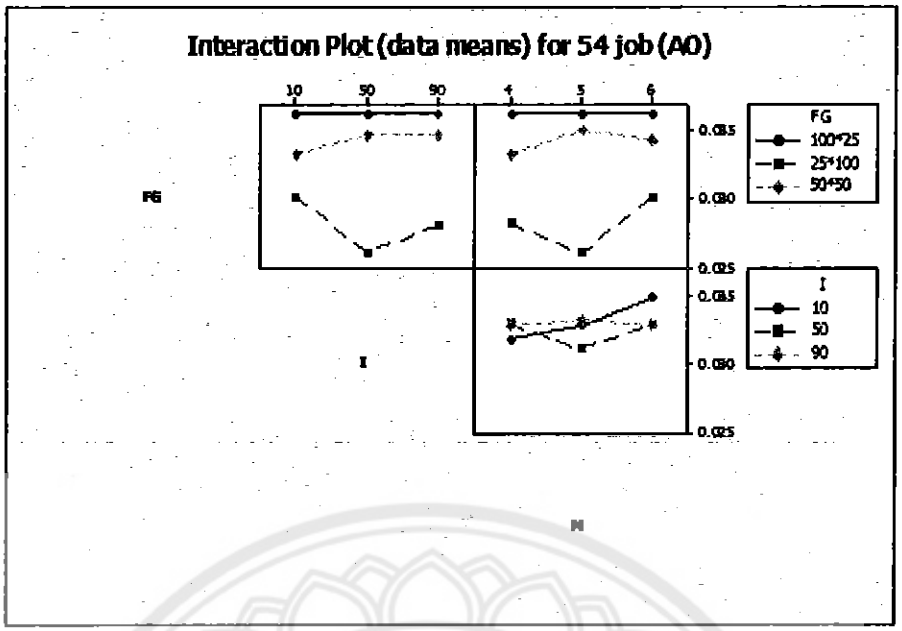
รูปที่ ซ.2 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 13 งาน



รูปที่ ช.3 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 31 งาน



รูปที่ ช.4 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 39 งาน



รูปที่ ซ.5 กราฟ Interaction Plot ของปัญหา 54 งาน