

การวิเคราะห์ผลกระทบของกฎการจ่ายงานที่มีต่อประสิทธิภาพของโรงงานประกอบ  
ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบทันเวลาพอดี



นางสาวพิรลักษณ์ โตตระกูล

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ISBN 974-14-2927-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN ANALYSIS OF DISPATCHING RULES ON ASSEMBLY SHOP EFFICIENCY  
UNDER JUST-IN-TIME ENVIRONMENT



Miss Piralux Totrakool

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

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

ISBN 974-14-2927-4

Copyright of Chulalongkorn University



พริลักษ์ณ์ โศตระภูต : การวิเคราะห์ผลกระทบของกฎการจ่ายงานที่มีต่อประสิทธิภาพ  
ของโรงงานประกอบภายใต้สภาพแวดล้อมแบบทันเวลาพอดี (AN ANALYSIS OF  
DISPATCHING RULES ON ASSEMBLY SHOP EFFICIENCY UNDER JUST-IN-  
TIME ENVIRONMENT) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร.ปารเมศ ชูติมา, 372 หน้า. ISBN 974-14-  
2927-4

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของกฎการจ่ายงานที่มีต่อ  
ประสิทธิภาพของโรงงานประกอบ ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบทันเวลาพอดี ซึ่งทำการศึกษาภายใต้  
ปัจจัยในการทดลอง ได้แก่ กฎการจ่ายงาน ซึ่งได้เลือกมาจากกฎที่พบว่าให้ประสิทธิภาพการทำงาน  
โดยรวมที่ดีจากงานวิจัยต่างๆ และกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยจะทำการศึกษาให้ครอบคลุมทุก  
ประเภทของการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งประกอบไปด้วยการกำหนดเวลาส่งมอบจากภายนอกและ  
การกำหนดเวลาส่งมอบจากภายใน การกำหนดเวลาส่งมอบจากภายนอกจะประกอบด้วย  
การกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นค่าคงที่และกำหนดโดยวิธีการสุ่ม ส่วนการกำหนดเวลาส่งมอบจาก  
ภายใน จะสามารถแบ่งได้เป็นการกำหนดเวลาส่งมอบโดยใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงาน  
เพียงด้านเดียว และการกำหนดโดยใช้ทั้งข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานร่วมกับข้อมูลทางด้าน  
สถานภาพของระบบในปัจจุบัน โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบประกอบด้วย ค่าเวลาการ  
ไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ค่าสัมบูรณ์ของเวลา  
สายโดยเฉลี่ย เวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย รวมไปถึงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
ของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบ  
ของงานโดยเฉลี่ย

จากผลการทดลองพบว่ากฎ LF เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ประสิทธิภาพ โดยรวมที่ดีกว่า  
กฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ ยกเว้นประสิทธิภาพทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงาน  
สำหรับงานในทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎการจ่ายงานที่  
ให้ประสิทธิภาพทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ยดีที่สุด นอกจากนั้นงานวิจัย  
นี้ยังได้ทำการพัฒนากฎการจ่ายงานทั้งสอง โดยให้มีการเพิ่มการพิจารณาระดับของการประกอบ  
และคำสั่งการผลิตของงานสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF และให้มีการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับ  
ความสำคัญให้กับกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ซึ่งผลการทดลองพบว่ากฎการจ่ายงานที่ได้รับการ  
ปรับปรุงทั้งสองนั้นสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้น โดยเฉพาะในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบสูง หรือชิ้นงานที่มีโครงสร้างของการประกอบหลายระดับ

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม..... ลายมือชื่อนิสิต.....*พริลักษ์ณ์ โศตระภูต*.....  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา.....2549.....


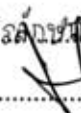
## 47703813 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD DISPATCHING RULES / ASSEMBLY SHOP / JUST-IN-TIME / COMPUTER SIMULATION

PIRALUX TOTRAKOOL : AN ANALYSIS OF DISPATCHING RULES ON ASSEMBLY SHOP EFFICIENCY UNDER JUST-IN-TIME ENVIRONMENT.  
 THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.PARAMES CHUTIMA, Ph.D, 372 pp. ISBN 974-14-2927-4

The purpose of this research is to conduct a study on the use of priority dispatching rules in an assembly shop simulation process under several operating conditions. Dispatching rules are chosen from the best rules seen in literature and due date assignment rules are chosen from various due date assignment methods composing of external and internal settings. The external setting assigns due date by giving constant period or random. Two types of internal setting are the use of job characteristic information and the both use of job characteristic and current shop status information. The performance measurements consist of mean flow time, mean tardiness, percent of tardy jobs, mean absolute lateness, mean staging time, standard deviation of mean tardiness, and standard deviation of staging time.

The simulation results indicate that the LF rule performs better than the other dispatching rules from overall performance measurements except in the criteria involving staging time of jobs for all product structures. However, the S/OPN rule is the best dispatching rule on the staging time of jobs. The research also attempts to improve the performances of LF and S/OPN rules by adding a new algorithm that concerns with an assembly level and minimum order to the LF rule and a new algorithm concerns with the priority jumping to the S/OPN rule. The findings show that both of developing dispatching rules give better results in some conditions especially in tall structure products or the products having a lot of assembly levels.

Department .....Industrial Engineering..... Student's Signature..........  
 Field of Study ...Industrial Engineering... Advisor's Signature..........  
 Academic Year .....2006.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือ และการให้คำปรึกษาของรองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ และข้อคิดต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ธิวัชรวิเศษ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เกาประเสริฐวงศ์ และอาจารย์ ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตตติเจริญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณพี่เอ พี่เก้ ที่ให้ความอนุเคราะห์หาแผ่นโปสเตอร์มาให้ และขอขอบคุณพี่โก้ ที่ช่วยวางรากฐานมาให้เป็นอย่างดี พี่โคมที่ช่วยปูพื้นฐานความรู้ทางโปสเตอร์ รวมทั้งขอขอบคุณตัวเอง ที่มีความอดทนเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ-คุณแม่ ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณป้าปิ้ง สำหรับความเอื้ออาทรและอาหารจานอร่อยในทุกๆ เดือน รวมถึงพี่หวาน พี่ชม ที่คอยเป็นกำลังใจและห่วงใยเสมอมา ตลอดทั้ง ค.ช.ปู้ก๊าก ค.ช.จิว และค.ช.แท้ ที่สร้างรอยยิ้มให้คุณแวนได้เสมอ สุดท้ายที่ลืมไม่ได้ คือ พญ. จันทร์ศรี โคมฉาย ที่คอยให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญรูป .....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	3
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	4
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	8
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
1.7 สรุปเนื้อหาในงานวิจัย .....	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	10
2.1 บทนำ.....	10
2.2 ระบบการผลิตแบบตามงาน .....	10
2.3 ระบบผลิตแบบสายการประกอบ .....	11
2.4 ระบบผลิตแบบผลิตแบบโตโยต้า .....	12
2.5 การจัดตารางการผลิต.....	18
2.6 การจำลองแบบปัญหา.....	28
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
2.8 สรุป .....	44
บทที่ 3 การจำลองแบบปัญหา .....	45
3.1 บทนำ.....	45
3.2 โครงสร้างผลิตภัณฑ์.....	46
3.3 แบบจำลองของระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ .....	47
3.4 การสร้างแบบจำลอง.....	55
3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง.....	58

3.6 การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง .....	63
3.7 สรุปผลการสร้างแบบจำลองปัญหา .....	69
บทที่ 4 การออกแบบการทดลอง .....	70
4.1 บทนำ.....	70
4.2 กฎการจ่ายงาน .....	70
4.3 กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ .....	72
4.4 สรุปปัจจัยในการทดลอง.....	76
บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	77
5.1 บทนำ.....	77
5.2 ระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่แน่นอน.....	77
5.3 ระบบที่ไม่สามารถหาจุดสิ้นสุดได้ .....	174
5.4 สรุปผลการทดลอง.....	270
บทที่ 6 การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ.....	287
6.1 บทนำ.....	287
6.2 การพัฒนากฎการจ่ายงาน.....	287
6.3 สรุปผลการทดลอง.....	342
บทที่ 7 สรุปผลการดำเนินงาน.....	346
7.1 สรุป.....	346
7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต .....	351
รายการอ้างอิง .....	353
ภาคผนวก ก ตัวอย่างไฟล์ของแบบจำลองปัญหาที่เป็นแบบจำลองพื้นฐาน .....	359
ภาคผนวก ข ตารางการออกแบบการทดลอง.....	371
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	372



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1	ผลทางด้านเวลาการไหลของงานจากการรัน โปรแกรม 10 Replications ของระบบ Terminating System.....	65
ตารางที่ 3-2	ผลทางด้านเวลาการไหลของงานจากการรัน โปรแกรม 10 Replications ของระบบ Non-Terminating System .....	68
ตารางที่ 4-1	ปริมาณงานที่เข้าสู่ระบบในแต่ละโครงสร้างผลิตภัณฑ์.....	72
ตารางที่ 4-2	ค่าคงที่ (K) ที่ใช้ในการทดลองสำหรับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ .....	75
ตารางที่ 5-1	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ของระบบ Terminating System.....	82
ตารางที่ 5-2	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ของระบบ Terminating System.....	87
ตารางที่ 5-3	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของ ระบบ Terminating System .....	92
ตารางที่ 5-4	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบ แบนของระบบ Terminating System.....	97
ตารางที่ 5-5	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	106
ตารางที่ 5-6	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	107
ตารางที่ 5-7	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	108

ตารางที่ 5-8	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง ของระบบ Terminating System.....	114
ตารางที่ 5-9	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาต่ำซ้ำของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของ ระบบ Terminating System .....	119
ตารางที่ 5-10	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของ ระบบ Terminating System .....	124
ตารางที่ 5-11	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง ของระบบ Terminating System.....	129
ตารางที่ 5-12	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System .....	138
ตารางที่ 5-13	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System .....	139
ตารางที่ 5-14	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System .....	140
ตารางที่ 5-15	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบ ซับซ้อนของระบบ Terminating System .....	146
ตารางที่ 5-16	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาต่ำซ้ำของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน ของระบบ Terminating System.....	151
ตารางที่ 5-17	ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน ของระบบ Terminating System.....	156

ตารางที่ 5-18 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบ ซับซ้อนของระบบ Terminating System .....	161
ตารางที่ 5-19 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System.....	170
ตารางที่ 5-20 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System.....	171
ตารางที่ 5-21 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System.....	172
ตารางที่ 5-22 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ของระบบ Non-Terminating System .....	178
ตารางที่ 5-23 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาต่ำสุดของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ของระบบ Non-Terminating System .....	183
ตารางที่ 5-24 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของ ระบบ Non-Terminating System .....	188
ตารางที่ 5-25 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบ แบนของระบบ Non-Terminating System.....	193
ตารางที่ 5-26 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	202
ตารางที่ 5-27 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	203

ตารางที่ 5-28 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	204
ตารางที่ 5-29 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง ของระบบ Non-Terminating System .....	210
ตารางที่ 5-30 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของ ระบบ Non-Terminating System .....	215
ตารางที่ 5-31 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของ ระบบ Non-Terminating System .....	220
ตารางที่ 5-32 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง ของระบบ Non-Terminating System .....	225
ตารางที่ 5-33 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System .....	234
ตารางที่ 5-33 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System .....	235
ตารางที่ 5-35 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System .....	236
ตารางที่ 5-36 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบ ซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System .....	242
ตารางที่ 5-37 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน ของระบบ Non-Terminating System .....	247

ตารางที่ 5-38 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน ของระบบ Non-Terminating System .....	252
ตารางที่ 5-39 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบ ซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System .....	257
ตารางที่ 5-40 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non- Terminating System.....	266
ตารางที่ 5-41 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	267
ตารางที่ 5-42 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณา ด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	268
ตารางที่ 5-43 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	270
ตารางที่ 5-44 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	272
ตารางที่ 5-45 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System.....	275
ตารางที่ 5-46 จำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตที่มากที่สุด ในแต่ละแถวคอกของ เครื่องจักรสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF และ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน .....	278
ตารางที่ 5-47 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	279

ตารางที่ 5-48	กฎการย้ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	280
ตารางที่ 5-49	กฎการย้ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	282
ตารางที่ 6-1	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test.....	292
ตารางที่ 6-2	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับ ปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน .....	293
ตารางที่ 6-3	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test.....	301
ตารางที่ 6-4	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับ ปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง .....	302
ตารางที่ 6-5	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test.....	310
ตารางที่ 6-6	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับ ปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	311
ตารางที่ 6-7	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการเพิ่มเทคนิค ในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้าง แบบแบน โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test .....	320
ตารางที่ 6-8	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่ม เทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน .....	321
ตารางที่ 6-9	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการเพิ่มเทคนิค ในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้าง แบบสูง โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test.....	329

ตารางที่ 6-10 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง .....	330
ตารางที่ 6-11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test.....	338
ตารางที่ 6-12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน.....	339
ตารางที่ 7-1 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด.....	347

## สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1	ทิศทางการไหลของงานบนแต่ละเครื่องจักร .....	11
รูปที่ 2-2	ตัวอย่างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ A .....	26
รูปที่ 3-1	โครงสร้างของรูปแบบรายการวัสดุ (BOM).....	46
รูปที่ 3-2	แบบจำลองของระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ .....	48
รูปที่ 3-3	แผนภาพแสดงการไหลของงานในระบบ .....	53
รูปที่ 3-4	ตัวอย่าง Block Diagram ของแบบจำลองพื้นฐาน ในโปรแกรม ARENA .....	56
รูปที่ 3-5	ตัวอย่าง Element ของแบบจำลองพื้นฐาน ในโปรแกรม ARENA.....	58
รูปที่ 3-6	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Step และ Go.....	59
รูปที่ 3-7	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Break และ Cancel Break.....	60
รูปที่ 3-8	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Trace.....	61
รูปที่ 3-9	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Watch และ Cancel Watch.....	62
รูปที่ 3-10	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Show Command และ View Command.....	63
รูปที่ 3-11	กราฟ Moving Average ของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบบ .....	66
รูปที่ 3-12	กราฟ Moving Average ของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง .....	66
รูปที่ 3-13	กราฟ Moving Average ของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน.....	67
รูปที่ 3-14	กราฟ Correlogram ของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง.....	68
รูปที่ 5-1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	78
รูปที่ 5-2	ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	79
รูปที่ 5-3	ความสัมพันธ์ระหว่างกฎกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	80
รูปที่ 5-4	ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	81
รูปที่ 5-5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	83
รูปที่ 5-6	ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	84



รูปที่ 5-7	ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	85
รูปที่ 5-8	ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	86
รูปที่ 5-9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	88
รูปที่ 5-10	ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	89
รูปที่ 5-11	ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	90
รูปที่ 5-12	ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	91
รูปที่ 5-13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	93
รูปที่ 5-14	ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	94
รูปที่ 5-15	ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System .....	95
รูปที่ 5-16	ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดย เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System ..	96
รูปที่ 5-17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	98
รูปที่ 5-18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	98
รูปที่ 5-19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Terminating System.....	99

รูปที่ 5-20 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย ของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	99
รูปที่ 5-21 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	100
รูปที่ 5-22 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	100
รูปที่ 5-23 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	101
รูปที่ 5-24 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	102
รูปที่ 5-25 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	102
รูปที่ 5-26 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	103
รูปที่ 5-27 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	104
รูปที่ 5-28 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Terminating System.....	104
รูปที่ 5-29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	110



รูปที่ 5-45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System .	130
รูปที่ 5-46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System .	130
รูปที่ 5-47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System .	131
รูปที่ 5-48 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	131
รูปที่ 5-49 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	132
รูปที่ 5-50 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	132
รูปที่ 5-51 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	133
รูปที่ 5-52 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	134
รูปที่ 5-53 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	134
รูปที่ 5-54 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	135
รูปที่ 5-55 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Terminating System.....	136

รูปที่ 5-56 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ  
โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ  
Terminating System..... 136

รูปที่ 5-57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต  
ชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System ..... 142

รูปที่ 5-58 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่  
ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System..... 143

รูปที่ 5-59 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System..... 144

รูปที่ 5-60 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงานโดย  
เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System... 145

รูปที่ 5-61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต  
ชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System ..... 147

รูปที่ 5-62 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต  
ชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System ..... 148

รูปที่ 5-63 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System..... 149

รูปที่ 5-64 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System..... 150

รูปที่ 5-65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิต  
ชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System ..... 152

รูปที่ 5-66 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิต  
ชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Terminating System ..... 153

รูปที่ 5-67 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System..... 154

รูปที่ 5-68 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System..... 155

รูปที่ 5-69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System..... 157

รูปที่ 5-70 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System.....	158
รูปที่ 5-71 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดย เฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System....	159
รูปที่ 5-72 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยเมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดย เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System....	160
รูปที่ 5-73 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System .	162
รูปที่ 5-74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System..	162
รูปที่ 5-75 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System..	163
รูปที่ 5-76 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย ของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System .....	163
รูปที่ 5-77 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System .....	164
รูปที่ 5-78 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System .....	164
รูปที่ 5-79 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System .....	165
รูปที่ 5-80 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System .....	166
รูปที่ 5-81 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System .....	166

รูปที่ 5-82 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System.....	167
รูปที่ 5-83 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System.....	168
รูปที่ 5-84 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Terminating System.....	168
รูปที่ 5-85 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	174
รูปที่ 5-86 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	175
รูปที่ 5-87 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System ..	176
รูปที่ 5-88 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System ..	177
รูปที่ 5-89 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	179
รูปที่ 5-90 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	180
รูปที่ 5-91 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .	181
รูปที่ 5-92 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System ...	182
รูปที่ 5-93 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	184
รูปที่ 5-94 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System .....	185

รูปที่ 5-95 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Non-Terminating System ..	186
รูปที่ 5-96 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Non-Terminating System ..	187
รูปที่ 5-97 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Non-Terminating System.....	189
รูปที่ 5-98 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดย เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Non-Terminating System.....	190
รูปที่ 5-99 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดย เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Non-Terminating System.....	191
รูปที่ 5-100 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสาย โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Non-Terminating System.....	192
รูปที่ 5-101 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบแบบ Non-Terminating System.....	194
รูปที่ 5-102 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบแบบ Non-Terminating System.....	194
รูปที่ 5-103 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของ งาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบแบบ Non-Terminating System.....	195
รูปที่ 5-104 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ย ของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนของระบบ Non-Terminating System.....	195



รูปที่ 5-105 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ย ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	196
รูปที่ 5-106 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ย ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	196
รูปที่ 5-107 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	197
รูปที่ 5-108 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	198
รูปที่ 5-109 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	198
รูปที่ 5-110 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	199
รูปที่ 5-111 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	200
รูปที่ 5-112 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนของระบบ Non-Terminating System.....	200
รูปที่ 5-113 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	206
รูปที่ 5-114 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบ ที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	207

รูปที่ 5-115 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	208
รูปที่ 5-116 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	209
รูปที่ 5-117 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	211
รูปที่ 5-118 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System .....	212
รูปที่ 5-119 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System ...	213
รูปที่ 5-120 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System ...	214
รูปที่ 5-121 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	216
รูปที่ 5-122 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System .....	217
รูปที่ 5-123 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System ..	218
รูปที่ 5-124 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System ..	219
รูปที่ 5-125 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System ..	221
รูปที่ 5-126 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System ..	222
รูปที่ 5-127 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	223

รูปที่ 5-128 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยเมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	224
รูปที่ 5-129 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	226
รูปที่ 5-130 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	227
รูปที่ 5-131 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	227
รูปที่ 5-132 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	228
รูปที่ 5-133 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	228
รูปที่ 5-134 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	229
รูปที่ 5-135 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	230
รูปที่ 5-136 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	230
รูปที่ 5-137 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	231

รูปที่ 5-138 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	232
รูปที่ 5-139 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	232
รูปที่ 5-140 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงของระบบ Non-Terminating System.....	233
รูปที่ 5-141 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	238
รูปที่ 5-142 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบ ที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	239
รูปที่ 5-143 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดย เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	240
รูปที่ 5-144 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงานโดย เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	241
รูปที่ 5-145 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	243
รูปที่ 5-146 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	244
รูปที่ 5-147 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System ..	245
รูปที่ 5-148 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System ..	246
รูปที่ 5-149 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิต ชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	248

รูปที่ 5-150 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System..... 249

รูปที่ 5-151 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System .. 250

รูปที่ 5-152 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System .. 251

รูปที่ 5-153 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System . 253

รูปที่ 5-154 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System . 254

รูปที่ 5-155 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System..... 255

รูปที่ 5-156 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยเมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System..... 256

รูปที่ 5-157 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System..... 258

รูปที่ 5-158 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System..... 258

รูปที่ 5-159 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System..... 259

รูปที่ 5-160 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System..... 259

รูปที่ 5-161 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ย ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	260
รูปที่ 5-162 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ย ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	260
รูปที่ 5-163 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	261
รูปที่ 5-164 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	262
รูปที่ 5-165 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	262
รูปที่ 5-166 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	263
รูปที่ 5-167 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	264
รูปที่ 5-168 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อนของระบบ Non-Terminating System.....	264
รูปที่ 6-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับ ปรุงในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน.....	287
รูปที่ 6-2 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดย เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน .....	288
รูปที่ 6-3 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดย เฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน .....	289



รูปที่ 6-19	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง.....	302
รูปที่ 6-20	เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง .....	303
รูปที่ 6-21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	305
รูปที่ 6-22	เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน.....	306
รูปที่ 6-23	เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน.....	307
รูปที่ 6-24	เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน.....	307
รูปที่ 6-25	เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน.....	308
รูปที่ 6-26	เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	308
รูปที่ 6-27	เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	309
รูปที่ 6-28	เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	309
รูปที่ 6-29	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	311
รูปที่ 6-30	เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน.....	312
รูปที่ 6-31	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน.....	315
รูปที่ 6-32	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน.....	316



รูปที่ 6-33	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน.....	317
รูปที่ 6-34	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน ....	317
รูปที่ 6-35	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน.....	318
รูปที่ 6-36	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน .....	318
รูปที่ 6-37	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน .....	319
รูปที่ 6-38	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน .....	319
รูปที่ 6-39	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน .....	321
รูปที่ 6-40	เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน .....	322
รูปที่ 6-41	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง.....	324
รูปที่ 6-42	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง.....	325
รูปที่ 6-43	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง...	326

รูปที่ 6-44 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ  
ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง..... 326

รูปที่ 6-45 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ  
ที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบ  
สูง..... 327

รูปที่ 6-46 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ  
ที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบสูง ..... 327

รูปที่ 6-47 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ  
ที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบสูง ..... 328

รูปที่ 6-48 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ  
ที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบสูง ..... 328

รูปที่ 6-49 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ  
S/OPNในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง..... 330

รูปที่ 6-50 เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับ  
ความสำคัญให้กับกฎ S/OPNในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง ..... 331

รูปที่ 6-51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการ  
เพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบ  
ซับซ้อน ..... 333

รูปที่ 6-52 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ  
ที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบซับซ้อน..... 334

รูปที่ 6-53 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ  
ที่มีต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบซับซ้อน..... 335

รูปที่ 6-54 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ  
ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบ  
ซับซ้อน ..... 335

รูปที่ 6-55	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	336
รูปที่ 6-56	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	336
รูปที่ 6-57	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	337
รูปที่ 6-58	เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	337
รูปที่ 6-59	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	339
รูปที่ 6-60	เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน .....	340

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำ

ในสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบัน จุดประสงค์ที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การพัฒนาความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ ในส่วนของความผันผวนของปริมาณความต้องการของลูกค้าซึ่งเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความได้เปรียบในเชิงการแข่งขัน การที่ธุรกิจจะสามารถบรรลุถึงจุดประสงค์ดังกล่าวได้ ส่วนหนึ่งจำเป็นต้องมีการจัดระบบการผลิตที่ดีซึ่งสภาพการทำงานแบบทันเวลาพอดีนั้นจะสามารถสนับสนุนระบบการผลิตของโรงงานให้มีความสามารถในการตอบสนองต่อลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ตลอดทั้งช่วยควบคุมปริมาณของสินค้าคงคลังไม่ให้เกิดขึ้นมากเกินไป แต่อย่างไรก็ตามการนำเอาสภาพการทำงานแบบทันเวลาพอดีเข้ามาใช้เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถจะช่วยให้เกิดระบบการผลิตที่ดีได้ หากแต่ต้องมีการจัดลำดับการทำงานที่ดีด้วย ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ดำเนินธุรกิจจะต้องทำการตัดสินใจ

ปัญหาการจัดตารางการผลิตจะเกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตกลุ่มของงานหรือการดำเนินงานให้กับทรัพยากรในการผลิตที่มีอยู่ภายใต้กรอบของระยะเวลา ซึ่งตารางการผลิตที่ดีจะให้ระดับของสินค้าสำเร็จรูปในคลังสินค้าที่ต่ำแต่ให้ระดับการใช้งานของระบบการผลิตที่สูงรวมถึงเป็นตารางการผลิตที่ช่วยให้สามารถบรรลุข้อกำหนดทางด้านเวลาการส่งมอบงานกับลูกค้าได้ ซึ่งพบว่าการจัดลำดับการผลิตนั้นมีอิทธิพลโดยตรงต่อการพิจารณากำหนดเวลาส่งมอบของงาน (Due-date Assignment) โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า การจัดลำดับการทำงานมีความเกี่ยวข้องโดยตรงต่อการประมาณค่าระยะเวลาการไหลของงาน (Flow Time) อีกทั้งพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) และกฎในการกำหนดเวลาส่งมอบงาน (Due-date Assignment Rules) นั้นมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบอย่างมีนัยสำคัญ (Michelle and Kevin 1991, Huang 1984, Gary and Vincent 1984) จึงส่งผลให้การศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิต มุ่งประเด็นไปที่การพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ระยะเวลาการไหลของงานให้ได้อย่างถูกต้อง เพื่อมุ่งสู่การกำหนดเวลาส่งมอบให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงที่สุด โดยการพัฒนาแบบจำลองที่นิยมกันมากที่สุดได้แก่ การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Techniques)

การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ เป็นวิธีการหนึ่งในการสร้างแบบจำลองของระบบงานจริง แล้วดำเนินการทดลองโดยใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงาน หรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบ ภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ ซึ่ง

การใช้เทคนิคการจำลองปัญหาลักษณะนี้ทำให้ไม่จำเป็นต้องหยุดการทำงานจริงเพื่อทำการทดลอง และสามารถลดระยะเวลาการทำงานในระบบจริงให้เหลือเพียงระยะเวลาการทำงานบนคอมพิวเตอร์ได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบผลลัพธ์อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของงานดำเนินงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้สามารถนำไปใช้เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินงานของระบบได้อย่างลึกซึ้ง อันจะทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของระบบได้ในอนาคต

## 1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตระบบการผลิตของอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีลักษณะของการทำงานเป็นแบบที่งานแต่ละงานจะถูกดำเนินการบนเครื่องจักรตามลำดับก่อนหลังที่กำหนดให้เท่านั้นซึ่งหมายความว่างานทั้งหมดมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยที่เส้นทางในการผลิตจะมีลักษณะเป็นแบบอนุกรม ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะของการผลิตแบบตามงาน (Job Shop) โดยในการวัดประสิทธิภาพระบบการผลิตแบบตามงานนั้น โดยทั่วไปจะใช้การวัดในเรื่องของ เวลาล่าช้าเฉลี่ย และเวลาสายของงาน รวมทั้งเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย เป็นต้น ซึ่งจะพบว่าดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับกฎที่ใช้ในการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due-date Assignment Rules) และกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ที่นำมาใช้ในการจัดการการทำงาน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในความเป็นจริงแล้วผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มักเกิดจากการประกอบแบบทั้งสิ้น

ซึ่งต่อมาได้มีการนำเอาสายการประกอบเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของระบบการผลิตโดยสายการประกอบ (Assembly Line) จะมีลักษณะการผลิตที่ผลิตภัณฑ์หนึ่งเกิดจากส่วนประกอบย่อยหลายส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน เป็นระบบการผลิตที่ประกอบด้วยการทำงานทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน (Serial - Parallel Operations) ซึ่งพบว่าระบบในลักษณะนี้มีความยุ่งยากในเรื่องของการกำหนดเวลาไหลของงานที่แน่นอน เนื่องมาจากการเกิดสภาวะคอขวด (Bottleneck) ที่มีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น เกิดการรอคอยเนื่องจากส่วนประกอบย่อยบางส่วนไม่พร้อมสำหรับการประกอบ หรือความไม่สมดุลกันของอัตราการผลิต เป็นต้น ซึ่งพบว่าบ่อยครั้งที่เวลาส่งมอบของงานถูกพิจารณาให้เป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factor) ซึ่งทำให้มีผลต่อการกำหนดเวลาส่งมอบที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบสายการประกอบจะเป็นในส่วนของเวลาการรอคอยการประกอบ (Staging Time) เวลาล่าช้าของงาน เปอร์เซ็นต์ของจำนวนงานล่าช้า และค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness, MAL) เป็นต้น ซึ่งพบว่าโรงงานในอุตสาหกรรมปัจจุบันส่วนใหญ่ จะเป็นระบบการผลิตที่รวมทั้งสองส่วนของการทำงานเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นลักษณะของโรงงานประกอบ (Assembly Shop) คือเป็นการผลิตที่

มีทั้งงานที่ถูกดำเนินการในลักษณะของการทำงานแต่ละงานจะถูกทำบนเครื่องจักรตามลำดับ ก่อนหลังที่กำหนดให้ และมีการประกอบชิ้นส่วนย่อยหลายส่วนให้เป็นผลิตภัณฑ์ด้วยภายใน โรงงานเอง ซึ่งพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการผลิตแบบนี้ คือ การที่ส่วนประกอบย่อยไม่พร้อม สำหรับการประกอบ ซึ่งจะทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งมอบทั้งที่โดยความเป็นจริงแล้วการทำงาน เพื่อให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่ตกลงไว้กับลูกค้า นั่นถือเป็นส่วนหลักที่สำคัญทางธุรกิจ ซึ่งในการ แก้ปัญหาดังกล่าวทำให้ต้องมีการผลิตส่วนประกอบย่อยต่างๆ สำรองไว้เพื่อให้พร้อมสำหรับการ ผลิต ส่งผลให้จำเป็นต้องมีการเก็บสินค้าคงคลังในส่วนดังกล่าว ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายทำให้ ต้นทุนในการดำเนินงานสูงขึ้น

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาในเรื่องข้างต้นจึงได้มีการนำเอาสภาพการทำงานแบบ ทันเวลาพอดีเข้ามาใช้ในระบบการผลิต ซึ่งเป็นระบบการทำงานที่รักษาการไหลอย่างต่อเนื่องของ ผลิตภัณฑ์ภายใน โรงงานเพื่อให้สามารถปรับตัวอย่างยืดหยุ่นเข้ากับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความ ต้องการ ซึ่งจะหมายถึงการผลิตเฉพาะสิ่งที่จำเป็น ในปริมาณที่จำเป็น และในเวลาที่เหมาะสม ผลคือ วัสดุคงคลังและแรงงานส่วนเกินจะถูกขจัดไปโดยธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการ เพิ่มผลผลิตและการลดต้นทุนได้ โดยจะเรียกการผลิตแบบนี้ว่า การผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-in-time Production) ซึ่งดัชนีที่จะใช้วัดประสิทธิภาพของระบบการทำงานแบบนี้ คือ อัตราการใช้ ชิ้นส่วนในแต่ละสายการประกอบ จำนวนของคัมบังที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต เป็นต้น ซึ่ง การศึกษาโรงงานประกอบที่มีสภาพแวดล้อมการทำงานเป็นแบบทันเวลาพอดีนั่นจะทำให้สามารถ พัฒนาระบบการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ ในปัจจุบันได้อย่างแท้จริง

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของกฎการจ่ายงานที่มีต่อ ประสิทธิภาพของโรงงานประกอบ โดยมีสภาพแวดล้อมการทำงานแบบทันเวลาพอดี โดยใช้ เทคนิคการจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Techniques) ซึ่งดัชนีที่ใช้วัด ประสิทธิภาพของระบบจะเกี่ยวข้องกับ ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย เวลาการรอคอย การประกอบ ระยะเวลาการไหลของงาน เป็นต้น

### 1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของกฎการจ่ายงานที่มีต่อประสิทธิภาพของ โรงงานประกอบที่มี สภาพแวดล้อมการทำงานเป็นแบบทันเวลาพอดี โดยใช้เทคนิคการจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์

## 1.4 ขอบเขตงานวิจัย

### 1.4.1 ทำการศึกษาภายใต้ปัจจัยการทดลองดังต่อไปนี้

#### 1. กฎการจ่ายงาน

- Slack per Remaining Operation (S/OPN)
- Earliest Job Due Date (JDD)
- Importance Ratio (IR)
- Latest Finish Time (LF)

#### 2. กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

- Constant (CON)
- Random (RAN)
- Total Work (TWK)
- Total Work Content Critical Path (TWKCP)
- Jobs in System (JIS)
- BOMs and Jobs in System (BJIS)

1.4.2 ทำการศึกษาโดยจำลองระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ ที่ประกอบด้วยระบบการผลิตแบบตามงาน โดยมีสถานีงาน 8 สถานี แต่ละสถานีงานประกอบไปด้วยเครื่องจักร 1 เครื่อง และมีสายการประกอบ (Assembly Line) 1 สาย

1.4.3 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (Product Structure) ที่ทำการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่ต่างกัน นั่นคือโครงสร้างแบบแบน โครงสร้างแบบสูงและโครงสร้างแบบซับซ้อน โดยโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มนั้น ประกอบไปด้วยรูปแบบของรายการวัสดุ (Bill of Materials, BOM) 3 รูปแบบ ซึ่งหมายความว่ามีการสร้างของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้รวมเป็น 9 รูปแบบที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure) มีระดับของการประกอบเพียงแค่ 1 ระดับ ที่ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 3 ถึง 7 ส่วน
2. โครงสร้างแบบสูง (Tall Structure) มีระดับของการประกอบ 2 ถึง 6 ระดับ โดยในแต่ละระดับ ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วน
3. โครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure) มีระดับของการประกอบ 2 ถึง 3 ระดับ โดยในแต่ละระดับ ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ถึง 3 ส่วน

#### 1.4.4 สมมติฐานที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1. เวลาปรับตั้งเครื่อง (Set up Time) สำหรับแต่ละการดำเนินงาน จะไม่ขึ้นกับลำดับงานที่อยู่ก่อนหน้า และถูกรวมเอาไว้แล้วกับเวลาดำเนินงาน
2. เวลาขนย้ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรมีค่าน้อยมากและสามารถตัดทิ้งได้
3. เครื่องจักรทุกเครื่องไม่มีการเสียหรือขัดข้อง
4. พนักงาน เครื่องมือ และวัตถุดิบมีความพร้อมใช้งานและมีไม่จำกัด
5. ไม่มีงานเสียหรืองานที่ต้องนำกลับไปซ่อมใหม่เกิดขึ้นจากการทำงาน
6. งานที่ขึ้นจะต้องถูกทำให้เสร็จก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องจักรอื่นได้
7. มีเพียงหนึ่งงานเท่านั้นที่อยู่บนเครื่องจักรได้ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง
8. การดำเนินงานที่ต่อเนื่องกันบนงานเดียวกันไม่สามารถทำซ้ำบนเครื่องจักรเดิมได้
9. ไม่มีการยกเลิกคำสั่งซื้อจากลูกค้า
10. จำนวนของคัมบังมีไม่จำกัด
11. พื้นที่ในแถวคอยของแต่ละสถานีงานมีไม่จำกัด
12. ไม่ยอมให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น
13. ในโครงสร้างผลิตภัณฑ์เดียวกัน จะมีรูปแบบรายการวัสดุของงานที่ไม่ขึ้นต่อกัน (Independent) แต่อาจมีเส้นทางการดำเนินงานบนเครื่องจักรเดียวกันได้ โดยมีระยะเวลาในการดำเนินงานที่แตกต่างกัน

#### 1.4.5 ในงานวิจัยนี้ กำหนดดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบในด้านต่างๆ ดังนี้

สำหรับดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบจะพิจารณาจากดัชนีที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบภายใต้สภาพแวดล้อมแบบทันเวลาพอดี รวมทั้งได้มีการคำนึงถึงเกณฑ์ทางด้านกำหนดเวลาในการส่งมอบ เกณฑ์ทางด้านพัสดุคงคลัง รวมถึงทางด้านความสามารถในการควบคุมพื้นที่ในการปฏิบัติงาน โดยจะทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบในแง่ของค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของดัชนีวัดประสิทธิภาพบางตัว เนื่องจากค่าเฉลี่ยนั้นจะเป็นตัวแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบในระยะยาว โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของดัชนีวัดประสิทธิภาพที่จะแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของข้อมูลรอบค่าเฉลี่ย ซึ่งจะเป็นดัชนีที่ช่วยในการวิเคราะห์ระบบให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยดัชนีที่ได้ทำการคัดเลือกมามีดังนี้



1. ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)

$$MAL = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n |L_j|$$

เป็นดัชนีที่ใช้สะท้อนสภาพการทำงานแบบทันเวลาพอดีได้เป็นอย่างดี เนื่องจากจะทำการพิจารณาทั้งในส่วนของงานที่เสร็จสิ้นก่อนกำหนดเวลาส่งมอบ และงานที่ล่าช้ากว่ากำหนดเวลาในการส่งมอบ

2. เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

$$\bar{T} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n T_j$$

เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความสามารถในการส่งมอบงานอีกเกณฑ์หนึ่ง ซึ่งพบว่าในสภาพการทำงานส่วนใหญ่แล้วความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากงานล่าช้า นั้นจะมีค่ามากกว่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากงานที่เสร็จสิ้นเร็วกว่ากำหนด จากข้อสรุปของ Yokoyama and Santos (2005)

3. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Standard Deviation of Mean Tardiness)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (T_j - \bar{T})^2}{n}}$$

เป็นดัชนีที่ช่วยในการตัดสินใจ เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะค่าเฉลี่ย นั้นอาจนำมาซึ่งความผิดพลาดได้ เช่นในกรณีที่ทำการเปรียบเทียบกลุ่มข้อมูล 2 กลุ่ม แล้วพบว่ากลุ่มแรกมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ดีกว่า การจะสรุปว่ากลุ่มดังกล่าวดีกว่ากลุ่มที่สองนั้น อาจมีความเสี่ยงในการสรุปผลที่ผิดพลาดได้หากว่าการกระจายตัวของข้อมูลในกลุ่มแรกมีค่าสูงกว่าการกระจายตัวของข้อมูลในกลุ่มที่สอง

4. เปอร์เซนต์ของงานล่าช้า (Percent of Tardy Jobs)

$$\%N_T = \frac{N_T}{n} * 100$$

เป็นดัชนีอีกตัวหนึ่งซึ่งช่วยในการตัดสินใจ เช่นในกรณีที่กฎการจ่ายงาน ชนิดหนึ่งสามารถให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำแต่กลับให้เปอร์เซนต์ของงาน

ค่าซ้ำที่สูง ส่วนกฎการจ่ายงานอีกชนิดหนึ่งกลับสามารถให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงาน ค่าซ้ำที่ต่ำแต่ให้ค่าเวลาซ้ำของงานโดยเฉลี่ยที่สูง ดังนั้นผู้ทำการตัดสินใจจะสามารถใช้ข้อมูลทั้งสองมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมกับสภาพของธุรกิจของตนเอง ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ได้ดีมากยิ่งขึ้น

#### 5. เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

$$\bar{F} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n F_j$$

เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบทางด้านจำนวนงานระหว่างกระบวนการผลิต อีกทั้งยังเป็นเกณฑ์ที่แสดงให้เห็นถึงระยะเวลาที่งานให้อยู่ในระบบ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสิ้นกระบวนการ

#### 6. เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)

$$\overline{ST} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n WA_j$$

เป็นดัชนีที่สำคัญตัวหนึ่งสำหรับระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ เนื่องจากถือว่าเป็นเวลารอคอยชนิดหนึ่งซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการล่าช้าของงาน ดังนั้นการวัดเวลารอคอยการประกอบของงานจึงทำให้สามารถเห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่มีต่อระบบการผลิตได้เป็นอย่างดี

#### 7. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลารอคอยการประกอบ (Standard Deviation of Staging Time)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (ST_j - \overline{ST})^2}{n}}$$

เป็นดัชนีที่ช่วยในการตัดสินใจ เช่นเดียวกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาซ้ำของงานโดยเฉลี่ย

### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์หลักการของกฎการจ่ายงาน กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงวิธีการที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลอง
3. ออกแบบแบบจำลองของโรงงานประกอบ โดยใช้การจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์
4. บันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้เทคนิคทางสถิติช่วยในการวิเคราะห์
5. วิเคราะห์หลักการในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงาน และทำการทดลองเพิ่มเติม
6. สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการวางแผนการผลิตของโรงงานประกอบ ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบทันเวลาพอดี
2. สามารถเลือกใช้กฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานที่เหมาะสมได้
3. สามารถนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไปได้

### 1.7 สรุปเนื้อหาในงานวิจัย

- บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทนี้เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้ในงานวิทยานิพนธ์ อันได้แก่ ทฤษฎีของระบบการผลิตแบบตามงาน ทฤษฎีของระบบการผลิตแบบสายการประกอบ ทฤษฎีของระบบการผลิตแบบโตโยต้า การจัดการวางแผนการผลิต และการจำลองแบบปัญหา นอกจากนี้ได้มีการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อประยุกต์ใช้หลักการและข้อสรุปบางประการเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์
- บทที่ 3 การจำลองแบบปัญหา เป็นการอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของแบบจำลอง ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบ โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ในการทดลอง รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และการดำเนินการทดลองเบื้องต้น (Pilot Run) โดยงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม ARENA ในการสร้างแบบจำลอง

- บทที่ 4 การออกแบบการทดลอง เป็นการกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่างๆที่ใช้ในการทดลองให้กับแบบจำลองปัญหา รวมทั้งอธิบายรายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง
- บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง เป็นการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การวิเคราะห์ปัจจัยหลัก การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม และการเปรียบเทียบแบบ Tukey Multiple Comparison Test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ได้จากปัจจัยในการทดลองแบบต่างๆ
- บทที่ 6 การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ ในบทนี้จะเป็นการทำการทดลองเพิ่มเติมโดยการพัฒนาและเพิ่มเทคนิคบางอย่างให้กับกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์ในบทที่ 5
- บทที่ 7 สรุป ในบทนี้จะ เป็นบทสุดท้ายเพื่อสรุปผลทั้งหมดของการทำวิทยานิพนธ์โดยภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง รวมทั้งนำเสนอข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

## บทที่ 2

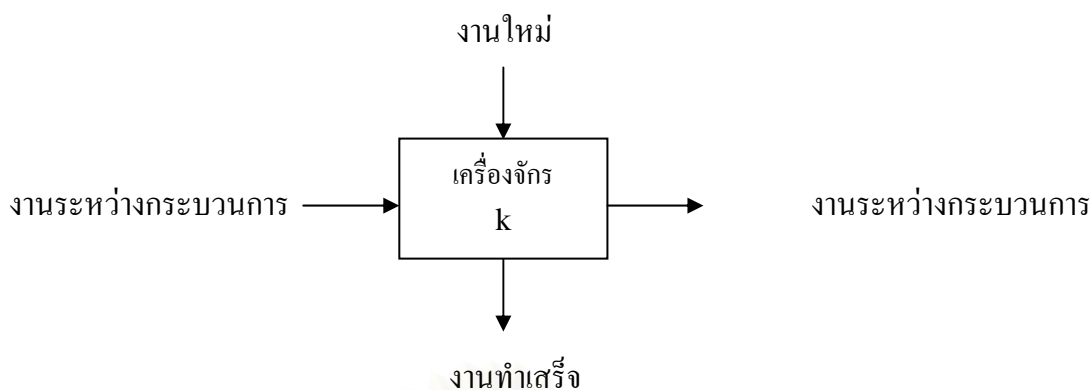
### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 บทนำ

เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นวิเคราะห์ผลกระทบของกฎการจ่ายงานที่มีต่อประสิทธิภาพของโรงงานประกอบที่มีสภาพแวดล้อมการทำงานเป็นแบบทันเวลาพอดี รูปแบบต่างๆ โดยใช้เทคนิคการจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Techniques) ดังนั้นในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ อันได้แก่ ทฤษฎีของระบบการผลิตแบบตามงาน ทฤษฎีของระบบการผลิตแบบสายการประกอบ ทฤษฎีของระบบการผลิตแบบโตโยต้า การจัดการการผลิต และการจำลองแบบปัญหา นอกจากนี้ได้มีการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อประยุกต์ใช้หลักการและข้อสรุปบางประการสำหรับเป็นแนวทางในการทำงานวิทยานิพนธ์

#### 2.2 ระบบผลิตแบบตามงาน

พบมากในอุตสาหกรรมที่ผลิตชิ้นงานตามคำสั่งที่หลากหลายของลูกค้า ในระบบนี้แต่ละงานจะมีเส้นทางไหลของงานเฉพาะของตนเองตามที่ผู้วางแผนกระบวนการกำหนดให้เท่านั้น โดยงานจะประกอบด้วยเซตของการดำเนินงานจำนวนหนึ่ง เครื่องจักรที่ใช้จะมีการจัดวางเฉพาะแบบ โดยจะจัดให้เครื่องจักรที่มีลักษณะของการทำงานคล้ายกันเข้าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และเป็นไปได้ว่าเครื่องจักรบางเครื่องอาจจะใช้ทดแทนกันได้แต่อาจมีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน เนื่องจากทิศทางการไหลของงานในระบบการผลิตแบบตามงานไม่ได้มีเพียงทิศทางเดียว ดังนั้นเครื่องจักรแต่ละเครื่องที่อยู่ในระบบผลิตจะมีทิศทางการไหลเข้า-ออกของงานดังรูปที่ 2-1 โดยจะไม่พบเครื่องจักรเริ่มต้น ซึ่งจะใช้ในการดำเนินงานแรกของงานทุกงานและจะไม่พบเครื่องจักรสุดท้ายที่ใช้ในการดำเนินงานสุดท้ายของงานทุกงาน ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้เกิดความแตกต่างจากกรณีของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน



รูปที่ 2-1 ทิศทางการไหลของงานบนแต่ละเครื่องจักร

ระบบที่ง่ายที่สุดของระบบการผลิตแบบตามงาน คือ การที่แต่ละงานสามารถจะดำเนินงานบนเครื่องจักรใดๆ ก็ตามที่อยู่บนเส้นทางของงานคนได้เพียงหนึ่งครั้งเท่านั้น สำหรับระบบที่ซับซ้อนขึ้นอาจเป็นไปได้ว่า งานอาจจะกลับมาทำซ้ำที่เครื่องจักรเดิมได้อีกหลายครั้งบนเส้นทางงานที่กำหนดให้ และเรียกการทำงานแบบนี้ว่า “การเวียนซ้ำ (Recirculation)”

### 2.3 ระบบผลิตแบบสายการประกอบ

ระบบการผลิตแบบสายการประกอบ (Assembly Line Manufacturing System) ได้เริ่มต้นขึ้นตั้งแต่ก่อนปี ค.ศ. 1800 ซึ่งเริ่มมีช่างฝีมือที่ต้องการผลิตผลิตภัณฑ์โดยการแยกชิ้นส่วนผลิต แล้วจึงนำแต่ละชิ้นส่วนมาสวมเข้าด้วยกัน หลังจากนั้น Eli Whitney ได้ประยุกต์ใช้ความคิดของการแยกชิ้นส่วนผลิตในการผลิตปืนเล็กยาวให้กับคณะรัฐบาลของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการแบ่งแยกแรงงานเป็นแผนกต่างๆ เพื่อผลิตแต่ละส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งมีการใช้ค่าความเผื่อทางวิศวกรรม (Engineering Tolerance) ในการสวมประกอบ

ในปี ค.ศ. 1913 Henry Ford ได้ประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบสายการประกอบในโรงงานผลิตรถยนต์และในระบบการผลิตจำนวนมากๆ (Mass Production) ซึ่งถือเป็นการปฏิวัติกระบวนการผลิตรถยนต์ในสมัยนั้น โดยพบว่าสามารถลดต้นทุนในการผลิตและการจัดส่งผลิตภัณฑ์ให้น้อยลงได้ ซึ่งนับว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำส่วนประกอบย่อยหลายส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันในโรงงานอุตสาหกรรม ส่งผลให้เทคโนโลยีทางการผลิตได้ขยายตัวไปอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดการสร้างสรรคผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น

สายงานการประกอบ เป็นการจัดรูปแบบของผังการประกอบ ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยการผลิตต่างๆที่เรียกว่า สถานีงาน (Work Station) ในระบบสายการประกอบแบบต่อเนื่อง ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประกอบจะเคลื่อนย้ายมาตามสถานีงานต่างๆ เมื่อชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ดังกล่าว แต่ละหน่วยเข้ามาสู่สถานีงานใดๆแล้ว ก็จะเกิดขึ้นขั้นตอนการประกอบ (Assembly Operation) ขึ้นในสถานีนั้นตามลำดับ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการประกอบในสถานีนั้นแล้ว ชิ้นส่วนนั้นก็จะเคลื่อนที่ไปยังสถานีต่อไป ในขณะที่เดียวกันที่สถานีเดิมก็จะมีชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์หน่วยถัดไปเข้ามาแทน

โดยทั่วไปสายการประกอบจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ดังนี้

1. สายการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดี่ยว (Single Model Assembly Line) เป็นสายงานการประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว ที่มีเพียงรูปแบบเดียว
2. สายการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เป็นชุด (Batch Model Assembly Line) เป็นสายการประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์สองชนิดหรือมากกว่า โดยที่ผลิตภัณฑ์เหล่านั้น ต้องมีความคล้ายกัน และสามารถผลิตบนสายการประกอบเดียวกันได้ ซึ่งในการประกอบจะทำที่ละชุดผลิตภัณฑ์
3. สายการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed-Model Assembly Line) เป็นสายการประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์สองชนิดหรือมากกว่า ที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน

#### 2.4 ระบบการผลิตแบบโตโยต้า

เป็นระบบการผลิตที่ได้รับการพัฒนาและส่งเสริมโดยบริษัท โตโยต้ามอเตอร์ในประเทศไทย ญี่ปุ่น ซึ่งเป็นระบบที่มุ่งขจัดองค์ประกอบที่ไม่จำเป็นในการผลิตออกไปอย่างสิ้นเชิง โดยมีเป้าหมายหลักที่จะลดต้นทุนการผลิต ความคิดพื้นฐานของระบบ คือ ผลิตสินค้าเฉพาะชนิดที่ต้องการ เมื่อเวลาที่ต้องการ และด้วยจำนวนที่ต้องการเท่านั้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าการลดต้นทุนจะเป็นวัตถุประสงค์หลักเบื้องต้นที่สำคัญที่สุดของระบบ แต่ยังมีวัตถุประสงค์ประกอบอีก 3 ประการที่จะต้องบรรลุให้ได้เช่นกันเพื่อที่จะสามารถบรรลุวัตถุประสงค์เบื้องต้นดังกล่าวด้วย วัตถุประสงค์ประกอบ 3 ประการมีดังนี้

1. การควบคุมปริมาณ (Quality Control) ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถปรับตัวให้สอดคล้องกับความแปรปรวนของความต้องการสินค้าในแต่ละวัน ในแต่ละเดือนได้ทั้งในแง่ของปริมาณและชนิดของสินค้า
2. การประกันคุณภาพ (Quality Assurance) ซึ่งรับประกันว่าในแต่ละกระบวนการผลิตจะส่งผลผลิตที่ดีเท่านั้นไปยังกระบวนการผลิตถัดไป

3. เคารพความเป็นมนุษย์ (Respect-For-Humanity) ซึ่งจะต้องได้รับการปลูกฝังไปพร้อม กับที่ระบบการผลิตได้ใช้ทรัพยากรมนุษย์ในการบรรลุวัตถุประสงค์ของการลดต้นทุน

การไหลอย่างต่อเนื่องของการผลิตโดยมีการปรับระดับการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการทั้งทางด้านปริมาณและชนิดของสินค้าที่ผลิตนั้น เป็นไปได้โดยอาศัยแนวคิดสองประการ คือ “ทันเวลาพอดี” (Just-in-time) และ “การควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติ” (Autonomic) แนวคิดสองประการนี้เปรียบได้เหมือนกับเสาหลักที่ค้ำจุนระบบการผลิตแบบโตโยต้า “ทันเวลาพอดี” หมายถึง การผลิตชนิดของสินค้าที่จำเป็นในปริมาณที่จำเป็นเมื่อเวลาที่จำเป็น ส่วน “การควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติ” หมายความว่าอย่างคร่าวๆถึงการควบคุมของเสียไม่ให้เกิดขึ้นมาด้วยตนเอง ซึ่งสนับสนุนสภาพ “ทันเวลาพอดี” โดยไม่ยอมให้ของเสียถูกส่งผ่านจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า (Preceding Process) ไปยังกระบวนการผลิตหลังหรือถัดมา (Subsequent Process) อันจะก่อให้เกิดการติดขัดที่กระบวนการผลิต

แนวคิดอีกสองประการที่เป็นส่วนสำคัญของระบบการผลิตแบบโตโยต้า ได้แก่ แรงงานยืดหยุ่น ซึ่งหมายถึงการปรับระดับจำนวนคนงานให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของความต้องการสินค้า และความคิดสร้างสรรค์ซึ่งใช้ประโยชน์จากการแนะนำหรือเสนอแนะของคนงาน โตโยต้าได้สร้างระบบและวิธีการดังต่อไปนี้ ตามแนวคิดทั้ง 4 ข้างต้น

1. ระบบคัมบัง (Kanban System) เพื่อที่จะมีการผลิตแบบ “ทันเวลาพอดี”
2. วิธีการปรับเรียบการผลิต (Smoothing of Production) เพื่อปรับตัวให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของความต้องการของสินค้า
3. ลดเวลาการเตรียมเครื่องจักร (Setup Time) เพื่อลดเวลานำการผลิต (Production Lead Time)
4. การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Standardization of Operation) เพื่อความสมดุลของสายการผลิต (Line Balancing)
5. การวางผังติดตั้งเครื่องจักรและมีคนงานที่ทำงานได้หลายหน้าที่ (Multi-Function Workers) เพื่อสนับสนุนแนวคิดแรงงานยืดหยุ่น (Flexible Workforce)
6. กิจกรรมปรับปรุงงาน โดยกลุ่มคนขนาดเล็ก และระบบเสนอความคิดเห็นเพื่อลดจำนวนคนงานและเป็นการเพิ่มขวัญและกำลังใจ
7. ระบบควบคุมการมองเห็นได้ (Visual Control System) เพื่อให้บรรลุแนวคิดการควบคุมตนเองโดยอัตโนมัติ
8. ระบบการจัดการตามภาระหน้าที่หรือการบริหาร โดยกิจกรรม (Functional Management) เพื่อเป็นการสนับสนุนการควบคุมคุณภาพแบบทั้งบริษัท



### 2.4.1 การผลิตแบบ “ทันเวลาพอดี” (Just-in-time Production)

แนวคิดที่จะผลิตชนิดของสินค้าที่จำเป็น ในปริมาณที่จำเป็น เมื่อถึงเวลาที่จำเป็นจะเรียกสั้นๆว่า การผลิตแบบทันเวลาพอดี ยกตัวอย่างเช่น ในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อผลิตรถยนต์คันหนึ่งนั้น สายการประกอบย่อย (Subassemblies) ที่จำเป็นจากกระบวนการก่อนหน้า จะต้องมาถึงสายการประกอบรถยนต์เมื่อถึงเวลาที่จะทำการประกอบด้วยปริมาณที่ต้องการพอดี ถ้าสภาพ “ทันเวลาพอดี” ได้รับการปฏิบัติอย่างทั่วถึงในบริษัทแล้ว วัสดุคงเหลือต่างๆ ที่ไม่จำเป็นในโรงงานจะถูกขจัดไปอย่างสิ้นเชิงและทำให้ไม่จำเป็นต้องมีโกดังหรือสต็อกเก็บของอีกต่อไป ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาวัสดุคงเหลือก็แทบจะไม่ต้องเสีย ส่งผลให้อัตรากำไรของทุนเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ดี การที่จะใช้แนวทางการวางแผนการผลิตแบบส่วนกลาง ที่ออกคำสั่งผลิตไปยังหน่วยผลิตต่างๆพร้อมกัน จะทำให้เป็นการยากที่จะบรรลุถึงสภาพ “ทันเวลาพอดี” ในแต่ละกระบวนการผลิตสินค้า เช่น รถยนต์ซึ่งมีชิ้นส่วนเป็นพันๆชิ้น ดังนั้นในระบบโตโยต้าจึงจำเป็นที่จะต้องมองระบบการผลิตที่มีการไหลในทางตรงกันข้าม นั่นคือ ให้นำพนักงานในกระบวนการผลิตหลังไปที่กระบวนการผลิตหน้าเพื่อดึงของชิ้นส่วนที่จำเป็น ในปริมาณที่จำเป็น เมื่อถึงเวลาที่จำเป็น แล้วกระบวนการหน้าที่ถูกดึงของไปก็จะทำการผลิตชิ้นส่วนนั้นด้วยปริมาณที่เพียงพอกับจำนวนที่ถูกดึงไปเท่านั้น

ในระบบนี้ชนิดของสินค้าและจำนวนที่ต้องการจะปรากฏอยู่บนบัตรซึ่งเรียกว่า คัมบัง ซึ่งจะถูกส่งจากกระบวนการหลังไปยังคนงานที่กระบวนการหน้า ดังนั้นหน่วยผลิตต่างๆในโรงงานจะถูกต่อกันหมดเป็นลำดับ ซึ่งการต่อในลักษณะดังกล่าวทำให้มีการควบคุมปริมาณที่จำเป็นของสินค้าต่างๆภายในโรงงานได้ง่ายขึ้นและดีขึ้น ในระบบการผลิตแบบโตโยต้า ระบบคัมบังจะต้องได้รับการสนับสนุนด้วยวิธีการต่างๆ 6 ประการดังต่อไปนี้

- การปรับเรียบการผลิต
- การลดเวลาการเตรียมเครื่องจักร
- การวางผังติดตั้งเครื่องจักร
- การกำหนดมาตรฐานของงาน
- กิจกรรมปรับปรุงงาน
- การควบคุมตนเองโดยอัตโนมัติ

### 2.4.2 ระบบคัมบัง (Kanban System)

ระบบคัมบังเป็นวิธีการจัดการให้มีการผลิตแบบ “ทันเวลาพอดี” กล่าวอย่างสั้นๆ ระบบคัมบัง คือ ระบบข่าวสารที่ช่วยควบคุมปริมาณการผลิตในทุกกระบวนการให้สอดคล้อง

สมดุลกัน คัมบังที่ใช้กันอยู่มีสองชนิด คือ คัมบังเบิกของ (Withdrawal Kanban) และคัมบังสั่งผลิต (Production-Ordering Kanban) คัมบังเบิกของจะมีรายละเอียดของจำนวนชิ้นของสินค้าที่กระบวนการหลังจะดึงจากกระบวนการหน้า ในขณะที่คัมบังสั่งผลิตจะแสดงถึงประมาณที่กระบวนการหน้าจะต้องผลิตในลักษณะดังกล่าวคัมบังจะเป็นสื่อให้ข่าวสารทางด้านจำนวนชิ้นของสินค้าที่จะถูกดึงและผลิต เพื่อให้บรรลุถึงสภาพ “ทันเวลาพอดี”

### 2.4.3 การปรับระดับการผลิต (Fine-Tuning Production)

แม้ว่าระบบการผลิตแบบโตโยต้า มีปรัชญาในการบริหารการผลิตว่าหน่วยของสินค้าจะถูกผลิตขึ้นโดยไม่มีความเผื่อหรือเผื่อสินค้าคงเหลือไว้เลย โดยถือว่าทรัพยากรมนุษย์ เครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการผลิตจะอยู่ในสภาพสมบูรณ์ครบถ้วนอยู่ตลอดเวลา แต่ทว่าความเสี่ยงและปัญหาซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในการผลิตก็ยังมีอยู่ ซึ่งแก้ไขได้โดยการทำงานล่วงเวลา และการปรับปรุงงาน กรรมวิธีการผลิต อุปกรณ์และเครื่องจักร ในทุกกระบวนการผลิต

### 2.4.4 การปรับเรียบการผลิต (Smoothing of Production)

เป็นเรื่องสำคัญในการผลิตให้ “ทันเวลาพอดี” และเพื่อเป็นการลดความว่างของแรงงาน ลดปริมาณเครื่องจักรและชิ้นงานที่อยู่ระหว่างผลิต (Work in Process) ดังนั้นถือได้ว่าการปรับเรียบการผลิตเป็นหัวใจสำคัญของระบบการผลิตแบบโตโยต้า ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่ากระบวนการหลังจะต้องไปยังกระบวนการหน้าเพื่อเบิกของชนิดที่จำเป็น ในเวลาที่จำเป็น ตามจำนวนที่จำเป็น ภายใต้กฎการผลิตดังกล่าว ถ้ากระบวนการหลังดึงชิ้นส่วนในลักษณะที่ไม่แน่นอน ทั้งเวลาที่ดึงและปริมาณที่ดึงแล้ว จะทำให้กระบวนการหน้ามีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมของคงเหลือ เครื่องจักรและแรงงานเผื่อเอาไว้เป็นจำนวนมากเพื่อให้สามารถปรับได้กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนของที่ต้องการและถ้าหากมีกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่องเป็นลำดับหลายๆ กระบวนการ ยอดแปรผันของปริมาณที่ถูกดึงโดยกระบวนการหลังจะยิ่งเพิ่มขึ้นทุกที เมื่อมองย้อนไปยังกระบวนการผลิตที่มาก่อนหน้าตามลำดับ เพื่อเป็นการป้องกันยอดการแปรผันมากๆ ดังกล่าวในสายการผลิต รวมทั้งบริษัทภายนอกที่ส่งของให้เราด้วย จึงจำเป็นต้องมีความพยายามในการที่จะลดการเปลี่ยนแปลงในระดับการผลิตในสายการประกอบขั้นสุดท้าย ดังนั้น ในสายการประกอบขั้นสุดท้ายจะทำการผลิตด้วยรุ่นที่มีขนาดเล็ก ถ้าเป็นไปได้จะบรรลุถึงสภาพของการผลิตชิ้นเดียวและส่งต่อ (One-Piece Production and Conveyance) หรืออีกนัยหนึ่ง การปรับเรียบการผลิตเป็นการลดความแปรผันในจำนวนของชิ้นส่วนที่ถูกดึง ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ถูกผลิตขึ้นโดยสายการประกอบย่อย ซึ่งจะทำให้สายการประกอบย่อยผลิตชิ้นส่วนด้วยอัตราที่คงที่หรือด้วยจำนวนที่คงที่ในแต่ละชั่วโมง

ข้อดีของการปรับเรียงการผลิต คือจะตอบสนองความต้องการหลากหลายชนิดของสินค้าที่ผลิต ซึ่งเป็นระบบที่สามารถปรับตัวให้สอดคล้องกับความผันแปรในความต้องการของลูกค้า โดยการค่อยๆเปลี่ยนจำนวนครั้งที่ผลิต/เบิกของ โดยไม่ต้องเปลี่ยนขนาดของรุ่นที่ผลิต

ในการที่จะปรับเรียงการผลิตดังกล่าว จะต้องลดเวลานำการผลิตให้สั้นลง เพื่อที่จะสามารถผลิตสินค้าชนิดต่างๆ ได้อย่างทันเวลาและรวดเร็ว ซึ่งการลดเวลานำดังกล่าว จะต้องมีการลดเวลาเตรียมเครื่องจักรให้สั้นลง เพื่อจะได้ทำให้ขนาดของรุ่นที่จะผลิตเล็กลงด้วย

#### 2.4.5 ปัญหาการเตรียมเครื่องจักร (Setup Problems)

ประเด็นหรือจุดที่ยากที่สุดในการส่งเสริมการผลิตแบบปรับเรียงการผลิต คือปัญหาการเตรียมเครื่องในกระบวนการ สามัญสำนึกจะบอกเราว่าการลดต้นทุนการผลิตจะทำได้โดยการทำให้การผลิตที่เดียวได้รุ่นขนาดใหญ่ที่สุด เพื่อจะได้ไม่ต้องเตรียมเครื่องจักรบ่อยเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมเครื่อง แต่ทว่าภายใต้สภาวะการณ์ที่กระบวนการสุดท้ายได้ปรับเรียงการผลิตและลดสต็อกหรือของคงเหลือระหว่างผลิตกับสายการประกอบที่อยู่ถัดมา จะทำให้กระบวนการหน้าจะต้องทำการเตรียมเครื่องจักรได้เร็วและทำบ่อยครั้งให้สอดคล้องกับความหลากหลายของชนิดสินค้าซึ่งจะถูกเบิกหรือดึงโดยกระบวนการหลัง

#### 2.4.6 การออกแบบกระบวนการผลิต (Design of Processes)

แต่เดิมมาโรงงานจะมีการจัดให้เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องเจาะ อยู่กันเป็นเฉพาะกลุ่มของตัวเอง โดยเครื่องชนิดเดียวกันจะเรียงอยู่ใกล้ๆ กัน และเครื่องหนึ่งจะมีคนงานประจำอยู่หนึ่งคนเป็นต้น ตามแนวคิดของระบบการผลิตแบบโตโยต้า การวางผังเครื่องจักรจะถูกจัดใหม่หมดเพื่อจะทำให้การไหลในกระบวนการผลิตเป็นไปอย่างราบรื่น ดังนั้นคนงานแต่ละคนจะสามารถปฏิบัติงานได้กับเครื่องจักรทั้งสามชนิดในเวลาเดียวกันดังตัวอย่างข้างต้นหรืออีกนัยหนึ่ง คนงานที่ทำงานได้หน้าที่เดียว ซึ่งเป็นแนวคิดเดิมที่โตโยต้าเคยยึดถือได้ถูกเปลี่ยนให้เป็น คนงานที่ทำงานได้หลายหน้าที่ ในสายการผลิตแบบโตโยต้านี้ คนงานคนหนึ่งจะรับผิดชอบปฏิบัติงานกับเครื่องจักรหลายเครื่องของกระบวนการต่างๆที่ละเครื่องและจะปฏิบัติงานในแต่ละกระบวนการเป็นลำดับไปจนกระทั่งเสร็จภายในหนึ่งรอบเวลา ผลที่ได้ คือ การนำงานใหม่เข้าสายการผลิตจะสอดคล้องกับเวลาเสร็จของสินค้าสำเร็จรูปหนึ่งหน่วย ซึ่งได้รับการสั่งให้ผลิตให้เสร็จในหนึ่งรอบเวลา การผลิตแบบนี้เรียกว่า “การผลิตขึ้นเดียวและส่งต่อ” ซึ่งการจัดผังเครื่องจักรใหม่แบบนี้จะทำให้เกิดประโยชน์หลายประการดังนี้

- ของเหลือที่ไม่จำเป็นระหว่างกระบวนการผลิตจะถูกขจัดออกไป

- แนวคิด”คนงานที่ทำงานได้หลายหน้าที่”จะช่วยลดจำนวนคนงานที่ต้องการจริงลง เป็นการเพิ่มผลผลิต
- เมื่อคนงานทำงานได้หลายหน้าที่ เขาเหล่านั้นสามารถมีส่วนร่วมในระบบของโรงงาน ซึ่งทำให้มีความรู้สึกที่ดีต่องานของเขา

#### 2.4.7 การกำหนดมาตรฐานของงาน (Standardization of Jobs)

แผ่นป้ายที่บอกมาตรฐานการปฏิบัติงานจะมีอยู่สองชนิด คือ แผ่นป้ายขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operation Routine Sheet) ซึ่งเหมือนกับผังแสดงการทำงานของคนและเครื่องจักร (Man-Machine Chart) และแผ่นป้ายการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operation Sheet) ซึ่งจะติดไว้ในโรงงานให้ทุกคนได้เห็น ในแผ่นป้ายการปฏิบัติงานมาตรฐานจะระบุถึงรอบเวลา ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และจำนวนมาตรฐานของชิ้นงานระหว่างผลิต

รอบเวลา (Cycle Time or Tact Time) เป็นจำนวนนาทีและวินาทีที่ระบุไว้เป็นมาตรฐานว่าทุกสายการผลิตจะต้องผลิตให้ได้สินค้าหนึ่งชิ้นภายในช่วงเวลานั้น เวลาของรอบเวลาคำนวณจาก

$$\text{ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน} = \frac{\text{ผลผลิตที่จำเป็นต่อเดือน}}{\text{จำนวนวันทำงานในหนึ่งเดือน}}$$

$$\text{รอบเวลา} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงทำงานในหนึ่งวัน}}{\text{ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน}}$$

แผนกผลิตทุกแผนกจะได้รับการแจ้งถึงผลผลิตที่จำเป็นต่อวันและรอบเวลาจากสำนักวางแผนกลางเพียงครั้งเดียวเป็นการล่วงหน้าหนึ่งเดือน ผู้จัดการในแต่ละแผนกผลิตจะพิจารณาถึงจำนวนคนงานที่จำเป็นต้องใช้ในแผนกในการที่จะผลิตสินค้าในส่วนที่แผนกรับผิดชอบได้หนึ่งหน่วยในแต่ละรอบ คนงานในโรงงานทั้งหมดจะได้รับการจัดวางตำแหน่งใหม่โดยที่แต่ละกระบวนการจะผลิตได้โดยใช้จำนวนคนงานน้อยที่สุด

ข่าวสารการผลิตของแต่ละกระบวนการจะไม่มาจากคัมบังเพียงแหล่งเดียวเท่านั้น กล่าวคือ คัมบังเป็นชนิดของข่าวสารการผลิตที่ให้ในระหว่างเดือนที่ทำการผลิต ในขณะที่ปริมาณผลิตประจำวันและรอบเวลาจะเป็นข่าวสารที่ให้ล่วงหน้าเพื่อที่จะได้มีการเตรียมแผนลำดับการผลิตแม่บท (Master Production Schedule) ทั่วทั้งโรงงาน จำนวนมาตรฐานของชิ้นงานระหว่างผลิต คือ จำนวนต่ำสุดที่จำเป็นของชิ้นงานระหว่างผลิต ซึ่งรวมถึงชิ้นงานซึ่งอยู่ในเครื่องจักรด้วย ถ้าไม่มีชิ้นงานนี้ไว้ในสายผลิต ลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ ในสายผลิตทั้งหมดจะไม่สามารถปฏิบัติงานไปพร้อมๆ กันได้ ในทางทฤษฎีเราสามารถจะได้สภาพของสายผลิตที่เป็นระบบ

สายพานที่มองไม่เห็นตัว ที่ไม่มีความจำเป็นจะต้องมีชิ้นงานซึ่งถือเป็นของคงเหลือระหว่างกระบวนการผลิตต่างๆ

#### 2.4.8 การควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติ (Autonomation)

หมายถึงการสร้างกลไกที่สามารถจะป้องกันการผลิตของเสียเป็นจำนวนมากในเครื่องจักรหรือสายการผลิตได้อย่างชะงัด แนวคิดเรื่องการควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติยังถูกนำไปใช้กับสายการผลิตซึ่งใช้กับคนงานด้วย คือถ้าหากเกิดสิ่งผิดปกติในสายผลิต คนงานจะกดปุ่มให้สายผลิตหยุดทั้งหมด แฉงไฟอันดงในระบบโตโยต้ามีบทบาทสำคัญอันหนึ่งและเป็นตัวอย่างหนึ่งของระบบการควบคุมโดยการมองเห็นของโตโยต้า โดยสรุปแล้ว การควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติ คือกลไกอันหนึ่งที่ตรวจเช็คโดยอัตโนมัติถึงสิ่งผิดปกติในกระบวนการผลิตนั่นเอง

#### 2.4.9 กิจกรรมปรับปรุงงาน (Improvement Activities)

ระบบการผลิตแบบโตโยต้าผสมผสานเป้าหมายเพื่อที่จะบรรลุหลายเป้าหมายไปพร้อมๆกัน ได้แก่ การควบคุมคุณภาพ การประกันคุณภาพและการเคารพความเป็นมนุษย์ ในขณะที่ต้องการจะบรรลุเป้าหมายสูงสุดทางด้านการผลิต ต้นทุน เป้าหมายทั้งหมดดังกล่าวบรรลุได้โดยกระบวนการของการมีกิจกรรมปรับปรุงงาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของระบบการผลิตแบบโตโยต้า และเป็นสิ่งที่ทำให้ระบบการผลิตเดินหน้าไปได้โดยแท้จริง คนงานทุกคนจะได้รับโอกาสที่จะออกความคิดเห็นและเสนอแนะข้อปรับปรุงโดยผ่านกลุ่มย่อยที่เรียกว่า “กลุ่มสร้างคุณภาพงาน” หรือกลุ่มคิวซี (QC Circle) กระบวนการออกความคิดเห็นและเสนอแนะจะทำให้มีการปรับปรุงวิธีการผลิตดังนี้

- ในด้านการควบคุมปริมาณการผลิต โดยการปรับขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐานไปตามการเปลี่ยนแปลงของรอบเวลา
- ในด้านการประกันคุณภาพ จะมีการป้องกันไม่ให้เกิดของเสียหรือเครื่องจักรที่เสียเกิดขึ้นซ้ำอีก
- และในด้านการเคารพความเป็นมนุษย์ คนงานทุกคนจะมีส่วนร่วมในกระบวนการผลิต

### 2.5 การจัดตารางการผลิต

การจัดตาราง (Scheduling) เป็นกระบวนการตัดสินใจอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อทั้งอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ โดยที่ผลลัพธ์ของกระบวนการตัดสินใจในที่นี้ก็คือ

ตารางหรือกำหนดการ (Schedule) สำหรับกิจกรรมต่างๆ ในทางปฏิบัติมักพบว่า องค์กรจำนวนมากได้นำเอาทฤษฎีการจัดตารางมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้น

การจัดตาราง หมายถึง การจัดสรรทรัพยากร (Resource) ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับภารกิจ (Task) จำนวนหนึ่งภายในระยะเวลาที่กำหนดให้ เพื่อที่จะทำให้องค์กรสามารถบรรลุถึงเป้าหมาย (Goal) หรือวัตถุประสงค์ (Objective) สูงสุดที่องค์กรกำหนดเอาไว้ที่เวลานั้นได้

คำว่า ทรัพยากร หมายถึง คนหรือสิ่งของที่มีอยู่เป็นจำนวนจำกัด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการทำให้เกิดผลผลิตที่ต้องการขึ้นได้ เนื่องจากความจำกัดของทรัพยากรนี้เอง จึงต้องมีการจัดสรรให้กับกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องการใช้ทรัพยากรดังกล่าวในเวลาเดียวกัน ในขณะที่งาน (Job) อาจจะถูกประกอบด้วยภารกิจพื้นฐาน ที่มีความสัมพันธ์กันในด้านของลำดับก่อนหลังเป็นจำนวนมาก ซึ่งในบางครั้งเราจะเรียกภารกิจพื้นฐานเหล่านี้ว่า การดำเนินงาน (Operation)

ทฤษฎีการจัดตารางเกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการหาเทคนิคที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดตาราง โดยใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นเครื่องมือช่วย โดยแนวทางดังกล่าวนี้จะแปลงโครงสร้างของปัญหาการจัดตาราง ไปสู่รูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม ซึ่งกระบวนการนี้จะเกี่ยวข้องกับการแปลงเป้าหมายและความมีอยู่อย่างจำกัดของทรัพยากรในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ ไปสู่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) และข้อจำกัด (Constraint) ต่างๆ ซึ่งจะเขียนขึ้นมาอย่างชัดเจนในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ (ปารเมศ ชูติมา, 2546)

### 2.5.1 เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต

เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการจัดตาราง ถูกกำหนดมาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของตารางที่จัดขึ้น โดยการพิจารณาจากผลรวมของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานทั้งหมด ซึ่งผลรวมนี้จะเป็นข้อมูลแบบมิติเดียว เรียกว่า ตัววัดสมรรถนะ (Measure of Performance) ส่วนวัตถุประสงค์ (Objective) ของการจัดตารางจะหมายถึง เป้าหมายของตัววัดสมรรถนะที่ผู้จัดตารางต้องการที่จะให้เกิดขึ้น เช่น การหาค่าที่มากที่สุด (Maximize) หรือการหาค่าที่น้อยที่สุด (Minimize) ของตัววัดสมรรถนะนั่นเอง (ปารเมศ ชูติมา, 2546) ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ ได้เลือกใช้ตัววัดสมรรถนะที่มีความสำคัญต่อการประเมินผลประสิทธิภาพในระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านระยะเวลาการไหลของงาน และเวลาล่าช้าของงาน ดังนี้

1. เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาการไหลของงานในระบบ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงเวลาที่แต่ละงานต้องคอยในระบบตั้งแต่งานนั้นเข้ามาสู่ระบบจนกระทั่งออกจากระบบ สามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 2-1

$$\bar{F} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n F_j \quad (2-1)$$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตในที่นี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด

2. เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงานในระบบ โดยเวลาล่าช้าของงานจะไม่มีทางมีค่าเป็นลบได้ อย่างน้อยที่สุดต้องมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่า จะไม่มีผลประโยชน์ตอบแทนอันใดถ้าสามารถทำงานเสร็จเร็วกว่ากำหนด แต่เมื่อใดก็ตามที่งานเสร็จช้ากว่ากำหนด งานล่าช้าจะมีค่าเป็นบวก ซึ่งย่อมต้องมีการเสียค่าปรับ รวมถึงเสียความเชื่อถือของลูกค้า เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย หาได้ตามสมการที่ 2-2

$$\bar{T} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n T_j \quad (2-2)$$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตในที่นี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด

3. เปอร์เซนต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs) หมายถึง เปอร์เซนต์ของงานที่เสร็จสิ้นหลังกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งบ่งบอกถึงระดับของการบริการลูกค้าได้ เปอร์เซนต์ของงานล่าช้า หาได้ตามสมการที่ 2-3

$$\%N_T = \frac{N_T}{n} * 100 \quad (2-3)$$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตในที่นี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าเปอร์เซนต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด

4. ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness) เป็นตัววัดสมรรถนะที่พิจารณาความคลาดเคลื่อนของเวลาเสร็จงาน เทียบกับกำหนดเวลาส่งมอบทั้งทางด้านบวกและลบ โดยให้มีความรุนแรงเท่ากัน นั่นคือเมื่อใดที่งานเสร็จเร็วกว่ากำหนดเวลาส่งมอบ ก็อาจมีค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Holding Cost) หรือค่าใช้จ่ายในคลังสินค้าสำเร็จรูปเกิดขึ้น และหากงานเสร็จหลังกำหนดเวลาส่งมอบ

ย่อมต้องเสียค่าปรับในการส่งมอบช้ากว่ากำหนด รวมทั้งเสียความเชื่อถือของลูกค้าไป ดังนั้น การกำหนดเวลาส่งมอบที่มีประสิทธิภาพ ต้องทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนดังกล่าวนี้มีน้อยที่สุด ซึ่งค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย จะบ่งบอกว่าระบบการจัดตารางนี้ สามารถให้เวลาเสร็จงานที่ใกล้เคียงกับกำหนดเวลาส่งมอบเพียงใด ดังสมการที่ 2-4

$$MAL = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n |L_j| \quad (2-4)$$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตในที่นี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด

5. เวลารอคอยการประกอบ (Assembly Delay) หรือ Staging Time หมายถึง เวลาที่แต่ละส่วนประกอบมีการรอคอย ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการประกอบ อันเนื่องมาจากส่วนประกอบอื่นที่ต้องประกอบเข้าด้วยกันที่สถานีการประกอบ ยังไม่เสร็จในเวลาเดียวกัน ซึ่ง Staging Time ถือเป็นดัชนีวัดประสิทธิภาพที่สำคัญและได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในงานวิจัยที่กำหนดให้ระบบมีขั้นตอนการดำเนินงานทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน (Serial - Parallel Operations) ซึ่งในการดำเนินงานแบบขนานนั้น จะเป็นการทำชิ้นส่วนที่ต้องประกอบเข้าด้วยกัน (Huang 1984, Russell and Taylor 1985, Reeja and Rajendran 2000, and Mohanasundaram et al. 2002) รวมทั้งพบว่า Staging Time นั้นถือเป็นเวลารอคอยชนิดหนึ่ง ซึ่งถูกรวมอยู่ในระยะเวลาการไหลของงานในสายการประกอบ และยังเป็นสาเหตุหลักของการล่าช้าของงาน (Fry, Philipoom and Russell 1991) เวลารอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ย หรือ Mean Staging Time หาได้ตามสมการที่ 2-5

$$\overline{ST} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n WA_j \quad (2-5)$$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตในที่นี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตให้ได้ค่า Mean Staging Time ที่น้อยที่สุด



โดยที่	$F_j$	$= C_j - r_j$
	$F_j$	หมายถึง เวลาการไหลของงาน $j$
	$C_j$	หมายถึง เวลาที่งาน $j$ เสร็จสิ้น
	$r_j$	หมายถึง เวลาที่งาน $j$ เข้ามาในระบบ
	$n$	หมายถึง จำนวนงานทั้งหมด
	$T_j$	$= \max \{L_j, 0\}$
	$L_j$	หมายถึง เวลาสายของงาน $j$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $C_j - d_j$
	$d_j$	หมายถึง เวลาส่งมอบของงาน $j$
	$N_T$	หมายถึง จำนวนงานที่เสร็จสิ้นหลังกำหนดเวลาส่งมอบ
	$WA_j$	หมายถึง เวลาการรอคอยที่สถานีการประกอบของงาน $j$

### 2.5.2 การกำหนดเวลาส่งมอบของงาน

เวลาส่งมอบ (Due Date) ของงาน หมายถึง เวลาจัดส่ง หรือเวลาเสร็จสิ้นของงานตามสัญญาไว้กับลูกค้า ซึ่งเทคนิคในการกำหนดเวลาส่งมอบงานที่มีอยู่หลากหลายวิธีนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1. การกำหนดจากภายนอก (Externally Imposed) นั่นคือ การกำหนดเวลาส่งมอบอยู่นอกเหนือการควบคุมของผู้จัดการ เช่น กำหนดโดยคำสั่งซื้อที่เข้ามาของลูกค้าหรือกำหนดมาจากฝ่ายการตลาดขององค์กร
2. การกำหนดจากภายใน (Internally Set) นั่นคือ เวลาส่งมอบถูกกำหนดโดยผู้จัดการ ซึ่งจะใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงาน (Job Characteristics Information) เช่น เวลาการดำเนินงานทั้งหมด (Total Processing Time) หรือจำนวนการดำเนินงาน (Number of Operations) เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพบว่ากฎที่ใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานนั้น สามารถปรับปรุงสมรรถนะของเวลาส่งมอบได้ดีกว่ากฎที่ละเลยข้อมูลส่วนนี้ (Conway, Maxwell, and Miller 1967) นอกจากนี้ยังมีบางกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ใช้ข้อมูลทางด้านสถานภาพของระบบในปัจจุบัน (Current Shop Status Information) อาทิเช่น ข้อมูลทางด้านจำนวนงานที่มีอยู่ในระบบหรือจำนวนงานในแถวคอยของสถานีงาน เป็นต้น ซึ่งพบว่าให้การประมาณค่าระยะเวลาการไหลของงานที่ถูกต้องแม่นยำและสามารถให้สมรรถนะของเวลาส่งมอบที่ดีเช่นกัน (Baker and Bertrand 1981, Eilon and Chowdhury 1976) ซึ่งผู้จัดการจะประมาณค่าระยะเวลาการไหลของงานในแต่ละงาน เพื่อที่จะกำหนดเวลาส่งมอบให้ได้อย่างสอดคล้องกัน

กฎในการกำหนดเวลาส่งมอบที่เลือกมาทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ กำหนดให้ครอบคลุมทุกประเภทของการกำหนดเวลาส่งมอบ นั่นคือ

#### 1. การกำหนดจากภายนอก ได้แก่

- Constant (CON) กำหนดเวลาส่งมอบให้มีระยะเวลาคงที่ค่าหนึ่ง และค่าคงที่นี้ จะใช้กับทุกคำสั่งซื้อ มักใช้ในกรณีที่พนักงานขายเป็นผู้กำหนดเวลาส่งมอบเอง การกำหนดเวลาส่งมอบให้มีค่าคงที่นี้ เหมาะกับองค์กรที่ทำการผลิตชิ้นงานที่มีความหลากหลายน้อย หรืออีกนัยหนึ่งคือ เหมาะสำหรับองค์กรที่ทำการผลิตแบบปริมาณมาก (Mass Production) ชิ้นงานแต่ละประเภทใช้เวลาในการผลิตใกล้เคียงกัน จึงสามารถกำหนดเวลาส่งมอบของงานให้คงที่ได้
- Random (RAN) เป็นการกำหนดเวลาส่งมอบของงานโดยวิธีการสุ่ม ภายในช่วงที่กำหนด เป็นวิธีการกำหนดเวลาส่งมอบที่ไม่ได้คำนึงถึงเวลาเสร็จสิ้นของการผลิต กฎนี้จึงเป็นตัวแทนของกรณีที่เวลาส่งมอบถูกกำหนดโดยคำสั่งซื้อที่เข้ามาของลูกค้า ซึ่งพนักงานขายอาจจะมีการต่อรองในเรื่องของระยะเวลาส่งมอบ ดังนั้น จึงทำให้เวลาส่งมอบในกรณีเช่นนี้เป็นแบบสุ่ม

#### 2. การกำหนดจากภายใน ซึ่งแบ่งได้เป็น

##### ก. กฎที่ใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงาน ได้แก่

- Total Work (TWK) เป็นกฎที่กำหนดเวลาส่งมอบของงานให้เป็นสัดส่วน โดยตรงกับภาระงานที่งานนั้นจะต้องทำทั้งหมด โดยใช้ปัจจัยที่แสดงถึงความกระชั้นของงาน (ค่าคงที่) คูณกับภาระงานทั้งหมด แล้วใช้ค่าผลคูณที่ได้นี้เป็นระยะเวลาในการกำหนดเวลาส่งมอบของงาน การกำหนดเวลาส่งมอบของงานตามภาระงานทั้งหมดนี้เหมาะสำหรับองค์กรที่ผลิตชิ้นงานที่มีความหลากหลาย รวมถึงเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละประเภทยังมีความแตกต่างกันมาก
- Total Work Content Critical Path (TWKCP) กำหนดเวลาส่งมอบของงานให้เป็นสัดส่วน โดยตรงกับภาระงานทั้งหมด บนสายงานวิกฤติ (Critical Path) ของงานนั้น

##### ข. กฎที่ใช้ทั้งข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานและทางด้านสถานภาพของระบบ

- Jobs in System (JIS) กำหนดเวลาส่งมอบของงานให้เป็นสัดส่วน โดยตรงกับจำนวนของงานทั้งหมดในระบบ เมื่อเวลาที่งานนั้นมาถึง และภาระงานที่งานนั้นจะต้องทำทั้งหมด
- BOMs and Jobs in System (BJIS) กำหนดเวลาส่งมอบของงานให้เป็นสัดส่วน โดยตรงกับจำนวนส่วนประกอบทั้งหมด และจำนวนระดับของการประกอบใน

รายการวัสดุของงาน (Number of Levels and Number of Components in the BOM) รวมทั้งจำนวนของงานทั้งหมดในระบบ

### 2.5.3 กฎการจ่ายงาน

กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขความขัดแย้งที่เกิดขึ้น เมื่อใดก็ตามที่มีเซตของงานตั้งแต่ 2 งานขึ้นไปคอยรับบริการจากเครื่องจักรเดียวกัน (ปารเมศ ชูติมา, 2546) กฎการจ่ายงานมีความสัมพันธ์กับกฎในการกำหนดเวลาส่งมอบ และส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบการผลิต การใช้กฎการจ่ายงานที่เหมาะสมอาจจะทำให้ความแออัดภายในระบบลดลง หรือทำให้สามารถส่งสินค้าทันตามกำหนดเวลาที่สัญญาไว้กับลูกค้าได้โดยทั่วไปแล้ว เราสามารถแบ่งกฎการจ่ายงานตามพฤติกรรมในการทำงานได้เป็น 2 ประเภท คือ

#### 1. ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งแบ่งได้เป็น

- กฎแบบสถิต (Static Rule) เป็นกฎที่หลังจากกำหนดค่าลำดับความสำคัญให้กับแต่ละงานแล้ว ค่าเหล่านี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา
- กฎแบบพลวัต (Dynamic Rule) เป็นกฎที่เปลี่ยนแปลงค่าลำดับความสำคัญของงานตามเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงค่าลำดับความสำคัญของงานให้เป็นปัจจุบันทุกครั้งก่อนที่จะทำการตัดสินใจว่าจะเลือกทำงานใดก่อน

#### 2. ชนิดของข้อมูลที่ใช้

- กฎแบบเฉพาะที่ (Local Rule) เป็นกฎที่ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับงานที่อยู่ในแถวคอยของเครื่องจักรที่กำลังพิจารณาการจัดการอยู่ในการกำหนดลำดับความสำคัญของงานเท่านั้น
- กฎแบบวงกว้าง (Global Rule) เป็นกฎที่นอกจากจะใช้ข้อมูลเกี่ยวกับงาน เช่นเดียวกับกฎแบบเฉพาะที่แล้ว ยังใช้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสถานะของงานที่อยู่บนแถวคอยของเครื่องจักรอื่น หรือสถานะของเครื่องจักรอื่น ในการกำหนดลำดับความสำคัญของงาน

งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่มักมีสมมติฐาน 2 ข้อที่ถูกนำมาใช้เสมอในการศึกษากฎการจ่ายงาน ข้อแรกคือ เครื่องจักรเป็นทรัพยากรเพียงประเภทเดียวเท่านั้นที่จะนำมาพิจารณาจัดการ (คนงานไม่ได้ถือว่าเป็นข้อจำกัดของระบบ) ข้อสองคือ เส้นทางการของแต่ละงานจะมีลักษณะเป็นแบบอนุกรม คือแต่ละงานจะต้องถูกทำบนเครื่องจักรตามลำดับก่อนหลังที่กำหนดให้เท่านั้น ซึ่งหมายความว่า งานทั้งหมดเป็นอิสระต่อกัน และจะไม่พิจารณางานที่มีลักษณะเป็นการประกอบแน่นอนว่า การนำเอาปัจจัยเหล่านี้เข้ามาร่วมพิจารณาด้วยจะทำให้ความซับซ้อนของปัญหาการจัดการเพิ่มขึ้น (ปารเมศ ชูติมา, 2546) ดังนั้นกฎการจ่ายงานที่ถูกสรุปผลว่าให้ประสิทธิภาพการ

ทำงานของระบบโดยรวมดีที่สุดในระบบผลิตแบบอนุกรม นั้น จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าจะเป็นกฎที่ดีที่สุดในระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ

ปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดลำดับงาน ในระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ ได้ถูกเสนอแนะไว้ในงานวิจัยของ Philipoom, Russell, and Fry (1991) ดังนี้

1. ความคับคั่งของระบบ (Shop Congestion) อาจวัดได้จากจำนวนงานในแถวคอย เวลา รวมทั้งหมดที่งานอยู่ในแถวคอย เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย เป็นต้น
2. ความก้าวหน้าของงาน (Job Progress) อาจวัดได้จากเวลาการดำเนินงานที่เหลืออยู่ จำนวนการดำเนินงานที่เหลืออยู่ เป็นต้น
3. โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (Product Structure) อาจประกอบด้วยจำนวนส่วนประกอบทั้งหมดในรายการวัสดุ (BOM) ระดับของการประกอบหรือความยาวของสายงาน วิกฤติ เป็นต้น
4. เวลารอคอยการประกอบ (Staging Delay) อาจประกอบไปด้วยจำนวนส่วนประกอบที่ขนานกัน ความใกล้ชิดการประกอบรวมถึงการใช้ข้อมูลที่ประสานเวลาเสร็จงานของแต่ละส่วนประกอบที่ต้องประกอบกันให้พร้อมกัน เป็นต้น
5. เวลาส่งมอบ (Due Date) คือใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน

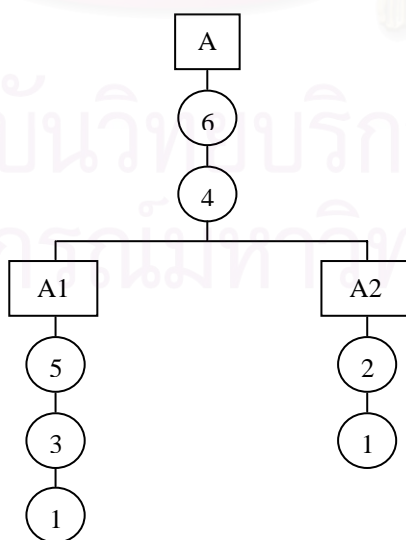
กฎการจ่ายงานที่ถูกเลือกมาศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ จึงเป็นกฎที่ถูกสรุปผลมาแล้วว่าให้ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของระบบดีที่สุด จากงานวิจัยต่างๆเกี่ยวกับการศึกษากฎการจ่ายงานในระบบผลิตแบบโรงงานประกอบที่มีเงื่อนไขในการทดลองต่างกัน โดยหลักการของกฎเหล่านั้น มีดังนี้

- Slack per Remaining Operation (S/OPN) เป็นการให้ลำดับความสำคัญสูงสุดกับการดำเนินงานที่มีอัตราส่วนระหว่างเวลาหย่อน ต่อจำนวนการดำเนินงานที่เหลืออยู่ มีค่าน้อยที่สุด โดย S/OPN ถือได้ว่าเป็นกฎการจ่ายงานที่นิยมใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดลำดับงานในระบบผลิตแบบตามงาน รวมทั้งมักใช้กันโดยทั่วไปในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังพบว่า เป็นกฎที่ให้ผลการดำเนินงานที่ดีในงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ (Green and Appel 1981, and Fry et al. 1989a.)
- The Earliest Job Due Date (JDD) เป็นการให้ลำดับความสำคัญสูงสุดกับการดำเนินงานที่มีเวลาส่งมอบของงานกระชั้นที่สุด โดยจากงานวิจัยของ Russell and Taylor (1985), Goodwin and Weeks (1986), และ Fry et al. (1989) ต่าง

พบว่ากฎ JDD ให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีที่สุดในเมื่อทดลองภายใต้ระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ และในทุกโครงสร้างผลิตภัณฑ์ รวมทั้งจากงานวิจัยของ Adam et al. (1993) JDD ถูกพบว่าเป็นกฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาล่าช้าของงานมีค่าน้อยที่สุด

- Importance Ratio (IR) เป็นการให้ลำดับความสำคัญสูงสุดกับการดำเนินงานที่มีอัตราส่วนระหว่างจำนวนการดำเนินงานที่ยังเหลืออยู่บนเส้นทางงาน นับจนงานนั้นถูกประกอบเสร็จสิ้น ต่อจำนวนการดำเนินงานที่ยังเหลืออยู่บนเส้นทางที่มีการดำเนินงานยังเหลืออยู่มากที่สุดของงานนั้น โดยลำดับความสำคัญสูงสุดจะให้กับการดำเนินงานที่มีอัตราส่วนมากที่สุด
- Latest Finish Time (LF) เป็นการให้ลำดับความสำคัญสูงสุดกับการดำเนินงานที่มีผลต่างที่น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเวลาเสร็จสิ้นที่เร็วที่สุดของงาน กับผลรวมของเวลาการดำเนินงานที่เหลืออยู่ทั้งหมดบนเส้นทาง (Branch) ของการดำเนินงานนั้น โดยกฎ LF ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Mohanasundaram et al. (2002) ซึ่งพบว่า เป็นกฎที่มีประสิทธิภาพสูงในด้านการลดเวลาการไหลของงาน และเวลาการรอคอยการประกอบ (Staging Delay) เนื่องจากเป็นกฎที่พิจารณาความสัมพันธ์ภายในโครงสร้างของงาน มีการประสานและมีการเร่งงานระหว่างการดำเนินงานในสายงานวิกฤติ และการดำเนินงานที่ไม่ได้อยู่ในสายงานวิกฤติของงานให้มีความสอดคล้องกัน

และเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการจัดลำดับงานของกฎการจ่ายงานแต่ละกฎ จึงได้ทำการยกตัวอย่างประกอบดังนี้



รูปที่ 2-2 ตัวอย่างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ A

จากรูปที่ 2-2 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ A ที่มีสี่เหลี่ยมแทนส่วนประกอบ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ A ประกอบขึ้นจากส่วนประกอบ A1 และ A2 โดยวงกลมแทนการดำเนินงานที่มีหมายเลขเครื่องจักรกำกับไว้ เช่น ชิ้นส่วน A1 มี 3 การดำเนินงานที่ต้องทำบนเครื่องจักร 1, 3, และ 5 ตามลำดับ ซึ่งขณะนี้ มีการดำเนินงานทั้งของชิ้นส่วน A1 และ A2 อยู่ที่แถวคอยของเครื่องจักรที่ 1 เมื่อกำหนดให้งานเข้าสู่ระบบการผลิตที่เวลาเท่ากับ 0 และมีกำหนดเวลาในการส่งมอบงานที่นาที่ 90 สมมติให้แต่ละการดำเนินงานใช้เวลาเท่ากับ 15 นาที

- เมื่อพิจารณาจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎการจ่ายงานแบบ S/OPN จะได้ว่าจำนวนการดำเนินงานที่เหลือของชิ้นส่วน A1 จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ A เสร็จสิ้นนั้นเท่ากับ 5 การดำเนินงาน ส่วนทางด้านจำนวนการดำเนินงานที่เหลือของชิ้นส่วน A2 จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ A เสร็จสิ้นนั้น เท่ากับ 4 ดังนั้น

$$\text{ชิ้นส่วน A1 มีอัตราส่วนของ S/OPN} = (90-15*5-0)/5 = 3$$

$$\text{ชิ้นส่วน A2 มีอัตราส่วนของ S/OPN} = (90-15*4-0)/4 = 7.5$$

ซึ่งการที่ชิ้นส่วน A1 มีค่าอัตราส่วนของ S/OPN เท่ากับ 3 ซึ่งให้เห็นว่าการดำเนินงานนั้นน่าจะเป็นตัวที่ทำให้งานทั้งหมดล่าช้า จึงสมควรที่จะต้องถูกดำเนินงานก่อน ดังนั้นลำดับการผลิตจึงเป็น A1 และ A2 ตามลำดับ

- เมื่อพิจารณาจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD จะได้ว่าเวลาในการส่งมอบงานของชิ้นส่วน A1 และ A2 นั้นคือ เวลาในการส่งมอบงานของงาน A เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 90 ดังนั้นการจัดลำดับการผลิตจึงขึ้นอยู่กับว่าชิ้นส่วนใดเข้าสู่แถวคอยของเครื่องจักรก่อน ก็จะได้รับบริการเข้าดำเนินการก่อน (FCFS)

- เมื่อพิจารณาจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎการจ่ายงานแบบ IR จะพบว่าจำนวนการดำเนินงานที่เหลือของชิ้นส่วน A1 จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ A เสร็จสิ้นนั้นเท่ากับ 5 การดำเนินงาน (3 การดำเนินงานสำหรับชิ้นส่วน A1 และ 2 การดำเนินงานสำหรับผลิตภัณฑ์ A) ส่วนทางด้านจำนวนการดำเนินงานที่เหลือของชิ้นส่วน A2 จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ A เสร็จสิ้นนั้น เท่ากับ 4 จึงถือว่า 5 เป็นจำนวนการดำเนินงานสูงสุดที่ยังเหลืออยู่ ดังนั้น

$$\text{ชิ้นส่วน A1 มีอัตราส่วนของ IR} = 5/5 = 1$$

$$\text{ชิ้นส่วน A2 มีอัตราส่วนของ IR} = 4/5 = 0.8$$

ซึ่งการที่ชิ้นส่วน A1 มีค่าอัตราส่วนของ IR เท่ากับ 1 ซึ่งให้เห็นว่าการดำเนินงานนั้นน่าจะเป็นตัวที่ทำให้งานทั้งหมดล่าช้า จึงสมควรที่จะต้องถูกดำเนินงานก่อน ดังนั้นลำดับการผลิตจึงเป็น A1 และ A2 ตามลำดับ

- เมื่อพิจารณาจัดลำดับการผลิตโดยใช้กฎการจ่ายงานแบบ LF จะพบว่าจำนวนการดำเนินงานที่เหลือของชิ้นส่วน A1 จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ A เสร็จสิ้นนั้นเท่ากับ 5 การดำเนินงาน (3 การดำเนินงานสำหรับชิ้นส่วน A1 และ 2 การดำเนินงานสำหรับผลิตภัณฑ์ A) ส่วนทางด้านจำนวนการดำเนินงานที่เหลือของชิ้นส่วน A2 จนกระทั่งผลิตภัณฑ์ A เสร็จสิ้นนั้น เท่ากับ 4 โดยจำนวนการดำเนินงานที่มากที่สุดในการผลิตงาน A เท่ากับ 5 การดำเนินงาน ดังนั้น

$$\text{ชิ้นส่วน A1 มีอัตราส่วนของ LF} = (0+15*5-15*5) = 0$$

$$\text{ชิ้นส่วน A2 มีอัตราส่วนของ LF} = (0+15*5-15*4) = 15$$

ซึ่งการที่ชิ้นส่วน A1 มีค่าอัตราส่วนของ LF เท่ากับ 0 ชี้ให้เห็นว่าการดำเนินงานนั้นน่าจะเป็นตัวที่ทำให้งานทั้งหมดล่าช้า จึงสมควรที่จะต้องถูกดำเนินงานก่อน ดังนั้นลำดับการผลิตจึงเป็น A1 และ A2 ตามลำดับ

## 2.6 การจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ ซึ่งมีผู้ที่ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหายู่มากมาย แต่คำจำกัดความที่เป็นที่ยอมรับว่าครอบคลุมความหมายของการจำลองแบบปัญหาได้เหมาะสมที่สุดก็คือ คำจำกัดความที่ให้โดย Shannon (1975) ที่ว่า “การจำลองแบบปัญหา คือกระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองโดยใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่างๆในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้”

ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระบวนการออกแบบแบบจำลองนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองมาใช้งานวิเคราะห์ แบบจำลองที่ดีนั้นจะต้องสามารถช่วยให้เข้าใจระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริงได้

การจำลองแบบปัญหาคด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานมากมายหลายประเภท ซึ่งถึงแม้ว่าการจำลองแบบปัญหานั้นจะมีประโยชน์อย่างมาก แต่ก็ถือว่ายังมีข้อจำกัดอยู่ นั่นคือ แบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้นนั้นไม่สามารถที่จะสร้างให้เหมือนกับระบบจริงทุกประการได้ ซึ่งจะมีรายละเอียดบางอย่างของระบบถูกตัดออกไปบ้าง แต่ระบบจริงกับระบบจำลองนั้นจะมีความเหมือนกันทางด้านสถิติซึ่งจะสามารถยอมรับรายละเอียดที่ตัดออกไปได้ ดังนั้น การจำลองแบบปัญหาจึงมีไว้เพื่อศึกษาระบบ ไม่ใช่เพื่อการหา

คำตอบที่ดีที่สุดของระบบ เพราะสิ่งที่ต้องยอมรับคือการจำลองแบบปัญหาเป็นการเก็บข้อมูลในอดีต ดังนั้นการวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองปัญหา จะมีความคลาดเคลื่อนหรือแตกต่างกันได้จากระบบงานจริง ผู้ที่วิเคราะห์ระบบจะต้องมีความเข้าใจในข้อจำกัดและสิ่งแวดล้อมที่จะมีผลกระทบต่อระบบเป็นอย่างดี จึงจะสามารถวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองปัญหาได้อย่างใกล้เคียงกับระบบงานจริง

แบบจำลอง (Simulation Model) หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง โดยโครงสร้างของแบบจำลองควรประกอบไปด้วย

- องค์ประกอบ (Component)
- ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and Parameters)
- ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationships)
- ขอบข่ายจำกัด (Constraints)
- ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function)

กระบวนการในการจำลองแบบปัญหา ประกอบด้วย

1. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน
2. การสร้างแบบจำลองจากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษา
3. การจัดเตรียมข้อมูลและวิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง แล้วจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้
4. การแปรรูปแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. การทดสอบความถูกต้อง เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้มั่นใจได้ว่าแบบจำลองนั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงได้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา
6. การออกแบบการทดลอง เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
7. การวางแผนการใช้งานแบบจำลองเป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลที่เพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับการออกแบบการทดลองมีอยู่ว่าในการออกแบบการทดลองนั้น เป็นเพียงแค่การบอกเงื่อนไขของการทดลอง ส่วนขั้นตอนนี้เป็นการบอกว่าจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้ง เพื่อให้ได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม หรือได้ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้



8. การดำเนินการทดลอง เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง
9. การตีความผลการทดลอง โดยตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไร และการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร
10. การนำไปใช้งาน เป็นการเลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบจริง
11. การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งาน และผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่ให้นำแบบจำลองไปใช้งานและเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงคัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.7.1 งานวิจัยที่ศึกษาประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานในระบบผลิตแบบตามงาน

งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนมาก มุ่งเน้นไปที่การศึกษาประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่แตกต่างกัน ในปัญหาการจัดตารางของระบบการผลิตแบบตามงาน (Job Shop Scheduling) ซึ่งมักมีการตั้งสมมติฐานเอาไว้ว่า เส้นทางการของแต่ละงานจะมีลักษณะเป็นแบบอนุกรม คือแต่ละงานจะต้องถูกทำบนเครื่องจักรตามลำดับก่อนหลังที่กำหนดให้เท่านั้นซึ่งหมายความว่างานทั้งหมดเป็นอิสระต่อกัน และจะไม่พิจารณางานที่มีลักษณะเป็นการประกอบ ซึ่งปัญหาการจัดตารางภายใต้สมมติฐานเช่นนี้จะทำให้ลดความซับซ้อนของปัญหาการจัดตารางลงได้เป็นอย่างมาก

จากงานวิจัยของ Baker and Kanet (1983) ซึ่งทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ อันได้แก่ เวลาล่าช้าเฉลี่ยและสัดส่วนของงานล่าช้า ภายใต้แบบจำลองระบบผลิตแบบตามงาน พบว่า กฎการจ่ายงานเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่กฎ Modified Due Dates (MOD) เป็นกฎที่ให้ผลการปฏิบัติงานที่ดี เมื่อทำการวัดผลทางด้านเวลาล่าช้าของงาน นอกจากนี้ พบว่า ระดับการใช้งานของระบบ (Shop Utilization) ที่ต่างกันนั้น ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยในงานวิจัยนี้ กำหนดให้มีระดับการใช้งานของระบบที่ 80% และ 90% อันเนื่องมาจากผลการสำรวจระดับการใช้งานของระบบในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ของสหรัฐอเมริกา ภายในช่วงปี 1965 - 1980 พบว่า อยู่ในช่วง 80 - 90%

งานวิจัยของ Ragatz and Mabert (1984) ซึ่งทำการศึกษาประสิทธิภาพของเวลาส่งมอบภายใต้แบบจำลองของระบบการผลิตแบบตามงาน โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง คือ กฎการจ่ายงาน 3 กฎ (SPT, FCFS, และ MINSLK) และ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกัน 8 กฎ ซึ่งทั้ง 8 กฎ

นั้นถูกกำหนดให้มีความหลากหลาย นั่นคือ มีบางกฎที่ใช้ข้อมูลด้านคุณลักษณะของงานในการกำหนดเวลาส่งมอบ อันได้แก่กฎ TWK, NOP, และ TWK+NOP และกฎที่ใช้ทั้งข้อมูลด้านคุณลักษณะของงานร่วมกับข้อมูลด้านสถานภาพของระบบ ได้แก่ JIQ, WIQ, WEEKS, JIS, และ RMR โดยพิจารณาบนตัววัดประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับเวลาล่าช้าและเวลาสายของงาน ซึ่งพบว่ากฎการจ่ายงานมีผลร่วมระหว่างกันกับกฎในการกำหนดเวลาส่งมอบ รวมทั้งมีผลต่อประสิทธิภาพของเวลาส่งมอบอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ากฎ RMR, JIQ, และ WIQ ซึ่งเป็นกฎที่ใช้ทั้งข้อมูลด้านคุณลักษณะของงานร่วมกับข้อมูลด้านสถานภาพของระบบ ให้ผลการปฏิบัติงานได้ดีกว่ากฎที่ใช้เพียงแค่ข้อมูลด้านคุณลักษณะของงาน

งานวิจัยของ Vig and Dooley (1991) มุ่งประเด็นของการศึกษาการกำหนดเวลาส่งมอบไปที่การประมาณค่าเวลาการไหลของงาน โดยนำเสนอกฎใหม่ในการกำหนดเวลาส่งมอบ 2 กฎ ได้แก่ Operation Flow time Sampling (OFS) และ Congestion and Operation Flow time Sampling (COFS) ภายใต้วัตถุประสงค์ คือการพัฒนากฎใหม่ในการกำหนดเวลาส่งมอบที่ง่ายต่อการนำไปใช้ และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางด้านเวลาส่งมอบภายใต้แบบจำลองระบบการผลิตแบบตามงาน โดยปัจจัยที่ใช้ได้แก่ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ กฎการจ่ายงาน และระดับการใช้งานของระบบ ซึ่งตัววัดประสิทธิภาพที่ใช้ได้แก่ เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาสายของงาน รวมถึงค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาล่าช้าของงาน

ผลการวิจัยครั้งนี้ถือเป็นการสนับสนุนข้อสรุปของงานวิจัยที่ผ่านมา ที่ว่าข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานและทางด้านสถานภาพของระบบนั้น มีประโยชน์อย่างมากต่อการประมาณค่าเวลาการไหลของงาน เนื่องจากกฎใหม่ที่นำเสนออันได้แก่ OFS และ COFS นั้นให้การประมาณค่าเวลาการไหลของงานที่ถูกต้องและแม่นยำกว่ากฎอื่นๆ ที่ใช้เพียงแค่ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงาน ซึ่งในที่นี้คือ TWK และ NOP

นอกจากนั้นในงานวิจัยฉบับนี้ ยังได้มีการพิจารณาว่างานวิจัยอื่นๆ ที่ผ่านมามีส่วนใหญ่อันที่ใช้ระดับการใช้งานของระบบเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ศึกษานั้น กำหนดให้มีระดับการใช้งานที่เท่ากันทั้งระบบ นั่นคือให้ระบบมีความสมดุล ทั้งที่ในอุตสาหกรรมทั่วไป ระดับการใช้งานของระบบการผลิตส่วนใหญ่ก็มักมีความไม่สมดุลเกิดขึ้น สถานะคอขวด (Bottleneck) มักเกิดขึ้นอยู่เสมอ ดังนั้น ในงานวิจัยฉบับนี้จึงได้จำลองระบบการผลิตแบบตามงาน ที่ประกอบด้วย 5 สถานีงาน ที่มีลักษณะงานเฉพาะตัว แต่ละสถานีมีเครื่องจักร 1 เครื่อง โดยทำการทดลองภายใต้เงื่อนไข 2 แบบ นั่นคือให้ระบบมีความสมดุล (มีระดับการใช้งานของระบบที่ 95%) และระบบที่ไม่สมดุล นั่นคือให้แต่ละสถานีงานมีระดับการใช้งานที่ไม่เท่ากัน โดยอยู่ในช่วง 85 – 95% ซึ่งพบว่าภายใต้แบบจำลองที่ระบบไม่สมดุลนั้น ระบบมีความแปรปรวนเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพของระบบลดน้อยลง

งานวิจัยของ Chang (1996) มีลักษณะโดยรวมคล้ายกันกับงานวิจัยที่ผ่านมา นั่นคือเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบตามงาน โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง คือ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกัน 8 กฎ (CON, SLK, NOP, PPW, TWK, JIS, JIQ, และ WIQ) กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกัน 6 กฎ (FCFS, SPT, LST, EDD, ODD, และ MOD) และปัจจัยทางด้านระดับการใช้งานของระบบ ที่ระดับการใช้งาน 50%, 70%, และ 90% โดยใช้ตัววัดประสิทธิภาพคือเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ย และสัดส่วนของงานล่าช้า ซึ่งผลการศึกษพบว่า การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ PPW ให้ผลการปฏิบัติงานที่เหนือกว่า CON, SLK, NOP, และ JIS ในทุกกรณี ในขณะที่กฎ JIQ และ WIQ ให้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งไม่สามารถสรุปได้ว่าทั้งกฎ PPW, JIQ, และ TWK นั้น กฎใดเป็นกฎที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบยังขึ้นอยู่กับกฎการจ่ายงานที่ใช้รวมถึงระดับการใช้งานของระบบด้วยเช่นกัน เช่น ที่ระดับการใช้งานสูงๆ (90%) หากใช้กฎการจ่ายงานเป็นกฎ SPT กฎ TWK จะเป็นกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ดีที่สุด แต่หากใช้กฎการจ่ายงานอื่นๆ กฎ JIQ จะเป็นกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ดีที่สุด เป็นต้น

งานวิจัยของ Cheng and Jiang (1998) ก็มีลักษณะโดยรวมคล้ายกับงานวิจัยที่ผ่านมา นั่นคือเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของเวลาส่งมอบ ภายใต้แบบจำลองของระบบการผลิตแบบตามงาน โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือกฎการจ่ายงาน กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และระดับการใช้งานของระบบ แต่มีความต่างกันตรงที่ในงานวิจัยนี้มีการใช้ ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness, MAL) เป็นหนึ่งในดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบการผลิต ซึ่งเป็นตัววัดที่พิจารณาความคลาดเคลื่อนของเวลาเสร็จงานทั้งทางด้านบวกและลบ เมื่อเทียบกับกำหนดเวลาส่งมอบของงาน โดยกำหนดให้มีความรุนแรงเท่ากัน เพราะถือว่าไม่ว่างานจะเสร็จก่อนหรือหลังกำหนดเวลาส่งมอบ ย่อมทำให้เกิดค่าใช้จ่ายและความเสียหายขึ้นเทียบเท่ากัน MAL จึงถือเป็นตัววัดที่สามารถบ่งบอกความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้นได้สมบูรณ์กว่าการวัดเพียงแค่ค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงาน หรือค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงาน

ได้มีการขยายผลงานวิจัยของระบบการผลิตแบบตามงานขึ้นในงานวิจัยของ Gargeya and Deane (1999) ซึ่งทำการศึกษาการจัดลำดับการทำงานในระบบการผลิตแบบตามงาน ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรที่มีจำกัด โดยมีปัจจัยในการศึกษา 2 ปัจจัยได้แก่ กฎการจ่ายงาน และระดับการใช้งานของทรัพยากร ซึ่งระดับการใช้งานของทรัพยากรในที่นี้ หมายถึงอัตราส่วนระหว่างเวลาทั้งหมดที่ทรัพยากรถูกใช้ต่อเวลาทั้งหมดของระบบ โดยกำหนดไว้ 3 ระดับคือ 50, 60, และ 65% ดัชนีวัดประสิทธิภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะเกี่ยวกับเวลาล่าช้าของงาน เวลาที่ใช้ในระบบ และเปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงทรัพยากร โดยผลการทดลองพบว่า เมื่อระดับการใช้งานของระบบเพิ่มสูงขึ้น กฎ CBS (Contingency-Based Scheduling) ถือเป็นกฎที่สามารถปฏิบัติงานได้ดีที่สุด

## 2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการทำงานในระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดลำดับการทำงาน ภายใต้แบบจำลองของระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ (Assembly Shop Model) นั้นมีอยู่มากมาย ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้มักเป็นงานวิจัยที่ต่อเนื่องหรือใช้ข้อสรุปบางประการจากงานวิจัยที่ใช้แบบจำลองของระบบผลิตแบบตามงาน ซึ่งโดยหลักการต่างๆ แล้วจะมีลักษณะหลายประการที่คล้ายกัน เพียงแต่ว่าการจัดตารางในระบบผลิตแบบโรงงานประกอบนั้นจะมีความซับซ้อนและมีปัญหาต่างๆ เพิ่มขึ้นมา อันเนื่องมาจากการยกเลิกสมมติฐานหลายประการทิ้งไป

งานวิจัยของ Scull (1980) กล่าวถึงกฎการจ่ายงานอย่างมีอันดับของระบบการผลิตแบบตามงานที่มีขั้นตอนการประกอบ ที่ซึ่งผลิตภัณฑ์จะถูกสร้างขึ้นเนื่องจากชิ้นส่วนหลายๆ ชิ้นและชิ้นส่วนเหล่านั้นต้องการการดำเนินการผลิตที่แตกต่างกันในสถานีนงานต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหากฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นงานของชิ้นส่วนที่ต้องการในผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันเสร็จในเวลาที่เหมาะสมพร้อมๆ กัน ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับข้อมูลทางด้านสถานะของงาน เช่น การปฏิบัติงานที่อยู่ในระบบ จำนวนของชิ้นส่วนที่ผลิตเสร็จ และจำนวนของการปฏิบัติงานที่ยังคงเหลืออยู่ในแต่ละชิ้นส่วนที่ต้องการทำการผลิต ผลจากการวิจัยพบว่าข้อมูลทางด้านสถานะของงานมีส่วนช่วยให้ผลที่ได้จากตัววัดสมรรถนะของงานส่วนใหญ่ดีขึ้น และในปี 1987 Scull ได้ศึกษากฎการจ่ายงานอย่างมีอันดับของระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ ซึ่งกฎการจ่ายงานอย่างมีอันดับจะถูกประเมินประสิทธิภาพโดยการใช้ดัชนีวัดทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยและความสามารถในการทำให้เวลาเสร็จสิ้นของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันเสร็จสิ้นในเวลาที่เหมาะสมพร้อมๆ กัน โดยกฎดังกล่าวมีพื้นฐานแนวคิดคือ การทำให้เวลาที่เหลือของงานในกระบวนการมีค่าน้อยที่สุด

งานวิจัยของ Huang (1984) เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่เกิดจากการใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ขยายขอบเขตการศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยที่ผ่านๆ มาโดยการให้มีทั้งโครงสร้างของงานที่เป็นลำดับงานแบบอนุกรม และงานที่มีลักษณะเป็นสายการประกอบ นั่นคือมีการดำเนินงานทั้งแบบอนุกรมและขนานอยู่ด้วยกัน (Serial-Parallel Operations) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยเพียง 2 ปัจจัย นั่นคือ กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกัน และการรวมกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Product-Mix) ที่แตกต่างกัน โดยไม่ได้พิจารณาถึงการใช้กฎในการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งการใช้กฎการจ่ายงานนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดเวลาส่งมอบให้กับงานที่เข้ามาในระบบก่อน โดยในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เวลาส่งมอบมาจากการคูณด้วยค่าคงที่กับเวลารวมของการดำเนินงาน (Total Processing Time) และสำหรับในโครงสร้างแบบสายการประกอบจะใช้เวลารวมของการดำเนินงานบนเส้นทางที่ยาวที่สุด

เป็นที่น่าสนใจที่ในงานวิจัยนี้มีหนึ่งในดัชนีวัดประสิทธิภาพเป็นค่าของ Staging Time ซึ่งเป็นเวลาที่งานเกิดการรอคอยการประกอบ เนื่องจากอีกส่วนประกอบหนึ่งยังไม่พร้อม จึงถือเป็น

ดัชนีวัดประสิทธิภาพที่ใช้สำหรับงานที่มีโครงสร้างแบบสายการประกอบ โดยผลการศึกษา พบว่าทั้งสองปัจจัย และผลรวมระหว่างกันของสองปัจจัยนี้ ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยที่กฎ SPT ให้ผลการปฏิบัติงานโดยรวมที่เด่นกว่ากฎอื่นๆ

จากงานวิจัยของ Russell and Taylor (1985) พบว่าโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (Product Structure) ที่แตกต่างกันมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานแต่ละกฎอย่างมีนัยสำคัญ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดรายการวัสดุ (BOMs) ขึ้นมา 2 แบบ นั่นคือ โครงสร้างแบบสูง (Tall Structure) ซึ่งมีระดับของการประกอบ 4 ระดับ และโครงสร้างแบบแบน (Flat Structure) ซึ่งมีระดับของการประกอบ 3 ระดับ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ยังมีระดับของการประกอบสูงยิ่งทำให้เกิดความน่าจะเป็นในการที่งานจะเสร็จล่าช้ากว่ากำหนดส่งมอบสูงเช่นกัน รวมทั้งพบว่ากฎ SPT จะให้ประสิทธิภาพสูงเมื่อใช้กับงานที่มีระดับของการประกอบสูงๆ หลังจากนั้น Fry, Oliff, Minor, and Leong (1989) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีต่อประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานต่างๆ โดยจำลองระบบผลิตแบบโรงงานประกอบที่หลากหลายมากกว่าเดิม นั่นคือ กำหนดรูปแบบของ BOMs ขึ้นมา 10 รูปแบบ อันประกอบไปด้วย โครงสร้างแบบแบน โครงสร้างแบบสูง และโครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure) ดัชนีวัดประสิทธิภาพที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานแบบต่างๆ นั้น คือ เวลาไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า รวมถึงค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย กำหนดให้งานเข้ามาในระบบเป็นไปตามระดับการใช้งานของระบบที่ 85% โดยกำหนดเวลาส่งมอบให้กับงานที่เข้ามาในระบบโดยใช้กฎ TWKCP ซึ่งถึงแม้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น Biggs (1985) กำหนดเวลาส่งมอบโดยค่าความเผื่อคงที่ และในงานวิจัยของ Goodwin and Goodwin (1982) กำหนดเวลาส่งมอบโดยใช้กฎ TWK ก็ตาม กฎ TWKCP ก็ได้ถูกเลือกใช้งานวิจัยฉบับนี้ เนื่องจากพบว่าสามารถให้การประมาณค่าเวลาการไหลของงานในระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบที่มีลักษณะการดำเนินงานแบบขนานได้ดี (Orlicky 1975) ซึ่งผลการทดลองกลับพบว่าขัดแย้งกับข้อสรุปของ Russell and Taylor (1985) นั่นคือ กฎ SPT ไม่สามารถปฏิบัติงานได้ดีกับงานที่มีโครงสร้างการประกอบสูงๆ เช่นเดียวกันกับกฎ ORIB และ ORIA ซึ่งมีหลักการที่ใกล้เคียงกับกฎ SPT ก็พบว่าไม่สามารถปฏิบัติงานได้ดีในงานที่มีระดับการประกอบสูงๆเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่ากฎ SPT ไม่สามารถปฏิบัติงานได้ดีกับงานที่มีโครงสร้างแบบแบนในทุกๆดัชนีวัดประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้สรุปได้ว่า ถึงแม้กฎ SPT จะเป็นกฎที่ให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีที่สุดสำหรับระบบการผลิตแบบตามงาน แต่ก็ไม่ได้ให้ผลที่ดีที่สุดสำหรับระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ

กฎใหม่ที่ถูกเสนอในงานวิจัยนี้ได้แก่ LVLSPT ซึ่งกำหนดให้การดำเนินงานที่อยู่บนระดับที่สูงกว่าของ BOMs มีลำดับความสำคัญที่สูงกว่าการดำเนินงานที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า ซึ่งกฎนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้การดำเนินงานที่ใกล้จะเสร็จสิ้นกว่าได้ทำก่อน จึงถือว่าเป็นกฎที่ใช้ข้อมูล

ทั้งโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และเวลาการดำเนินงาน โดยพบว่า LVLSTP สามารถปฏิบัติงานได้ดีในระบบการผลิตแบบ โรงงานประกอบ ซึ่งก็พบว่ากฎอื่นๆที่ใช้ข้อมูลทั้งสองส่วนนี้ก็สามารปฏิบัติงาได้ดีเช่นกัน โดยสรุปแล้ว พบว่ากฎ BDD เป็นกฎที่ให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีที่สุด เมื่อพิจารณาในทุกๆ โครงสร้างผลิตภัณฑ์ และสอดคล้องกับข้อสรุปที่ได้จากงานวิจัยของ Goodwin and Goodwin (1982), Russell and Taylor (1985), and Goodwin and Weeks (1986)

เช่นเดียวกันกับในงานวิจัยของ Fry, Philipoom, and Markland (1989) ซึ่งเป็นการศึกษาการกำหนดเวลาส่งมอบในระบบการผลิตแบบ โรงงานประกอบ โดยให้กฎในการกำหนดเวลาส่งมอบใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงาน ร่วมกับข้อมูลทางด้านสถานภาพของระบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาว่ากฎใดสามารถปฏิบัติงานได้ดีที่สุดเมื่อกำหนดให้มีโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และระดับการใช้งานของระบบที่หลากหลาย โดยพบว่ากฎที่เกิดจากการผสมผสานกฎที่ใช้ข้อมูลเพียงทางด้านคุณลักษณะของงาน ได้แก่กฎ TWK และ TWKCP ร่วมกับกฎที่ใช้ข้อมูลเพียงทางด้านสถานภาพของระบบ ได้แก่กฎ WINS สามารถให้การประมาณค่าระยะเวลาการไหลของงานได้อย่างแม่นยำในระดับการใช้งานของระบบที่ไม่สูงมาก ได้แก่ 70% หรือ 80% และเมื่อระดับการใช้งานของระบบมีค่าสูงถึง 90% กลับพบว่ากฎ WINS สามารถกำหนดเวลาส่งมอบได้แม่นยำกว่ากฎ TWK และ TWKCP อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งการประยุกต์ใช้กฎ WINS ในการทำงานจริงนั้นจำเป็นต้องอาศัยระบบการควบคุมและติดตามสถานภาพของระบบอย่างมีประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้การจ่ายงานเป็นไปตามหลักการของกฎ EDD ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมว่าผลสรุปนี้จะสามารถใช้ได้กับกฎการจ่ายงานอื่นๆหรือไม่ นอกจากนี้การศึกษครั้งนี้ยังเป็นการทดลองภายใต้ระดับการดำเนินงานที่สมดุลกัน ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้ว การเกิดภาวะคอขวดแบบถาวรมักมีอยู่เสมอ ซึ่งจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

งานวิจัยของ Scull and Tsang (1990) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับกฎการจ่ายงานอย่างมีอันดับในโรงงานประกอบและขึ้นรูป โดยได้ทำการศึกษาแบบจำลองที่งานจะถูกสร้างขึ้นอย่างเป็นลำดับของการดำเนินงานที่มี 2 ระดับการประกอบย่อย ซึ่งใช้ระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยและจำนวนงานล่าช้าโดยเฉลี่ยเป็นดัชนีวัดประสิทธิภาพ โดยตัววัดประสิทธิภาพที่ดีที่สุดหาได้จากแนวคิดของกฎที่เกี่ยวข้องกับเวลาหย่อนหารด้วยจำนวนการดำเนินงานที่เหลือในเส้นทางของลำดับการปฏิบัติงานที่ตรงไปสู่การประกอบขั้นสุดท้าย

งานวิจัยของ Philipoom, Russell, and Fry (1991) เป็นการพัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับระบบการผลิตแบบ โรงงานประกอบที่ผ่านๆมา โดยเพิ่มเติมแบบจำลองของระบบให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นั่นคือ ประกอบไปด้วยสถานีงาน 10 สถานี แต่ละสถานีงานมีเครื่องจักร 1 เครื่อง โดยมีสถานีการประกอบ 1 สถานี กำหนดงานให้มีโครงสร้างผลิตภัณฑ์ 15 รูปแบบที่มีความหลากหลาย

มากขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม นั่นคือ โครงสร้างแบบแบน โครงสร้างแบบสูง และโครงสร้างแบบซับซ้อน นอกจากนี้ ได้มีการเสนอกฎการจ่ายงานกฎใหม่ขึ้น นั่นคือ กฎ Importance Ratio (IR) ซึ่งทดสอบบนดัชนีชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับการล่าช้าของงาน และระบบคลังสินค้า โดยผลการทดลองพบว่า กฎ S/OPN เป็นกฎที่ปฏิบัติงานได้ดีในงานวิจัยครั้งนี้ และถือว่าเป็นกฎที่ได้รับความนิยมมากในอุตสาหกรรม รวมทั้งพบว่า กฎใหม่ที่เสนอในงานวิจัยครั้งนี้ (IR) สามารถปฏิบัติงานได้ดีในระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ หรือในการจัดลำดับงานที่มีระดับของการประกอบหลายระดับ ซึ่งกฎ IR จำเป็นต้องใช้ร่วมกับกฎการจ่ายงานอื่นๆ ในการแก้ปัญหาค่าความเสมอภาคที่เกิดขึ้น โดยพบว่ากฎในการแก้ไขความเสมอภาคสำหรับกฎ IR นั้นมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่กฎ LWKR เป็นกฎที่มีความเหมาะสมที่สุดในการใช้ร่วมกับกฎ IR (เขียนเป็น IR-LWKR) สำหรับระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ เนื่องจากให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำรวมทั้งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำ ในผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบแบน และแบบซับซ้อน แต่ IR-LWKR กลับให้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาล่าช้าที่กว้างมาก ซึ่งผลลักษณะนี้คล้ายกับผลที่ได้จากกฎ SPT ในงานที่มีโครงสร้างแบบเส้นตรง (Linear Structure)

จากงานวิจัยของ Nabil R. Adam et al. (1993) ได้มีการศึกษาถึงวิธีในการกำหนดเวลาส่งมอบงาน ด้วยการใช้ตัวเลขสัมประสิทธิ์แบบพลวัตสำหรับระบบการผลิตที่มีการประกอบแบบหลายระดับ โดยในงานวิจัยดังกล่าวได้กำหนดให้เวลาส่งมอบงานมาจากภายในและได้นำเสนอหลักการปรับปรุงแบบพลวัตเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าตัวเลขสัมประสิทธิ์ที่จะนำมาใช้ในการกำหนดเวลาส่งมอบแบบต่างๆ เช่น CON, TWK และ CPPT (Critical Path Processing Time) ซึ่งตัวเลขดังกล่าวจะสะท้อนให้เห็นถึงสถานะของระบบในขณะที่งานกำลังถูกดำเนินการ รวมทั้งสะท้อนให้เห็นถึงคุณลักษณะของงานดังกล่าวด้วย ซึ่งหลักการนี้ช่วยทำให้สามารถควบคุมเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยได้ ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองพบว่าหลักการปรับค่าแบบพลวัตนี้ให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีกว่าการใช้ค่าคงที่ในการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่สายการประกอบไม่มีความซับซ้อนของระดับมากนัก ซึ่งวิธีในการคำนวณเวลาส่งมอบนั้นได้ขยายแนวคิดของเส้นทางวิกฤตของวิธีการแบบ CPPT ไปสู่ระยะเวลาการไหลของเส้นทางวิกฤต (CPFT) แทน โดยวิธีการใหม่นี้จะไม่มีจำเป็นต้องคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ใดๆ แต่จะใช้การประมาณเวลารอคอย ณ สถานีงานซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกคำนวณตลอดเวลาโดยอาศัยข้อมูลของภาระงานในระบบ โดยในตอนท้ายของงานวิจัยได้มีการปรับปรุงหลักการ CPFT ที่จะนำไปสู่หลักการใหม่ที่ให้ค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานได้ดังที่ตั้งเป้าหมายไว้ ซึ่งผลของการวิจัยชี้ให้เห็นว่าในกรณีที่ระดับของโครงสร้างในการประกอบไม่ซับซ้อนมากนัก พบว่าจากกฎที่ได้ทำการปรับปรุงใหม่ (CPFT-AD) ทำให้ระบบสามารถพัฒนาประสิทธิภาพโดยรวมได้ดีกว่าการใช้วิธีการแบบพลวัตหรือแบบค่าคงที่ของการกำหนดเวลาส่งมอบแบบต่างๆ ดังข้างต้น นอกจากนี้ในงานวิจัยยังได้ทำการสำรวจ

ปฏิกริยาระหว่างกฎในการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ JDD และกฎ OPNDD (Earliest Operation Due Date) รวมทั้งกฎ CON, TWK, CPPT และ CPFT-AD ซึ่งพบว่าในระบบการผลิตที่มีโครงสร้างของการประกอบแบบหลายระดับแล้ว กฎ JDD แสดงประสิทธิภาพที่ดีกว่ากฎ OPNDD ในรูปแบบของค่าเฉลี่ยเวลานำและเวลาดำเข้าของงาน

งานวิจัยของ Smith, Minor, and Wen (1995) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ โดยเลือกกฎการจ่ายงานมาจากเหตุผล 2 ประการ ได้แก่ เป็นกฎที่สามารถปฏิบัติงานได้ดีในงานวิจัยที่ผ่านมา ที่ทดลองภายใต้ระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ และกฎที่สามารถปฏิบัติงานได้ดีในงานวิจัยที่ทดลองภายใต้ระบบผลิตแบบตามงาน ซึ่งกฎส่วนใหญ่มาจากงานวิจัยของ Fry et al. (1989) ได้แก่ BDD, BMDD, BCR, ADD, และ MODD นอกจากนี้ได้มีการทดลองร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ 2 กฎ คือ TWKCP และ REG โดยที่กฎ REG เป็นกฎที่ใช้ข้อมูลทั้งทางด้านคุณลักษณะของงานและสถานภาพของระบบ โดยกำหนด BOMs ของผลิตภัณฑ์ขึ้นมา 10 รูปแบบเหมือนกับในงานวิจัยของ Fry et al. (1989) เช่นกัน เพียงแต่ในงานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ของแบบจำลอง โดยเพิ่มการทดลองที่กำหนดให้มีงานที่เข้ามาในระบบ ประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบสูงถึง 60% และการทดลองที่ประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบสูงถึง 60% เพื่อเปรียบเทียบกัน ซึ่งพบว่าระบบที่มีสัดส่วนของผลิตภัณฑ์โครงสร้างแบบสูงมากกว่านั้น กฎ REG ปฏิบัติงานได้ดีกว่ากฎ TWKCP ในทุกประเภทของกฎการจ่ายงาน และเมื่อพิจารณาระบบที่มีสัดส่วนของผลิตภัณฑ์โครงสร้างแบบแบนมากกว่า กลับพบว่ากฎ TWKCP ให้ค่าประสิทธิภาพที่เกี่ยวกับการล่าช้าของงาน อันได้แก่ เวลาดำเข้าของงานโดยเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า เหนือกว่ากฎ REG ในทุกประเภทของกฎการจ่ายงานเช่นกัน

งานวิจัยของ Roman and Valle (1996) เป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษาการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงาน และกฎในการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ นั่นคือเวลาดำเข้าของงาน และเปอร์เซ็นต์ของจำนวนงานล่าช้า โดยใช้แบบจำลองของโรงงานประกอบที่คล้ายกับงานวิจัยของ Philipoom et al. (1991) ซึ่งความแตกต่างของงานวิจัยนี้อยู่ตรงที่ มีการพิจารณากฎในการกำหนดเวลาส่งมอบที่หลากหลายอันได้แก่ TWK และ TWKCP ซึ่งถือเป็นกฎที่ได้รับความนิยมในระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ รวมทั้งได้มีการเสนอกฎในการกำหนดเวลาส่งมอบใหม่ขึ้นมา ได้แก่ Total Work based on Simulation (TWSIM) โดยพิจารณาร่วมกับกฎการจ่ายงานอันได้แก่ IR-LWKR, IR-FASFS, FASFS-IR, และ FASFS-IR-IIT (Insertion of Idle Time) ซึ่งเป็นกฎแบบฮิวริสติกใหม่ที่เสนอไว้ในงานวิจัยฉบับนี้ นั่นคือมีการใส่เวลาเดินเปล่าให้กับเครื่องจักร



ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ พบว่ากฎ IR-LWKR ให้ผลการปฏิบัติงานคล้ายกับงานวิจัยของ Philipoom et al. (1991) นั่นคือ ให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำในทุกโครงสร้างผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกฎ IR-FASFS ที่พบว่าให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยที่สูงกว่า แต่กฎ IR-FASFS กลับเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมมากกว่า เนื่องจากการที่กฎ IR-LWKR ให้ช่วงความแปรปรวนในเวลาล่าช้าที่กว้างมาก ดังนั้นจึงไม่ถือว่ากฎ IR-FASFS นั้นดีไปกว่ากฎ IR-LWKR นอกจากนี้พบว่าข้อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP ให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ใกล้เคียงกับกฎ TWK ในผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบสูง แต่กลับให้ประสิทธิภาพที่ด้อยกว่าในผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบแบนและแบบซับซ้อน รวมทั้งพบว่ากฎ TWSIM ให้ประสิทธิภาพที่เหนือกว่ากฎ TWK และ TWKCP เมื่อใช้ร่วมกับกฎการจ่ายงานแบบ FASFS และสามารถให้เวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงศูนย์เมื่อใช้ร่วมกับทุกๆกฎการจ่ายงาน แต่กลับพบว่ากฎ TWSIM ให้ค่าเวลาเสร็จก่อนกำหนดโดยเฉลี่ย (Mean Earliness) และค่าความเบี่ยงเบนของเวลาล่าช้าที่สูงมาก เมื่อใช้ร่วมกับกฎ LWKR เนื่องจากการที่กฎ LWKR ให้ค่าความแปรปรวนในเวลากการไหลของงานที่สูง อย่างที่ได้กล่าวมาแล้วนั่นเอง

งานวิจัยของ Yokoyama (2000) กล่าวถึงการจัดตารางแบบผสม (Hybrid Scheduling) สำหรับระบบการผลิตที่รวมเอาชิ้นส่วนการผลิตและการประกอบเข้าไว้ด้วยกัน โดยผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะถูกดำเนินการผลิตและชิ้นส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์นั้นๆ จะถูกผลิตขึ้นในสถานงานที่ประกอบด้วยเครื่องจักรหลากหลายชนิด ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละตัวจะถูกผลิตขึ้นโดยการประกอบชิ้นส่วนตามลำดับขั้นตอน ที่ซึ่งชิ้นส่วนต่างๆ เหล่านี้จะถูกนำมาประกอบในขั้นตอนของส่วนประกอบย่อยที่หนึ่ง สอง สาม ตามลำดับเรื่อยมาจนกระทั่งถึงลำดับการประกอบย่อยสุดท้าย ซึ่งจะทำได้เป็นผลิตภัณฑ์ขึ้นมา ซึ่งจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งตารางการผลิตที่มีผลรวมของเวลาเสร็จสิ้นงานแบบถ่วงน้ำหนักของแต่ละผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยที่สุด ตัวแปรในการตัดสินใจในปัญหานี้คือ ลำดับของผลิตภัณฑ์ที่ถูกนำมาประกอบและลำดับของชิ้นส่วนที่จะถูกผลิต ซึ่งในการแก้ปัญหาได้พัฒนาหลักการของการแตกกิ่งและจำกัดเขตเพื่อให้ได้ผลที่ดีกว่าค่าขอบเขตล่างและเพื่อให้ได้มาซึ่งตารางที่เหมาะสมที่สุด

งานวิจัยของ Reeja and Rajendran (2000), Part 1 เป็นการศึกษาปัญหาการจัดลำดับการทำงานในโรงงานประกอบ โดยมีมุ่งพิจารณาประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการไหลของงานและเวลารอคอยการประกอบ หรือที่เรียกว่า Staging Delay รวมทั้งมีการนำเสนอกฎการจ่ายงานใหม่นั้นคือ OSD (Operation Synchronization Date) โดยเป็นกฎที่มุ่งเน้นการประสานสอดคล้องกันของเวลาเสร็จงานของแต่ละส่วนประกอบย่อยที่ต้องประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อลดเวลาที่เรียกว่า Staging Delay ซึ่งทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับกฎการจ่ายงานที่พบว่าสามารถใช้งานได้ดีในโรงงานประกอบจากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต โดยกำหนดให้แบบจำลองของระบบ ดำเนินการ

ภายใต้ระดับการใช้งานที่ 85 และ 95% เพื่อทดสอบความไวของประสิทธิภาพที่ได้ เมื่อภาระงานเปลี่ยนไป โดยผลการทดลองพบว่ากฎ ECT-OSD และ OSD มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานที่เหนือกว่า โดยเฉพาะทางด้านความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการไหลของงาน และ Staging Delay หลังจากนั้นในงานวิจัยของ Reeya and Rajendran (2000), Part 2 ได้ทำการศึกษาในลักษณะเดียวกัน เพียงแต่มุ่งเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านเวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) และเวลาเสร็จก่อนกำหนด (Earliness) ซึ่งพบว่ากฎ JDD-ODD และ ODD ซึ่งเป็นกฎใหม่ที่เสนอขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ สามารถปฏิบัติงานได้ดีในทุกระดับการใช้งานของระบบ และในทุกโครงสร้างผลิตภัณฑ์ รวมทั้งพบว่ากฎในการแก้ไขความเสมอภาค (Tie-Breaking) นั้นมีผลให้ประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานมีความแตกต่างกัน

จากงานวิจัยของ Reeya and Rajendran (2000) และ Mohanasundaram et al. (2002) ซึ่งทำการศึกษากฎการจ่ายงานรูปแบบต่างๆในระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบนั้น ได้ให้ข้อสรุปที่คล้ายกันเกี่ยวกับจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมว่า ขนาดของระบบงาน (Shop Size) ไม่ได้เป็นปัจจัยที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการกำหนดให้มีจำนวนเครื่องจักรที่มากกว่า 6 เครื่องนั้น ถือว่าเพียงพอในการให้ผลสรุปที่แน่นอนเกี่ยวกับประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานรูปแบบต่างๆได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยทั้งสองฉบับ ได้กำหนดให้ระดับการใช้งานของเครื่องจักร (Machine Utilization) เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ศึกษา โดยทำการทดลองที่ระดับการใช้งานของเครื่องจักรที่ต่างกันเพื่อทดสอบความไวของระบบเมื่อภาระงานในระบบเปลี่ยนไป

นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Mohanasundaram et al. (2002) ได้มีการนำเสนอกฎการจ่ายงานใหม่ได้แก่ กฎ ECT-FIFO และ LF-ECT เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับกฎที่พบว่าเป็นกฎที่ให้ประสิทธิภาพทางด้านระยะเวลาการไหลของงานและ Staging Time ที่ดีเมื่อสำรวจจากงานวิจัยที่ผ่านมา ได้แก่กฎ LWKR-RRP และมีการนำเสนอกฎ JDD-FIFO และ LFD-JDD เพื่อเปรียบเทียบกับกฎที่ให้ประสิทธิภาพทางด้านเวลาล่าช้าของงานที่ดีเมื่อสำรวจจากงานวิจัยที่ผ่านมา ได้แก่กฎ JDD-Random โดยผลการทดลองพบว่าทั้งที่ระดับการใช้งานของระบบ 80% และ 90% ในทุกๆโครงสร้างผลิตภัณฑ์ กฎ LF-ECT ให้ค่าประสิทธิภาพทางด้านระยะเวลาการไหลของงานที่ดีมากและกฎ LFD-JDD ให้ค่าประสิทธิภาพทางด้านเวลาล่าช้าของงานที่ดีมากเช่นกัน

งานวิจัยของ Song, Hicks, and Earl (2002) เป็นการศึกษาวิธีการกำหนดเวลาส่งมอบของงานในผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบสายการประกอบ โดยใช้ดัชนีวัดประสิทธิภาพตัวหนึ่ง คือค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness, MAL) ซึ่งให้ความรุนแรงของการที่งานเสร็จก่อนกำหนด และการที่งานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนดส่งมอบ เท่ากัน เช่นการเสียค่าปรับเมื่อส่งมอบงานช้ากว่ากำหนดที่ได้ตกลงกับลูกค้าไว้ หรือกรณีที่งานเสร็จเร็วกว่ากำหนดส่งมอบ ก็

จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและค่าใช้จ่ายในคลังสินค้าสำเร็จรูปขึ้น ดังนั้น การกำหนดเวลาส่งมอบที่มีประสิทธิภาพ คือการทำให้ค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้มีค่าน้อยที่สุด

งานวิจัยของ Bertrand and Wakker (2002) เป็นการศึกษาผลกระทบของกฎการจ่ายงานและค่าความเผื่อของเวลาการไหลของงาน ที่มีต่อประสิทธิภาพของเวลาส่งมอบในระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ ซึ่งผลการวิจัยทำให้ได้ข้อสรุปบางประการเพิ่มเติม นั่นคือ การปล่อยงานทั้งหมดในคำสั่งซื้อ (Order) เดียวกันออกไปในเวลาเดียวกันจะนำไปสู่ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของระบบ อีกทั้งพบว่า เมื่อกำหนดให้ค่าความเผื่อของเวลาการไหลของงานมีค่าเท่ากับเวลาการรอคอยโดยเฉลี่ยของการดำเนินงาน จะทำให้ระบบเกิดแนวโน้มที่จะมีเวลาสายของงานเป็นศูนย์

งานวิจัยของ Wonjoon Choi and Yongil Lee (2002) กล่าวถึงระบบการส่งชิ้นส่วนของโรงงานประกอบที่ซึ่งควบคุมการส่งชิ้นส่วนต่างๆ จากคลังพัสดุไปสู่สถานีการประกอบของระบบการผลิต โดยระบบการส่งชิ้นส่วนมีบทบาทสำคัญในการคำนวณระดับของพัสดुकงคลังและอัตราการขาดชิ้นส่วนที่สายการประกอบ ซึ่งได้มีการนำเสนอระบบการส่งชิ้นส่วนแบบพลวัตร ซึ่งจะทำการประมาณปริมาณการใช้ชิ้นส่วนอย่างต่อเนื่องโดยพิจารณาจากความก้าวหน้าในการผลิตที่เกิดขึ้นจริงและจะพิจารณาทิศทางในการส่งชิ้นส่วนตามคำขอของสถานีต่างๆ ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าระบบการส่งชิ้นส่วนแบบพลวัตรนี้ให้ผลดีกว่าการใช้ระบบการส่งชิ้นส่วนแบบเป็นจำนวนคงที่

งานวิจัยของ Azizoglu (2003) ศึกษาปัญหาการจัดการวางในระบบการผลิตที่เครื่องจักรมีการดำเนินงานแบบขนาน (Parallel Machines) โดยเพิ่มเงื่อนไขทางการแทรกงาน นั่นคือการทำงานที่ถึงกำหนดเวลาส่งมอบงานแล้วสามารถแทรกงานอื่นได้ และให้ถือว่าการแทรกงานนั้นไม่กระทบต่อต้นทุนการผลิตเลย โดยเป้าหมายของการจัดการอยู่ที่การทำให้เวลาเสร็จสิ้นของงานมีค่าน้อยที่สุด

งานวิจัยของ A.G.Lagodimos et al. (2004) กล่าวถึงการจัดการวางการปฏิบัติงานสำหรับโรงงานประกอบขึ้นรูปที่มีหลายระดับของการประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อจัดลำดับการผลิตและหาปริมาณการผลิตในแต่ละระดับการประกอบที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถบรรลุถึงเป้าหมายการผลิตและเพื่อให้การปฏิบัติงานในส่วนของสถานีการประกอบย่อยสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง โดยได้นำเสนอหลักการสำหรับการจัดการวางแบบพลวัตร ซึ่งเป็นการประยุกต์หลักการวางแผนทั่วไป อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลที่ได้อาจจะยังไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดแต่หลักการดังกล่าวก็ยังคงให้คำตอบที่ดีในระดับหนึ่ง

งานวิจัยของ Thiagarajan and Rajendran (2004) กล่าวถึงปัญหาการจัดการวางการผลิตในระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ โดยพิจารณาผลรวมของค่าปรับอันเนื่องมาจากการส่งงานล่าช้าและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการถือครองสินค้าสำเร็จรูปหรือการผลิตงานเสร็จเร็วกว่า

กำหนดเวลาส่งมอบงาน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่ได้รับการคำนึงถึงมากนัก สำหรับระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการศึกษาการจ่ายงานแบบต่างๆ เช่น TWKR SPT JDD ECT FIFO COVERT CR EXPERT ฯลฯ โดยจะทำการแปลงกฎการจ่ายงานข้างต้นให้กลายเป็นกฎการจ่ายงานที่มีการคิดค่าน้ำหนัก แล้วทำการทดลองจัดตารางงานภายใต้ปัจจัยทางด้านโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ โดยมีระดับการใช้งานของระบบที่แตกต่างกัน 2 ระดับ รวมถึงการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกัน 3 วิธี ซึ่งดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบจะประกอบไปด้วย ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของค่าใช้จ่ายในการจัดตารางงาน ค่าใช้จ่ายในการจัดตารางงานที่มากที่สุด รวมถึงความแปรปรวนของค่าใช้จ่ายในการจัดตารางงาน เป็นต้น ซึ่งผลจากการทดลองพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ TWKR-BY-TIS จะทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของการที่เสร็จสิ้นก่อนกำหนดและงานที่ล่าช้ากว่ากำหนดมีค่าต่ำที่สุด รวมถึงเป็นกฎที่ทำให้ค่าความแปรปรวนของค่าใช้จ่ายในการจัดตารางงานมีค่าน้อยที่สุดอีกด้วย นอกจากนี้กฎการจ่ายงานแบบดังกล่าวและกฎ LBE+LBT ถูกพบว่าเป็นกฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดตารางงานที่มากที่สุดมีค่าต่ำที่สุดอีกด้วย

งานวิจัยของ Yokoyama (2004) กล่าวถึงการจัดตารางสำหรับระบบการผลิตแบบสองระดับที่มีการพิจารณาเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและมีขั้นตอนการประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาเวลาเสร็จสิ้นของงานโดยเฉลี่ยที่ดีที่สุด โดยแบ่งระบบการผลิตออกเป็นสองระดับคือ ระดับที่หนึ่ง เป็นเครื่องจักรเดี่ยวที่ทำการผลิตชิ้นส่วน และระดับที่สองเป็นเครื่องจักรเดี่ยวสำหรับการประกอบชิ้นส่วน โดยจะมีขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร เมื่อเริ่มต้นกระบวนการผลิตหรือเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของชิ้นส่วนที่ทำการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มีการนำเสนอวิธีในการแก้ปัญหาการจัดตารางโดยใช้ Pseudo-dynamic Programming เพื่อหาตารางงานที่ใกล้เคียงกับตารางงานที่ดีที่สุด และได้มีการพัฒนาขอบเขตล่างเพื่อใช้ประเมินความแม่นยำของวิธีการจัดตารางที่นำเสนอ ซึ่งในการพิจารณาจัดตารางงานนั้นได้ทำการพิจารณาแยกขั้นตอนการดำเนินงาน ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร และขั้นตอนการประกอบออกเป็นบล็อกและทำการจัดลำดับของชิ้นส่วนในแต่ละบล็อกเพื่อให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นของงานโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าวิธี Pseudo-dynamic Programming ที่ได้แนะนำในงานวิจัยนี้สามารถให้ตารางงานที่ดีและมีค่าใกล้เคียงกับตารางงานที่ดีที่สุด

งานวิจัยของ Yokoyama and Santos (2005) กล่าวถึงการจัดตารางงานสำหรับระบบการผลิตแบบสามระดับที่มีการพิจารณาขั้นตอนการประกอบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาผลรวมแบบถ่วงน้ำหนักของเวลาเสร็จสิ้นของงานให้มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งตัวแปรในการตัดสินใจคือ ลำดับของงานที่จะถูกประกอบและลำดับของชิ้นส่วนที่จะถูกผลิต โดยงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานว่าถ้างานหนึ่งงานใดได้รับการประกอบก่อนงานอีกงานหนึ่งแล้ว ทุกชิ้นส่วนของงานที่ถูกประกอบเข้า

ด้วยกันก่อน จะต้องถูกดำเนินการผลิตจนแล้วเสร็จที่ทุกสถานีก่อนขึ้นส่วนของงานที่ถูกประกอบเข้าด้วยกันทีหลัง โดยจะเรียกสมมติฐานดังกล่าวว่า สมมติฐาน B(2) และเรียกปัญหาดังกล่าวว่า  $SP_{constrained}$  และวิธีการในการแก้ปัญหาที่ถูกนำเสนอคือ การใช้วิธี Branch and Bound ที่ได้รับการพัฒนาบนพื้นฐานของสมมติฐานดังกล่าว และได้มีการนำเอาอัลกอริทึมของ Johnson เข้ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการแก้ปัญหาอีกด้วย ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าวิธีการที่ได้นำเสนอนั้นสามารถให้ตารางงานที่ดีสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ นอกจากนี้ในงานวิจัยดังกล่าวยังได้มีการเปรียบเทียบผลของ  $SP_{constrained}$  กับผลของปัญหาการจัดตารางที่ไม่ได้มีการกำหนดสมมติฐานข้างต้น โดยเรียกปัญหาที่ไม่ได้มีการกำหนดสมมติฐานดังกล่าวว่า  $SP_{unconstrained}$  ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบในกรณีทั่วไปพบว่าความแตกต่างระหว่างผลของปัญหาการจัดตารางทั้งสองมีค่าน้อยมาก

งานวิจัยของ Hicks and Pongcharoen (2006) กล่าวถึงกฎการจ่ายงานสำหรับการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าขนาดใหญ่ เช่น เคน หม้อน้ำ กังหันน้ำ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยทางด้าน ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลใหม่ เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร เวลาการดำเนินการ และเวลาการขนย้ายที่น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขของกำลังการผลิตของโรงงาน ซึ่งจะแบ่งออกเป็นกรณีที่กำลังการผลิตของโรงงานมีขีดจำกัด และกรณีที่กำลังการผลิตของโรงงานมีไม่จำกัด โดยกฎการจ่ายงานที่ทำการศึกษาได้แก่ Earliest due date first (EDF) First event first (FEF) Longest operation time first (LOF) Least remaining operation first (LRF) Least slack first (LSF) Most remaining operation first (MRF) Random (RND) และกฎ Shortest operation time first (SOF) โดยมีดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบ คือ เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาล่าช้าของงานมากที่สุด และพบว่ากฎการจ่ายงานที่ดีที่สุดนั้นจะแตกต่างกันไปสำหรับแต่ละระดับของชิ้นส่วนรวมถึงในแต่ละระดับของผลิตภัณฑ์

### 2.7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการทำงานของสายการประกอบในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี

งานวิจัยของ Miltenburg (1989) กล่าวถึงการจัดการตารางการผลิตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคงอัตราการใช้ชิ้นส่วนในแต่ละระดับของสายการประกอบให้มีความแปรปรวนเกิดขึ้นให้น้อยที่สุด ซึ่งมีสมมติฐานว่าแต่ละผลิตภัณฑ์มีความต้องการจำนวนของส่วนประกอบย่อยในจำนวนเท่าๆ กัน และประกอบไปด้วยการผสมส่วนประกอบย่อยที่เหมือนกัน จากนั้นได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์แล้วพัฒนาวิธีการที่ใช้ในการจัดการตารางการผลิตขึ้น 3 วิธี โดยแต่ละวิธีเป็นการพัฒนาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดียิ่งขึ้นและเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมเมื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากจะช่วยลดเวลาในการคำนวณ ซึ่งในวิธีการที่ 3 ยังได้มีการคิดค้นวิธีฮิวริสติกขึ้น

2 แบบด้วยกัน เพื่อใช้ในการปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธีการขั้นดังกล่าว จากการนำเอาวิธีวิวิธวิธีแบบที่ 1 ไปใช้ในการปรับปรุงคำตอบที่ได้ในขั้นต้น พบว่าเป็นวิธีที่ไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบที่จะเกิดกับระดับของการประกอบถัดไป จึงทำให้เกิดผลของค่าความแปรปรวนของอัตราการใช้ชิ้นส่วนที่มากกว่าวิธีวิวิธวิธีแบบที่ 2 อย่างไรก็ตามในตอนท้ายของงานวิจัยได้มีการนำเสนอถึงรูปแบบของการวิเคราะห์ปัญหาการจัดการตารางการผลิตในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดไม่ได้มีความต้องการส่วนประกอบย่อยที่เหมือนกันหรือในปริมาณที่เท่ากับผลิตภัณฑ์ตัวอื่นๆ ซึ่งจะทำให้จำเป็นต้องพิจารณาในส่วนของอัตราความต้องการของชิ้นส่วนประกอบย่อยเพิ่มเติมเข้าไปจากในตอนต้นที่พิจารณาเฉพาะอัตราความต้องการของผลิตภัณฑ์เท่านั้น

จากการศึกษาของ Inman and Bulfin (1991) พบว่าการจัดการตารางการผลิตของสายการประกอบภายใต้ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีนั้น เมื่อนำเอากฎการส่งมอบแบบ EDD มาใช้ในการจัดการจะทำให้ผลของการจัดการที่ดีเทียบเท่ากับการใช้แนวทางของ Miltenburg คือ การใช้วิธีการที่ 3 ซึ่งจะถูกรับปรุงคำตอบโดยวิธีวิวิธวิธีแบบที่ 2 ซึ่งพบว่าการใช้กฎ EDD ในการจัดการการผลิต จะช่วยลดเวลาในการจัดการลงได้ประมาณ 200 เท่าของเวลาที่ใช้ตามแนวทางของ Miltenburg โดยการศึกษาที่ใช้ดัชนีในการวัดประสิทธิภาพของระบบ คือ การลดความแปรปรวนของเวลาในการเสร็จสิ้นงานและเวลาในการส่งมอบ ซึ่งในกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีเวลาในการส่งมอบที่เท่ากัน ได้มีการเสนอให้จัดการให้แก่งานที่มีปริมาณความต้องการที่มากกว่าเป็นอันดับแรก ซึ่งทำให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของ Miltenburg ที่ว่าต้องการลดความแปรปรวนระหว่างปริมาณการผลิตและปริมาณความต้องการได้เช่นเดียวกัน

จากงานวิจัยของ Miltenburg and Goldstein (1991) ได้พัฒนาการจัดการตารางการผลิตของสายการประกอบภายใต้ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี โดยได้ขยายเป้าหมายของการจัดการการผลิตออกเป็น 2 ส่วนคือ เป้าหมายในการรักษาระดับของการใช้ชิ้นส่วนประกอบย่อยให้มีค่าใกล้เคียงกันให้มากที่สุดและเป้าหมายในการรักษาความสมดุลในการผลิตของสายการประกอบขั้นสุดท้าย ซึ่งจะเรียกรูปแบบของการผสมกันของทั้งสองเป้าหมายว่าเป็น Joint Problem โดยจะมีการให้นำนักความสำคัญของแต่ละส่วนประกอบโดยการถ่วงน้ำหนัก ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการจะเป็นวิธีวิวิธวิธีแบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอน นอกจากนั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าในกรณีของรูปแบบปัญหาที่มีการพิจารณาเฉพาะเป้าหมายแรกนั้น พบว่าจะเกิดรอบการจัดการที่ซ้ำกันเกิดขึ้นโดยจากการจัดการจะได้ความสัมพันธ์ของลำดับการผลิตแบบสั้นๆ ซึ่งพบว่ารูปแบบดังกล่าวจะเกิดขึ้นซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสามารถผลิตได้ตามปริมาณความต้องการ ซึ่งพบว่าเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ทำให้สามารถลดเวลาในการคำนวณตารางการผลิตได้

## 2.8 สรุป

โรงงานประกอบ เป็นระบบการผลิตซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยการผลิตต่างๆ ที่เรียกว่า สถานีงาน (Work Station) ในโรงงานประกอบแบบต่อเนื่อง ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประกอบ จะเคลื่อนย้ายมาตามสถานีงานต่างๆ จนกระทั่งเข้าสู่ขั้นตอนการประกอบ ถือเป็นระบบการผลิตที่มีการดำเนินงานทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน (Serial-Parallel Operations) ทำให้ปัญหาการจัดตารางมีความยุ่งยากและซับซ้อน ทั้งในด้านของการจัดลำดับการทำงานและการกำหนดเวลาส่งมอบ ส่งผลให้การศึกษาระบบการทำงานหรือการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานต่างๆ ในระบบการผลิตแบบการประกอบนั้น นิยมใช้การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ โดยการออกแบบแบบจำลองของระบบงานจริง แล้วใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบ งานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการดำเนินงานจริงต่อไป

## บทที่ 3

### การจำลองแบบปัญหา

#### 3.1 บทนำ

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นกระบวนการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ โดยการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง รวมทั้งเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

ดังนั้นกระบวนการจำลองแบบปัญหาจึงแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองนั้นมาใช้งานวิเคราะห์ แบบจำลองที่ดีนั้นต้องสามารถช่วยให้เข้าใจระบบงานจริงเพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริงได้

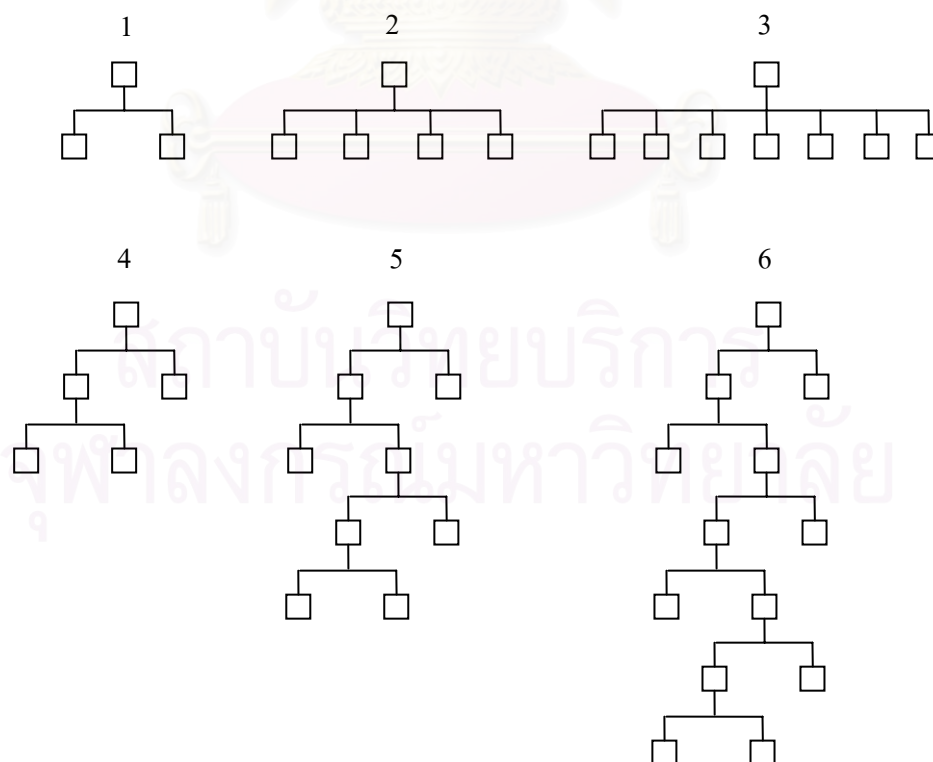
การจำลองแบบปัญหา ปัจจุบันได้รับความสนใจและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ปัญหาในสาขาอาชีพต่างๆอย่างแพร่หลาย เป็นผลเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งถึงแม้ว่าการจำลองแบบปัญหานั้นจะมีประโยชน์อย่างมาก แต่ก็ถือว่ามีข้อจำกัดอยู่ นั่นคือ ความถูกต้องของแบบจำลอง เนื่องมาจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นไม่สามารถที่จะสร้างให้เหมือนกับระบบจริงทุกประการได้ จำเป็นต้องมีรายละเอียดบางอย่างของระบบถูกตัดออกไปบ้าง แต่ระบบจริงกับระบบที่จำลองขึ้นนั้นจะมีความเหมือนกันทางด้านสถิติ ทำให้สามารถยอมรับรายละเอียดที่ตัดออกไปได้ ดังนั้นการจำลองแบบปัญหาจึงใช้เพื่อการศึกษาระบบ ไม่ใช่เพื่อการทำคำตอบที่ดีที่สุดของระบบ และสิ่งที่ต้องยอมรับคือการจำลองแบบปัญหาเป็นการเก็บข้อมูลในอดีต ดังนั้นการวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองปัญหาจะมีความคลาดเคลื่อนได้บ้างจากระบบจริง ดังนั้นผู้วิเคราะห์จะต้องมีความเข้าใจในระบบและสิ่งแวดล้อมที่จะมีผลกระทบต่อระบบด้วยเป็นอย่างดี จึงจะสามารถวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองปัญหาได้อย่างใกล้เคียงกับระบบจริง (ศิริจันทร์, 2537)



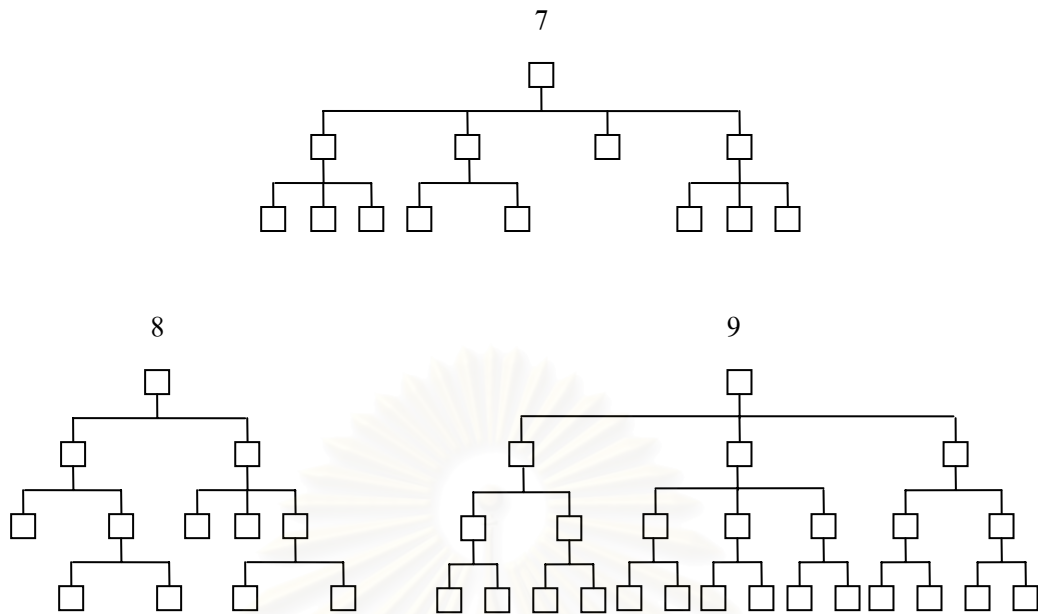
### 3.2 โครงสร้างผลิตภัณฑ์

โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (Product Structure) ที่กำหนดขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Fry et al.(1989), Philipoom et al.(1991), และ Roman and Valle (1996) ซึ่งกำหนดให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการประกอบ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มเพื่อให้ครอบคลุมทุกประเภทของผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure) โครงสร้างแบบสูง (Tall Structure) และโครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure) โดยโครงสร้างแต่ละกลุ่มนั้นประกอบไปด้วยรูปแบบของรายการวัสดุ (Bill of Materials, BOM) 3 รูปแบบ ซึ่งหมายความว่ามีการสร้างของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้รวมเป็น 9 รูปแบบที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure) มีระดับของการประกอบเพียงแค่ 1 ระดับที่ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ถึง 7 ส่วน อันได้แก่โครงสร้างที่ 1 ถึง 3 ในรูปที่ 3-1
2. โครงสร้างแบบสูง (Tall Structure) มีระดับของการประกอบ 2 ถึง 6 ระดับ โดยในแต่ละระดับ ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วน อันได้แก่โครงสร้างที่ 4 ถึง 6 ในรูปที่ 3-1
3. โครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure) มีระดับของการประกอบ 2 ถึง 3 ระดับ โดยในแต่ละระดับประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ถึง 3 ส่วน ได้แก่โครงสร้างที่ 7 ถึง 9 ในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 โครงสร้างของรูปแบบรายการวัสดุ (BOM)

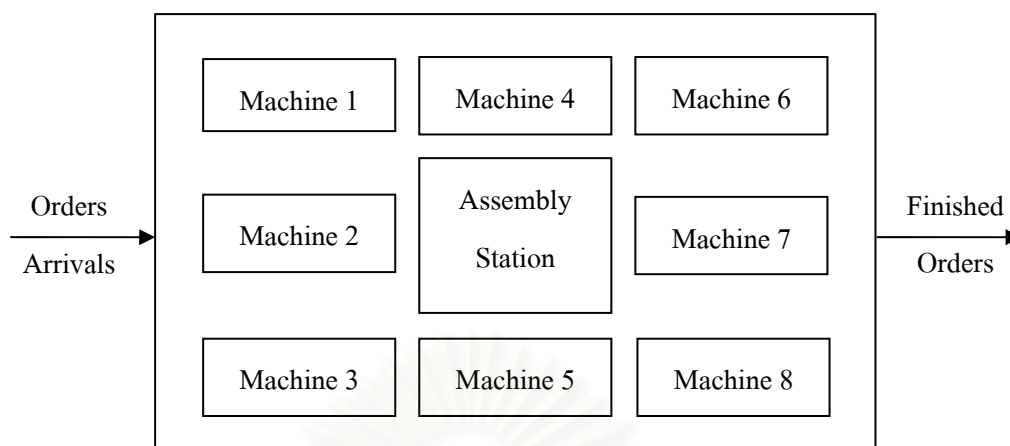


รูปที่ 3-1 (ต่อ) โครงสร้างของรูปแบบรายการวัสดุ (BOM)

จำนวนการดำเนินงาน (Number of Operations) ที่ต้องการในการผลิตแต่ละส่วนประกอบ กำหนดให้มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์ม (Uniformly Distribution) ระหว่าง 1 ถึง 4 โดยที่เส้นทางงาน (Routing) ของแต่ละส่วนประกอบ กำหนดให้มีการกระจายตัวแบบยูนิฟอร์มเช่นกัน นั่นคือ ให้แต่ละเครื่องจักรมีความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกเท่ากัน โดยต้องอยู่ภายใต้สมมติฐานที่กำหนดให้ นั่นคือ การดำเนินงานที่ต่อเนื่องกันบนงานเดียวกัน ไม่สามารถทำซ้ำบนเครื่องจักรเดิมได้

### 3.3 แบบจำลองของระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ

แบบจำลองระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ (Assembly Shop Model) ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Philipoom et al. (1991), Roman and Valle (1996), และ Reeja and Rajendran (2000) โดยกำหนดให้ระบบประกอบด้วยสถานีงาน (Work Stations) 8 สถานี แต่ละสถานีงานประกอบด้วยเครื่องจักร (Machine) 1 เครื่อง กำหนดให้มีสถานีการประกอบ (Assembly Station) 1 สถานี ดังรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 แบบจำลองของระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ

งานเข้าสู่ระบบในระดับที่ทำให้ระดับการใช้งานของระบบมีเท่ากับ 90 % จากนั้นงานจะถูกกำหนดรูปแบบของรายการวัสดุ (BOM) ด้วยลำดับในการผลิตที่ได้จากการหารอบเวลาในการผลิตของระบบการผลิตซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ลำดับการผลิตที่ให้รูปแบบของรายการวัสดุเป็นแบบเรียงตามโครงสร้างของการประกอบดังที่ปรากฏในรูปที่ 3-1 ซึ่งมีข้อมูลประกอบดังนี้

#### 1. โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

กำหนดให้ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์โดยรวมต่อเดือนเท่ากับ 9,000 ชิ้น โดยแบ่งออกเป็นผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ 3,000 ชิ้น ผลิตภัณฑ์ B เท่ากับ 3,000 ชิ้นและเป็นผลิตภัณฑ์ C เท่ากับ 3,000 ชิ้น เมื่อกำหนดให้จำนวนวันทำงานใน 1 เดือนเท่ากับ 30 วัน ดังนั้นปริมาณความต้องการรายวันจะเท่ากับ 300 ชิ้น โดยจะต้องผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดให้ได้เท่ากับ 100 ชิ้นต่อวัน ซึ่งจะทำให้ได้อัตราส่วนของการผลิตผลิตภัณฑ์ A: B: C เท่ากับ 1:1:1 จากอัตราส่วนดังกล่าว กำหนดให้ 1 วันทำงาน มีเวลาทำงาน 24 ชั่วโมง โดยใช้เวลาทำงาน 30 วัน ดังนั้นจะได้รอบเวลาของการผลิตเท่ากับ

$$Cycle\ Time = \frac{24 \times 60}{300} = 4.80$$

ซึ่งหมายความว่าทุกๆ 4.80 นาทีหรือ 4 นาที 48 วินาที จะต้องผลิตผลิตภัณฑ์ออกมาได้ 1 ชิ้น ในการหาส่วนผสมที่ถูกส่วนหรือการจัดลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดนั้น สามารถพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบรอบเวลา (Cycle Time) ในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจำนวน 1 ชิ้น กับเวลาที่กำหนดให้สูงที่สุดที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบได้

ดังนั้น เวลาสูงสุดที่กำหนดให้ผลิตผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ เวลาในการทำงาน (1,440 นาที)หารด้วยจำนวนของผลิตภัณฑ์ A ที่ต้องผลิตได้ในหนึ่งวันทำงาน ซึ่งจะได้เท่ากับ

$$\text{Cycle Time A} = \frac{24 \times 60}{100} = 14.40$$

ซึ่งกรณีนี้เวลาสูงสุดเท่ากับ 14 นาที 26 วินาที นั้นหมายความว่าผลิตภัณฑ์ A หนึ่งชิ้นจะต้องถูกผลิตขึ้นทุก 14 นาที 26 วินาที และเมื่อนำมาเทียบกับรอบเวลา 4 นาที 48 วินาที จะพบว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้อีกจำนวน 2 ชิ้น ระหว่างที่ผลิตผลิตภัณฑ์ A เสร็จหนึ่งชิ้นกับเวลาที่จะต้องเริ่มผลิตผลิตภัณฑ์ A อีกชิ้นหนึ่ง ดังนั้นลำดับการผลิตควรเป็น A-ชนิดอื่น-ชนิดอื่น- A-ชนิดอื่น-ชนิดอื่น- A ฯลฯ

โดยสำหรับผลิตภัณฑ์ B และ C จะได้ว่าเวลาสูงสุดที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ B หรือ C คือ 1 นาที 18 วินาที เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ A

$$\text{Cycle Time B} = \frac{24 \times 60}{100} = 14.40$$

$$\text{Cycle Time C} = \frac{24 \times 60}{100} = 14.40$$

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบตัวเลขดังกล่าวกับรอบเวลา 4 นาที 48 วินาที จะเห็นได้ว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้อีก 2 ชิ้นระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์ B หรือ C โดยถ้าหากว่าผลิตภัณฑ์ B ได้รับการจัดลำดับต่อจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A ขึ้นแรก ดังนั้นจะได้ลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิด คือ A-B-C-A-B-C-A-B- ฯลฯ และนี่คือตัวอย่างของการปรับเรียงการผลิตสำหรับโครงสร้างแบบแบน เมื่อต้องผลิตสินค้าหลายๆ ชนิด

## 2. โครงสร้างแบบสูง (Tall Structure)

กำหนดให้ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์โดยรวมต่อเดือนเท่ากับ 6,300 ชิ้น โดยแบ่งออกเป็นผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ 2,100 ชิ้น ผลิตภัณฑ์ B เท่ากับ 2,100 ชิ้นและเป็นผลิตภัณฑ์ C เท่ากับ 2,100 ชิ้น เมื่อกำหนดให้จำนวนวันทำงานใน 1 เดือนเท่ากับ 30 วัน ดังนั้นปริมาณความต้องการรายวันจะเท่ากับ 210 ชิ้น โดยจะต้องผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดให้ได้เท่ากับ 70 ชิ้นต่อวัน ซึ่งจะทำให้ได้อัตราส่วนของการผลิตผลิตภัณฑ์ A: B: C เท่ากับ 1:1:1 จากอัตราส่วนดังกล่าว กำหนดให้ 1 วันทำงาน มีเวลาทำงาน 24 ชั่วโมง โดยใช้เวลาทำงาน 30 วัน ดังนั้นจะได้รอบเวลาของการผลิตเท่ากับ

$$\text{Cycle Time} = \frac{24 \times 60}{210} = 6.857$$

ซึ่งหมายความว่าทุกๆ 6.857 นาทีหรือ 6 นาที 51 วินาที จะต้องผลิตผลิตภัณฑ์ออกมาได้ 1 ชิ้น ในการหาส่วนผสมที่ถูกส่วนหรือการจัดลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดนั้น สามารถพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบรอบเวลา (Cycle Time) ในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจำนวน 1 ชิ้น กับเวลาที่กำหนดให้สูงที่สุดที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบได้ ดังนี้ เวลาสูงสุดที่กำหนดให้ผลิตผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ เวลาในการทำงาน (1,440 นาที)หารด้วย จำนวนของผลิตภัณฑ์ A ที่ต้องผลิตได้ในหนึ่งวันทำงาน ซึ่งจะได้เท่ากับ

$$\text{Cycle Time A} = \frac{24 \times 60}{70} = 20.57$$

ซึ่งกรณีนี้เวลาสูงสุดเท่ากับ 20 นาที 34 วินาที นั้นหมายความว่าผลิตภัณฑ์ A หนึ่งชิ้น จะต้องถูกผลิตขึ้นทุก 20 นาที 34 วินาที และเมื่อนำมาเทียบกับรอบเวลา 6 นาที 51 วินาที จะพบว่า สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้อีกจำนวน 2 ชิ้น ระหว่างที่ผลิตผลิตภัณฑ์ A เสร็จหนึ่งชิ้นกับเวลาที่จำเป็นต้องเริ่มผลิตผลิตภัณฑ์ A อีกชิ้นหนึ่ง ดังนั้นลำดับการผลิตควรเป็น A-ชนิดอื่น-ชนิดอื่น- A-ชนิดอื่น-ชนิดอื่น- A ฯลฯ

โดยสำหรับผลิตภัณฑ์ B และ C จะได้ว่าเวลาสูงสุดที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ B หรือ C คือ 20 นาที 34 วินาที เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ A

$$\text{Cycle Time B} = \frac{24 \times 60}{70} = 20.57$$

$$\text{Cycle Time C} = \frac{24 \times 60}{70} = 20.57$$

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบตัวเลขดังกล่าวกับรอบเวลา 6 นาที 51 วินาที จะเห็นได้ว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้อีก 2 ชิ้นระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์ B หรือ C โดยถ้าหากว่าผลิตภัณฑ์ B ได้รับการจัดลำดับต่อจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A ขึ้นแรก ดังนั้นจะได้ลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิด คือ A-B-C-A-B-C-A-B- ฯลฯ และนี่คือตัวอย่างของการปรับเรียงการผลิตสำหรับ โครงสร้างแบบสูง เมื่อต้องผลิตสินค้าหลายๆ ชนิด

### 3. โครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure)

กำหนดให้ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์โดยรวมต่อเดือนเท่ากับ 3,600 ชิ้น โดยแบ่งออกเป็นผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ 1,200 ชิ้น ผลิตภัณฑ์ B เท่ากับ 1,200 ชิ้น และเป็นผลิตภัณฑ์ C เท่ากับ 1,200 ชิ้น เมื่อกำหนดให้จำนวนวันทำงานใน 1 เดือนเท่ากับ 30 วัน ดังนั้นปริมาณความต้องการรายวันจะเท่ากับ 120 ชิ้น โดยจะต้องผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดให้ได้เท่ากับ 40 ชิ้นต่อวัน ซึ่งจะทำให้ได้อัตราส่วนของการผลิตผลิตภัณฑ์ A: B: C เท่ากับ 1:1:1 จากอัตราส่วนดังกล่าว กำหนดให้ 1

วันทำงาน มีเวลาทำงาน 24 ชั่วโมง โดยใช้เวลาทำงาน 30 วัน ดังนั้นจะได้รอบเวลาของการผลิตเท่ากับ

$$\text{Cycle Time} = \frac{24 \times 60}{120} = 12.0$$

ซึ่งหมายความว่าทุกๆ 12 นาที จะต้องผลิตผลิตภัณฑ์ออกมาได้ 1 ชิ้น ในการหาส่วนผสมที่ถูกส่วนหรือการจัดลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดนั้น สามารถพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบรอบเวลา (Cycle Time) ในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจำนวน 1 ชิ้น กับเวลาที่กำหนดให้สูงที่สุดที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบได้ดังนี้ เวลาสูงสุดที่กำหนดให้ผลิตผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ เวลาในการทำงาน (1,440 นาที) หารด้วยจำนวนของผลิตภัณฑ์ A ที่ต้องผลิตได้ในหนึ่งวันทำงาน ซึ่งจะได้เท่ากับ

$$\text{Cycle Time A} = \frac{24 \times 60}{40} = 36.0$$

ซึ่งกรณีนี้เวลาสูงสุดเท่ากับ 36 นาที นั่นหมายความว่าผลิตภัณฑ์ A หนึ่งชิ้นจะต้องถูกผลิตขึ้นทุก 36 นาที และเมื่อนำมาเทียบกับรอบเวลา 12 นาที จะพบว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้อีกจำนวน 2 ชิ้น ระหว่างที่ผลิตผลิตภัณฑ์ A เสร็จหนึ่งชิ้นกับเวลาที่จะต้องเริ่มผลิตผลิตภัณฑ์ A อีกชิ้นหนึ่ง ดังนั้นลำดับการผลิตควรเป็น A-ชนิดอื่น-ชนิดอื่น- A-ชนิดอื่น-ชนิดอื่น- A ฯลฯ

โดยสำหรับผลิตภัณฑ์ B และ C จะได้ว่าเวลาสูงสุดที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ B หรือ C คือ 36 นาที เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ A

$$\text{Cycle Time B} = \frac{24 \times 60}{40} = 36.0$$

$$\text{Cycle Time C} = \frac{24 \times 60}{40} = 36.0$$

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบตัวเลขดังกล่าวกับรอบเวลา 12 นาทีจะเห็นได้ว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้อีก 2 ชิ้นระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์ B หรือ C โดยถ้าหากว่าผลิตภัณฑ์ B ได้รับการจัดลำดับต่อจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A ชิ้นแรก ดังนั้นจะได้ลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดคือ A-B-C-A-B-C-A-B- ฯลฯ และนี่คือตัวอย่างของการปรับเรียงการผลิตสำหรับโครงสร้างแบบสูงเมื่อต้องผลิตสินค้าหลายๆ ชนิด

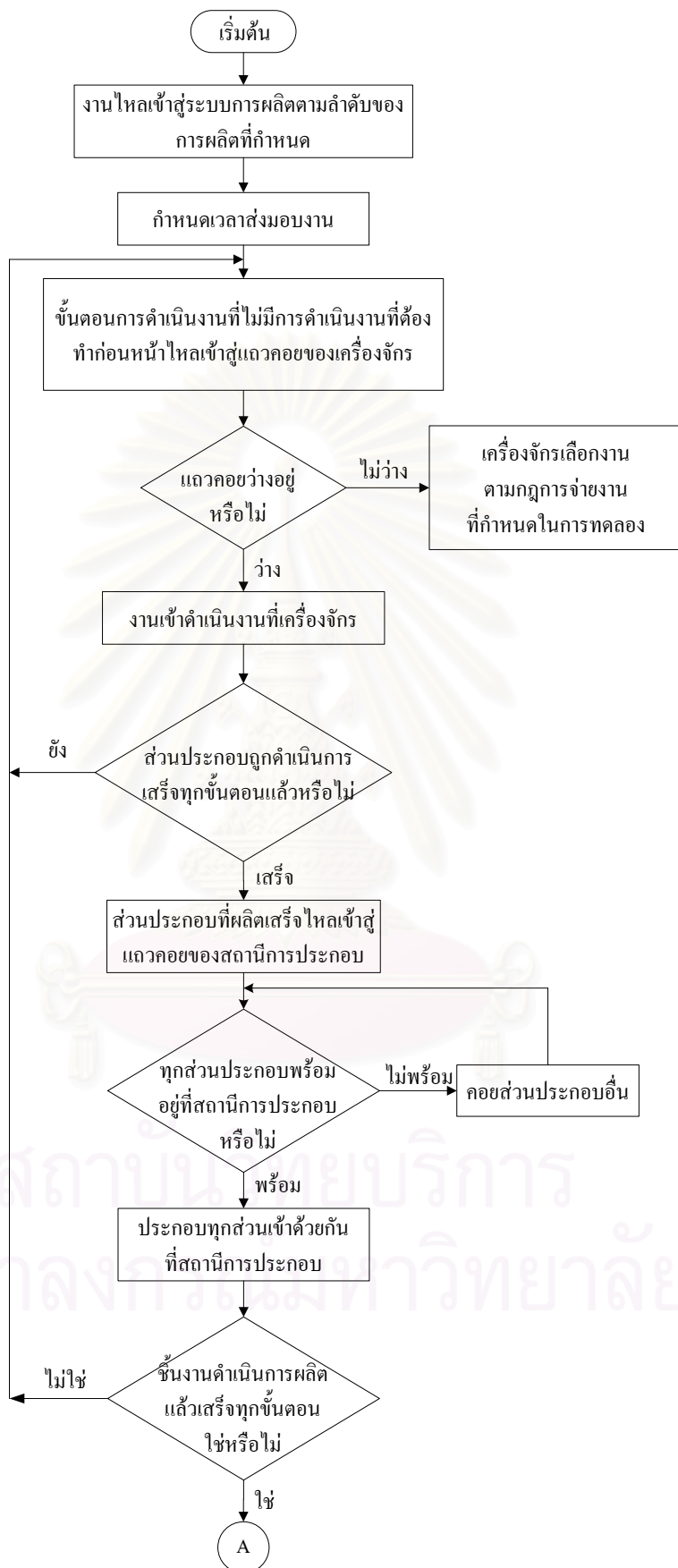
ซึ่งเมื่อได้ลำดับการผลิตออกมาแล้วจะสามารถนำมากำหนดให้เป็นรูปแบบโครงสร้างของรายการวัสดุตามรูปที่ 3-1 ในทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษาในการวิจัยนี้ โดยกำหนดให้เวลาการดำเนินงานของแต่ละเครื่องจักรต่อ 1 การดำเนินงาน มีการกระจายตัวแบบปกติ

(Normal Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 นาที และมีความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3 นาที ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านๆมาทำให้พบว่าการกระจายตัวแบบปกตินั้น ถือว่ามีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับแทนเวลาการดำเนินงานของเครื่องจักร และกำหนดให้เวลาการประกอบที่สถานีการประกอบมีค่าเป็นศูนย์ นั่นหมายความว่าเมื่อส่วนประกอบทั้งหมดที่ต้องประกอบเข้าด้วยกันเสร็จสิ้นแล้ว งานก็สามารถผ่านไปสู่อันตอนต่อไปได้ทันที และถือว่าสถานีการประกอบมีความยืดหยุ่นสูง นั่นคือทุกกิจกรรมการประกอบที่เกิดขึ้น สามารถดำเนินงานบนสถานีการประกอบเดียวกันนี้ได้ทั้งหมด

เมื่อการดำเนินงานทั้งหมดของส่วนประกอบหนึ่งเสร็จสิ้น ส่วนประกอบนั้นจะถูกส่งไปยังสถานีการประกอบ ซึ่งหากส่วนประกอบทั้งหมดที่ต้องประกอบเข้าด้วยกันมีความพร้อมที่สถานีการประกอบแล้ว กิจกรรมการประกอบก็จะสามารถดำเนินการได้ทันที แต่หากบางส่วนประกอบที่ต้องประกอบเข้าด้วยกัน ยังไม่พร้อมที่สถานีการประกอบ หรือยังไม่เสร็จสิ้นแล้ว ส่วนประกอบที่เสร็จสิ้นก่อนจะเข้าสู่แถวคอยของสถานีการประกอบ และคอยจนกระทั่งส่วนประกอบทั้งหมดที่ต้องประกอบเข้าด้วยกันเสร็จสิ้น โดยที่พื้นที่ในแถวคอยถูกสมมติให้มีไม่จำกัดและกำหนดให้องค์ประกอบและขั้นตอนการดำเนินงานของระบบแสดงในรูปที่ 3-3

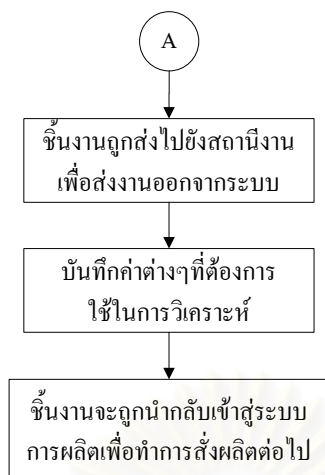


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-3 แผนภาพแสดงการไหลของงานในระบบ





รูปที่ 3-3 (ต่อ) แผนภาพแสดงการไหลของงานในระบบ

จากรูปที่ 3-3 สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานของระบบได้ ดังนี้

1. กำหนดให้งานไหลเข้าสู่ระบบการผลิตตามลำดับการผลิตที่กำหนดพร้อมทั้งระบุรูปแบบรายการวัสดุ (BOM)
2. กำหนดเวลาส่งมอบงานให้เป็นไปตามกฎในการกำหนดเวลาส่งมอบ
3. ขั้นตอนการดำเนินงานที่ไม่มีการดำเนินงานที่ต้องทำก่อนหน้า สามารถเข้าสู่แถวคอยของเครื่องจักรตามที่กำหนดไว้
4. หากงานหนึ่งไหลเข้าสู่แถวคอยของเครื่องจักรใดที่ว่างอยู่ งานนั้นสามารถเข้าดำเนินงานที่เครื่องจักรได้เลย
5. หากงานหนึ่งไหลเข้าสู่แถวคอยของเครื่องจักรใดที่มีงานหนึ่งกำลังดำเนินงานอยู่ งานที่ไหลเข้ามานั้นจะได้รับลำดับความสำคัญให้เข้ารับบริการในลำดับถัดไป
6. ในกรณีที่ม้งานตั้งแต่สองงานขึ้นไป คอยรับบริการอยู่ในแถวคอยของเครื่องจักรเครื่องเดียวกันแล้ว ลำดับความสำคัญที่จะให้กับแต่ละงานที่คอยอยู่นั้นจะเป็นไปตามหลักการของกฎการจ่ายงานที่กำหนดในการทดลอง
7. เมื่อการดำเนินงานทั้งหมดของส่วนประกอบหนึ่งเสร็จสิ้น ส่วนประกอบนั้นจะถูกส่งไปยังแถวคอยของสถานีการประกอบ
8. หากส่วนประกอบทั้งหมดที่ต้องประกอบเข้าด้วยกันมีความพร้อมอยู่ที่แถวคอยของสถานีการประกอบแล้ว กิจกรรมการประกอบก็จะสามารถดำเนินการได้ทันทีและผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการดำเนินงานต่อไปได้เลย

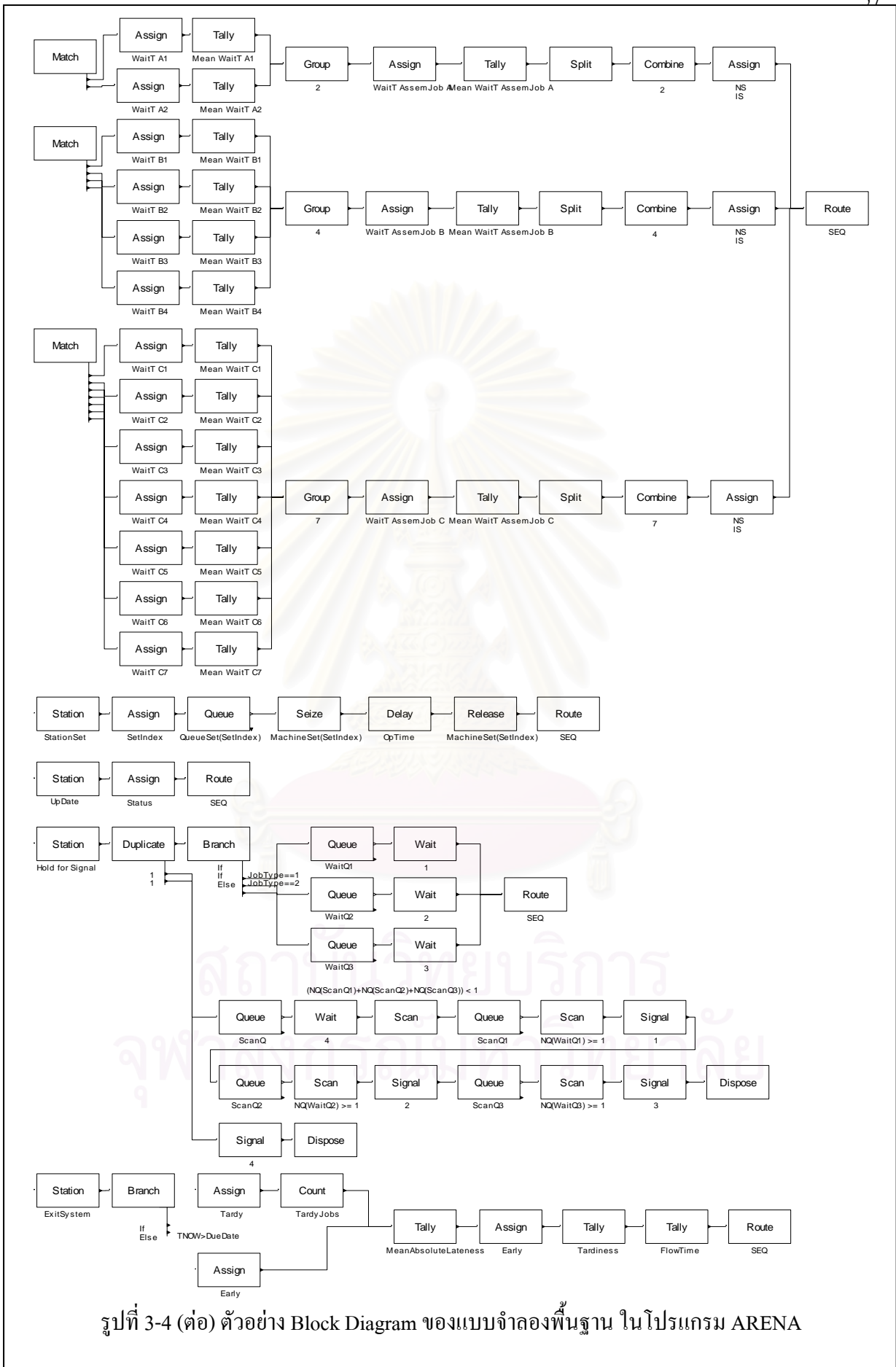
9. ในกรณีที่ยังมีส่วนประกอบที่ต้องประกอบเข้าด้วยกัน ยังไม่พร้อมอยู่ที่แถวคอยของสถานีการประกอบ ส่วนประกอบที่เสร็จสิ้นก่อนที่เข้าสู่แถวคอยของสถานีการประกอบ จะคอยจนกระทั่งส่วนประกอบทั้งหมดที่ต้องประกอบเข้าด้วยกันเสร็จสิ้น
10. ในกรณีที่ชิ้นงานดำเนินการเสร็จทุกขั้นตอนแล้ว ชิ้นงานจะถูกขนส่งไปยังสถานีงานเพื่อส่งงานออกจากระบบ
11. ระบบจะบันทึกค่าต่างๆที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์
12. ชิ้นงานจะถูกนำกลับเข้าไปสู่ระบบการผลิตเพื่อทำการผลิตต่อไป ตามลำดับการผลิตที่กำหนด

### 3.4 การสร้างแบบจำลอง

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ศึกษาแทนระบบงานจริง โดยการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ARENA Version 5.01 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ Model และ Experiment โดยแบบจำลองทั้งสองส่วนจะทำงานร่วมกัน มีรายละเอียด ดังนี้

- Model จะเป็นส่วนที่ใช้อธิบายส่วนประกอบของระบบที่ทำการศึกษา รวมทั้งใช้อธิบายความสัมพันธ์ของขั้นตอนต่างๆของระบบ โดยคำสั่งต่างๆจะอยู่ในรูปของ Block Diagram ซึ่งแสดงการไหลของชิ้นงาน หรือ Entity ที่เคลื่อนที่ในระบบอย่างเป็นลำดับขั้นตอนตาม ที่กำหนด ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-4 ซึ่งเป็นตัวอย่างของแบบจำลองระบบผลิตแบบโรงงานประกอบที่ใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการทำการทดลอง นั่นคือ ให้การจ่ายงานเป็นไปตามกฎ First Come First Served (FCFS) และกำหนดเวลาส่งมอบเป็นไปตามกฎ Constant (CON) โดยเป็นระบบที่ทำการผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน
- Experiment เป็นส่วนในการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ของการสร้างแบบจำลอง เช่น กำหนดค่าของตัวแปรต่างๆ รวมถึงกำหนดระยะเวลาในการทำการทดลอง โดยเป็นการกำหนดในส่วน Element ของโปรแกรม ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3-5





รูปที่ 3-4 (ต่อ) ตัวอย่าง Block Diagram ของแบบจำลองพื้นฐาน ใน โปรแกรม ARENA

Project	Attributes	Queues	Resources	Stations	Sequences	Tallies	Counters	Sets	Replicate
DistP-FCFS,DD-CON#Flat	ArrivalTime OptTime DueDate SetIndex Tardy JobType Early Status Order Time In A1 Time In A2 Time In B1 Time In B2 Time In B3 Time In B4 Time In C1 Time In C2 Time In C3 Time In C4 Time In C5 Time In C6 Time In C7 WaitT A1 WaitT A2 WaitT B1 WaitT B2 WaitT B3 WaitT B4 WaitT C1 WaitT C2 WaitT C3 WaitT C4 WaitT C5 WaitT C6 WaitT C7 WaitT AssemJob A WaitT AssemJob B WaitT AssemJob C	MC1Q MC2Q MC3Q MC4Q MC5Q MC6Q MC7Q MC8Q AssemblyQ1 AssemblyQ2 AssemblyQ3 AssemblyQ4 AssemblyQ5 AssemblyQ6 AssemblyQ7 AssemblyQ8 AssemblyQ9 AssemblyQ10 AssemblyQ11 AssemblyQ12 AssemblyQ13 WaitQ1 WaitQ2 WaitQ3 ScanQ1 ScanQ2 ScanQ3 ScanQ	Machine1 Machine2 Machine3 Machine4 Machine5 Machine6 Machine7 Machine8	MC1 MC2 MC3 MC4 MC5 MC6 MC7 MC8 AssemblyStation ExitSystem UpDate Hold for Signal Rewind	A1 A2 JobA B1 B2 B3 B4 JobB C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 JobC	FlowTime Tardiness Mean WaitT A1 Mean WaitT A2 Mean WaitT B1 Mean WaitT B2 Mean WaitT B3 Mean WaitT B4 Mean WaitT C1 Mean WaitT C2 Mean WaitT C3 Mean WaitT C4 Mean WaitT C5 Mean WaitT C6 Mean WaitT C7 Mean WaitT AssemJob A Mean WaitT AssemJob B Mean WaitT AssemJob C MeanAbsoluteLateness	TardyJobs	QueueSet StationSet MachineSet	400000
	<b>DStats</b> NR(Machine1)*100 NR(Machine2)*100 NR(Machine3)*100 NR(Machine4)*100 NR(Machine5)*100 NR(Machine6)*100 NR(Machine7)*100 NR(Machine8)*100								
	<b>Files</b> Job Sequence								

รูปที่ 3-5 ตัวอย่าง Element ของแบบจำลองพื้นฐาน ในโปรแกรม ARENA

### 3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

หลังจากทำการสร้างแบบจำลองในแต่ละรูปแบบเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นไปตามระบบที่ออกแบบไว้หรือไม่ และเพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นจะเป็นผลที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง โดยคำสั่งในโปรแกรม ARENA ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

- Step Command เป็นคำสั่งที่ใช้แสดงการไหลที่ละขั้นตอนของชิ้นงานที่ผ่าน Block ต่างๆ ในแบบจำลอง โดยจะเป็นไปตามลำดับของการสร้าง Block ซึ่งในการใช้คำสั่ง Step 1 ครั้ง โปรแกรมจะแสดงเวลาที่ชิ้นงานไหลผ่าน Block นั้น ทำให้สามารถตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองได้อย่างละเอียด แสดงดังรูปที่ 3-6
- Go Command เป็นคำสั่งที่ใช้ตรวจสอบแบบจำลองในบางช่วงเวลา โดยการใช้คำสั่ง Go Until แล้วตามด้วยเวลาที่ต้องการ โปรแกรมจะรันโปรแกรมผ่านช่วงเวลาที่ไม่ต้องการ แล้วหยุดในเวลาที่ต้องการ หลังจากนั้นสามารถใช้คำสั่ง Step ในการตรวจสอบต่อไปได้ ทำให้การตรวจสอบแบบจำลองทำได้สะดวกและรวดเร็ว แสดงดังรูปที่ 3-6

```

0.0>st
SIMAN Run Controller.
* 1 0$          CREATE,9::MARK(ArrivalTime):NEXT(52$);

0.0>st
* 2 52$        READ,Job Sequence:JobType,Status,Order;

0.0>go until 200
Break at time: 200.0

200.0>st
SIMAN Run Controller.
* 91 30$      RELEASE:MachineSet(SetIndex),1;

```

รูปที่ 3-6 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Step และ Go

- Set และ Cancel Command โดยคำสั่ง Set เป็นการกำหนดให้โปรแกรมทำตามเงื่อนไขที่กำหนด ส่วนคำสั่ง Cancel นั้นเป็นการใช้เพื่อยกเลิกคำสั่ง Set โดยประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องในงานวิจัยครั้งนี้ ดังนี้
- Set Break ใช้ในการกำหนดจุดหยุดชั่วคราว ณ Block ที่กำหนด เพื่อตรวจสอบสถานะหรือการทำงานของชิ้นงานที่ Block นั้น แสดงดังรูปที่ 3-7

```
0.0>set break 2
*** Break set on block 2

0.0>go

Break on current block.
* 2 52$          READ,Job Sequence:JobType,Status,Order;

0.0>st

* 3 1$          ASSIGN:DueDate=ArrivalTime+268;

0.0>go until 500

Break on current block.
* 2 52$          READ,Job Sequence:JobType,Status,Order;

0.0>cancel break 2
*** Break cancelled on block 2
```

รูปที่ 3-7 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Break และ Cancel Break

- Set Trace โดยคำสั่ง Set Trace 1 ครั้ง จะแสดง Block ทั้งหมดที่ขึ้นงานหนึ่งๆไหลผ่าน ซึ่งแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3-8

```

0.0>set trace entity 2
*** Trace set on entity 2

0.0>go
Time: 0 Entity: 2
  1 0$          CREATE
                    ArrivalTime set to 0.0
                    Arrival stream terminated
                    Batch of 9 entities created
                    Entity 3 created at record location 3707
                    Entity 4 created at record location 3720
                    Entity 5 created at record location 3733
                    Entity 6 created at record location 3746
                    Entity 7 created at record location 3759
                    Entity 8 created at record location 3772
                    Entity 9 created at record location 3785
                    Entity 10 created at record location 3798

  2 52$         READ
                    Opening file Job Sequence as Flat;abc.wks
                    Reading record 1 from worksheet file Job Sequence
                    JobType set to 1.0
                    Status set to 1.0
                    Order set to 1.0

  3 1$          ASSIGN
                    DueDate set to 268.0

  4 20$         STATION
                    Entity 2 entered station AssemblyStation

  5 2$          BRANCH
                    Selecting at most 2 of 2 branches
                    IF: Entity 2 sent to 6$
                    IF: Branch not selected

  6 6$          BRANCH
                    Selecting at most 1 of 3 branches
                    IF: Entity 2 sent to 3$

```

รูปที่ 3-8 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Trace



- Set Watch ใช้สำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหรือเงื่อนไขต่างๆ ที่ต้องการ โดยโปรแกรมจะหยุดการทำงานชั่วคราวเมื่อเงื่อนไขที่กำหนดมีค่าเปลี่ยนไป จึงสามารถตรวจสอบค่าต่างๆที่ต้องการได้ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3-9

```

2003.1734>set watch nq(MC5Q)

Set Watch Expression:
Expr# Stop Entity Value      Expression
  1    Y              1.0      nq(MC5Q)

2003.1734>go
*** nq(MC5Q)
    Changed value at time 2012.9543
    Old value = 1.0      New value = 0.0

2012.9543>go
*** nq(MC5Q)
    Changed value at time 2020.3617
    Old value = 0.0      New value = 1.0

2020.3617>cancel watch nq(MC5Q)
*** 1 watch expressions cancelled.

```

รูปที่ 3-9 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Watch และ Cancel Watch

- Show Command เป็นคำสั่งที่ใช้แสดงค่าของตัวแปรหรือเงื่อนไขต่างๆ ณ เวลานั้นๆ
- View Command เป็นคำสั่งที่ใช้แสดงค่าของตัวแปรหรือเงื่อนไขต่างๆ เช่นเดียวกับคำสั่ง Show แต่สามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลได้มากกว่าทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูลด้านต่างๆของชิ้นงาน ณ เวลานั้นๆได้ละเอียดยิ่งขึ้น โดยคำสั่ง Show และ View แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3-10

```

227.44175>show jobtype
jobtype =          3

227.44175>show duedate
duedate =    495.44175

227.44175>show nq(MC3Q)
nq(MC3Q) =          2

227.44175>view count

```

COUNTERS		
Identifier	Count	Limit
TardyJobs	0	Infinite

รูปที่ 3-10 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Show Command และ View Command

### 3.6 การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง

หลังจากที่ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นที่เรียบร้อยแล้วนั้น เพื่อให้ได้สถานะที่เหมาะสมในการทดลองรวมทั้งจำนวนข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ผล จึงจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนการใช้งานแบบจำลอง เพื่อให้การวิเคราะห์ผลในภายหลังมีความถูกต้องด้วยระดับความเชื่อมั่นที่เหมาะสม หรือเพื่อให้ได้ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้

โดยระบบที่ทำการทดลองในครั้งนี้เป็นระบบที่ทำการผลิตในช่วงเวลาทำงานของแต่ละวัน โดยงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process) ทั้งหมดที่ค้างอยู่ในระบบเมื่อสิ้นสุดเวลาทำงานของแต่ละวัน จะถูกโอนไปทำต่อในวันถัดไป เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ โดยให้ถือว่าการทำงานตอนต้นวันนั้นไม่มีการหน่วงเวลา (Delay) หรือความผิดปกติใดๆเกิดขึ้น ซึ่งระบบจะเริ่มดำเนินการทำงานต่อเมื่อมีความต้องการของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น โดยที่ภายในระบบจะไม่มีการดำเนินงานใดๆ และระบบจะสิ้นสุดการทำงานเมื่อสามารถผลิตงานได้ครบตามปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้น และเมื่อมีความต้องการเกิดขึ้นอีกครั้ง ระบบจึงจะเริ่มดำเนินการทำงานใหม่ภายใต้เงื่อนไขและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมือนเดิม ซึ่งจะพบว่าเป็นลักษณะของระบบแบบ Terminating System นั่นคือ มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการทำงานของระบบ

ซึ่งระบบในลักษณะนี้จะทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นการรันจนกระทั่งถึงจุดที่ระบบสิ้นสุดการทำงาน คือ จะไม่พิจารณาหาช่วงเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมขนาดของตัวอย่างจึงจำเป็นที่จะต้องหาจำนวนซ้ำของการรันที่เหมาะสมเพื่อให้ได้มาซึ่งจำนวนการทดลองที่เพียงพอและจำนวนข้อมูลที่ต้องการ โดยทำการทดลองเบื้องต้น (Pilot Run) กับแบบจำลองระบบผลิตแบบโรงงานประกอบที่ใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการทำการทดลอง นั่นคือ ให้การจ่ายงานเป็นไปตามกฎ First Come First Served (FCFS) และกำหนดเวลาส่งมอบเป็นไปตามกฎ Constant (CON) โดยทำการทดลองให้งานเข้าสู่ระบบในระดับที่ทำให้ระดับการใช้งานของระบบมีเท่ากับ 90 % ซึ่งจะปฏิบัติตามตารางที่ 4-1 ในบทที่ 4 โดยการทดลองเบื้องต้น (Pilot Run) นั้นมีรายละเอียด ดังนี้

### 3.6.1 การหาจำนวนซ้ำของการรัน (Number of Replications) ที่เหมาะสม

การหาช่วงความเชื่อมั่นที่เหมาะสม จำเป็นที่จะต้องหาจำนวนซ้ำของการรัน (Number of Replications) ที่เหมาะสมก่อน โดยจากหนังสือ Introduction to Simulation Using SIMAN ได้กล่าวไว้ว่า จำนวน Replications ที่เหมาะสม สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-1

$$n^* = n (h / h^*)^2 \quad (3-1)$$

โดยที่

- $n$  = จำนวนซ้ำของการรัน (Number of Replications) ที่ได้รันไปแล้ว
- $h$  = ครั้งหนึ่งของความกว้างช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้
- $h^*$  = ครั้งหนึ่งของความกว้างช่วงความเชื่อมั่นที่ต้องการ  
(ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดให้เป็น 5% ของค่าเฉลี่ย)

สำหรับระบบที่กำลังศึกษาอยู่นี้ ถูกกำหนดให้รันโปรแกรมเป็นจำนวน 10 Replications ในตอนเริ่มแรก ซึ่งการหาช่วงความเชื่อมั่นของระบบ ทำได้โดยการนำข้อมูลเวลาการไหลของงาน (Flow Time) มาวิเคราะห์ผ่านทาง Output Analyzer ในโปรแกรม Arena (5.01) โดยกำหนดช่วงความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ซึ่งการหาช่วงความเชื่อมั่นด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ ถือเป็นวิธีเดียวกับการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่น (Confident Interval Estimation) ตามหลักการทางสถิติ โดยผลจากการรันโปรแกรมจำนวน 10 Replications ทำให้สามารถหาค่าตัวแปรต่างๆได้ ดังตารางที่ 3-1 และทำให้พบว่าจำนวนซ้ำของการรันที่เหมาะสมที่สุดคือ 10 Replications

ตารางที่ 3-1 ผลทางด้านเวลาการไหลของงาน (Flow Time) จากการรัน โปรแกรม 10 Replications

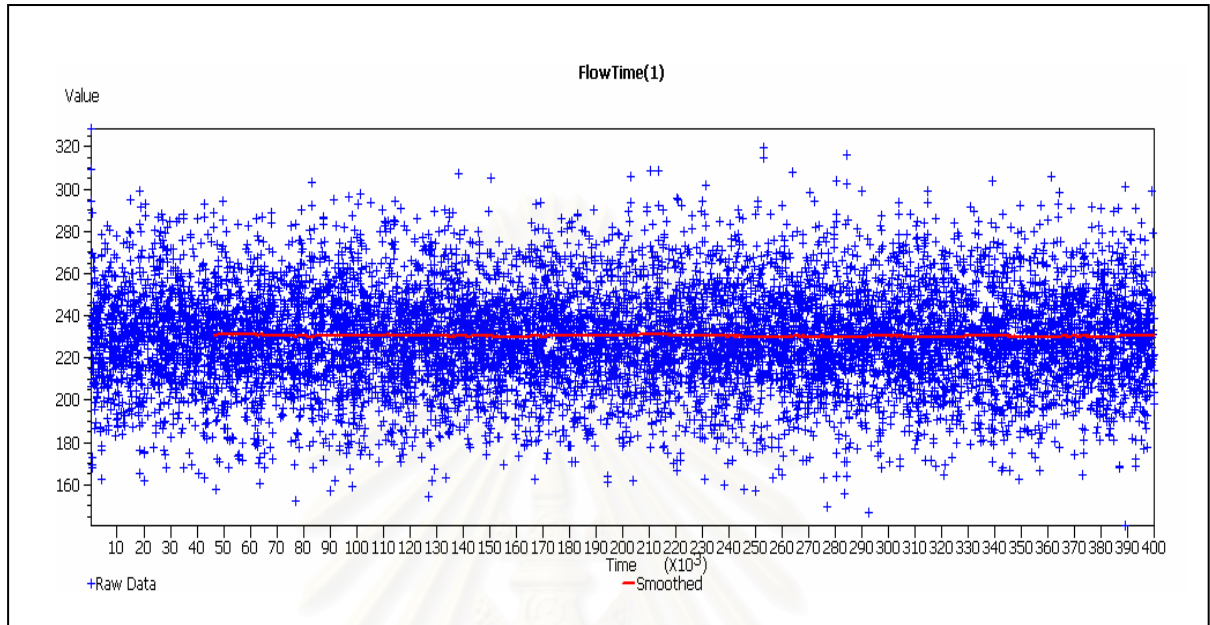
ประเภทของชิ้นงาน	Mean	ช่วงความเชื่อมั่น	h	h*	n*
โครงสร้างแบบแบน	229.93	229.70 – 230.16	0.229	11.49	$3.967 \cdot 10^{-3}$
โครงสร้างแบบสูง	720.14	719.11 – 721.16	1.026	36.00	$8.130 \cdot 10^{-3}$
โครงสร้างแบบซับซ้อน	493.39	491.95 – 494.83	1.437	24.67	$3.392 \cdot 10^{-2}$

ดังนั้นในระบบแบบ Terminating System ในแต่ละการทดลองจะทำการรันโปรแกรมซ้ำเป็นจำนวน 10 ครั้ง ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไปและเพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่มีต่อผลของระบบภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานที่แตกต่างกันนั้น จึงได้ทำการวิเคราะห์ระบบในลักษณะแบบ Non- Terminating System คือ ระบบที่ไม่สามารถกำหนดจุดสิ้นสุดของการทำงานได้ ซึ่งจะสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบในระยะยาวเพื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ปณิตศน์ สุริยธนาภาส (การวิเคราะห์ผลกระทบร่วมของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่มีต่อประสิทธิภาพสายการประกอบ) ซึ่งระบบในลักษณะนี้จำเป็นต้องพิจารณาหาช่วงเวลาที่ระบบจะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) เสียก่อนเนื่องจากการทดลองช่วงแรกอาจมีการแกว่งของข้อมูล ทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานยังไม่เต็มที่ จึงไม่ควรนำผลการทดลองช่วงแรกมาทำการวิเคราะห์ เพราะอาจทำให้สรุปผลผิดพลาดได้ ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์ผลการทดลองเกิดความถูกต้อง จึงได้ทำการทดลองเบื้องต้น (Pilot Run) กับแบบจำลองระบบผลิตแบบ โรงงานประกอบที่ใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการทำการทดลองดังที่ได้กล่าวมาแล้วในระบบแบบ Terminating System เพื่อดำเนินการหาจำนวนการทดลองที่เหมาะสมและจำนวนข้อมูลที่ต้องการ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

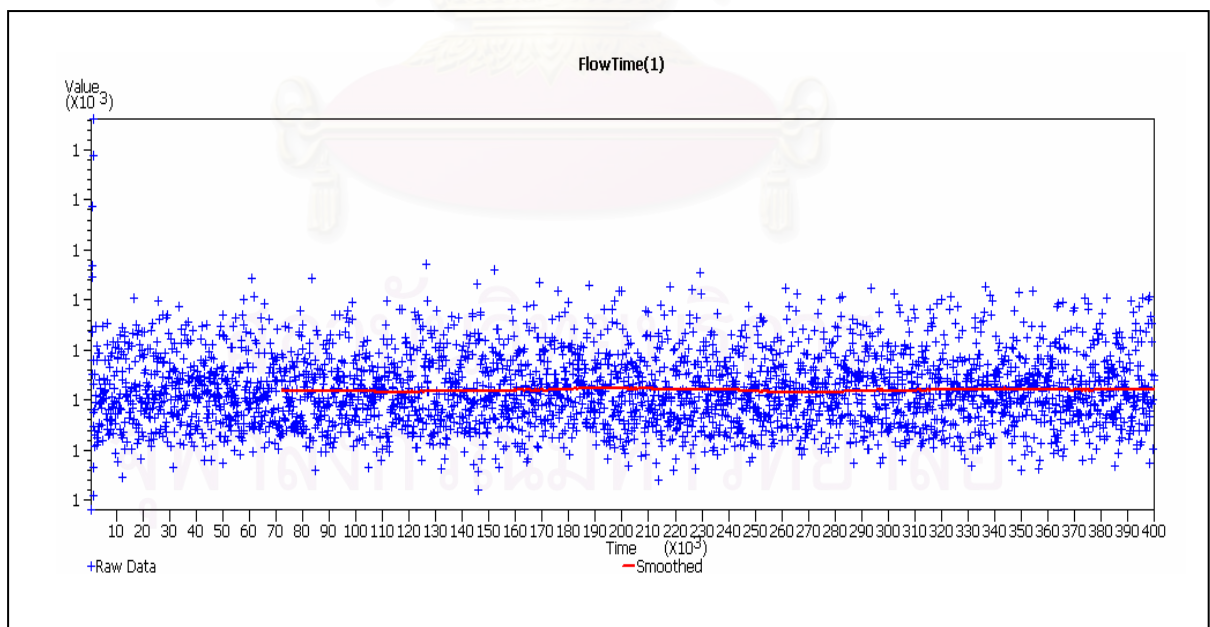
### 3.6.2 การหาเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State)

วิธีการในการหาเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวในที่นี้ คือการนำข้อมูลเวลาการไหลของงาน (Flow Time) มาหา Moving Average แบบ Moving โดยทำการทดลองทั้งในระบบที่ทำการผลิตชิ้นงานในโครงสร้างแบบแบน แบบสูง และแบบซับซ้อน ซึ่งพบว่าในการทำการทดลองเบื้องต้นโดยใช้เวลาในการรันเท่ากับ 400,000 นาที จะได้จำนวนข้อมูลสำหรับระบบที่ทำการผลิตชิ้นงานแบบแบน แบบสูง และแบบซับซ้อน เท่ากับ 15,626, 9,998, และ 5,657 ข้อมูล ตามลำดับ โดยผลจากการทำ Moving Average ของระบบทั้งสามแบบ พบว่าจุดที่ทำให้ระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัวที่มีค่ามากที่สุดอยู่ที่แบบจำลองของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง โดยมีค่าประมาณ

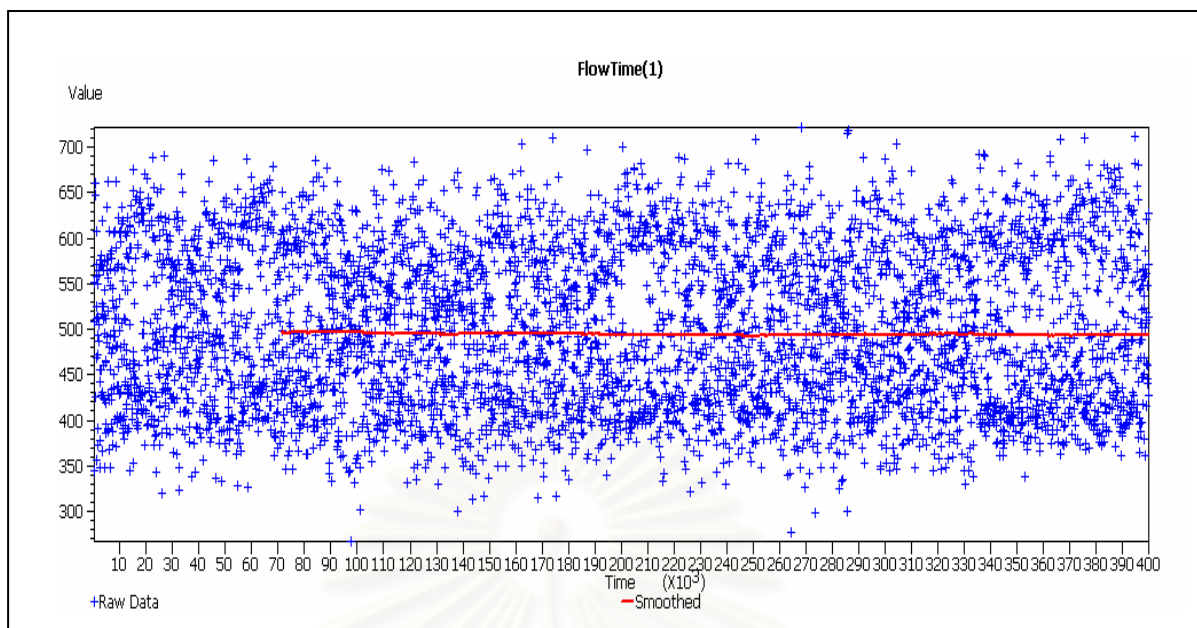
100,000 นาที นั้นหมายความว่าช่วง Warm-Up Period ของระบบคือ 100,000 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3-11 ถึง 3-13



รูปที่ 3-11 กราฟ Moving Average ของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบบ



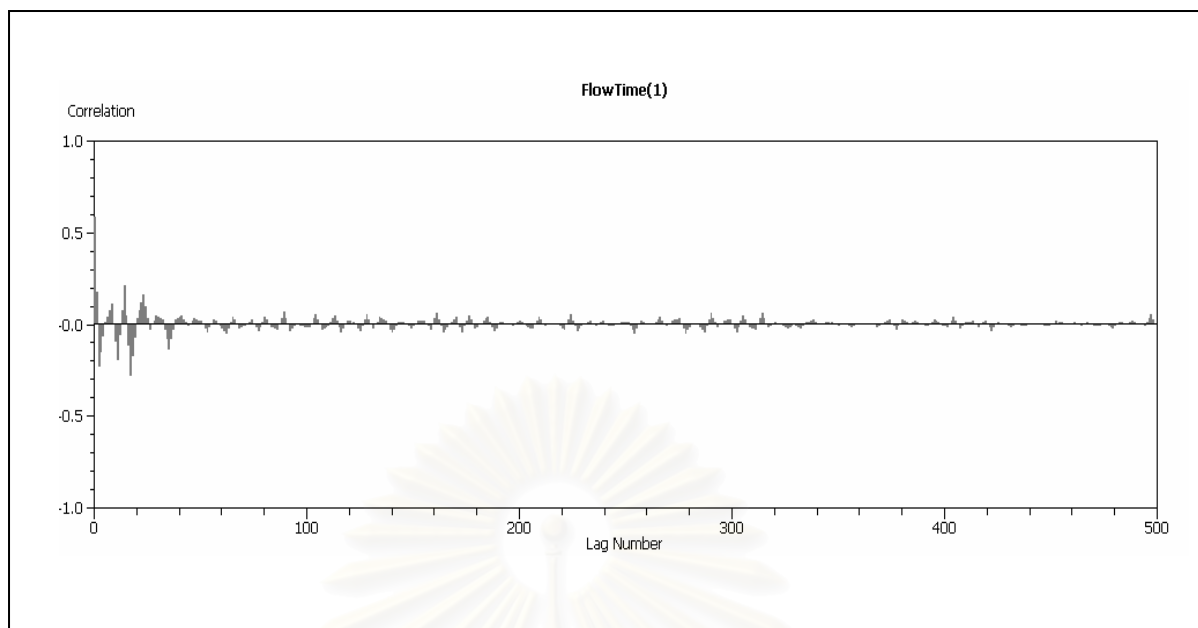
รูปที่ 3-12 กราฟ Moving Average ของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 3-13 กราฟ Moving Average ของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

### 3.6.3 การหาจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมต่อการรัน 1 ครั้ง

การหาจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมต่อการรัน 1 ครั้ง เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งมีความเป็นอิสระต่อกัน ทำได้โดยการนำข้อมูลเวลาการไหลของงาน (Flow Time) มาพล็อตกราฟ Correlogram โดยจาก Rule of Thumb (Pegden et al., 1995) พบว่าจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมจะมีค่าประมาณ 10 เท่าของจำนวน Lag ซึ่งหาได้จากกราฟที่มีค่าใกล้เคียงศูนย์ ซึ่งจากการพล็อตกราฟ Correlogram ของระบบทั้งสามแบบ พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานแบบสูงจะให้ค่า Lag ที่มากที่สุดซึ่งเท่ากับ 360 ดังรูปที่ 3-14 ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมที่มีค่าประมาณ 10 เท่าของจำนวน Lag จึงเท่ากับ 3,600 ข้อมูล ซึ่งการทดลองเพื่อจะให้ได้จำนวนข้อมูลเท่ากับ 3,600 ข้อมูลนั้น จะต้องทำการรันโปรแกรมเป็นเวลาประมาณ 143,850 นาที ดังนั้นการใช้เวลาในการรันข้อมูลเท่ากับ 400,000 นาที โดยมีเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวเท่ากับ 100,000 นาที นั่นคือ ใช้เวลาในการทดลองจริงเท่ากับ 300,000 นาที เท่ากันในทุกการทดลอง จึงถือว่าเป็นระยะเวลาที่เพียงพอที่จะทำให้ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 3-14 กราฟ Correlogram ของระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

### 3.6.4 การหาจำนวนซ้ำของการรัน (Number of Replications) ที่เหมาะสม

การหาช่วงความเชื่อมั่นที่เหมาะสม จำเป็นที่จะต้องหาจำนวนซ้ำของการรัน (Number of Replications) ที่เหมาะสมก่อน ซึ่งวิธีการในการหาจำนวนซ้ำของการรันนั้นจะใช้วิธีการเดียวกันกับที่แสดงให้ดูในระบบแบบ Terminating System โดยจะกำหนดให้รันโปรแกรมเป็นจำนวน 10 Replications ในตอนเริ่มแรกแล้วนำข้อมูลเวลาการไหลของงาน (Flow Time) มาวิเคราะห์ผ่านทาง Output Analyzer ในโปรแกรม Arena (5.01) โดยกำหนดช่วงความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ซึ่งการหาช่วงความเชื่อมั่นด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ ถือเป็นวิธีเดียวกับการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่น (Confident Interval Estimation) ตามหลักการทางสถิติ โดยผลจากการรันโปรแกรมจำนวน 10 Replications ทำให้สามารถหาค่าตัวแปรต่างๆ ได้ ดังตารางที่ 3-2 และทำให้พบว่าจำนวนซ้ำของการรันที่เหมาะสมที่สุดคือ 10 Replications

ตารางที่ 3-2 ผลทางด้านเวลาการไหลของงาน (Flow Time) จากการรันโปรแกรม 10 Replications

ประเภทของชิ้นงาน	Mean	ช่วงความเชื่อมั่น	h	h*	n*
โครงสร้างแบบแบน	229.82	229.64 – 229.99	0.179	11.49	$2.443 \cdot 10^{-3}$
โครงสร้างแบบสูง	719.83	719.28 – 720.38	0.549	35.99	$2.327 \cdot 10^{-3}$
โครงสร้างแบบซับซ้อน	493.65	492.29 – 495.00	1.351	24.68	$2.995 \cdot 10^{-2}$

### 3.7 สรุปผลการสร้างแบบจำลองปัญหา

แบบจำลองปัญหาสำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม ARENA Version 5.01 ในการจำลองระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ ซึ่งหลังจากสร้างแบบจำลองขึ้นมาแล้วได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นไปตามระบบที่ออกแบบไว้ และเพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นจะเป็นผลที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง หลังจากนั้นได้มีการดำเนินการทดลองเบื้องต้น โดยพิจารณาแบ่งระบบออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ Terminating System ซึ่งเป็นลักษณะของระบบที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้และแบบ Non-Terminating System เพื่อทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่าน โดยจะมีการหาช่วงเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) สำหรับระบบแบบ Non-Terminating System และหาจำนวนซ้ำของการรัน (Number of Replications) ที่เหมาะสมสำหรับทั้งสองระบบ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการเก็บข้อมูลเป็นจำนวน 10 Replications ที่ต่อเนื่องกันนั้นถือว่าเพียงพอสำหรับระบบทั้งสองและสำหรับการวิเคราะห์ระบบแบบ Non-Terminating System เพื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมานั้น จะพบว่าการใช้เวลาในการรันข้อมูลเท่ากับ 400,000 นาที โดยระบบมีช่วงเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-Up Period) ที่เวลาประมาณ 100,000 นาทีนั้นเพียงพอสำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ทางสถิติต่อไป



## บทที่ 4

### การออกแบบการทดลอง

#### 4.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นกรออกแบบการทดลอง ซึ่งจำเป็นต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองให้กับแบบจำลองปัญหา โดยในงานวิจัยนี้เป็นการทดลองภายใต้ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย อันได้แก่ กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) และกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rule) ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่ได้อ้างอิงมาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### 4.2 กฎการจ่ายงาน

กฎการจ่ายงานที่ถูกเลือกมาศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ถือได้ว่าเป็นกฎที่ถูกสรุปผลมาแล้วว่าให้ประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของระบบดีที่สุด จากงานวิจัยต่างๆเกี่ยวกับการศึกษากฎการจ่ายงานภายใต้ระบบผลิตแบบโรงงานประกอบที่มีเงื่อนไขในการทดลองต่างๆกัน โดยหลักการของกฎเหล่านั้น มีดังนี้

- Earliest Job Due Date (JDD) เป็นการให้ลำดับความสำคัญสูงสุดกับการดำเนินงานที่มีกำหนดเวลาส่งมอบของงานกระชั้นที่สุด โดยจากงานวิจัยของ Russell and Taylor (1985), Goodwin and Weeks (1986), และ Fry et al. (1989) ต่างพบว่ากฎ JDD ให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีที่สุด เมื่อทดลองภายใต้ระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ ในทุกโครงสร้างผลิตภัณฑ์ รวมทั้งจากงานวิจัยของ Adam et al. (1993) JDD ถูกพบว่าเป็นกฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาลำช้าของงานมีค่าน้อยที่สุด โดยหลักการของกฎ JDD เป็นดังสมการที่ 4-1

$$\text{Min } \{d_j\} \quad (4-1)$$

- Slack per Remaining Operation (S/OPN) เป็นการให้ลำดับความสำคัญสูงสุดกับการดำเนินงานที่มีอัตราส่วนระหว่างเวลาหย่อนต่อจำนวนการดำเนินงานที่เหลืออยู่ มีค่าน้อยที่สุด โดย S/OPN ถือได้ว่าเป็นกฎการจ่ายงานที่นิยมใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดลำดับงานในระบบผลิตแบบตามงาน รวมทั้งมักใช้กัน

โดยทั่วไปในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังพบว่า เป็นกฎที่ให้ผลการดำเนินงานที่ดี ในงานวิจัยที่ผ่านๆมาเกี่ยวกับระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ (Green and Appel 1981, และ Fry et al. 1989a.) โดยหลักการของกฎ S/OPN เป็นดังสมการที่ 4-2

$$\text{Min} \left\{ (d_j - \sum_{i \in U_b} P_{ij}) / B_{ij} \right\} \quad (4-2)$$

- Importance Ratio (IR) โดยที่กฎ IR เป็นการให้ลำดับความสำคัญสูงสุดกับการดำเนินงานที่มีอัตราส่วนระหว่างจำนวนการดำเนินงานที่ยังเหลืออยู่บนเส้นทาง งานจนงานนั้นถูกประกอบเสร็จสิ้น ต่อจำนวนการดำเนินงานที่ยังเหลืออยู่บนเส้นทางที่มีการดำเนินงานที่ยังเหลืออยู่มากที่สุดของงานนั้น ลำดับความสำคัญสูงสุดจะให้การดำเนินงานที่มีอัตราส่วนมากที่สุด ซึ่งพบว่ากฎ IR สามารถให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำในทุกโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Philipoom et al. 1991, Roman and Valle 1996) โดยหลักการของกฎ IR เป็นดังสมการที่ 4-3

$$\text{Max} \left\{ B_{ij} / \text{Max}_{k \in U} (B_{kj}) \right\} \quad (4-3)$$

- Latest Finish Time (LF) เป็นการให้ลำดับความสำคัญสูงสุดกับการดำเนินงานที่มีผลต่างที่น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเวลาเสร็จสิ้นที่เร็วที่สุดของงาน กับผลรวมของเวลาการดำเนินงานที่เหลืออยู่ทั้งหมดบนเส้นทาง (Branch) ของการดำเนินงานนั้น โดยกฎ LF ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Mohanasundaram et al. (2002) ซึ่งพบว่าเป็นกฎที่มีประสิทธิภาพสูงในด้านการลดเวลาการไหลของงาน และเวลาการรอคอยการประกอบ (Staging Delay) เนื่องจากเป็นกฎที่พิจารณาความสัมพันธ์ภายในโครงสร้างของงาน มีการประสานและมีการเร่งงานระหว่างการดำเนินงานในสายงานวิกฤติ และการดำเนินงานที่ไม่ได้อยู่ในสายงานวิกฤติของงานให้มีความสอดคล้องกัน โดยหลักการของกฎ LF เป็นดังสมการที่ 4-4

$$\text{Min} \left\{ r_j + P_{CPj} - \sum_{i \in U_b} P_{ij} \right\} \quad (4-4)$$

โดยที่	$d_j$	หมายถึง	เวลาส่งมอบของงาน $j$
	$P_{ij}$	หมายถึง	เวลาการดำเนินงานของการดำเนินงานที่ $i$ งานที่ $j$
	$P_{CBj}$	หมายถึง	ผลรวมของเวลาการดำเนินงานทั้งหมดบนสายงานวิกฤติของงาน $j$
	$r_j$	หมายถึง	เวลาที่งาน $j$ เข้ามาในระบบ
	$T$	หมายถึง	เวลาในปัจจุบัน
	$B_{ij}$	หมายถึง	จำนวนการดำเนินงานที่เหลื่ออยู่บนเส้นทาง (Branch) ของการดำเนินงานที่ $i$ งานที่ $j$
	$U$	หมายถึง	เซตของการดำเนินงานที่เหลื่ออยู่ของงานที่ $j$
	$U_B$	หมายถึง	เซตของการดำเนินงานที่เหลื่ออยู่บนเส้นทาง (Branch) ของ การดำเนินงานที่ $i$ งานที่ $j$

กำหนดให้งานเข้าสู่ระบบในระดับที่ทำให้ระดับการใช้งานของระบบมีค่าเท่ากับ 90 % ซึ่งจากการทำการทดลองเบื้องต้นกับแบบจำลองระบบผลิตแบบ โรงงานประกอบที่ใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการทำการทดลอง จะได้ปริมาณของงานที่เข้าสู่ระบบในแต่ละโครงสร้างผลิตภัณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 4-1 ปริมาณงานที่เข้าสู่ระบบในแต่ละโครงสร้างผลิตภัณฑ์

โครงสร้างผลิตภัณฑ์	ปริมาณงานที่เข้าสู่ระบบ (ชิ้น)
แบบแบน	9
แบบสูง	18
แบบซับซ้อน	7

#### 4.3 กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

กำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date) ของงาน หมายถึง เวลาจัดส่ง หรือเวลาเสร็จงานที่สำคัญ ไว้กับลูกค้า โดยที่วิธีการกำหนดเวลาส่งมอบงานและความกระชั้น (Tightness) ของเวลาส่งมอบจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบและประสิทธิภาพในเชิงเปรียบเทียบของกฎการจ่ายงาน หลักการสำคัญของการกำหนดเวลาส่งมอบอยู่ที่การประมาณค่าระยะเวลาการไหลของงาน รวมเข้ากับเวลาที่งานเข้ามาในระบบ ซึ่งกฎในการกำหนดเวลาส่งมอบแบ่งได้เป็นหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะ

ที่มาและข้อมูลที่น่ามาใช้ โดยกฎที่เลือกมาทำการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ กำหนดให้ครอบคลุมทุกประเภทของการกำหนดเวลาส่งมอบ นั่นคือ

#### 4.3.1 การกำหนดจากภายนอก (Externally Imposed) ได้แก่

- Constant (CON) เป็นการกำหนดเวลาส่งมอบให้มีระยะเวลาคงที่ค่าหนึ่ง และค่าคงที่นี้จะใช้กับทุกงาน มักใช้ในกรณีที่พนักงานขายเป็นผู้กำหนดเวลาส่งมอบเอง การกำหนดเวลาส่งมอบให้มีค่าคงที่นี้เหมาะกับองค์กรที่ทำการผลิตชิ้นงานที่มีความหลากหลายน้อย หรืออีกนัยหนึ่งคือ เหมาะสำหรับองค์กรที่ทำการผลิตแบบปริมาณมาก (Mass Production) ชิ้นงานแต่ละประเภทใช้เวลาในการผลิตใกล้เคียงกัน จึงสามารถกำหนดเวลาส่งมอบของงานให้คงที่ได้ หลักการของกฎ CON เป็นดังสมการที่ 4-5

$$d_j = r_j + K \quad (4-5)$$

- Random (RAND) เป็นการกำหนดเวลาส่งมอบของงานโดยวิธีการสุ่มภายในช่วงที่กำหนด เป็นวิธีการกำหนดเวลาส่งมอบที่ไม่ได้คำนึงถึงเวลาเสร็จสิ้นของการผลิต กฎนี้จึงเป็นตัวแทนของกรณีที่เวลาส่งมอบถูกกำหนดโดยคำสั่งซื้อที่เข้ามาของลูกค้า ซึ่งพนักงานขายอาจมีการต่อรองในเรื่องของระยะเวลาส่งมอบ ดังนั้นจึงทำให้เวลาส่งมอบในกรณีเช่นนี้เป็นแบบสุ่ม หลักการของกฎ RAND เป็นดังสมการที่ 4-6

$$d_j = r_j + \text{RAND} \quad (4-6)$$

#### 4.3.2 การกำหนดจากภายใน (Internally Set) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของข้อมูล ที่ใช้ นั่นคือ กฎที่ใช้เพียงข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงาน (Job Characteristic) และกฎที่ใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานร่วมกับข้อมูลทางด้านสถานภาพของระบบในปัจจุบัน (Current Shop Status Information)

##### ก. กฎที่ใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงาน ได้แก่

- Total Work (TWK) กำหนดเวลาส่งมอบของงานให้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับภาระงานที่งานนั้นจะต้องทำทั้งหมด โดยใช้ปัจจัยที่แสดงถึงความกระชั้นของงาน (ค่าคงที่) คูณกับภาระงานทั้งหมด แล้วใช้ค่าผลคูณที่ได้นี้เป็นระยะเวลาในการกำหนดเวลาส่งมอบของงาน การกำหนดเวลาส่งมอบของงานตามภาระงาน

ทั้งหมดนี้เหมาะสำหรับองค์กรที่มีการผลิตชิ้นงานที่มีความหลากหลาย รวมถึงเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละประเภทนั้นมีความแตกต่างกันมาก หลักการของกฎ TWK เป็นดังสมการที่ 4-7

$$d_j = r_j + KP_j \quad (4-7)$$

- Total Work Content Critical Path (TWKCP) กำหนดเวลาส่งมอบของงานให้ เป็นสัดส่วน โดยตรงกับภาระงานทั้งหมด บนสายงานวิกฤติ (Critical Path) ของงานนั้น โดยใช้ปัจจัยที่แสดงถึงความกระชั้นของงาน (ค่าคงที่) คูณกับภาระงานทั้งหมดบนสายงานวิกฤติ แล้วใช้ค่าผลคูณที่ได้นี้เป็นระยะเวลาในการกำหนดเวลาส่งมอบของงาน หลักการของกฎ TWKCP เป็นดังสมการที่ 4-8

$$d_j = r_j + KP_{CPj} \quad (4-8)$$

ข. กฎที่ใช้ทั้งข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงาน และทางด้านสถานภาพของระบบ

- Jobs in System (JIS) กำหนดเวลาส่งมอบของงานให้ เป็นสัดส่วน โดยตรงกับจำนวนของงานทั้งหมดในระบบ เมื่อเวลาที่งานนั้นมาถึง และภาระงานที่งานนั้นจะต้องทำทั้งหมด หลักการของกฎ JIS เป็นดังสมการที่ 4-9

$$d_j = r_j + K_1P_j + K_2(JIS_j) \quad (4-9)$$

- BOMs and Jobs in System (BJIS) กำหนดเวลาส่งมอบของงานให้ เป็นสัดส่วน โดยตรงกับจำนวนส่วนประกอบทั้งหมด และจำนวนระดับของการประกอบในรายการวัสดุของงาน (Number of Levels and Number of Components in the BOM) รวมทั้งจำนวนของงานทั้งหมดในระบบ โดยหลักการของกฎ BJIS เป็นดังสมการที่ 4-10

$$d_j = r_j + K_1(NL_j) + K_2(NC_j) + K_3(JIS_j) \quad (4-10)$$

โดยที่	$d_j$	หมายถึง	เวลาส่งมอบของงาน $j$
	$r_j$	หมายถึง	เวลาที่งาน $j$ เข้ามาในระบบ
	RAND	หมายถึง	ค่าที่ได้จากการสุ่มภายในช่วงที่กำหนด
	$P_j$	หมายถึง	ผลรวมของเวลาการดำเนินงานทั้งหมดของงาน $j$

$P_{CPj}$	หมายถึง	ผลรวมของเวลาการดำเนินงานทั้งหมดบนสายงานวิฤติ ของงาน $j$
$JIS_j$	หมายถึง	จำนวนของงานทั้งหมดในระบบ เมื่องาน $j$ มาถึง
$NL_j$	หมายถึง	จำนวนระดับในรายการวัสดุของงาน $j$
$NC_j$	หมายถึง	จำนวนส่วนประกอบทั้งหมดในรายการวัสดุของงาน $j$

งานวิจัยนี้จะทำการทดลองโดยใช้กฎการกำหนดเวลาส่งมอบทั้ง 6 แบบข้างต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าในทุกกฎการกำหนดเวลาส่งมอบนั้น มีการคูณด้วยค่าแฟกเตอร์ซึ่งเป็นค่าคงที่ โดยวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการกำหนดค่าคงที่นั้น ได้แก่ การกำหนดค่าดังกล่าวที่ทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าตามที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าคงที่ดังกล่าวที่ทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเท่ากับ 5% และกำหนดให้ค่าที่ได้จากการสุ่มของกฎ Random (RAND) นั้นเป็นการสุ่มอยู่ในช่วงบวกและลบ 20% ของค่าคงที่ที่ได้จากกฎ Constant (CON) และในกรณีที่มีค่าคงที่ (K) มากกว่า 1 ค่า เช่นในกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ JIS และ BJIS นั้นจะมีวิธีการในการกำหนดค่าคงที่ดังนี้

สำหรับกฎ JIS จะทำการทดลองเพื่อหาค่าคงที่  $K_1$  และ  $K_2$  ที่ทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเท่ากับ 5% โดยให้ความสำคัญกับค่าคงที่  $K_2$  ซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนของงานทั้งหมดในระบบ เมื่องาน  $j$  มาถึงมากกว่าค่าคงที่  $K_1$  ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลาในการดำเนินงานทั้งหมดของงาน  $j$

และสำหรับกฎ BJIS จะทำการทดลองเพื่อหาค่าคงที่  $K_1$ ,  $K_2$  และ  $K_3$  ที่ทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเท่ากับ 5% เช่นเดียวกัน โดยให้ความสำคัญสูงสุดกับจำนวนระดับในรายการวัสดุของงาน  $j$  ( $K_1$ ) ตามด้วยค่า  $K_2$  ซึ่งพิจารณาจำนวนส่วนประกอบทั้งหมดในรายการวัสดุของงาน  $j$  และมีค่า  $K_3$  ซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนของงานทั้งหมดในระบบ เมื่องาน  $j$  มาถึง เป็นค่าคงที่ที่ได้รับ ความสำคัญเป็นลำดับสุดท้าย โดยผลจากการทำการทดลองเพื่อหาค่าคงที่ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าคงที่ (K) ที่ใช้ในการทดลองสำหรับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

กฎการกำหนด เวลาส่งมอบ	ค่าคงที่	โครงสร้างผลิตภัณฑ์		
		แบบแบน	แบบสูง	แบบซับซ้อน
CON	K	268	848	635
RAND	RAND	214 – 322	678 – 1,018	508 – 762
TWK	K	2.09	6.61	1.46
TWKCP	K	3.505	13.23	4.55

ตารางที่ 4-2 (ต่อ) ค่าคงที่ (K) ที่ใช้ในการทดลองสำหรับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

กฎการกำหนด เวลาส่งมอบ	ค่าคงที่	โครงสร้างผลิตภัณฑ์		
		แบบแบน	แบบสูง	แบบซับซ้อน
JIS	$K_1$	1.49	1.71	1
	$K_2$	8.0	32.7	23.8
BJIS	$K_1$	110.5	95.4	50.2
	$K_2$	30.7	48	22.8
	$K_3$	8.77	22.83	19.25

#### 4.4 สรุปปัจจัยในการทดลอง

##### 1. กฎการจ่ายงาน

- Earliest Job Due Date (JDD)
- Slack per Operation (S/OPN)
- Importance Ratio (IR)
- Latest Finish Time (LF)

##### 2. กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

- Constant (CON)
- Random (RAND)
- Total Work (TWK)
- Total Work Content Critical Path (TWKCP)
- Jobs in System (JIS)
- BOMs and Jobs in System (BJIS)

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 5.1 บทนำ

ในบทก่อนหน้าได้พูดถึงแนวคิดพื้นฐานของแบบจำลอง การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง รวมถึงการออกแบบการทดลองซึ่งได้ทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการทดลองแล้วนั้น ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์โดยการพิจารณาสภาพการทำงานของระบบทั้งแบบที่ระบบมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของระบบที่แน่นอน (Terminating System) และแบบที่ไม่มีจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของระบบที่แน่นอน (Non-Terminating System) ซึ่งจะนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์และทำการวิเคราะห์โดยแยกตามดัชนีวัดประสิทธิภาพ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ปัจจัยหลัก การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม และการเปรียบเทียบแบบ Tukey Multiple Comparison Test โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### 5.2 ระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่แน่นอน (Terminating System)

จะเป็นระบบที่มีเงื่อนไขในการกำหนดจุดเริ่มต้นและมีเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งซึ่งจะเป็นตัวกำหนดจุดสิ้นสุดของระบบ ซึ่งสำหรับสภาพการทำงานของระบบที่เป็นแบบทันเวลาพอดีนั้น จะเป็นระบบที่มีการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของระบบอย่างแน่นอน คือ จะเริ่มต้นกระบวนการผลิตต่อเมื่อมีความต้องการของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น และระบบจะสิ้นสุดเมื่อกระบวนการผลิตได้ผลิตผลิตภัณฑ์ครบตามปริมาณความต้องการ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระบบที่กำลังทำการศึกษานี้ในงานวิจัยนี้จึงเป็นแบบ Terminating System และจากรายละเอียดของตัวอย่างของระบบการผลิตที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 จะสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

##### 5.2.1 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

###### 5.2.1.1 การวิเคราะห์เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

###### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)



การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยในการทดลองที่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพของระบบ โดยปัจจัยในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ กฎการจ่ายงาน และกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ รวมถึงทดสอบอิทธิพลของผลร่วมระหว่างสองปัจจัย (Interaction Effect) ซึ่งจะทำให้สามารถสรุปผลได้ครอบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น โดยทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลที่ได้เป็นดังนี้

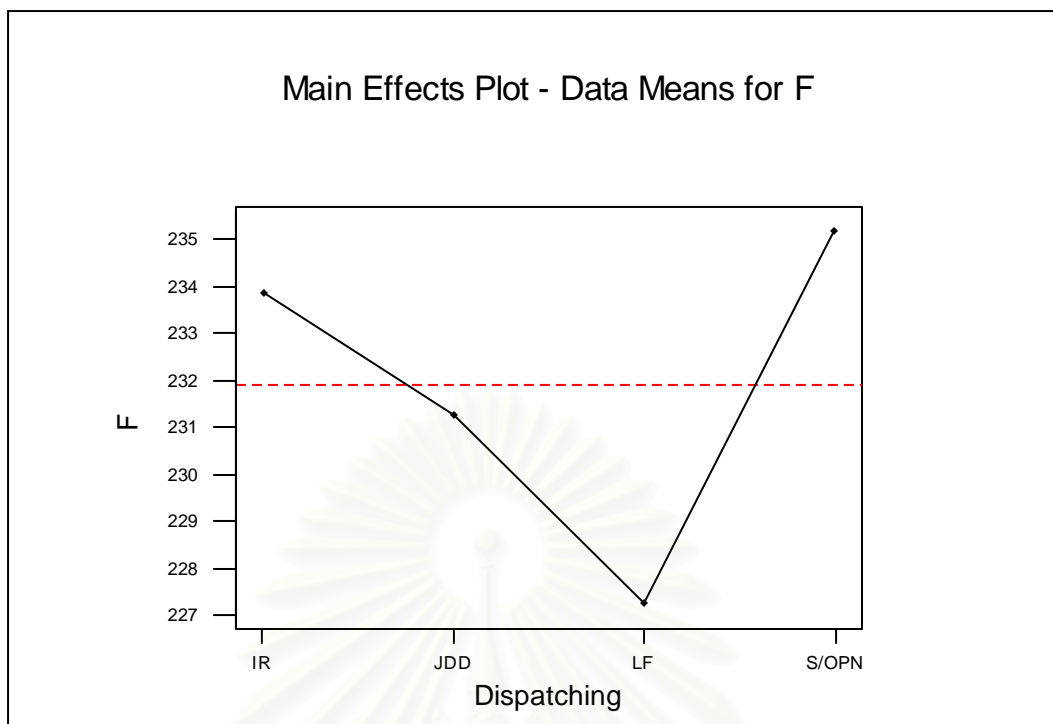
Two-way ANOVA: F versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules						
Analysis of Variance for F						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	2189.26	729.75	366.38	0.000	
Due Date	5	265.66	53.13	26.68	0.000	
Interaction	15	500.24	33.35	16.74	0.000	
Error	216	430.22	1.99			
Total	239	3385.38				

รูปที่ 5-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ นั้นมีผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงปฏิกริยาร่วมระหว่างสองปัจจัยดังกล่าวก็ส่งผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัยหลัก จะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนระดับของปัจจัยต่างๆ ซึ่งปัจจัยหลักที่ทดสอบในที่นี้ ได้แก่ กฎการจ่ายงาน และกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยทำการวิเคราะห์จากการพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักกับค่าประสิทธิภาพของระบบในแต่ละด้าน ดังนี้

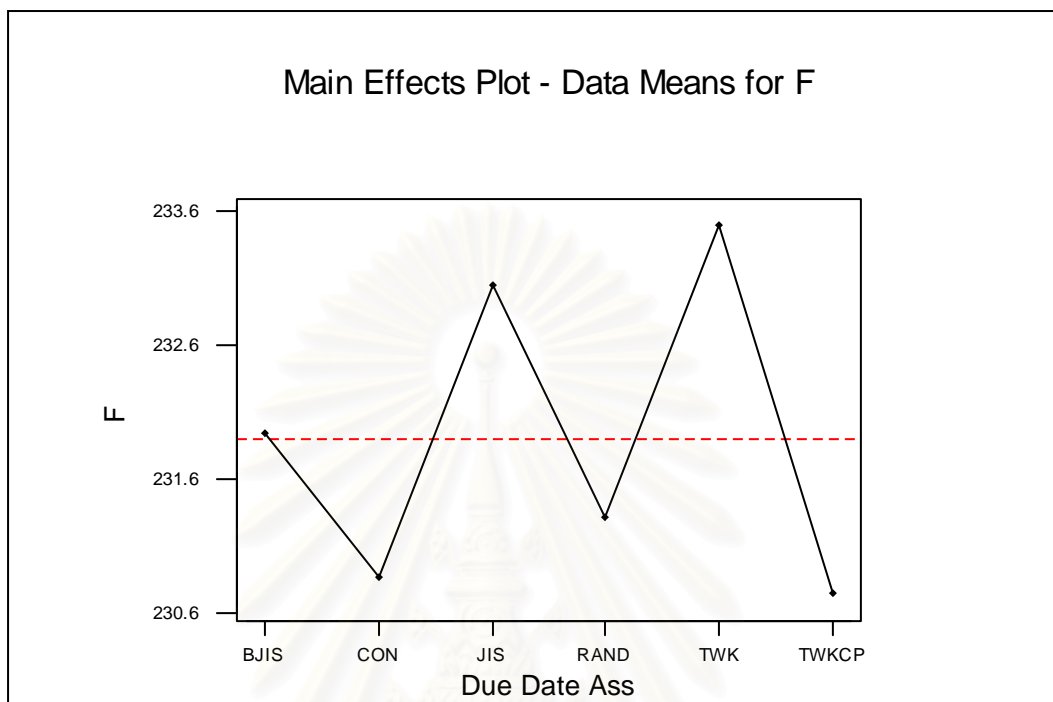


รูปที่ 5-2 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-2 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน นั้นการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ LF สามารถให้ระยะเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ส่วนกฎที่ให้ค่าระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่กฎ S/OPN และกฎ IR ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากสเกลของค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานที่ต่างกัันนั้น พบว่าไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบมากนัก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

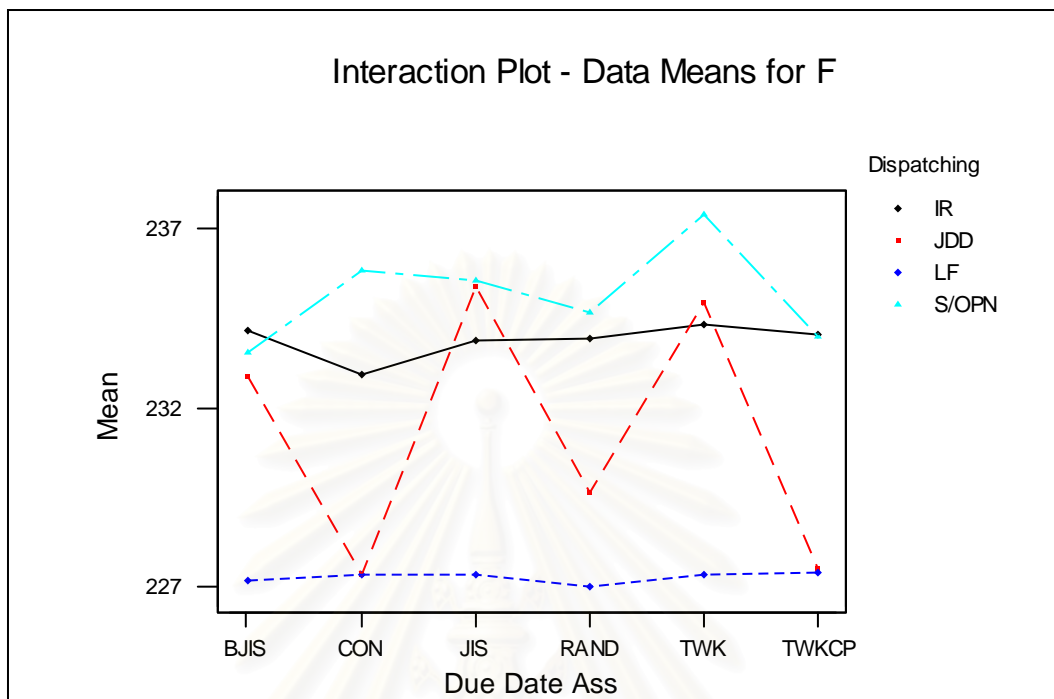
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ซึ่งในที่นี้ความแตกต่างจะมาจากผลของการใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN เท่านั้น เนื่องมาจากกฎการจ่ายงานแบบ IR และ LF นั้น ไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 5-3 พบว่า กฎ TWKCP และกฎ CON สามารถให้ค่าระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งตรงข้ามกับกฎ TWK ที่ให้ค่าระยะเวลาการไหลของงานสูงที่สุด เป็นที่น่าสังเกตว่าการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK และ TWKCP ซึ่งใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานในการกำหนดเวลาส่งมอบเพียงอย่างเดียวเหมือนกันนั้น กลับให้ผลของค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมาก

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย ดังรูปที่ 5-4 พบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่เท่าๆ กันในทุกกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องจากกฎ LF นั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน และพบว่ากฎ LF เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำกฎการจ่ายงานแบบ JDD มาใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ TWKCP แล้วพบว่าสามารถให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ดี โดยมีค่าใกล้เคียงกับการนำกฎการจ่ายงานแบบ LF มาใช้ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และมีกฎ S/OPN ที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-1 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
LF-RAND	226.99
LF-BJIS	227.17
JDD-CON	227.32
LF-CON	227.36
LF-TWK	227.36
LF-JIS	227.36
LF-TWKCP	227.38
JDD-TWKCP	227.50
JDD-RAND	229.64
JDD-BJIS	232.88
IR-CON	232.94
S/OPN-BJIS	233.52
IR-JIS	233.88
IR-RAND	233.93
S/OPN- TWKCP	234.01
IR-TWKCP	234.06
IR-BJIS	234.18
IR-TWK	234.32
S/OPN- RAND	234.68
JDD-TWK	234.93
JDD-JIS	235.39
S/OPN-JIS	235.56
S/OPN-CON	235.85
S/OPN-TWK	237.39

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5-1 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาการไหลโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งสำหรับกฎ LF นั้นจะให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ในขณะที่กฎ JDD นั้นจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกับกฎ LF ก็ต่อเมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาในการส่งมอบแบบ CON RAND และ TWKCP และโดยการจัดลำดับงานตามกฎ IR และกฎ S/OPN นั้น จะพบว่าไม่มีความต่างกันของผลทางด้านเวลาการไหลของงานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งกฎ S/OPN นั้น จะให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุด และจะสังเกตเห็นได้ว่าโดยภาพรวมแล้วการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK นั้นจะให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุด แม้ว่าจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ สำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR ก็ตาม ซึ่งเนื่องมาจากกฎการจ่ายงานทั้งสองไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน แต่เมื่อพิจารณาที่กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN แล้วจะพบว่าการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK นั้นจะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

#### 5.2.1.2 การวิเคราะห์เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

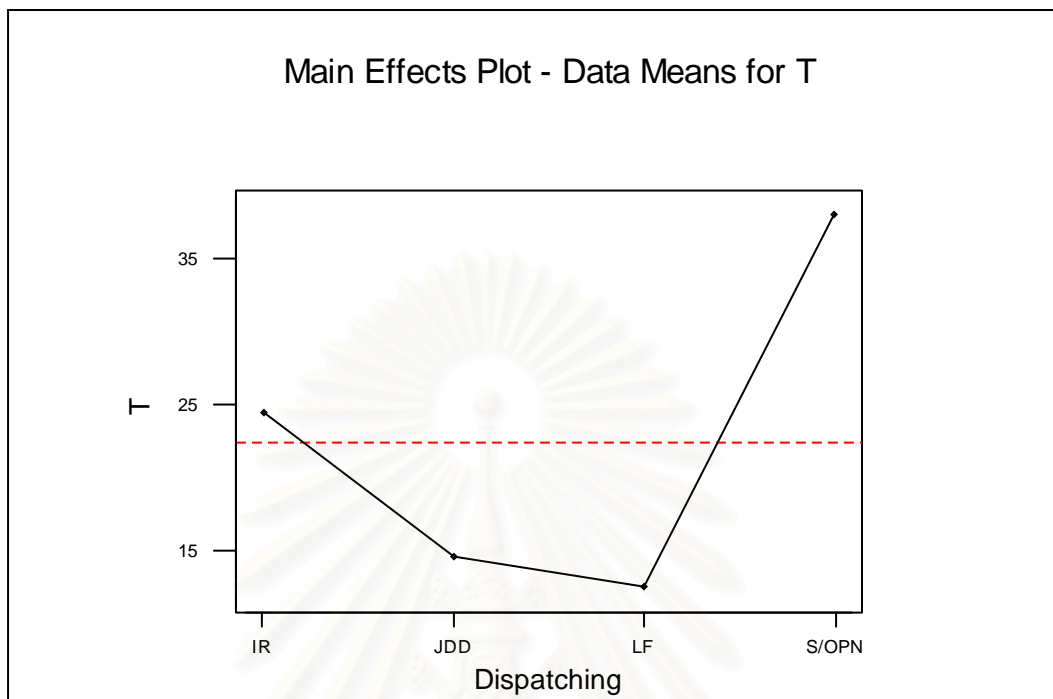
##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Two-way ANOVA: T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules					
Analysis of Variance for T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	24274.4	8091.5	298.11	0.000
Due Date	5	9854.1	1970.8	72.61	0.000
Interaction	15	3618.6	241.2	8.89	0.000
Error	216	5862.8	27.1		
Total	239	43609.9			

รูปที่ 5-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยหลักทั้งสอง ซึ่งได้แก่ กฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบรวมถึงปฏิกริยาร่วมระหว่างสองปัจจัยดังกล่าว ส่งผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

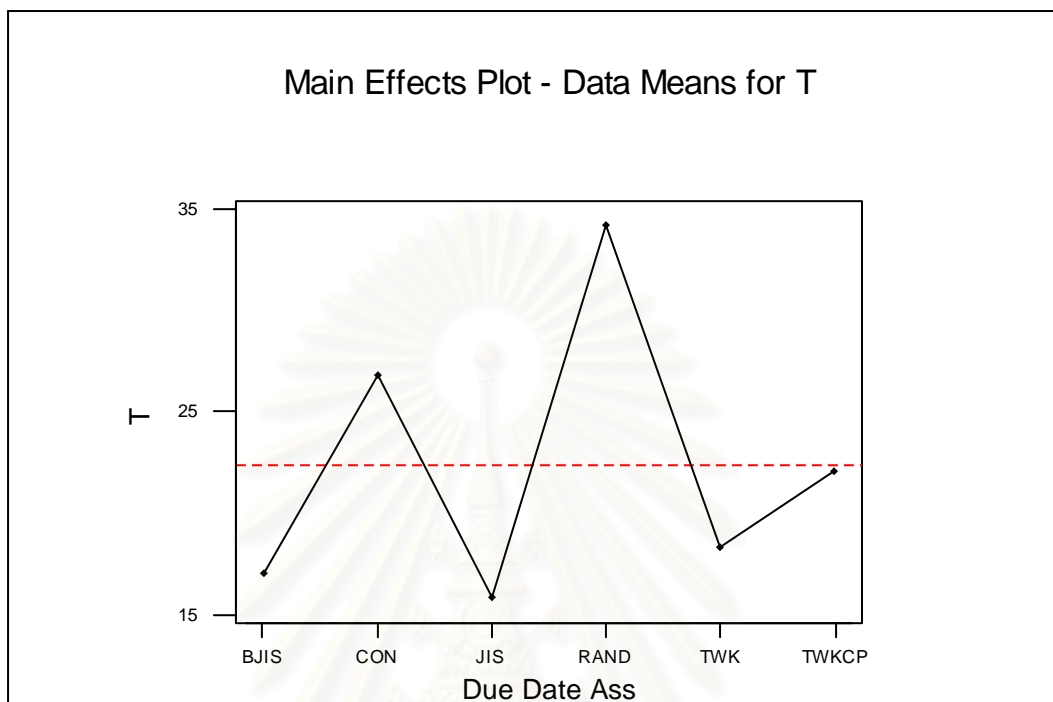
## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-6 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-6 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน นั้นการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ JDD และ LF สามารถให้ค่าระยะเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ดี โดยกฎ LF จะให้ค่าระยะเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนกฎที่ให้ค่าระยะเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่กฎ S/OPN

### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

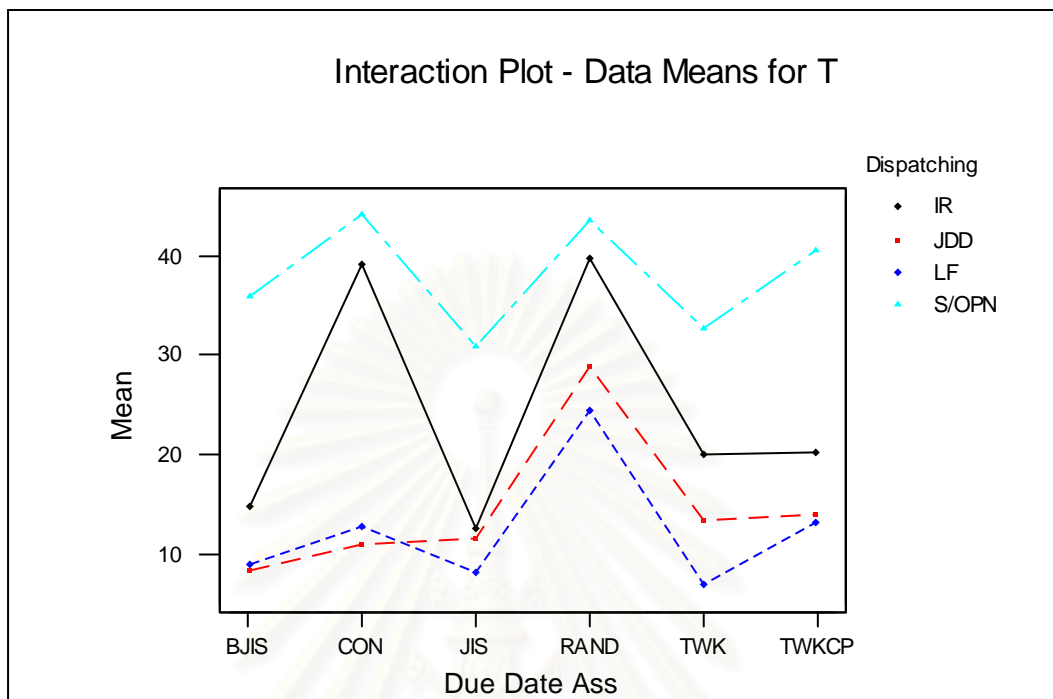


รูปที่ 5-7 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ดังกราฟรูปที่ 5-7 พบว่าการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ BJIS ซึ่งเป็นกฎที่ใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานและข้อมูลทางด้านสถานภาพของระบบนั้น สามารถให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ดีแต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ TWK ซึ่งเป็นกฎที่ใช้เพียงข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานในการกำหนดเวลาส่งมอบนั้น กลับให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำใกล้เคียงกับกฎ BJIS เช่นเดียวกัน โดยมีกฎการกำหนดเวลาส่งมอบจากภายนอก คือ โดยวิธีการสุ่ม (RAND) และ โดยการกำหนดแบบค่าคงที่ (CON) ที่จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดตามลำดับ



## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-8 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-8 พบว่าค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่เกิดจากการจัดลำดับงานตามกฎ JDD และกฎ LF นั้นมีแนวโน้มของการให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่คล้ายคลึงกันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยพบว่าทั้งสองกฎจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ JIS แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ LF เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP แล้วจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำเช่นเดียวกันกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ JIS โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ที่ยังคงให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-2 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาทำงานของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
LF-TWK	6.98
LF-JIS	8.27
JDD-BJIS	8.42
LF-BJIS	9.01
JDD-CON	11.11
JDD-JIS	11.60
IR-JIS	12.56
LF-CON	12.89
LF-TWKCP	13.33
JDD-TWK	13.54
JDD-TWKCP	14.11
IR-BJIS	14.85
IR-TWK	19.99
IR-TWKCP	20.20
LF-RAND	24.43
JDD-RAND	28.88
S/OPN-JIS	30.92
S/OPN-TWK	32.67
S/OPN-BJIS	35.94
IR-CON	39.11
IR-RAND	39.81
S/OPN-TWKCP	40.51
S/OPN-RAND	43.53
S/OPN-CON	44.08

จากตารางที่ 5-2 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกัน พบว่า กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งพบว่าให้ผลที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่กฎ LF จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK ส่วนกฎ JDD จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS แต่จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อใช้การกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND กับกฎการจ่ายงานทั้งสองแล้วจะส่งผลให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างออกมาจากกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังคงให้ค่าอยู่ในระดับกลางๆ เมื่อเทียบกับกฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วจะพบว่า การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกๆ กฎการจ่ายงาน ส่วนกฎ IR นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ดีเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ BJIS ตามลำดับ และค่าโดยเฉลี่ยที่ได้จากกฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะอยู่ในระดับปานกลาง

### 5.2.1.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)

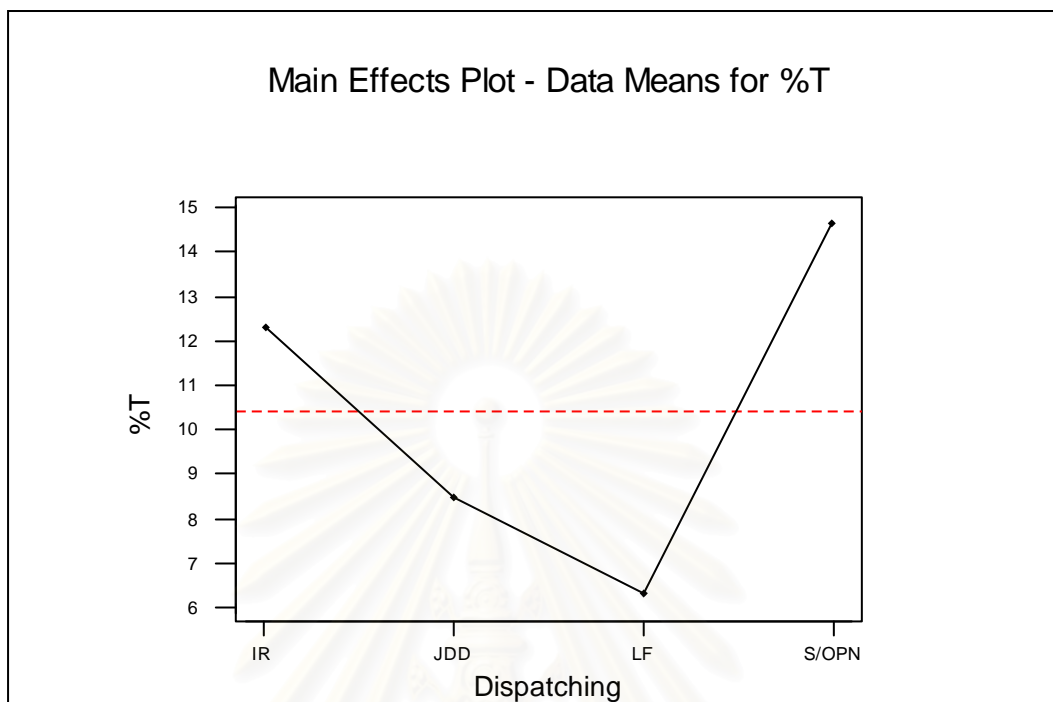
#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Two-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules						
Analysis of Variance for %T						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	2526.38	842.13	86.30	0.000	
Due Date	5	12844.82	2568.96	263.26	0.000	
Interaction	15	3176.16	211.74	21.70	0.000	
Error	216	2107.77	9.76			
Total	239	20655.13				

รูปที่ 5-9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่า ผลรวมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

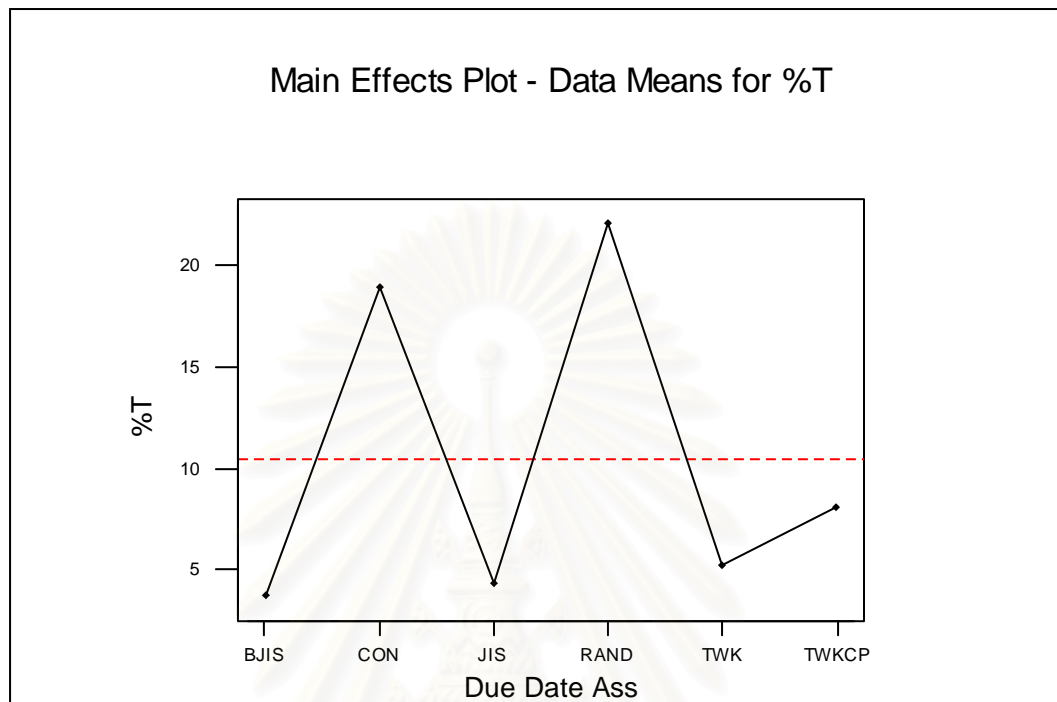


รูปที่ 5-10 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-10 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน นั้นการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ LF สามารถให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดได้แก่ กฎ S/OPN และกฎ IR ตามลำดับ ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าการใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกันนั้นจะส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ได้ อย่างชัดเจน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

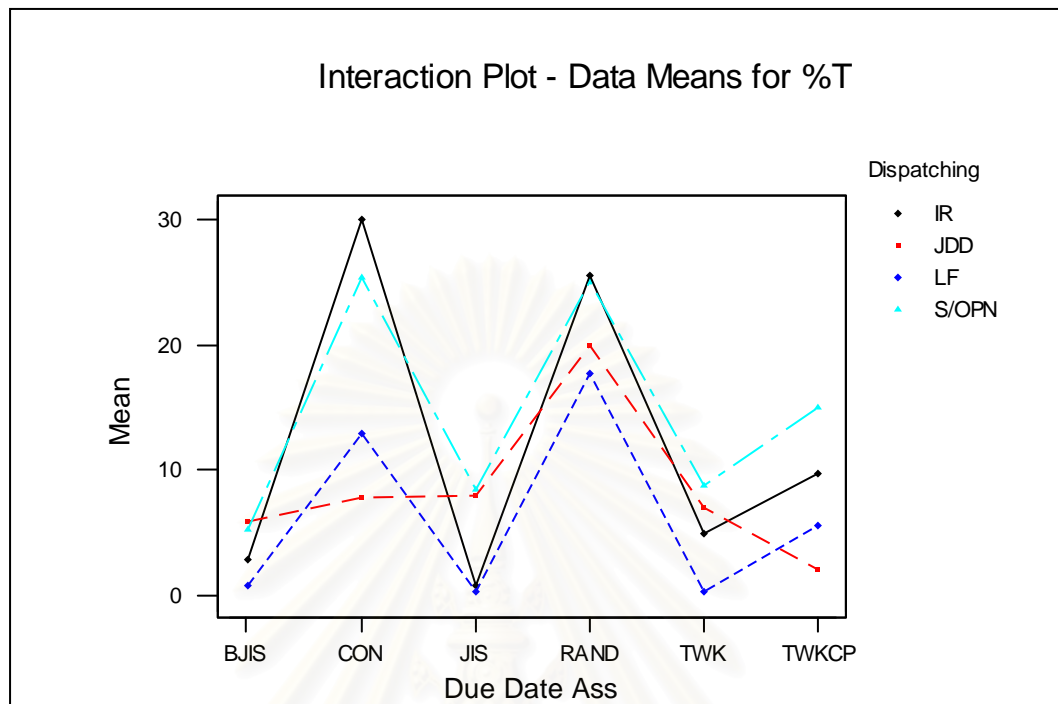


รูปที่ 5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน ดังกราฟรูปที่ 5-11 พบว่าประสิทธิภาพของกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS JIS และ TWK จะแสดงออกมาในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน นั่นคือ สามารถให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำ ส่วนกฎ CON และกฎ RAND กลับให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-12 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-12 พบว่าการจัดลำดับงานตามกฎ LF และกฎ JDD นั้น สามารถให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยรวมที่ต่ำกว่าการจัดลำดับงานตามกฎ S/OPN และกฎ IR ซึ่งกฎการจ่ายงานแบบ LF IR และ S/OPN นั้นโดยภาพรวมจะส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันเมื่อกฎการกำหนดเวลาส่งมอบเปลี่ยนไป ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกฎในการจัดลำดับงานทั้งหมดจะสามารถเห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า อันเนื่องมาจากกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกัน โดยจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่แปรเปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัดเมื่อกฎการกำหนดเวลาส่งมอบถูกเปลี่ยนไป โดยกฎ LF IR และ S/OPN นั้นจะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS และ TWK ส่วนกฎ JDD จะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP เท่านั้น และโดยภาพรวมแล้วกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุด

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-3 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
LF-TWK	0.34
LF-JIS	0.38
IR-JIS	0.86
LF-BJIS	0.92
JDD-TWKCP	2.06
IR-BJIS	2.84
IR-TWK	4.98
S/OPN-BJIS	5.37
LF-TWKCP	5.58
JDD-BJIS	5.89
JDD-TWK	7.10
JDD-CON	7.86
JDD-JIS	7.99
S/OPN-JIS	8.40
S/OPN-TWK	8.75
IR-TWKCP	9.77
LF-CON	12.87
S/OPN-TWKCP	14.99
LF-RAND	17.72
JDD-RAND	19.98
S/OPN-RAND	25.03
S/OPN-CON	25.32
IR-RAND	25.51
IR-CON	29.88

จากตารางที่ 5-3 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในช่วงกว้างของลูกศรเส้นเดียวกันพบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้ามีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF และ IR โดยจะให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อกฎการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS และ TWK โดยกฎการจ่ายงานแบบ JDD นั้นจะให้ค่าที่ดีที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP และสำหรับกฎ S/OPN คือการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำที่สุด และโดยภาพรวมแล้วจะพบว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND และ CON นั้นจะทำให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด สำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน

#### 5.2.1.4 การวิเคราะห์ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

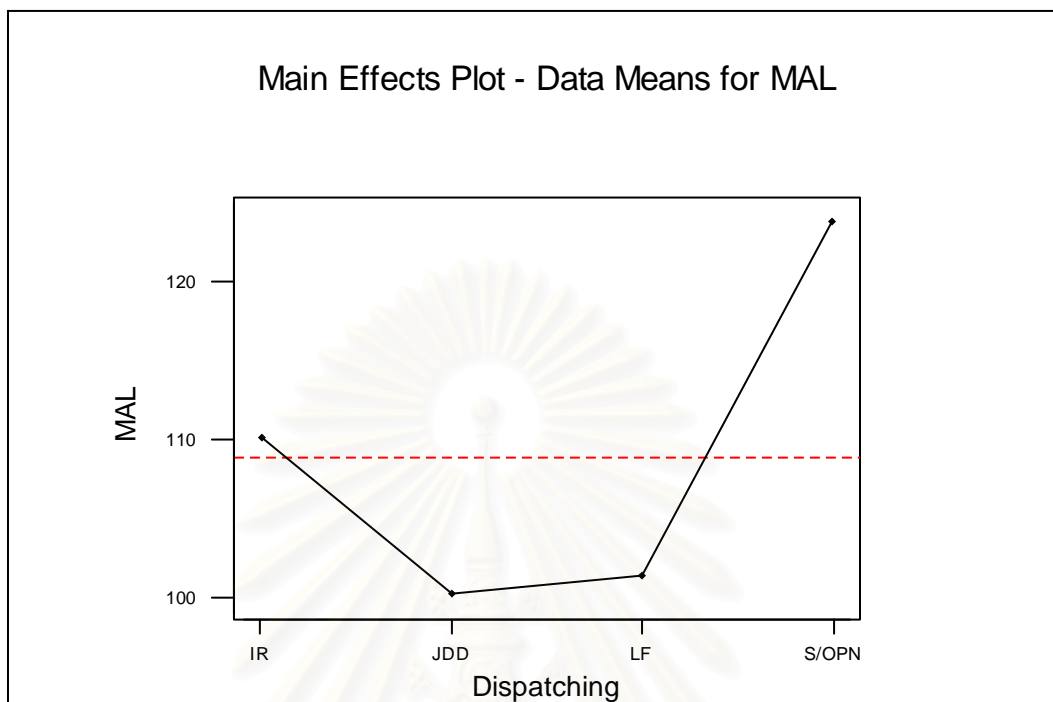
Two-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules						
Analysis of Variance for MAL						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	21094.9	7031.6	192.56	0.000	
Due Date	5	290901.5	58180.3	1593.23	0.000	
Interaction	15	6133.2	408.9	11.20	0.000	
Error	216	7887.7	36.5			
Total	239	326017.4				

รูปที่ 5-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน



## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

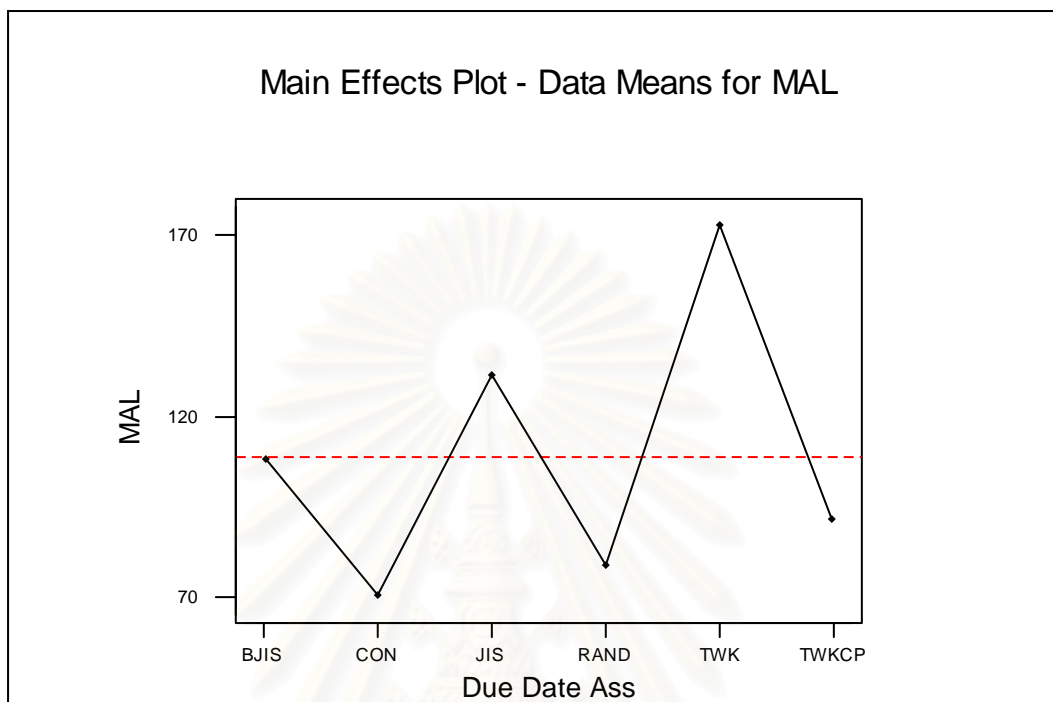


รูปที่ 5-14 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-14 จะพบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย มีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ LF ตามลำดับ ซึ่งกฎการจ่ายงานทั้งสองจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก โดยมีกฎ S/OPN เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด และจะให้ค่าที่สูงกว่ากฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

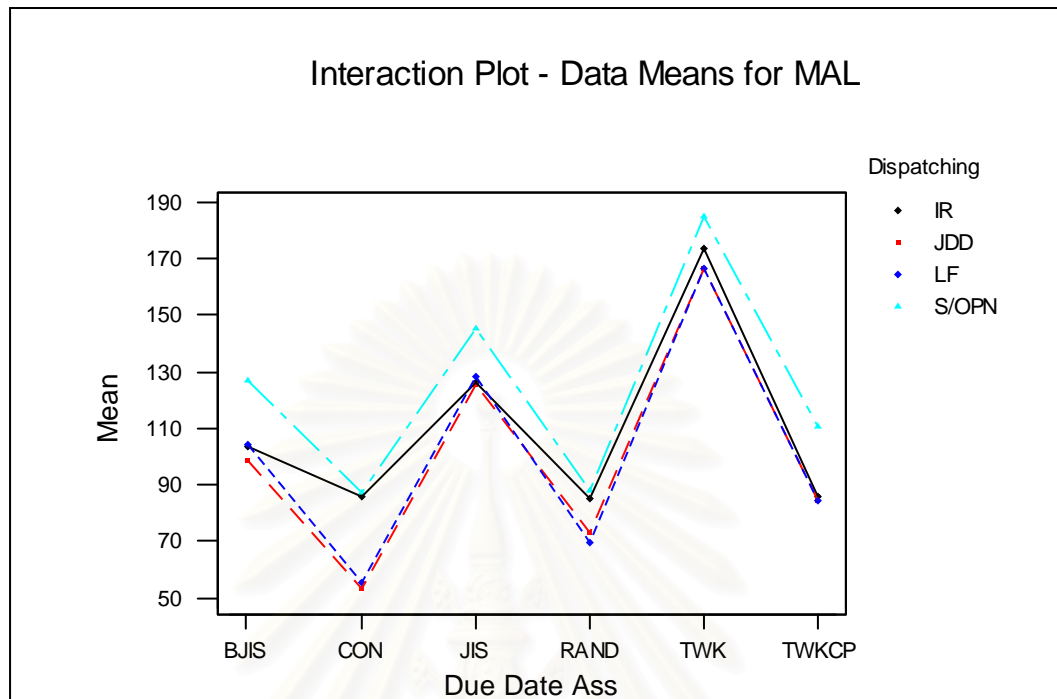
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-15 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน ดังกราฟรูปที่ 5-15 พบว่ากฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ CON และกฎ RAND ตามลำดับ ส่วนกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ กฎ TWK ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าในการวิเคราะห์ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า นั้น พบว่ากฎ TWK ถือเป็นกฎที่ให้ค่าประสิทธิภาพทั้งสองด้านนี้ในระดับที่ดี แต่กลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงมาก นั้นหมายความว่ากฎ TWK น่าจะเป็นกฎที่ให้เวลาเสร็จสิ้นของงานก่อนกำหนดเวลาส่งมอบ (Earliness) สูง แต่ให้เวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) ต่ำ ซึ่งถือว่ากฎ TWK นั้นกำหนดเวลาส่งมอบได้ไม่แม่นยำนัก

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-16 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-16 พบว่าผลของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดยจะเห็นได้ว่าการจัดลำดับงานตามกฎ JDD และกฎ LF นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยที่เท่าๆ กันในทุกกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และยังเป็นกฎที่ทำให้ได้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดทั้งคู่ เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND อีกทั้งจะเห็นได้ว่ากฎการจ่ายงานแต่ละกฎนั้นจะให้แนวโน้มของค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยเป็นไปในทิศทางเดียวกันเมื่อใช้กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบเดียวกัน โดยมีกฎ S/OPN ซึ่งโดยภาพรวมแล้วจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-4 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
JDD-CON	53.18
LF-CON	55.21
LF-RAND	69.75
JDD-RAND	72.89
LF-TWKCP	84.76
JDD-TWKCP	84.81
IR-RAND	85.30
IR-CON	85.59
IR-TWKCP	86.11
S/OPN-CON	87.53
S/OPN-RAND	87.81
JDD-BJIS	98.72
IR-BJIS	103.70
LF-BJIS	104.35
S/OPN-TWKCP	110.43
JDD-JIS	125.32
IR-JIS	126.40
S/OPN-BJIS	126.68
LF-JIS	128.55
S/OPN-JIS	145.38
LF-TWK	166.29
JDD-TWK	166.65
IR-TWK	173.56
S/OPN-TWK	184.67

จากตารางที่ 5-4 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกัน โดยพบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ LF ที่มีการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND ตามลำดับ ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ IR และ S/OPN นั้นก็จะได้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND ด้วยเช่นกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้ว จะพบว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด โดยมีการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK และ JIS ที่จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ตามลำดับสำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน

#### 5.2.1.5 การวิเคราะห์ค่าเวลารอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

###### Two-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job A						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	17351.40	5783.80	773.72	0.000	
Due Date	5	3850.70	770.14	103.03	0.000	
Interaction	15	4906.25	327.08	43.76	0.000	
Error	216	1614.66	7.48			
Total	239	27723.01				

รูปที่ 5-17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

###### Two-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job B						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	31767.6	10589.2	315.62	0.000	
Due Date	5	4089.8	818.0	24.38	0.000	
Interaction	15	6760.7	450.7	13.43	0.000	
Error	216	7246.8	33.6			
Total	239	49865.0				

รูปที่ 5-18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

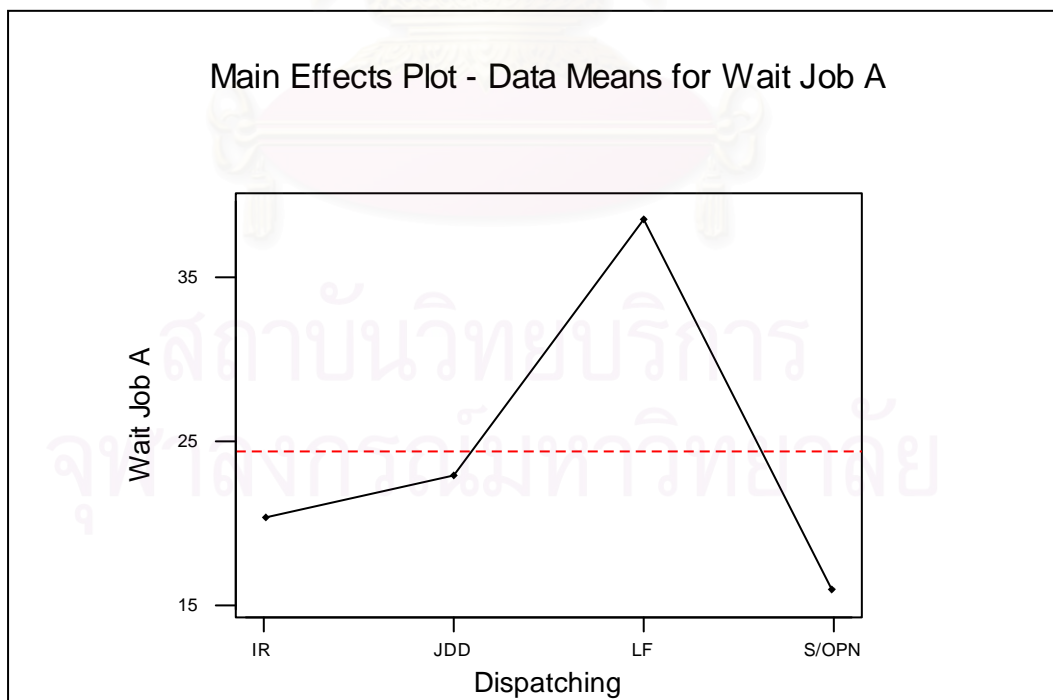
### Two-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job C					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	54586.2	18195.4	326.89	0.000
Due Date	5	4501.9	900.4	16.18	0.000
Interaction	15	10674.2	711.6	12.78	0.000
Error	216	12023.1	55.7		
Total	239	81785.5			

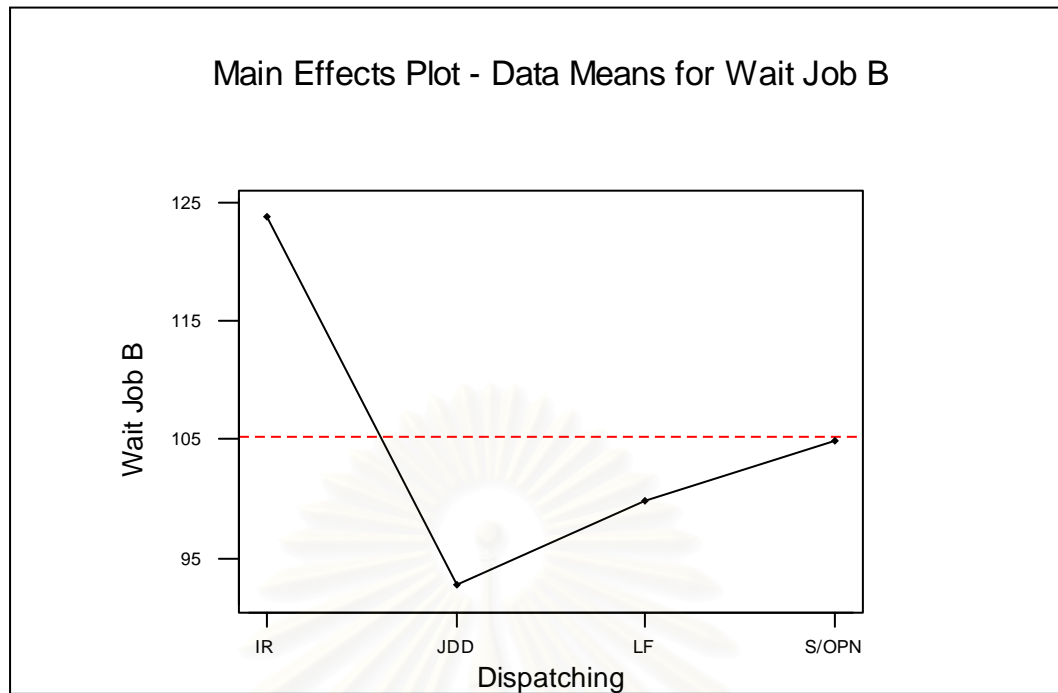
รูปที่ 5-19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ซึ่งพบว่าให้ผลในลักษณะเดียวกันในทุกๆ งาน

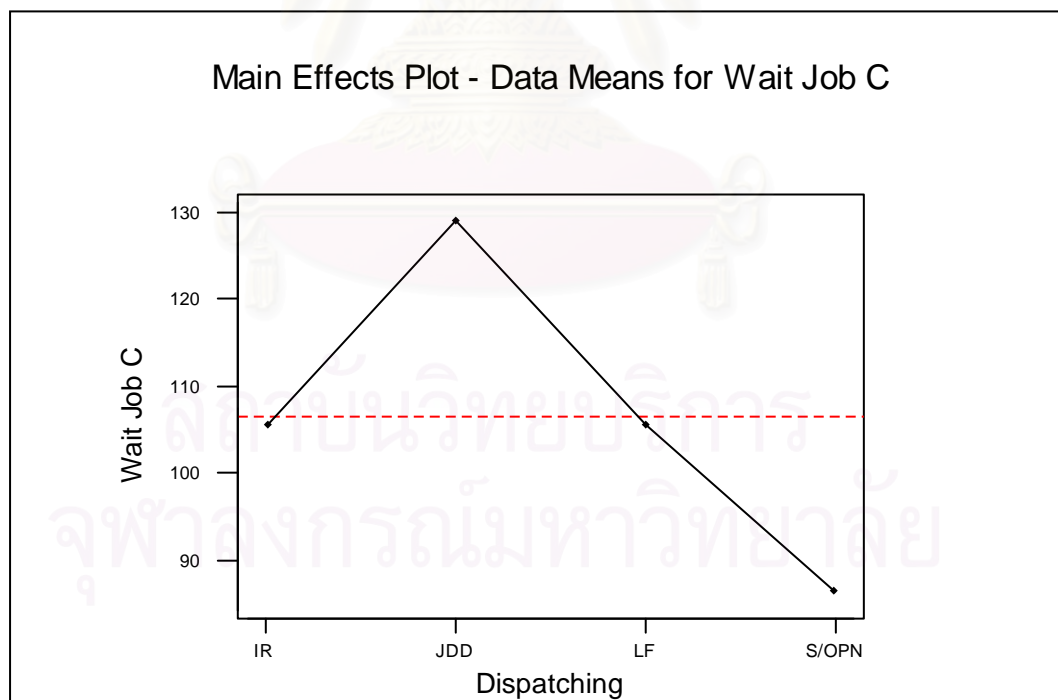
#### 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-20 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน



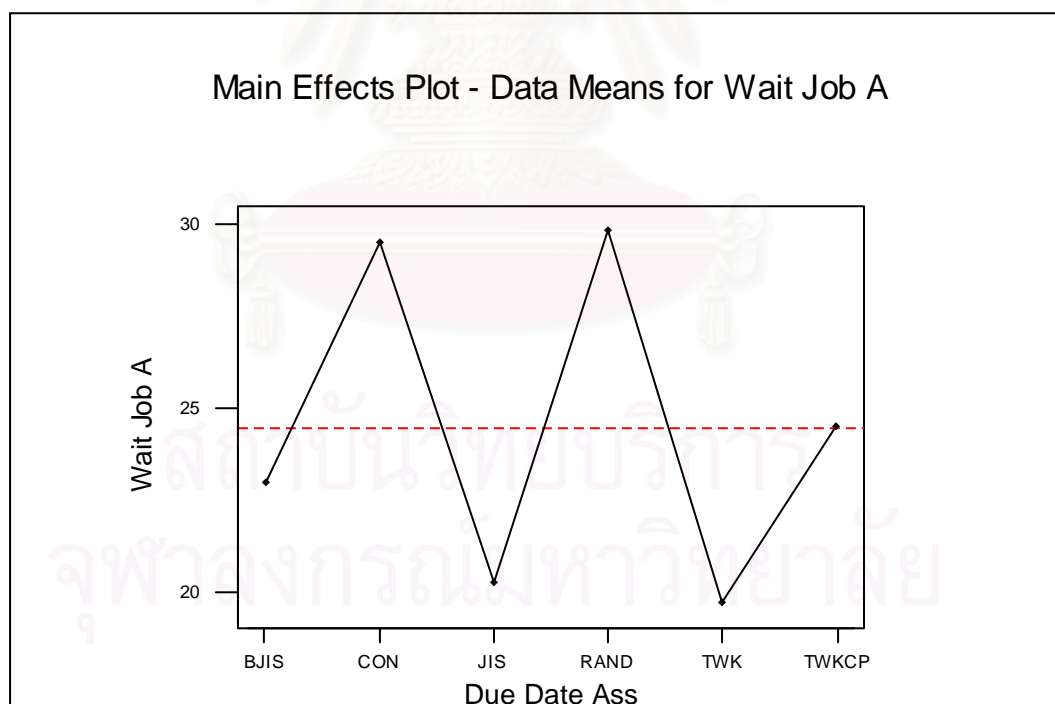
รูปที่ 5-21 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 5-22 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-20 – 5-22 จะพบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาดำเนินงาน A และ C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN โดยมีกฎ JDD ที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน B และเมื่อพิจารณาในด้านของค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย จะเห็นได้ว่างาน A นั้นมีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบที่สั้น เนื่องมาจากจำนวนของส่วนประกอบย่อยที่น้อยกว่าของงาน B และงาน C รวมไปถึงกฎการจ่ายงานที่นำมาใช้มีความเหมาะสมกับโครงสร้างผลิตภัณฑ์ของงาน A แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาระยะเวลาโดยเฉลี่ยในการรอคอยการประกอบของงาน B แล้วจะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันกับระยะเวลาโดยเฉลี่ยในการรอคอยการประกอบของงาน C เป็นอย่างมาก ทั้งๆที่จำนวนส่วนประกอบย่อยของงาน C นั้นมากกว่าจำนวนส่วนประกอบย่อยของงาน B เกือบเท่าตัว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่ไม่เหมาะสมกับโครงสร้างผลิตภัณฑ์ของงาน B และงาน C เนื่องจากกฎการจ่ายงานที่ดีนั้นจะส่งผลทำให้งานมีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบที่สั้น

### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

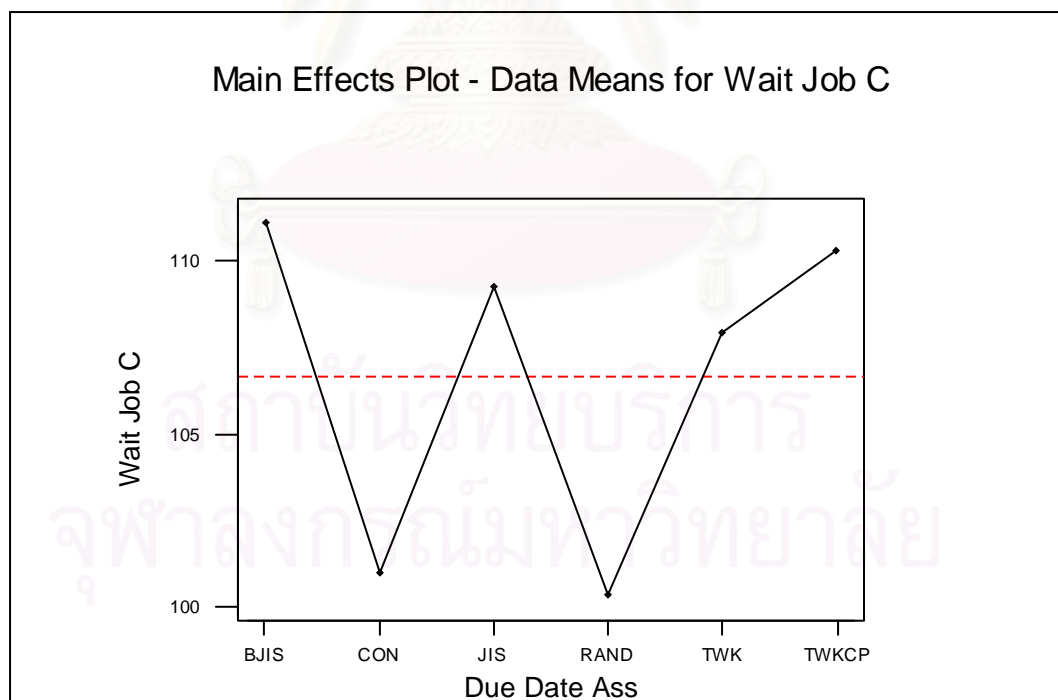


รูปที่ 5-23 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน





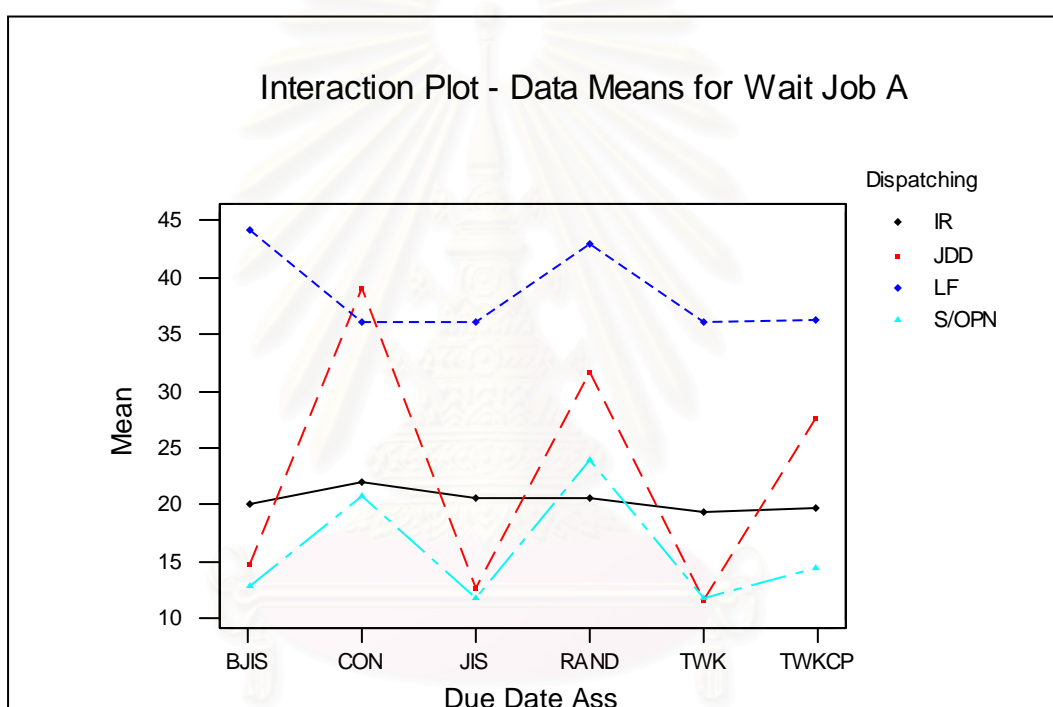
รูปที่ 5-24 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 5-25 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

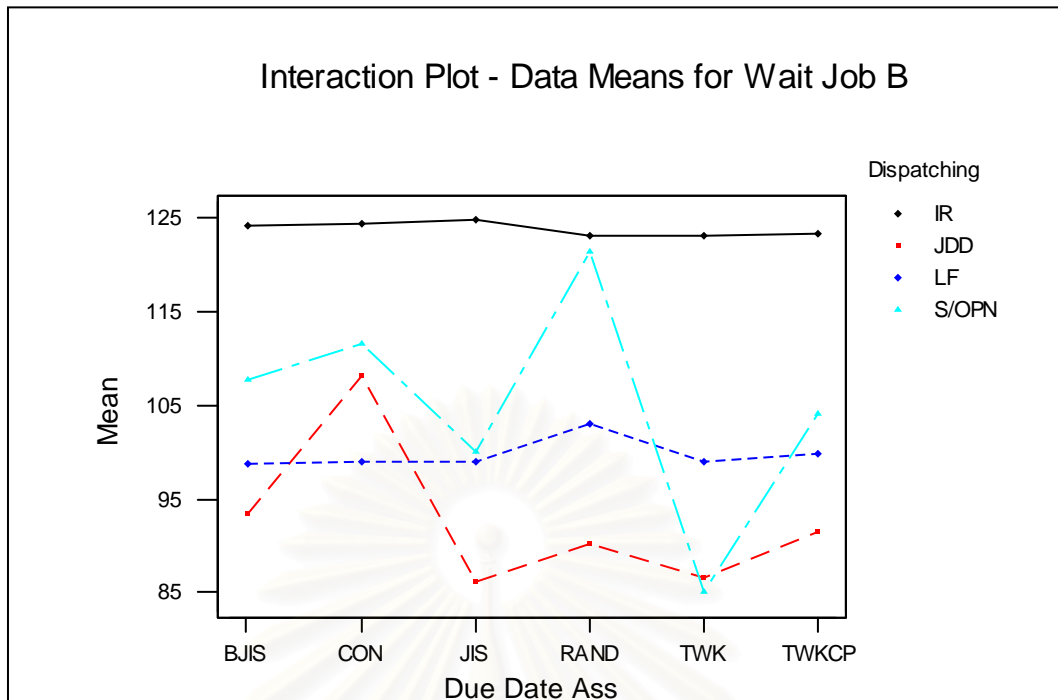
จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ดังกราฟรูปที่ 5-23 – 5-25 พบว่าสำหรับงาน A และ B กฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ TWK และกฎ JIS ตามลำดับ ส่วนกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ กฎ CON และ RAND ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าสำหรับงาน C แล้วกฎ CON และ RAND กลับเป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด

#### 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)

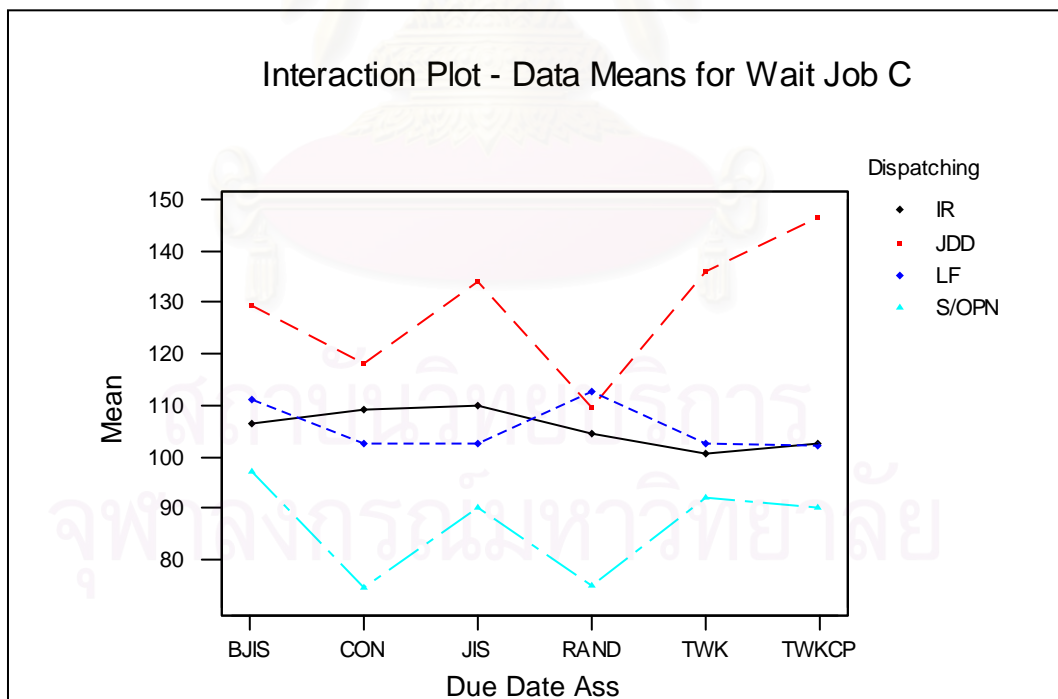


รูปที่ 5-26 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-27 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 5-28 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณากราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-26 – 5-28 พบว่า ผลของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดยจะพบว่ากฎ JDD และกฎ S/OPN จะให้แนวโน้มของค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยเป็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับงานทุกงาน โดยสำหรับงาน A เมื่อใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN ร่วมกับการกำหนดเวลาการส่งมอบแบบ BJIS JIS และ TWK แล้วจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าต่ำที่สุด ส่วนงาน C นั้นพบว่าเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND ร่วมกับการจ่ายงานตามกฎ S/OPN แล้วจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่ากฎ S/OPN จะเป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน A และ C แต่สำหรับงาน B แล้วพบว่ากฎ JDD จะเป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ TWK ซึ่งจะทำได้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด

สำหรับกฎ IR จะเป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ สำหรับงานทุกงาน และเมื่อพิจารณาในด้านของระยะเวลาในการรอคอยการประกอบของงานทั้งหมดแล้วจะเห็นได้ว่างาน A เป็นงานที่มีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่สั้นที่สุด และมีงาน C ที่มีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบนานที่สุด

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-5 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
JDD-TWK	11.58
S/OPN-JIS	11.79
S/OPN-TWK	11.85
JDD-JIS	12.66
S/OPN-BJIS	12.94
S/OPN-TWKCP	14.48
JDD-BJIS	14.73
IR-TWK	19.37
IR-TWKCP	19.69
IR-BJIS	20.04
IR-JIS	20.57
IR-RAND	20.62
S/OPN-CON	20.81
IR-CON	21.99
S/OPN- RAND	23.99
JDD-TWKCP	27.68
JDD-RAND	31.70
LF-CON	36.01
LF-TWK	36.01
LF-JIS	36.01
LF-TWKCP	36.20
JDD-CON	39.13
LF-RAND	42.88
LF-BJIS	44.11

ตารางที่ 5-6 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
S/OPN-TWK	85.08
JDD-JIS	86.20
JDD-TWK	86.72
JDD-RAND	90.21
JDD-TWKCP	91.54
JDD-BJIS	93.42
LF-BJIS	98.68
LF-CON	99.05
LF-TWK	99.05
LF-JIS	99.05
LF-TWKCP	99.90
S/OPN-JIS	99.97
LF-RAND	103.07
S/OPN-TWKCP	104.17
S/OPN-BJIS	107.67
JDD-CON	108.16
S/OPN-CON	111.58
S/OPN- RAND	121.45
IR-TWK	123.11
IR-RAND	123.12
IR-TWKCP	123.18
IR-BJIS	124.19
IR-CON	124.23
IR-JIS	124.69

ตารางที่ 5-7 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
S/OPN-CON	74.46
S/OPN- RAND	74.85
S/OPN-JIS	90.03
S/OPN-TWKCP	90.12
S/OPN-TWK	92.20
S/OPN-BJIS	97.18
IR-TWK	100.77
LF-TWKCP	102.22
IR-TWKCP	102.41
LF-CON	102.47
LF-TWK	102.47
LF-JIS	102.47
IR-RAND	104.36
IR-BJIS	106.43
IR-CON	109.06
JDD-RAND	109.65
IR-JIS	110.14
LF-BJIS	111.07
LF-RAND	112.54
JDD-CON	118.03
JDD-BJIS	129.57
JDD-JIS	134.28
JDD-TWK	136.13
JDD-TWKCP	146.44

จากตารางที่ 5-5 –5-7 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ในลูกศรเส้นเดียวกัน โดยพบว่า กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ S/OPN เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK JIS และ BJIS ซึ่งจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การใช้กฎ S/OPN ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWKCP ก็จะให้ผลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับผลข้างต้นดังกล่าว โดยกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ LF ซึ่งเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS แล้วจะพบว่าให้ค่าที่แตกต่างกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งทำให้ได้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ส่วนกฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ได้จะอยู่ในระดับปานกลาง

สำหรับงาน B กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN และกฎ JDD โดยสำหรับกฎ JDD นั้นจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON ส่วนกฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK เท่านั้น โดยกฎ LF และกฎ IR นั้นจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยมีกฎ IR เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ส่วนกฎ S/OPN ที่มีการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ จะให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง

ส่วนกฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON RAND โดยกฎ JDD จะเป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ส่วนกฎ IR และกฎ LF นั้นจะให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 5.2.2 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง (Tall Structure)

### 5.2.2.1 การวิเคราะห์เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

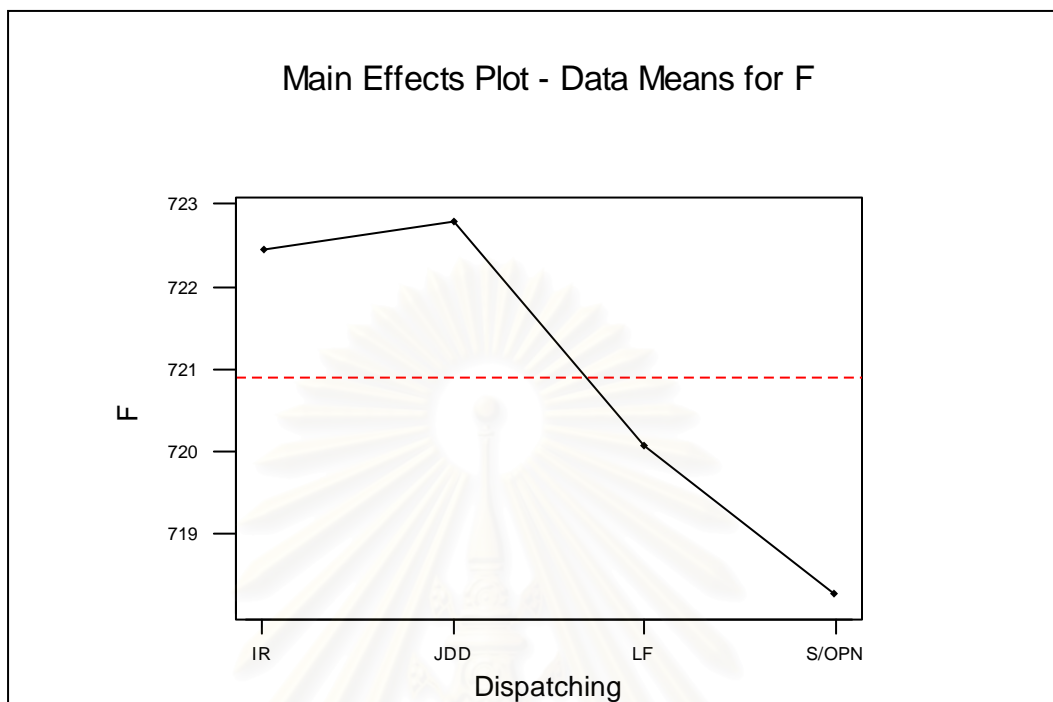
#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Two-way ANOVA: F versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules					
Analysis of Variance for F					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	809.00	269.67	37.67	0.000
Due Date	5	757.49	151.50	21.16	0.000
Interaction	15	829.34	55.29	7.72	0.000
Error	216	1546.21	7.16		
Total	239	3942.04			

รูปที่ 5-29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง ดังรูปที่ 5-29 จะพบว่าปัจจัยหลักทั้งสองด้าน นั่นคือ กฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ต่างก็ส่งผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงปฏิกริยาร่วมระหว่างสองปัจจัยดังกล่าวก็ส่งผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

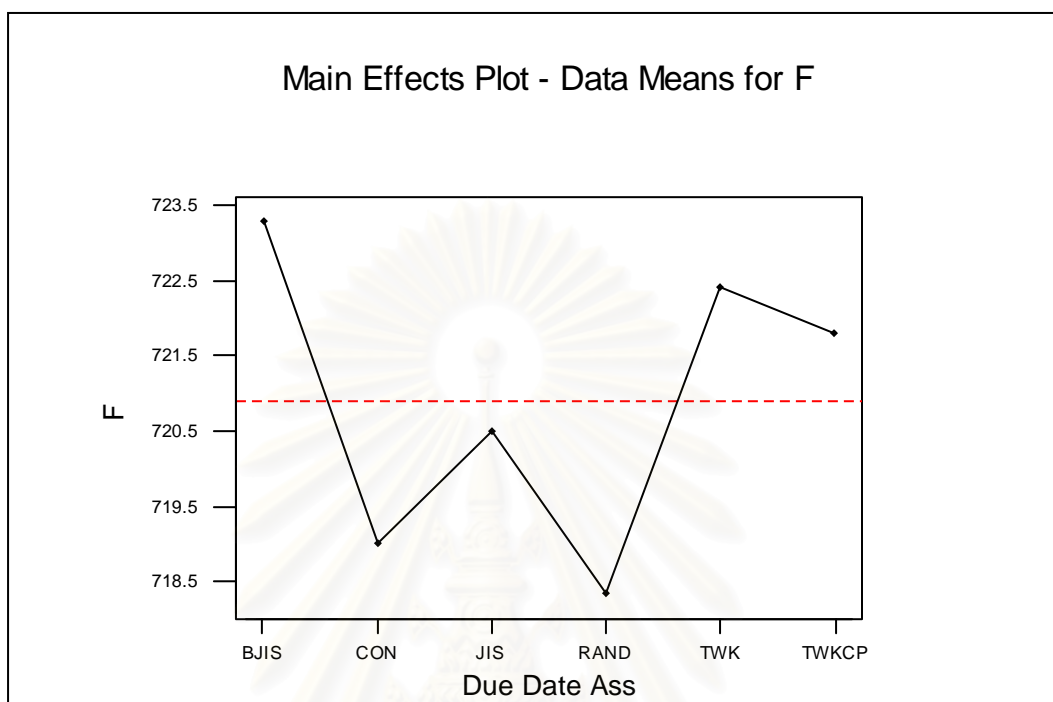


รูปที่ 5-30 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-30 พบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ส่วนกฎ JDD จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลความแตกต่างของค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เมื่อใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกันแล้วจะพบว่ามีความแตกต่างกันไม่มากนัก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

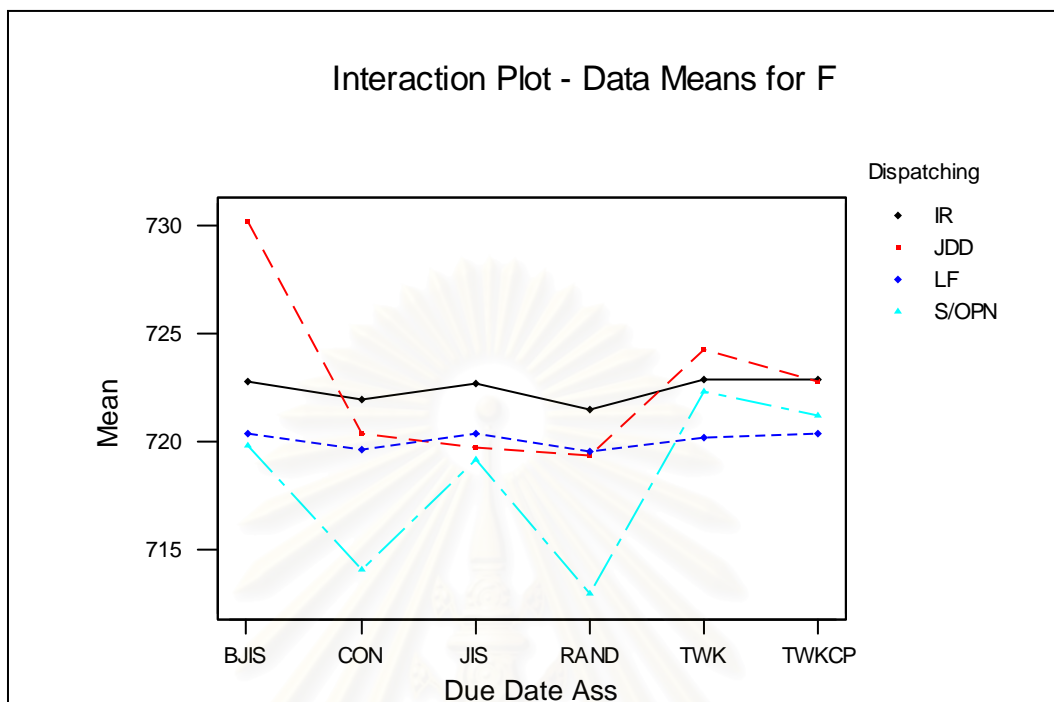
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-31 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-31 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง พบว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ RAND ส่วนกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS TWK และ TWKCP นั้นจะเห็นได้ว่าจะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจากรูปกราฟจะเห็นได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงของค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยในระบบอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการกำหนดเวลาการส่งมอบที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลค่าความแตกต่างของเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกลับพบว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-32 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-32 จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR นั้นจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องมาจากกฎ LF และ IR นั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าทั้งสองกฎดังกล่าวจะให้แนวโน้มของค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแต่ละแบบ รวมทั้งจะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่ากฎ LF ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยมีกฎ S/OPN เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยเฉพาะเมื่อนำมาใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

Tall Structure		
Rules	Mean	
↑	S/OPN-RAND	712.98
↓	S/OPN-CON	714.09
↑	S/OPN-JIS	719.20
	JDD-RAND	719.38
	LF-RAND	719.54
	LF-CON	719.66
	JDD-JIS	719.76
↑	S/OPN-BJIS	719.86
	LF-TWK	720.23
	LF-TWKCP	720.33
	LF-BJIS	720.34
	JDD-CON	720.36
	LF-JIS	720.37
	S/OPN-TWKCP	721.17
	IR-RAND	721.51
	IR-CON	721.95
	S/OPN-TWK	722.33
	IR-JIS	722.68
	IR-BJIS	722.80
	JDD-TWKCP	722.81
	IR-TWK	722.83
↓	IR-TWKCP	722.85
↓	JDD-TWK	724.25
↓	JDD-BJIS	730.12

จากตารางที่ 5-8 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดได้แก่ กฎ S/OPN เมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND และ CON ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR นั้นจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วจะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ JDD และ IR จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะพบว่ากฎ BJIS TWK และ TWKCP นั้นจะเป็นกลุ่มที่มีค่าระยะเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุดสำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน

### 5.2.2.2 การวิเคราะห์เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

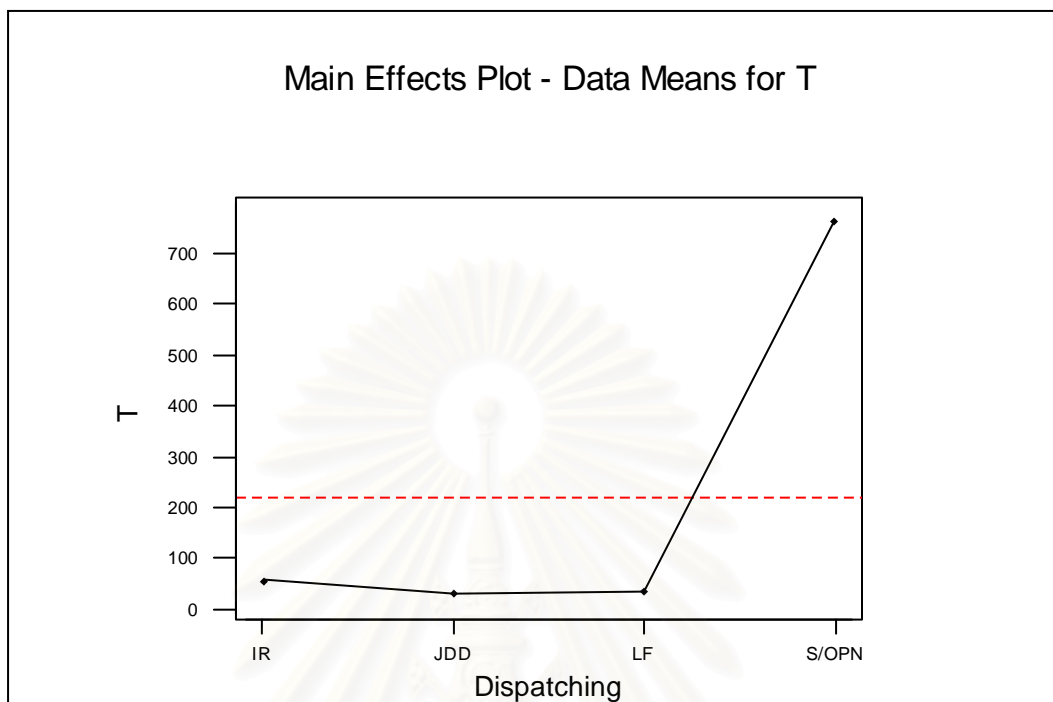
#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

<b>Two-way ANOVA: T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules</b>					
Analysis of Variance for T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	23436939	7812313	108.79	0.000
Due Date	5	2198043	439609	6.12	0.000
Interaction	15	5194896	346326	4.82	0.000
Error	216	15510711	71809		
Total	239	46340590			

รูปที่ 5-33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง โดยดูจากค่า P-Value จะพบว่าปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบนั้น มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งผลรวมระหว่างสองปัจจัยดังกล่าวก็ส่งผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

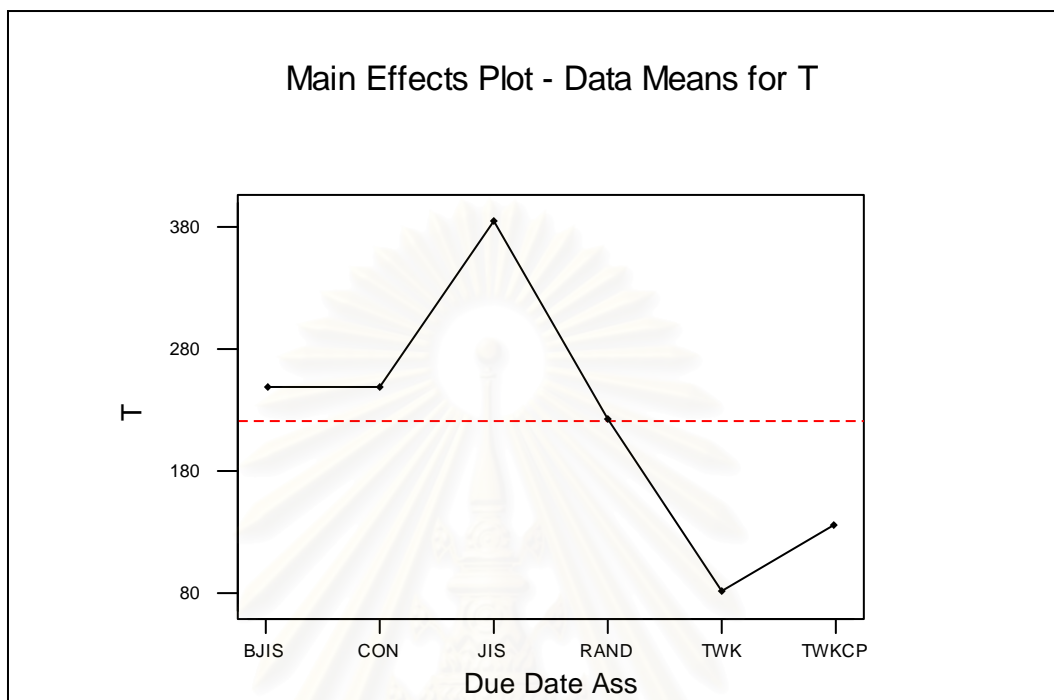


รูปที่ 5-34 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-34 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD LF และกฎ IR ซึ่งทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN ซึ่งเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะพบว่า ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่มาจากการใช้กฎ JDD LF และกฎ IR ในการจัดลำดับงานนั้นจะมีค่าแตกต่างจากการใช้กฎ S/OPN ในการจัดลำดับงานเป็นอย่างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

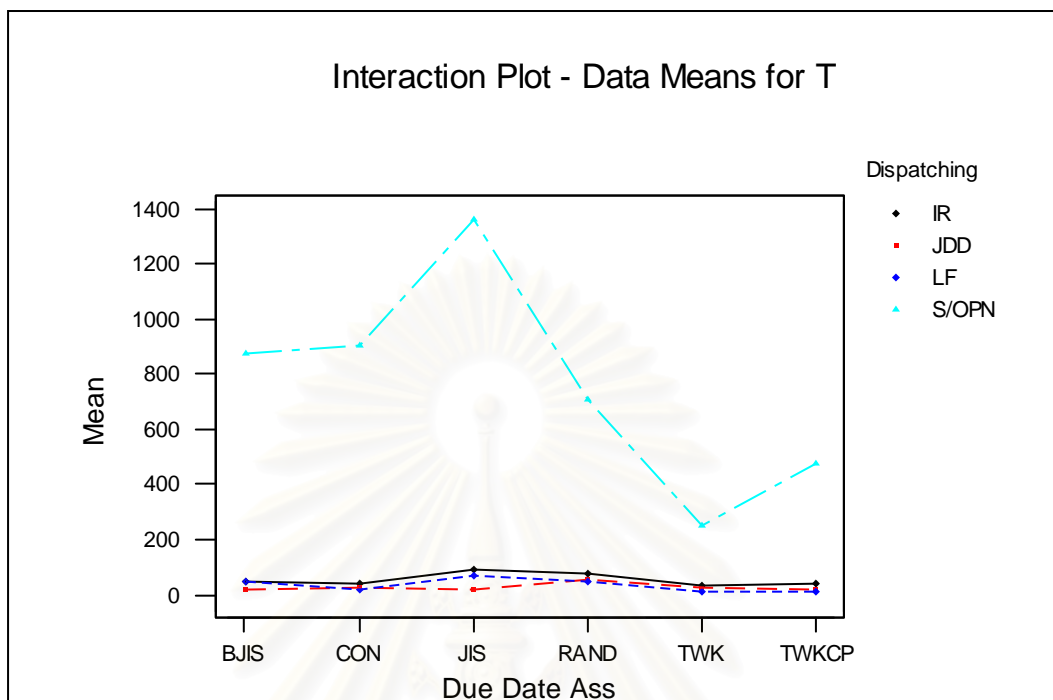


รูปที่ 5-35 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง ดังรูปที่ 5-35 พบว่าการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยมีกฎ JIS เป็นกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุด และจะสังเกตเห็นได้ว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK และ TWKCP นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยที่ต่ำกว่า กฎการกำหนดเวลาส่งมอบในแบบอื่นๆ เป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของค่าเวลาล่าช้าของงานในระบบที่เกิดจากการเลือกใช้กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน



## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-36 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-36 จะพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD LF และกฎ IR ซึ่งทั้งสามกฎให้ค่าที่ใกล้เคียงกันในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยมีกฎ S/OPN เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และจะให้ค่าที่สูงมากเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และจะสังเกตเห็นได้ว่ากฎ LF และกฎ IR นั้นจะให้แนวโน้มของค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยกฎ IR จะให้ค่าที่สูงกว่ากฎ LF ในกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแต่ละแบบ

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-9 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
↑ LF-TWKCP	10.87
LF-TWK	10.93
LF-CON	20.09
JDD-BJIS	20.54
JDD-JIS	22.34
JDD-TWKCP	22.71
JDD-TWK	28.56
JDD-CON	29.46
↑ IR-TWK	34.13
IR-TWKCP	38.62
IR-CON	44.50
LF-BJIS	49.31
IR-BJIS	49.43
LF-RAND	51.10
JDD-RAND	53.90
LF-JIS	66.95
IR-RAND	78.00
IR-JIS	91.84
↓ S/OPN-TWK	251.74
S/OPN-TWKCP	474.56
S/OPN-RAND	708.71
S/OPN-BJIS	873.90
S/OPN-CON	902.37
↓ S/OPN-JIS	1357.72

จากตารางที่ 5-9 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ในกลุ่มเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF JDD และ IR ซึ่งทั้งสามกฎจะค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎ การกำหนดเวลาส่งมอบ โดยกฎ LF และกฎ IR จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP ส่วนกฎ JDD จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ JIS โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และจะมีค่าแตกต่างจากกฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ อยู่มาก โดยเฉพาะเมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS

### 5.2.2.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)

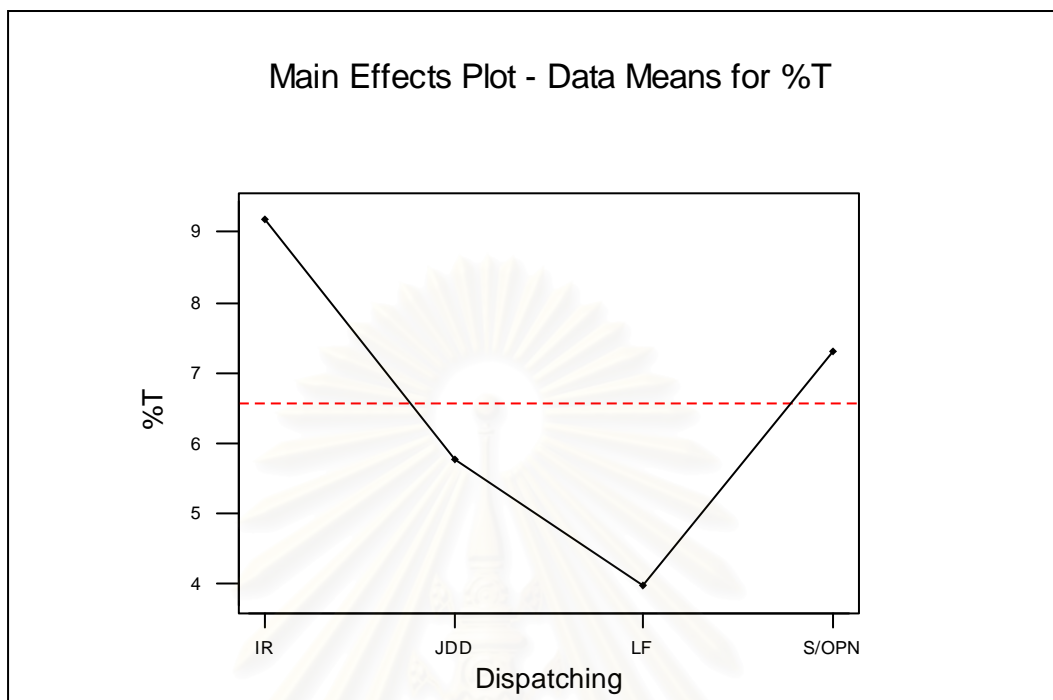
#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

<b>Two-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules</b>						
Analysis of Variance for %T						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	897.71	299.24	30.65	0.000	
Due Date	5	4083.08	816.62	83.66	0.000	
Interaction	15	818.41	54.56	5.59	0.000	
Error	216	2108.52	9.76			
Total	239	7907.71				

รูปที่ 5-37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

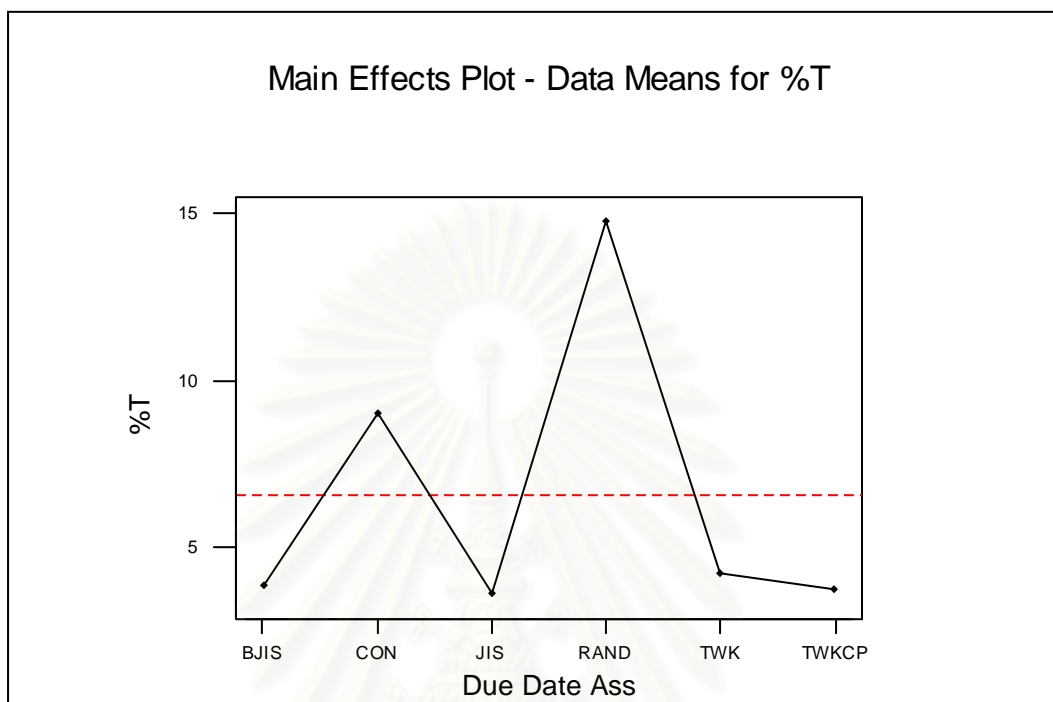


รูปที่ 5-38 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-38 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง กฎ LF จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด ส่วนกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ IR และเมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกันแล้วจะพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานแบบ LF ซึ่งจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุดนั้น มีค่าแตกต่างกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานแบบ IR เป็นอย่างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

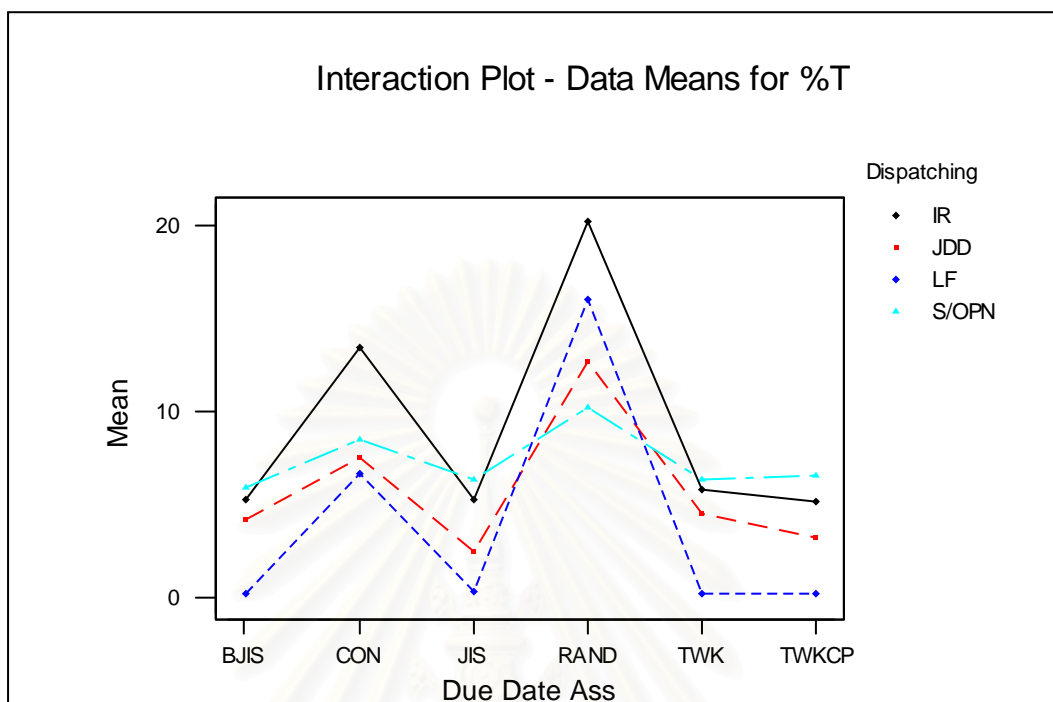


รูปที่ 5-39 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-39 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า นั้นจะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบด้วยกฎ JIS TWKCP BJIS และกฎ TWK ตามลำดับ โดยพบว่ากฎดังกล่าวจะให้ค่าของเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ใกล้เคียงกัน ส่วนกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ RAND และ CON ซึ่งจะให้ค่าที่แตกต่างกับกลุ่มของกฎการกำหนดเวลาส่งมอบดังกล่าวข้างต้นเป็นอย่างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-40 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-40 จะพบว่า กฎการ  
จ่ายงานแต่ละแบบจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS  
JIS TWK และ TWKCP และจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ  
RAND และ CON ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้กฎการจ่ายงานแต่ละแบบเมื่อนำมาใช้ควบคู่กับ  
การกำหนดเวลาส่งมอบแบบเดียวกันแล้ว จะให้ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเป็นไปในทิศทาง  
เดียวกัน โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ LF เป็นกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด และมีกฎการ  
จ่ายงานแบบ IR ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุด

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-10 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้านค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
↑ LF-BJIS	0.20
LF-TWKCP	0.24
LF-TWK	0.24
LF-JIS	0.35
↑ JDD-JIS	2.50
JDD-TWKCP	3.20
↑ JDD-BJIS	4.21
JDD-TWK	4.50
↑ IR-TWKCP	5.14
IR-BJIS	5.27
IR-JIS	5.29
IR-TWK	5.81
S/OPN-BJIS	5.93
S/OPN-JIS	6.35
S/OPN-TWK	6.38
S/OPN-TWKCP	6.54
LF-CON	6.65
↑ JDD-CON	7.56
↑ S/OPN-CON	8.53
↓ S/OPN-RAND	10.17
↓ JDD-RAND	12.66
IR-CON	13.47
↑ LF-RAND	16.00
↓ IR-RAND	20.17

จากตารางที่ 5-10 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในช่วงกว้างของลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR ตามลำดับโดยทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS BJIS TWK และ TWKCP โดยพบว่ากฎ S/OPN นั้นจะไม่มี ความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์งานล่าช้าที่เกิดจากการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันแต่อย่างใด นอกจากนี้พบว่า การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND และ CON จะทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่มากที่สุดสำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน

#### 5.2.2.4 การวิเคราะห์ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

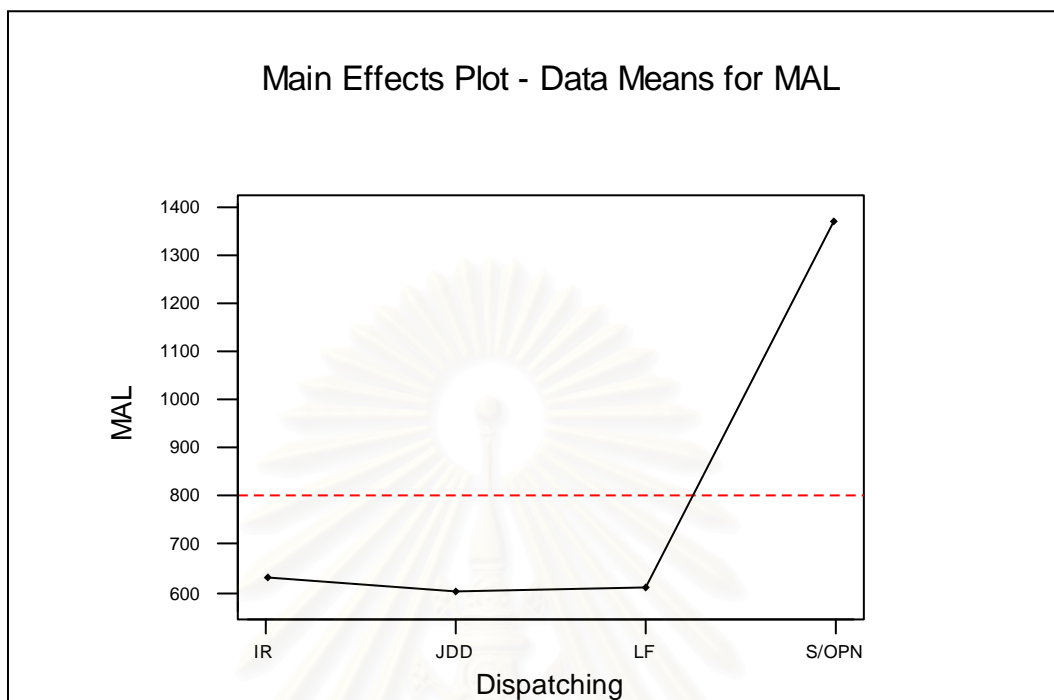
Two-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules						
Analysis of Variance for MAL						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	25874837	8624946	114.68	0.000	
Due Date	5	33463232	6692646	88.99	0.000	
Interaction	15	5661570	377438	5.02	0.000	
Error	216	16245037	75209			
Total	239	81244676				

รูปที่ 5-41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งปฏิกริยาระหว่างสองปัจจัยดังกล่าวก็ส่งผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกัน



## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

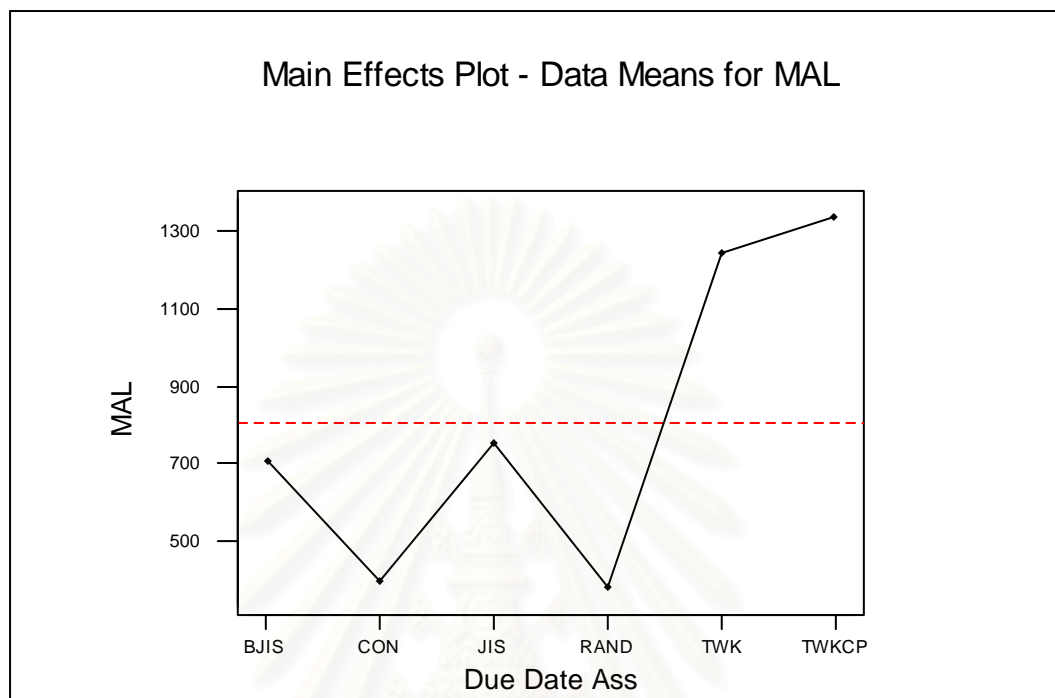


รูปที่ 5-42 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-42 พบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ JDD LF และกฎ IR ซึ่งทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก โดยพบว่ากฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ กฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าที่สูงกว่ากฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ เป็นอย่างมาก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

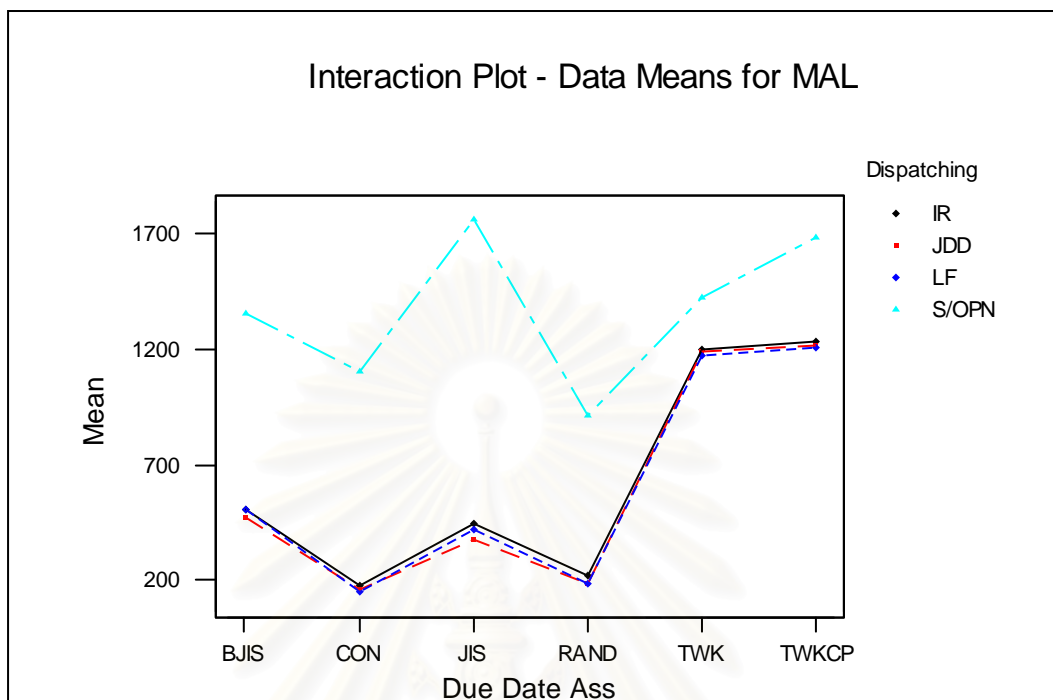
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-43 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง ดังกราฟรูปที่ 5-43 พบว่ากฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ CON และกฎ RAND ส่วนกฎ TWK และ TWKCP จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ตามลำดับ ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าที่ผ่านมากฎการกำหนดเวลาส่งมอบทั้งสองแบบนี้จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานและค่าเปอร์เซ็นต์งานล่าช้าอยู่ในกลุ่มที่ดี แต่กลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยที่สูงมาก ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบนี้ทำให้งานเสร็จสิ้นก่อนกำหนดเป็นระยะเวลาาน

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-44 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-44 พบว่าในส่วนของการจ่ายงานแบบ JDD LF และ IR นั้นต่างให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ซึ่งทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมากในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และจะเห็นได้ว่าจะมีค่าที่สูงกว่ากฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ เป็นอย่างมากซึ่งโดยภาพรวมแล้วพบว่าการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดสำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-11 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
↑ LF-CON	149.94
JDD-CON	158.88
IR-CON	178.20
LF-RAND	189.21
JDD-RAND	190.37
IR-RAND	221.17
JDD-JIS	378.36
LF-JIS	421.97
IR-JIS	447.08
↑ JDD-BJIS	467.57
LF-BJIS	505.07
IR-BJIS	505.18
↑ S/OPN -RAND	913.62
↑ S/OPN-CON	1102.32
LF-TWK	1174.40
JDD-TWK	1189.87
IR-TWK	1197.70
LF-TWKCP	1208.75
JDD-TWKCP	1219.09
IR-TWKCP	1236.38
↓ S/OPN-BJIS	1353.16
↓ S/OPN-TWK	1418.56
↓ S/OPN-TWKCP	1681.90
↓ S/OPN-JIS	1757.27

จากตารางที่ 5-11 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ในลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ LF JDD และกฎ IR ตามลำดับโดยทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON RAND JIS และ BJIS ซึ่งจะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ที่จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และกฎ RAND ซึ่งจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด สำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF JDD และ IR นั้นจะพบว่าเป็นจริงสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ด้วยเช่นกัน และเมื่อพิจารณาที่กฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะพบว่าการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุดสำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน

#### 5.2.2.5 การวิเคราะห์ค่าเวลารอคอยการประกอบของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

###### Two-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job A						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	4395149	1465050	4526.36	0.000	
Due Date	5	636682	127336	393.41	0.000	
Interaction	15	1111583	74106	228.95	0.000	
Error	216	69913	324			
Total	239	6213327				

รูปที่ 5-45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

###### Two-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job B						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	4793101	1597700	2346.29	0.000	
Due Date	5	390749	78150	114.77	0.000	
Interaction	15	999001	66600	97.80	0.000	
Error	216	147085	681			
Total	239	6329936				

รูปที่ 5-46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

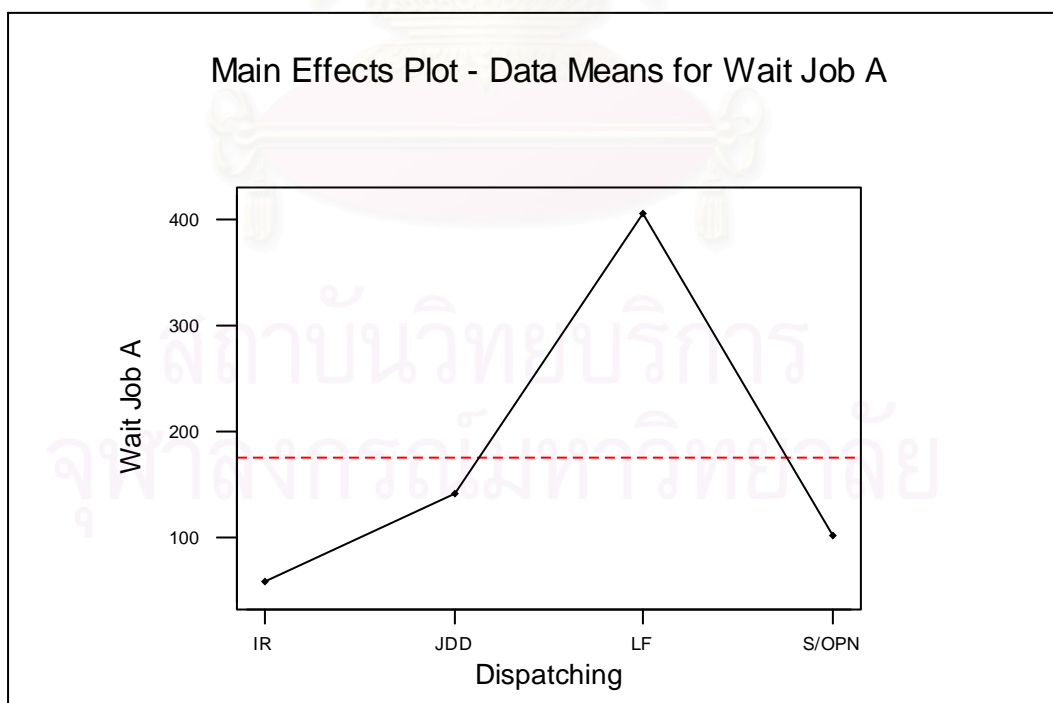
### Two-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job C					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	6125715	2041905	1938.57	0.000
Due Date	5	15253	3051	2.90	0.015
Interaction	15	161473	10765	10.22	0.000
Error	216	227514	1053		
Total	239	6529954			

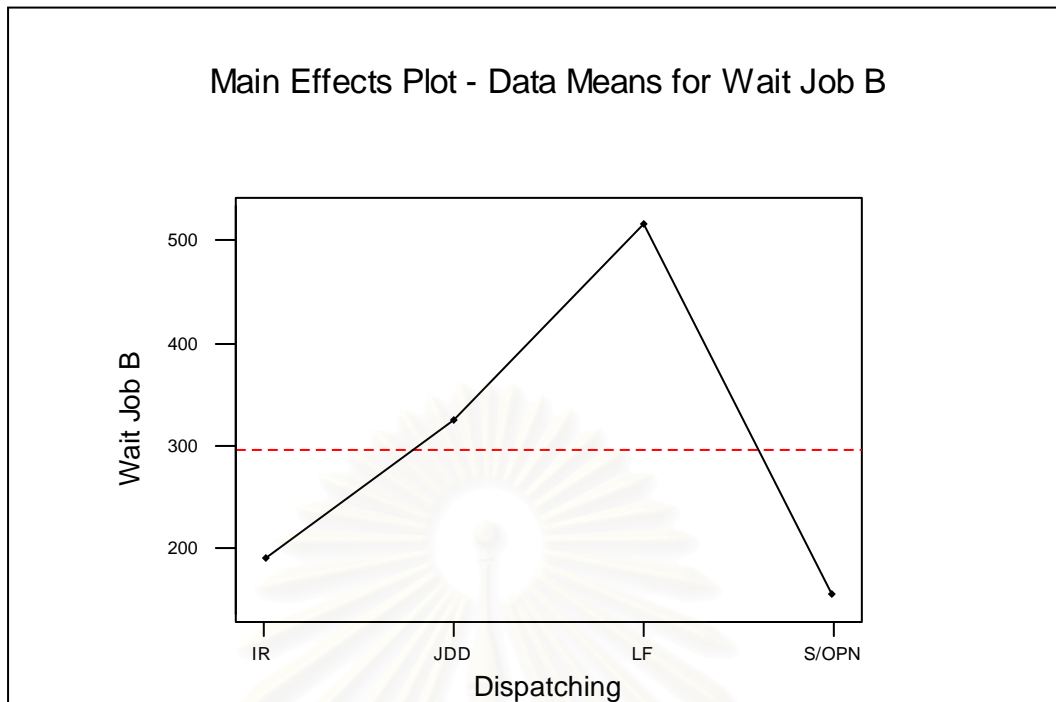
รูปที่ 5-47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน ซึ่งจะให้ผลในลักษณะเดียวกันสำหรับงานทุกงาน

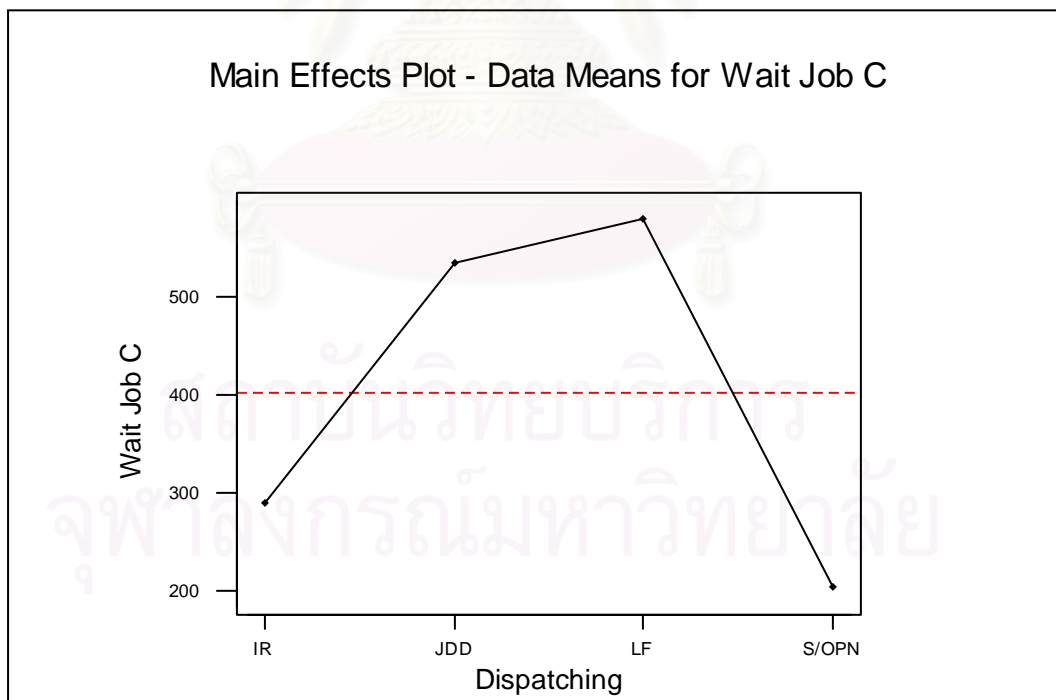
#### 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-48 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



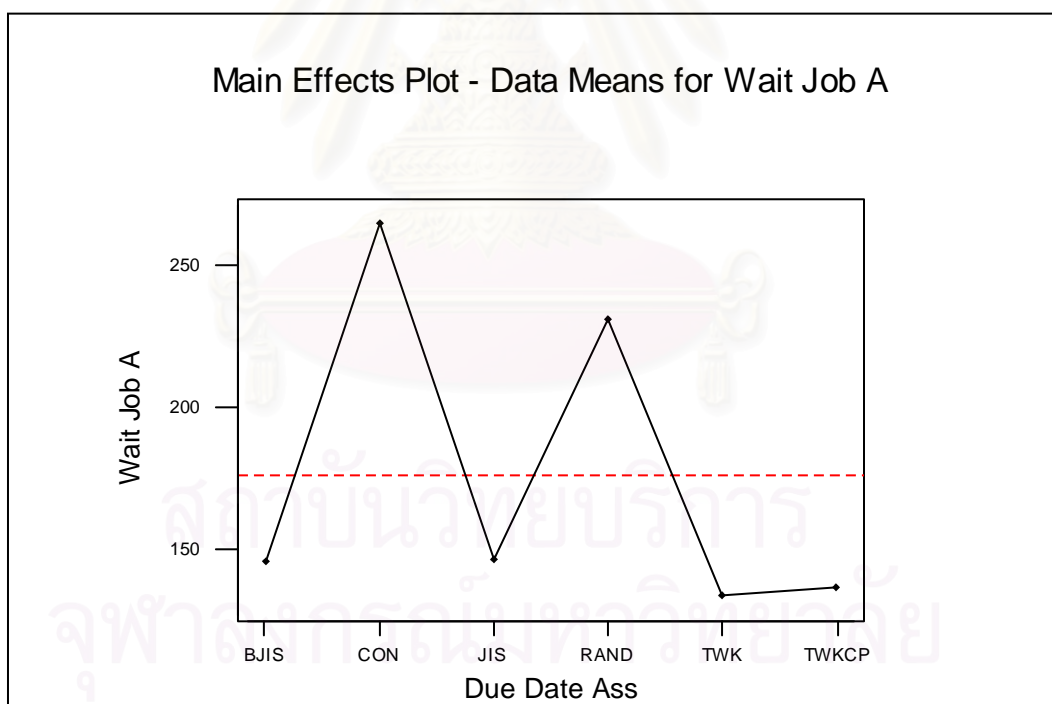
รูปที่ 5-49 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 5-50 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-48 – 5-50 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานและค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยนั้น มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับงานทุกงาน โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ IR เป็นกฎที่ให้ค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน A และมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน B และ C ส่วนกฎ LF เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดสำหรับงานทุกงาน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในด้านของระยะเวลาในการรอคอยการประกอบ พบว่างาน A เป็นงานที่มีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบที่สั้นที่สุดตามด้วยงาน B และ C ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่างานในโครงสร้างแบบสูงนี้มีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบสูงกว่างานในโครงสร้างแบบแบนเป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่นำมาใช้ว่ามีความไม่เหมาะสมกับโครงสร้างผลิตภัณฑ์ของงานในโครงสร้างแบบสูง

### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-51 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง





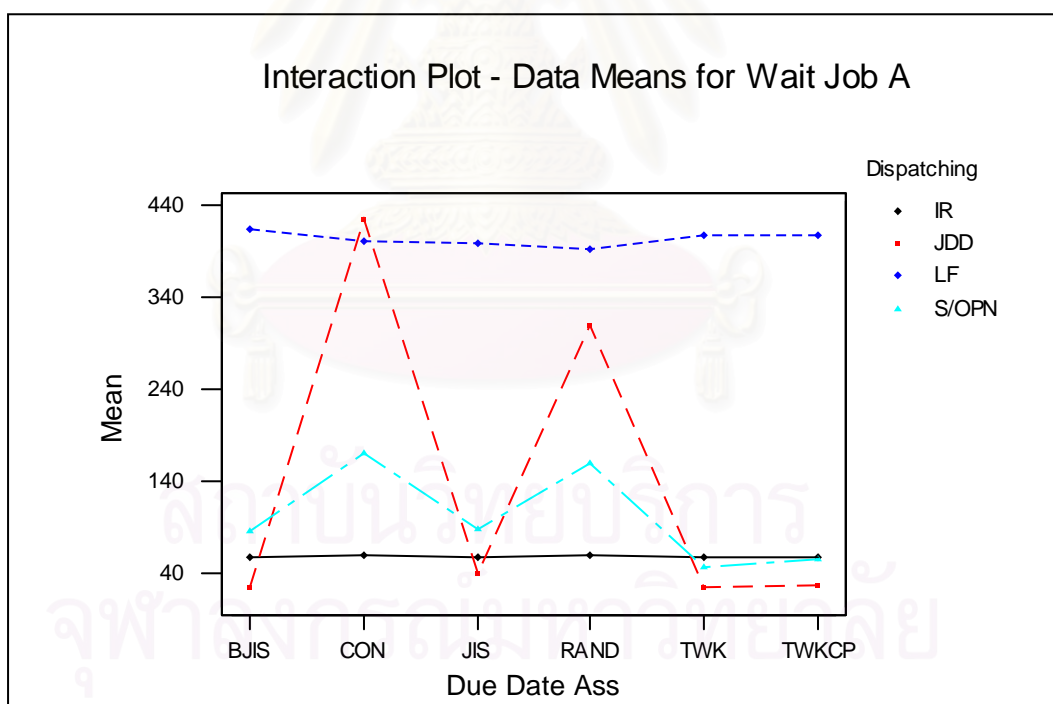
รูปที่ 5-52 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



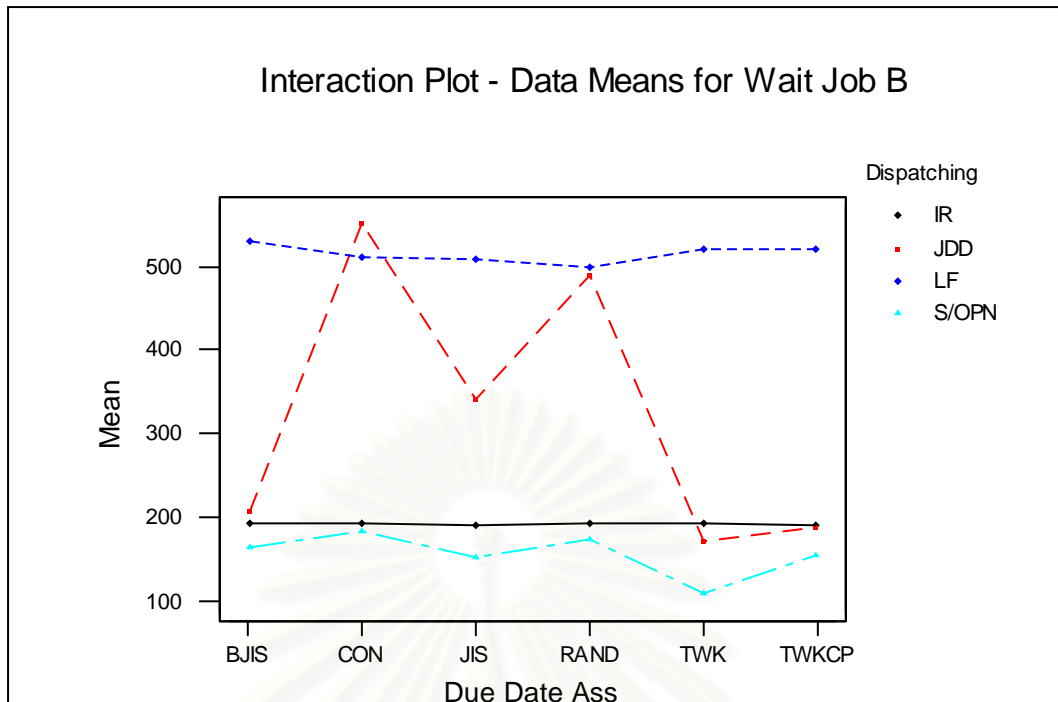
รูปที่ 5-53 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง ดังกราฟรูปที่ 5-51 – 5-53 พบว่าสำหรับงานทุกงานกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด คือ กฎ TWK ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกที่ละงานจะพบว่าสำหรับงาน A การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS TWK และ TWKCP นั้นจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ส่วนงาน B นั้นจะเป็นการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS TWK และ TWKCP โดยสำหรับงาน A และ B แล้วพบว่าการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND นั้นจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบสูงที่สุด แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND นั้นกลับให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เช่นเดียวกันกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS TWK และ TWKCP โดยมีกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON ที่จะให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด

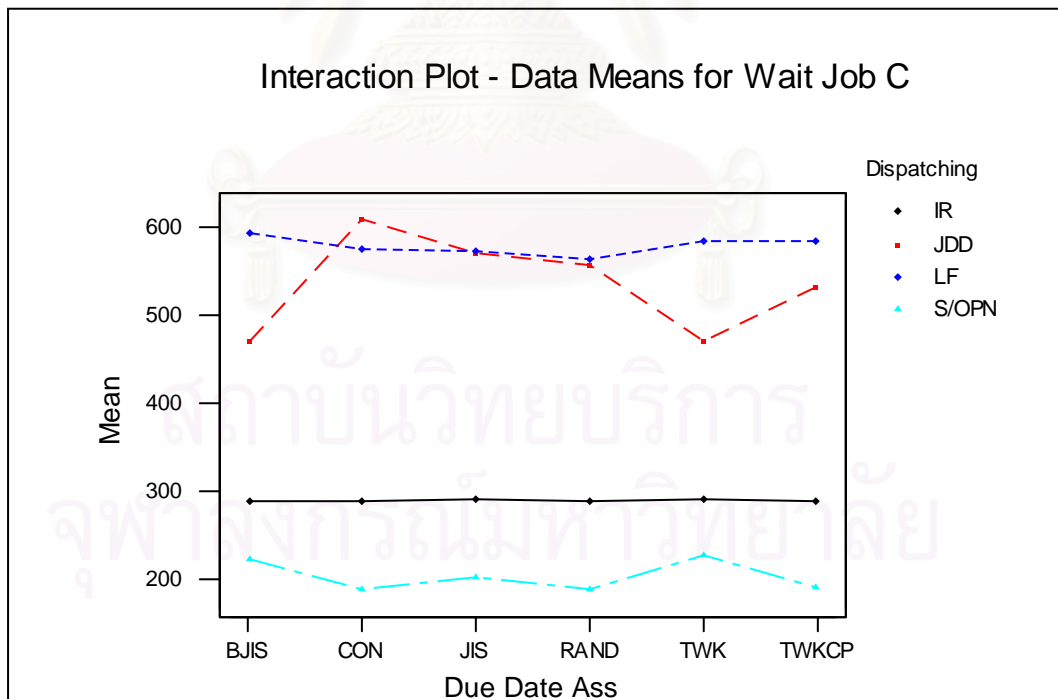
#### 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-54 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 5-55 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 5-56 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณากราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-54 – 5-56 พบว่า ผลของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดยจะพบว่าสำหรับงานทุกงานแล้ว กฎ LF ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่สูงและมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และมีกฎ S/OPN ที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด สำหรับงาน B และ C โดยมีกฎ TWK เป็นกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบที่ดีที่สุด แต่สำหรับงาน C แล้วจะพบว่ากฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ CON RAND และ TWKCP

และเมื่อพิจารณาที่งาน A จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด และจะสังเกตได้ว่ากฎ IR จะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าที่เท่าๆ กันในทุกกฎการกำหนดเวลาส่งมอบสำหรับงานทุกงาน เช่นเดียวกับกับกฎการจ่ายงานแบบ LF เนื่องจากกฎการจ่ายงานทั้งสองไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-12 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
JDD-TWK	23.76
JDD-BJIS	24.85
JDD-TWKCP	25.90
JDD-JIS	38.95
S/OPN-TWK	46.58
S/OPN-TWKCP	55.23
IR-TWK	56.55
IR-BJIS	57.71
IR-JIS	57.78
IR-TWKCP	57.91
IR-CON	59.07
IR-RAND	59.15
S/OPN-BJIS	85.38
S/OPN-JIS	88.87
S/OPN- RAND	160.23
S/OPN-CON	170.74
JDD-RAND	310.65
LF-RAND	393.69
LF-JIS	400.65
LF-CON	403.00
LF-TWK	409.19
LF-TWKCP	409.55
LF-BJIS	415.42
JDD-CON	425.66

ตารางที่ 5-13 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอกอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
S/OPN-TWK	107.71
↑ S/OPN-JIS	151.17
S/OPN-TWKCP	155.13
S/OPN-BJIS	163.27
↑ JDD-TWK	171.83
S/OPN- RAND	172.30
S/OPN-CON	183.36
JDD-TWKCP	187.43
IR-TWKCP	190.84
IR-JIS	191.00
IR-BJIS	191.21
IR-TWK	191.32
IR-CON	191.39
↓ IR-RAND	192.78
↓ JDD-BJIS	206.88
JDD-JIS	341.19
↑ JDD-RAND	489.20
↑ LF-RAND	500.54
↑ LF-JIS	509.29
↑ LF-CON	512.79
LF-TWK	521.54
LF-TWKCP	521.59
↓ LF-BJIS	530.03
↓ JDD-CON	551.80

ตารางที่ 5-14 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
↑ S/OPN-CON	186.85
S/OPN- RAND	188.17
S/OPN-TWKCP	190.65
S/OPN-JIS	200.15
S/OPN-BJIS	222.63
↓ S/OPN-TWK	225.23
↑ IR-BJIS	287.10
IR-CON	287.54
IR-TWKCP	288.01
IR-RAND	288.42
IR-JIS	289.90
↓ IR-TWK	290.29
↑ JDD-TWK	470.96
↓ JDD-BJIS	471.87
↑ JDD-TWKCP	531.78
↑ JDD-RAND	556.97
LF-RAND	563.97
JDD-JIS	572.49
LF-JIS	573.02
LF-CON	575.69
LF-TWK	584.82
↓ LF-TWKCP	585.11
LF-BJIS	593.83
↓ JDD-CON	609.84

จากตารางที่ 5-12 – 5-14 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ในลูกศรเส้นเดียวกัน พบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ TWK TWKCP JIS และBJIS โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ IR และ S/OPN ที่จะให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางและกฎที่ทำให้เวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ LF ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากกฎการจ่ายงานที่เลือกใช้อย่างชัดเจน โดยจะเห็นได้จากค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันไปจากกฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ เป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR นั้นพบว่าปัจจัยทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะไม่มีผลต่อค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด และโดยภาพรวมแล้วสำหรับงาน A การกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND จะทำให้ได้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด

สำหรับงาน B พบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN และ IR โดยที่กฎ S/OPN เมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ TWK จะให้ค่าต่ำที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ สำหรับกฎ IR และกฎ LF นั้นจะไม่มีมีความแตกต่างของค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแต่สำหรับกฎ JDD แล้วจะพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบอันเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งกฎ JDD จะให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ดีก็ต่อเมื่อถูกนำมาใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP ตามลำดับ โดยมีกฎ LF ที่ให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด

และในส่วนของงาน C จะพบว่ามีความคล้ายคลึงกันกับงาน B คือพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดและมีกฎ LF ที่ให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุดเช่นเดียวกัน ซึ่งสำหรับกฎ S/OPN IR และ LF นั้นจะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ



## 5.2.4 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure)

### 5.2.4.1 การวิเคราะห์เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

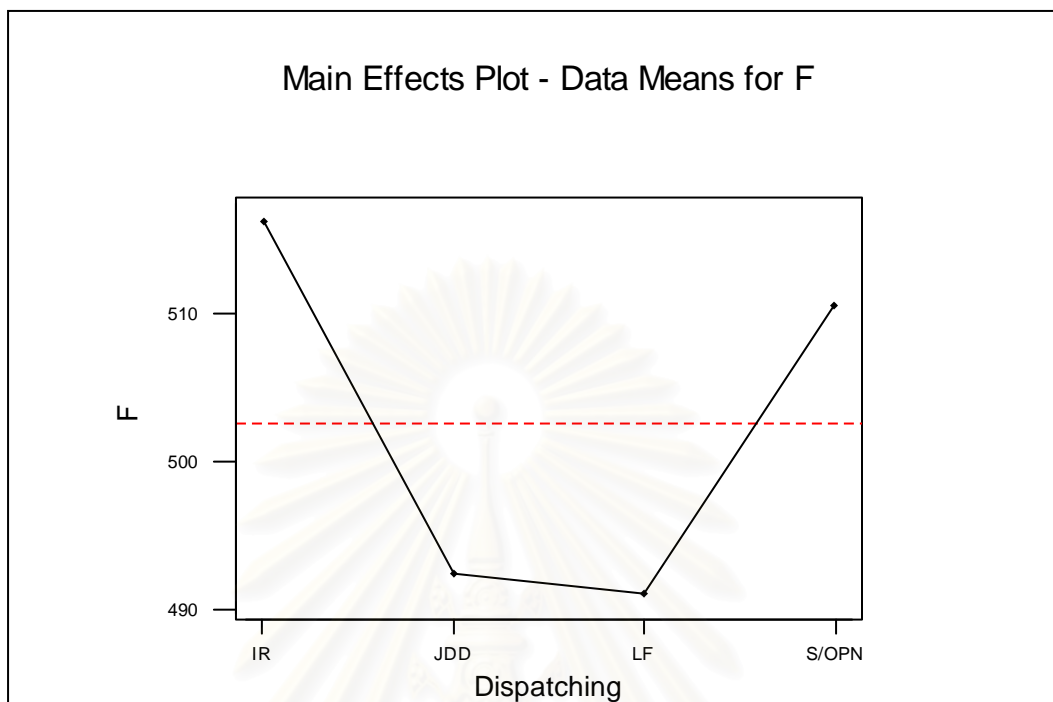
##### Two-way ANOVA: F versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for F						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	29415.08	9805.03	2351.21	0.000	
Due Date	5	247.39	49.48	11.86	0.000	
Interaction	15	480.53	32.04	7.68	0.000	
Error	216	900.76	4.17			
Total	239	31043.76				

รูปที่ 5-57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ มีผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าผลรวมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

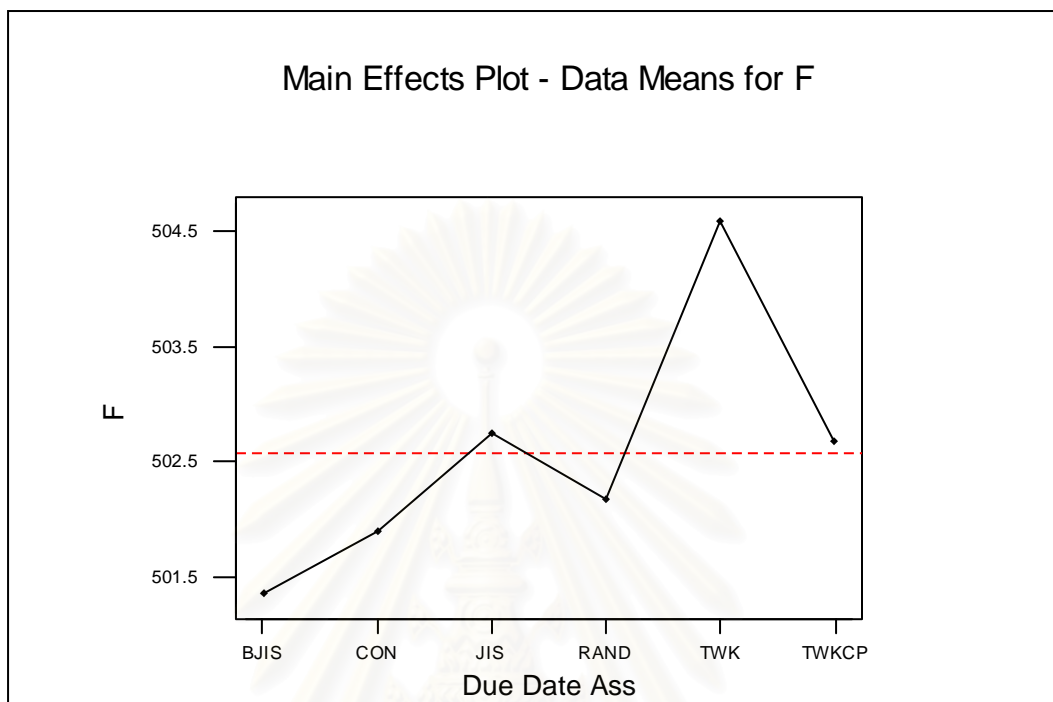


รูปที่ 5-58 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากรูปที่ 5-58 พบว่า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ LF และ JDD สามารถให้ระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดตามลำดับ โดยทั้งสองกฎจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน ส่วนกฎที่ให้ค่าระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่กฎ IR

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

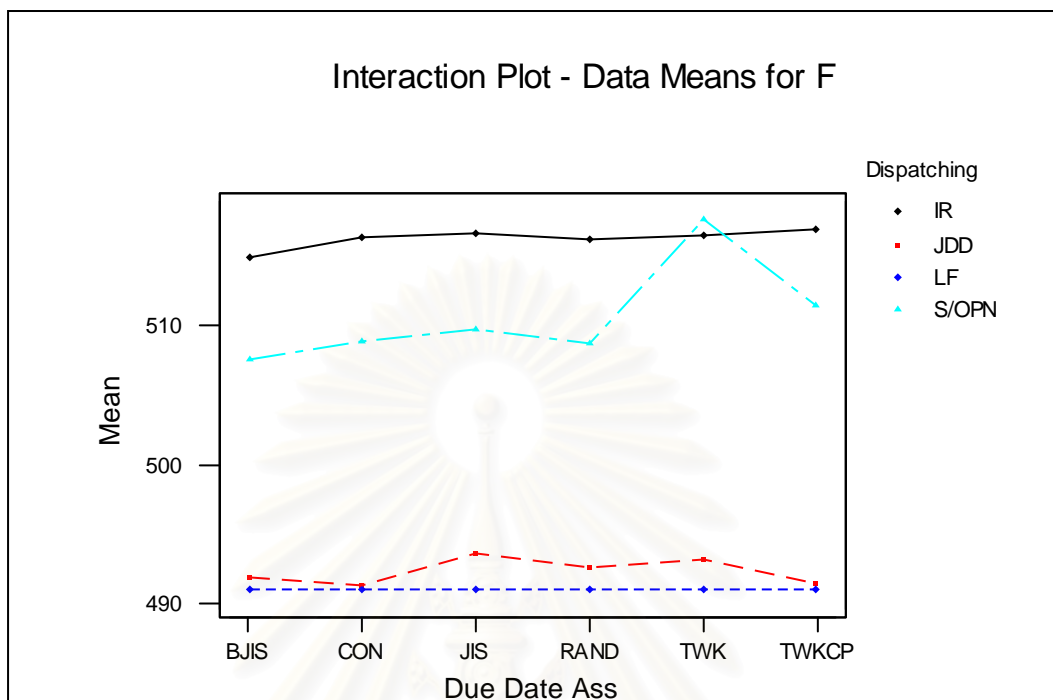
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-59 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ซึ่งในที่นี้ความแตกต่างมาจากผลของการใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN เท่านั้น เนื่องมาจากกฎ IR และ LF นั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน โดยเมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 5-59 พบว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาการไหลโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ BJIS ส่วนกฎที่ให้ค่าสูงที่สุดได้แก่กฎ TWK แต่เมื่อพิจารณาจากสเกลด้านความแตกต่างของค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย จะพบว่ากฎการกำหนดกฎในการส่งมอบที่แตกต่างกันนั้น จะทำให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-60 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย ดังรูปที่ 5-60 จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบเนื่องมาจากกฎทั้งสองนั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน โดยกฎ LF เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดในระบบ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่ากฎ JDD จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำเช่นกันเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS CON และ TWKCP โดยมีกฎ IR เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และจะสังเกตเห็นได้ว่า กฎการจ่ายงานแบบ S/OPN นั้นจะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูง แต่จะให้ค่าที่สูงมากเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK และ TWKCP

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-15 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
↑ LF-TWKCP	491.02
LF-CON	491.03
LF-TWK	491.03
LF-JIS	491.03
LF-BJIS	491.03
LF-RAND	491.06
JDD-CON	491.36
JDD-TWKCP	491.45
JDD-BJIS	491.95
JDD-RAND	492.62
JDD-TWK	493.18
↓ JDD-JIS	493.59
↑ S/OPN-BJIS	507.51
↑ S/OPN-RAND	508.78
S/OPN-CON	508.89
↓ S/OPN-JIS	509.76
↓ S/OPN-TWKCP	511.41
↑ IR-BJIS	514.94
IR-RAND	516.24
IR-CON	516.35
IR-TWK	516.54
IR-JIS	516.62
IR-TWKCP	516.86
↓ S/OPN-TWK	517.61

จากตารางที่ 5-15 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในช่วงกว้างของลูกศรเส้นเดียวกัน โดยพบว่ากฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งทั้งสองกฎจะให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการจ่ายงานแบบ IR ก็จะพบว่าไม่มีความแตกต่างที่เกิดขึ้นเนื่องจากกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน อีกทั้งพบว่ากฎ IR จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF และ JDD คือ กฎ TWKCP และกฎ CON ส่วนสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN และ IR นั้นคือ การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ RAND แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ S/OPN เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK แล้วจะพบว่ากลับให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดและมีค่าแตกต่างออกมาจากกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

#### 5.2.4.2 การวิเคราะห์เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

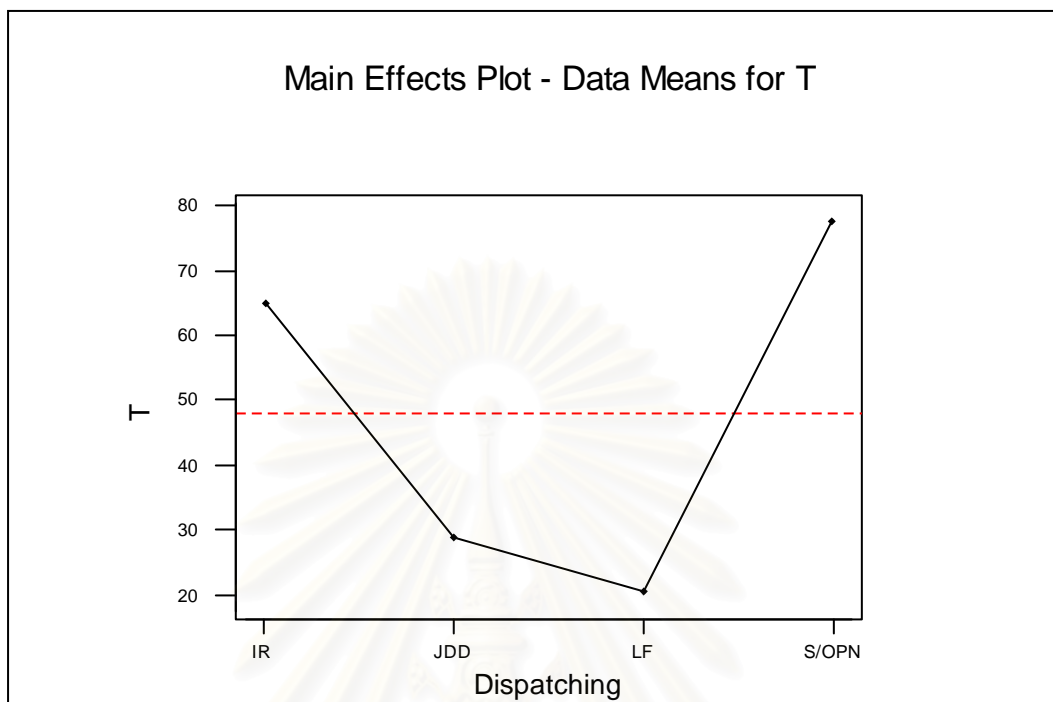
###### Two-way ANOVA: T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	137731	45910	267.91	0.000
Due Date	5	11487	2297	13.41	0.000
Interaction	15	14026	935	5.46	0.000
Error	216	37014	171		
Total	239	200258			

รูปที่ 5-61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่า ผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

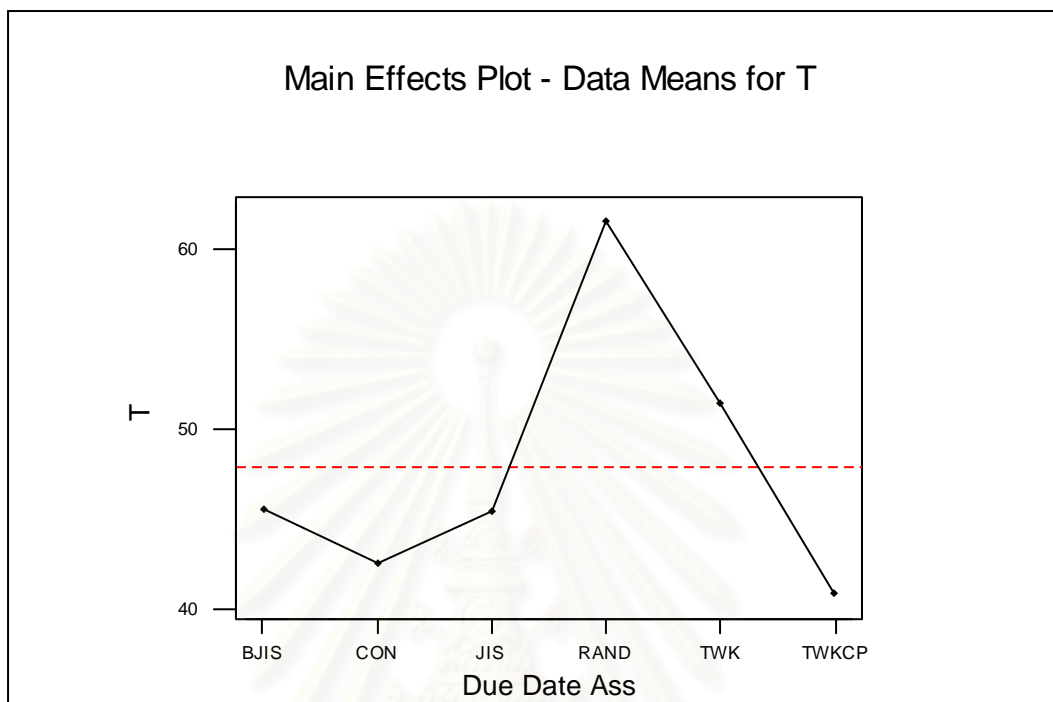
## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-62 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากรูปที่ 5-62 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน นั้นพบว่ากฎ LF และกฎ JDD สามารถให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดตามลำดับ ส่วนกฎที่พบว่าให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่กฎ S/OPN ซึ่งเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกันนั้น จะพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มคือ กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งจะเป็กลุ่มที่ให้ค่าของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำ และกลุ่มของกฎ IR และกฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูงและค่าโดยเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มจะแตกต่างกันค่อนข้างมาก

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



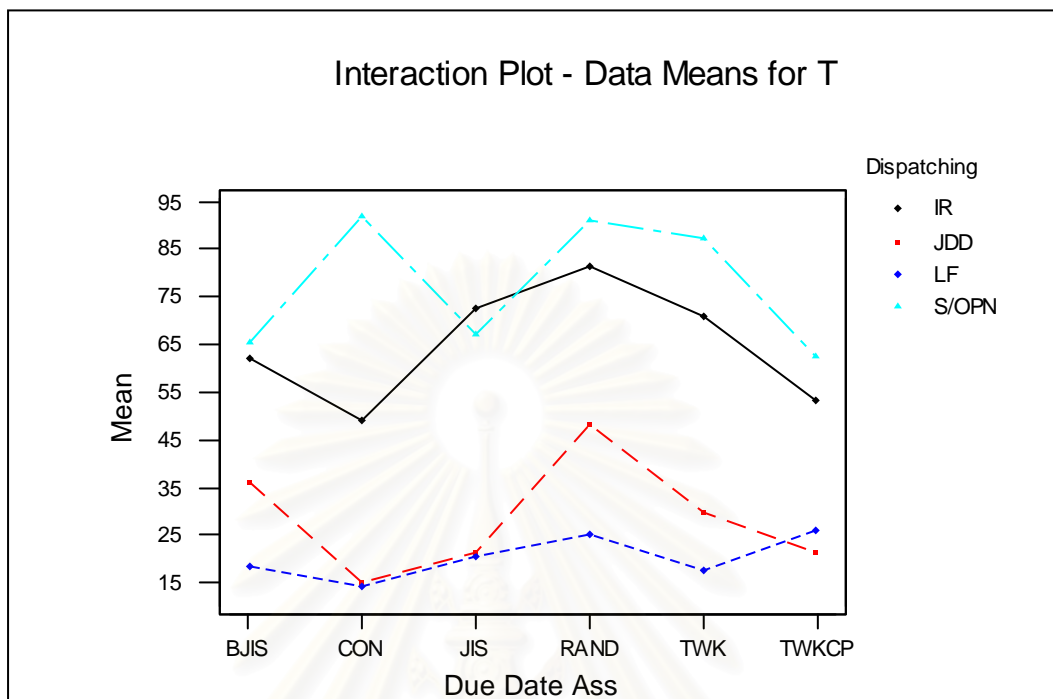
รูปที่ 5-63 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย จากกราฟรูปที่ 5-63 พบว่ากฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ TWKCP และ CON ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของกฎการกำหนดเวลาส่งมอบทั้งหมดแล้วจะเห็นได้ว่าการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND และ TWK นั้นจะให้ผลของค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-64 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟรูปที่ 5-64 จะพบว่ากฎ JDD และ LF ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน เมื่อกำหนดกฎการส่งมอบแบบ CON JIS และ TWKCP โดยกฎการจ่ายงานทั้งสองจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON อีกทั้งพบว่ากฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และจะสังเกตเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ได้จากกฎการจ่ายงานแบบ JDD และ IR นั้นจะมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแต่ละแบบ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในด้านของสเกลค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้กฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันนั้น จะพบว่าปัจจัยทั้งสองเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-16 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
LF-CON	14.12
JDD-CON	15.08
LF-TWK	17.78
LF-BJIS	18.63
LF-JIS	20.34
JDD-TWKCP	21.38
JDD-JIS	21.57
LF-RAND	25.28
LF-TWKCP	26.12
JDD-TWK	29.70
JDD-BJIS	35.89
JDD-RAND	48.40
IR-CON	49.20
IR-TWKCP	53.36
IR-BJIS	62.20
S/OPN-TWKCP	62.62
S/OPN-BJIS	65.31
S/OPN-JIS	67.12
IR-TWK	71.04
IR-JIS	72.73
IR-RAND	81.29
S/OPN-TWK	87.13
S/OPN-RAND	91.05
S/OPN-CON	91.84

จากตารางที่ 5-16 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในช่วงกว้างของลูกศรเส้นเดียวกัน พบว่ากฎ LF และกฎ JDD จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON ซึ่งสำหรับกฎ LF แล้วจะไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ส่วนการจ่ายงานแบบ JDD นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด ยกเว้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ RAND และเมื่อพิจารณาจากการกำหนดเวลาส่งมอบโดยภาพรวมแล้วกฎ TWK และกฎ RAND จะเป็นกลุ่มของกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด อีกทั้งพบว่าโดยรวมแล้ว กฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่ากฎ IR ยกเว้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS ที่จะพบว่ากฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าที่ต่ำกว่ากฎ IR แต่ก็ยังคงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

### 5.2.4.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

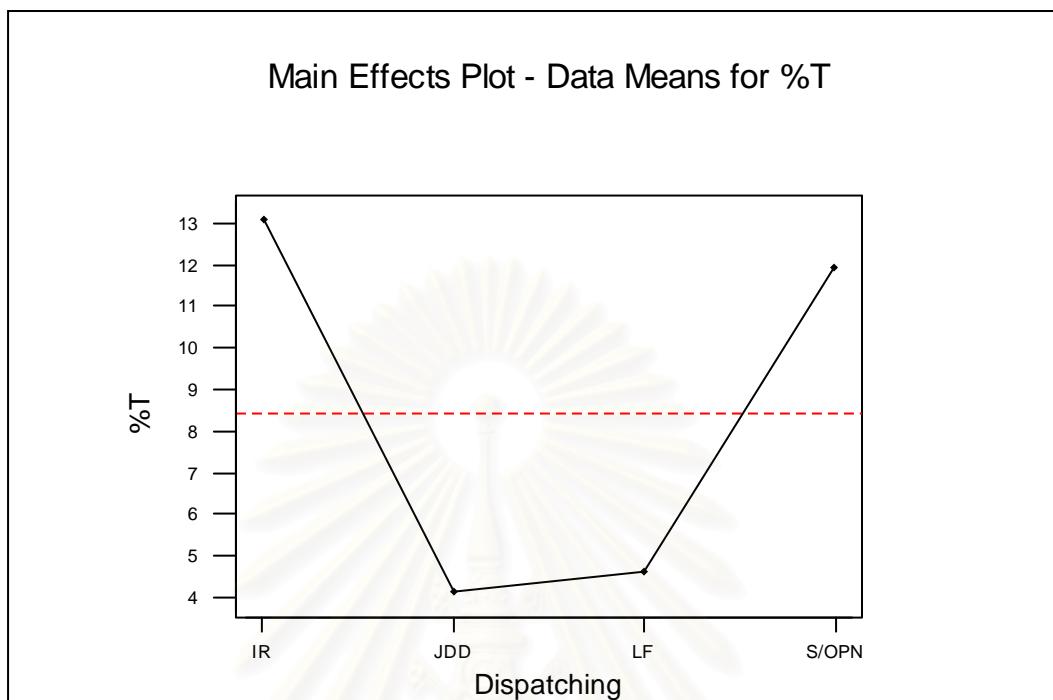
##### Two-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for %T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	4001.29	1333.76	179.31	0.000
Due Date	5	1564.19	312.84	42.06	0.000
Interaction	15	2550.20	170.01	22.86	0.000
Error	216	1606.70	7.44		
Total	239	9722.38			

รูปที่ 5-65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่า ผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

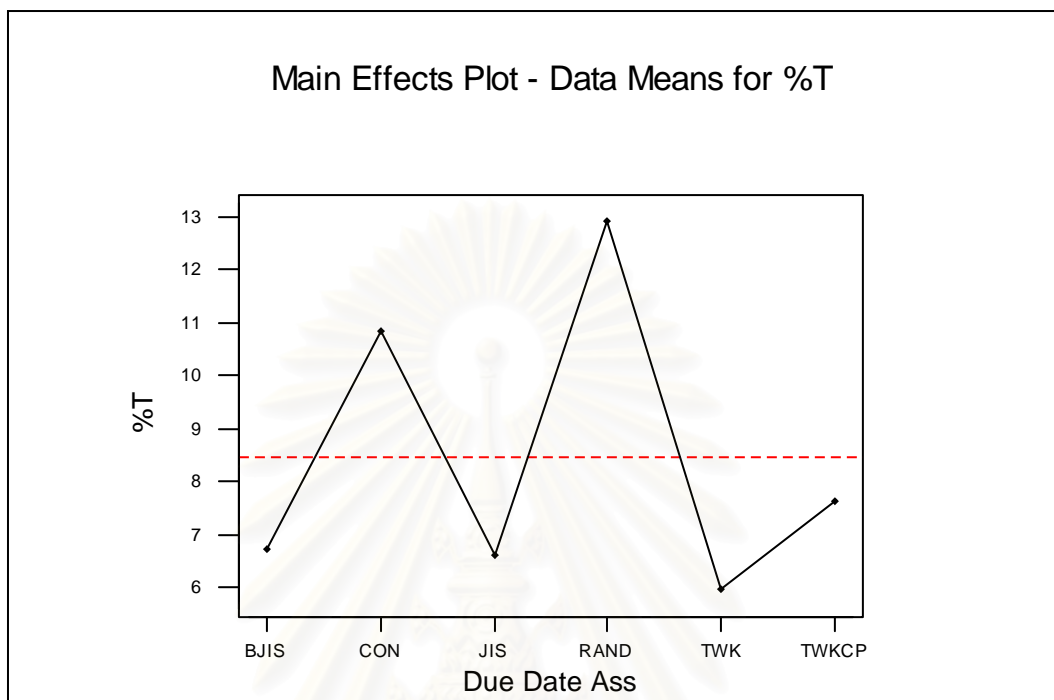


รูปที่ 5-66 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากรูปที่ 5-66 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ JDD และ LF สามารถให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุดตามลำดับ ส่วนกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดได้แก่กฎ IR และกฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าที่สูงกว่าทั้งสองกฎข้างต้นอย่างเห็นได้ชัด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

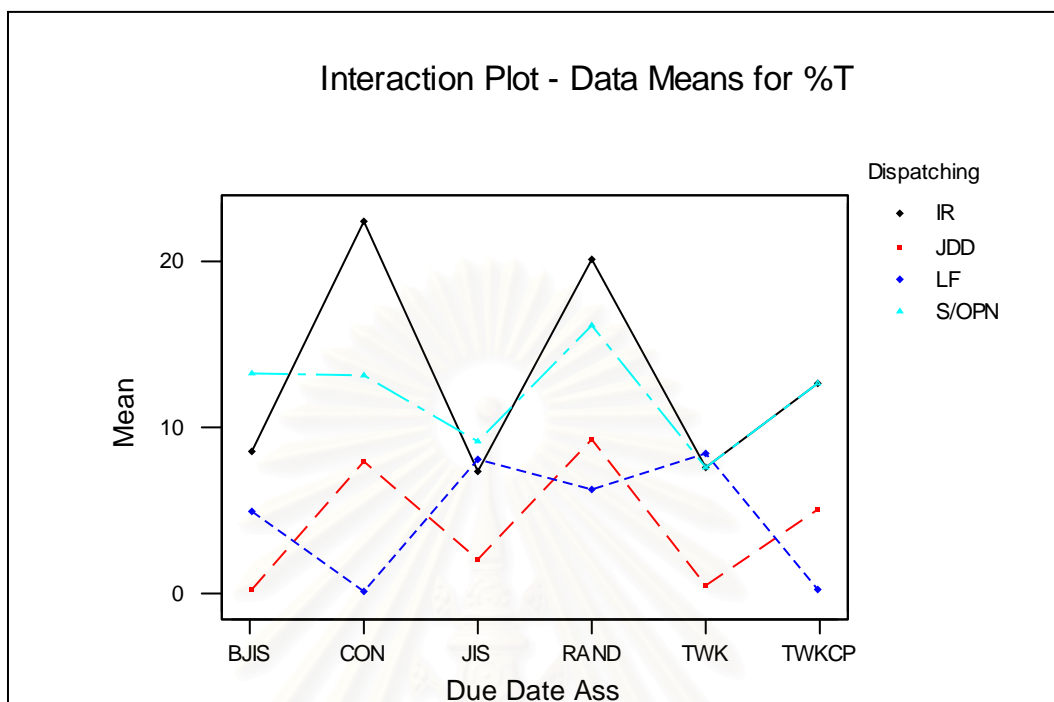
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-67 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณารูปที่ 5-67 พบว่ากฎ TWK เป็นกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด โดยกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดได้แก่ กฎ RAND และเมื่อพิจารณาในด้านสเกลของค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการกำหนดกฎการส่งมอบที่แตกต่างกันจะพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบงานจากภายนอกคือ กฎ CON และกฎ RAND ซึ่งจะเป็นกลุ่มที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูง ซึ่งต่างจากกลุ่มที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบจากภายในที่จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันและมีค่าค่อนข้างต่ำ

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-68 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย ดังรูปที่ 5-68 จะพบว่ากฎ JDD จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS และ TWK ส่วนกฎ IR และกฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามจะสังเกตเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ IR นั้นจะให้ค่าแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพียงแต่กฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าที่สูงกว่ากฎ JDD ค่อนข้างมากในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF นั้นจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำก็ต่อเมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ TWKCP แต่อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมแล้วกฎการจ่ายงานแบบ LF ก็ยังคงให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-17 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
LF-CON	0.03
JDD-BJIS	0.23
LF-TWKCP	0.25
JDD-TWK	0.37
JDD-JIS	2.05
LF-BJIS	4.87
JDD-TWKCP	4.99
LF-RAND	6.25
IR-JIS	7.34
IR-TWK	7.49
S/OPN-TWK	7.53
JDD-CON	7.93
LF-JIS	8.01
LF-TWK	8.38
IR-BJIS	8.54
S/OPN-JIS	9.06
JDD-RAND	9.22
S/OPN-TWKCP	12.57
IR-TWKCP	12.62
S/OPN-CON	13.09
S/OPN-BJIS	13.20
S/OPN-RAND	16.12
IR-RAND	20.07
IR-CON	22.34

จากตารางที่ 5-17 จะพบว่ากฎ LF และกฎ JDD จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด โดยสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON ส่วนกฎการจ่ายงานแบบ JDD จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS โดยภาพรวมแล้วพบว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด นอกจากนี้จะสังเกตเห็นได้ว่าในแต่ละกฎการจ่ายงานนั้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบด้วยกฎที่ต่างกัน จะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเกิดความแตกต่างกันเป็นอย่างมาก

#### 5.2.4.4 การวิเคราะห์ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

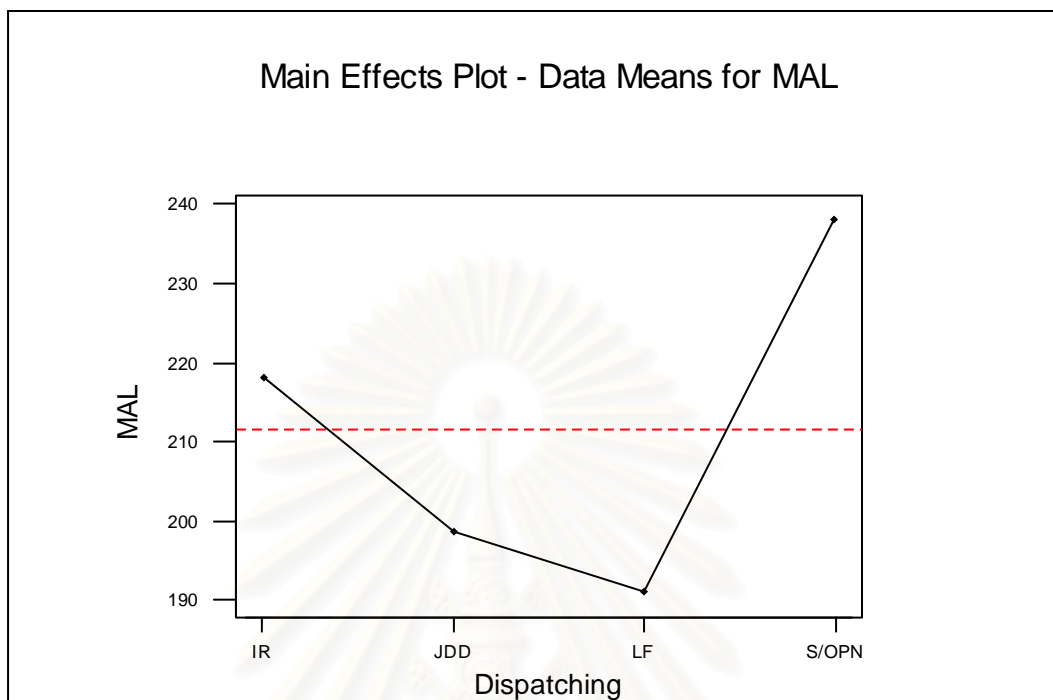
Two-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules						
Analysis of Variance for MAL						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	79517	26506	126.97	0.000	
Due Date	5	472880	94576	453.05	0.000	
Interaction	15	16536	1102	5.28	0.000	
Error	216	45091	209			
Total	239	614024				

รูปที่ 5-69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่า ผลรวมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน



## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

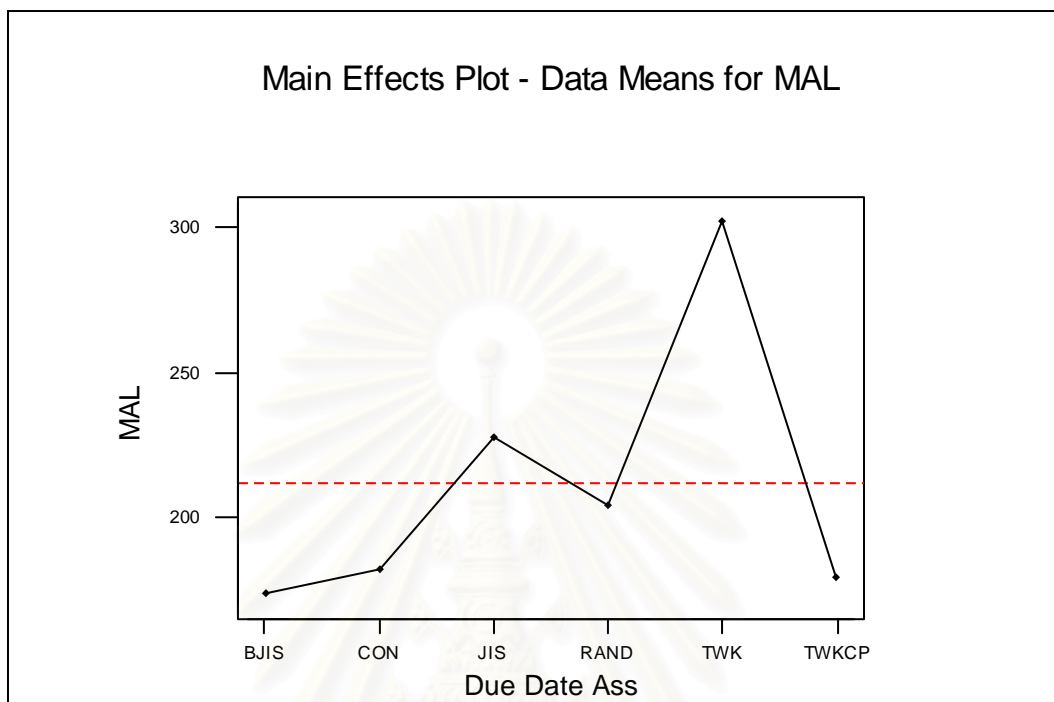


รูปที่ 5-70 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากรูปที่ 5-70 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ LF และ JDD สามารถให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดตามลำดับ และพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาจากค่าสเกลความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ว่ากฎการจ่ายงานแบบ S/OPN นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าทั้งสองกฎข้างต้นค่อนข้างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

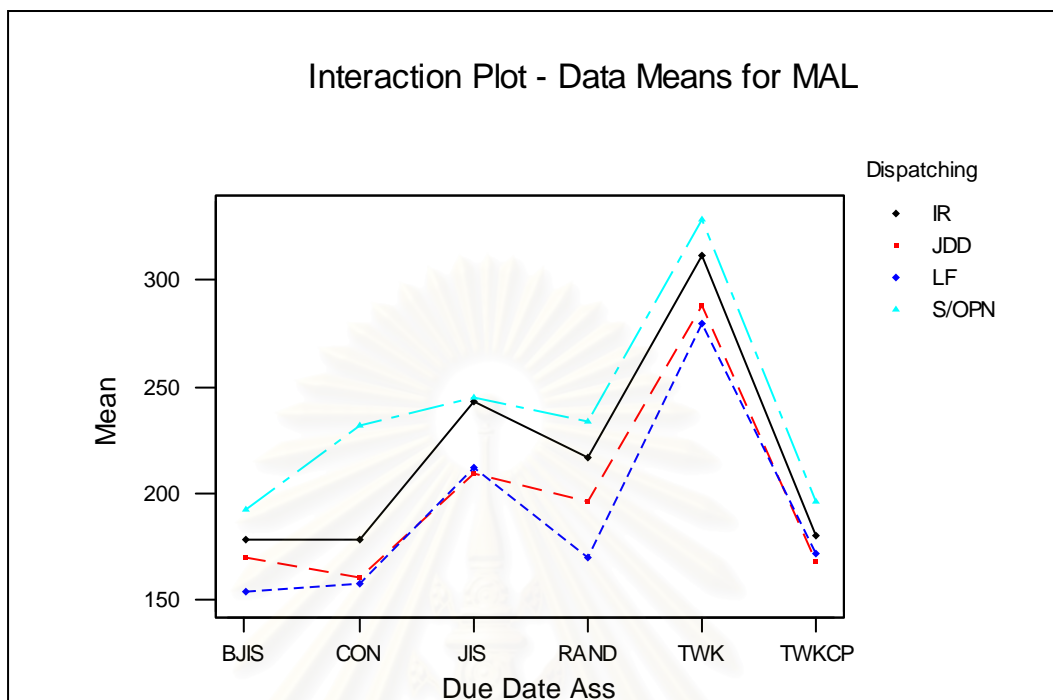
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-71 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณารูปที่ 5-71 พบว่ากฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ BJIS และ TWKCP ตามลำดับ ส่วนกฎ TWK นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดและจะสังเกตเห็นได้ว่าจะให้ค่าที่สูงกว่ากฎ TWKCP เป็นอย่างมากทั้งๆ ที่กฎการกำหนดเวลาส่งมอบทั้งสองต่างก็ใช้เพียงแต่ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานเช่นเดียวกัน และจากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาพบว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานและค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างดี แต่กลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูง ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่กฎทำให้เวลาเสร็จสิ้นงานก่อนกำหนดมีค่าสูง (Earliness) และให้ค่าเวลาล่าช้าของงานที่ต่ำ (Tardiness)

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-72 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย ดังรูปที่ 5-72 จะพบว่ากฎ LF นั้นให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และกฎ CON นอกจากนี้ยังมีกฎ JDD ซึ่งให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันกับกฎ LF เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON JIS TWK และ TWKCP โดยมีกฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งกฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ TWKCP

โดยภาพรวมจะเห็นได้ว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบแต่ละกฎนั้นจะให้แนวโน้มของค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบว่าการใช้กฎการส่งมอบแบบ TWK นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกๆ กฎการจ่ายงานที่นำมาใช้ นอกจากนี้จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR ซึ่งเป็นกฎการจ่ายงานที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงานนั้น จะมีแนวโน้มของค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่เหมือนกัน แต่กฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-18 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
↑	LF-BJIS 154.03
↑	LF-CON 158.11
	JDD-CON 160.45
	JDD-TWKCP 167.92
↑	JDD-BJIS 169.70
	LF-RAND 170.16
↓	LF-TWKCP 172.18
	IR-BJIS 178.37
	IR-CON 178.86
	IR-TWKCP 180.49
↑	S/OPN-BJIS 192.42
↑	JDD-RAND 195.90
↓	S/OPN-TWKCP 196.37
	JDD-JIS 209.78
↓	LF-JIS 212.10
↓	IR-RAND 216.80
↑	S/OPN-CON 232.24
↓	S/OPN-RAND 233.71
	IR-JIS 242.85
	S/OPN-JIS 245.13
↑	LF-TWK 280.02
↑	JDD-TWK 288.41
	IR-TWK 311.67
↓	S/OPN-TWK 327.94

จากตารางที่ 5-18 จะพบว่ากฎ LF และกฎ JDD จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยกฎ LF และกฎ JDD จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบด้วยกฎ CON BJIS และ TWKCP ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบดังกล่าวจะให้ค่าที่ต่ำที่สุดสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ IR และ S/OPN ด้วยเช่นกัน โดยมีกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK ที่จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกๆ กฎการจ่ายงาน และพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ S/OPN จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งโดยภาพรวมแล้วจะเห็นได้ว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันนั้นจะมีผลต่อกฎการจ่ายงานทุกๆ แบบ รวมทั้งกฎการจ่ายงานที่ต่างกันก็จะส่งผลให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยเช่นเดียวกัน

#### 5.2.4.5 การวิเคราะห์ค่าเวลารอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

###### Two-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job A						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	1123257	374419	1843.66	0.000	
Due Date	5	186288	37258	183.46	0.000	
Interaction	15	326622	21775	107.22	0.000	
Error	216	43866	203			
Total	239	1680034				

รูปที่ 5-73 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

###### Two-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job B						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	3	1459412	486471	2772.88	0.000	
Due Date	5	208670	41734	237.88	0.000	
Interaction	15	297414	19828	113.02	0.000	
Error	216	37895	175			
Total	239	2003390				

รูปที่ 5-74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

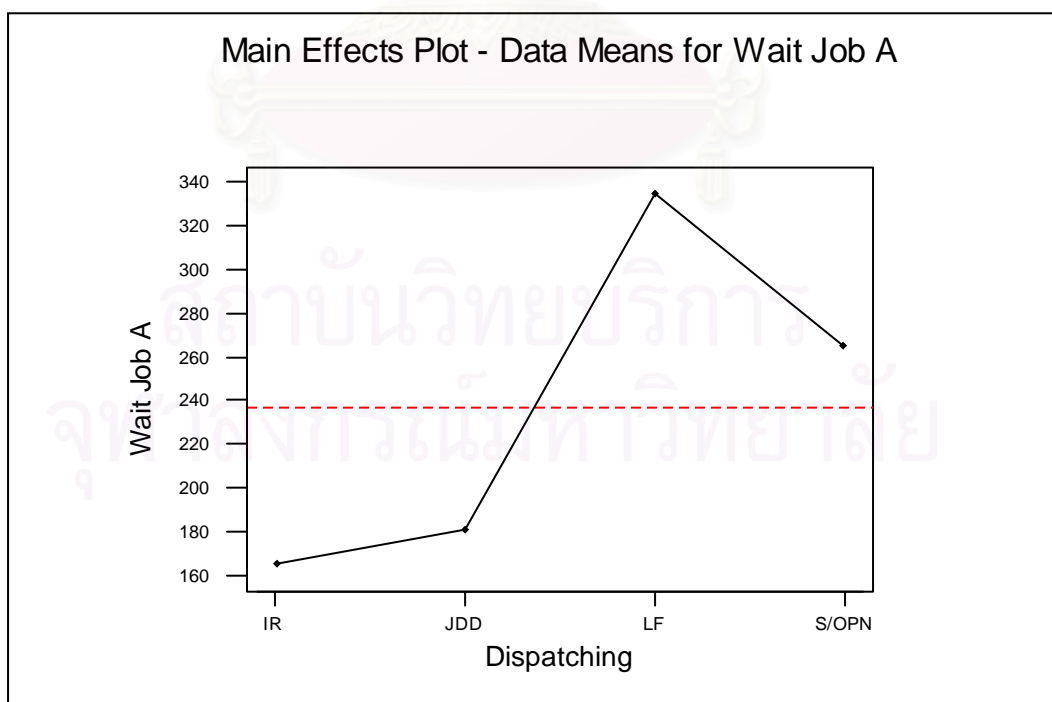
### Two-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job C					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	719409	239803	2376.23	0.000
Due Date	5	53219	10644	105.47	0.000
Interaction	15	60227	4015	39.79	0.000
Error	216	21798	101		
Total	239	854653			

รูปที่ 5-75 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ซึ่งพบว่าให้ผลในลักษณะเดียวกันในทุกๆ งาน

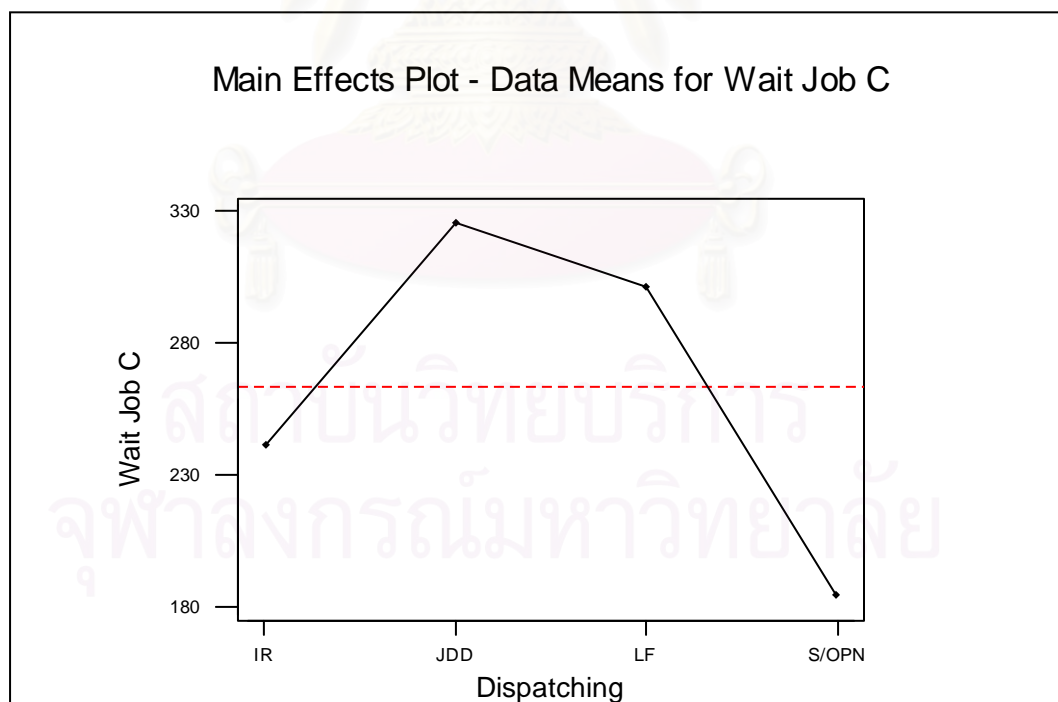
#### 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-76 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน



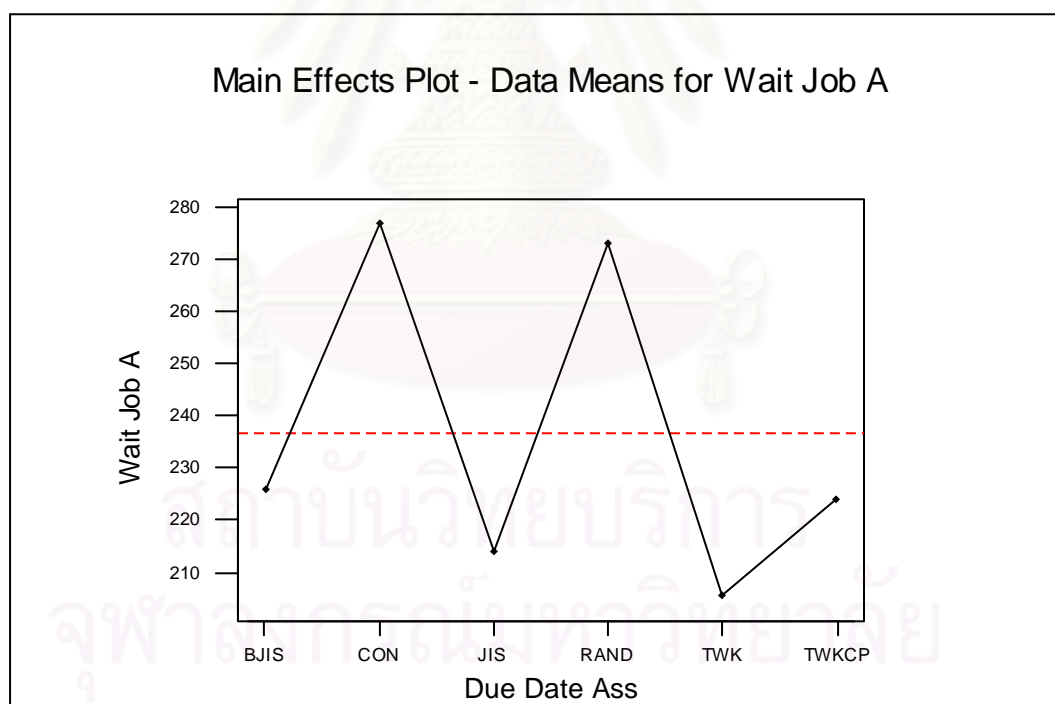
รูปที่ 5-77 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน



รูปที่ 5-78 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากรูปที่ 5-76 – 5-78 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานและค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยนั้น จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน A และ B โดยเมื่อพิจารณาถึงผลกระทบของกฎการจ่ายงานที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A และ B แล้วจะพบว่าไม่มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพียงแต่สำหรับงาน B แล้วจะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ S/OPN นั้นจะให้ค่าที่ต่ำใกล้เคียงกับการใช้กฎ IR ในการจัดลำดับงานด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ LF นั้นจะให้ค่าเวลาที่งาน A และ B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ส่วนงาน C นั้นมีกฎแบบ S/OPN ที่จะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบมีค่าต่ำที่สุด และมีกฎการจ่ายงานแบบ JDD ที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด จะสังเกตเห็นได้ว่าระยะเวลาในการรอคอยการประกอบของงานทั้งหมดจะมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง

### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

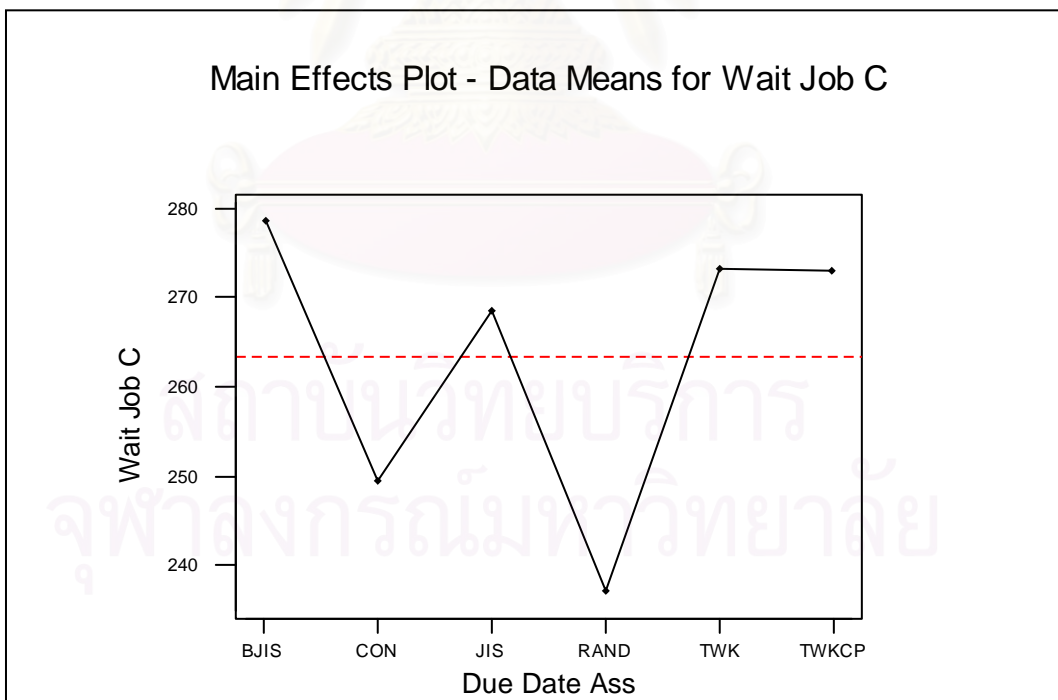


รูปที่ 5-79 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน





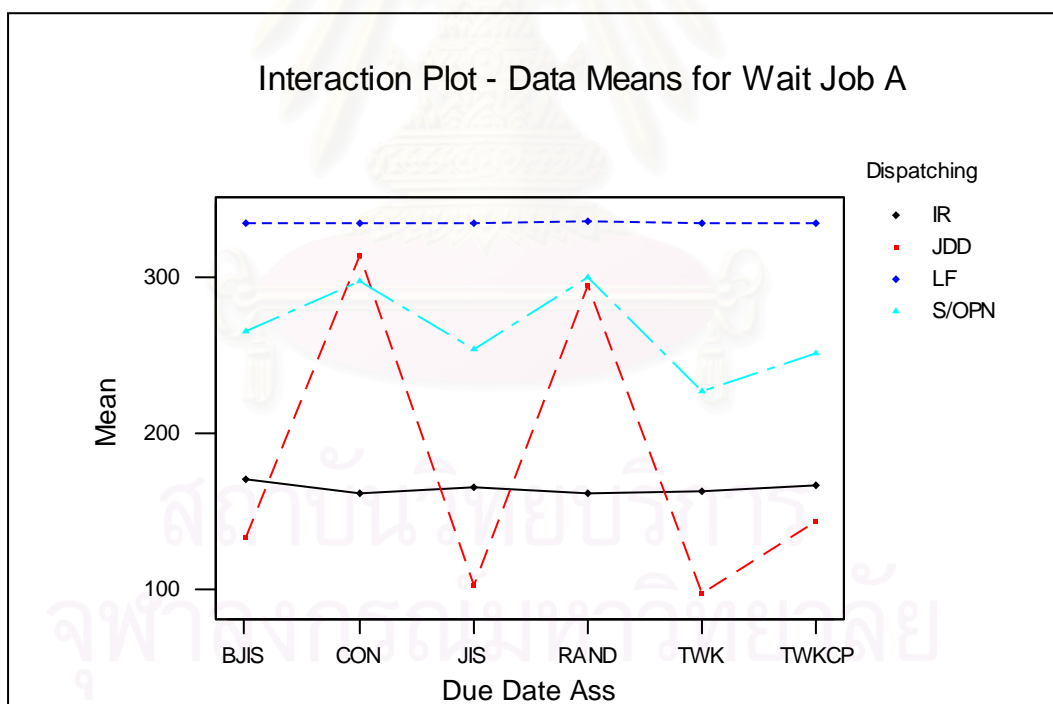
รูปที่ 5-80 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน



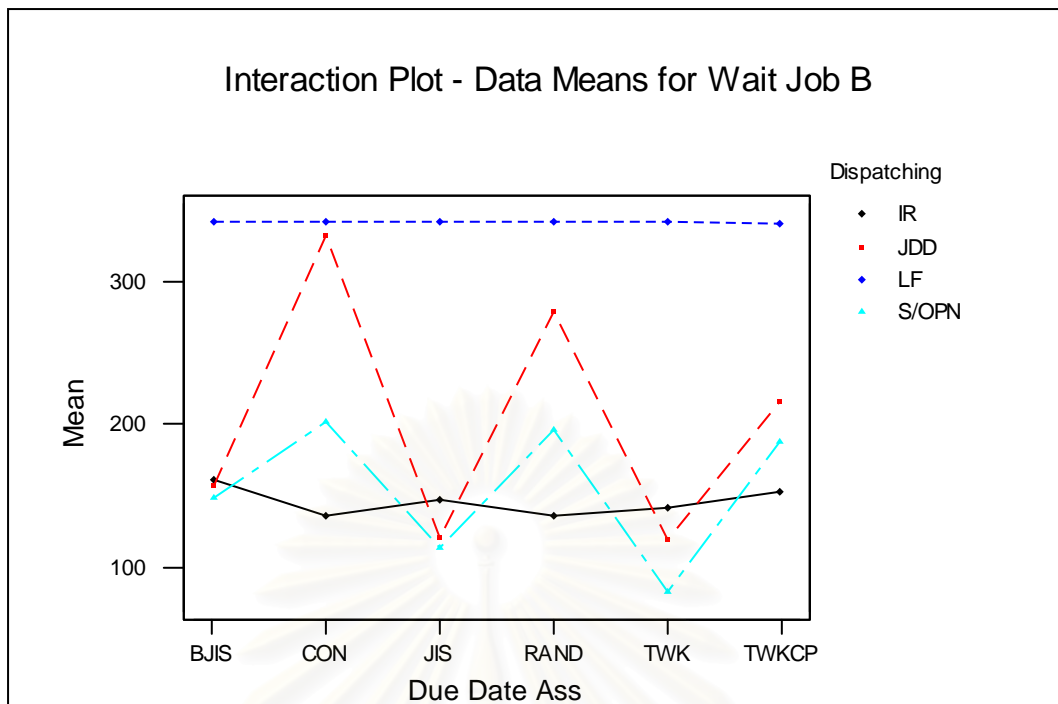
รูปที่ 5-81 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน ดังกราฟรูปที่ 5-79 – 5-81 พบว่าสำหรับงาน A และ B กฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดได้แก่กฎ TWK และ JIS ตามลำดับ โดยมีกฎ CON และ RAND เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาที่งาน A และ B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด แต่สำหรับงาน C จะพบว่ามีกฎการกำหนดเวลาส่งมอบเพียง 2 กฎเท่านั้นที่จะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด นั่นคือ กฎ RAND และ CON ตามลำดับและเมื่อพิจารณาที่ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในทุกๆ งานแล้ว จะพบว่ามีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่ใช้ว่ามีความไม่เหมาะสมกับโครงสร้างของงานในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน นอกจากนี้การที่มีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบที่นานนั้น อาจเป็นสัญญาณที่บ่งบอกถึงการปล่อยงานออกได้ไม่ตรงตามลำดับการผลิตอีกด้วย

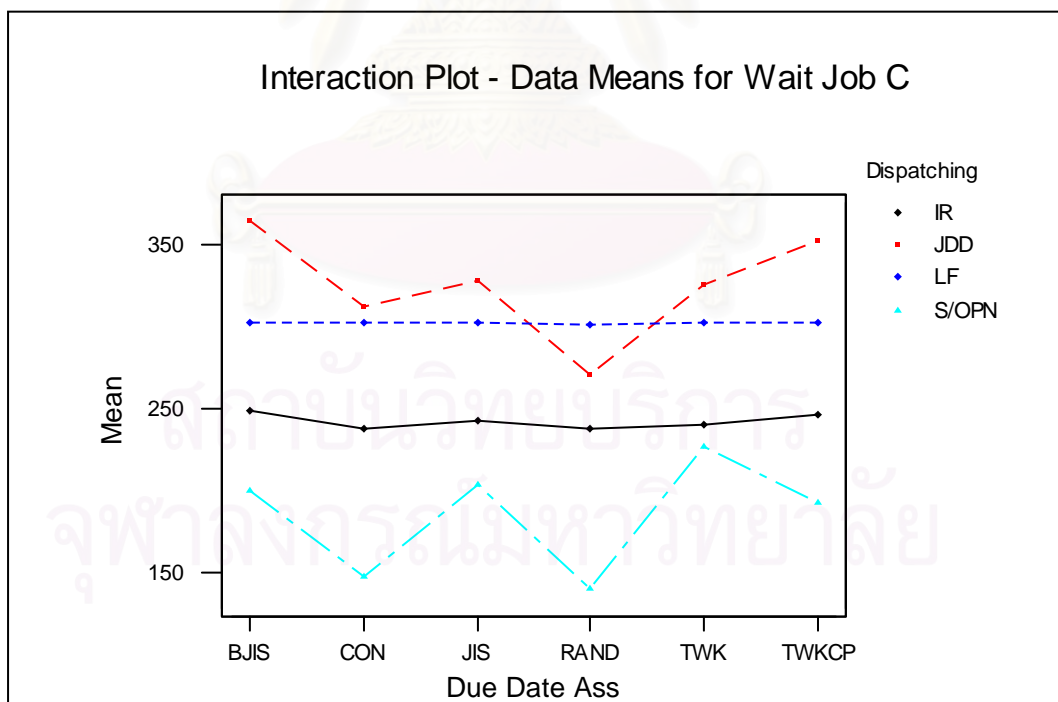
#### 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-82 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน



รูปที่ 5-83 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน



รูปที่ 5-84 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณากราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-82 – 5-84 พบว่า ผลของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดยจะพบว่าสำหรับงาน A แล้วกฎการจ่ายงานแบบ LF จะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด และการใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ JIS และ TWK นั้นจะให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยแล้ว จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าที่ต่ำที่สุดสำหรับงาน B การใช้กฎการจ่ายงานแบบ IR และ S/OPN จะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด โดยกฎ IR จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันสำหรับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบทุกๆ แบบ ส่วนกฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าต่ำที่สุดก็ต่อเมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ JIS และ TWK เท่านั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการกำหนดเวลาส่งมอบแบบเดียวกันกับงาน A ในขณะที่งาน C จะพบว่าการใช้กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND ร่วมกับกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN นั้นจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ JDD ซึ่งจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด

และข้อสังเกตอีกประการหนึ่งก็คือ จะเห็นได้ว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR ซึ่งเป็นกฎการจ่ายงานที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงานนั้น จะทำให้ได้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่เท่าๆ กันสำหรับแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เพียงแต่กฎการจ่ายงานแบบ LF นั้นจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของทุกๆ งานสูงกว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR ในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-19 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
JDD-TWK	97.39
JDD-JIS	102.57
JDD-BJIS	133.49
JDD-TWKCP	143.56
IR-CON	161.19
IR-RAND	162.07
IR-TWK	163.22
IR-JIS	164.90
IR-TWKCP	166.77
IR-BJIS	171.02
S/OPN-TWK	227.03
S/OPN-TWKCP	250.83
S/OPN-JIS	253.86
S/OPN-BJIS	264.93
JDD-RAND	294.63
S/OPN-CON	297.10
S/OPN-RAND	299.34
JDD-CON	313.43
LF-TWKCP	334.56
LF-CON	334.65
LF-TWK	334.65
LF-JIS	334.65
LF-BJIS	334.65
LF-RAND	335.24

ตารางที่ 5-20 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอกอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure		
Rules	Mean	
S/OPN-TWK	82.47	
↑	S/OPN-JIS	114.20
↑	JDD-TWK	119.18
↑	JDD-JIS	121.24
↑	IR-RAND	135.68
↑	IR-CON	135.98
↑	IR-TWK	141.10
↑	IR-JIS	146.66
↑	S/OPN-BJIS	148.72
↑	IR-TWKCP	152.08
↑	JDD-BJIS	156.84
↑	IR-BJIS	161.45
↑	S/OPN-TWKCP	187.79
↑	S/OPN- RAND	196.52
↑	S/OPN-CON	201.80
↑	JDD-TWKCP	215.56
↑	JDD-RAND	278.59
↑	JDD-CON	331.22
↑	LF-TWKCP	340.55
↑	LF-CON	340.95
↑	LF-TWK	340.95
↑	LF-JIS	340.95
↑	LF-BJIS	340.95
↑	LF-RAND	341.00

ตารางที่ 5-21 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอกอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure		
Rules	Mean	
↑	S/OPN- RAND	139.24
↓	S/OPN-CON	146.57
↑	S/OPN-TWKCP	192.32
↓	S/OPN-BJIS	200.08
↓	S/OPN-JIS	202.57
↑	S/OPN-TWK	226.08
↑	IR-RAND	237.08
↓	IR-CON	237.48
↓	IR-TWK	240.00
↓	IR-JIS	242.47
↓	IR-TWKCP	245.48
↓	IR-BJIS	248.40
↓	JDD-RAND	270.67
↑	LF-RAND	301.31
↓	LF-TWKCP	301.69
↓	LF-CON	301.75
↓	LF-TWK	301.75
↓	LF-JIS	301.75
↓	LF-BJIS	301.75
↓	JDD-CON	312.31
↓	JDD-TWK	325.17
↓	JDD-JIS	327.17
↑	JDD-TWKCP	352.38
↓	JDD-BJIS	364.10

จากตารางที่ 5-19- 5-21 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกัน โดยพบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD โดยกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นที่ไปตามกฎ TWK และ JIS โดยมีกฎ LF เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่กลุ่มของกฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR จะพบว่าปัจจัยทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะไม่มีผลต่อค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบอย่างมีนัยสำคัญ และกฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ต่ำกว่ากฎ S/OPN ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และเมื่อพิจารณาที่กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN แล้วจะสามารถเห็นถึงผลของความแตกต่างที่เกิดจากการใช้กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน และโดยภาพรวมแล้วจะสรุปได้ว่าการใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับงาน B พบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาทำงาน B เกิดการรอคอยการประกอบมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ S/OPN และกฎ JDD ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ JIS เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วจะพบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาทำงาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ IR และกฎ S/OPN ตามลำดับ และเป็นที่น่าสังเกตว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการจ่ายงานแบบ LF เท่านั้นแต่จะส่งผลต่อกฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยกฎ LF เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาทำงาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

และสำหรับงาน C กฎที่ให้ค่าเวลาทำงาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด คือ กฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND และ CON โดยมีกฎ JDD ที่ให้ค่าเวลาทำงาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ยกเว้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND ซึ่งจะให้ค่าอยู่ในระดับปานกลาง และพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR และ LF จะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งแสดงว่าปัจจัยทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบนั้นไม่มีผลต่อกฎการจ่ายงานทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะสังเกตเห็นได้ว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าที่ต่ำกว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ



### 5.3 ระบบที่ไม่สามารถหาจุดสิ้นสุดได้ (Non-Terminating System)

ในส่วนของการวิเคราะห์ระบบแบบ Non-Terminating System นั้นจะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกับงานวิจัยของปนิทัศน์ สุริยชนากาส (การวิเคราะห์ผลกระทบร่วมของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่มีต่อประสิทธิภาพสายการประกอบ) เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่มีเงื่อนไขของการเริ่มต้นและไม่มีจุดสิ้นสุดของระบบจึงทำให้การพิจารณาระบบในลักษณะนี้จะเน้นที่การศึกษาพฤติกรรมของระบบในช่วงที่ระบบอยู่ในสถานะคงตัว (Steady State) แล้ว เพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพที่แท้จริงของระบบในระยะยาว ซึ่งจากรายละเอียดของตัวอย่างของระบบการผลิตที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 จะสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

#### 5.3.1 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

##### 5.3.1.1 การวิเคราะห์เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยในการทดลองที่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพของระบบ โดยปัจจัยในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ กฎการจ่ายงาน และกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ รวมถึงทดสอบอิทธิพลของผลร่วมระหว่างสองปัจจัย (Interaction Effect) ซึ่งจะทำให้สามารถสรุปผลได้ครอบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น โดยทำการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลที่ได้เป็นดังนี้

##### Two-way ANOVA: F versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for F					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	2058.53	686.18	223.68	0.000
Due Date	5	33.46	6.69	2.18	0.057
Interaction	15	129.12	8.61	2.81	0.001
Error	216	662.61	3.07		
Total	239	2883.71			

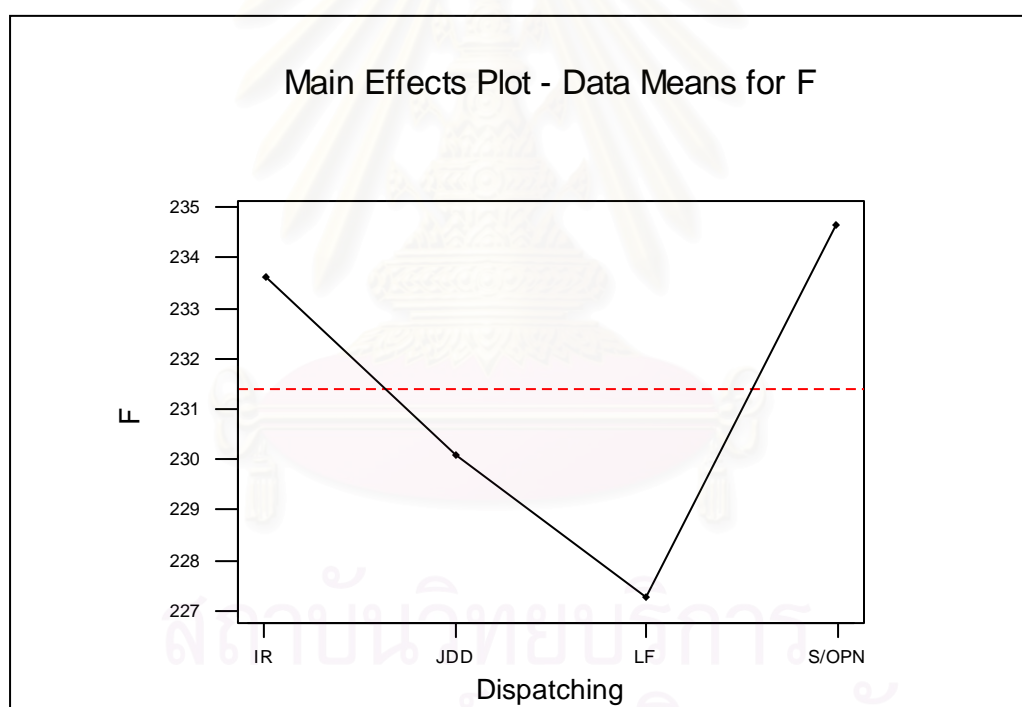
รูปที่ 5-85 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของ

เครื่องจักรเป็นปัจจัยหลักเพียงตัวเดียวที่มีผลต่อค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปฏิกริยาร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบนั้น พบว่ามีผลต่อค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ เช่นกัน ดังนั้นจึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบนั้นก็ส่งผลต่อค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัยหลัก จะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนระดับของปัจจัยต่างๆ ซึ่งปัจจัยหลักที่ทดสอบในที่นี้ ได้แก่ กฎการจ่ายงาน และกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยทำการวิเคราะห์จากการพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักกับค่าประสิทธิภาพของระบบในแต่ละด้าน ดังนี้

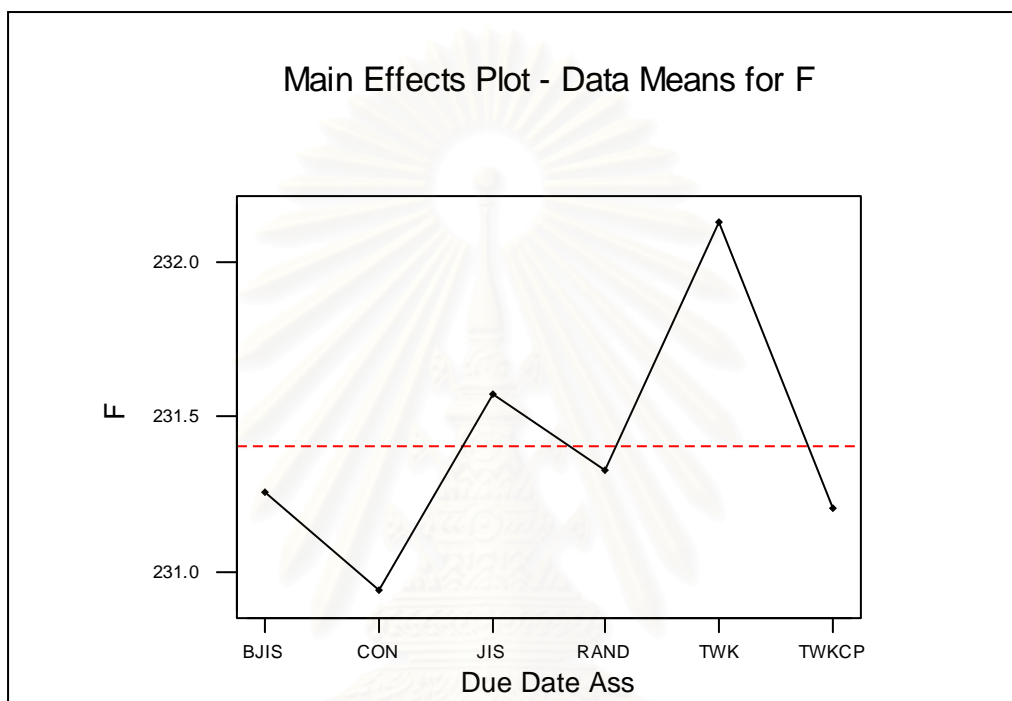


รูปที่ 5-86 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบน

จากรูปที่ 5-86 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบเบนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยใช้กฎ LF สามารถให้ระยะเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนกฎที่ให้ค่าระยะเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN แต่อย่างไรก็ตามเมื่อ

พิจารณาจากสเกลของค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานที่ต่างกัันนั้น พบว่าไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยในระบบมากนัก

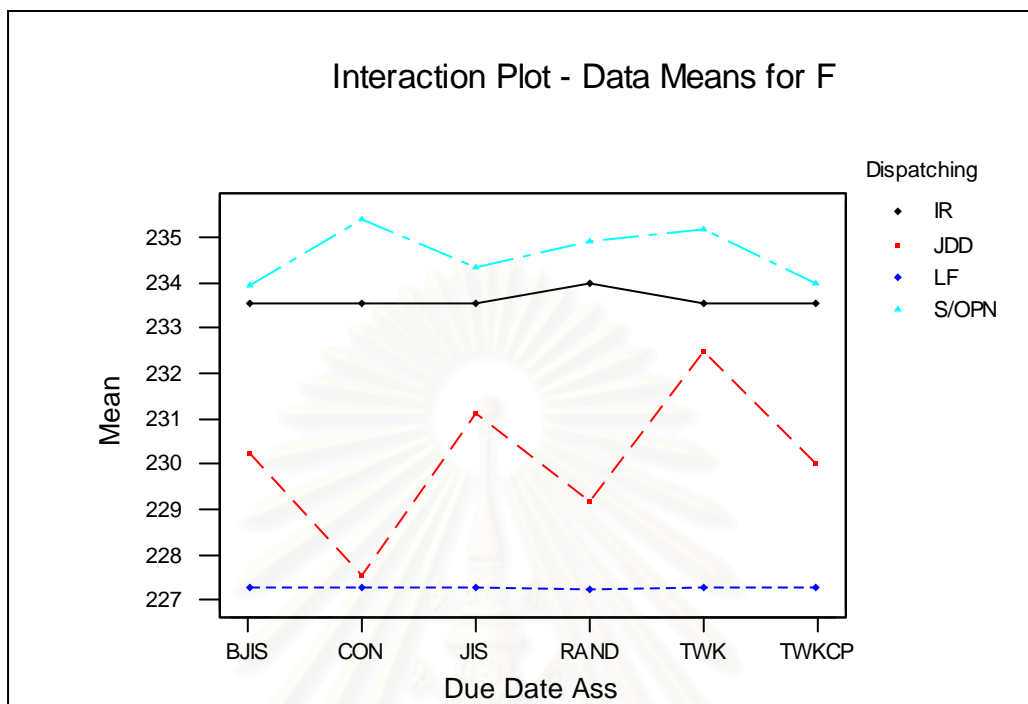
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-87 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ซึ่งในที่นี้ความแตกต่างจะมาจากผลของการใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN เท่านั้น เนื่องมาจากกฎการจ่ายงานแบบ IR และ LF นั้น ไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 5-87 พบว่า กฎ CON สามารถให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งตรงข้ามกับกฎ TWK ที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานที่ค่อนข้างสูง ส่วนกฎ TWKCP ซึ่งมีการใช้ข้อมูลทางด้านสายงานวิกฤติ (Critical Path) นั้นให้ค่าเวลาการไหลของงานในระดับที่ค่อนข้างต่ำ

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-88 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย ดังรูปที่ 5-88 พบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่เท่ากันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องจากกฎ LF นั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน และพบว่ากฎ LF เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำกฎการจ่ายงานแบบ JDD มาใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON แล้ว พบว่าสามารถให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ดี โดยมีค่าใกล้เคียงกับการนำกฎการจ่ายงานแบบ LF มาใช้ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และข้อสังเกตที่เห็นได้ชัดอีกด้านก็คือ กฎ S/OPN นั้นให้ค่าเวลาการไหลของงานที่สูง และให้ค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-22 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
LF-RAND	227.22
LF-CON	227.27
LF-TWK	227.27
LF-TWKCP	227.27
LF-JIS	227.27
LF-BJIS	227.27
JDD-CON	227.53
JDD-RAND	229.19
JDD-TWKCP	230.02
JDD-BJIS	230.23
JDD-JIS	231.10
JDD-TWK	232.48
IR-CON	233.57
IR-TWK	233.57
IR-TWKCP	233.57
IR-JIS	233.57
IR-BJIS	233.57
S/OPN-BJIS	233.96
S/OPN- TWKCP	233.97
IR-RAND	233.98
S/OPN-JIS	234.35
S/OPN- RAND	234.94
S/OPN-TWK	235.20
S/OPN-CON	235.39

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5-22 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาการไหลโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งสำหรับกฎ LF นั้นจะให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับทุกๆ กฎในการกำหนดเวลาส่งมอบ ในขณะที่กฎ JDD นั้นจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกับกฎ LF ก็ต่อเมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาในการส่งมอบแบบ CON RAND และ TWKCP และโดยการจัดลำดับงานตามกฎ IR และกฎ S/OPN นั้น จะพบว่าไม่มีความต่างกันของผลทางด้านเวลาการไหลของงานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งกฎ IR และกฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุด

### 5.3.1.2 การวิเคราะห์เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

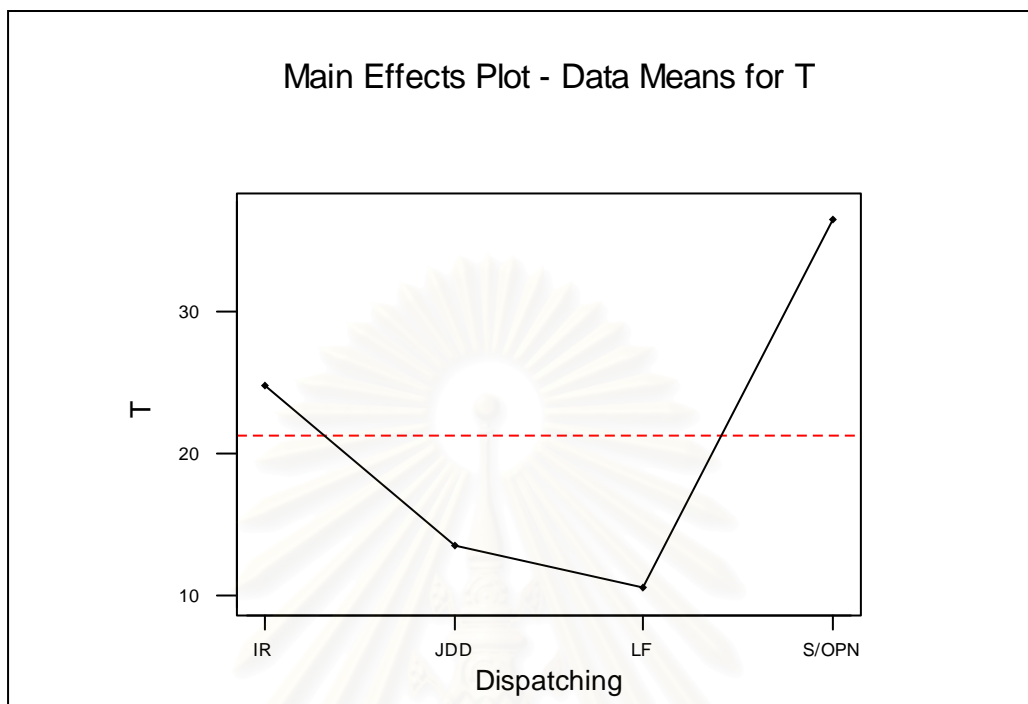
##### Two-way ANOVA: T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	25004.5	8334.8	198.92	0.000
Due Date	5	5474.0	1094.8	26.13	0.000
Interaction	15	1827.1	121.8	2.91	0.000
Error	216	9050.7	41.9		
Total	239	41356.3			

รูปที่ 5-89 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยหลัก ทั้งสอง ซึ่ง ได้แก่ กฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบรวมถึงปฏิภริยาร่วมระหว่างสองปัจจัยดังกล่าว ส่งผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

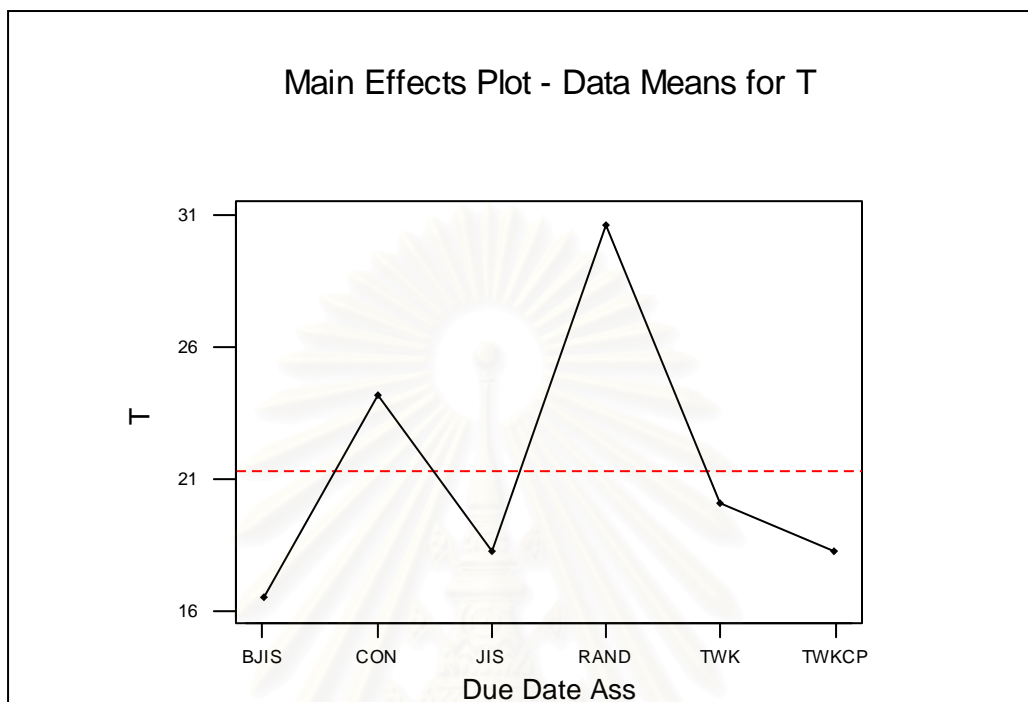


รูปที่ 5-90 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาลำช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-90 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ JDD และ LF สามารถให้ค่าระยะเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ดี โดยกฎ LF จะให้ค่าระยะเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนกฎที่ให้ค่าระยะเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่กฎ S/OPN

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

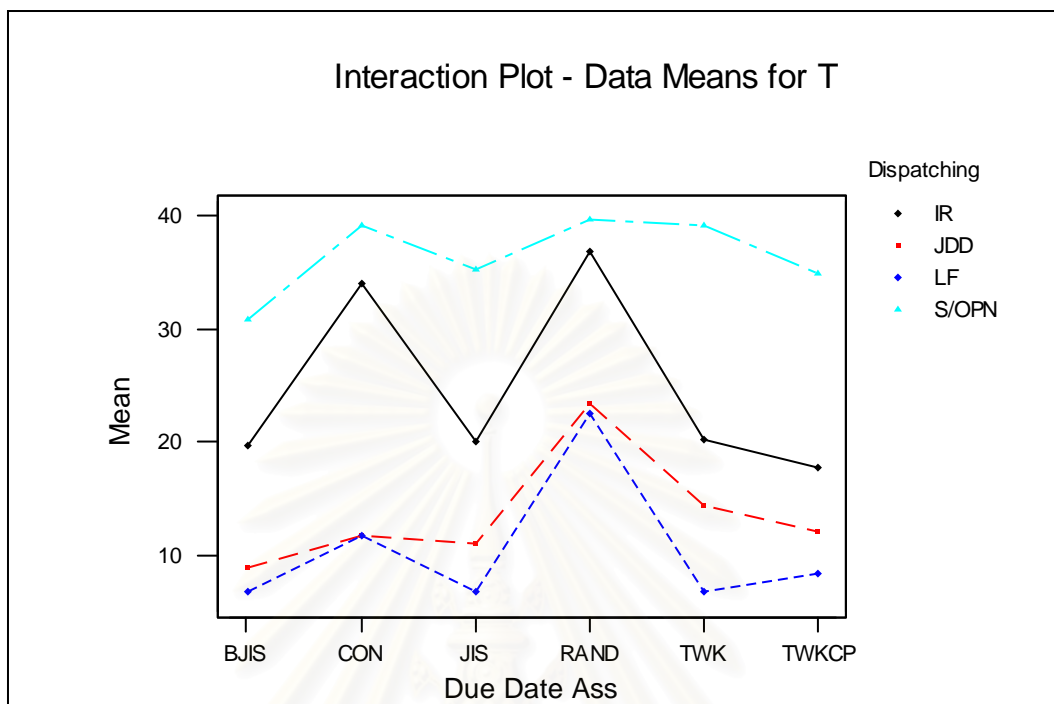


รูปที่ 5-91 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ดังกราฟรูปที่ 5-91 พบว่าการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ BJIS ซึ่งเป็นกฎที่ใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานและข้อมูลทางด้านสถานภาพของระบบนั้น ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ดีที่สุดอย่างไรก็ตามพบว่ากฎ TWK และกฎ TWKCP ซึ่งเป็นกฎที่ใช้เพียงข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานในการกำหนดเวลาส่งมอบนั้น กลับให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำใกล้เคียงกับกฎ JIS เช่นเดียวกัน โดยมีกฎการกำหนดเวลาส่งมอบจากภายนอก คือ โดยวิธีการสุ่ม (RAND) และการกำหนดเวลาส่งมอบโดยค่าคงที่ (CON) ที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดตามลำดับ



## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-92 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณากราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-92 พบว่าค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่เกิดจากการจัดลำดับงานตามกฎ JDD และกฎ LF นั้นมีแนวโน้มของการให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่คล้ายคลึงกันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยพบว่าทั้งสองกฎจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ JIS แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP พบว่าจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำเช่นเดียวกันกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ JIS เมื่อใช้ร่วมกับการจัดลำดับงานตามกฎ LF เท่านั้น โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ที่ยังคงให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-23 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
 เวลาทำงานของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
LF-BJIS	6.77
LF-JIS	6.79
LF-TWK	6.79
LF-TWKCP	8.35
JDD-BJIS	8.88
JDD-JIS	10.99
JDD-CON	11.82
LF-CON	11.82
JDD-TWKCP	12.02
JDD-TWK	14.35
IR-TWKCP	17.75
IR-BJIS	19.68
IR-JIS	20.12
IR-TWK	20.19
LF-RAND	22.56
JDD-RAND	23.38
S/OPN-BJIS	30.72
IR-CON	33.97
S/OPN-TWKCP	34.83
S/OPN-JIS	35.23
IR-RAND	36.73
S/OPN-TWK	39.08
S/OPN-CON	39.12
S/OPN-RAND	39.58

จากตารางที่ 5-23 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกัน พบว่า กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งพบว่าให้ผลที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ทั้งสองกฎจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS ซึ่งจะให้ผลเช่นเดียวกับกฎ S/OPN ที่จะให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่ากฎ LF และกฎ JDD นั้นจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ยกเว้นกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND ซึ่งจะให้ค่าที่แตกต่างจากกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ ซึ่งให้ผลในลักษณะเดียวกันสำหรับกฎการจ่ายงานทั้งสอง อีกทั้งยังพบว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในทุกๆ กฎการจ่ายงาน และเมื่อพิจารณากฎการจ่ายงานแบบ S/OPN จะพบว่าเป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดและให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ส่วนกฎ IR นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในกรณีที่กำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND โดยกฎ IR นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

### 5.3.1.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

##### Two-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

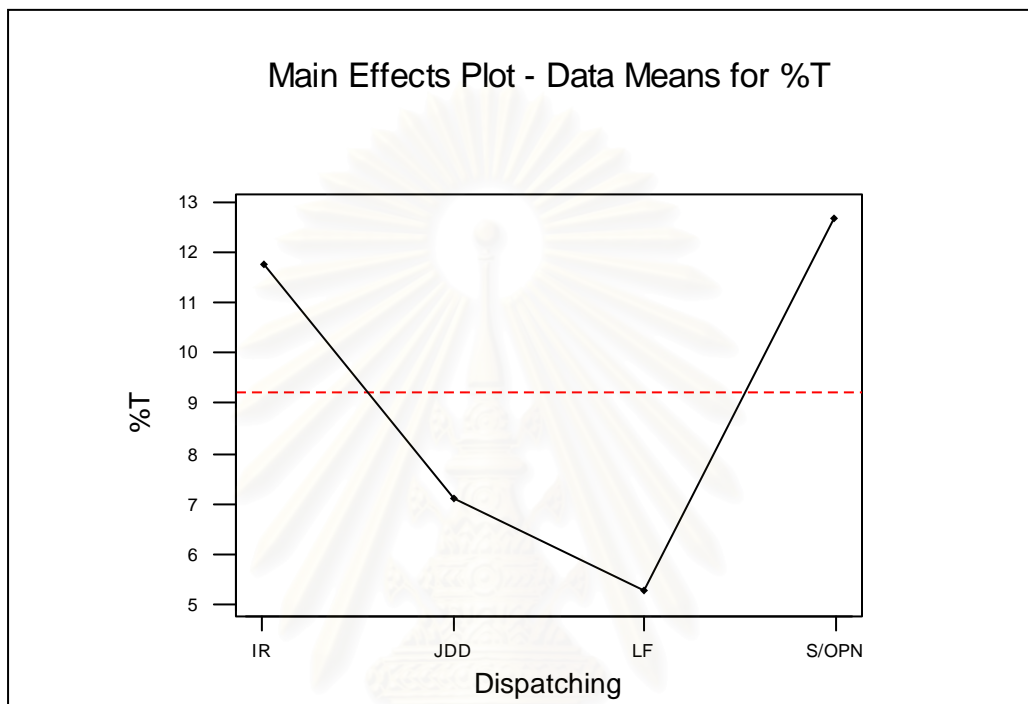
Analysis of Variance for %T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	2313.9	771.3	57.84	0.000
Due Date	5	11560.3	2312.1	173.38	0.000
Interaction	15	1914.0	127.6	9.57	0.000
Error	216	2880.4	13.3		
Total	239	18668.6			

รูปที่ 5-93 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมี

นัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่า ผลรวมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

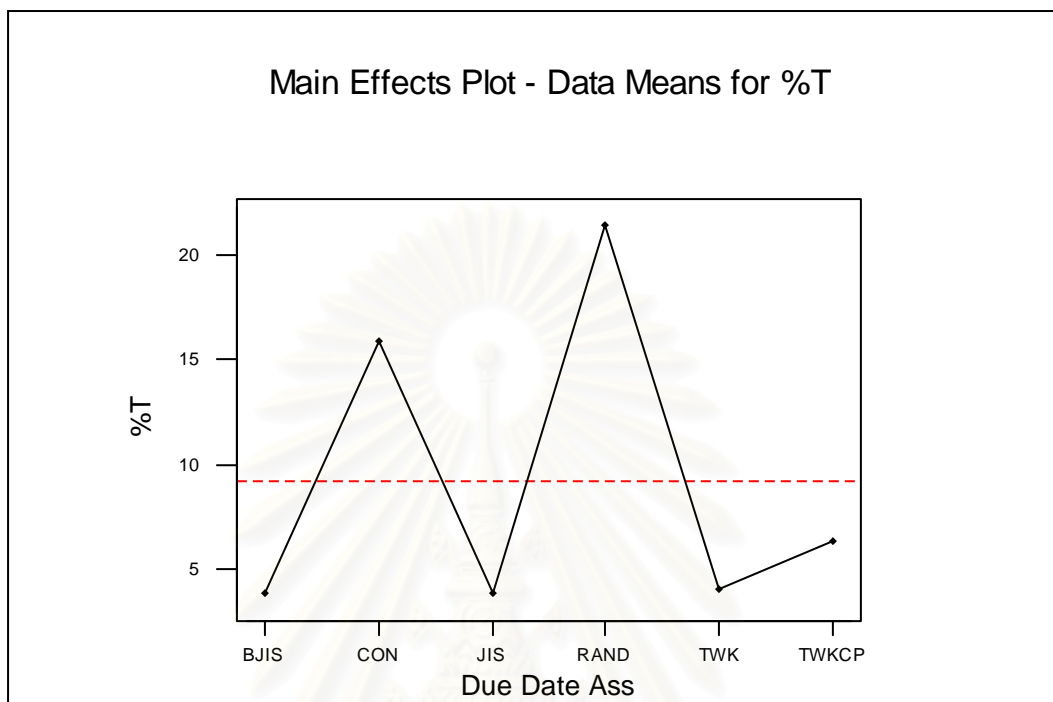


รูปที่ 5-94 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-94 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ LF สามารถให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด ส่วนกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดได้แก่ กฎ S/OPN และกฎ IR ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

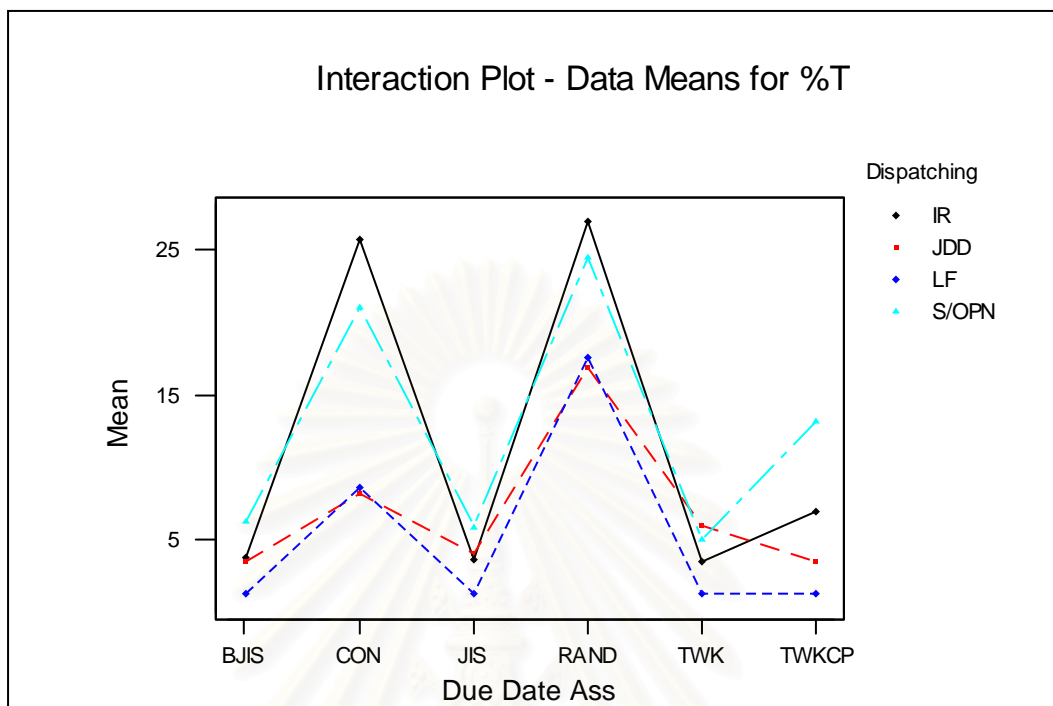


รูปที่ 5-95 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน ดังกราฟรูปที่ 5-95 พบว่าประสิทธิภาพของกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK JIS และ BJIS จะแสดงออกมาในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน นั่นคือ สามารถให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำ ส่วนกฎ CON และกฎ RAND กลับให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-96 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-96 พบว่าการจัดลำดับงานตามกฎ JDD และกฎ LF นั้น ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยรวมที่ต่ำกว่าการจัดลำดับงานตามกฎ S/OPN และกฎ IR โดยภาพรวมเป็นไปในทิศทางเดียวกันเมื่อกฎการกำหนดเวลาส่งมอบเปลี่ยนไป ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกฎในการจัดลำดับงานทั้งหมดจะสามารถเห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า อันเนื่องมาจากกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกัน โดยจะเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าค่าที่แปรเปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัดเมื่อกฎการกำหนดเวลาส่งมอบถูกเปลี่ยนไป โดยกฎ LF จะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS BJIS TWK และ TWKCP ส่วนกฎ JDD จะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS BJIS และ TWKCP เท่านั้น ในส่วนของกฎ S/OPN และกฎ IR นั้นพบว่าให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่สูงมากเมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-24 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
↑ LF-JIS	1.34
LF-BJIS	1.34
LF-TWK	1.34
LF-TWKCP	1.36
↑ JDD-BJIS	3.58
IR-TWK	3.59
JDD-TWKCP	3.60
IR-JIS	3.68
IR-BJIS	3.82
JDD-JIS	4.16
S/OPN-TWK	5.10
S/OPN-JIS	5.97
JDD-TWK	6.09
↓ S/OPN-BJIS	6.32
IR-TWKCP	7.01
↑ JDD-CON	8.26
↓ LF-CON	8.59
↓ S/OPN-TWKCP	13.15
↑ JDD-RAND	16.89
↓ LF-RAND	17.61
↑ S/OPN-CON	21.00
S/OPN-RAND	24.47
IR-CON	25.70
↓ IR-RAND	26.84

จากตารางที่ 5-24 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในช่วงกว้างของลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้ามีค่าต่ำที่สุดได้แก่กฎ LF และ JDD โดยจะให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อกฎการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS TWK และ TWKCP อีกทั้งยังรวมถึงกฎการจ่ายงานแบบ IR และ S/OPN ซึ่งทั้งสองกฎจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ไม่แตกต่างกันกับกฎ LF และ JDD ต่อเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK JIS และ BJIS เท่านั้น นอกจากนี้จะพบว่า สำหรับทุกกฎการจ่ายงานจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND ตามลำดับ โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับกฎการจ่ายงานแบบ IR และ S/OPN จะพบว่าทำให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด

#### 5.3.1.4 การวิเคราะห์ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

#### Two-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for MAL

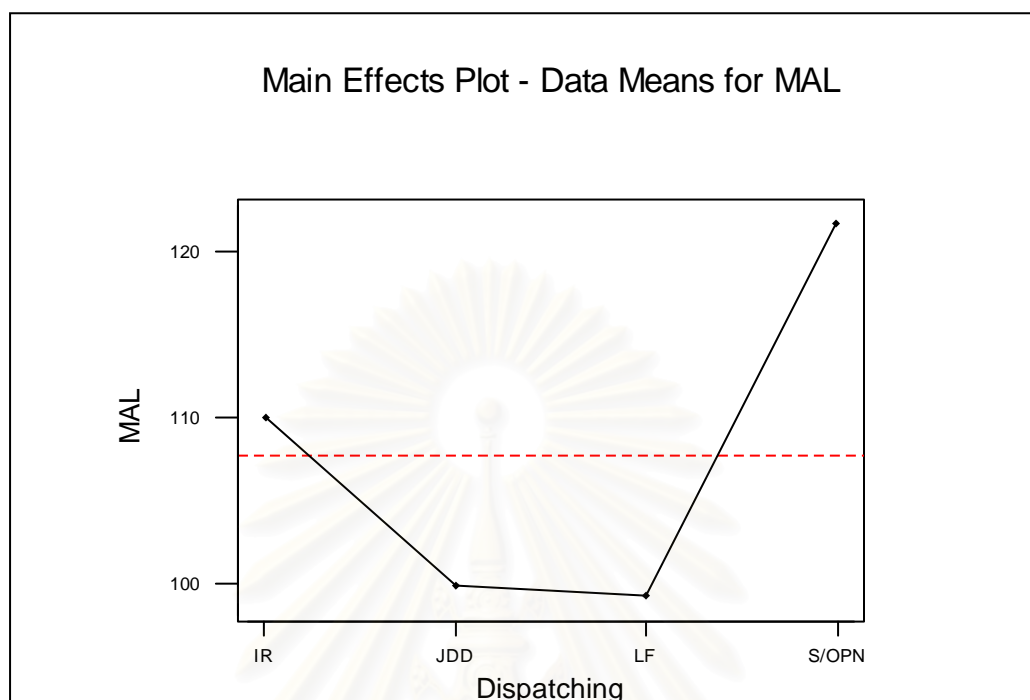
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	19881.8	6627.3	104.19	0.000
Due Date	5	346319.1	69263.8	1088.94	0.000
Interaction	15	2589.6	172.6	2.71	0.001
Error	216	13739.1	63.6		
Total	239	382529.6			

รูปที่ 5-97 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ในชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน



## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

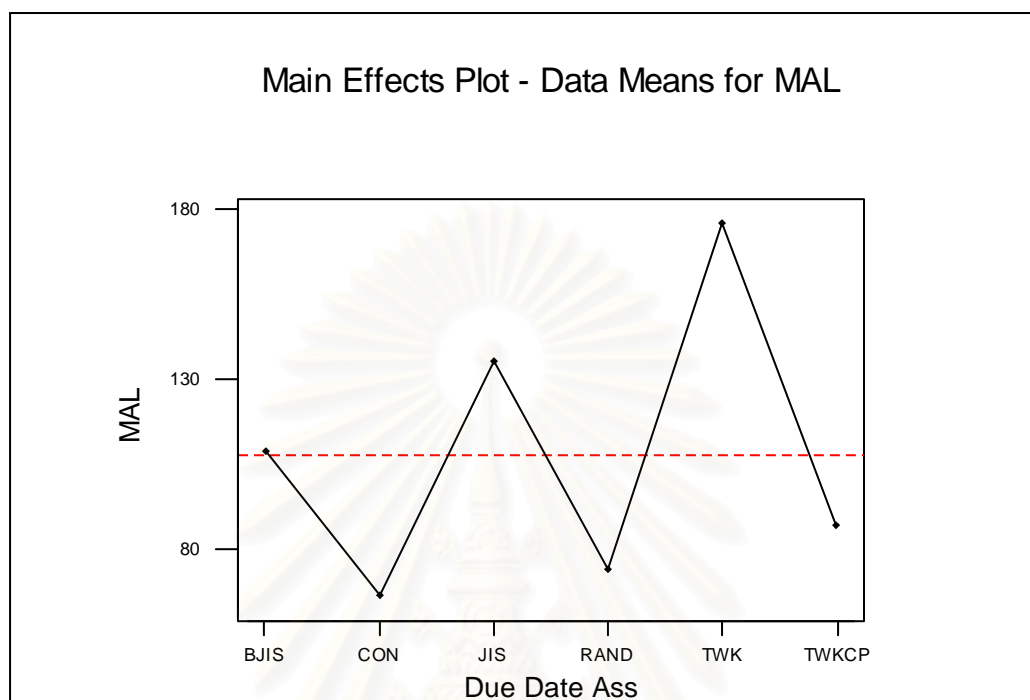


รูปที่ 5-98 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-98 จะพบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF และกฎ JDD ตามลำดับ โดยทั้งสองกฎให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ส่วนกฎ S/OPN พบว่าให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

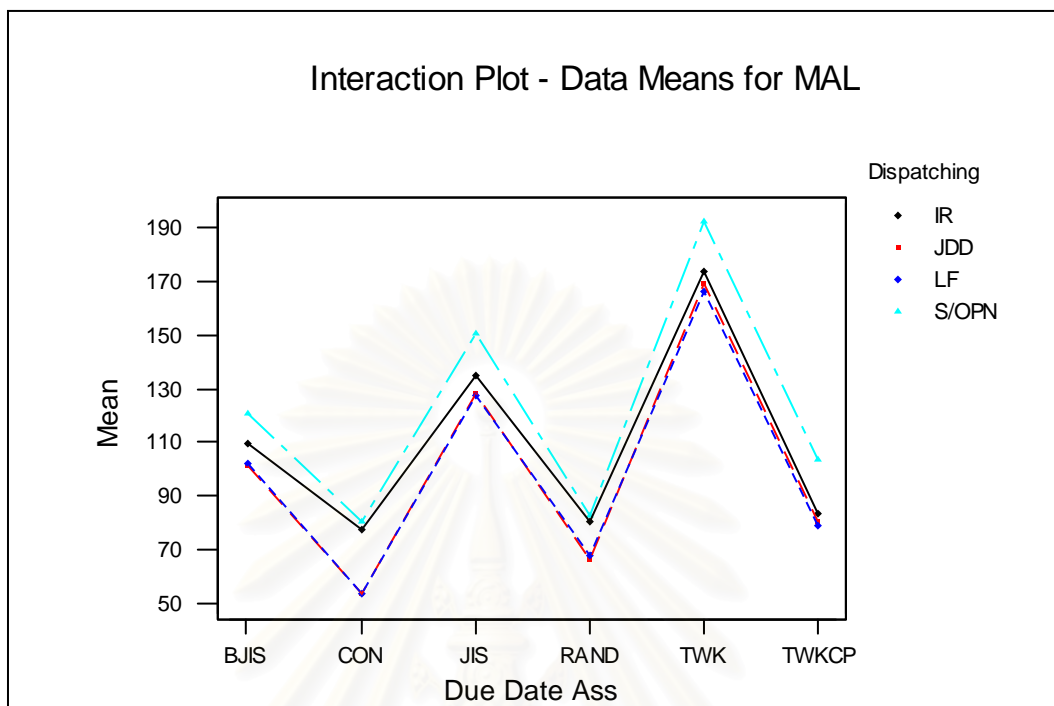
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-99 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน ดังกราฟรูปที่ 5-99 พบว่ากฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ CON และกฎ RAND ตามลำดับ ส่วนกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ กฎ TWK ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าในการวิเคราะห์ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า นั้น พบว่ากฎ TWK ถือเป็นกฎที่ให้ค่าประสิทธิภาพทั้งสองด้านนี้ในระดับที่ดี แต่กลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงมาก นั่นหมายความว่ากฎ TWK ถือว่ากำหนดเวลาส่งมอบได้ไม่แม่นยำนักและน่าจะเป็นกฎที่ให้เวลาเสร็จสิ้นก่อนกำหนดของงาน (Earliness) ที่สูง แต่ให้เวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) ที่ต่ำ

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-100 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-100 พบว่าผลของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดยจะเห็นได้ว่าการจัดลำดับงานตามกฎ JDD และกฎ LF นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยที่เท่ากันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และยังเป็นกฎที่ทำให้ได้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดทั้งคู่ เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND อีกทั้งจะเห็นได้ว่ากฎการจ่ายงานแต่ละกฎนั้นจะให้แนวโน้มของค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยเป็นไปในทิศทางเดียวกันเมื่อใช้กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบเดียวกัน โดยมีกฎ S/OPN ซึ่งโดยภาพรวมจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-25 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
JDD-CON	53.29
LF-CON	53.69
JDD-RAND	66.30
LF-RAND	67.32
IR-CON	77.51
LF-TWKCP	79.17
S/OPN-CON	80.07
JDD-TWKCP	80.34
IR-RAND	80.55
S/OPN-RAND	82.53
IR-TWKCP	83.45
JDD-BJIS	101.57
LF-BJIS	102.06
S/OPN-TWKCP	103.52
IR-BJIS	109.43
S/OPN-BJIS	121.07
LF-JIS	127.27
JDD-JIS	128.24
IR-JIS	135.03
S/OPN-JIS	150.47
LF-TWK	166.27
JDD-TWK	169.59
IR-TWK	174.10
S/OPN-TWK	192.21

จากตารางที่ 5-25 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกัน โดยพบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD ที่มีการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND รวมถึงกฎ LF ที่มีการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON ด้วยเช่นกัน โดยสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ IR และ S/OPN นั้นก็จะได้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและ จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด เมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON ด้วยเช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าสำหรับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK และ JIS นั้น จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ตามลำดับสำหรับกฎการจ่ายงานทุกๆ แบบ โดยมีกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON RAND และ TWKCP ซึ่งจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่ดีตามลำดับสำหรับกฎการจ่ายงานทั้งหมด

### 5.3.1.5 การวิเคราะห์ค่าเวลารอคอยการประกอบของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

##### Two-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job A					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	22444.2	7481.4	747.35	0.000
Due Date	5	3110.9	622.2	62.15	0.000
Interaction	15	4124.7	275.0	27.47	0.000
Error	216	2162.3	10.0		
Total	239	31842.0			

รูปที่ 5-101 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

##### Two-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job B					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	33457.8	11152.6	290.62	0.000
Due Date	5	4153.8	830.8	21.65	0.000
Interaction	15	5456.2	363.7	9.48	0.000
Error	216	8289.0	38.4		
Total	239	51356.9			

รูปที่ 5-102 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

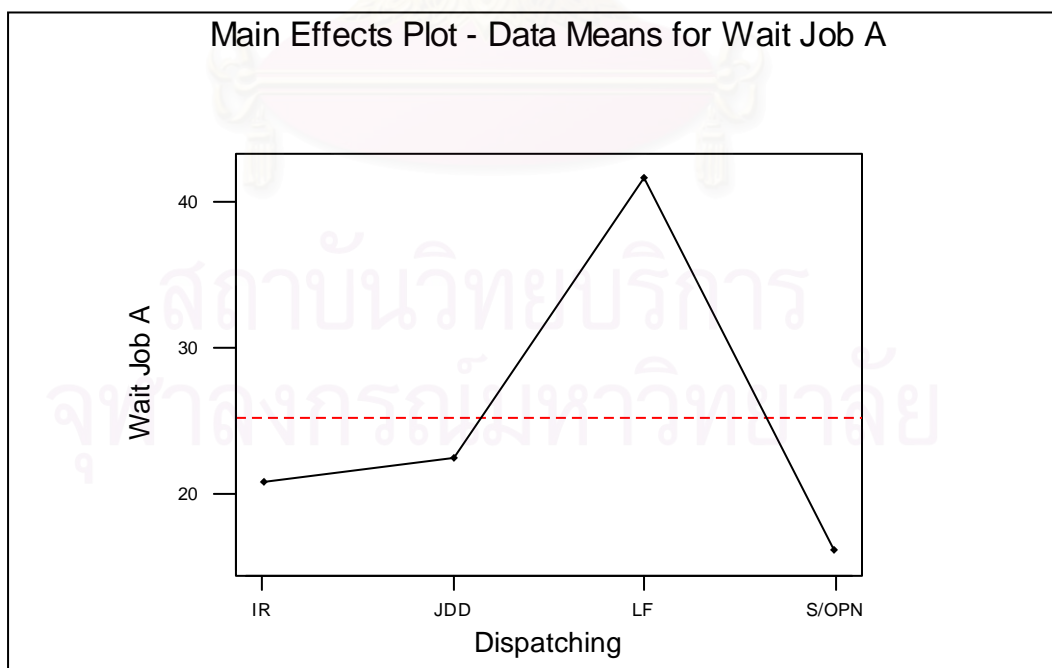
### Two-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job C					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	67580.4	22526.8	274.54	0.000
Due Date	5	9901.7	1980.3	24.14	0.000
Interaction	15	9892.0	659.5	8.04	0.000
Error	216	17723.2	82.1		
Total	239	105097.3			

รูปที่ 5-103 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure) โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ซึ่งพบว่าให้ผลในลักษณะเดียวกันในทุกๆ งาน

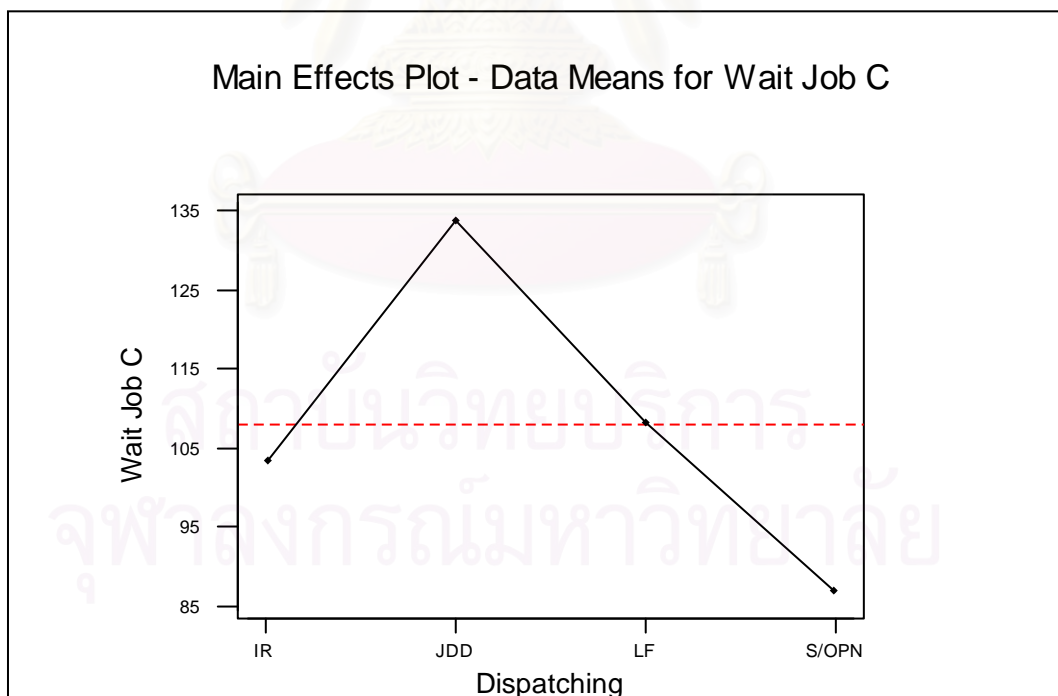
#### 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-104 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน



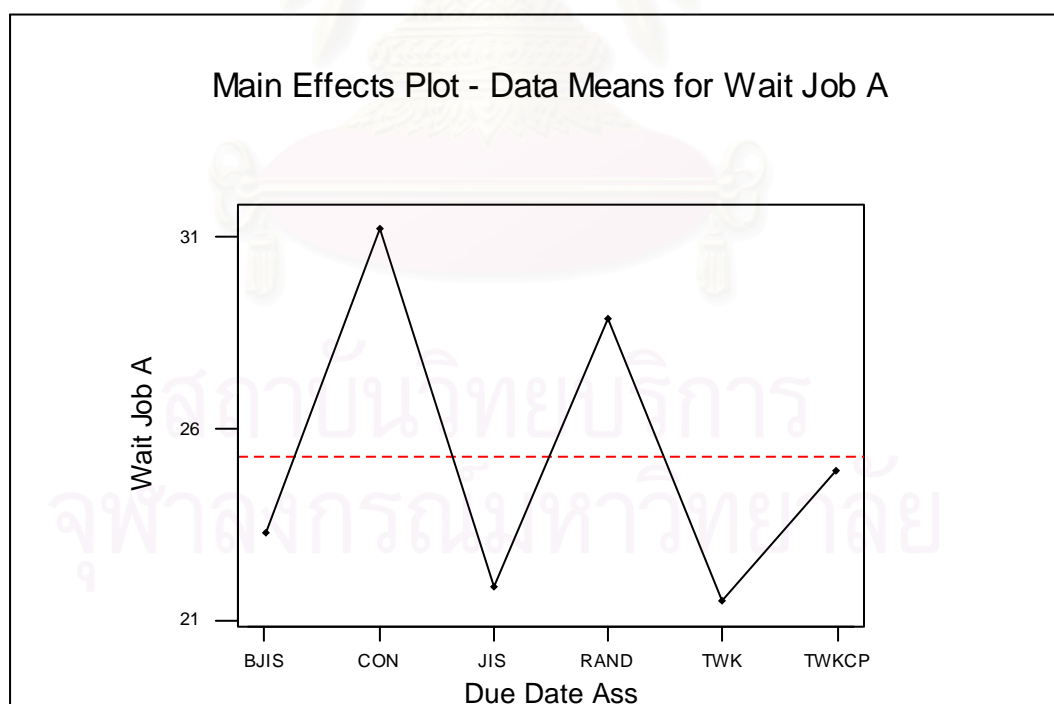
รูปที่ 5-105 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 5-106 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากรูปที่ 5-104 – 5-106 จะพบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน A และ C ได้แก่กฎ S/OPN โดยมีกฎ JDD และกฎ LF ที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน B ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองกฎจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก และเมื่อพิจารณาในด้านของค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย จะเห็นได้ว่างาน A นั้นมีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบที่สั้น เนื่องจากจำนวนของส่วนประกอบย่อยที่น้อยกว่าของงาน B และงาน C รวมไปถึงกฎการจ่ายงานที่นำมาใช้มีความเหมาะสมกับโครงสร้างผลิตภัณฑ์ของงาน A แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาระยะเวลาโดยเฉลี่ยในการรอคอยการประกอบของงาน B แล้วจะพบว่ามีความใกล้เคียงกันกับระยะเวลาโดยเฉลี่ยในการรอคอยการประกอบของงาน C เป็นอย่างมาก ทั้งๆที่จำนวนส่วนประกอบย่อยของงาน C นั้นมากกว่าจำนวนส่วนประกอบย่อยของงาน B เกือบเท่าตัว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่ไม่เหมาะสมกับโครงสร้างผลิตภัณฑ์ของงาน B และงาน C เนื่องจากกฎการจ่ายงานที่ดีนั้นจะส่งผลทำให้งานมีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบที่สั้น

### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

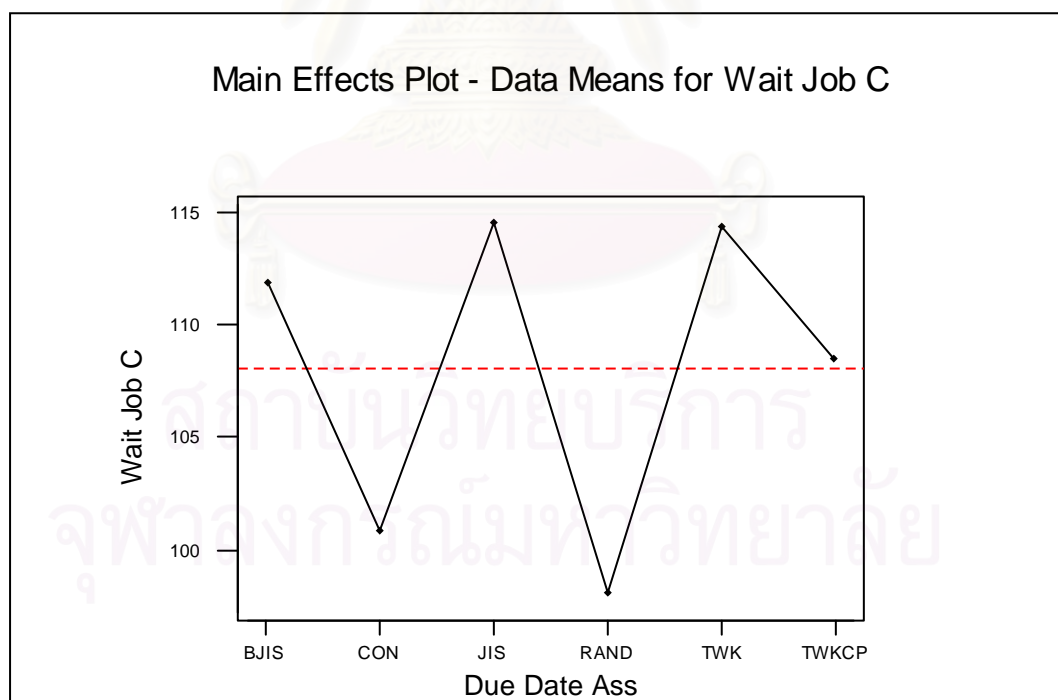


รูปที่ 5-107 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน





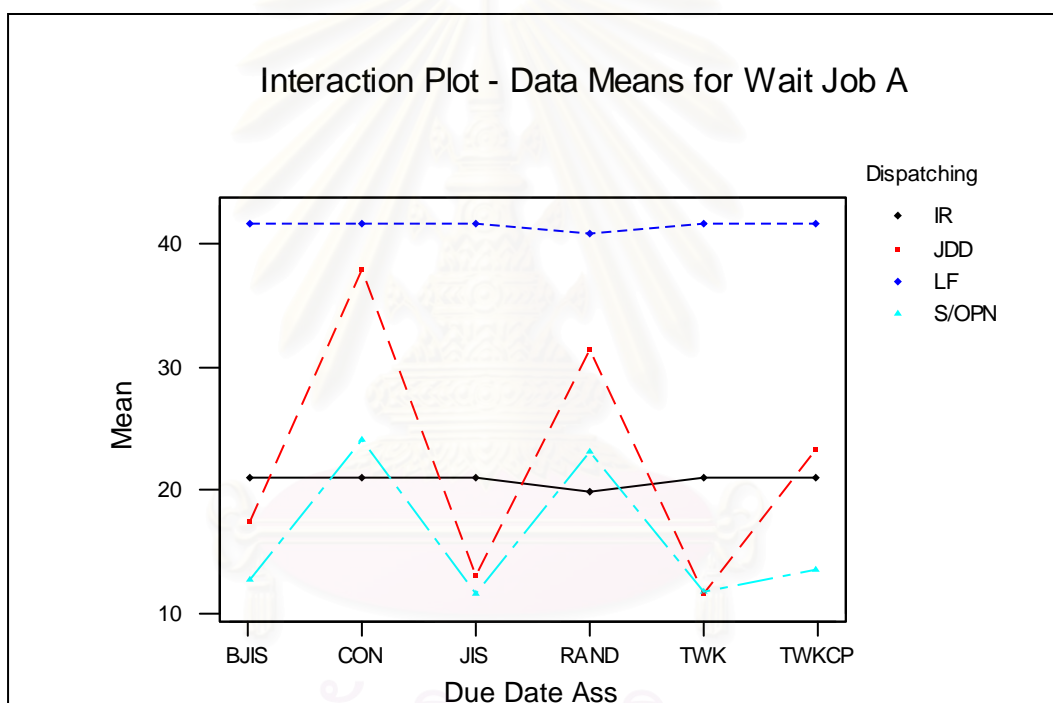
รูปที่ 5-108 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



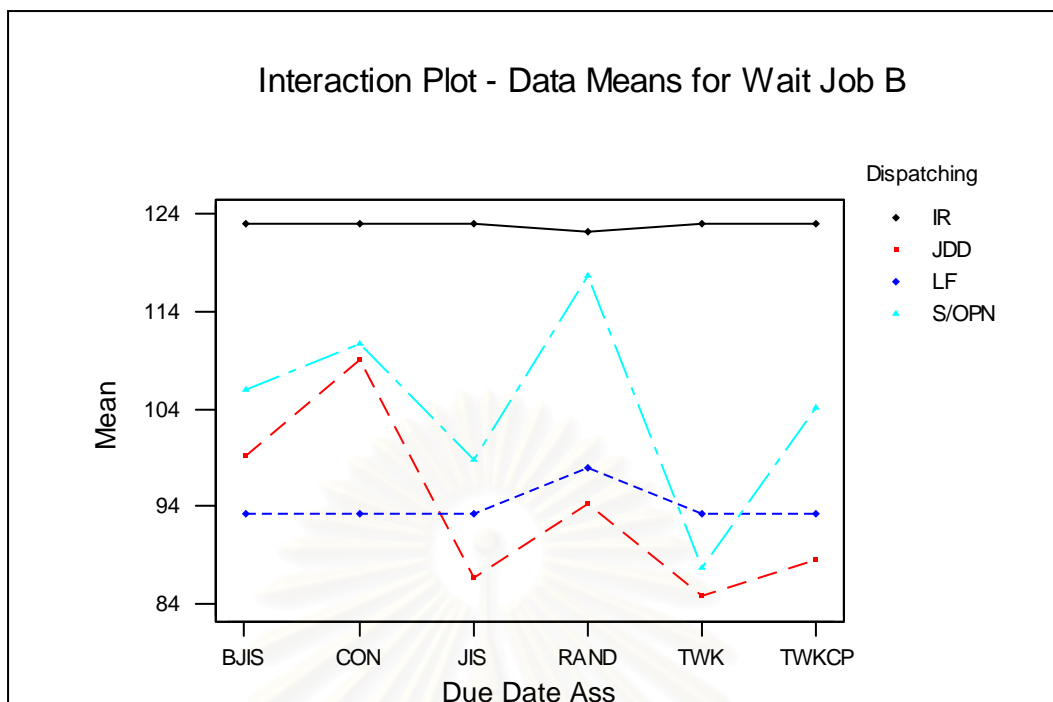
รูปที่ 5-109 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure) ดังกราฟรูปที่ 5-107 – 5-109 พบว่าสำหรับงาน A และ B กฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ TWK และกฎ JIS ตามลำดับ ส่วนกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่กฎ CON และ RAND ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าสำหรับงาน C แล้วกฎ CON และ RAND กลับเป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด และกฎ TWK และกฎ JIS จะเป็นกฎที่ทำให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด

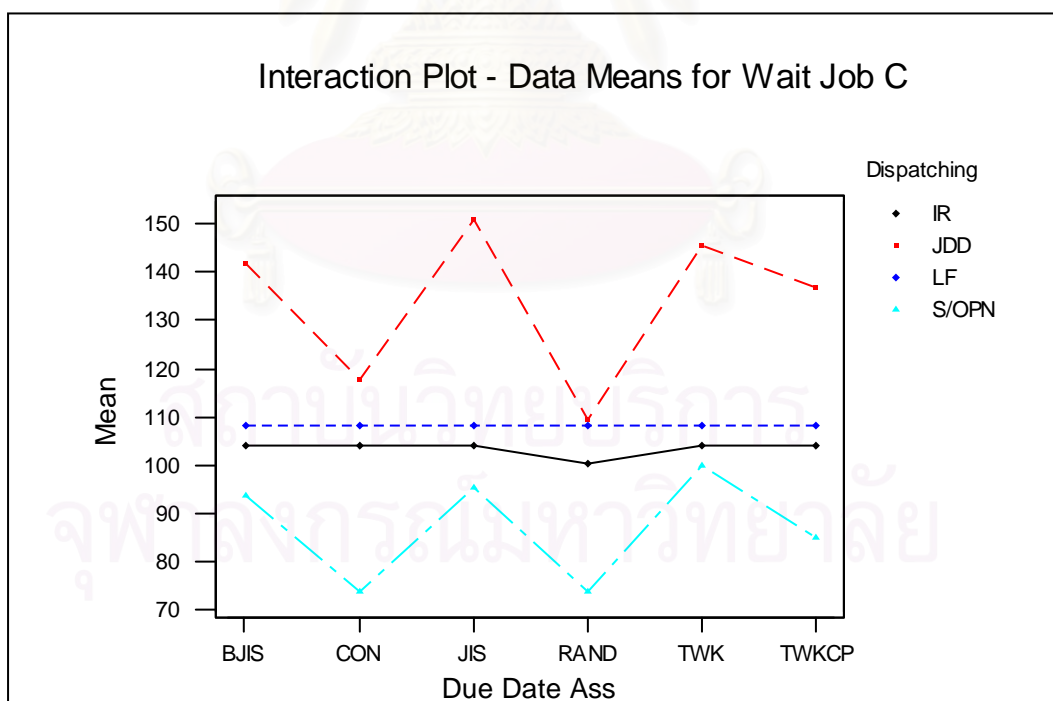
#### 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-110 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 5-111 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 5-112 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

เมื่อพิจารณารูปภาพของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-110 – 5-112 พบว่า ผลของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดยจะพบว่ากฎ JDD และกฎ S/OPN จะให้แนวโน้มของค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยเป็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับงาน ทุกงาน สำหรับงาน A เมื่อใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN ร่วมกับการกำหนดเวลาการส่งมอบแบบ BJIS JIS และ TWK จะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าต่ำที่สุด โดยที่กฎ S/OPN จะให้ค่าที่ต่ำกว่ากฎ JDD สำหรับงาน A และ C แต่จะกลายเป็นกฎที่ทำให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสำหรับงาน B ซึ่งสำหรับงาน B แล้วกฎการจ่ายงานแบบ JDD เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK JIS และ TWKCP จะเป็นกฎที่ทำให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด

นอกจากนี้สำหรับกฎ LF เมื่อพิจารณาที่งาน A และ C จะพบว่าให้ค่าเวลาที่การรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยที่งาน C เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND ร่วมกับการจ่ายงานตามกฎ S/OPN แล้วพบว่าจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาในด้านของระยะเวลาในการรอคอยการประกอบของงานทั้งหมดแล้วจะเห็นได้ว่างาน A เป็นงานที่มีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่สั้นที่สุด และมีงาน C ที่มีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบที่นานที่สุด

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-26 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
JDD-TWK	11.57
S/OPN-JIS	11.68
S/OPN-TWK	11.72
S/OPN-BJIS	12.82
JDD-JIS	13.09
S/OPN-TWKCP	13.60
JDD-BJIS	17.50
IR-RAND	19.87
IR-CON	21.01
IR-TWK	21.01
IR-TWKCP	21.01
IR-JIS	21.01
IR-BJIS	21.01
S/OPN- RAND	23.20
JDD-TWKCP	23.29
S/OPN-CON	24.09
JDD-RAND	31.49
JDD-CON	37.91
LF-RAND	40.84
LF-CON	41.65
LF-TWK	41.65
LF-TWKCP	41.65
LF-JIS	41.65
LF-BJIS	41.65

ตารางที่ 5-27 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
JDD-TWK	84.80
JDD-JIS	86.80
S/OPN-TWK	87.76
JDD-TWKCP	88.57
LF-CON	93.29
LF-TWK	93.29
LF-TWKCP	93.29
LF-JIS	93.29
LF-BJIS	93.29
JDD-RAND	94.35
LF-RAND	97.93
S/OPN-JIS	98.87
JDD-BJIS	99.29
S/OPN-TWKCP	104.23
S/OPN-BJIS	105.97
JDD-CON	109.00
S/OPN-CON	110.66
S/OPN- RAND	117.62
IR-RAND	122.15
IR-CON	122.98
IR-TWK	122.98
IR-TWKCP	122.98
IR-JIS	122.98
IR-BJIS	122.98

ตารางที่ 5-28 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

Flat Structure	
Rules	Mean
S/OPN-CON	73.77
S/OPN- RAND	73.95
S/OPN-TWKCP	85.10
S/OPN-BJIS	93.63
S/OPN-JIS	95.19
S/OPN-TWK	99.77
IR-RAND	100.51
IR-CON	103.92
IR-TWK	103.92
IR-TWKCP	103.92
IR-JIS	103.92
IR-BJIS	103.92
LF-CON	108.21
LF-TWK	108.21
LF-TWKCP	108.21
LF-JIS	108.21
LF-BJIS	108.21
LF-RAND	108.26
JDD-RAND	109.54
JDD-CON	117.66
JDD-TWKCP	136.84
JDD-BJIS	141.73
JDD-TWK	145.60
JDD-JIS	150.74

จากตารางที่ 5-26-5-28 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกัน โดยพบว่า กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ S/OPN เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK และ JIS ซึ่งจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การใช้กฎ S/OPN ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS และ TWKCP ก็จะให้ผลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับผลข้างต้นดังกล่าว และกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ LF ซึ่งจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และพบว่าให้ผลในลักษณะเดียวกันกับกฎการจ่ายงานแบบ IR เพียงแต่สำหรับกฎ IR นั้นจะให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

สำหรับงาน B กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ LF โดยสำหรับกฎ JDD นั้นจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK TWKCP JIS และ RAND ส่วนกฎ LF นั้นจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในทุกกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ IR ซึ่งจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ส่วนกฎ S/OPN จะให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK เท่านั้น ส่วนการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ จะให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง

ส่วนกฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON RAND และ TWKCP แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN นั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลจะเป็นเช่นเดียวกับกฎ JDD โดยกฎ JDD จะเป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ส่วนกฎ IR และกฎ LF นั้นจะให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยกฎทั้งสองจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างไปจากกฎ S/OPN ที่ใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS JIS TWK ด้วยเช่นกัน



## 5.3.2 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง (Tall Structure)

### 5.3.2.1 การวิเคราะห์เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

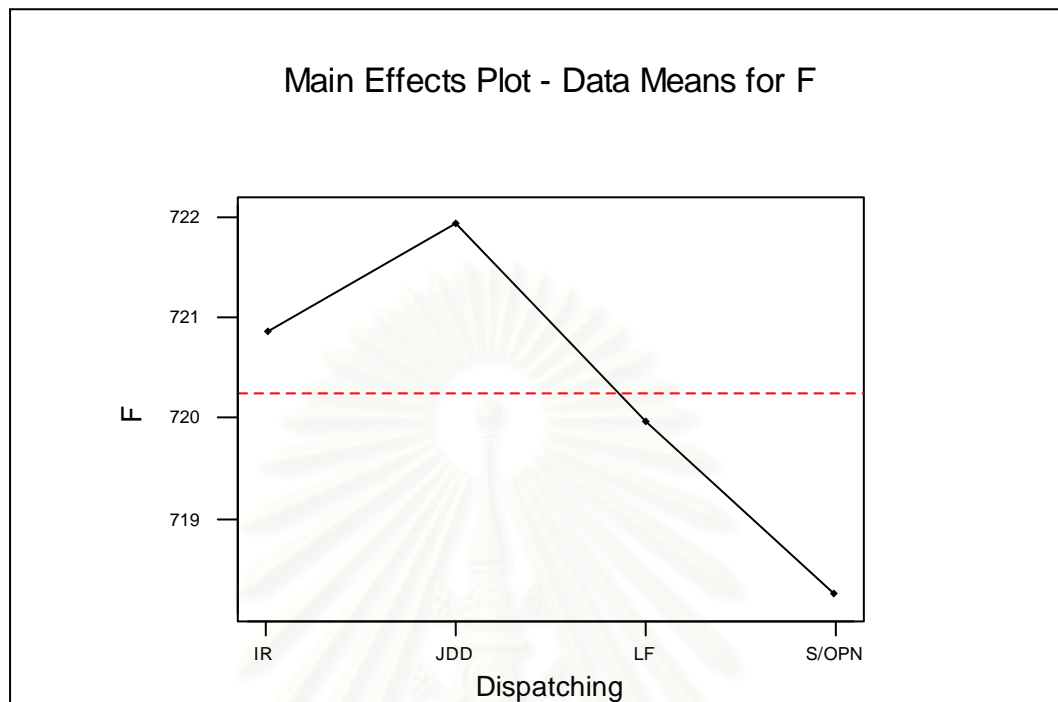
#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Two-way ANOVA: F versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules					
Analysis of Variance for F					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	439.1	146.4	11.01	0.000
Due Date	5	249.0	49.8	3.75	0.003
Interaction	15	380.5	25.4	1.91	0.024
Error	216	2871.4	13.3		
Total	239	3940.0			

รูปที่ 5-113 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง ดังรูปที่ 5-113 จะพบว่าปัจจัยหลักทั้งสองด้าน นั่นคือ กฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ต่างก็ส่งผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงปฏิกริยาร่วมระหว่างสองปัจจัยดังกล่าวก็ส่งผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

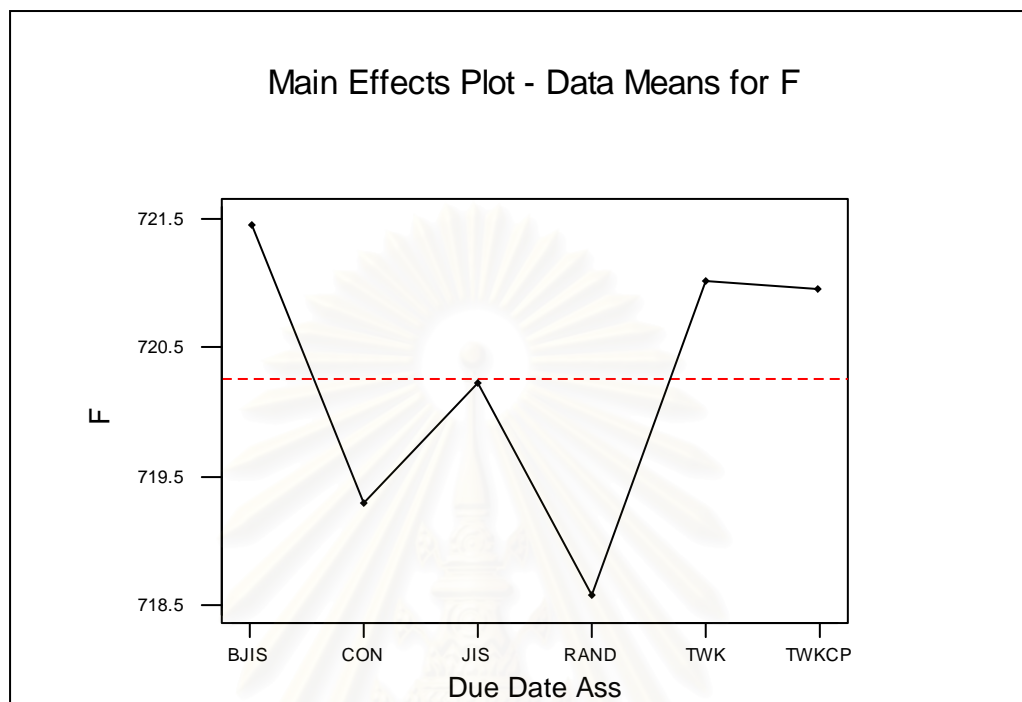


รูปที่ 5-114 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-114 พบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ส่วนกฎ JDD จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลความแตกต่างของค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เมื่อใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกันแล้วจะพบว่ามีความใกล้เคียงกันมาก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

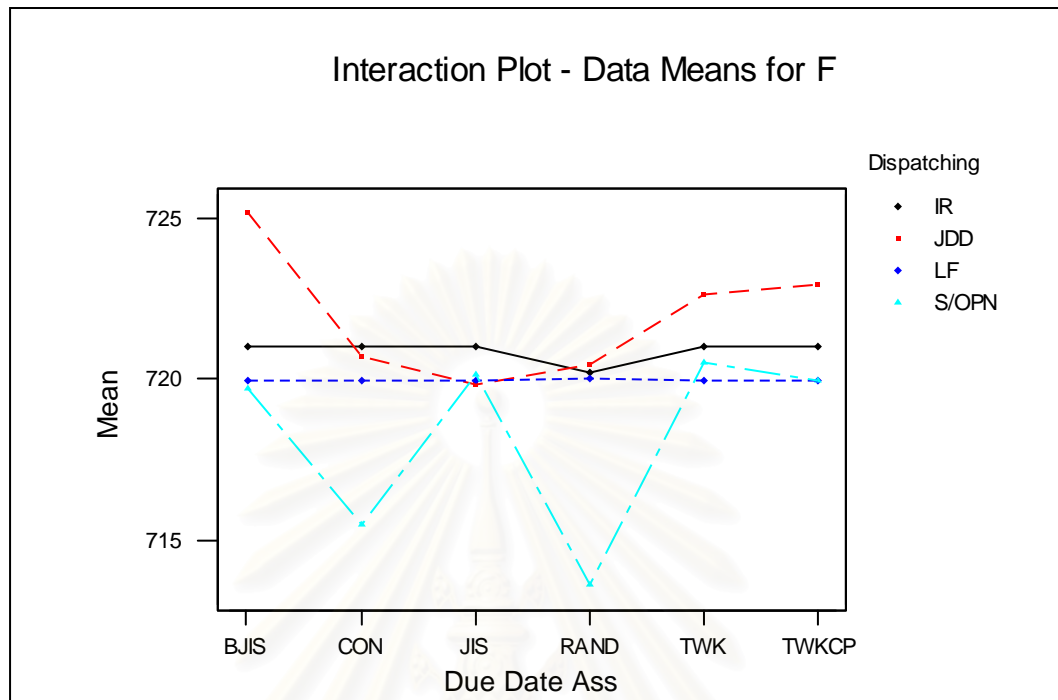
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-115 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-115 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง พบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ RAND นอกจากนี้พบว่ากฎ BJIS TWK และ TWKCP นั้นให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจากรูปกราฟจะเห็นได้ชัด มีการเปลี่ยนแปลงของค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการกำหนดเวลาการส่งมอบที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลค่าความแตกต่างของเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกลับพบว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-116 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-116 จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF นั้นให้ค่าที่เท่ากันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องมาจากกฎ LF นั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน โดยกฎ S/OPN จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยเฉพาะเมื่อนำมาใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-29 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
S/OPN-RAND	713.63
S/OPN-CON	715.53
S/OPN-BJIS	719.70
JDD-JIS	719.81
LF-TWK	719.96
LF-TWKCP	719.96
LF-JIS	719.96
LF-BJIS	719.96
LF-CON	719.96
S/OPN-TWKCP	719.97
LF-RAND	720.03
S/OPN-JIS	720.15
IR-RAND	720.19
JDD-RAND	720.46
S/OPN-TWK	720.52
JDD-CON	720.71
IR-CON	721.00
IR-TWK	721.00
IR-TWKCP	721.00
IR-JIS	721.00
IR-BJIS	721.00
JDD-TWK	722.62
JDD-TWKCP	722.90
JDD-BJIS	725.13

จากตารางที่ 5-29 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดได้แก่ กฎ S/OPN เมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND และ CON ส่วนกฎการจ่ายงานแบบ JDD LF และ IR นั้นจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และเมื่อพิจารณาค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากไม่ว่าจะใช้กฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบใดก็ตาม

### 5.3.2.2 การวิเคราะห์เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

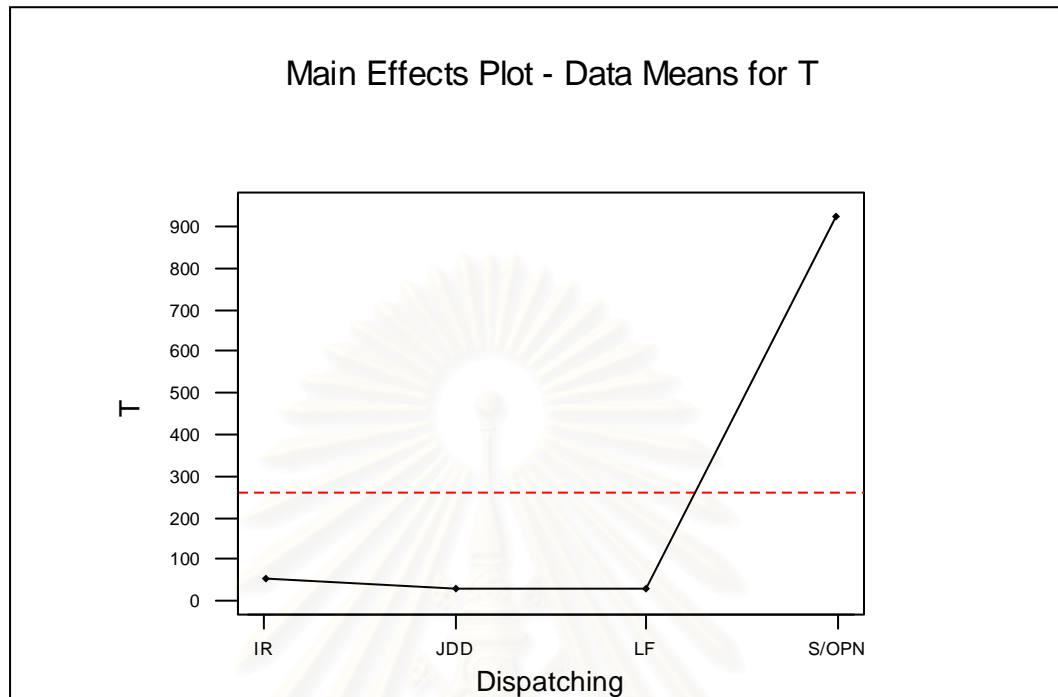
##### Two-way ANOVA: T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	35315893	11771964	93.29	0.000
Due Date	5	1147982	229596	1.82	0.110
Interaction	15	3207475	213832	1.69	0.054
Error	216	27257694	126193		
Total	239	66929044			

รูปที่ 5-117 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยในชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง โดยดูจากค่า P-Value จะพบว่าปัจจัยด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบและผลร่วมระหว่างสองปัจจัยนั้น ไม่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงทำให้กฎการจ่ายงานของเครื่องจักรเป็นปัจจัยเพียงตัวเดียวที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

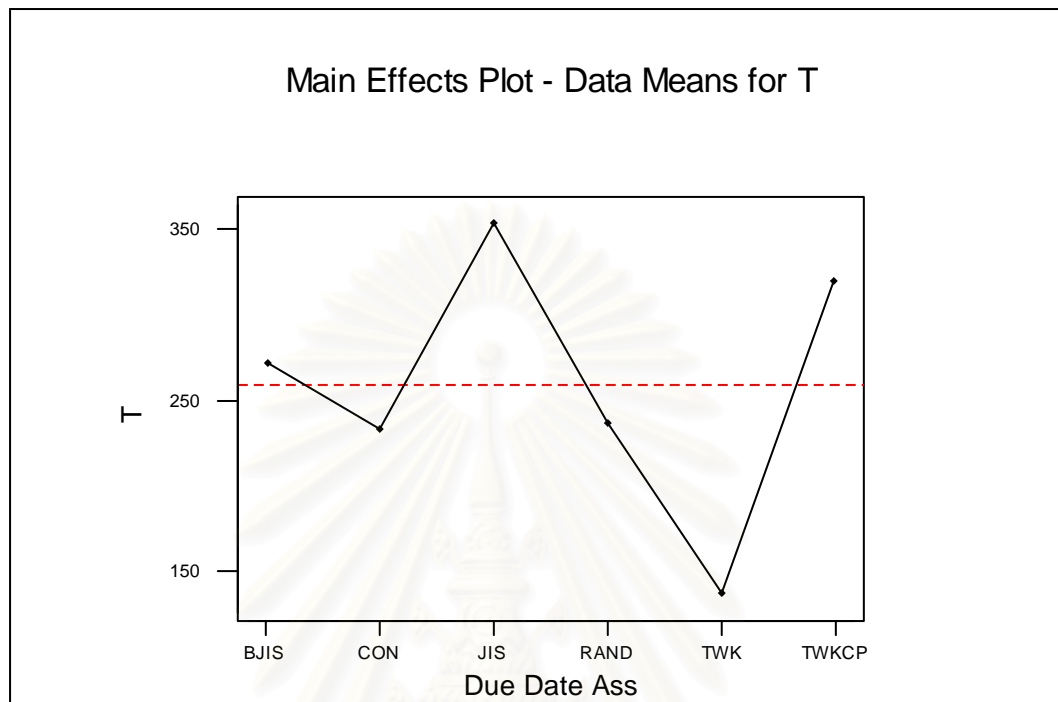


รูปที่ 5-118 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-118 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD LF และกฎ IR ซึ่งทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน และกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN โดยเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะพบว่า ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่มาจากการใช้กฎ JDD LF และกฎ IR ในการจัดลำดับงานนั้นมีค่าแตกต่างจากการใช้กฎ S/OPN ในการจัดลำดับงานเป็นอย่างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



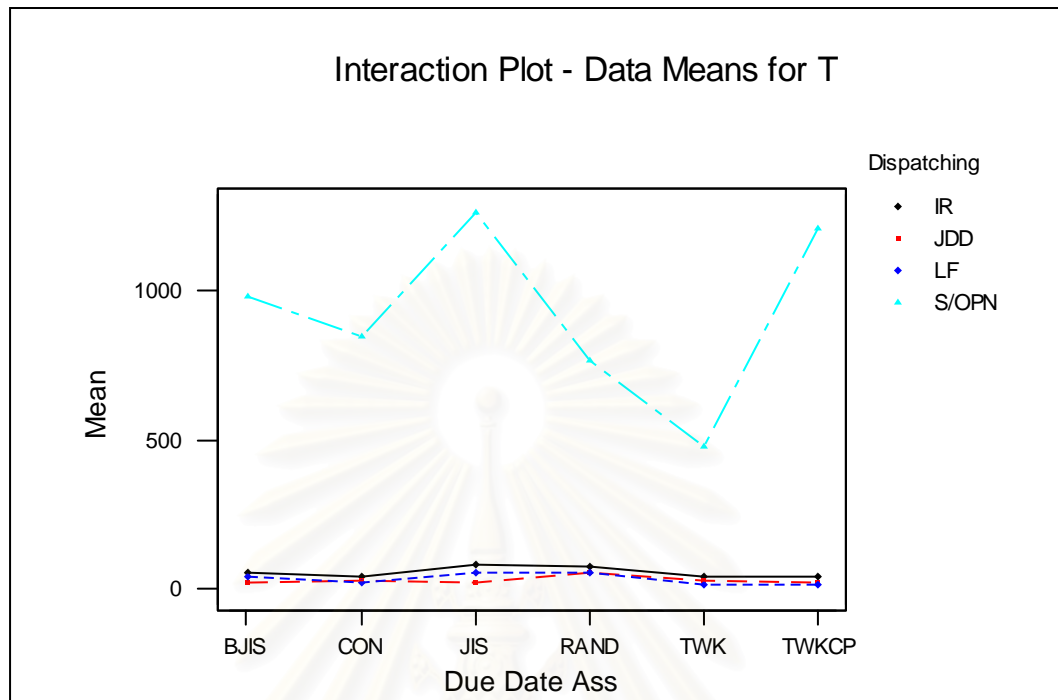
รูปที่ 5-119 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง พบว่ากฎ TWK ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ส่วนกฎ JIS และกฎ TWKCP กลับเป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานที่ค่อนข้างสูง และจะเห็นได้ว่าเกิดความแตกต่างของค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอย่างชัดเจนเมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-120 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาต่ำซ้ำของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณากราฟของความสัมพัทธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-120 จะพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาต่ำซ้ำของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD LF และกฎ IR ซึ่งทั้งสามกฎให้ค่าที่ใกล้เคียงกันในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาต่ำซ้ำของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยจะให้ค่าที่สูงมากเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ TWKCP

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-30 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
↑ LF-TWK	11.20
LF-TWKCP	11.52
JDD-JIS	18.95
LF-CON	19.37
JDD-TWKCP	21.56
JDD-BJIS	21.90
JDD-TWK	23.73
JDD-CON	29.28
IR-TWKCP	36.69
IR-TWK	36.99
LF-BJIS	37.33
IR-CON	40.92
IR-BJIS	50.26
LF-RAND	51.18
LF-JIS	53.92
JDD-RAND	56.07
IR-RAND	75.57
IR-JIS	77.14
↑ S/OPN-TWK	477.21
↑ S/OPN-RAND	763.78
S/OPN-CON	845.27
S/OPN-BJIS	979.41
↓ S/OPN-TWKCP	1210.37
↓ S/OPN-JIS	1262.19

จากตารางที่ 5-30 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ในกลุ่มเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD LF และ IR ซึ่งทั้งสามกฎจะค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยกฎ JDD จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS ส่วนกฎ LF และกฎ IR จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และมีค่าแตกต่างจากกฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ อยู่มากโดยเฉพาะเมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP และ JIS

### 5.3.2.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)

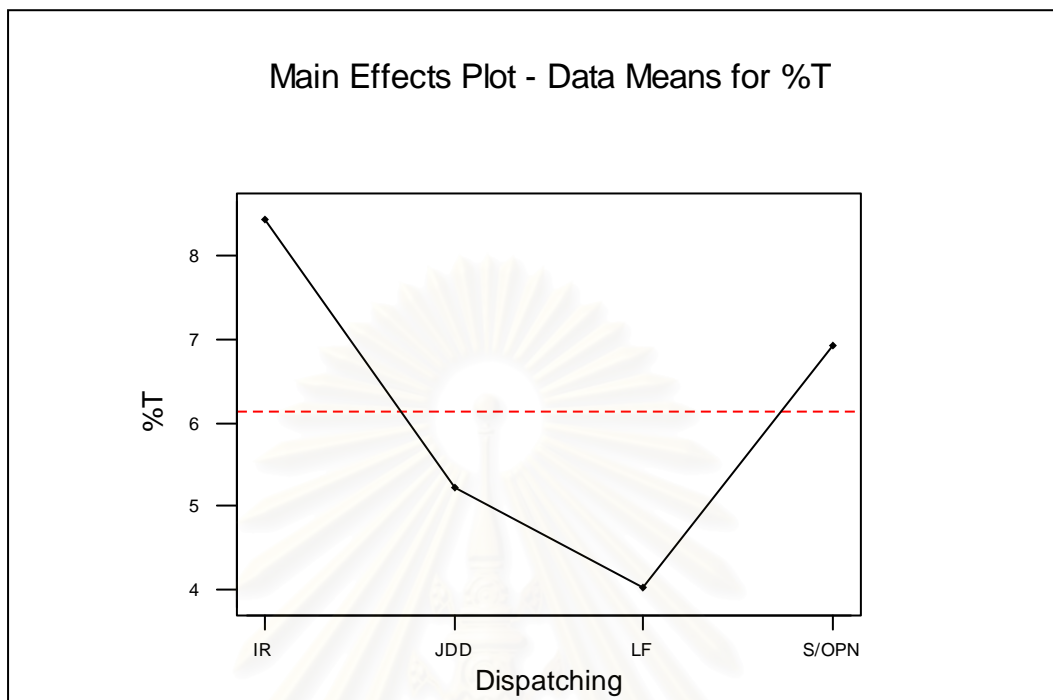
#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Two-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules					
Analysis of Variance for %T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	677.8	225.9	20.68	0.000
Due Date	5	4334.9	867.0	79.37	0.000
Interaction	15	913.7	60.9	5.58	0.000
Error	216	2359.5	10.9		
Total	239	8285.9			

รูปที่ 5-121 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่าผลรวมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

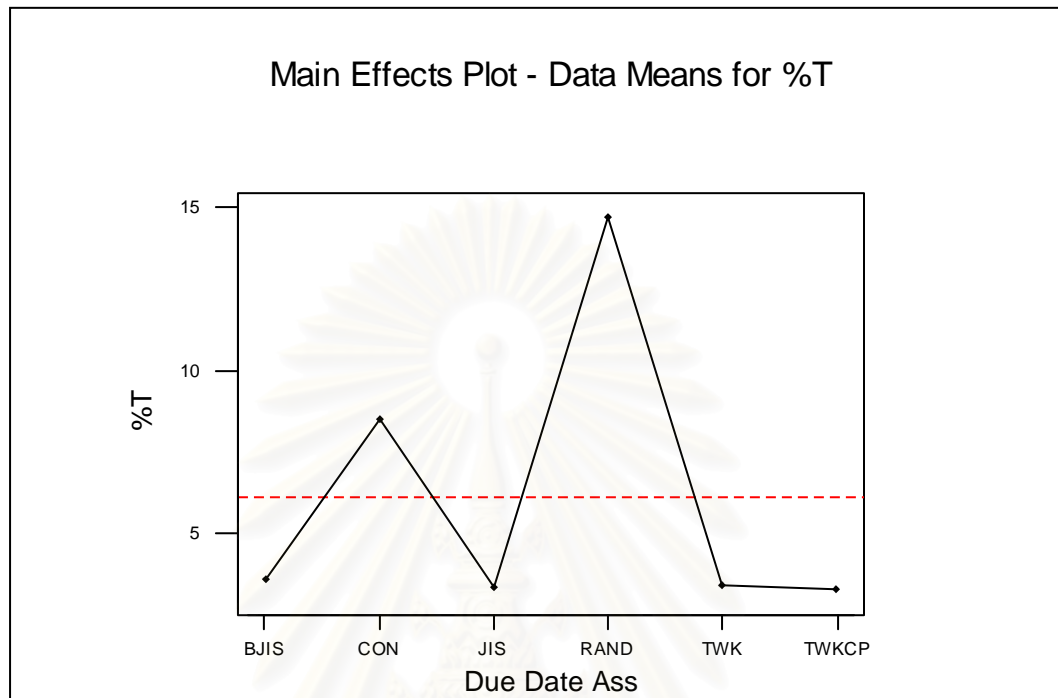
## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-122 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-122 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง กฎ LF จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด ส่วนกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ IR และเมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานที่ต่างกันไปแล้วจะพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานแบบ LF นั้นจะมีค่าแตกต่างกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการใช้กฎการจ่ายงานแบบ IR เป็นอย่างมาก

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

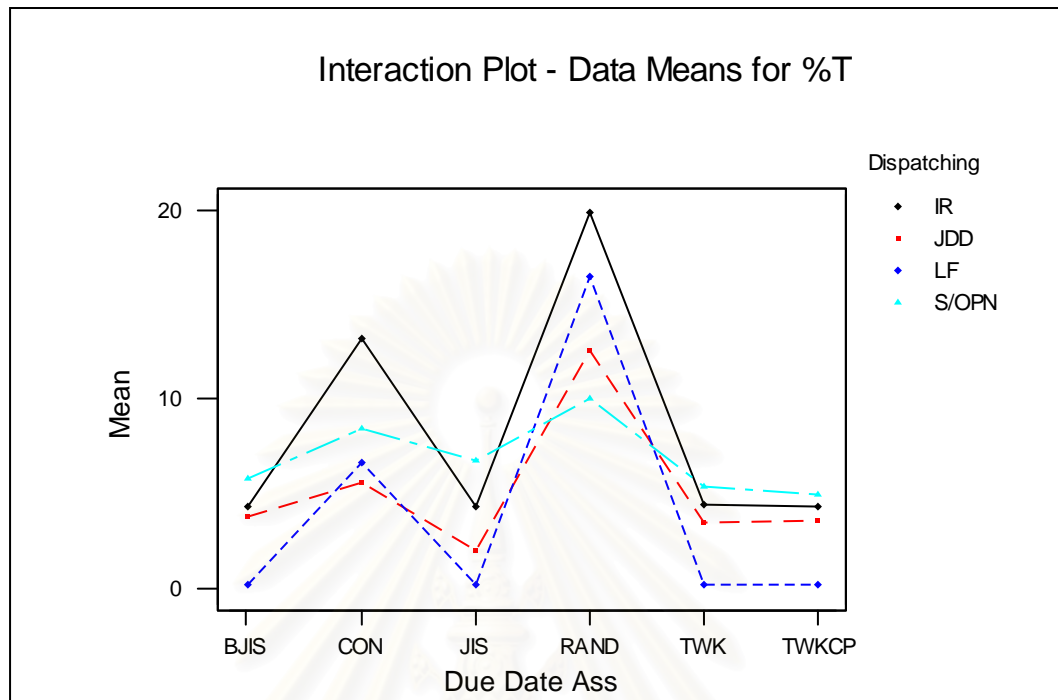


รูปที่ 5-123 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-123 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า นั้นจะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบด้วยกฎ TWKCP TWK JIS และกฎ BJIS ตามลำดับ โดยพบว่ากฎดังกล่าวจะให้ค่าของเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ใกล้เคียงกัน ส่วนกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ RAND และ CON

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-124 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณากราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-124 จะพบว่า กฎการจ่ายงานแต่ละแบบจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS TWK และ TWKCP โดยจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบเป็นแบบ RAND และ CON ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้กฎการจ่ายงานแต่ละแบบเมื่อนำมาใช้ควบคู่กับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบเดียวกันแล้ว จะให้ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ LF เป็นกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS TWK และ TWKCP และมีกฎการจ่ายงานแบบ IR ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุด

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-31 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
↑ LF-JIS	0.24
LF-BJIS	0.24
LF-TWKCP	0.24
LF-TWK	0.25
↑ JDD-JIS	2.08
JDD-TWK	3.52
JDD-TWKCP	3.58
JDD-BJIS	3.86
IR-JIS	4.41
IR-TWKCP	4.41
IR-BJIS	4.42
IR-TWK	4.44
↑ S/OPN-TWKCP	4.97
↓ S/OPN-TWK	5.44
JDD-CON	5.67
S/OPN-BJIS	5.85
LF-CON	6.70
S/OPN-JIS	6.84
↑ S/OPN-CON	8.48
↓ S/OPN-RAND	10.00
↓ JDD-RAND	12.56
IR-CON	13.17
↑ LF-RAND	16.43
↓ IR-RAND	19.80

จากตารางที่ 5-31 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ไม่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในช่วงกว้างของลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR ตามลำดับโดยทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS BJIS TWK และ TWKCP รวมถึงกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP ก็จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ไม่แตกต่างจากทั้งสามกฎข้างต้นเช่นกัน และพบว่ากฎ S/OPN นั้นจะไม่มี ความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์งานล่าช้าที่เกิดจากการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันแต่อย่างใด นอกจากนี้การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND และ CON จะทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่มากที่สุดสำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน

#### 5.3.2.4 การวิเคราะห์ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

#### Two-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

##### Analysis of Variance for MAL

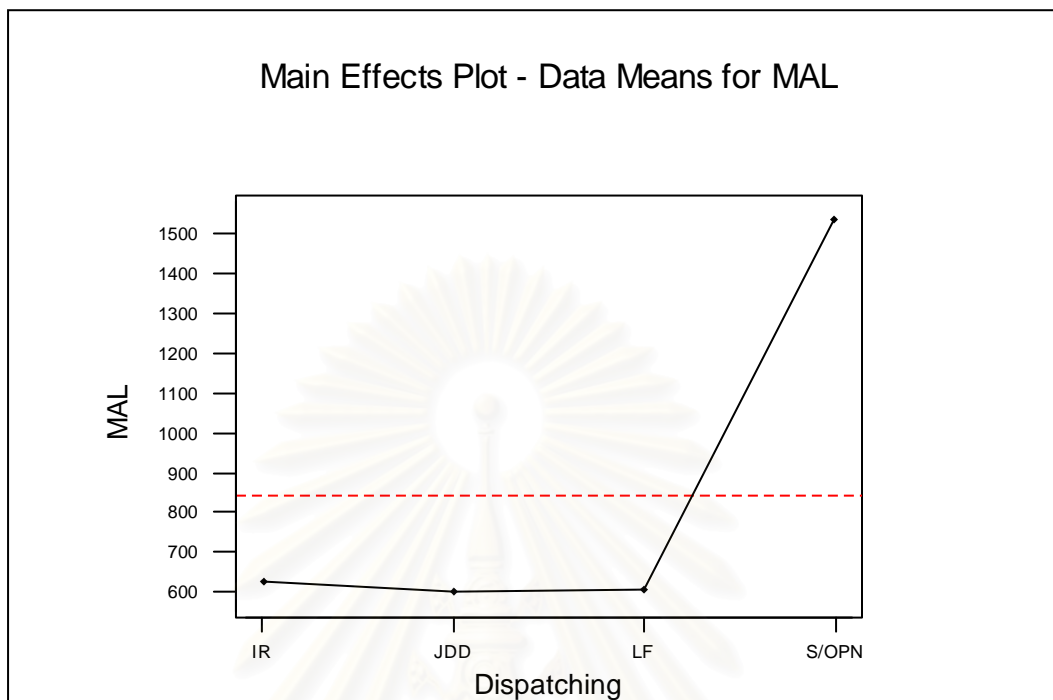
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	38384437	12794812	98.39	0.000
Due Date	5	44586517	8917303	68.57	0.000
Interaction	15	3244275	216285	1.66	0.060
Error	216	28090303	130048		
Total	239	114305531			

รูปที่ 5-125 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาปฏิกริยาร่วมระหว่างสองปัจจัยกลับพบว่า ไม่ส่งผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ



## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

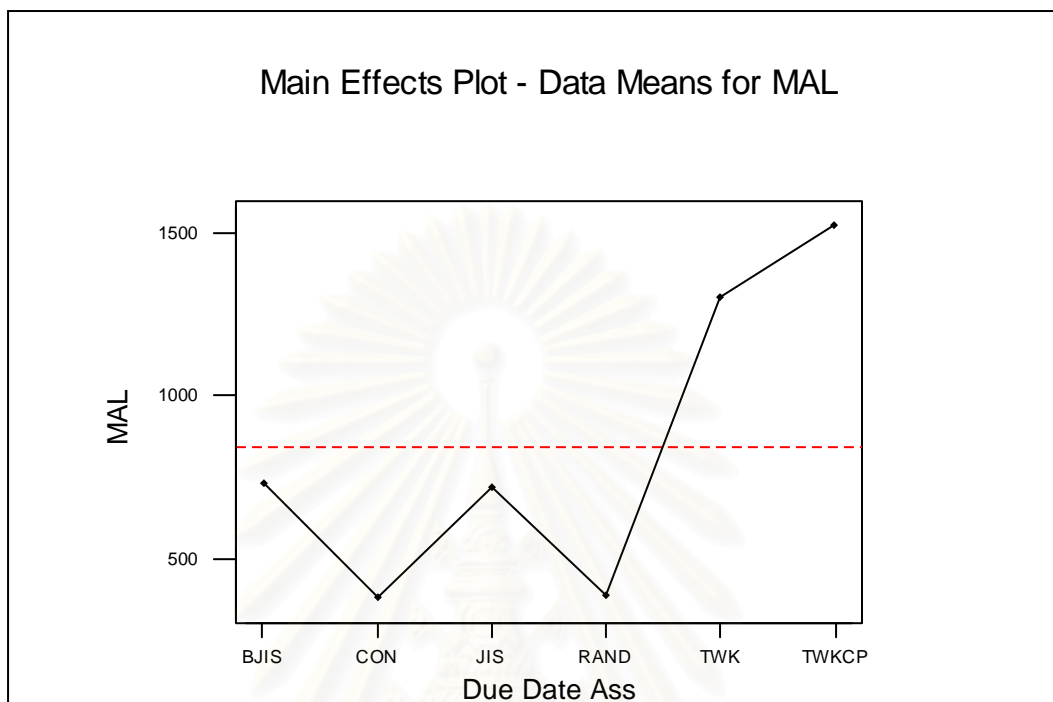


รูปที่ 5-126 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-126 พบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยต่ำที่สุดได้แก่กฎ JDD LF และกฎ IR ซึ่งทั้งสามกฎนั้นพบว่าให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน และพบว่ากฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN ซึ่งให้ค่าที่สูงกว่ากฎอื่นๆ เป็นอย่างมาก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

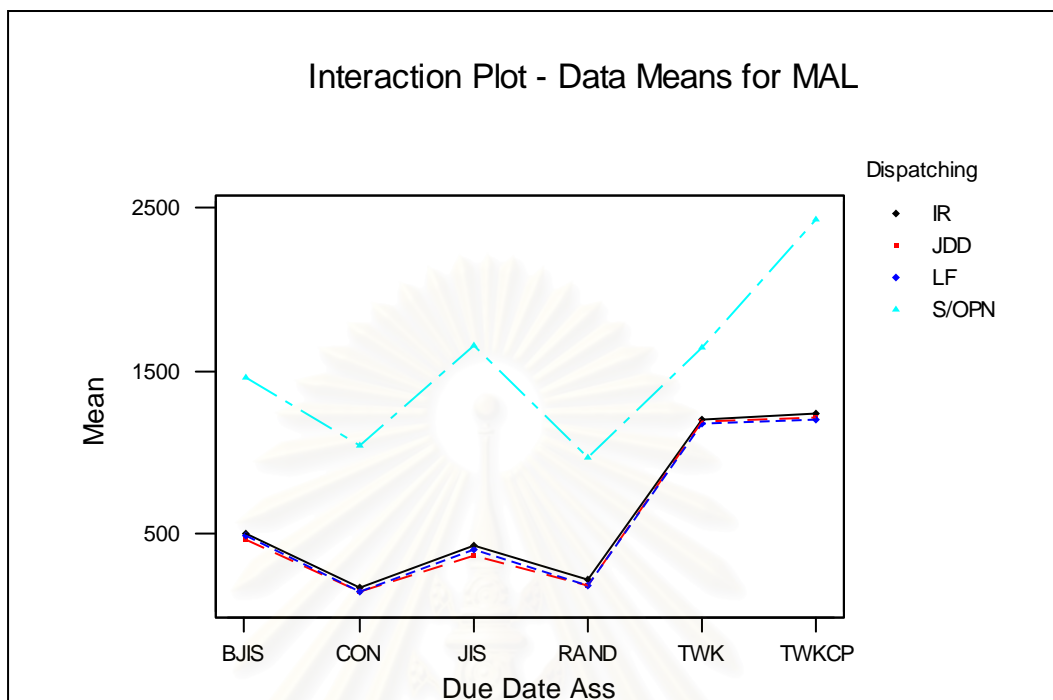


รูปที่ 5-127 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง ดังกราฟรูปที่ 5-127 พบว่ากฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ CON และกฎ RAND ส่วนกฎ TWK และ TWKCP นั้นให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุด ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-128 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสาย โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-128 พบว่าในส่วนของกฎ JDD LF และกฎ IR นั้นทั้งสามกฎต่างให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด และพบว่าให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมากในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยที่ทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND และให้ค่าที่สูงกว่ามากเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-32 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
↑ LF-CON	149.03
JDD-CON	157.90
IR-CON	175.01
LF-RAND	188.67
JDD-RAND	191.57
IR-RAND	219.74
↑ JDD-JIS	375.55
LF-JIS	409.94
IR-JIS	433.98
↑ JDD-BJIS	474.34
LF-BJIS	493.94
IR-BJIS	507.69
↑ S/OPN -RAND	968.98
S/OPN-CON	1045.67
↑ LF-TWK	1175.08
JDD-TWK	1186.26
IR-TWK	1201.71
LF-TWKCP	1209.91
JDD-TWKCP	1218.04
IR-TWKCP	1235.89
↓ S/OPN-BJIS	1459.71
S/OPN-TWK	1646.98
S/OPN-JIS	1662.61
↓ S/OPN-TWKCP	2423.52

จากตารางที่ 5-32 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ในลูกศรเส้นเดียวกันพบว่า กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ LF JDD และกฎ IR ตามลำดับโดยทั้งสามกฎจะให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON RAND JIS และ BJIS ซึ่งจะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ที่จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด แต่จะยังคงให้ค่าที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกฎการจ่ายงานแบบ LF JDD และ IR ที่มีการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP นอกจากนี้การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และกฎ RAND ซึ่งจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด สำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF JDD และ IR นั้นจะพบว่าเป็นจริงสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ด้วยเช่นกัน และเมื่อนำกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN มาใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWKCP แล้วจะพบว่า ทำให้ได้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดและแตกต่างจากกฎอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ

### 5.3.2.5 การวิเคราะห์ค่าเวลารอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

##### Two-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job A					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	4164663	1388221	4331.99	0.000
Due Date	5	652854	130571	407.45	0.000
Interaction	15	1077299	71820	224.12	0.000
Error	216	69219	320		
Total	239	5964036			

รูปที่ 5-129 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

### Two-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job B					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	4486573	1495524	2189.74	0.000
Due Date	5	401562	80312	117.59	0.000
Interaction	15	904059	60271	88.25	0.000
Error	216	147521	683		
Total	239	5939716			

รูปที่ 5-130 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

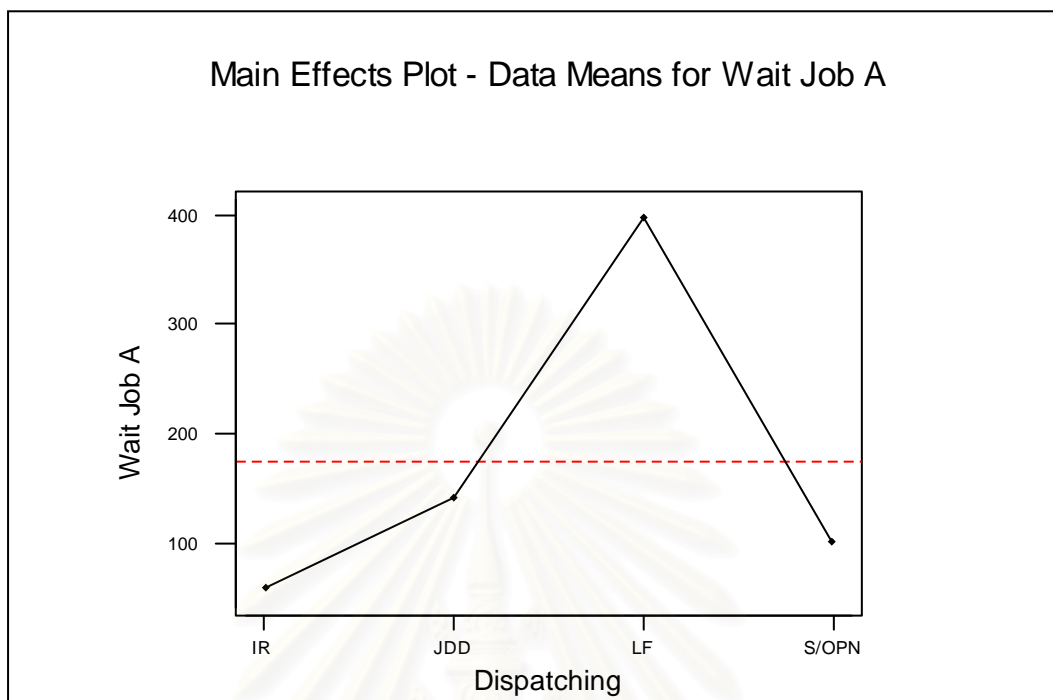
### Two-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job C					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	6050169	2016723	1625.40	0.000
Due Date	5	7615	1523	1.23	0.297
Interaction	15	62464	4164	3.36	0.000
Error	216	268003	1241		
Total	239	6388251			

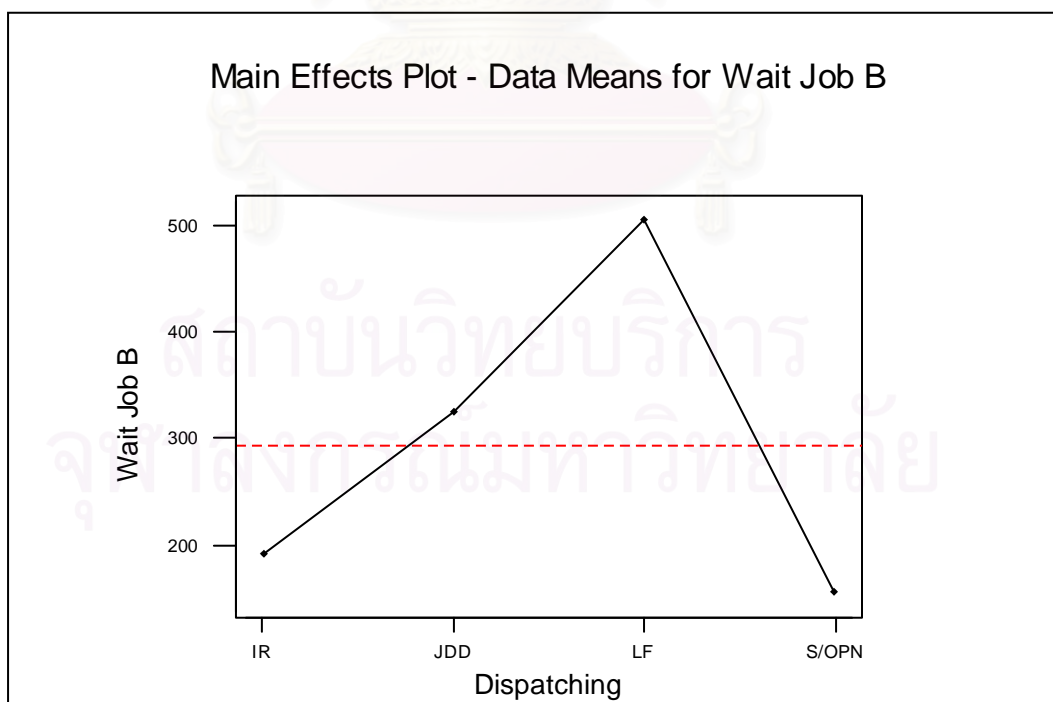
รูปที่ 5-131 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเวลาที่งาน A และงาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาที่งาน A และงาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ซึ่งสำหรับงาน C แล้วพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญได้แก่ ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและปฏิภริยาร่วมระหว่างสองปัจจัย ส่วนปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น กลับพบว่าไม่มีผลต่อค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

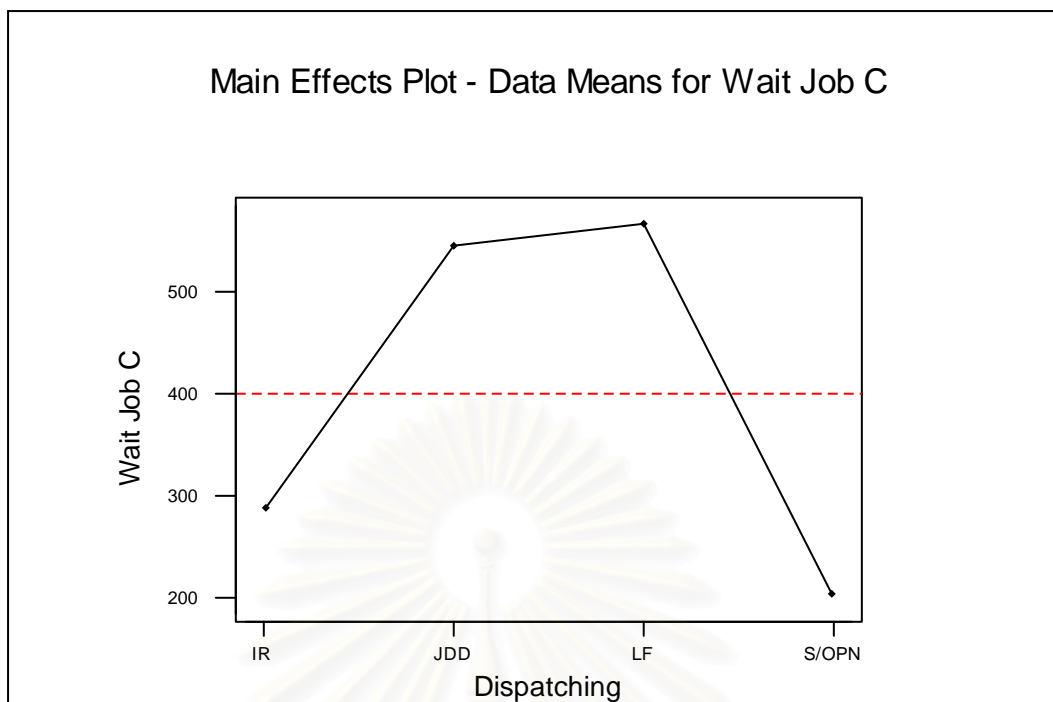
## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-132 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 5-133 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



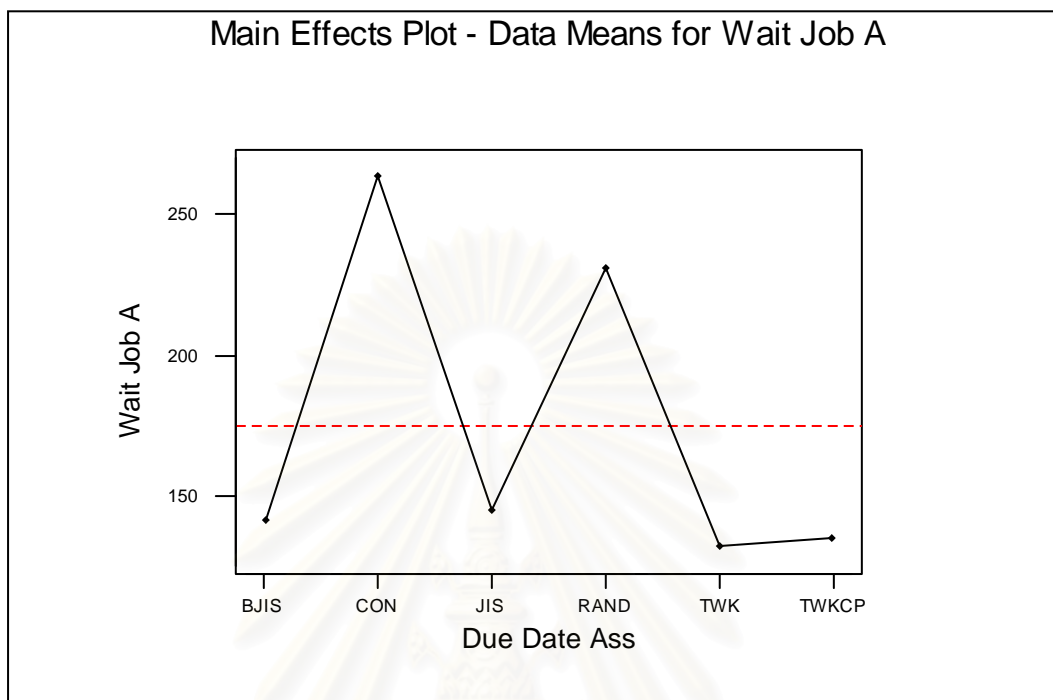
รูปที่ 5-134 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากรูปที่ 5-132 – 5-134 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานและค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยนั้น มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับงานทุกงาน โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ IR เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน A และมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน B และ C โดยมีงาน A เป็นงานที่มีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบที่สั้นที่สุดตามด้วยงาน B และ C ตามลำดับ ส่วนกฎ LF เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดสำหรับงานทุกงาน อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่างานในโครงสร้างแบบสูงจะมีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบสูงกว่างานในโครงสร้างแบบแบนเป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานที่นำมาใช้ว่ามีความไม่เหมาะสมกับงานในโครงสร้างผลิตภัณฑ์แบบสูง

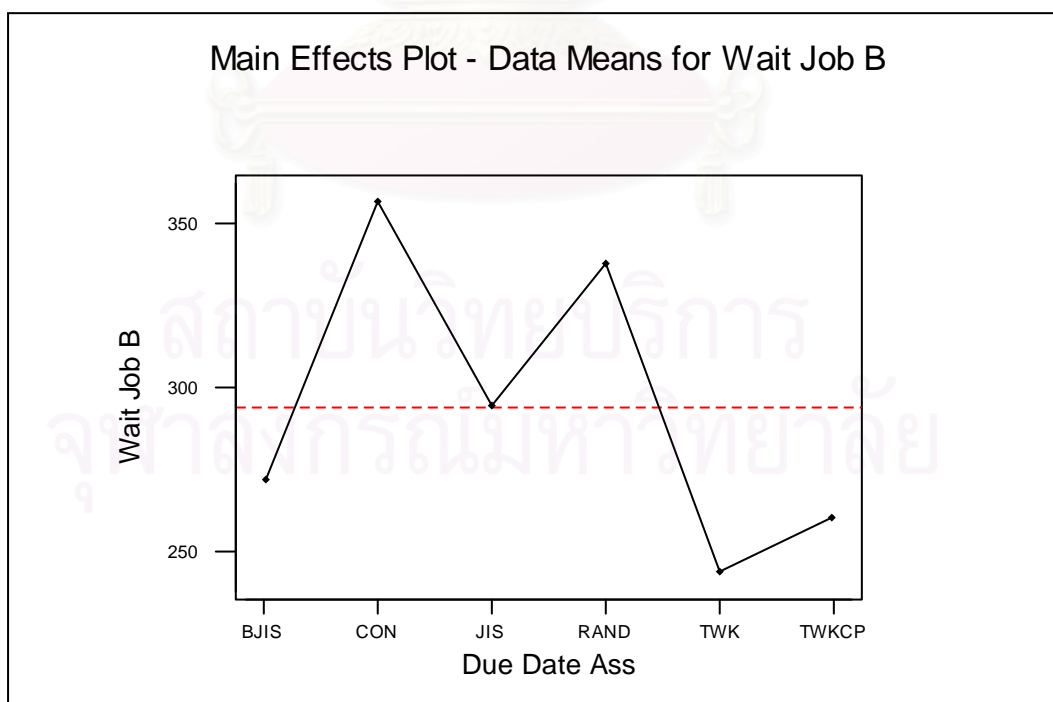


## 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment

Rules Analysis)



รูปที่ 5-135 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ  
โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 5-136 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ  
โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 5-137 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

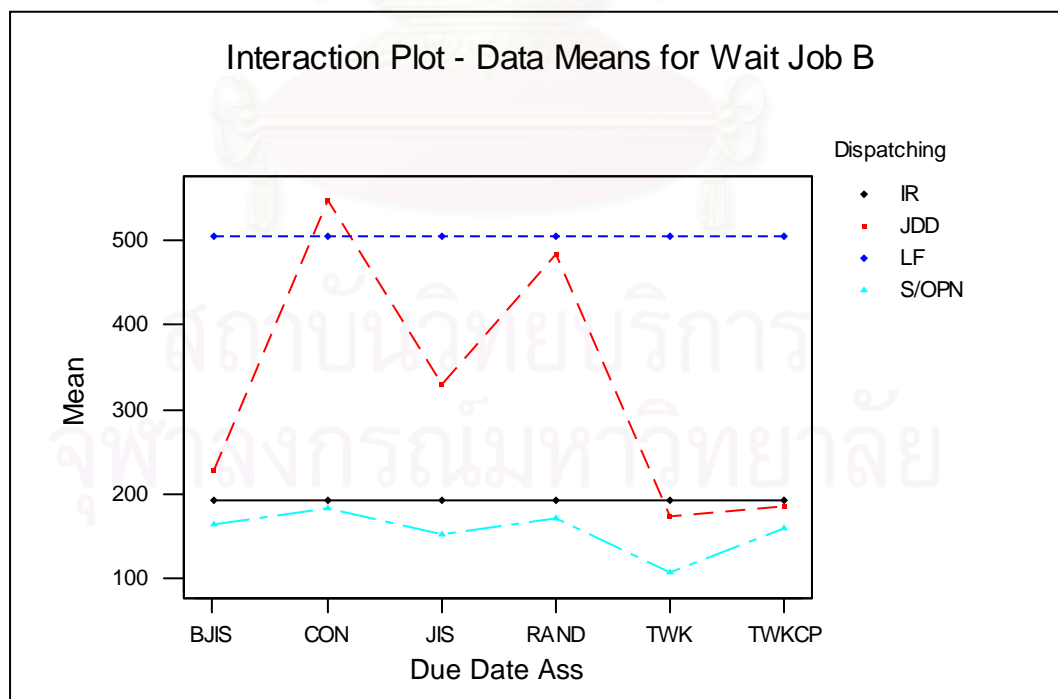
จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง ดังกราฟรูปที่ 5-135 – 5-137 พบว่าสำหรับงาน A กฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันและมีค่าต่ำได้แก่กฎ BJIS JIS TWK และ TWKCP โดยที่กฎ TWK เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับ งาน A และ B ส่วนกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด สำหรับงานทุกงานได้แก่กฎ CON

ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าสำหรับงาน C แม้ว่ากฎ TWKCP จะเป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดแล้ว แต่เมื่อพิจารณาจากค่าสเกลความแตกต่างของระยะเวลาในการรอคอยการประกอบนั้น จะพบว่าไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนักระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่เลือกใช้เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีของงาน A และ B ที่สามารถเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน

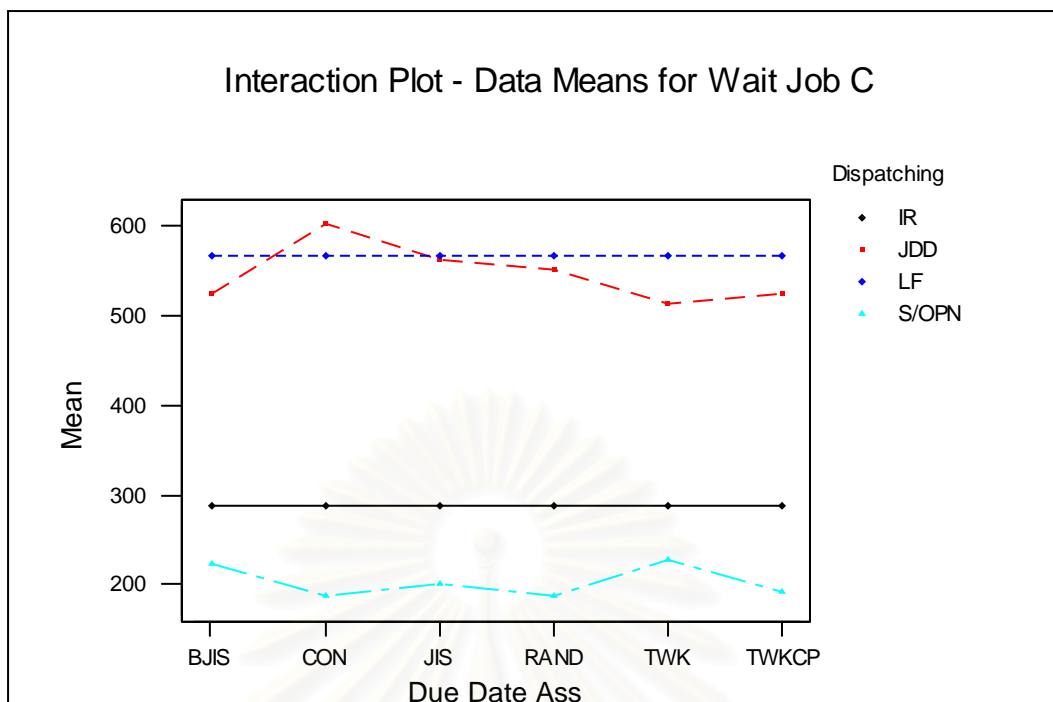
## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-138 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 5-139 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 5-140 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

เมื่อพิจารณารูปของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-138 – 5-140 พบว่า ผลของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดยจะพบว่าสำหรับงานทุกงานแล้ว กฎ LF ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่สูงและมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และมีกฎ S/OPN ที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด สำหรับงาน B และ C โดยสำหรับงาน A แล้วพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด และจะสังเกตได้ว่ากฎ IR จะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าที่เท่ากันในทุกๆ กฎในการกำหนดเวลาส่งมอบ สำหรับงานทุกงาน

สำหรับงาน B จะเห็นได้ว่ากฎ TWK เป็นกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบที่ดีที่สุด แต่สำหรับงาน C จะพบว่ากฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ CON RAND และ TWKCP

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-33 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอกอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

Tall Structure		
Rules	Mean	
↑	JDD-TWK	25.09
	JDD-TWKCP	25.45
	JDD-BJIS	25.87
↑	JDD-JIS	37.69
↓	S/OPN-TWK	47.75
	IR-CON	58.71
	IR-TWK	58.71
	IR-TWKCP	58.71
	IR-JIS	58.71
	IR-BJIS	58.71
	IR-RAND	59.23
	S/OPN-TWKCP	60.90
	S/OPN-BJIS	85.35
↓	S/OPN-JIS	86.32
↑	S/OPN- RAND	160.93
↓	S/OPN-CON	170.64
	JDD-RAND	305.95
↑	LF-CON	397.31
	LF-TWK	397.31
	LF-TWKCP	397.31
	LF-JIS	397.31
	LF-BJIS	397.31
↑	LF-RAND	397.44
↓	JDD-CON	426.92

ตารางที่ 5-34 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอกอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
S/OPN-TWK	106.50
↑ S/OPN-JIS	151.97
S/OPN-TWKCP	159.64
S/OPN-BJIS	163.51
S/OPN- RAND	171.28
JDD-TWK	172.31
S/OPN-CON	183.80
↑ JDD-TWKCP	185.33
IR-CON	191.49
IR-TWK	191.49
IR-TWKCP	191.49
IR-JIS	191.49
IR-BJIS	191.49
↓ IR-RAND	192.24
↓ JDD-BJIS	228.04
JDD-JIS	330.10
↑ JDD-RAND	484.24
↑ LF-RAND	504.53
LF-CON	504.60
LF-TWK	504.60
LF-TWKCP	504.60
LF-JIS	504.60
↓ LF-BJIS	504.60
↓ JDD-CON	547.30

ตารางที่ 5-35 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Tall Structure	
Rules	Mean
S/OPN-CON	187.12
S/OPN- RAND	188.22
S/OPN-TWKCP	191.55
S/OPN-JIS	202.02
S/OPN-BJIS	222.53
S/OPN-TWK	228.48
IR-CON	287.26
IR-TWK	287.26
IR-TWKCP	287.26
IR-JIS	287.26
IR-BJIS	287.26
IR-RAND	288.65
JDD-TWK	513.53
JDD-TWKCP	524.44
JDD-BJIS	525.63
JDD-RAND	551.69
JDD-JIS	562.62
LF-RAND	567.13
LF-CON	567.35
LF-TWK	567.35
LF-TWKCP	567.35
LF-JIS	567.35
LF-BJIS	567.35
JDD-CON	601.97

จากตารางที่ 5-33 – 5-35 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกัน พบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ TWK TWKCP BJIS และ JIS โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ IR และ S/OPN ที่จะให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางและจะมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND ซึ่งเมื่อถูกนำมาใช้ร่วมกับการจ่ายงานตามกฎ S/OPN แล้วนั้นจะส่งผลทำให้ได้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่แตกต่างออกมาจากกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะเป็นจริงเช่นเดียวกันกับกฎการจ่ายงานแบบ JDD ด้วยเช่นกันแต่กฎ JDD จะส่งผลต่อค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด และกฎที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดได้แก่ กฎ LF ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากกฎการจ่ายงานที่เลือกใช้อย่างชัดเจน โดยจะเห็นได้จากค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยซึ่งจะมีค่าแตกต่างไปจากกฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ เป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF เป็นที่น่าสังเกตว่าปัจจัยทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะไม่มีผลต่อค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

สำหรับงาน B จะพบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN และ IR ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ TWK ซึ่งจะให้ค่าต่ำที่สุดสำหรับทั้งสองกฎการจ่ายงานโดยสำหรับกฎ IR และกฎ LF นั้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะไม่มีผลต่อค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยแต่อย่างใด แต่สำหรับกฎ S/OPN และกฎ JDD นั้นจะพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบอันเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งกฎ JDD จะให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ดีก็ต่อเมื่อถูกนำมาใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ TWKCP ตามลำดับ โดยมีกฎ LF ที่ให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุดและมีค่าไม่แตกต่างกันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

และในส่วนของงาน C จะพบว่ามีความคล้ายคลึงกันกับงาน B คือพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดและมีกฎ LF ที่ให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุดเช่นเดียวกัน ซึ่งสำหรับกฎ S/OPN IR และ LF นั้นจะพบว่าการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND จะให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด และทั้งสามกฎข้างต้นจะพบว่าปัจจัย



ทางด้าน การกำหนดเวลาส่งมอบนั้นจะไม่มีผลต่อค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

### 5.3.3 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure)

#### 5.3.3.1 การวิเคราะห์เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

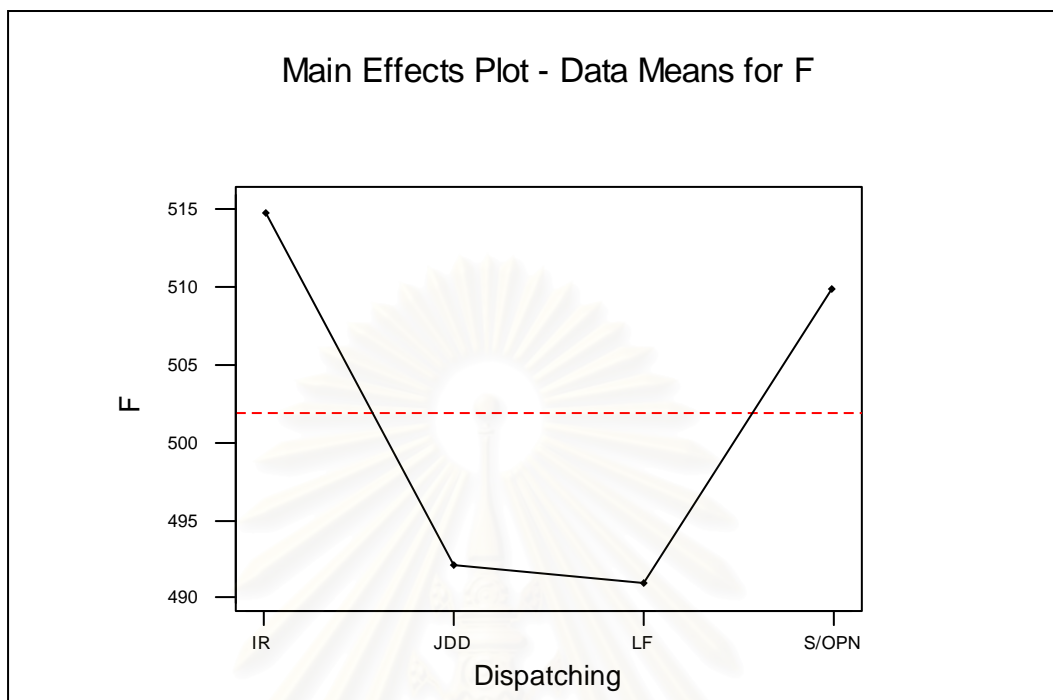
#### Two-way ANOVA: F versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for F					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	26721.67	8907.22	1577.14	0.000
Due Date	5	255.50	51.10	9.05	0.000
Interaction	15	669.44	44.63	7.90	0.000
Error	216	1219.91	5.65		
Total	239	28866.52			

รูปที่ 5-141 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ มีผลต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าผลรวมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

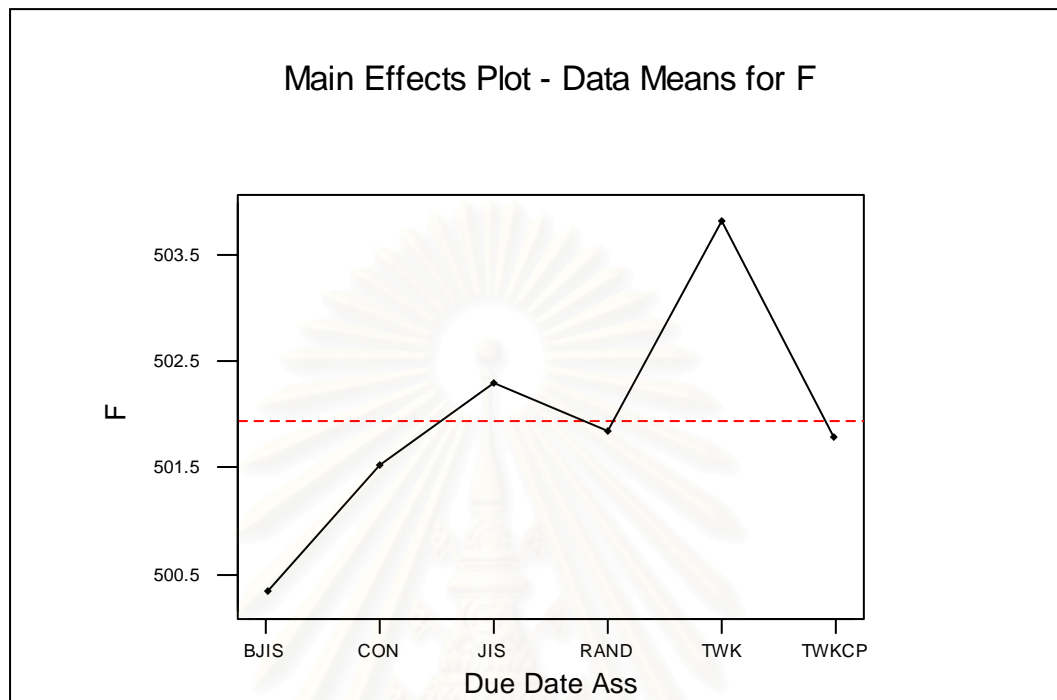
## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-142 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากรูปที่ 5-142 พบว่า ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ LF และ JDD สามารถให้ระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ตามลำดับโดยถือว่าทั้งสองกฎให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน ส่วนกฎที่ให้ค่าระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่กฎ IR

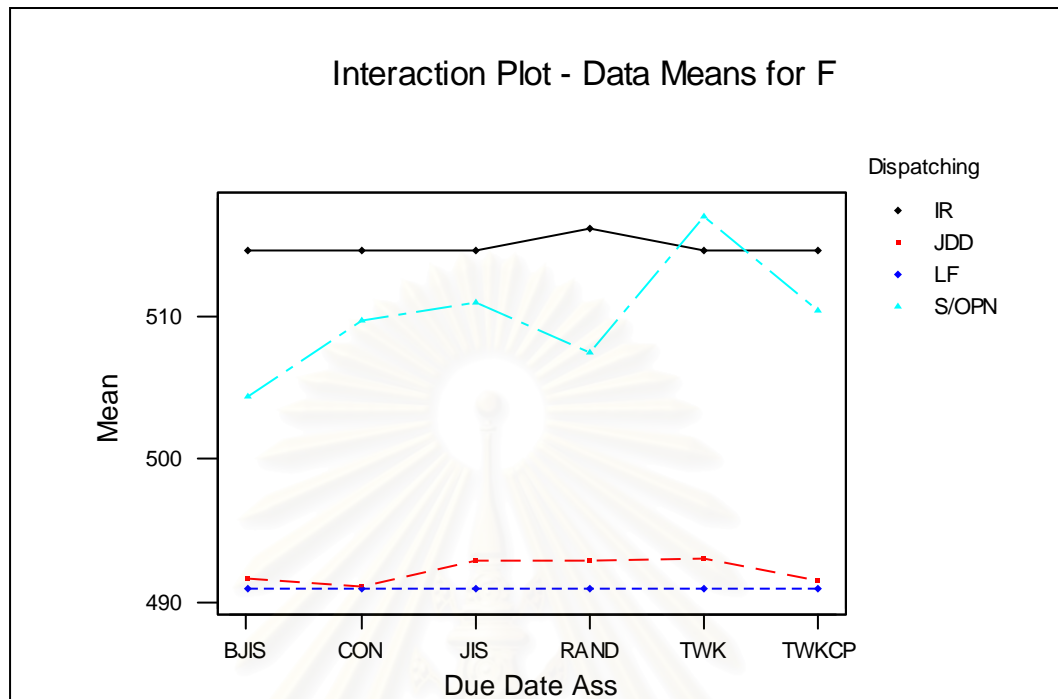
### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-143 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ซึ่งในที่นี้ความแตกต่างมาจากผลของการใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN เท่านั้น เนื่องมาจากกฎ IR และ LF นั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน โดยเมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 5-143 พบว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาการไหลโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ BJIS ส่วนกฎที่ให้ค่าสูงที่สุดได้แก่กฎ TWK แต่เมื่อพิจารณาจากสเกลด้านความแตกต่างของค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย จะพบว่ากฎการกำหนดกฎในการส่งมอบที่แตกต่างกันนั้น จะทำให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-144 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย ดังรูปที่ 5-144 จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF ให้ค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบเนื่องมาจากกฎ LF นั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงานและเป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดในระบบ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่ากฎ JDD จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำเช่นกันเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS CON และ TWKCP โดยมีกฎ IR เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND และจะสังเกตเห็นได้ว่า กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันนั้น ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยอย่างชัดเจน เมื่อใช้กฎการจ่ายงานแบบ S/OPN

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-36 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
↑ LF-RAND	490.89
LF-CON	490.92
LF-TWK	490.92
LF-TWKCP	490.92
LF-JIS	490.92
LF-BJIS	490.92
JDD-CON	491.11
JDD-TWKCP	491.43
JDD-BJIS	491.59
JDD-JIS	492.88
JDD-RAND	492.94
↓ JDD-TWK	492.98
↕ S/OPN-BJIS	504.36
↕ S/OPN-RAND	507.45
S/OPN-CON	509.63
S/OPN-TWKCP	510.30
↕ S/OPN-JIS	510.92
↑ IR-CON	514.48
IR-TWK	514.48
IR-TWKCP	514.48
IR-JIS	514.48
↓ IR-BJIS	514.48
IR-RAND	516.13
↓ S/OPN-TWK	516.87

จากตารางที่ 5-36 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในช่วงกว้างของลูกศรเส้นเดียวกัน โดยพบว่ากฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งทั้งสองกฎให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าปัจจัยทางด้านการกำหนดเวลาส่งมอบนั้น ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการจ่ายงานทั้งสอง โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ IR ที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่เลือกใช้ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อจ่ายงานตามกฎ S/OPN และทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP จะพบว่ากลับให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดและอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับการจ่ายงานตามกฎ IR

### 5.3.3.2 การวิเคราะห์เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

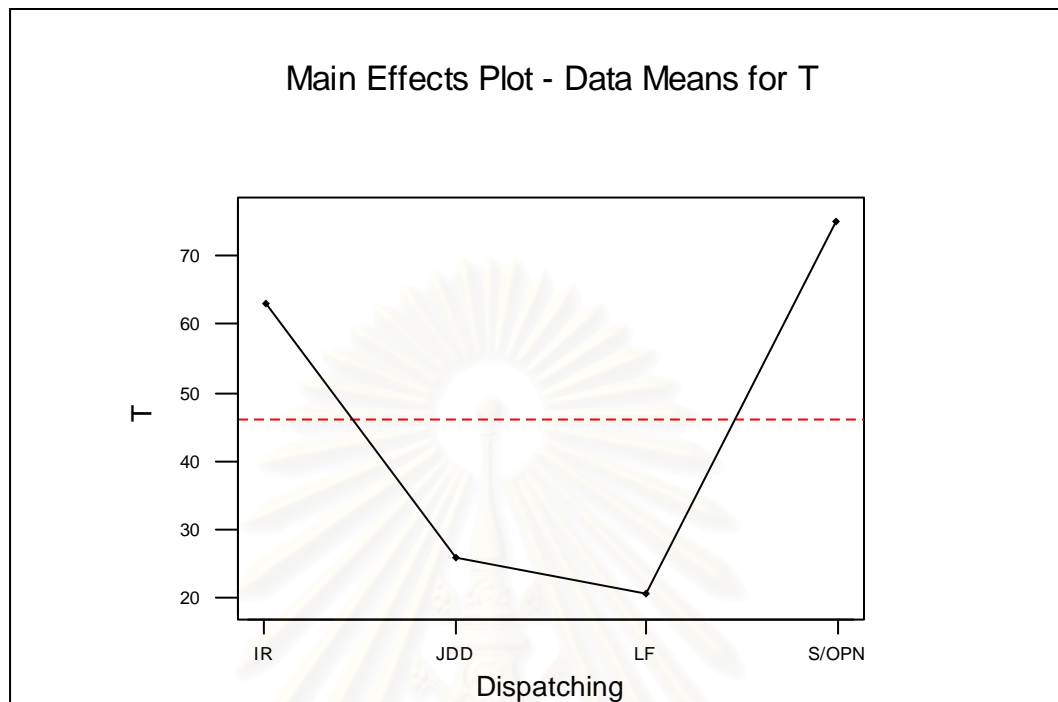
##### Two-way ANOVA: T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	130115	43372	234.50	0.000
Due Date	5	18673	3735	20.19	0.000
Interaction	15	19495	1300	7.03	0.000
Error	216	39949	185		
Total	239	208232			

รูปที่ 5-145 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่า ปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่า ผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

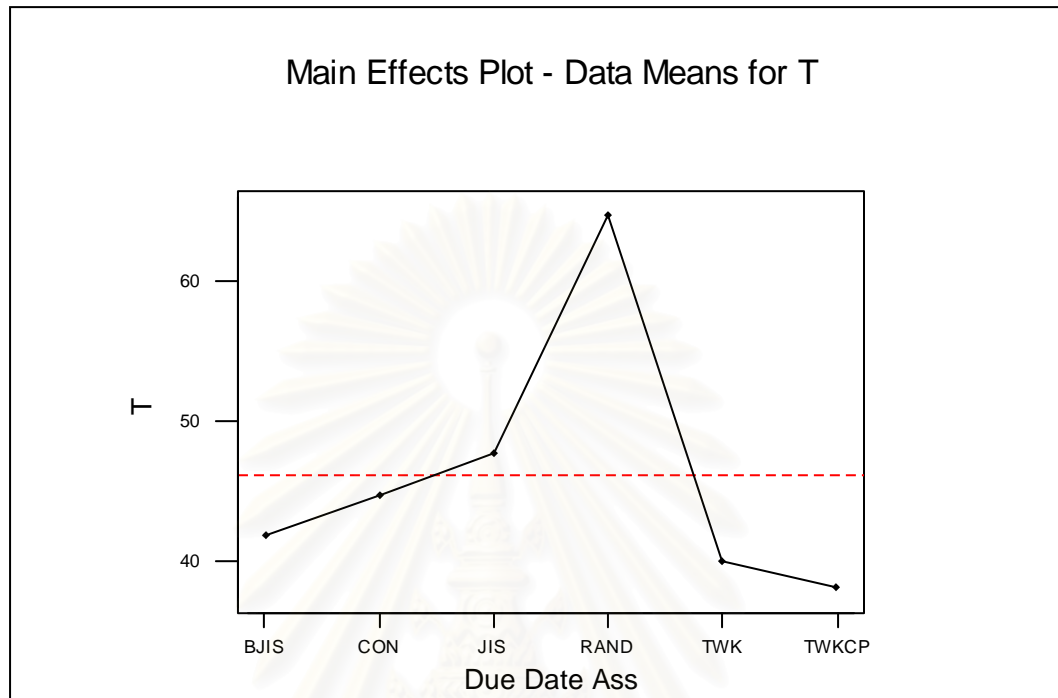
## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-146 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากรูปที่ 5-146 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น พบว่ากฎ LF และกฎ JDD สามารถให้ค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยต่ำที่สุดตามลำดับ ส่วนกฎที่พบว่าให้ค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่กฎ S/OPN ซึ่งเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกันนั้น จะพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มคือ กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งจะเป็กลุ่มที่ให้ค่าของเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยที่ต่ำ และกลุ่มของกฎ IR และกฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าของเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูง และค่าของทั้งสองกลุ่ม โดยเฉลี่ยจะแตกต่างกันค่อนข้างมาก

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

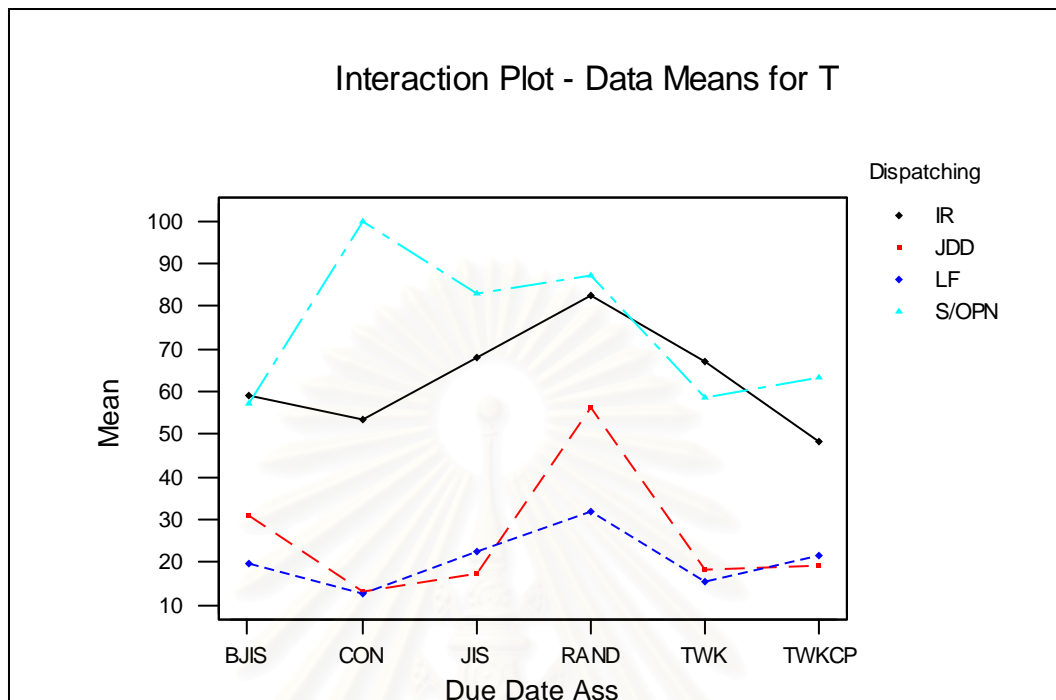


รูปที่ 5-147 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย จากกราฟรูปที่ 5-147 พบว่ากฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ TWK และ TWKCP ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND จะเห็นได้ว่าให้ค่าที่สูงกว่ากฎอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด



## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-148 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาค่าเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟรูปที่ 5-148 จะพบว่ากฎ JDD และ LF ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ใกล้เคียงกัน แต่จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดกฎในการส่งมอบแบบ CON รวมทั้งพบว่ากฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าทั้งสองกฎดังกล่าวอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อพิจารณาในด้านของสเกลค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้กฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันนั้น จะพบว่าปัจจัยทั้งสองเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-37 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
LF-CON	12.54
JDD-CON	13.02
LF-TWK	15.40
JDD-JIS	17.54
JDD-TWK	18.22
JDD-TWKCP	19.22
LF-BJIS	19.90
LF-TWKCP	21.56
LF-JIS	22.65
JDD-BJIS	31.16
LF-RAND	32.07
IR-TWKCP	48.18
IR-CON	53.44
JDD-RAND	56.44
S/OPN-BJIS	57.31
S/OPN-TWK	58.83
IR-BJIS	58.91
S/OPN-TWKCP	63.38
IR-TWK	67.26
IR-JIS	67.78
IR-RAND	82.65
S/OPN-JIS	82.97
S/OPN-RAND	87.15
S/OPN-CON	99.74

จากตารางที่ 5-37 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในช่วงกว้างของลูกศรเส้นเดียวกัน พบว่ากฎ JDD และกฎ LF ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งทั้งสองกฎนี้จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON อีกทั้งพบว่าโดยรวมแล้ว กฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่ากฎ IR ยกเว้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ TWK ที่จะพบว่ากฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าที่ต่ำกว่ากฎ IR แต่ก็ยังคงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วจะเห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอย่างชัดเจนเมื่อใช้กฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกัน

### 5.3.3.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)

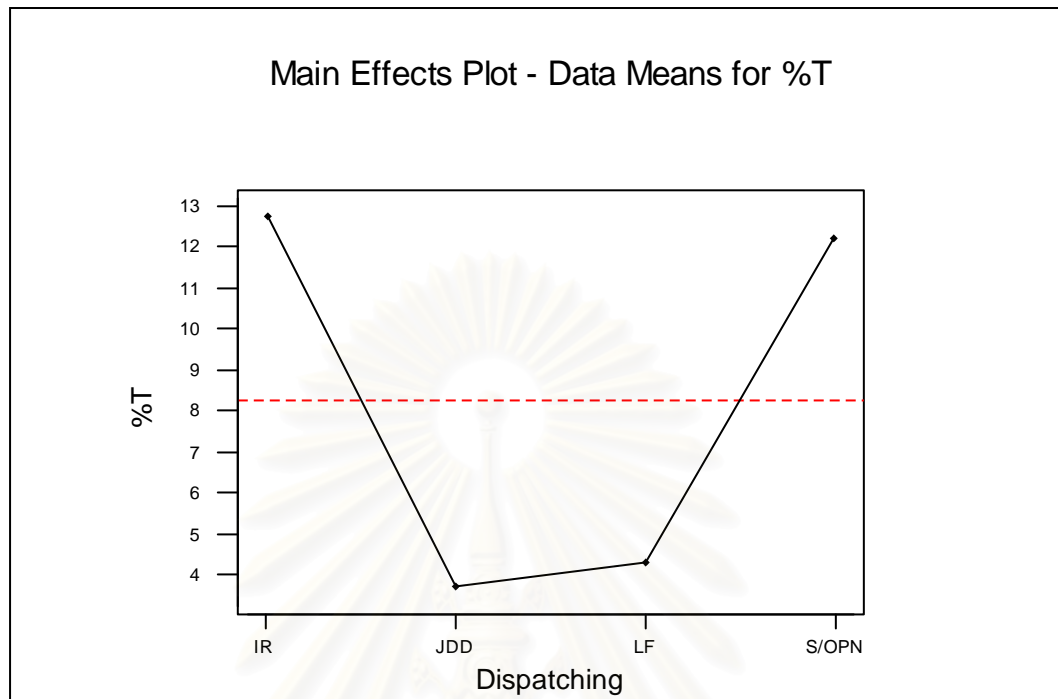
#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Two-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules					
Analysis of Variance for %T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	4342.3	1447.4	135.72	0.000
Due Date	5	2526.1	505.2	47.37	0.000
Interaction	15	1589.6	106.0	9.94	0.000
Error	216	2303.7	10.7		
Total	239	10761.7			

รูปที่ 5-149 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าในชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่า ผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)

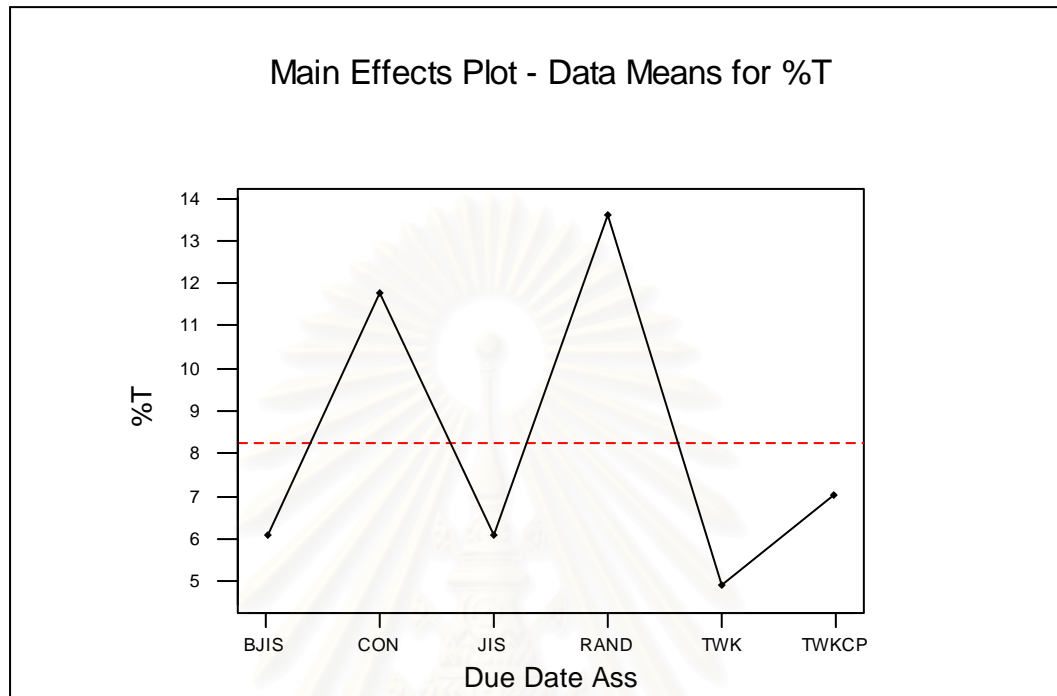


รูปที่ 5-150 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากรูปที่ 5-150 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ JDD และ LF สามารถให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำที่สุดตามลำดับ ส่วนกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดได้แก่กฎ IR และกฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าที่สูงกว่าทั้งสองกฎข้างต้นอย่างเห็นได้ชัด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

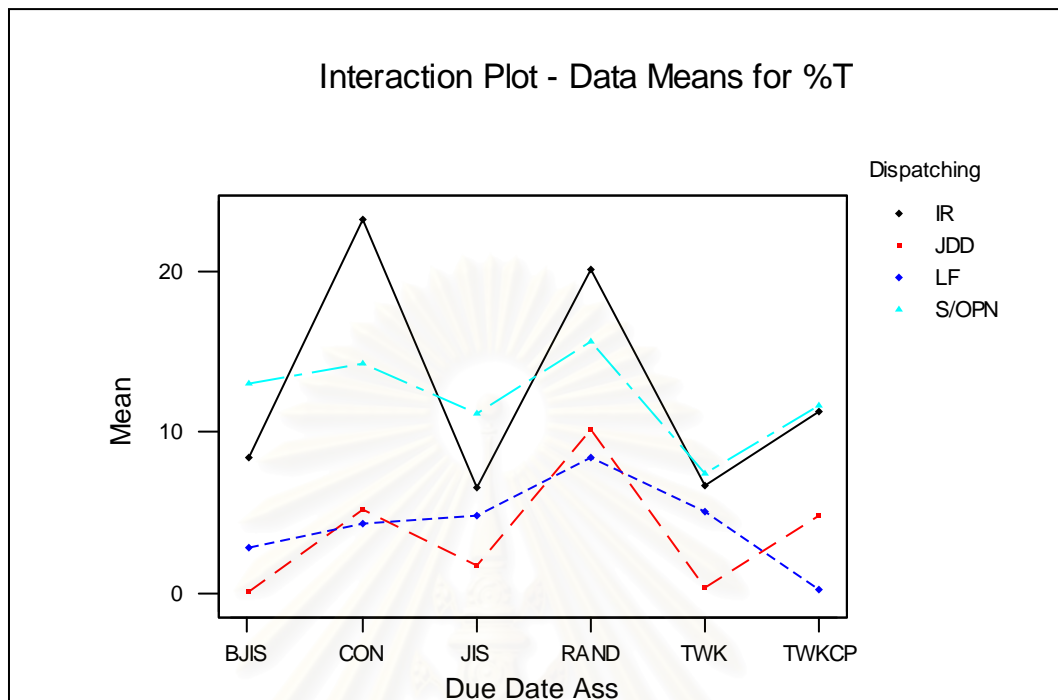
3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-151 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณารูปที่ 5-151 พบว่ากฎ TWK เป็นกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด โดยกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดได้แก่ กฎ RAND และเมื่อพิจารณาในด้านสเกลของค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการกำหนดกฎการส่งมอบที่แตกต่างกันจะพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบงานจากภายนอกคือ กฎ CON และกฎ RAND ซึ่งจะเป็นกลุ่มที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูงต่างจากกลุ่มที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบจากภายในที่จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันและมีค่าค่อนข้างต่ำ

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-152 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย ดังรูปที่ 5-152 จะพบว่ากฎ JDD จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS และ TWK ส่วนกฎ IR และกฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-38 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
JDD-BJIS	0.06
LF-TWKCP	0.23
JDD-TWK	0.29
JDD-JIS	1.66
LF-BJIS	2.79
LF-CON	4.27
JDD-TWKCP	4.82
LF-JIS	4.87
LF-TWK	5.13
JDD-CON	5.17
IR-JIS	6.59
IR-TWK	6.71
S/OPN-TWK	7.45
LF-RAND	8.40
IR-BJIS	8.49
JDD-RAND	10.21
S/OPN-JIS	11.15
IR-TWKCP	11.27
S/OPN-TWKCP	11.71
S/OPN-BJIS	13.00
S/OPN-CON	14.35
S/OPN-RAND	15.69
IR-RAND	20.10
IR-CON	23.24

จากตารางที่ 5-38 จะพบว่ากฎ JDD และกฎ LF ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด ซึ่งพบว่าทั้งสองกฎนี้ให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ยกเว้นการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND โดยกฎ JDD จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS ส่วนกฎ LF จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP โดยกฎ S/OPN และกฎ IR จะให้ค่าสูงที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND จะสังเกตได้ว่าในแต่ละกฎการจ่ายงานนั้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบด้วยกฎที่ต่างกัน จะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าเกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

#### 5.3.3.4 การวิเคราะห์ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)

##### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

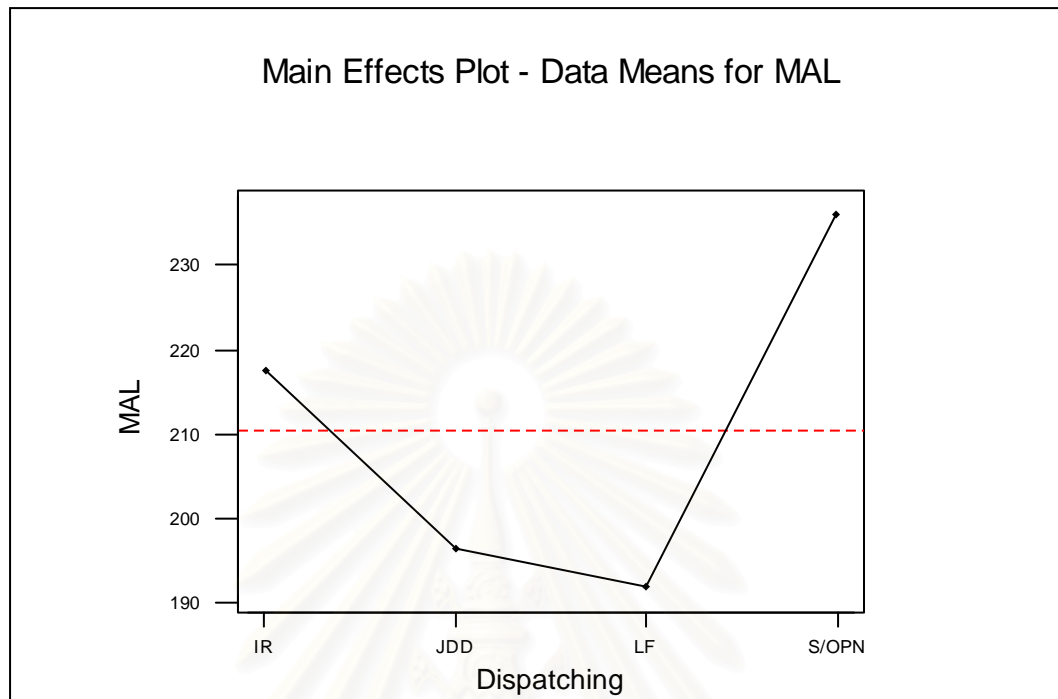
Two-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules, Due Date Assignment Rules					
Analysis of Variance for MAL					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	74123	24708	111.60	0.000
Due Date	5	406251	81250	367.00	0.000
Interaction	15	24851	1657	7.48	0.000
Error	216	47820	221		
Total	239	553045			

รูปที่ 5-153 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ มีผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังพบว่า ผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน



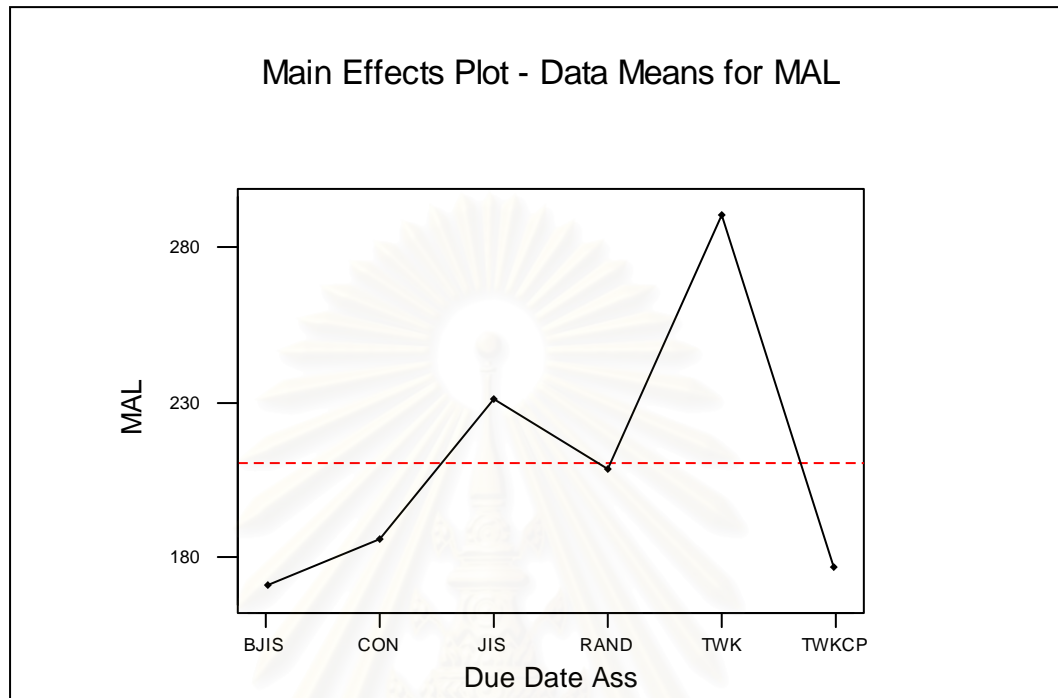
## 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-154 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากรูปที่ 5-154 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น การจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยใช้กฎ LF และ JDD สามารถให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดตามลำดับ และพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยจะเห็นได้ว่าจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าทั้งสองกฎข้างต้นอย่างเห็นได้ชัด

3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)

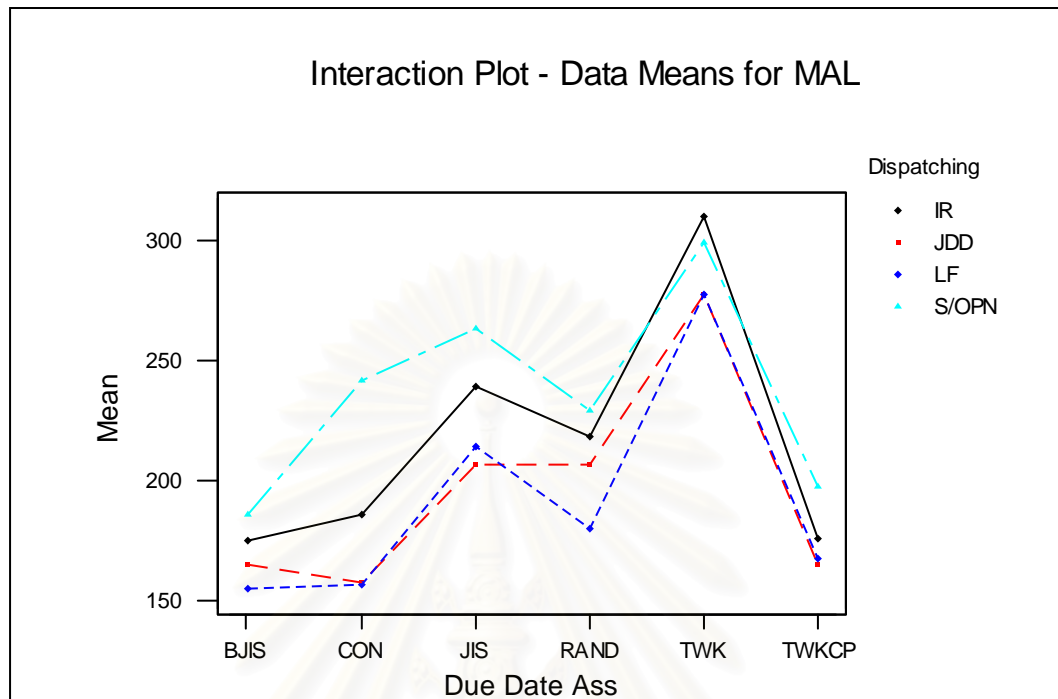


รูปที่ 5-155 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

จากการพิจารณากราฟรูปที่ 5-155 พบว่ากฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ BJIS และ TWKCP ตามลำดับ ส่วนกฎ TWK นั้นพบว่าให้ค่าที่ค่อนข้างสูงกว่ากฎอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด และจะเห็นได้ว่ากฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันนั้น จะส่งผลทำให้เกิดความแตกต่างของค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบอย่างชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)



รูปที่ 5-156 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่างกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ จากกราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย ดังรูปที่ 5-156 จะพบว่ากฎ LF นั้นให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และกฎ CON นอกจากนี้ยังมีกฎ JDD ซึ่งให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันกับกฎ LF เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON TWK และ TWKCP รวมทั้งพบว่า กฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยกฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ TWKCP

และจะสังเกตเห็นได้ว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR ซึ่งเป็นกฎการจ่ายงานที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลทางด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงานนั้น จะมีแนวโน้มของค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่เหมือนกัน แต่กฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นได้ว่าการใช้กฎการส่งมอบแบบ TWK นั้นกลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงกว่ากฎ TWKCP เป็นอย่างมากในทุกๆ กฎการจ่ายงานที่นำมาใช้ ทั้งๆ ที่กฎทั้งสองต่างก็ใช้เพียงแค่ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานเช่นเดียวกัน

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-39 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
LF-BJIS	155.16
LF-CON	157.32
JDD-CON	157.97
JDD-BJIS	165.38
JDD-TWKCP	165.69
LF-TWKCP	167.66
IR-BJIS	175.45
IR-TWKCP	176.30
LF-RAND	180.21
S/OPN-BJIS	186.29
IR-CON	186.42
S/OPN-TWKCP	197.64
JDD-RAND	206.50
JDD-JIS	206.54
LF-JIS	214.05
IR-RAND	218.15
S/OPN-RAND	229.10
IR-JIS	239.41
S/OPN-CON	241.19
S/OPN-JIS	262.91
LF-TWK	277.16
JDD-TWK	277.17
S/OPN-TWK	298.45
IR-TWK	309.26

จากตารางที่ 5-39 จะพบว่ากฎ LF JDD และกฎ IR จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยกฎ LF และกฎ JDD จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบด้วยกฎ CON BJIS และ TWKCP ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะพบว่าสำหรับกฎ IR นั้นมีเพียงกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS และ TWKCP เท่านั้นที่จะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มข้างต้น และเป็นที่น่าสังเกตว่า การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK นั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกๆ กฎการจ่ายงาน นอกจากนี้โดยภาพรวมแล้วจะเห็นได้ว่าการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันนั้นจะมีผลต่อกฎการจ่ายงานทุกๆ แบบ รวมทั้งกฎการจ่ายงานที่ต่างกันก็จะส่งผลให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยเช่นเดียวกัน

### 5.3.3.5 การวิเคราะห์ค่าเวลารอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)

#### 1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

##### Two-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job A					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	921600	307200	814.42	0.000
Due Date	5	216093	43219	114.58	0.000
Interaction	15	341068	22738	60.28	0.000
Error	216	81476	377		
Total	239	1560236			

รูปที่ 5-157 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

##### Two-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job B					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	1058901	352967	932.94	0.000
Due Date	5	190155	38031	100.52	0.000
Interaction	15	308549	20570	54.37	0.000
Error	216	81721	378		
Total	239	1639327			

รูปที่ 5-158 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลารอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

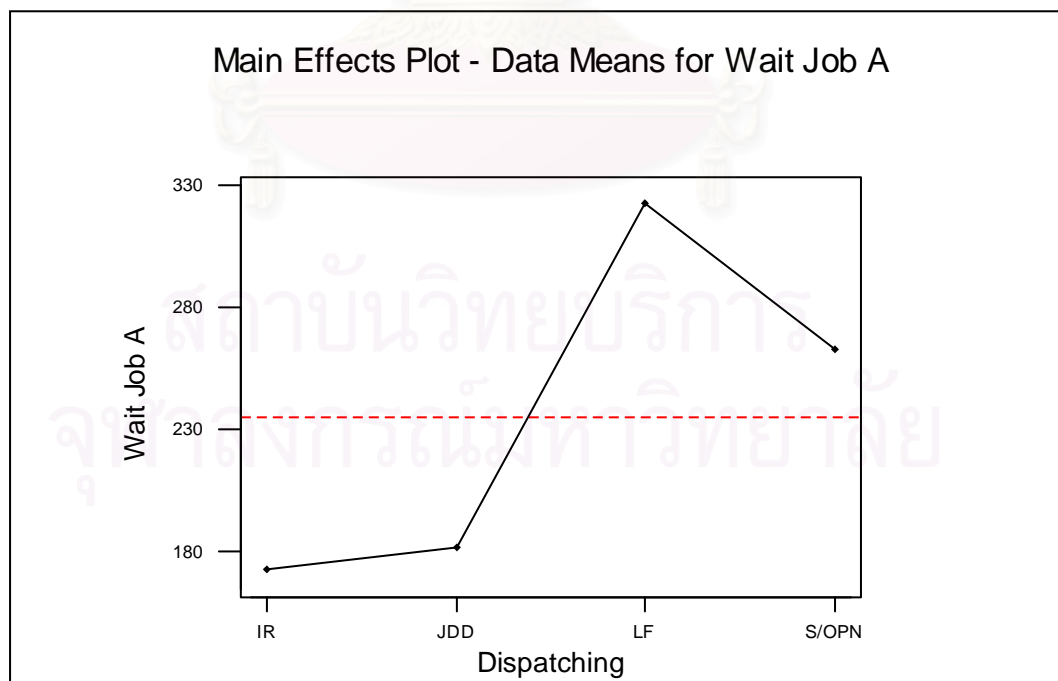
### Two-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rule, Due Date Assignment Rules

Analysis of Variance for Wait Job C					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	3	621617	207206	263.01	0.000
Due Date	5	47352	9470	12.02	0.000
Interaction	15	89367	5958	7.56	0.000
Error	216	170169	788		
Total	239	928505			

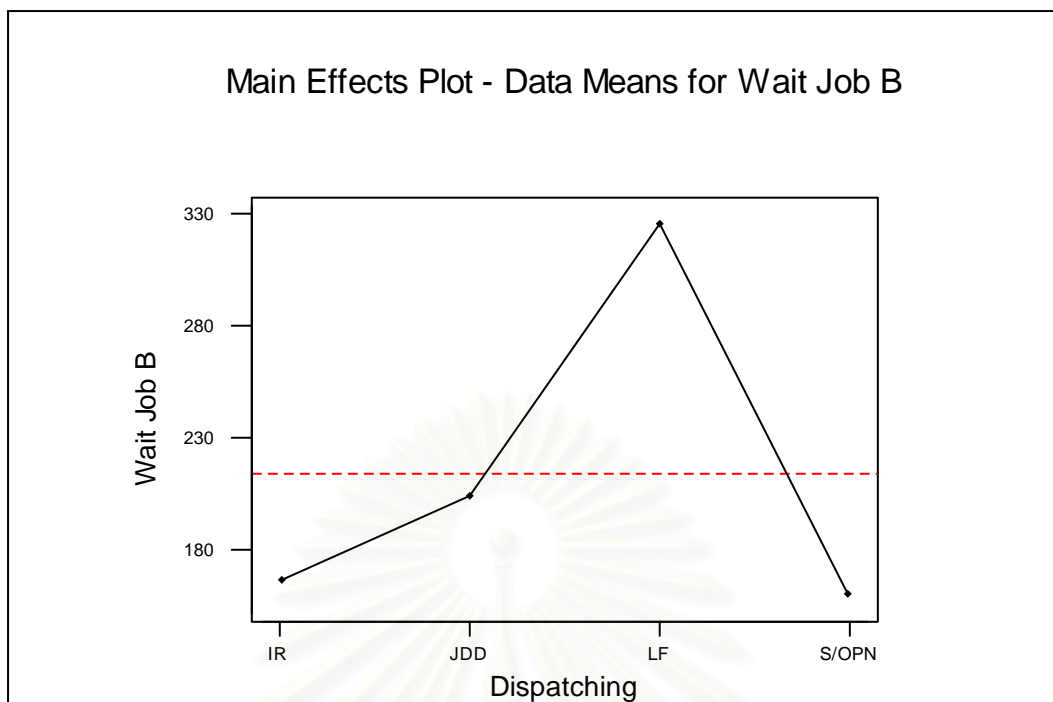
รูปที่ 5-159 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยดูจากค่า P-Value พบว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานของเครื่องจักรและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานนั้น มีผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งพบว่าผลร่วมระหว่างสองปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ซึ่งพบว่าให้ผลในลักษณะเดียวกันในทุกๆ งาน

#### 2. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules Analysis)



รูปที่ 5-160 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน



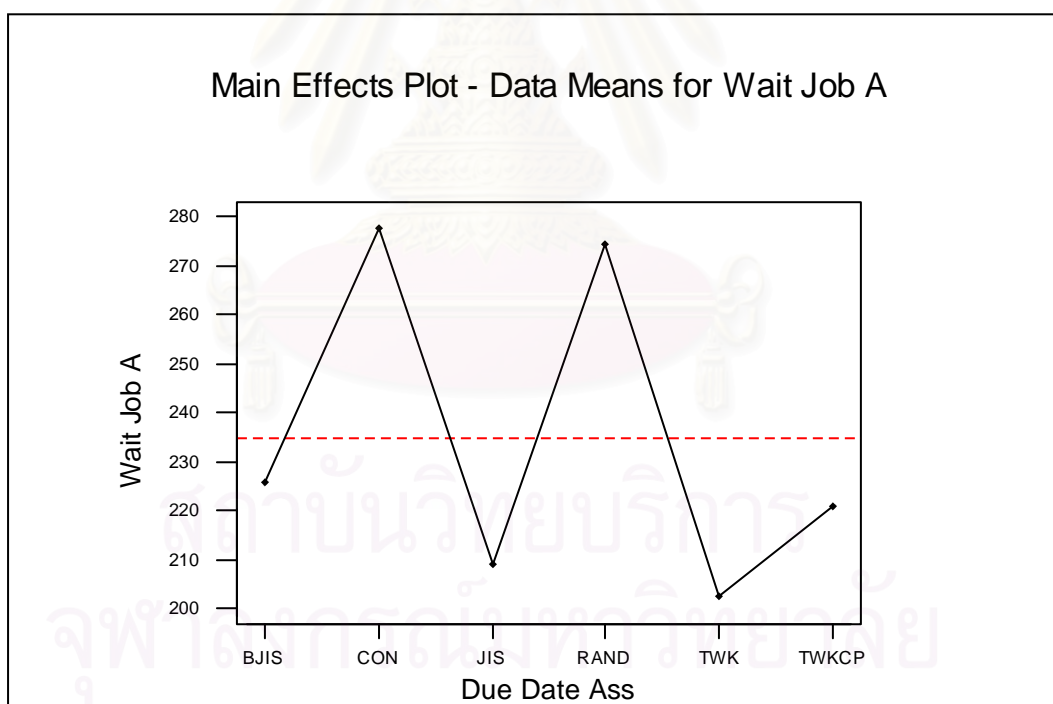
รูปที่ 5-161 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน



รูปที่ 5-162 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย  
ของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จากรูปที่ 5-160 – 5-162 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานและค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยนั้น พบว่ากฎการจ่ายงานแบบ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดสำหรับงาน B และ C โดยเมื่อพิจารณาจากค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงานทั้งสองจะเห็นได้ว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน ส่วนงาน A นั้นจะมีค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อใช้กฎการจ่ายงานแบบ IR และ JDD ตามลำดับ นอกจากนี้จะสังเกตเห็นได้ว่าค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A นั้นมีค่าใกล้เคียงกันกับงาน B และ C ที่ใช้กฎการจ่ายงานแบบ S/OPN แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำกฎ JDD มาใช้กับงาน B และ C แล้วจะพบว่ากลับกลายเป็นกฎที่ทำให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C มีค่าสูงที่สุดและมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก แต่สำหรับงาน B แล้วจะทำให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

### 3. การวิเคราะห์ปัจจัยหลักทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date Assignment Rules Analysis)



รูปที่ 5-163 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน





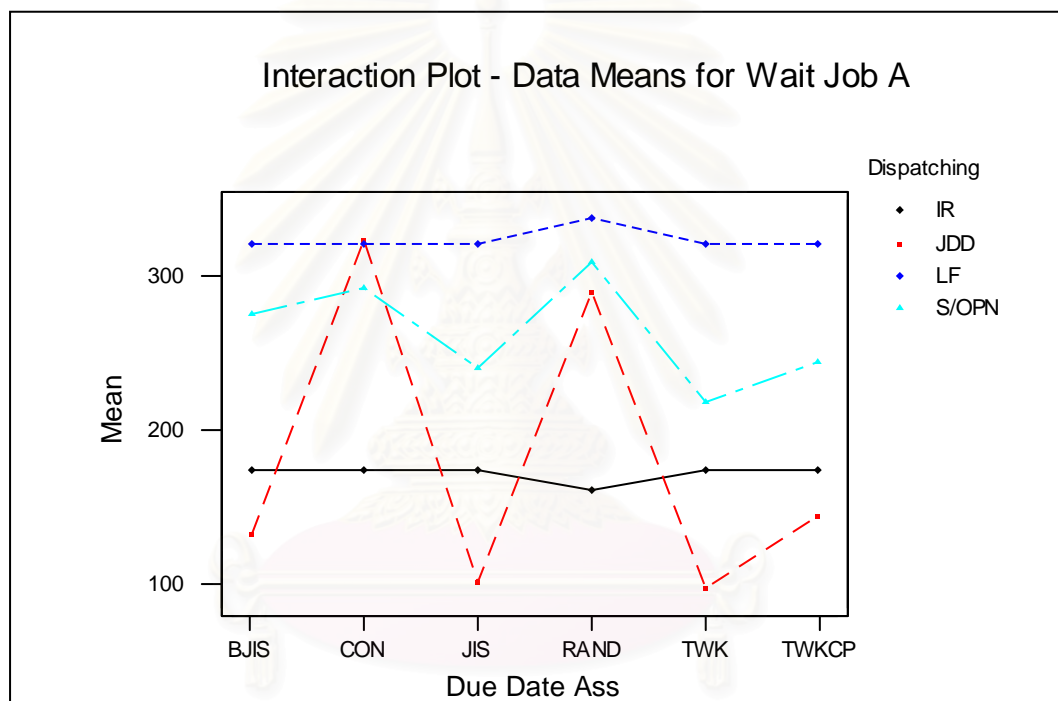
รูปที่ 5-164 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ  
โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน



รูปที่ 5-165 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบ  
โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

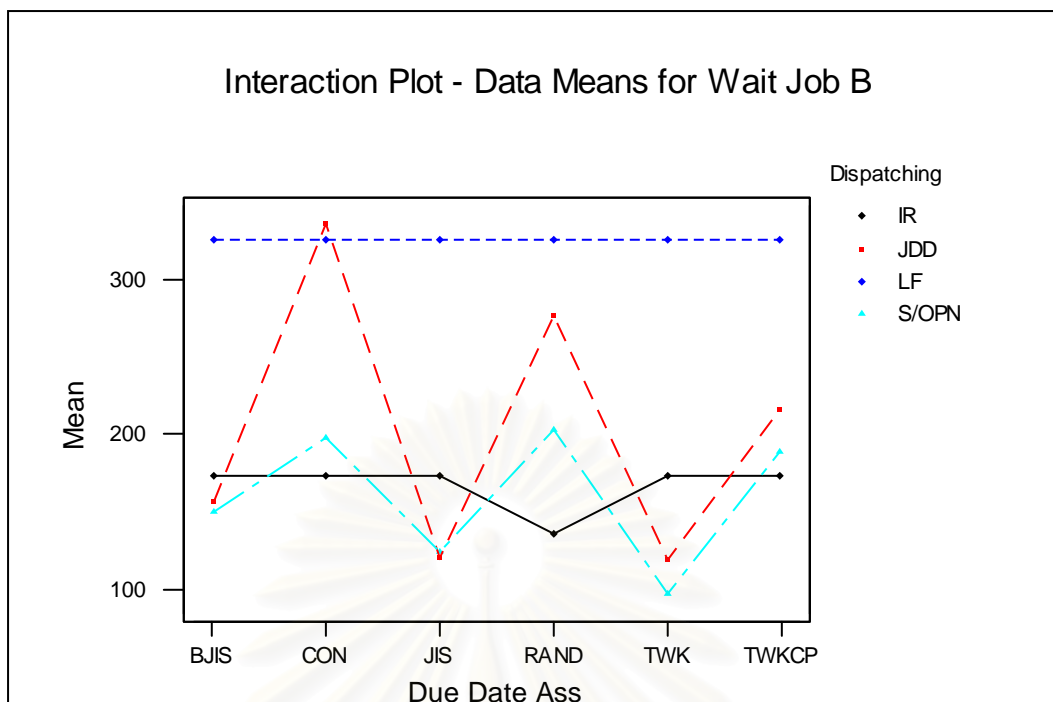
จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน ดังกราฟรูปที่ 5-163 – 5-165 พบว่าสำหรับงาน A และ B กฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดได้แก่กฎ TWK และ JIS ตามลำดับ โดยมีกฎ CON และ RAND เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด แต่ในทางกลับกันสำหรับงาน C พบว่ามีกฎการกำหนดเวลาส่งมอบเพียง 2 กฎเท่านั้น ที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด นั่นคือ กฎ CON และ RAND

#### 4. การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Interaction Analysis)

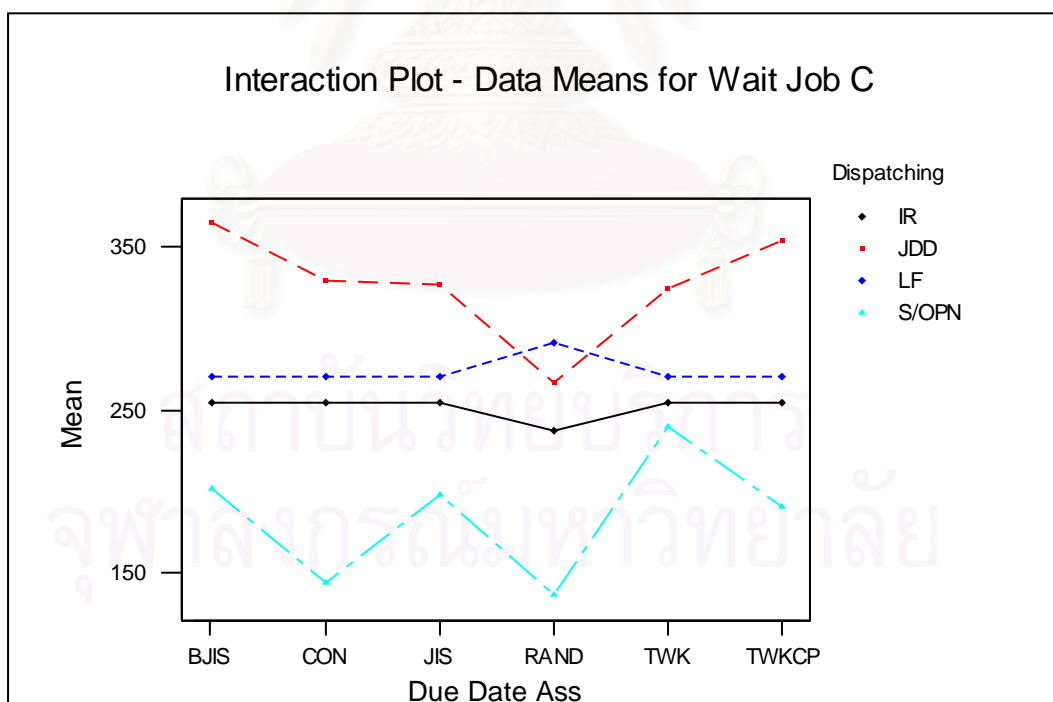


รูปที่ 5-166 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-167 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน



รูปที่ 5-168 ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัย เมื่อพิจารณาด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

เมื่อพิจารณากราฟของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยดังรูปที่ 5-166 – 5-168 พบว่าผลของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด โดยจะพบว่าสำหรับงาน A และ B แล้วกฎ LF ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณากฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด สำหรับแต่ละงานแล้วจะพบว่าสำหรับงาน A คือการใช้กฎการจ่ายงานแบบ JDD ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ JIS และ TWK ส่วนสำหรับงาน B และ C คือ การใช้กฎการจ่ายงานแบบ S/OPN แต่จะแตกต่างกันตรงกฎที่ใช้ในการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยงาน B นั้นจะใช้กฎแบบ JIS และ TWK ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการกำหนดเวลาส่งมอบแบบเดียวกันกับงาน A ในขณะที่งาน C จะใช้กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND จึงจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5. การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

ตารางที่ 5-40 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
JDD-TWK	96.96
JDD-JIS	101.71
JDD-BJIS	132.82
JDD-TWKCP	143.58
IR-RAND	161.38
IR-CON	174.40
IR-TWK	174.40
IR-TWKCP	174.40
IR-JIS	174.40
IR-BJIS	174.40
S/OPN-TWK	217.63
S/OPN-JIS	239.92
S/OPN-TWKCP	244.68
S/OPN-BJIS	275.54
JDD-RAND	289.76
S/OPN-CON	292.24
S/OPN- RAND	309.02
LF-CON	320.20
LF-TWK	320.20
LF-TWKCP	320.20
LF-JIS	320.20
LF-BJIS	320.20
JDD-CON	323.74
LF-RAND	337.40

ตารางที่ 5-41 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอกอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure	
Rules	Mean
S/OPN-TWK	96.96
JDD-TWK	119.06
JDD-JIS	120.98
S/OPN-JIS	124.07
IR-RAND	135.76
S/OPN-BJIS	149.92
JDD-BJIS	156.95
IR-CON	172.83
IR-TWK	172.83
IR-TWKCP	172.83
IR-JIS	172.83
IR-BJIS	172.83
S/OPN-TWKCP	188.64
S/OPN-CON	198.49
S/OPN- RAND	203.75
JDD-TWKCP	216.31
JDD-RAND	277.04
LF-RAND	325.23
LF-CON	325.54
LF-TWK	325.54
LF-TWKCP	325.54
LF-JIS	325.54
LF-BJIS	325.54
JDD-CON	335.67

ตารางที่ 5-42 ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test เมื่อพิจารณาด้าน  
เวลาการรอกอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างซับซ้อน

Complex Structure		
Rules		Mean
S/OPN- RAND		136.85
S/OPN-CON	↑	145.00
S/OPN-TWKCP	↑	190.87
S/OPN-JIS	↑	198.16
S/OPN-BJIS	↑	201.85
IR-RAND	↑	237.58
S/OPN-TWK	↑	239.82
IR-CON	↑	253.86
IR-TWK		253.86
IR-TWKCP		253.86
IR-JIS		253.86
IR-BJIS		253.86
JDD-RAND		266.99
LF-CON		270.55
LF-TWK		270.55
LF-TWKCP		270.55
LF-JIS		270.55
LF-BJIS		270.55
LF-RAND	↑	291.26
JDD-TWK	↑	323.91
JDD-JIS		326.19
JDD-CON	↑	329.24
JDD-TWKCP		353.22
JDD-BJIS	↑	364.09

จากตารางที่ 5-40- 5-42 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มของกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะอยู่ภายในลูกศรเส้นเดียวกัน โดยพบว่า กฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD โดยกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ TWK และ JIS โดยมีกฎ LF เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่กลุ่มของกฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR จะพบว่าปัจจัยทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะไม่มีผลต่อค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบอย่างมีนัยสำคัญ และกฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยต่ำกว่ากฎ S/OPN ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และเมื่อพิจารณาที่กฎการจ่ายงานแบบ JDD และ S/OPN แล้วจะสามารถเห็นถึงผลของความแตกต่างที่เกิดจากการใช้กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน และโดยภาพรวมแล้วจะสรุปได้ว่าการใช้กฎการจ่ายงานที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อค่าเวลาทำงาน A เกิดการรอคอยการประกอบอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับงาน B พบว่ากฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาทำงาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ S/OPN และกฎ JDD ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ JIS โดยจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเป็นที่น่าสังเกตว่า กฎการกำหนดเวลาส่งมอบจะไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการจ่ายงานแบบ LF เท่านั้น แต่จะส่งผลต่อกฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ โดยกฎ LF เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาทำงาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

และสำหรับงาน C กฎที่ให้ค่าเวลาทำงาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด คือ กฎ S/OPN ที่กำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND และ CON โดยมีกฎ JDD ที่ให้ค่าเวลาทำงาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดและมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND ซึ่งจะให้ค่าที่ดีและอยู่ในกลุ่มของกฎการจ่ายงานแบบ IR และ LF ซึ่งกฎการจ่ายงานทั้งสองจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบเพียงแต่ กฎการจ่ายงานแบบ IR นั้นจะให้ค่าที่ต่ำกว่ากฎ LF ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งแสดงว่าปัจจัยทางด้านกฎการกำหนดเวลาส่งมอบนั้นไม่มีผลต่อกฎการจ่ายงานทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ



## 5.4 สรุปผลการทดลอง

ในบทที่ 5 เป็นการนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ โดยเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การวิเคราะห์ปัจจัยหลัก การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม และการเปรียบเทียบแบบ Tukey Multiple Comparison Test ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์แยกตามสภาพการทำงานของระบบได้ ดังนี้

### 1. ระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่แน่นอน (Terminating System)

#### ▪ ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

ตารางที่ 5-43 กฎการจ่ายงาน – กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Performance Measures						
$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_r$	$MAL$	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
LF-RAND	LF-TWK	LF-TWK	JDD-CON	JDD-TWK	S/OPN-TWK	S/OPN-CON

#### ▪ ด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

- กฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR จะให้ค่าที่เท่ากันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องจากสองกฎนี้ ไม่ได้ใช้ข้อมูลด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน
- กฎการจ่ายงานที่ให้เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ LF โดยที่กฎ LF จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND ซึ่งพบว่าให้ผลที่ไม่ต่างกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ
- กฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK

#### ▪ ด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

- กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ยกเว้นการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND โดยกฎ LF จะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK JIS และ BJIS ตามลำดับ

- การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และกฎ BJIS ซึ่งเป็นกฎที่ใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานและข้อมูลทางด้านสภาพของระบบนั้น ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด สำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน
  - การกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำกว่ากฎ TWKCP ซึ่งทั้งสองกฎเป็นกฎที่ใช้เพียงข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานในการกำหนดเวลาส่งมอบเช่นเดียวกัน
  - กฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND
- ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)
    - การจัดลำดับงานตามกฎ LF และ IR จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS และ TWK ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
    - กฎ IR และกฎ S/OPN พบว่าให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยที่สูง เมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND แต่เมื่อนำกฎ S/OPN มาใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ BJIS แล้วจะพบว่าทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ได้อยู่ในกลุ่มที่ให้ค่าดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม โดยภาพรวมแล้วกฎ S/OPN ถือเป็นกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุด
    - ผลของกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า โดยภาพรวมแล้วจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับกฎการจ่ายงานทุกแบบ โดยจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND
  - ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)
    - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ LF โดยกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ CON
    - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด คือกฎ CON และ RAND ส่วนกฎ TWK และกฎ JIS จะให้ค่าที่สูงที่สุดสำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน
    - เป็นที่น่าสังเกตว่า ในการวิเคราะห์ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า นั้น พบว่ากฎ TWK ถือเป็นกฎที่ให้ค่าประสิทธิภาพทั้งสองด้านนี้ต่ำ แต่กลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงมาก นั้น

หมายความว่ากฎ TWK น่าจะเป็นกฎที่ให้เวลาเสร็จสิ้นของงานก่อนกำหนดเวลาส่งมอบ (Earliness) สูง แต่ให้เวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) ต่ำ ซึ่งถือว่ากฎ TWK นั้นกำหนดเวลาส่งมอบได้ไม่แม่นยำนัก

- ด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)
  - กฎการจ่ายงานแบบ IR จะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันสำหรับงานทุกงานในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องมาจากไม่ได้ใช้ข้อมูลด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน
  - กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ S/OPN เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK และ JIS โดยกฎ LF จะเป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด
  - กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD ที่กำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK BJIS JIS TWKCP และ RAND รวมถึงกฎ S/OPN ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK โดยกฎ IR จะเป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด และจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ
  - กฎการจ่ายงานที่ทำให้เวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN ซึ่งจะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND โดยกฎ JDD จะเป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด
- ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง (Tall Structure)

ตารางที่ 5-44 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Performance Measures						
$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	$MAL$	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
S/OPN - RAND	LF- TWKCP	LF-BJIS	LF-CON	JDD-TWK	S/OPN-TWK	S/OPN-CON

- ด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)
  - เมื่อชิ้นงานมีโครงสร้างแบบสูง หรือมีระดับของการประกอบหลายระดับ จะทำให้เกิดเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่สูงมาก
  - กฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR จะให้ค่าที่เท่ากันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องจากสองกฎนี้ ไม่ได้ใช้ข้อมูลด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน
  - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดได้แก่ กฎ S/OPN เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND ส่วนกฎ JDD จะเป็นกฎที่ทำให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด
  
- ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)
  - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR ซึ่งทั้งสามกฎให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ
  - กฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่สูงที่สุด ซึ่งโดยรวมแล้วกฎ S/OPN จะให้ค่าที่สูงที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS
  - จะสังเกตเห็นได้ว่ากฎการจ่ายงานแบบ S/OPN นั้นจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่แตกต่างจากกฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งให้ค่าที่สูงกว่าเป็นอย่างมาก
  
- ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)
  - กฎการจ่ายงานที่ให้เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS TWK และ TWKCP
  - กฎ IR เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และจะให้ค่าที่สูงกว่าการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND และจะสังเกตเห็นได้ว่ากฎการจ่ายงานแบบ S/OPN นั้น จะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ
  - โดยกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุด คือ กฎ RAND และ CON ตามลำดับ สำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน
  - จะสังเกตเห็นได้ว่าปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด

- ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)
  - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR โดยทั้งสามกฎนี้จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON RAND JIS และ BJIS ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
  - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ S/OPN โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS
  - เป็นที่น่าสังเกตว่า ในการวิเคราะห์ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า นั้น พบว่ากฎ TWK และกฎ TWKCP ถือว่าเป็นกฎที่ให้ค่าประสิทธิภาพทั้งสองด้านนี้ในระดับต่ำ แต่กลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงมาก นั้นหมายความว่า กฎ TWK และกฎ TWKCP ถือว่าทำการกำหนดเวลาส่งมอบได้ไม่แม่นยำนัก และน่าที่จะเป็นกฎที่ให้เวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) ที่ต่ำ แต่ให้เวลาเสร็จสิ้นก่อนกำหนดของงาน (Earliness) ที่สูง
- ด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)
  - กฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR จะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกัน สำหรับงานทุกงานในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องมาจากสองกฎนี้ ไม่ได้ใช้ข้อมูลด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน
  - กฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ IR แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ JDD ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ TWK TWKCP BJIS และ JIS แล้วนั้นจะให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบมีค่าต่ำที่สุด และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
  - โดยกฎที่ทำให้เวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ได้แก่ กฎ LF ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากกฎการจ่ายงานที่เลือกใช้อย่างชัดเจน
  - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด ได้แก่ CON และ RAND โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการจ่ายงานตามกฎ JDD
  - กฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ TWK โดยมีกฎ LF ที่ให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด แต่จะไม่มี ความแตกต่างกันระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ

- กฎ TWK เป็นกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าเวลาดำเนินงาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด สำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน
- กฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาดำเนินงาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และพบว่าไม่มี ความแตกต่างระหว่างกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยมีกฎ LF ที่ให้ค่าเวลาดำเนินงาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด

■ ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure)

ตารางที่ 5-45 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

Performance Measures						
$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_r$	$MAL$	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
LF-TWKCP	LF-CON	LF-CON	LF-BJIS	JDD-TWK	S/OPN-TWK	S/OPN- RAND

■ ด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

- เมื่อชิ้นงานมีโครงสร้างที่ซับซ้อน หรือเป็นชิ้นงานที่เกิดจากการประกอบกันของ ส่วนประกอบย่อยๆ หลายส่วนจะพบว่าค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมักจะ เป็นผลมาจากการใช้กฎการจ่ายงานมากกว่าเป็นผลมาจากกฎการกำหนดเวลา ส่งมอบ
- กฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR จะให้ค่าที่เท่ากันในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องจากสองกฎนี้ ไม่ได้ใช้ข้อมูลด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน
- กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF และ กฎ JDD ซึ่งทั้งสองกฎให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ากฎ IR เป็นกฎ ที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด

■ ด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

- กฎ JDD และกฎ LF จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON โดยกฎการจ่ายงานแบบ LF จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดและจะไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในแต่ละกฎการกำหนดเวลา ส่งมอบ

- กฎ S/OPN จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงสุด โดยภาพรวมจะให้ค่าที่สูงกว่ากฎ IR ยกเว้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS เท่านั้นที่จะพบว่ากฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าที่ต่ำกว่ากฎ IR
  - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงสุด สำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน
- ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)
    - โดยภาพรวมแล้วกฎ JDD จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS TWK และ JIS แล้วพบว่าจะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยมีกฎ LF ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ TWKCP ที่จะให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดเช่นกันและจะไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกฎ JDD ที่มีการกำหนดเวลาส่งมอบดั่งข้างต้น
    - กฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดโดยเฉลี่ย ได้แก่กฎ IR ซึ่งเมื่อใช้การกำหนดเวลาส่งมอบแบบ JIS และ TWK แล้วพบว่าจะให้ค่าอยู่ในระดับที่ดี
    - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND เป็นกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยสูงที่สุด สำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน ซึ่งจะให้ค่าที่สูงมากเมื่อใช้ร่วมกับการจ่ายงานตามกฎ IR และ S/OPN
  - ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)
    - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF และ JDD โดยทั้งสองกฎนี้จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON BJIS และ TWKCP ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
    - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่กฎ S/OPN และจะเห็นได้ว่าจะให้ค่าที่สูงกว่ากฎ IR ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ
    - เป็นที่น่าสังเกตว่าการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP ซึ่งใช้เพียงข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานในการกำหนดเวลาส่งมอบนั้นจะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างต่ำ แต่กลับพบว่ากฎ TWK ซึ่งเป็นกฎที่ใช้เพียงข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของงานในการกำหนดเวลาส่งมอบเช่นเดียวกับกฎ TWKCP แต่กลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงที่สุด
    - ในการวิเคราะห์ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า นั้น พบว่ากฎ TWK ถือเป็นกฎที่ให้ค่าประสิทธิภาพทั้งสองด้านนี้ในระดับต่ำ แต่กลับให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยที่สูงมาก นั้นหมายความว่ากฎ

TWK น่าจะเป็นกฎที่ให้เวลาเสร็จสิ้นของงานก่อนกำหนดเวลาส่งมอบ (Earliness) สูง แต่ให้เวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) ต่ำ ซึ่งถือว่ากฎ TWK นั้นกำหนดเวลาส่งมอบได้ไม่แม่นยำนัก

■ ด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ย (Mean Staging Time)

- กฎการจ่ายงานแบบ LF และ IR จะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ เนื่องจากจากสองกฎนี้ไม่ได้ใช้ข้อมูลด้านเวลาส่งมอบในการจัดลำดับงาน
- กฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ IR แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ JDD ที่กำหนดเวลาส่งมอบให้ เป็นไปตามกฎ TWK และ JIS นั้นจะให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบมีค่าต่ำที่สุด
- กฎ LF เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด และพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ IR จะให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ต่ำกว่ากฎ S/OPN ในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ
- กฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาที่งาน A เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด สำหรับทุกๆ กฎการจ่ายงาน ซึ่งจะให้ค่าที่สูงมากเมื่อใช้ร่วมกับการจ่ายงานตามกฎ JDD และ S/OPN โดยมีกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK ที่จะให้ค่าต่ำที่สุดในทุกๆ กฎการจ่ายงาน
- กฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ S/OPN และกฎ JDD ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK และ JIS โดยจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
- กฎ LF เป็นกฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน B เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในทุกๆ กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ และจะไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
- กฎการจ่ายงานที่ทำให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่ กฎ S/OPN ที่กำหนดเวลาส่งมอบแบบ RAND และ CON โดยมีกฎ JDD ที่ให้ค่าเวลาที่งาน C เกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP และ BJIS



อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานแบบ LF ที่มีต่อโรงงานประกอบ ทางด้านระดับของพัสดุคงคลัง ซึ่งนอกจากจะสามารถพิจารณาจากระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยแล้ว ยังสามารถพิจารณาได้จากจำนวนของชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต (Work in Process: WIP) และจำนวนงานที่แล้วเสร็จ (Finished Goods) ได้โดยตรงอีกด้วย ซึ่งกฎการจ่ายงานที่ดีย่อมก่อให้เกิดปริมาณของชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตที่ต่ำ ดังนั้นจึงได้ทำการเปรียบเทียบจำนวนของชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตที่มากที่สุดในแต่ละแถวคอยของเครื่องจักร ที่กำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON สำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF และ S/OPN ซึ่งจากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาพบว่ากฎการจ่ายงานทั้งสองเป็นกฎที่ให้ค่าระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดและสูงที่สุดตามลำดับ โดยจะสามารถแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณของจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตได้ดังตารางที่ 5-46

ตารางที่ 5-46 จำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตที่มากที่สุด ในแต่ละแถวคอยของเครื่องจักร สำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF และ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

กฎการจ่ายงาน	จำนวนชิ้นงานในแต่ละแถวคอยของเครื่องจักร (ชิ้น)							
	MC 1	MC 2	MC 3	MC 4	MC 5	MC 6	MC 7	MC 8
LF	30	3	18	3	4	3	5	3
S/OPN	35	12	26	4	27	13	18	14

จากตารางที่ 5-46 จะเห็นได้ว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตที่มากที่สุด ในแต่ละแถวคอยของเครื่องจักรที่ได้จากการจ่ายงานตามกฎ LF นั้นจะมีค่าต่ำกว่าจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตที่ได้จากการจ่ายงานตามกฎ S/OPN ในทุก ๆ แถวคอยของเครื่องจักร โดยเฉพาะสำหรับแถวคอยของเครื่องจักรเครื่องที่ 2 ถึงเครื่องจักรเครื่องที่ 8 นั้น จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF จะสามารถให้ค่าจำนวนชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตที่ต่ำกว่า การจ่ายงานตามกฎ S/OPN เป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานแบบ LF ว่ามีความเหมาะสมกับสภาพการผลิตแบบโรงงานประกอบทางด้านระดับของพัสดุคงคลัง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากระยะเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ก็จะพบว่าให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

## 2. ระบบที่ไม่สามารถหาจุดสิ้นสุดได้ (Non-Terminating System)

### ■ ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

ตารางที่ 5-47 กฎการจ่ายงาน – กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

สภาพการทำงานของระบบ	Performance Measures			
	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	$MAL$
แบบผลัก (Push)	JDD-TWK	JDD-JIS	JDD-JIS	LF-JIS
แบบดึง (Pull)	LF-RAND	LF-BJIS	LF-BJIS	JDD-CON

### ■ ด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)

- เมื่อสภาพการทำงานของระบบเป็นแบบผลักจะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ JDD จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด โดยจะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK TWKCP JIS และ BJIS
- สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง พบว่ากฎ LF จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND แต่อย่างไรก็ตามพบว่าจะให้ผลที่ไม่ต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ
- โดยพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด สำหรับสภาพการทำงานของระบบทั้งสอง โดยระบบแบบผลักนั้นจะได้ค่าสูงที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP และเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON สำหรับระบบการผลิตแบบดึง

### ■ ด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

- สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลัก กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD โดยจะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS
- กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดสำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง ได้แก่กฎ LF โดยจะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS JIS TWK ตามลำดับ
- สำหรับสภาพการทำงานของระบบทั้งสองพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK

CON และ RAND แต่ยังคงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎอื่นๆ

- ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลัก กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD ที่ทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS TWK และ BJIS
  - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุดสำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง ได้แก่กฎ LF เมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS BJIS TWK และ TWKCP ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
  - กฎ IR และกฎ S/OPN พบว่าให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยที่สูง สำหรับสภาพการทำงานของทั้งสองระบบ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง เมื่อทำการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS BJIS และ TWK แล้วจะพบว่าทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ได้อยู่ในกลุ่มที่ให้ค่าดีที่สุด
- ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)
  - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF โดยกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ JIS สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลัก
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ LF โดยกำหนดเวลาส่งมอบให้เป็นไปตามกฎ CON
  - กฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยสูงที่สุด สำหรับสภาพการทำงานของทั้งสองระบบ คือ กฎการจ่ายงานแบบ S/OPN
- ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง (Tall Structure)
 

ตารางที่ 5-48 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

สภาพการทำงานของระบบ	Performance Measures			
	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	$MAL$
แบบผลัก (Push)	JDD-JIS	JDD-JIS	S/OPN-JIS	JDD-JIS
แบบดึง (Pull)	S/OPN - RAND	LF- TWK	LF-JIS	LF-CON

- ด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)
  - เมื่อสภาพการทำงานในระบบเป็นแบบผลึก พบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดได้แก่ กฎ JDD และกฎ LF ซึ่งทั้งสองกฎให้ผลที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกฎ JDD จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบคิง พบว่ากฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดได้แก่ กฎ S/OPN เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ RAND ส่วนกฎ JDD จะเป็นกฎที่ทำให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุด แต่ยังคงไม่มีความแตกต่างจากกฎการจ่ายงานแบบอื่นๆ
  
- ด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลึก กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ JDD และกฎ LF ซึ่งทั้งสองกฎให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลา ส่งมอบตามกฎ JIS
  - กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาล่าช้าโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR ซึ่งทั้งสามกฎให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะให้ค่าต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบคิง
  - กฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งโดยรวมแล้ว กฎ S/OPN จะให้ค่าที่สูงที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ TWKCP ตามลำดับ สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบคิง และจะให้ค่าที่สูงที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND และ CON สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลึก
  
- ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)
  - กฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ BJIS สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลึก โดยมีกฎ JDD และกฎ LF ที่พบว่าให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่สูงมาก
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบคิง กฎการจ่ายงานที่ให้เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าต่ำที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR โดยทั้งสามกฎนี้จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS นอกจากนี้พบว่ากฎ S/OPN นั้น เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ

TWK และ TWKCP แล้วจะทำให้ได้ประสิทธิภาพทางด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ไม่แตกต่างไปจากกฎทั้งสามข้างต้น

- ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลัก พบว่ากฎ JDD และกฎ LF จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และพบว่ากฎ S/OPN ยังคงเป็นกฎที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยที่สูงมาก โดยเฉพาะเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON และ JIS ตามลำดับ
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR โดยทั้งสามกฎนี้จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON RAND JIS และ BJIS ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP ซึ่งจะมีค่าแตกต่างจากกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ
  
- ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure)

ตารางที่ 5-49 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

สภาพการทำงานของระบบ	Performance Measures			
	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	$MAL$
แบบผลัก (Push)	JDD-TWK	JDD-JIS	JDD-JIS	LF-JIS
แบบดึง (Pull)	LF- RAND	LF-CON	JDD-BJIS	LF-BJIS

- ด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Flow Time)
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลัก พบว่ากฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดในทุกสถานะของระบบ ได้แก่กฎ JDD และกฎ LF ซึ่งทั้งสองกฎให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ากฎ JDD จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWK โดยพบว่ากฎ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด

- กฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง ได้แก่กฎ LF และกฎ JDD ซึ่งทั้งสองกฎให้ค่าที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยพบว่ากฎ LF จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ RAND โดยพบว่ากฎ IR เป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด

- ด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

- โดยภาพรวมแล้ว กฎ JDD และกฎ LF ให้เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยทั้งสองกฎนี้จะให้เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ BJIS สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลัก และทั้งสองกฎนี้จะให้เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON
- กฎ S/OPN จะให้เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุด โดยทั่วไปจะให้ค่าที่สูงกว่ากฎ IR ยกเว้นเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ BJIS สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลัก ที่จะพบว่ากฎ S/OPN นั้นจะให้ค่าที่ต่ำกว่ากฎ IR และเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS และ TWK สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง

- ด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs)

- โดยภาพรวมแล้วกฎ JDD และกฎ LF จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยทั้งสองกฎจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลัก
- สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง กฎ JDD จะให้เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ BJIS ส่วนกฎ LF จะให้เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP โดยทั้งสองกฎจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
- กฎที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดโดยเฉลี่ย ได้แก่กฎ S/OPN ซึ่งสำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดึง แล้วเมื่อใช้การกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK จะพบว่าให้ค่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างดี อย่างไรก็ตามเมื่อกฎการกำหนดเวลา

ส่งมอบแบบ CON และ RAND จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด โดยสำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลึก เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ TWKCP ร่วมกับการจ่ายงานตามกฎ S/OPN แล้วจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด

- ด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness)
  - กฎ JDD และกฎ LF จะให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ JIS และ BJIS ตามลำดับสำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบผลึก
  - สำหรับสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบดิ่ง แล้วกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่กฎ LF JDD และกฎ IR โดยทั้งสามกฎนี้จะให้ค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ CON BJIS และ TWKCP ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
  - โดยมีกฎ S/OPN เป็นกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยสูงสุด สำหรับทั้งสองสภาพการทำงานของระบบ

## บทที่ 6

### การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ

#### 6.1 บทนำ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบรูปแบบต่างๆ ในบทที่ผ่านมาของระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ ภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานแบบทันเวลาพอดีแล้วนั้น ในบทนี้จะเป็นการทำการทดลองเพิ่มเติมโดยการพัฒนาและเพิ่มเทคนิคบางอย่างให้กับกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีที่สุดจากบทที่ผ่านมา นั่นคือกฎ LF และกฎ S/OPN จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับค่าประสิทธิภาพของระบบในช่วงก่อนการปรับปรุงเพื่อสรุปผลการทดลองในขั้นต่อไป

#### 6.2 การพัฒนากฎการจ่ายงาน

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ จะพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF จะให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงาน เพอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า รวมถึงค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยในทุกๆ โครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็นไปในทิศทางที่ดี แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงาน กลับพบว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF จะให้ค่าของระยะเวลาการรอคอยการประกอบที่สูงที่สุด โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN ที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงานที่น้อยที่สุด ในทุกๆ โครงสร้างผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการปรับปรุงกฎการจ่ายงาน จะได้ทำการปรับปรุงโดยแยกพิจารณาตามตัววัดประสิทธิภาพสำหรับกฎการจ่ายงานทั้งสอง ดังนี้

##### 6.2.1 กฎการจ่ายงานแบบ LF

###### 6.2.1.1 แนวคิดและหลักการ

สำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF จะเป็นการพัฒนากฎการจ่ายงานเพื่อปรับปรุงดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ค่าเวลาล่าช้าของงาน เพอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า และค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย ซึ่งดัชนีวัดประสิทธิภาพที่กล่าวมานี้ Philipoom, Markland and Fry (1989) พิจารณาว่าสามารถวัดประสิทธิภาพของระบบได้อย่างครอบคลุมไม่ว่าจะเป็นทางด้านเกณฑ์เวลาในการส่งมอบงาน ระดับของปริมาณ



พัสดุดังกล่าว รวมถึงความสามารถในการควบคุมการดำเนินงานของพื้นที่ในการปฏิบัติงาน และในการปรับปรุงกฎการดำเนินงานนั้น Philipoom, Russell, and Fry (1991) พบว่าปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดลำดับงานในระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ คือ ควรมีการพิจารณาข้อมูลทางด้านความคับคั่งของระบบ (Shop Congestion) โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (Product Structure) ความก้าวหน้าของงาน (Job Progress) เวลารอคอยการประกอบ (Staging Delay) และกำหนดเวลาส่งมอบ (Due Date) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากฎ LF นั้นมีการใช้ข้อมูลทางด้านโครงสร้างของผลิตภัณฑ์และความก้าวหน้าของงาน โดยพิจารณาจากจำนวนของการดำเนินงานที่ต้องทำและจำนวนของการดำเนินงานที่เหลืออยู่ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานแบบทันเวลาพอดีนั้นการส่งมอบงานให้กับลูกค้าได้ตรงตามกำหนดเวลานั้นถือเป็นส่วนสำคัญ ดังนั้นหากมีการใช้ข้อมูลทางด้านอื่นๆ ร่วมด้วยแล้วคาดว่าจะส่งผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้น โดยให้มีการเพิ่มหลักการในการพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงาน นั้นคือ ในกรณีที่ส่วนประกอบคำนวณค่า LF ออกมามีค่าเท่ากันแล้ว สำหรับในช่วงก่อนการปรับปรุงจะพบว่าส่วนประกอบจะเข้าสู่เครื่องจักรตามลำดับของการมาถึง (FCFS) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อส่วนประกอบบางชิ้นส่วนต้องเข้าไปรอที่สถานีการประกอบก่อนเวลา แต่สำหรับกฎ LF ที่ได้ทำการปรับปรุงนี้จะพิจารณาส่วนประกอบที่มีค่าระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงานที่ต่ำกว่าเข้ารับการดำเนินงานที่เครื่องจักรก่อน ซึ่งน่าจะส่งผลให้เวลารอคอยการประกอบ (Staging Delay) ของงานนั้นมีค่าน้อยลง ซึ่งเวลาส่วนนี้ถือเป็นส่วนหนึ่งของเวลาการไหลของงาน จึงน่าที่จะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย รวมทั้งค่าประสิทธิภาพทางด้านอื่นๆ ต่ำลง เช่นกัน

#### 6.2.1.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

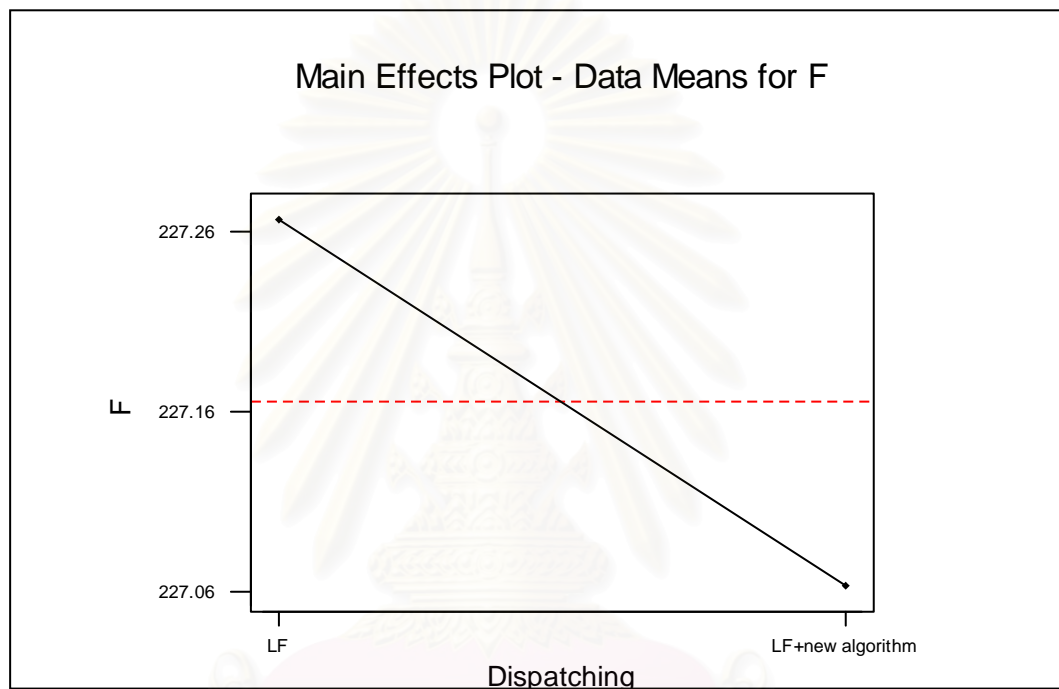
หลังจากทำการทดลองตามแนวคิดและหลักการที่ได้กล่าวมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงสำหรับทุกกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงการวิเคราะห์ปัจจัยหลัก การเปรียบเทียบแบบ Tukey Multiple Comparison Test และการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของดัชนีวัดประสิทธิภาพ โดยได้ผลดังนี้

## 6.2.1.2.1 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

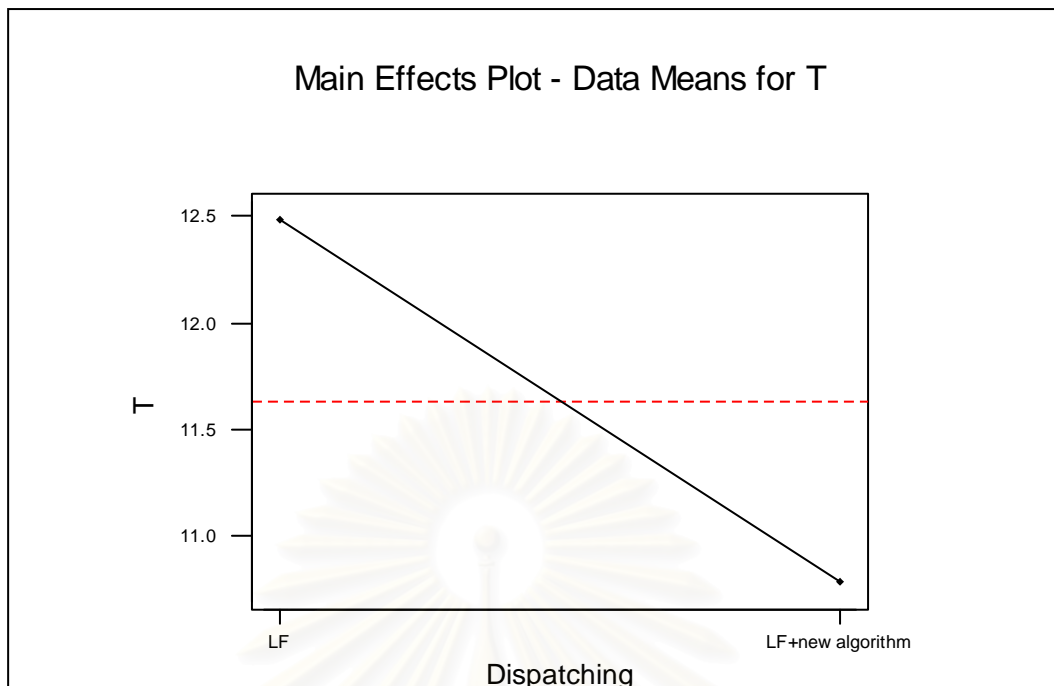
<b>One-way ANOVA: F versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for F						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	1.2526	1.2526	13.93	0.000	
Error	118	10.6104	0.0899			
Total	119	11.8630				
<b>One-way ANOVA: T versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for T						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	87.0	87.0	2.00	0.160	
Error	118	5127.2	43.5			
Total	119	5214.2				
<b>One-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for %T						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	34.5	34.5	0.71	0.400	
Error	118	5714.1	48.4			
Total	119	5748.7				
<b>One-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for MAL						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	80	80	0.06	0.815	
Error	118	170885	1448			
Total	119	170965				
<b>One-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for Wait Job A						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	694.7	694.7	32.45	0.000	
Error	118	2526.4	21.4			
Total	119	3221.1				
<b>One-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for Wait Job B						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	44.4	44.4	1.70	0.195	
Error	118	3078.3	26.1			
Total	119	3122.7				
<b>One-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for Wait Job C						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	1494.7	1494.7	58.60	0.000	
Error	118	3009.7	25.5			
Total	119	4504.4				

รูปที่ 6-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

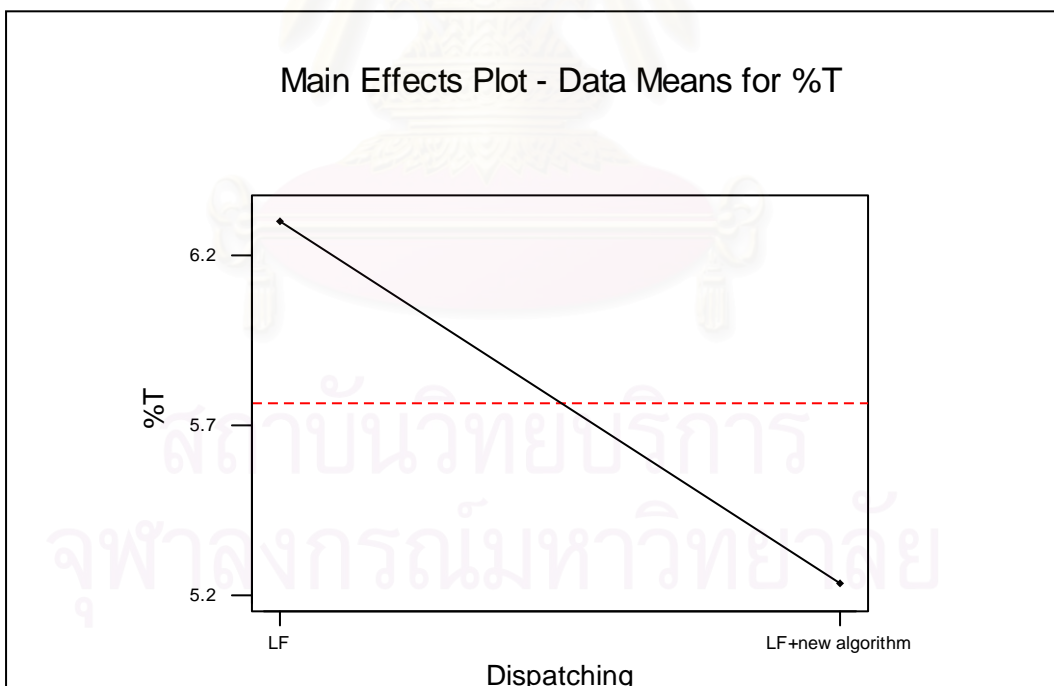
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากค่า P-Value ทำให้พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนกฏ LF ที่ได้รับการปรับปรุงมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยและค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงาน A และงาน C ส่วนผลทางด้านค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยและค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B แล้วถือว่ากฏ LF ที่ได้รับการปรับปรุงมีผลต่อค่าดังกล่าวนี้เล็กน้อย



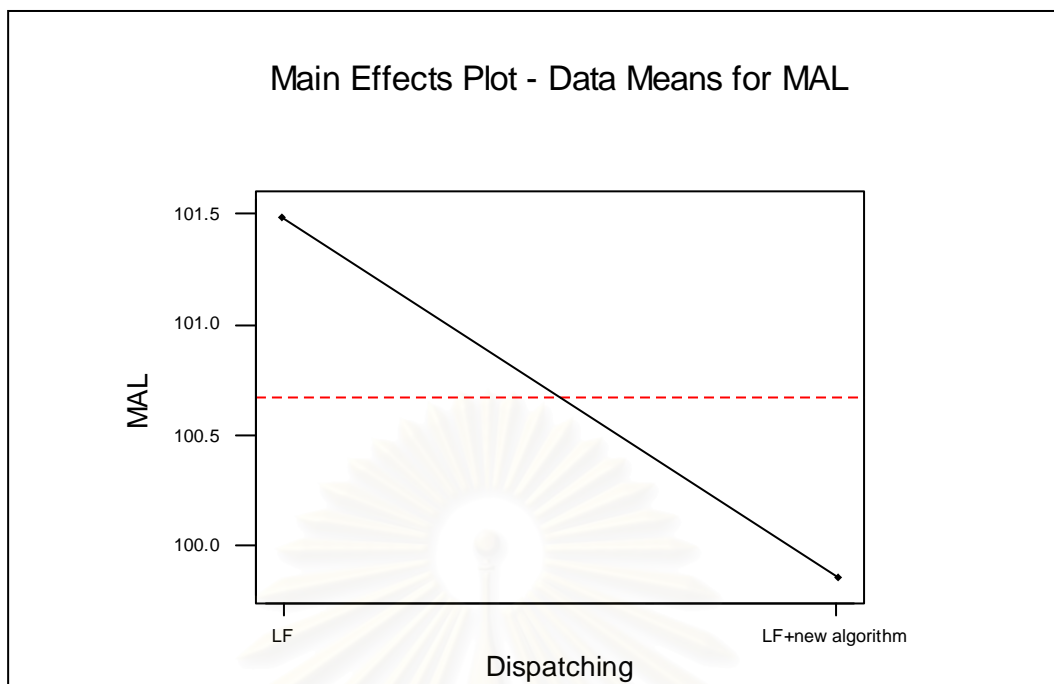
รูปที่ 6-2 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน



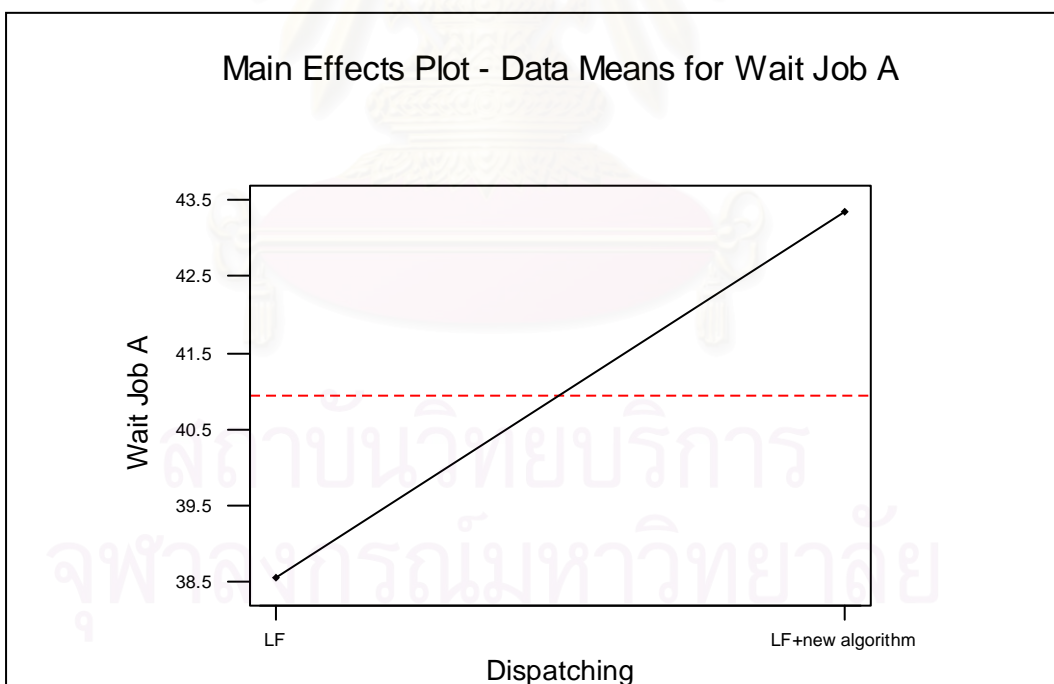
รูปที่ 6-3 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาลำช้าของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน



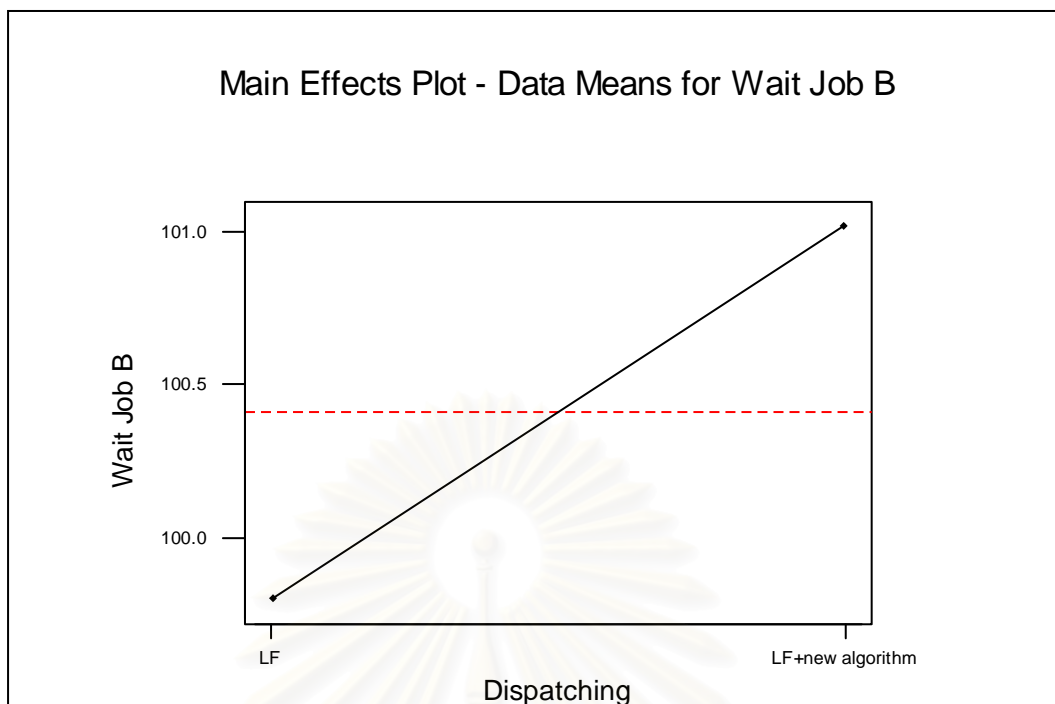
รูปที่ 6-4 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน



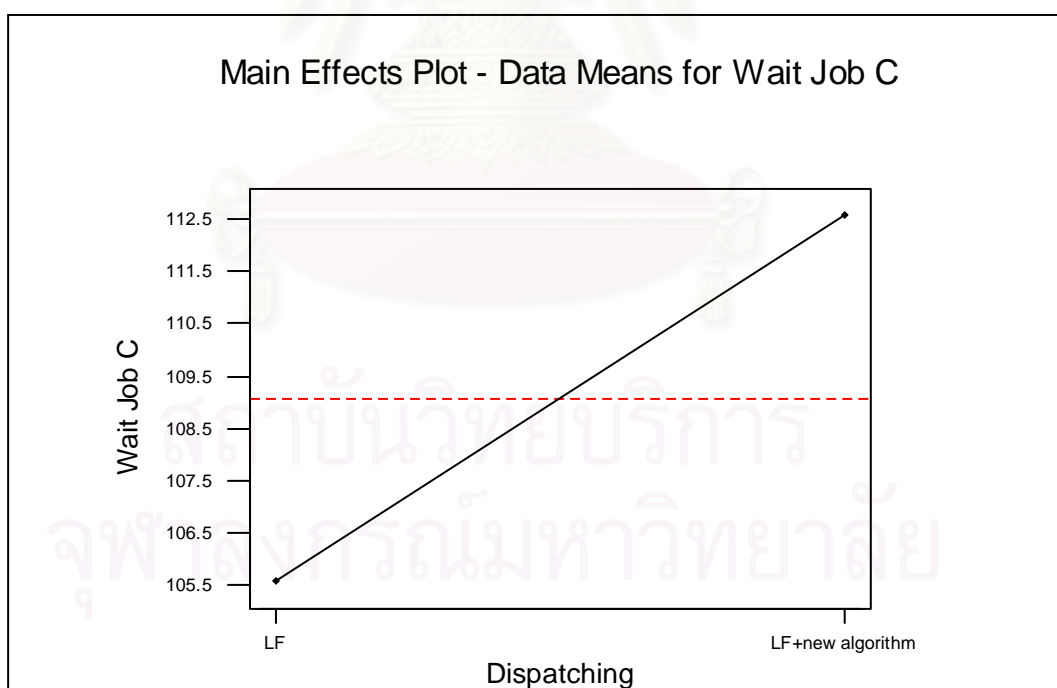
รูปที่ 6-5 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 6-6 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 6-7 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 6-8 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณารูปที่ 6-2 – 6-8 จะพบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนนั้น เมื่อเพิ่มพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงานให้กับกฎ LF แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานกลับพบว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงนั้นมีค่าสูงกว่าผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 6-1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

Performance Measures	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	$MAL$	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
New	227.06	10.78	5.23	99.86	43.35	101.02	112.60
LF	227.27	12.48	6.30	101.49	38.54	99.80	105.54
ผลต่าง	0.20	1.70	1.07	1.63	-4.81	-1.22	-7.06
%	0.09	13.63	17.02	1.60	-12.48	-1.22	-6.69

\* New หมายถึง กฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง

% หมายถึง เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง

Individual 95% CIs For Mean Flow Time				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	227.268	0.342	(-----*-----)
LF+new a	60	227.063	0.251	(-----*-----)
Pooled StDev =		0.300		227.00 227.10 227.20 227.30
Individual 95% CIs For Mean Tardiness				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	12.485	6.518	(-----*-----)
LF+new a	60	10.782	6.665	(-----*-----)
Pooled StDev =		6.592		10.5 12.0 13.5
Individual 95% CIs For Mean % of Tardy Jobs				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	6.302	6.917	(-----*-----)
LF+new a	60	5.229	7.000	(-----*-----)
Pooled StDev =		6.959		4.5 6.0 7.5

Individual 95% CIs For Mean Absolute Lateness				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	101.49	37.77	(-----*-----)
LF+new a	60	99.86	38.34	(-----*-----)
Pooled StDev =		38.05		96.0 102.0 108.0
Individual 95% CIs For Mean Staging Time of Job A				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	38.539	5.909	(-----*-----)
LF+new a	60	43.351	2.812	(-----*-----)
Pooled StDev =		4.627		38.0 40.0 42.0 44.0
Individual 95% CIs For Mean Staging Time of Job B				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	99.80	5.59	(-----*-----)
LF+new a	60	101.02	4.58	(-----*-----)
Pooled StDev =		5.11		99.6 100.8 102.0
Individual 95% CIs For Mean Staging Time of Job C				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	105.54	5.92	(-----*-----)
LF+new a	60	112.60	3.99	(-----*-----)
Pooled StDev =		5.05		105.0 108.0 111.0 114.0

รูปที่ 6-9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบแบน

ตารางที่ 6-2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับปรุง  
กฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

Performance Measures	Standard Deviation			
	$\bar{T}$	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean
New	6.66	2.81	4.58	3.99
LF	6.52	5.91	5.59	5.92
ผลต่าง	-0.15	3.10	1.01	1.93
%	-2.25	52.39	18.03	32.59

\* New หมายถึง กฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง

% หมายถึง เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง



**Test for Equal Variances: Tardiness**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
5.39902	6.51752	8.18917	60	LF-Before
5.52127	6.66510	8.37460	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 0.956  
P-Value : 0.864

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job A**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
4.89462	5.90862	7.42409	60	LF-Before
2.32948	2.81207	3.53332	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 4.415  
P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job B**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
4.62767	5.58638	7.01920	60	LF-Before
3.79321	4.57904	5.75350	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.488  
P-Value : 0.130

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job C**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
4.90604	5.92241	7.44142	60	LF-Before
3.30698	3.99208	5.01599	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 2.201  
P-Value : 0.003

รูปที่ 6-10 เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากตารางที่ 6-1 การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test ทำให้พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนนั้น เมื่อเพิ่มพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงานให้กับกฎ LF แล้ว สามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้น เมื่อพิจารณาทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่า

สัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย แต่จะมีเพียงค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยเท่านั้นที่มีผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงานจะพบว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงนั้นจะให้ค่าที่สูงกว่าผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงสำหรับงาน A และงาน C อย่างมีนัยสำคัญ และจากตารางที่ 6-2 และรูปที่ 6-10 จะพบว่ากฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง จะให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาค่าซ้ำของงานโดยเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบสำหรับงาน B มีค่าไม่แตกต่างไปจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่หาได้จากกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงแต่อย่างใด แต่เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสำหรับงาน A และงาน C แล้วจะพบว่ามียาลดลงจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ



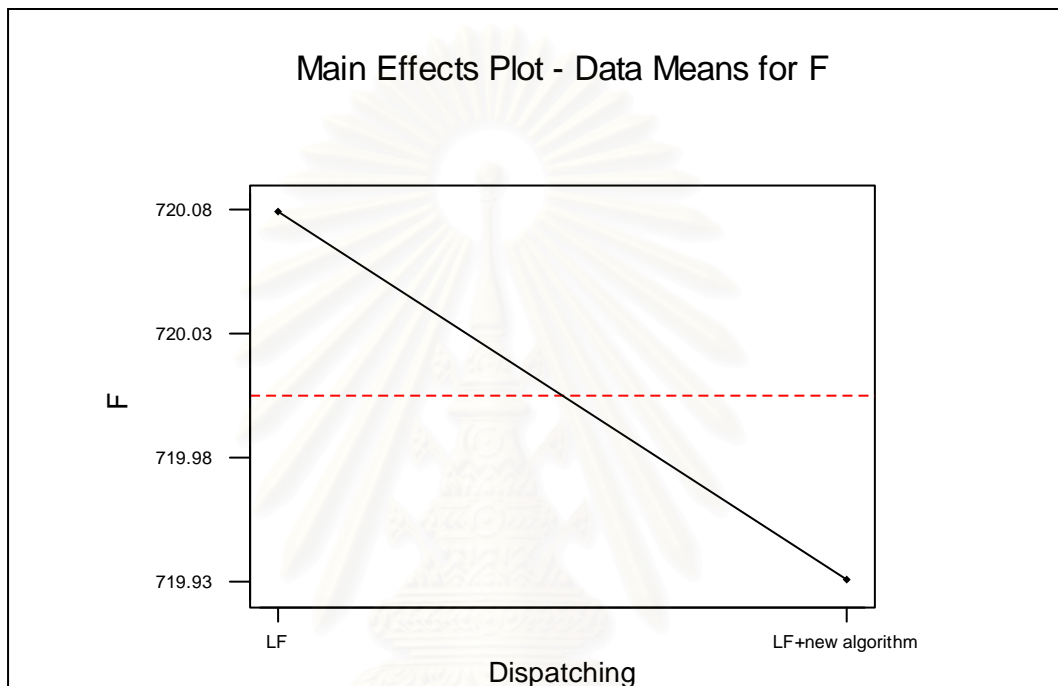
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.2.1.2.2 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง (Tall Structure)

<b>One-way ANOVA: F versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for F					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	0.66	0.66	0.63	0.428
Error	118	123.61	1.05		
Total	119	124.27			
<b>One-way ANOVA: T versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	4704	4704	8.82	0.004
Error	118	62948	533		
Total	119	67652			
<b>One-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for %T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	8.0	8.0	0.19	0.662
Error	118	4920.5	41.7		
Total	119	4928.5			
<b>One-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for MAL					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	4940	4940	0.03	0.872
Error	118	22468960	190415		
Total	119	22473900			
<b>One-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for Wait Job A					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	12226	12226	14.63	0.000
Error	118	98626	836		
Total	119	110852			
<b>One-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for Wait Job B					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	18035	18035	10.09	0.002
Error	118	210860	1787		
Total	119	228895			
<b>One-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for Wait Job C					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	35952	35952	22.61	0.000
Error	118	187661	1590		
Total	119	223613			

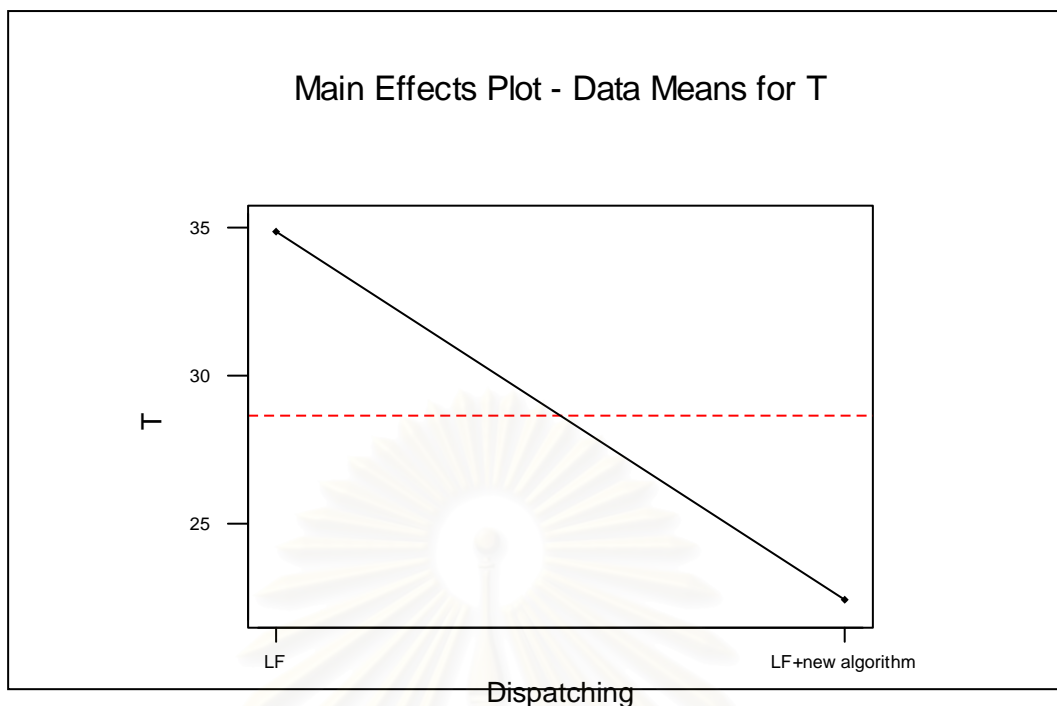
รูปที่ 6-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากค่า P-Value พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาต่ำซ้ำของงานโดยเฉลี่ยและด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน โดยจะส่งผลน้อยมากต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า และค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย

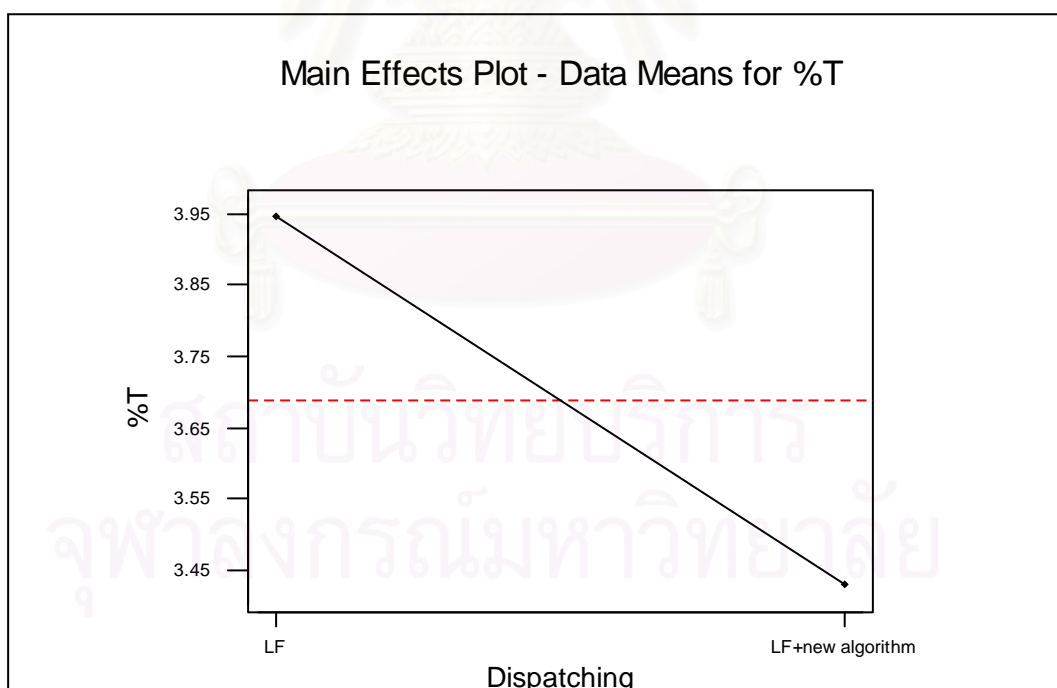


รูปที่ 6-12 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

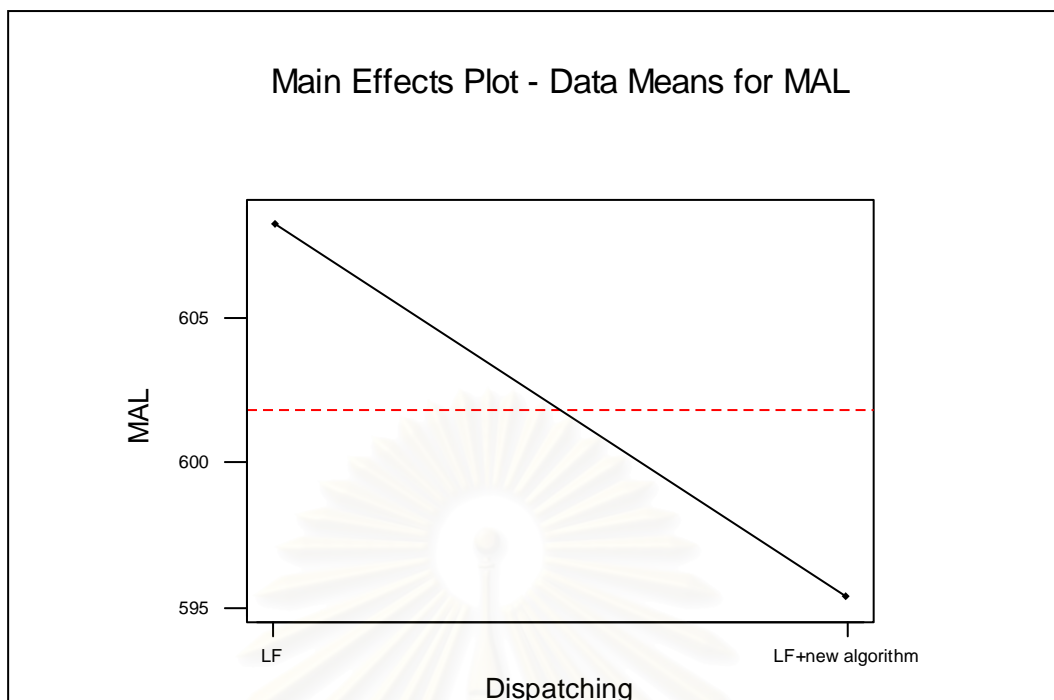
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



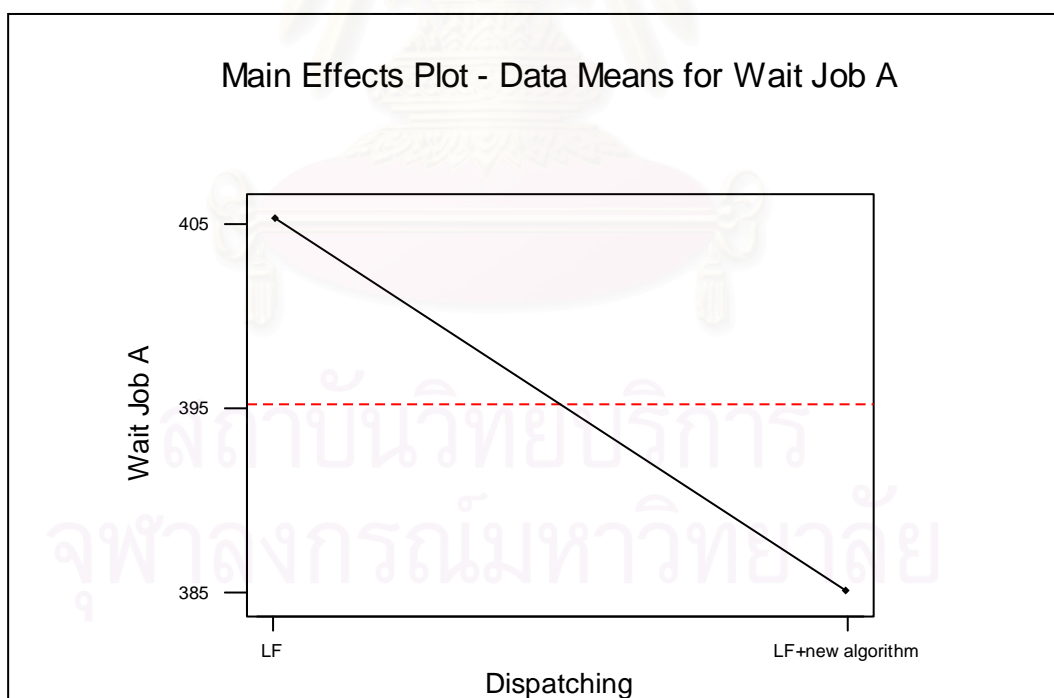
รูปที่ 6-13 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาลำช้าของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



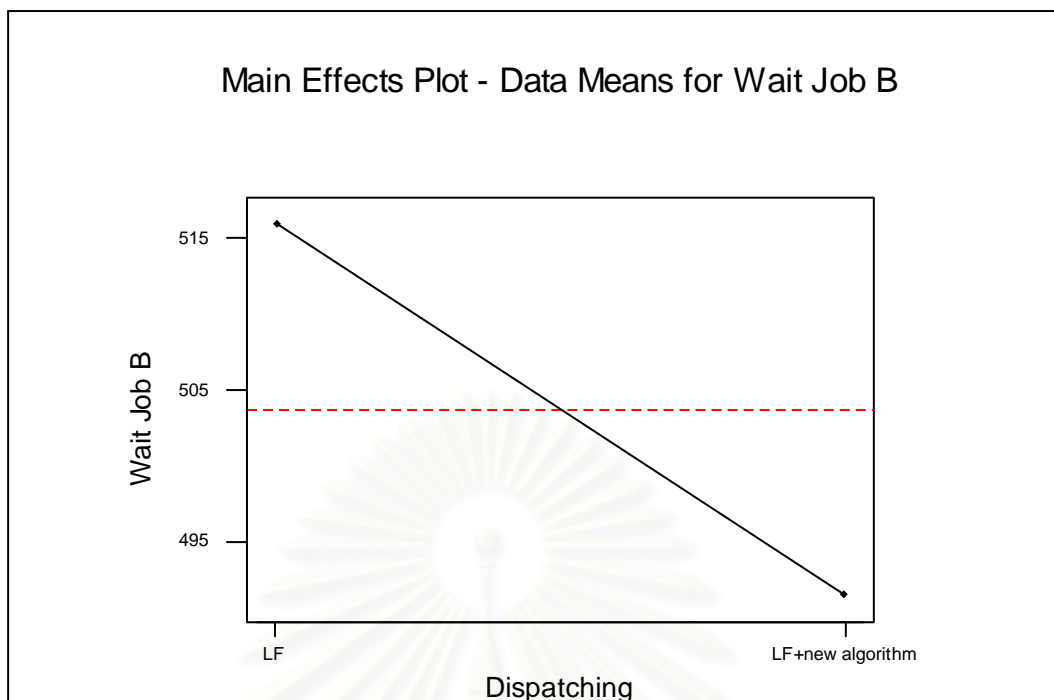
รูปที่ 6-14 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



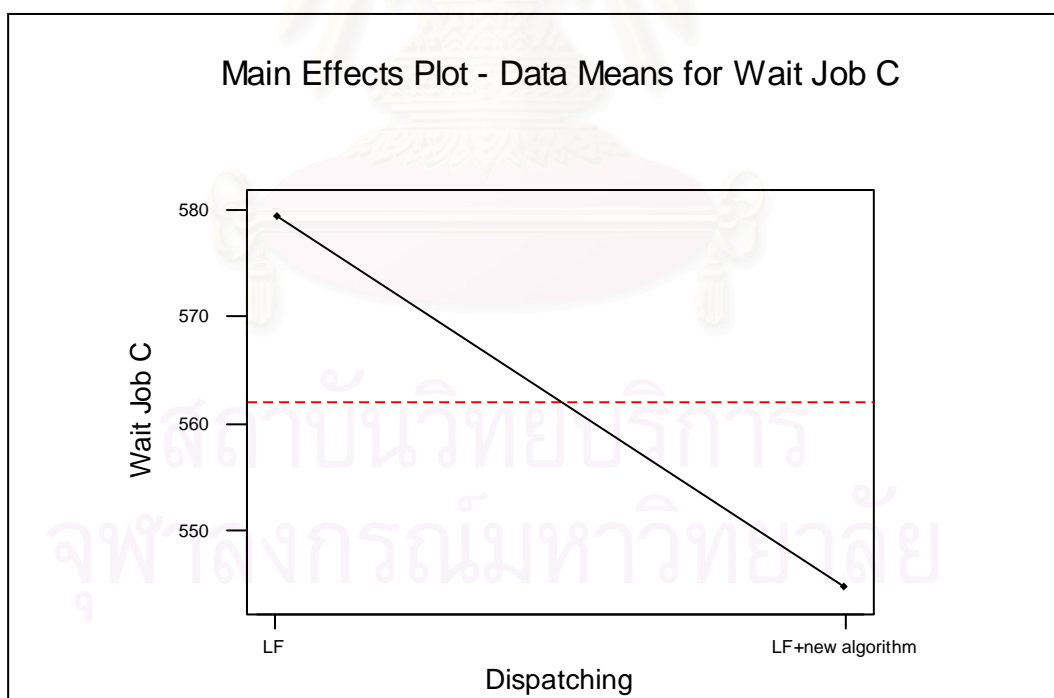
รูปที่ 6-15 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 6-16 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 6-17 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบ  
โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 6-18 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบ  
โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากการพิจารณารูปที่ 6-12 – 6-18 จะพบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงนั้น เมื่อเพิ่มพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงานให้กับกฎ LF แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นในทุกดัชนีวัดประสิทธิภาพ นั่นคือ ด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย รวมถึงด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยสำหรับทุกงาน

ตารางที่ 6-3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

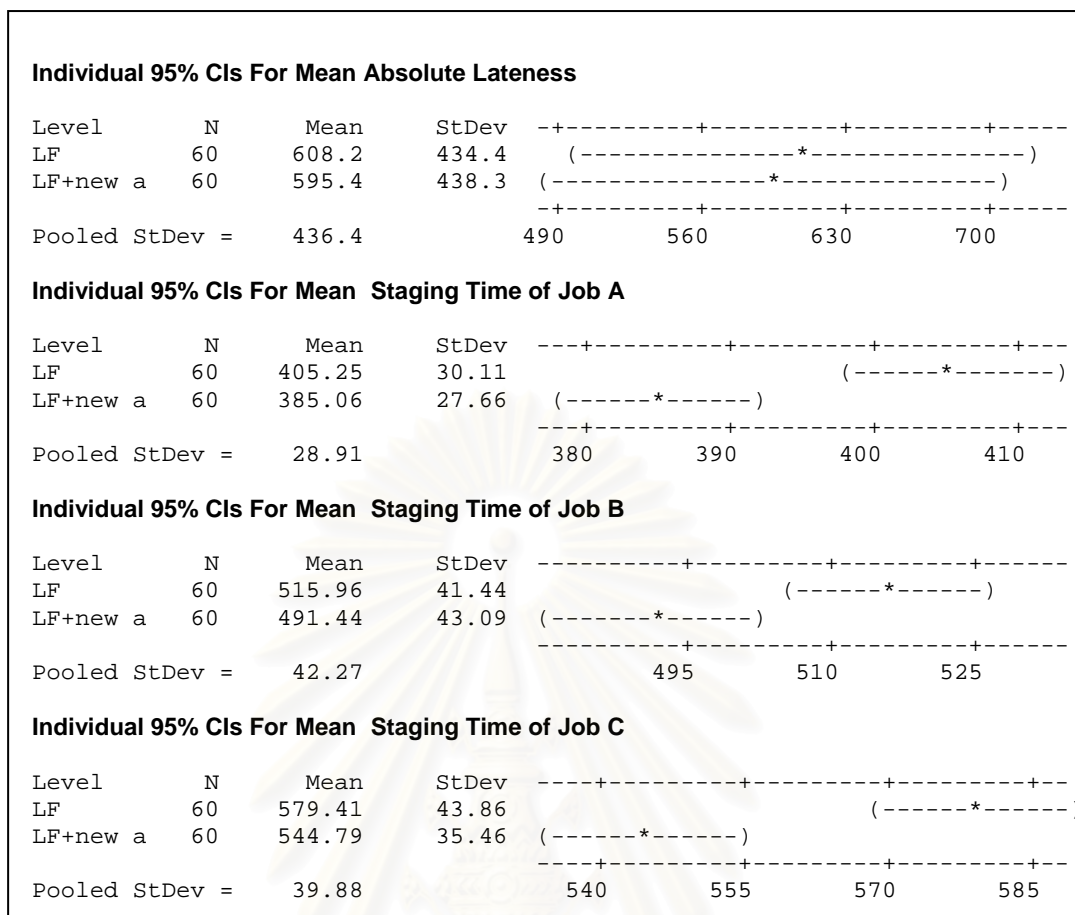
Performance Measures	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	$MAL$	$\bar{ST}_a$	$\bar{ST}_b$	$\bar{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
New	719.93 ↑	22.35	3.43 ↑	595.39 ↑	385.06	491.44	544.79
LF	720.08 ↓	34.88	3.95 ↓	608.22 ↓	405.25	515.96	579.41
ผลต่าง	0.15	12.52	0.52	12.83	20.19	24.52	34.62
%	0.02	35.90	13.11	2.11	4.98	4.75	5.97

\* New หมายถึง กฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง

% หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง

Individual 95% CIs For Mean Flow Time				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	720.08	0.80	(-----*-----)
LF+new a	60	719.93	1.21	(-----*-----)
Pooled StDev =		1.02		719.80    720.00    720.20
Individual 95% CIs For Mean Tardiness				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	34.88	25.27	(-----*-----)
LF+new a	60	22.35	20.70	(-----*-----)
Pooled StDev =		23.10		21.0    28.0    35.0
Individual 95% CIs For Mean % of Tardy Jobs				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	3.946	6.611	(-----*-----)
LF+new a	60	3.429	6.300	(-----*-----)
Pooled StDev =		6.457		2.4    3.6    4.8    6.0





รูปที่ 6-19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบสูง

ตารางที่ 6-4 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับปรุง  
กฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Performance Measures	Standard Deviation			
	$\bar{T}$	$\bar{ST}_a$	$\bar{ST}_b$	$\bar{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean
New	20.70	27.66	43.09	35.46
LF	25.27	30.11	41.44	43.86
ผลต่าง	4.58	2.45	-1.66	8.40
%	18.11	8.13	-3.99	19.16

\* New หมายถึง กฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง

% หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง

**Test for Equal Variances: Tardiness**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
20.9340	25.2709	31.7525	60	LF-Before
17.1438	20.6955	26.0035	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.491  
P-Value : 0.128

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job A**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
24.9412	30.1082	37.8305	60	LF-Before
22.9139	27.6609	34.7555	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.185  
P-Value : 0.517

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job B**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
34.3256	41.4367	52.0646	60	LF-Before
35.6966	43.0917	54.1441	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 0.925  
P-Value : 0.765

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job C**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
36.3319	43.8587	55.1078	60	LF-Before
29.3711	35.4558	44.5497	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.530  
P-Value : 0.105

รูปที่ 6-20 เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

จากตารางที่ 6-3 การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test ทำให้พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงนั้น เมื่อเพิ่มพิจารณาระดับของการประกอบ และคำสั่งการผลิตของงานให้กับกฎ LF แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาทางด้านเวลาต่ำซ้ำของงาน โดยเฉลี่ยและทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย

ของงาน อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า และค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย แต่ค่าโดยเฉลี่ยที่ได้แล้ว ยังคงให้ค่าที่ดีกว่าผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง และเมื่อพิจารณาตารางที่ 6-4 และรูปที่ 6-20 จะพบว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงนั้น จะให้ค่าต่ำกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย และทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสำหรับงาน A และงาน C โดยสำหรับงาน B จะพบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF นั้น จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากในช่วงก่อนการปรับปรุง แต่อย่างไรก็ตามค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นทั้งหมด เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้วจะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



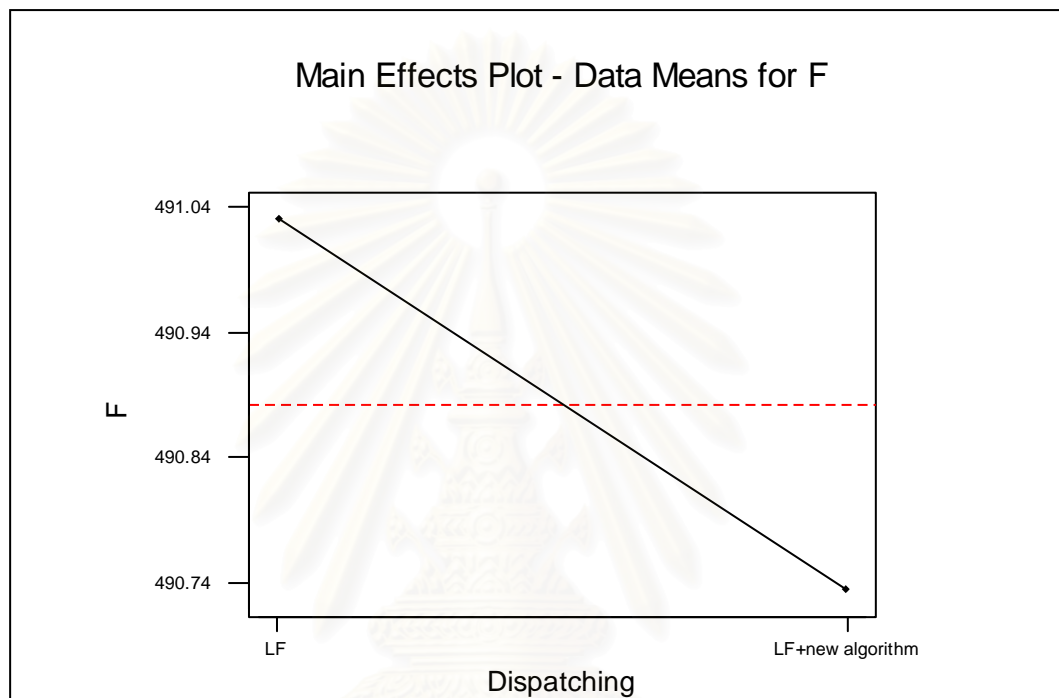
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.2.1.2.3 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure)

<b>One-way ANOVA: F versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for F					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	2.640	2.640	8.29	0.005
Error	118	37.583	0.318		
Total	119	40.223			
<b>One-way ANOVA: T versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	833.3	833.3	9.68	0.002
Error	118	10154.4	86.1		
Total	119	10987.7			
<b>One-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for %T					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	261.19	261.19	26.44	0.000
Error	118	1165.52	9.88		
Total	119	1426.71			
<b>One-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for MAL					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	866	866	0.44	0.507
Error	118	230452	1953		
Total	119	231318			
<b>One-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for Wait Job A					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	19476.7	19476.7	476.18	0.000
Error	118	4826.4	40.9		
Total	119	24303.1			
<b>One-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for Wait Job B					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	3806.67	3806.67	443.34	0.000
Error	118	1013.19	8.59		
Total	119	4819.86			
<b>One-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rules</b>					
Analysis of Variance for Wait Job C					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	12933.3	12933.3	421.86	0.000
Error	118	3617.6	30.7		
Total	119	16550.9			

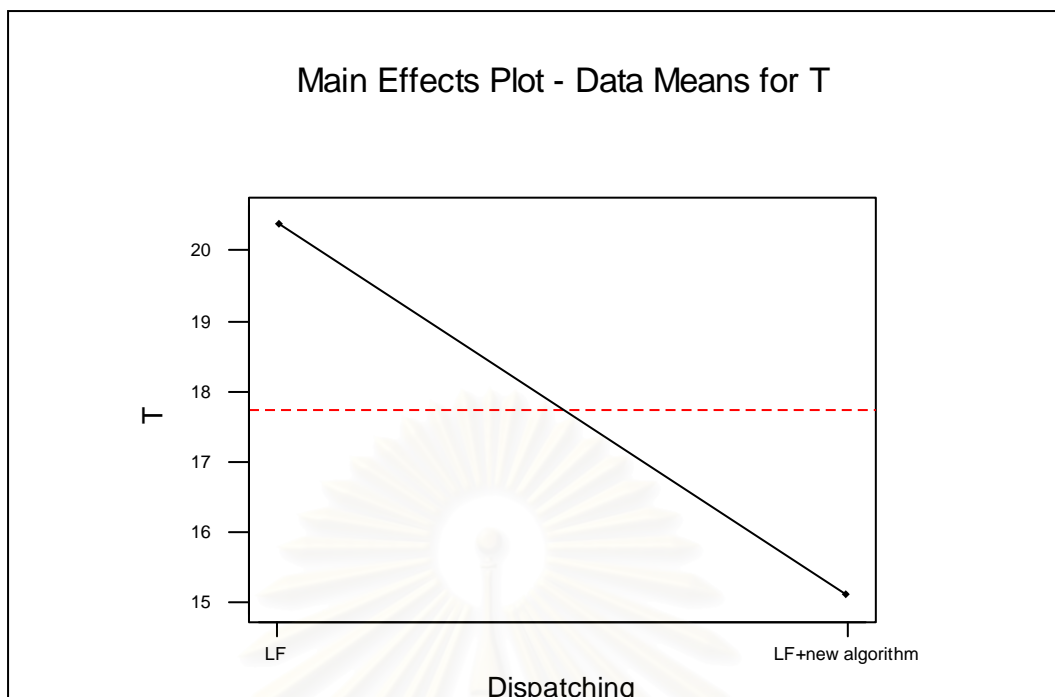
รูปที่ 6-21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากค่า P-Value พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า และเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย แต่พบว่าจะส่งผลน้อยมากต่อประสิทธิภาพทางด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย

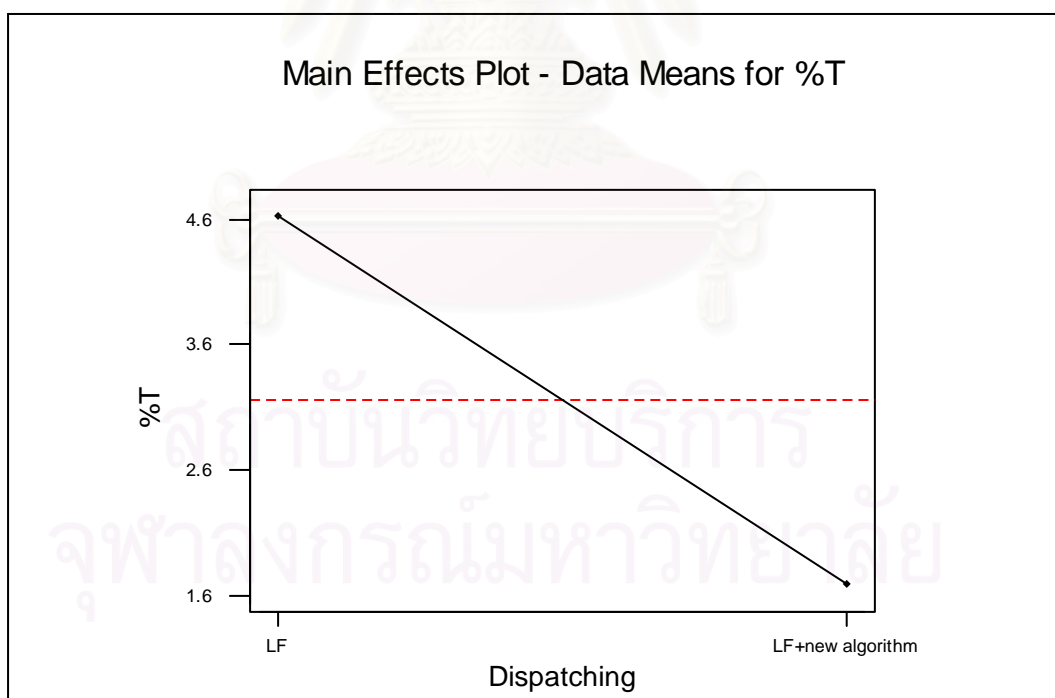


รูปที่ 6-22 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

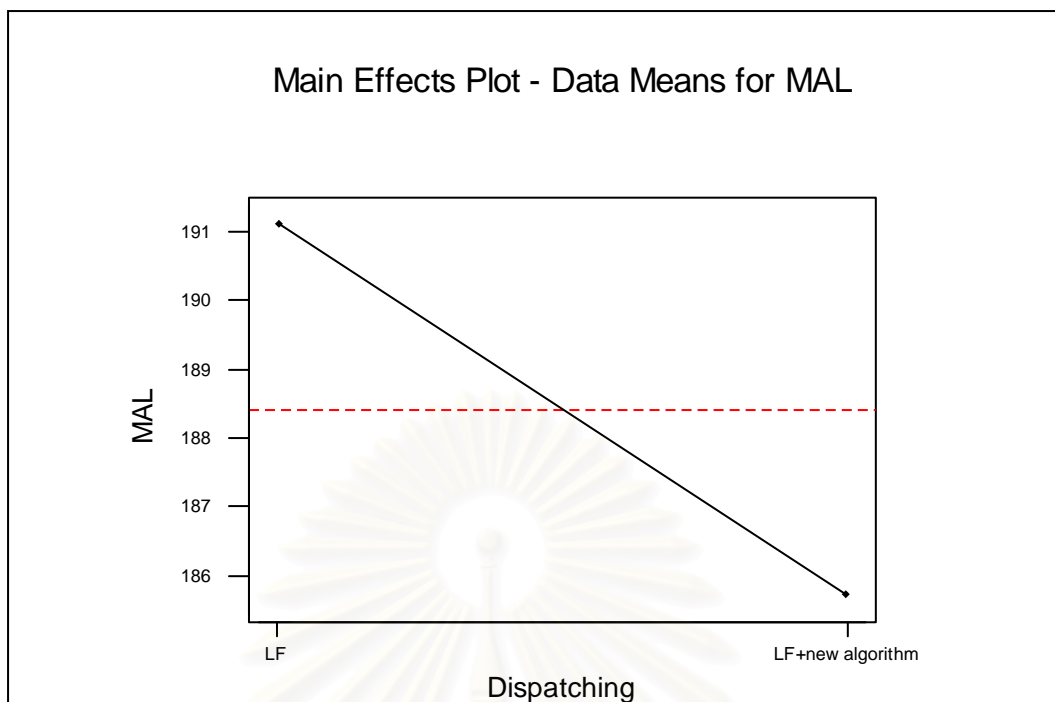
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



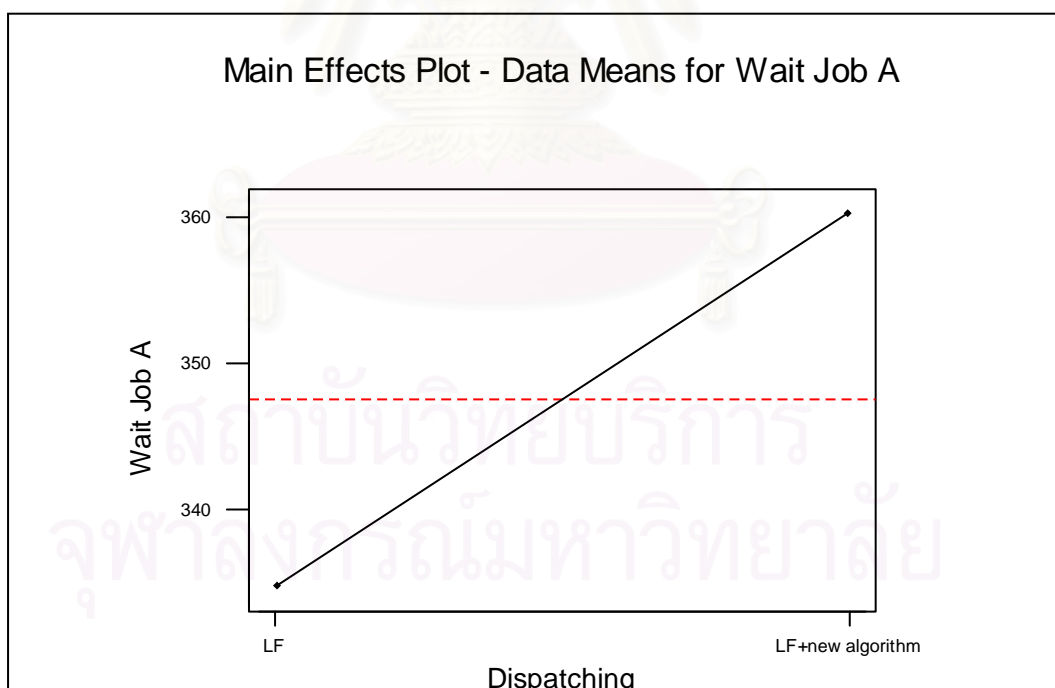
รูปที่ 6-23 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาต่ำซ้ำของงาน โดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน



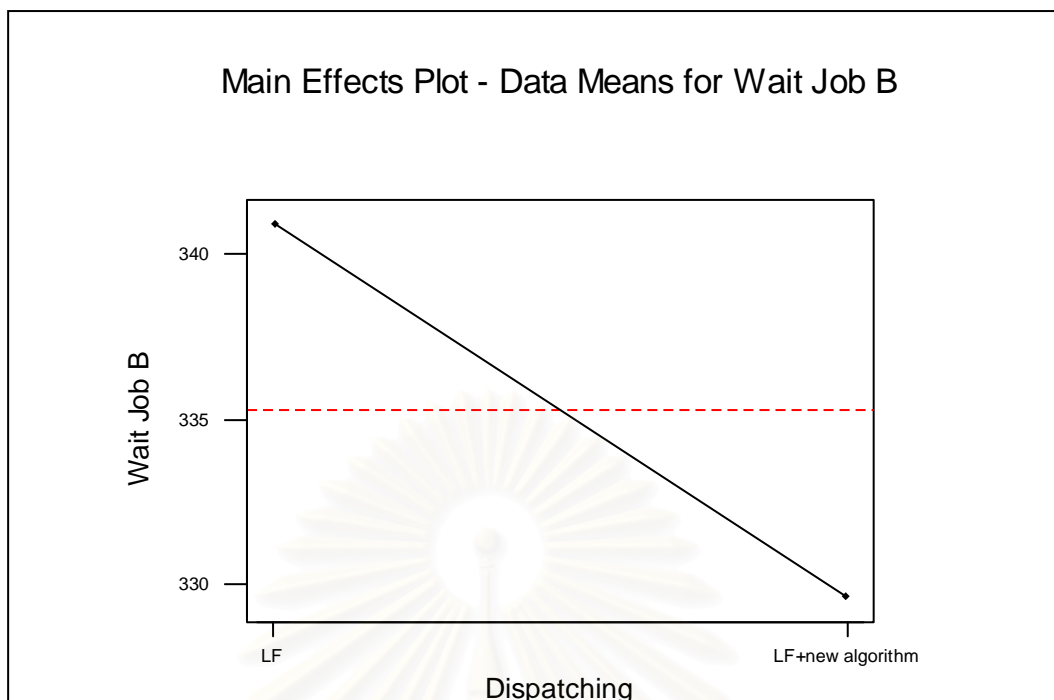
รูปที่ 6-24 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน



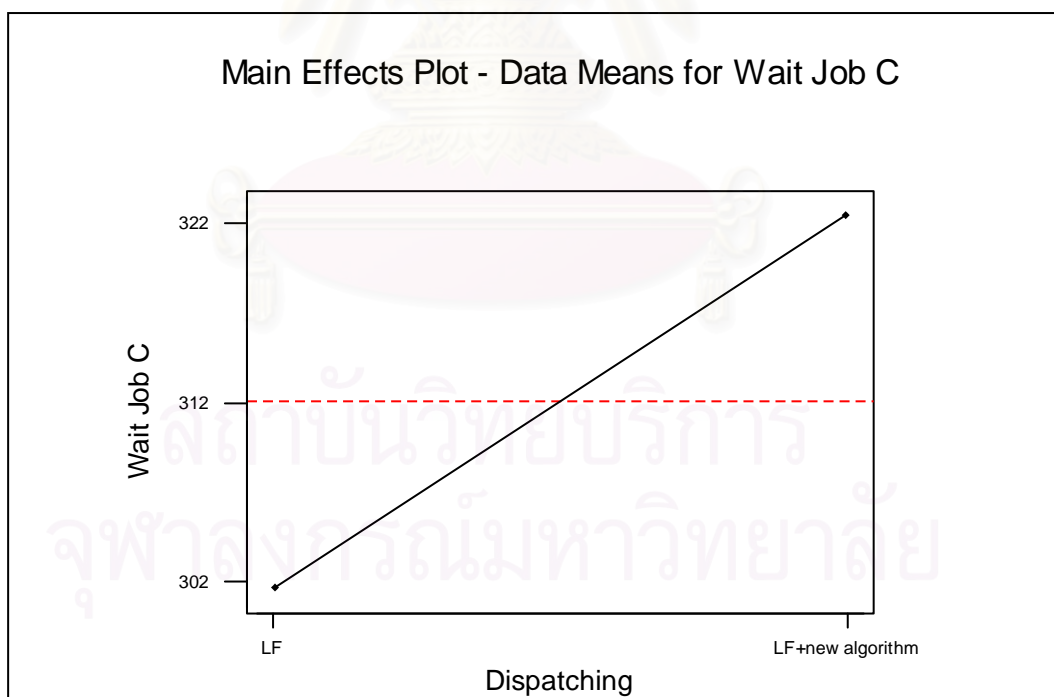
รูปที่ 6-25 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน



รูปที่ 6-26 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบ  
โดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน



รูปที่ 6-27 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน



รูปที่ 6-28 เปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน



จากการพิจารณารูปที่ 6-22 – 6-28 จะพบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงนั้น เมื่อเพิ่มพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงานให้กับกฎ LF แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย รวมถึงด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ยสำหรับงาน B แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงนั้นจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A และงาน C สูงกว่าผลที่ได้จากกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 6-5 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

Performance Measures	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	MAL	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
New	490.73	15.11	1.68	185.73	360.21	329.63	322.43
LF	491.03	20.38	4.63	191.10	334.73	340.89	301.66
ผลต่าง	0.30	5.27	2.95	5.37	-25.48	11.26	-20.76
%	0.06	25.86	63.73	2.81	-7.61	3.30	-6.88

\* New หมายถึง กฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง

% หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง

Individual 95% CIs For Mean Flow Time				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	491.031	0.547	(-----*-----)
LF+new a	60	490.734	0.581	(-----*-----)
Pooled StDev =		0.564		490.72    490.88    491.04
Individual 95% CIs For Mean Tardiness				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	20.378	7.694	(-----*-----)
LF+new a	60	15.108	10.626	(-----*-----)
Pooled StDev =		9.277		15.0    18.0    21.0
Individual 95% CIs For Mean % of Tardy Jobs				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	4.631	3.830	(-----*-----)
LF+new a	60	1.680	2.255	(-----*-----)
Pooled StDev =		3.143		1.5    3.0    4.5    6.0

Individual 95% CIs For Mean Absolute Lateness				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	191.10	44.81	(-----*-----)
LF+new a	60	185.73	43.57	(-----*-----)
Pooled StDev =		44.19		176.0 184.0 192.0 200.0

Individual 95% CIs For Mean Staging Time of Job A				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	334.73	8.65	(-*-)
LF+new a	60	360.21	2.65	(-*-)
Pooled StDev =		6.40		336.0 344.0 352.0 360.0

Individual 95% CIs For Mean Staging Time of Job B				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	340.89	3.89	(-*-)
LF+new a	60	329.63	1.44	(-*-)
Pooled StDev =		2.93		329.0 332.5 336.0 339.5

Individual 95% CIs For Mean Staging Time of Job C				
Level	N	Mean	StDev	
LF	60	301.66	7.51	(-*-)
LF+new a	60	322.43	2.20	(-*-)
Pooled StDev =		5.54		301.0 308.0 315.0 322.0

รูปที่ 6-29 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน  
โครงสร้างแบบซับซ้อน

ตารางที่ 6-6 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับปรุง  
กฎ LF ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

Performance Measures	Standard Deviation			
	$\bar{T}$	$\bar{ST}_a$	$\bar{ST}_b$	$\bar{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean
New	10.63	2.65	1.44	2.20
LF	7.69	8.65	3.89	7.51
ผลต่าง	-2.93	6.00	2.45	5.31
%	-38.12	69.38	63.02	70.66

\* New หมายถึง กฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุง

% หมายถึง เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง

**Test for Equal Variances: Tardiness**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
6.37337	7.6937	9.6671	60	LF-Before
8.80254	10.6261	13.3516	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 0.524  
P-Value : 0.014

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job A**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
7.16404	8.64820	10.8663	60	LF-Before
2.19364	2.64809	3.3273	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 10.666  
P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job B**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
3.21976	3.88678	4.88369	60	LF-Before
1.19056	1.43721	1.80583	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 7.314  
P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job C**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
6.22425	7.51371	9.44086	60	LF-Before
1.82619	2.20452	2.76995	60	LF-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 11.617  
P-Value : 0.000

รูปที่ 6-30 เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากตารางที่ 6-5 การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test ทำให้พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น เมื่อเพิ่มพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงานให้กับกฎ LF แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่า

เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า รวมถึงทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงานสำหรับงาน B ส่วนค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยนั้นแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงยังคงให้ค่าที่ดีกว่า และเมื่อพิจารณาค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A และงาน C แล้วพบว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงนั้นจะให้ค่าที่สูงกว่าผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง และจากตารางที่ 6-6 และรูปที่ 6-30 พบว่ากฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงจะมีผลทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF นั้นพบว่าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกัน

## 6.2.2 กฎการจ่ายงานแบบ S/OPN

### 6.2.2.1 แนวคิดและหลักการ

สำหรับกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN จะเป็นการพัฒนากฎการจ่ายงานเพื่อปรับปรุงดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นกฎที่มีการใช้ข้อมูลทางด้านความก้าวหน้าของงานและกำหนดเวลาส่งมอบของงาน โดยในกรณีที่งานประกอบไปด้วยระดับของการประกอบหลายระดับและมีบางส่วนประกอบที่ไม่ได้เกิดจากการประกอบส่วนประกอบย่อยอื่นๆ เข้าด้วยกัน แล้วจะพบว่าในกรณีดังกล่าวจะทำให้เกิดเวลาการรอคอยการประกอบของส่วนประกอบย่อยที่สูง ซึ่งจะมีผลกระทบไปถึงค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงานได้เช่นกัน ดังนั้นหากมีการเพิ่มเทคนิคในการลำดับความสำคัญให้กับงานที่มีคำสั่งการผลิตที่น้อยที่สุด (Minimum Order) ที่อยู่ในแถวคอยของเครื่องจักรให้ได้รับการเข้าดำเนินการก่อน รวมถึงการพิจารณาการจ่ายงานโดยคำนึงถึงระดับของการประกอบและจำนวนการดำเนินงานที่ต้องผ่านกระบวนการสำหรับส่วนประกอบย่อยในระดับเดียวกันที่ต้องนำมาประกอบเข้าด้วยกัน นั่นคือ ให้มีการจัดระดับของส่วนประกอบย่อย โดยส่วนประกอบย่อยที่อยู่ระดับต่ำที่สุด และมีจำนวนการดำเนินงานที่มากที่สุดจะเข้าสู่เครื่องจักรเป็นลำดับแรก และในกรณีที่จำนวนการดำเนินงานที่เหลือของส่วนประกอบย่อยดังกล่าวเท่ากับจำนวนการดำเนินงานของส่วนประกอบย่อยอื่นที่ต้องนำมาประกอบเข้าด้วยกันแล้ว จะให้มีการปล่อยส่วนประกอบย่อยอื่นนั้นเข้าสู่แถวคอยของเครื่องจักร โดยการพิจารณาจากคำสั่งการผลิตและค่า S/OPN ของส่วนประกอบนั้นๆ ซึ่งคาดว่าจะส่งผลให้เวลาการรอคอยการประกอบ (Staging Delay) ของงานมีค่าน้อยลง

#### 6.2.2.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากทำการทดลองตามแนวคิดและหลักการข้างต้นเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุงสำหรับทุกกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์เพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงการวิเคราะห์ปัจจัยหลัก การเปรียบเทียบแบบ Tukey Multiple Comparison Test และการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของดัชนีวัดประสิทธิภาพ โดยได้ผลดังนี้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.2.2.2.1 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

**One-way ANOVA: F versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for F

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	4236.2	4236.2	347.71	0.000
Error	118	1437.6	12.2		
Total	119	5673.8			

**One-way ANOVA: T versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for T

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	5	5	0.02	0.875
Error	118	21684	184		
Total	119	21689			

**One-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for %T

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	96	96	0.62	0.433
Error	118	18200	154		
Total	119	18295			

**One-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for MAL

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	283	283	0.26	0.614
Error	118	130855	1109		
Total	119	131138			

**One-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for Wait Job A

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	368.5	368.5	30.26	0.000
Error	118	1436.9	12.2		
Total	119	1805.4			

**One-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for Wait Job B

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	148368.2	148368.2	2115.19	0.000
Error	118	8277.0	70.1		
Total	119	156645.2			

**One-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rules**

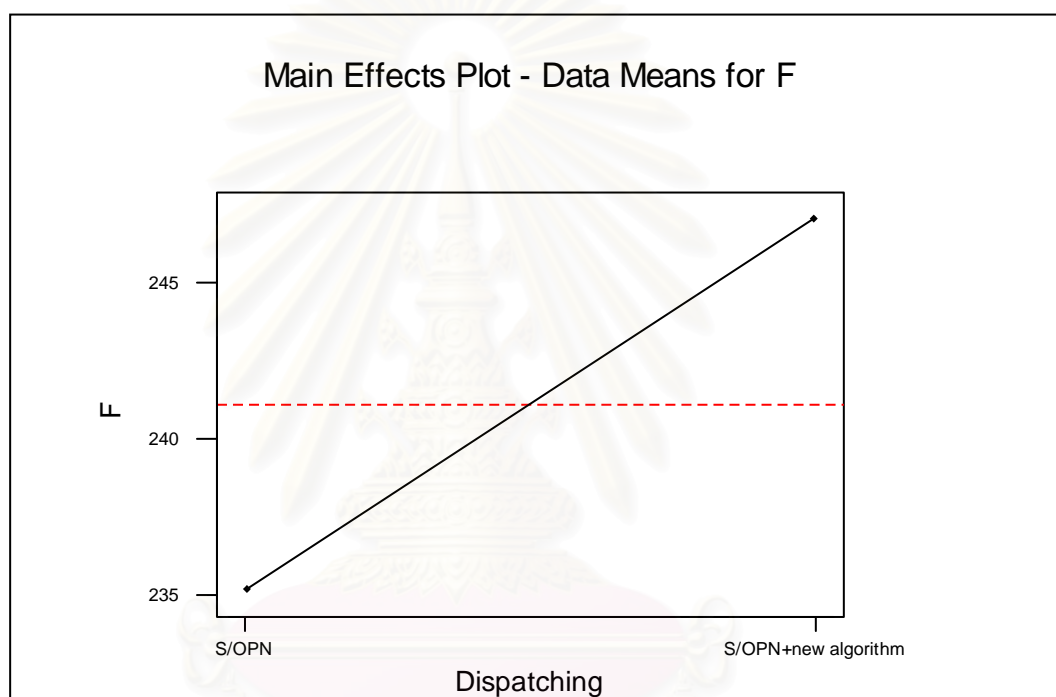
Analysis of Variance for Wait Job C

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	18810.8	18810.8	305.65	0.000
Error	118	7262.1	61.5		
Total	119	26072.9			

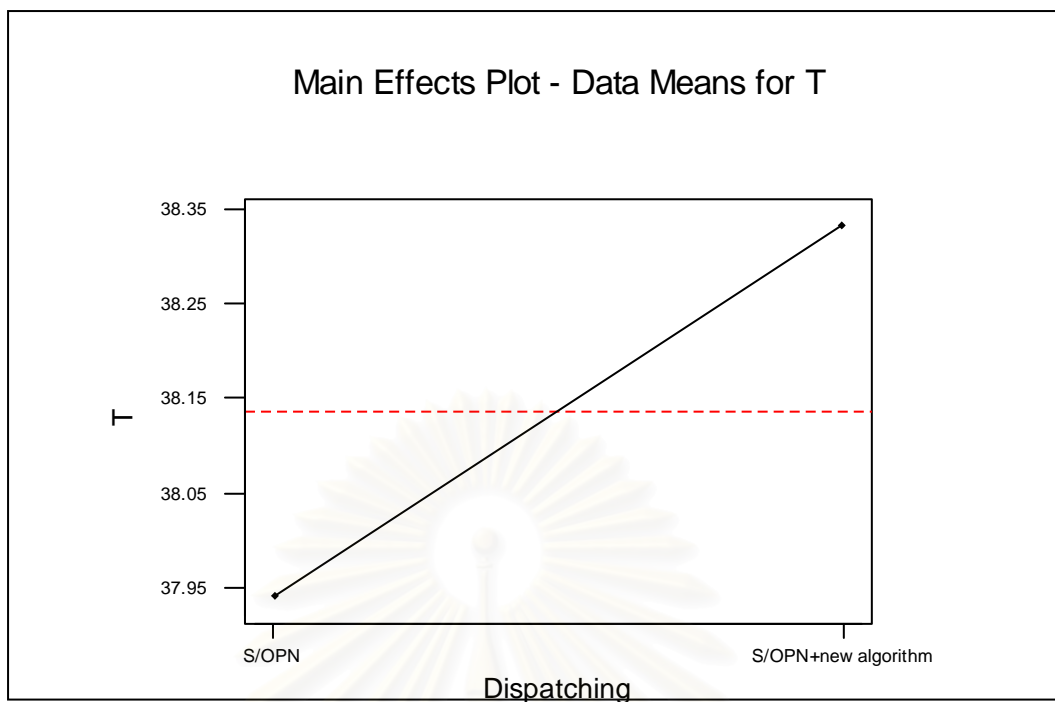
รูปที่ 6-31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่ม

เทคนิคในการลดลำดับความสำคัญในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

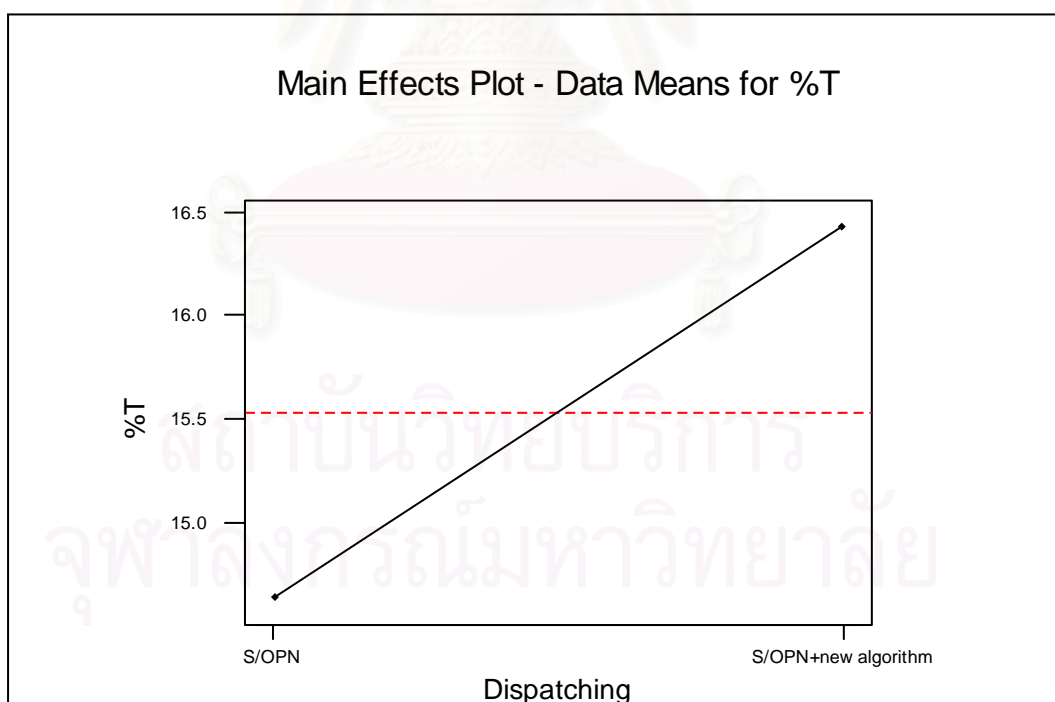
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากค่า P-Value พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนนั้นกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย และทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ยสำหรับทุกๆ งาน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยแล้วจะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะส่งผลต่อค่าดังกล่าวนี้เพียงเล็กน้อย



รูปที่ 6-32 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

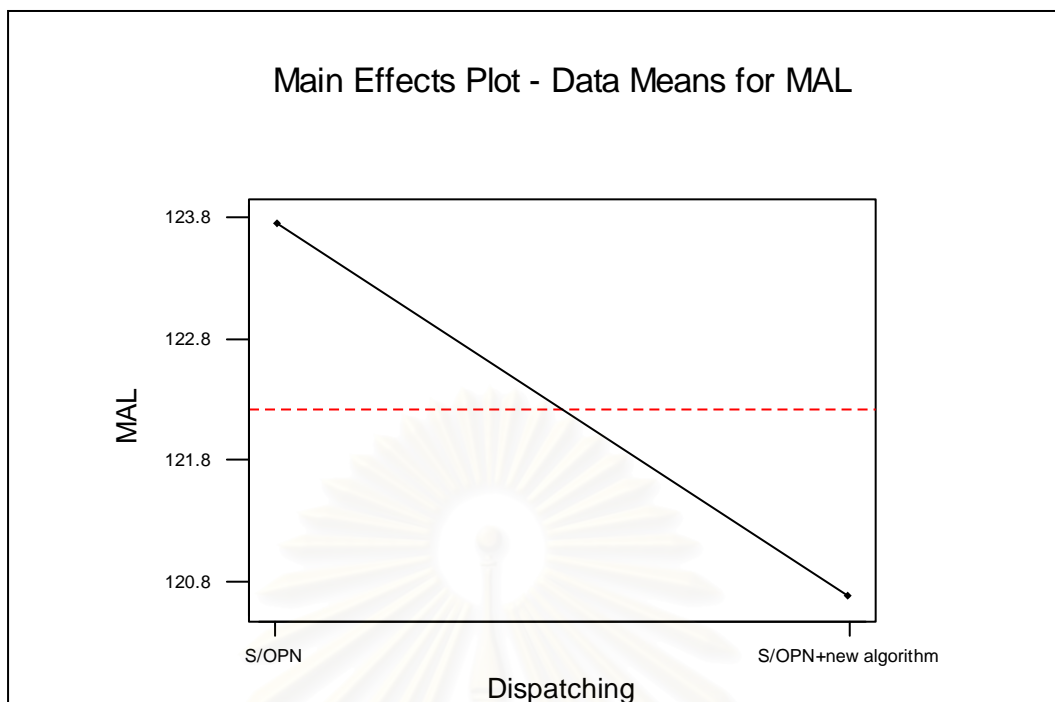


รูปที่ 6-33 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาลำช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

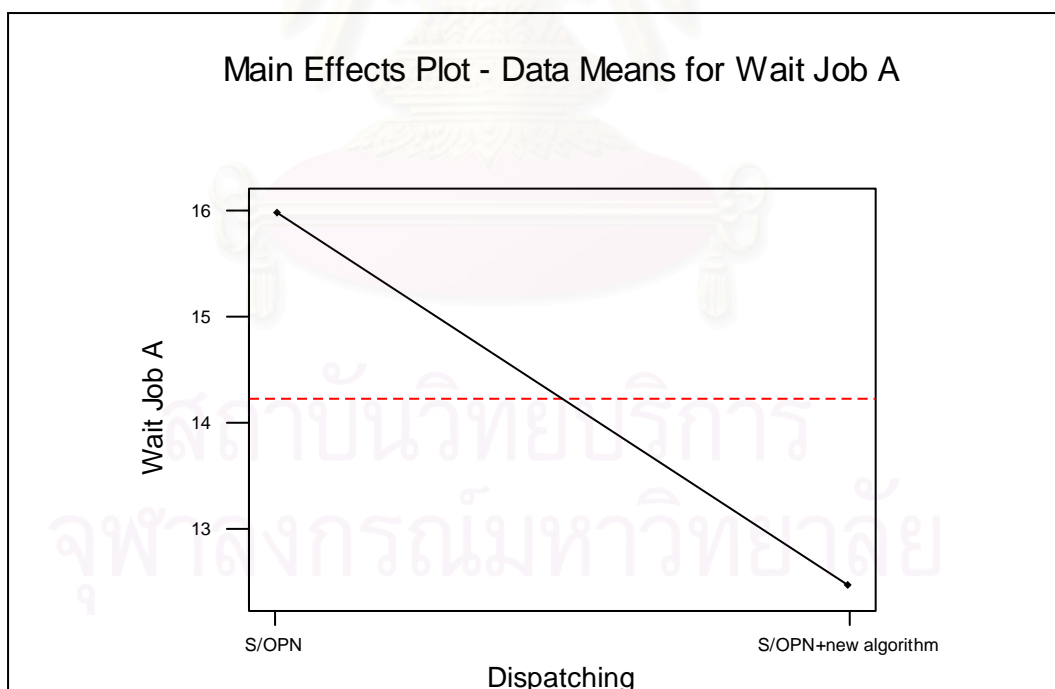


รูปที่ 6-34 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

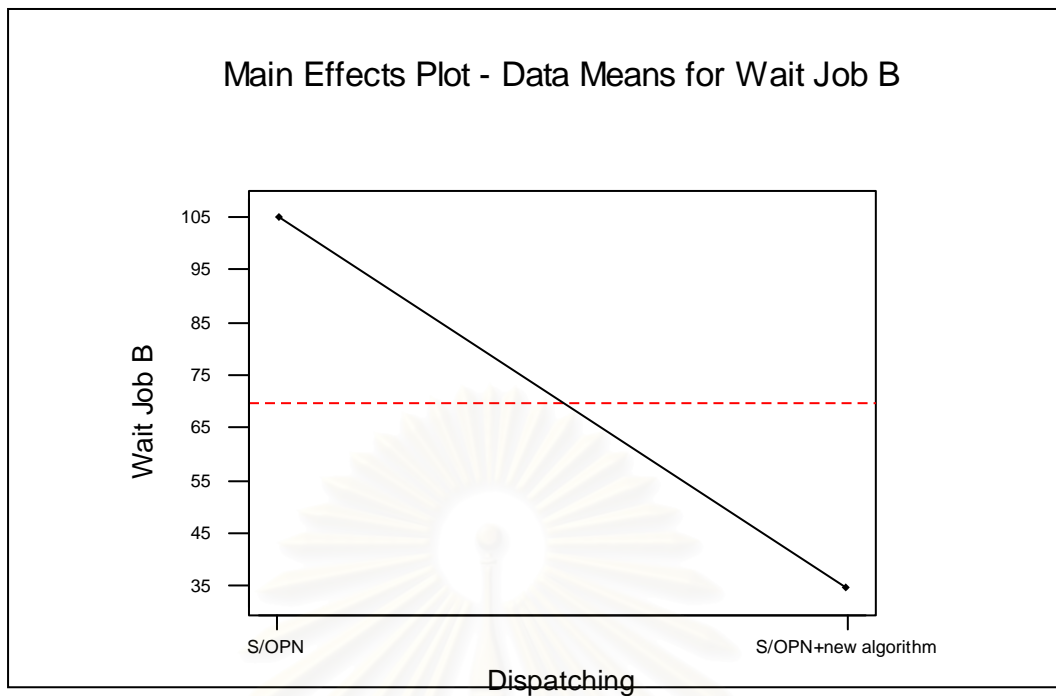




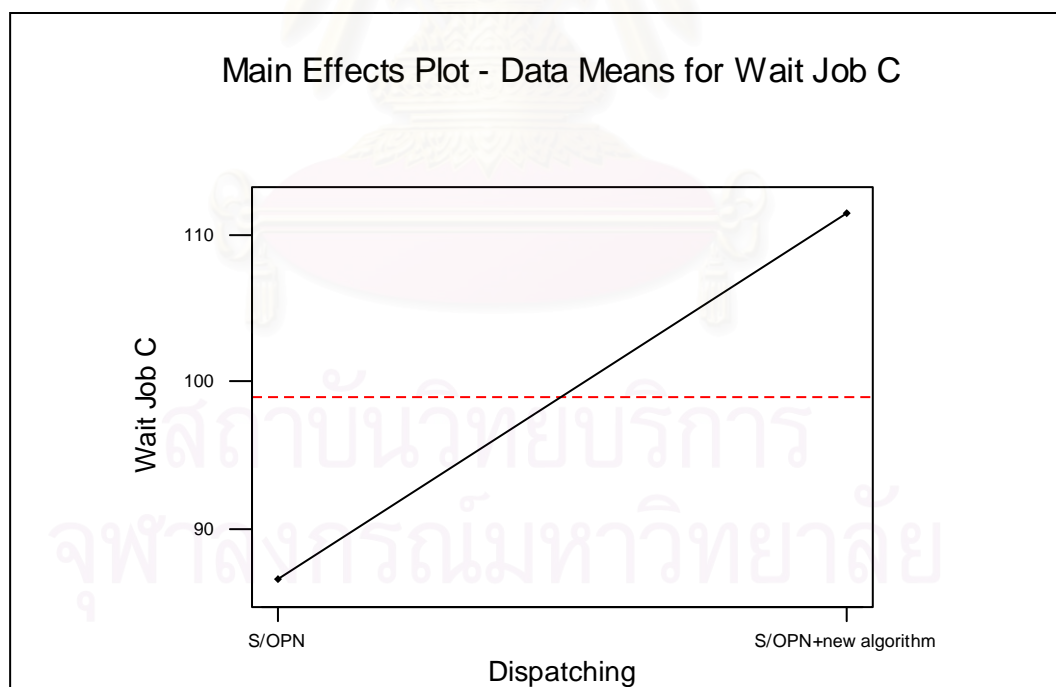
รูปที่ 6-35 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 6-36 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 6-37 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน



รูปที่ 6-38 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน

จากการพิจารณารูปที่ 6-32 – 6-38 พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนนั้น เมื่อเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้น เมื่อพิจารณาทางด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A และงาน B แต่เมื่อพิจารณาทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาเข้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C แล้วกลับพบว่าผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญนั้นจะให้ค่าสูงกว่าผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 6-7 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

Performance Measures	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	MAL	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
New	247.05	38.33 ↑	16.43 ↑	120.68 ↑	12.47	34.66	111.52
LF	235.17	37.94 ↓	14.64 ↓	123.75 ↓	15.98	104.99	86.48
ผลต่าง	-11.88	-0.39	-1.79	3.07	3.50	70.33	-25.04
%	-5.05	-1.03	-12.20	2.48	21.94	66.98	-28.96

\* New หมายถึง กฎ S/OPN ที่ได้รับการปรับปรุงโดยการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ

% หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง

Individual 95% CIs For Mean Flow Time				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	235.17	1.80	(-*-)
S/OPN+ne	60	247.05	4.60	(--*-)
Pooled StDev =		3.49		236.0 240.0 244.0 248.0
Individual 95% CIs For Mean Tardiness				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	37.94	9.03	(-----*-----)
S/OPN+ne	60	38.33	16.91	(-----*-----)
Pooled StDev =		13.56		36.0 38.0 40.0
Individual 95% CIs For Mean % of Tardy Jobs				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	14.64	8.46	(-----*-----)
S/OPN+ne	60	16.43	15.39	(-----*-----)
Pooled StDev =		12.42		12.5 15.0 17.5 20.0



**Test for Equal Variances: Tardiness**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
7.4790	9.0284	11.3441	60	S/OPN-Before
14.0096	16.9119	21.2495	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 0.285  
P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job A**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
4.03447	4.87028	6.11943	60	S/OPN-Before
0.66022	0.79700	1.00141	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 37.342  
P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job B**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
9.78935	11.8174	14.8484	60	S/OPN-Before
0.66167	0.7987	1.0036	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 218.892  
P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job C**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
8.64193	10.4323	13.1080	60	S/OPN-Before
3.12750	3.7754	4.7438	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 7.635  
P-Value : 0.000

รูปที่ 6-40 เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน

จากตารางที่ 6-7 การวิเคราะห์ที่ใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test ทำให้พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบนนั้น เมื่อเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A และงาน B แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณา

ทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C และค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย แล้วกลับพบว่าจะให้ค่าที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ในด้านของเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าจะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะให้ผลที่สูงกว่าผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุงแต่ยังคงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และจากตารางที่ 6-8 และรูปที่ 6-40 จะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงานมีค่าลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเกาะกลุ่มกันของข้อมูลที่ดีขึ้นและจากการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ จะพบว่ามีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ รวมถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่หาได้จากกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ ซึ่งพบว่าจะให้ค่าที่เพิ่มสูงขึ้นจากในช่วงก่อนการปรับก่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน



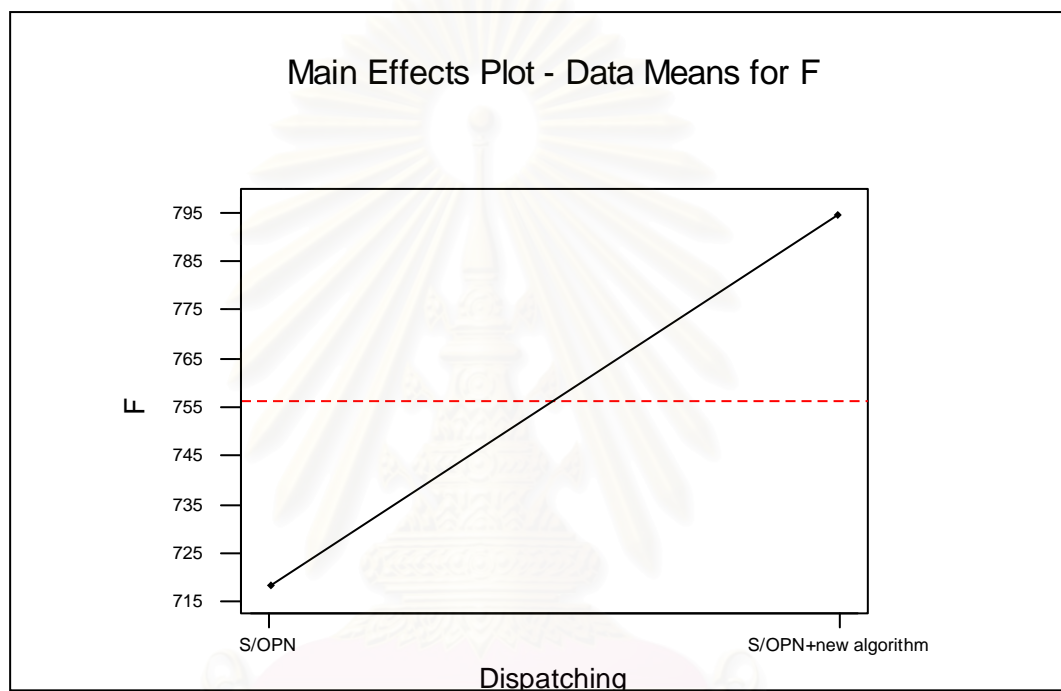
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.2.2.2.2 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง (Tall Structure)

<b>One-way ANOVA: F versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for F						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	174164	174164	37.42	0.000	
Error	118	549168	4654			
Total	119	723331				
<b>One-way ANOVA: T versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for T						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	12920217	12920217	66.75	0.000	
Error	118	22839191	193552			
Total	119	35759408				
<b>One-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for %T						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	2346.3	2346.3	24.53	0.000	
Error	118	11289.0	95.7			
Total	119	13635.3				
<b>One-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for MAL						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	17589101	17589101	62.56	0.000	
Error	118	33174998	281144			
Total	119	50764099				
<b>One-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for Wait Job A						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	237805	237805	197.82	0.000	
Error	118	141848	1202			
Total	119	379653				
<b>One-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for Wait Job B						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	354189	354189	1204.20	0.000	
Error	118	34707	294			
Total	119	388896				
<b>One-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rules</b>						
Analysis of Variance for Wait Job C						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Dispatch	1	103776	103776	425.84	0.000	
Error	118	28756	244			
Total	119	132531				

รูปที่ 6-41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

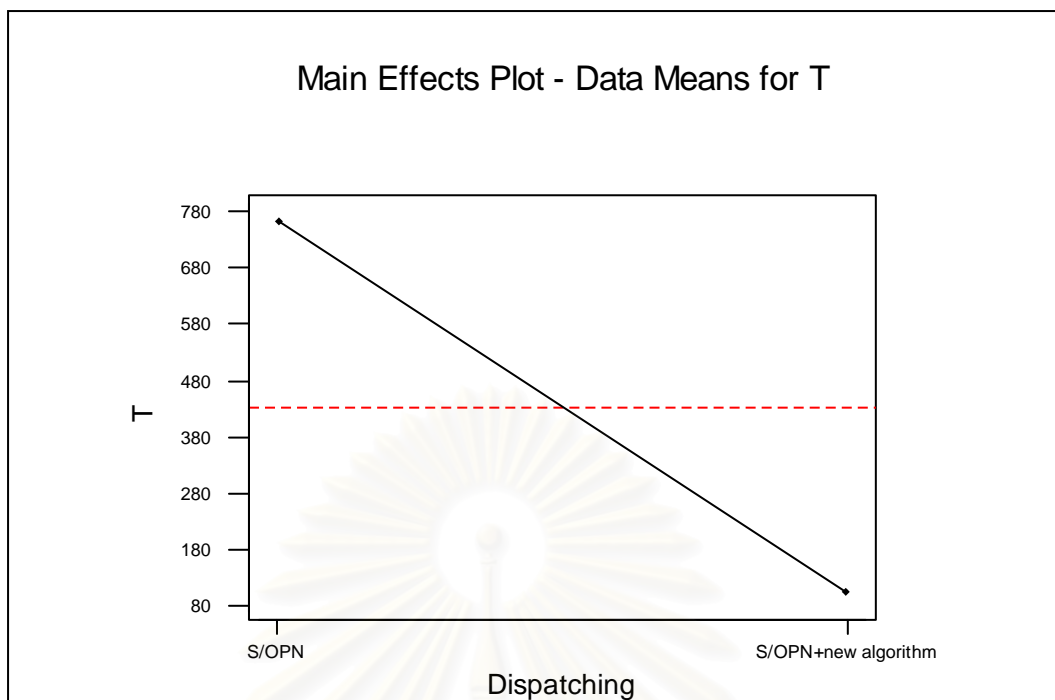
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากค่า P-Value พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญนั้น จะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบในทุกๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย รวมถึงทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ยด้วยเช่นกัน



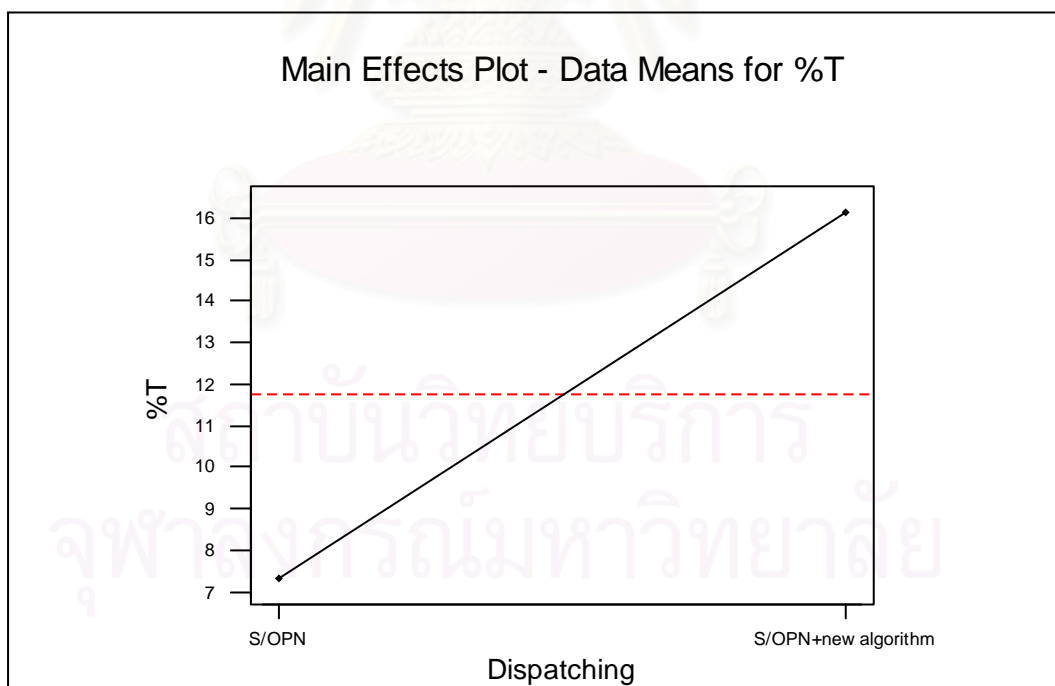
รูปที่ 6-42 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

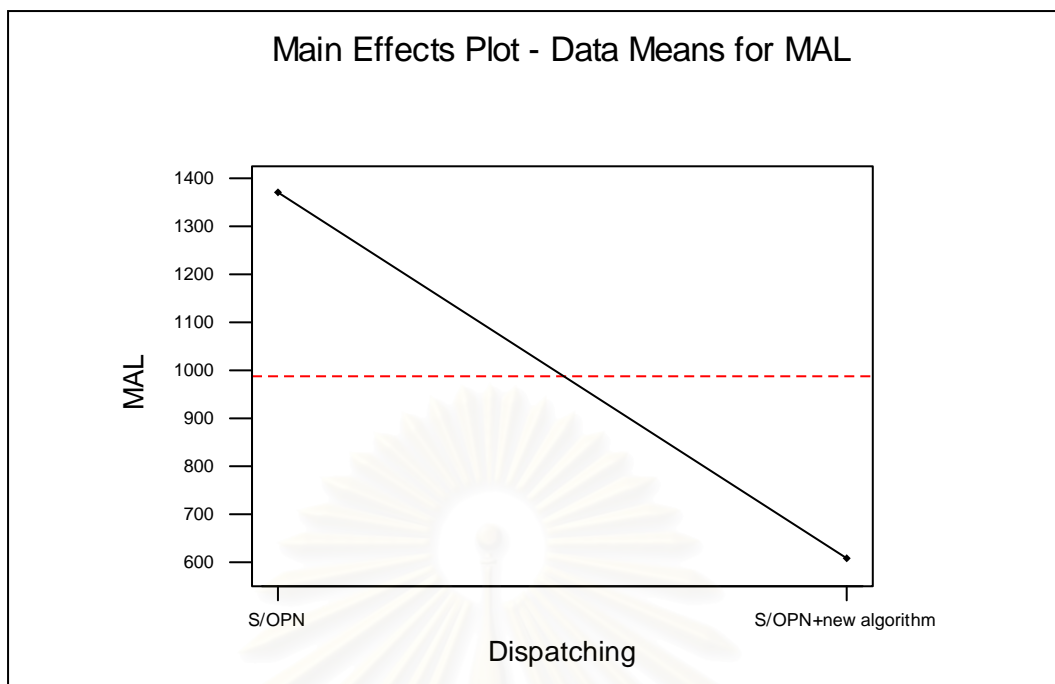




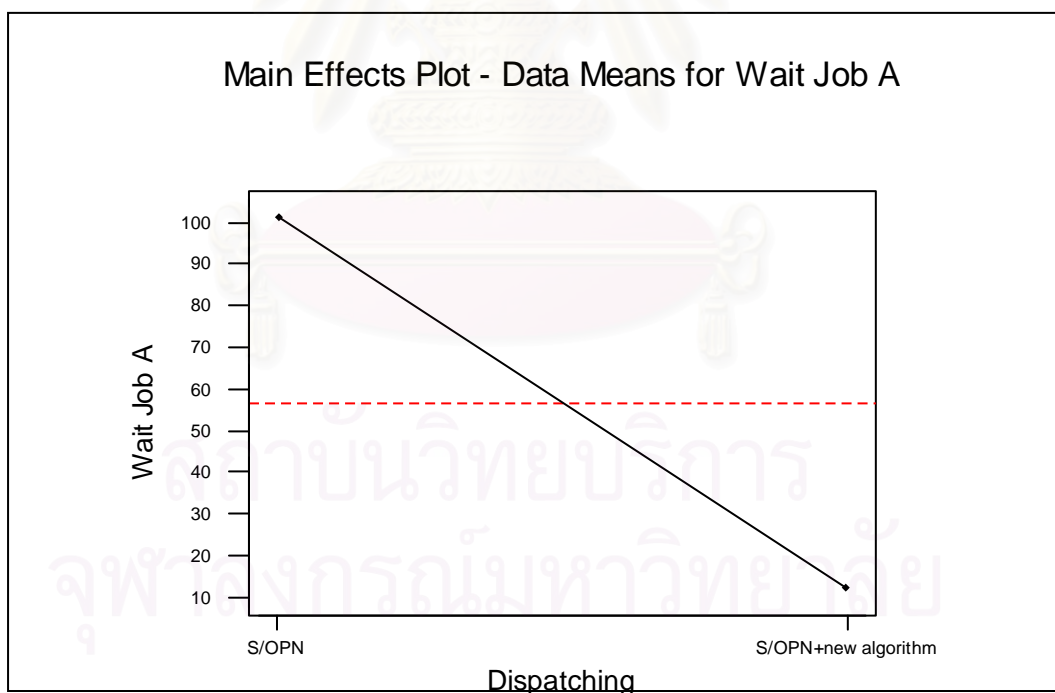
รูปที่ 6-43 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



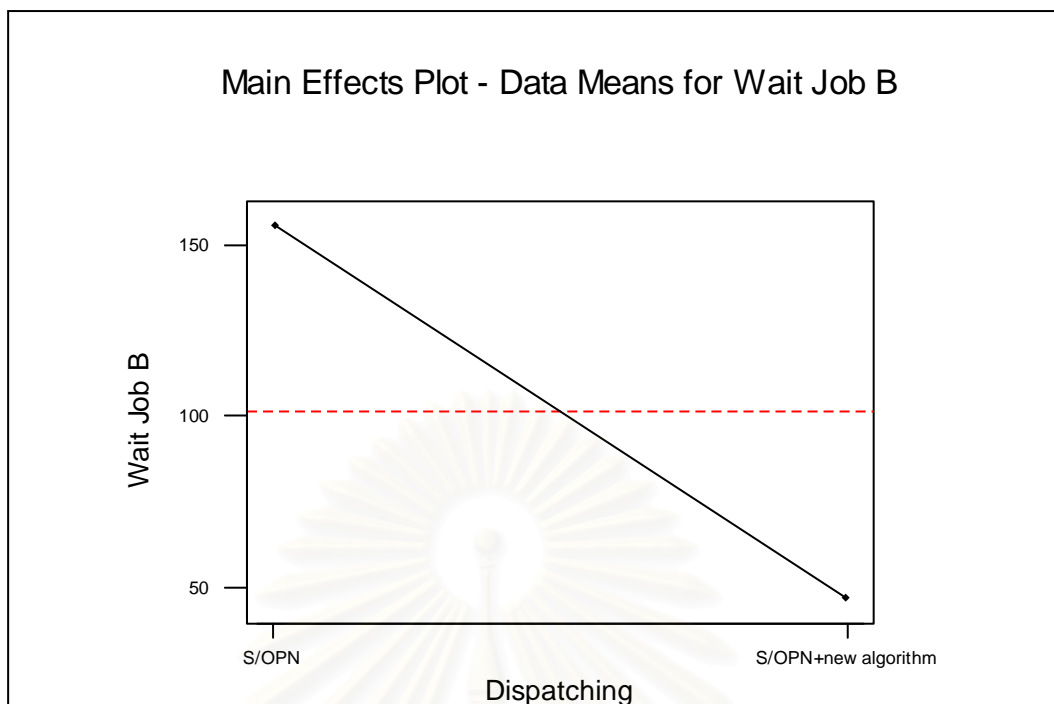
รูปที่ 6-44 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง



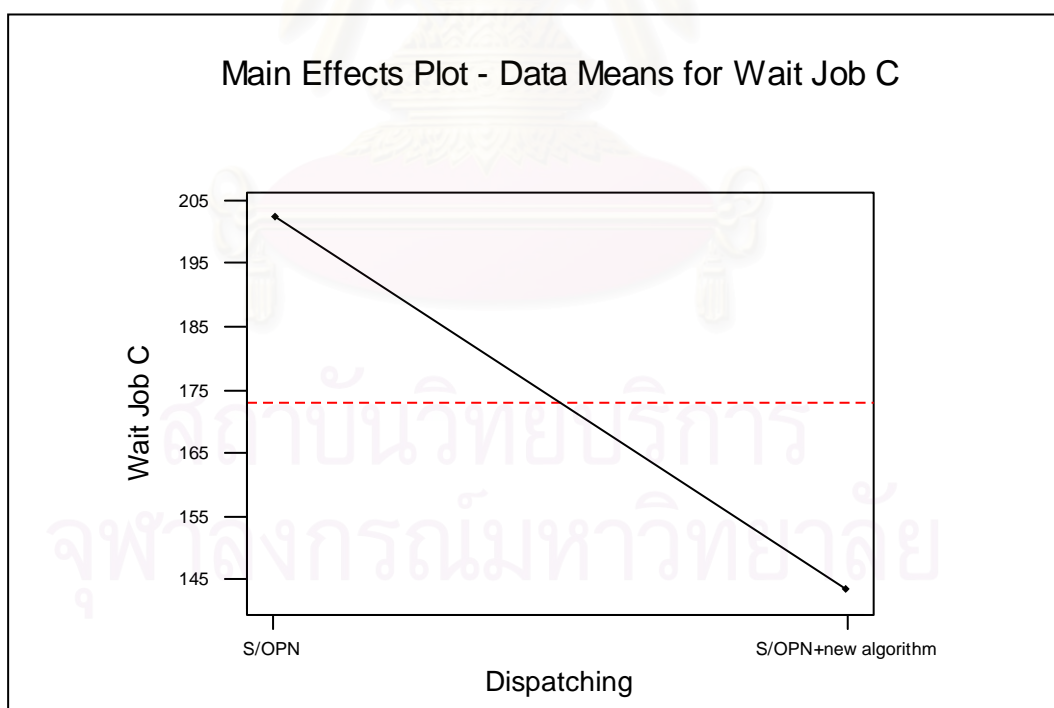
รูปที่ 6-45 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 6-46 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 6-47 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง



รูปที่ 6-48 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากการพิจารณารูปที่ 6-42 – 6-48 จะพบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูงนั้น เมื่อเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้น เมื่อพิจารณาทางด้านเวลาเข้าของงาน โดยเฉลี่ย ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย รวมถึงทางด้านค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ยสำหรับทุกๆ งาน แต่อย่างไรก็ตามผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญนั้นจะให้ผลที่สูงกว่ากฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุงทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า

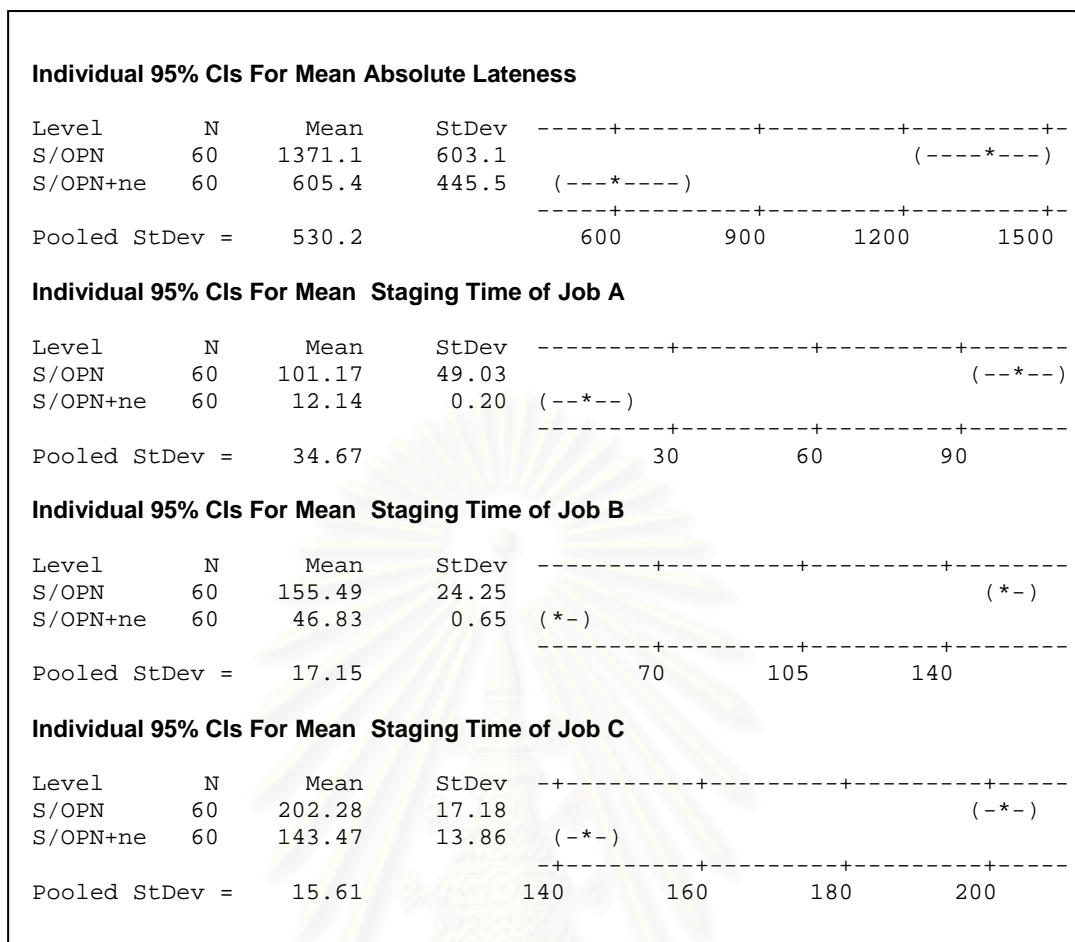
ตารางที่ 6-9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

Performance Measures	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	MAL	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
New	794.46	105.20	16.16	605.40	12.14	46.83	143.47
LF	718.27	761.50	7.32	1371.10	101.17	155.49	202.28
ผลต่าง	-76.19	656.26	-8.84	765.70	89.03	108.66	58.81
%	-10.61	86.18	-120.87	55.84	88.00	69.88	29.08

\* New หมายถึง กฎ S/OPN ที่ได้รับการปรับปรุงโดยการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ

% หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง

Individual 95% CIs For Mean Flow Time				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	718.27	6.00	(-----*-----)
S/OPN+ne	60	794.46	96.29	(-----*-----)
Pooled StDev =		68.22		735      770      805
Individual 95% CIs For Mean Tardiness				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	761.5	621.1	(-----*-----)
S/OPN+ne	60	105.2	35.9	(---*---)
Pooled StDev =		439.9		0      250      500      750
Individual 95% CIs For Mean % of Tardy Jobs				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	7.316	3.028	(-----*-----)
S/OPN+ne	60	16.160	13.497	(-----*-----)
Pooled StDev =		9.781		8.0      12.0      16.0



รูปที่ 6-49 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

ตารางที่ 6-10 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง

Performance Measures	Standard Deviation			
	$\bar{T}$	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean
New	35.93	0.20	0.65	13.86
LF	621.14	49.03	24.25	17.18
ผลต่าง	585.21	48.83	23.59	3.32
%	94.22	99.59	97.30	19.30

\* New หมายถึง กฎ S/OPN ที่ได้รับการปรับปรุงโดยการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ

% หมายถึง เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง

**Test for Equal Variances: Tardiness**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
514.543	621.139	780.452	60	S/OPN-Before
29.762	35.928	45.143	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 298.886

P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job A**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
40.6176	49.0322	61.6083	60	S/OPN-Before
0.1664	0.2009	0.2524	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 5.96E+04

P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job B**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
20.0843	24.2451	30.4637	60	S/OPN-Before
0.5423	0.6546	0.8225	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1371.656

P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances: Mean Staging Time of Job C**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
14.2321	17.1805	21.5871	60	S/OPN-Before
11.4849	13.8642	17.4202	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.536

P-Value : 0.102

รูปที่ 6-50 เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูง

จากตารางที่ 6-9 การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test ทำให้พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบสูงนั้น เมื่อเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางด้าน เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย รวมถึงทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดย

เฉลี่ยของงานสำหรับงานทุกงาน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสำหรับค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ นั้น จะให้ค่าที่สูงกว่าในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน และจากตารางที่ 6-10 และรูปที่ 6-50 จะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ จะให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาล่าช้าของงานและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย มีค่าลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติจะพบว่า เป็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นความแตกต่างที่เกิดขึ้นกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบสำหรับงาน C ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่หาได้จากกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.2.2.2.3 ระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน (Complex Structure)

**One-way ANOVA: F versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for F

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	2161.0	2161.0	60.24	0.000
Error	118	4233.4	35.9		
Total	119	6394.4			

**One-way ANOVA: T versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for T

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	1008	1008	2.17	0.144
Error	118	54914	465		
Total	119	55922			

**One-way ANOVA: %T versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for %T

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	94.6	94.6	2.30	0.132
Error	118	4854.7	41.1		
Total	119	4949.3			

**One-way ANOVA: MAL versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for MAL

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	2318	2318	0.98	0.324
Error	118	279371	2368		
Total	119	281689			

**One-way ANOVA: Wait Job A versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for Wait Job A

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	1006504	1006504	1702.92	0.000
Error	118	69744	591		
Total	119	1076248			

**One-way ANOVA: Wait Job B versus Dispatching Rules**

Analysis of Variance for Wait Job B

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	192684	192684	169.65	0.000
Error	118	134021	1136		
Total	119	326705			

**One-way ANOVA: Wait Job C versus Dispatching Rules**

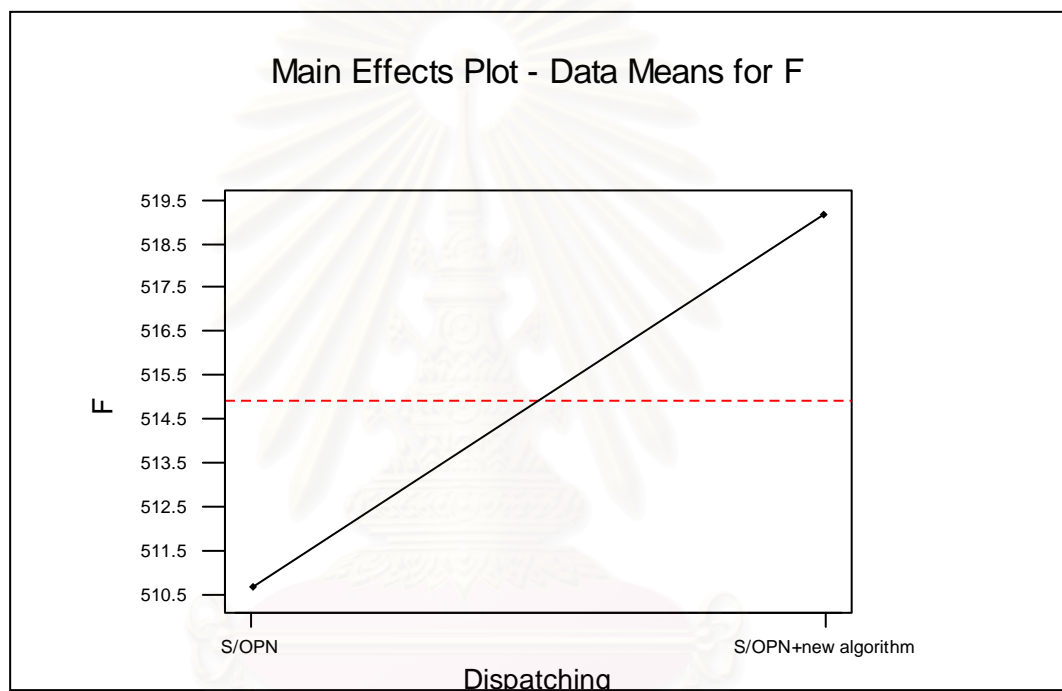
Analysis of Variance for Wait Job C

Source	DF	SS	MS	F	P
Dispatch	1	290598	290598	397.10	0.000
Error	118	86352	732		
Total	119	376950			

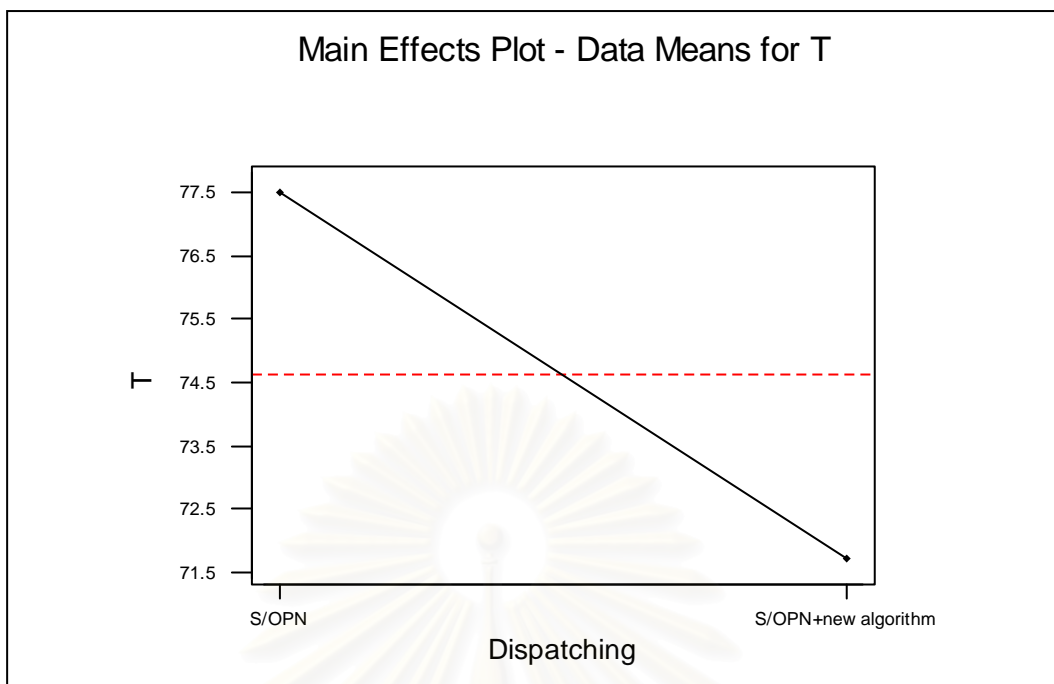
รูปที่ 6-51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน



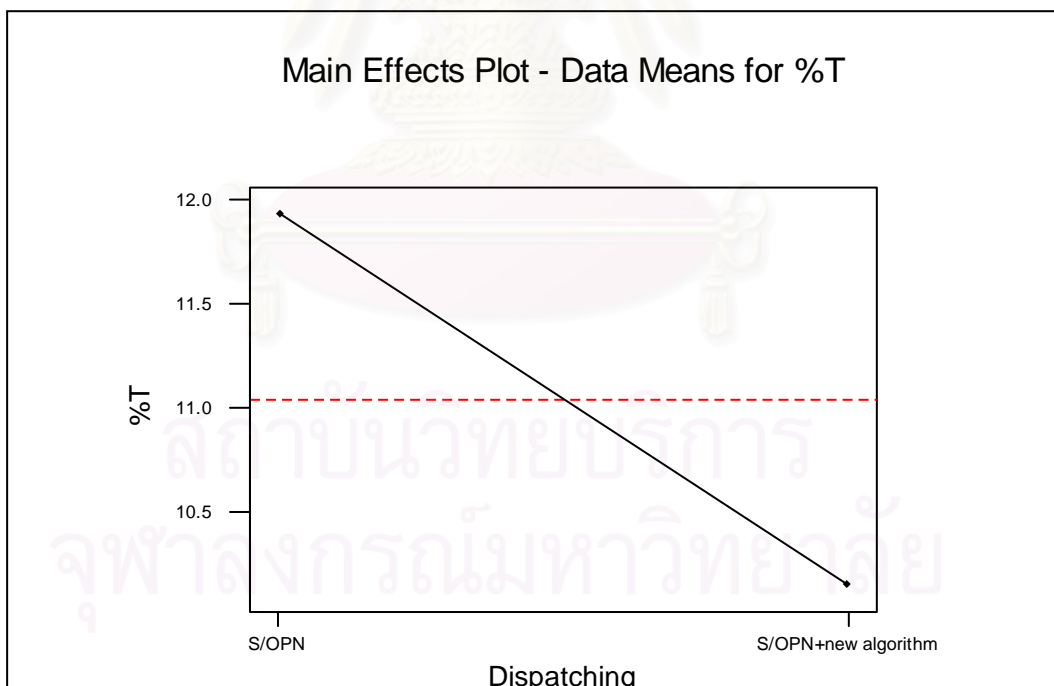
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากค่า P-Value พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยและทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาทางด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า และค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยแล้วกลับพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะมีผลต่อค่าดังกล่าวนี้เล็กน้อย



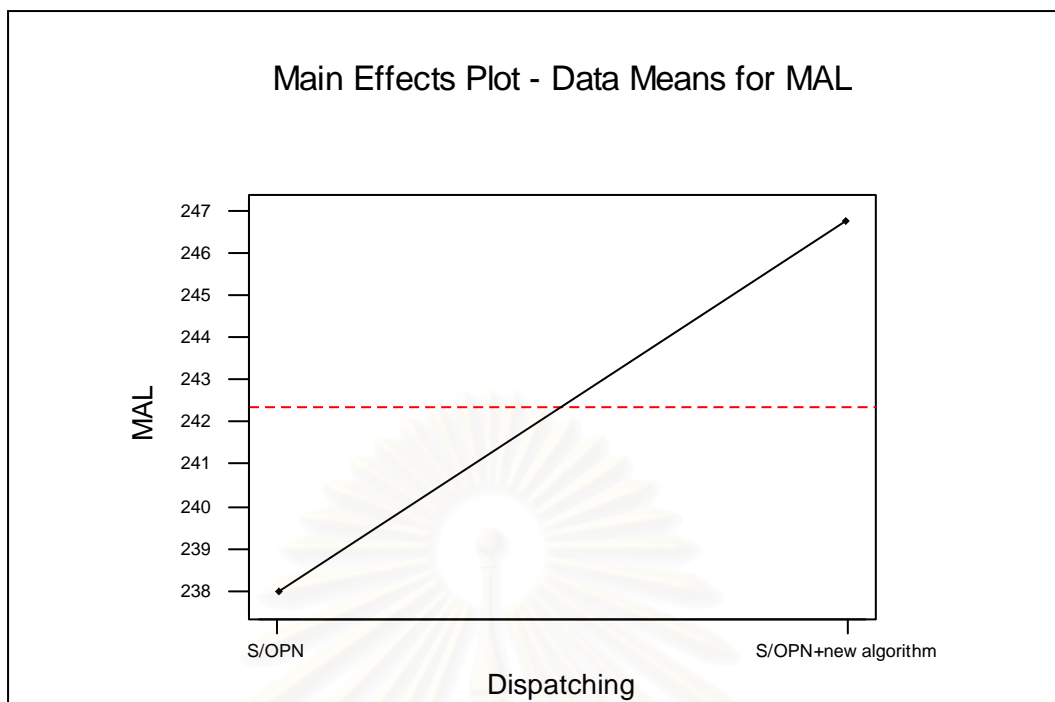
รูปที่ 6-52 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน



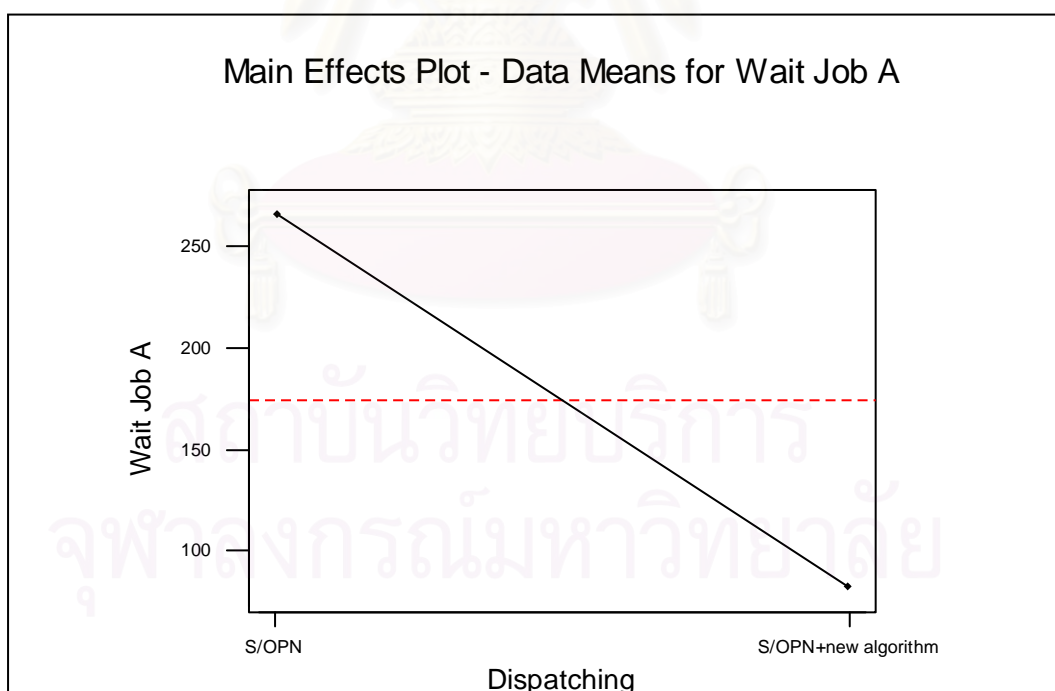
รูปที่ 6-53 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน



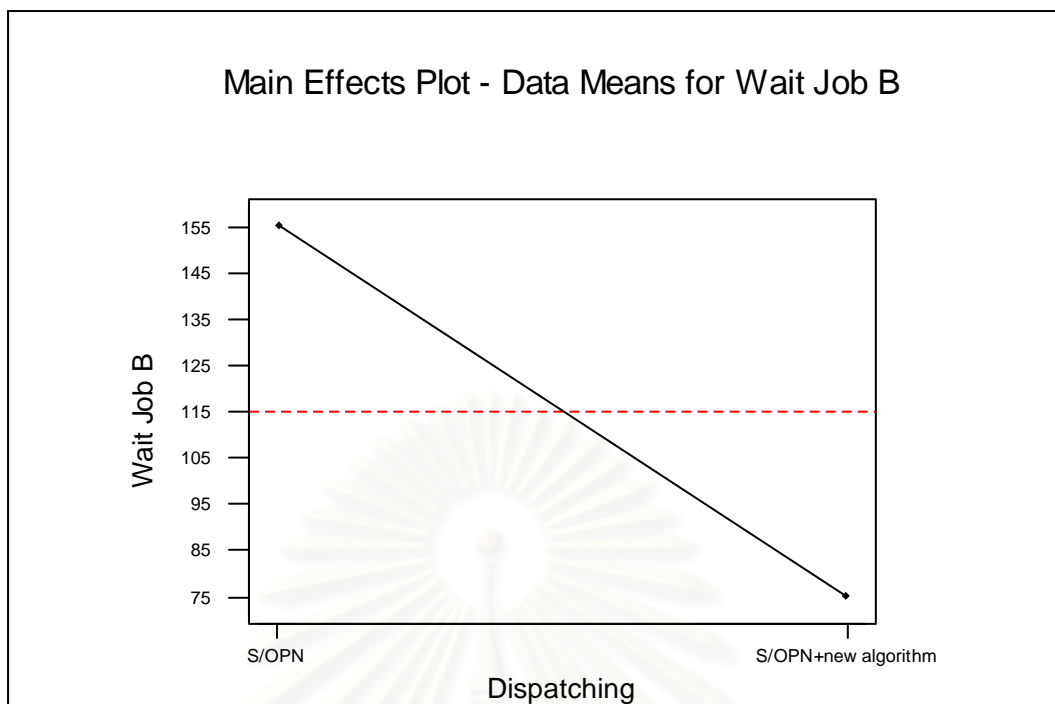
รูปที่ 6-54 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน



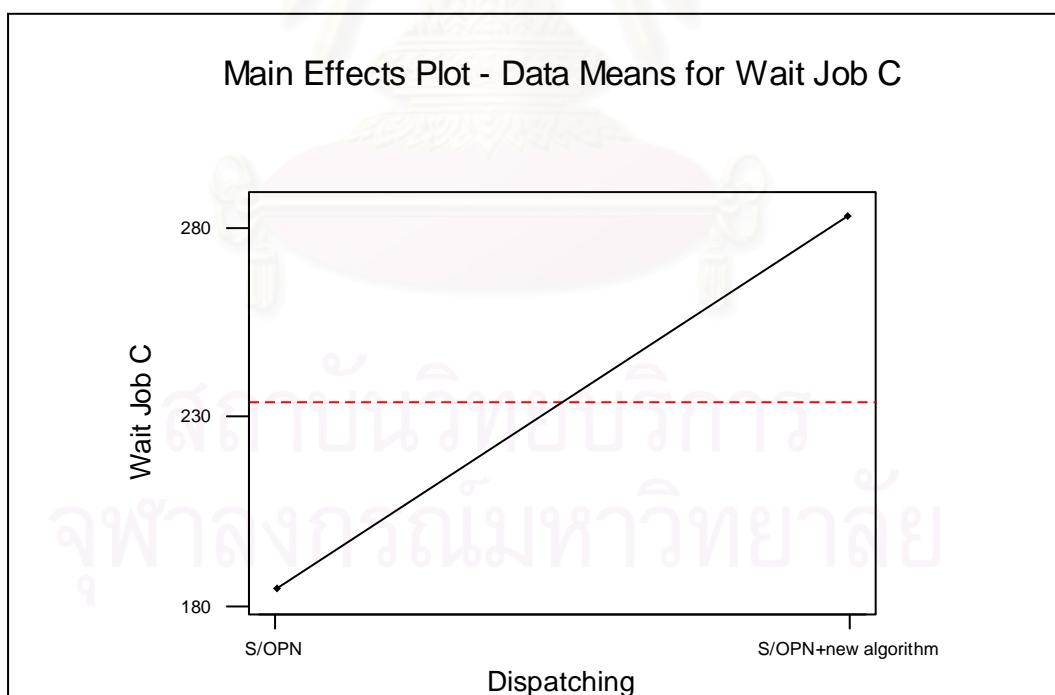
รูปที่ 6-55 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน



รูปที่ 6-56 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน



รูปที่ 6-57 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน B ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน



รูปที่ 6-58 เปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน

จากการพิจารณารูปที่ 6-52 – 6-58 จะพบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น เมื่อเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A และงาน B แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสำหรับค่าเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย รวมถึงค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C แล้วนั้นกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญกลับให้ค่าสูงกว่ากฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง

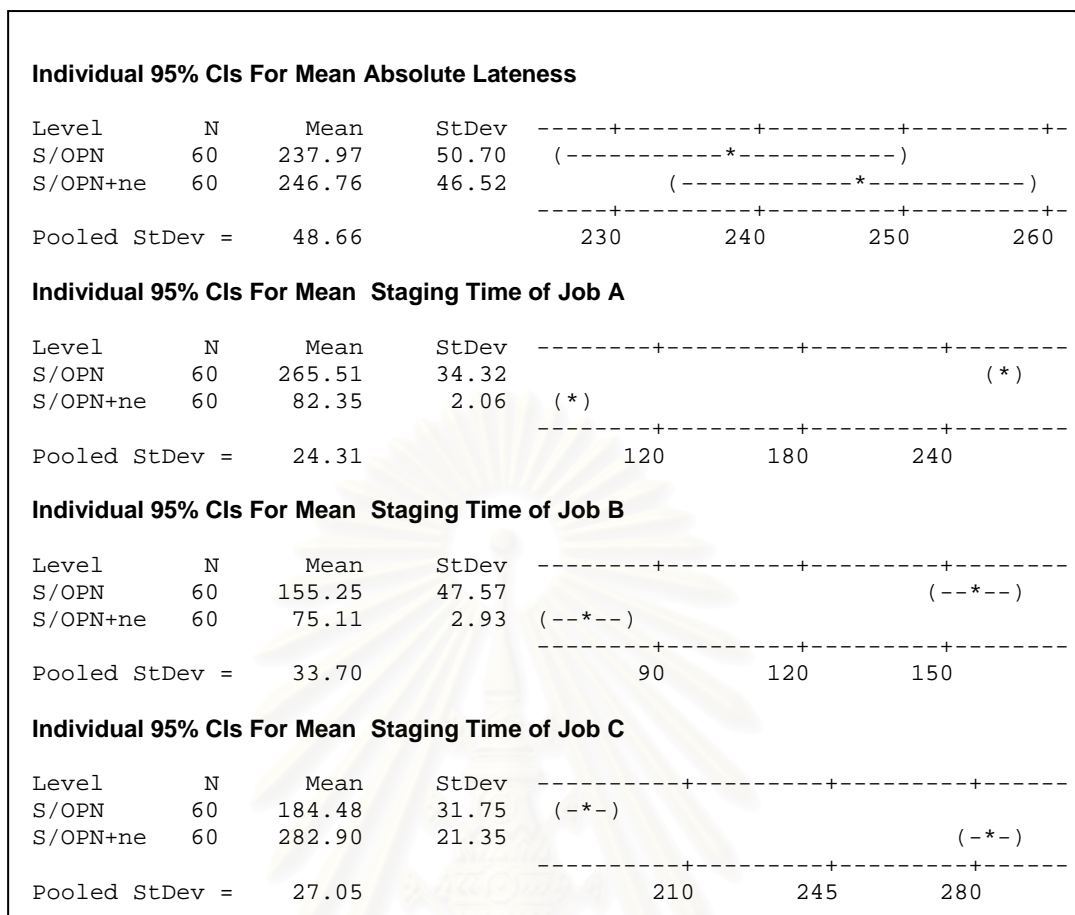
ตารางที่ 6-11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อน โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test

Performance Measures	$\bar{F}$	$\bar{T}$	% $N_T$	MAL	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
New	519.15	71.72	10.15	246.76	82.35	75.11	282.9
LF	510.66	77.51	11.93	237.97	265.51	155.25	184.48
ผลต่าง	-8.49	5.80	1.78	-8.79	183.17	80.14	-98.42
%	-1.66	7.48	14.89	-3.69	68.99	51.62	-53.35

\* New หมายถึง กฎ S/OPN ที่ได้รับการปรับปรุงโดยการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ

% หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง

Individual 95% CIs For Mean Flow Time				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	510.66	4.91	(---*---)
S/OPN+ne	60	519.15	6.90	(---*---)
Pooled StDev =		5.99		511.0 514.5 518.0 521.5
Individual 95% CIs For Mean Tardiness				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	77.51	24.52	(-----*-----)
S/OPN+ne	60	71.72	18.15	(-----*-----)
Pooled StDev =		21.57		70.0 75.0 80.0
Individual 95% CIs For Mean % of Tardy Jobs				
Level	N	Mean	StDev	
S/OPN	60	11.930	4.350	(-----*-----)
S/OPN+ne	60	10.154	7.960	(-----*-----)
Pooled StDev =		6.414		9.0 10.5 12.0 13.5



รูปที่ 6-59 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

ตารางที่ 6-12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิค  
ในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

Performance Measures	Standard Deviation			
	$\bar{T}$	$\bar{ST}_a$	$\bar{ST}_b$	$\bar{ST}_c$
Rules	Mean	Mean	Mean	Mean
New	18.15	2.06	2.93	21.35
LF	24.53	34.32	47.57	31.75
ผลต่าง	6.38	32.26	44.64	10.40
%	26.01	94.01	93.85	32.75

\* New หมายถึง กฎ S/OPN ที่ได้รับการปรับปรุงโดยการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ

% หมายถึง เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ได้ เมื่อเทียบกับผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง

**Test for Equal Variances**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
20.3160	24.5248	30.8150	60	S/OPN-Before
15.0319	18.1460	22.8002	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 1.827  
P-Value : 0.022

**Test for Equal Variances**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
28.4303	34.3201	43.1227	60	S/OPN-Before
1.7026	2.0553	2.5825	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 278.832  
P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
39.4069	47.5707	59.7719	60	S/OPN-Before
2.4250	2.9274	3.6783	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 264.064  
P-Value : 0.000

**Test for Equal Variances**

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
26.2983	31.7465	39.8890	60	S/OPN-Before
17.6847	21.3484	26.8239	60	S/OPN-After

F-Test (normal distribution)

Test Statistic: 2.211  
P-Value : 0.003

รูปที่ 6-60 เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับ  
ความสำคัญให้กับกฎ S/OPN ในระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

จากตารางที่ 6-11 การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Tukey Multiple Comparison Test ทำให้พบว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบซับซ้อนนั้น เมื่อเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ S/OPN แล้วสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้น เมื่อพิจารณาทางด้านเวลาดำเนินการของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า รวมถึงทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดย

เฉลี่ยสำหรับงาน A และงาน B โดยดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบนั้นจะให้ค่าที่แตกต่างกับกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในทางกลับกันผลทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย และค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงาน C โดยเฉลี่ยจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน และจากตารางที่ 6-12 และรูปที่ 6-60 จะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงาน โดยเฉลี่ยมีค่าลดลงเป็นอย่างมากและจากการทดสอบทางสถิติ พบว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะทำให้ข้อมูลมีการเกาะกลุ่มกันที่ดีขึ้น



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 6.3 สรุปผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นการทำการทดลองเพิ่มเติม โดยการเสนอกฎการจ่ายงานที่ได้มีการปรับปรุง และเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญให้กับกฎ LF และกฎ S/OPN จากนั้นเป็นการนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในบทที่ 5 โดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัยหลักและการเปรียบเทียบแบบ Tukey Multiple Comparison Test ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์แยกตามโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนี้

#### 1. สรุปผลการพัฒนากฎ LF โดยเพิ่มการพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงาน

- ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน
  - เมื่อเปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง พบว่าสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย แต่จะมีเพียงค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยเท่านั้นที่มีผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงานจะพบว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงนั้นจะให้ค่าที่สูงกว่าผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงสำหรับงาน A และงาน C อย่างมีนัยสำคัญ
  - เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยและทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบสำหรับงาน B จะพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสำหรับงาน A และงาน C แล้วจะพบว่ามีความลดลงจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ
- ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง
  - เมื่อเปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง พบว่าสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยและทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน โดยแม้ว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงจะไม่มีแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า และค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ย แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่าโดยเฉลี่ยที่ได้แล้วยังคงให้ค่าที่ดีกว่าผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง

- เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยและทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยสำหรับงาน A และงาน C แล้วจะพบว่ากฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงจะให้ค่าต่ำกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง โดยสำหรับงาน B จะพบว่ากลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากในช่วงก่อนการปรับปรุง แต่อย่างไรก็ตามค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นทั้งหมดเมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้วจะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

■ ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

- เมื่อเปรียบเทียบผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง พบว่าสามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า รวมถึงทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงานสำหรับงาน B ส่วนค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงาน โดยเฉลี่ยนั้นแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงยังคงให้ค่าที่ดีกว่า และเมื่อพิจารณาค่าเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A และงาน C แล้วพบว่าผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงนั้นจะให้ค่าที่สูงกว่าผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง
- เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงกับผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุง จะพบว่ากฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงจะมีผลทำให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงาน โดยเฉลี่ยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยที่ได้จากการปรับปรุงกฎ LF นั้น พบว่าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

## 2. สรุปผลการพัฒนากฎ S/OPN โดยการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ

- ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบแบน
  - เมื่อเปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่มีการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ พบว่า สามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน A และงาน B แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C และค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย แล้วกลับพบว่าจะให้ค่าที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ในด้านของเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าจะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะให้ผลที่สูงกว่าผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุงแต่ยังคงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
  - เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญกับผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง จะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงานมีค่าลดลงเป็นอย่างมาก และจากการทดสอบทางสถิติจะพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ยที่หาได้จากกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ ซึ่งพบว่าจะให้ค่าที่เพิ่มสูงขึ้นจากในช่วงก่อนการปรับค่อนข้างสูง
- ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบสูง
  - เมื่อเปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่มีการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ พบว่า สามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางด้านเวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย รวมถึงทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงานสำหรับงานทุกงาน
  - เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญกับผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง จะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ จะให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาล่าช้าของงานและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย มีค่าลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติจะพบว่ามีความแตกต่างที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ยกเว้นความแตกต่างที่เกิดขึ้นกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบสำหรับงาน C ซึ่งจะพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่หาได้จากกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง

■ ระบบที่ผลิตชิ้นงาน โครงสร้างแบบซับซ้อน

- เมื่อเปรียบเทียบผลของกฎ S/OPN ที่มีการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญพบว่า สามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้น ทางด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า รวมถึงทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยสำหรับงาน A และงาน B โดยดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบนั้นจะให้ค่าที่แตกต่างกับกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในทางกลับกันผลทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย และค่าเวลารอคอยการประกอบของงาน C โดยเฉลี่ยจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน
- เมื่อเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญกับผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุง จะพบว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ยมีค่าลดลงเป็นอย่างมาก และจากการทดสอบทางสถิติพบว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากฎ S/OPN ที่ได้รับการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะทำให้ข้อมูลมีการเกาะกลุ่มกันที่ดีขึ้น

## บทที่ 7

### สรุปผลการดำเนินงาน

#### 7.1 สรุป

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของกฎการจ่ายงานที่มีต่อประสิทธิภาพของโรงงานประกอบ ภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานเป็นแบบทันเวลาพอดี โดยใช้เทคนิคการจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการจำลองระบบนั้นจะใช้โปรแกรม ARENA โดยทำการศึกษาภายใต้ปัจจัยทางด้านกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละปัจจัยมีดังนี้ กฎการจ่ายงานที่ทำการศึกษาได้แก่ กฎ JDD, LF, IR, และ S/OPN ส่วนกฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่เลือกใช้ในการศึกษาได้แก่ กฎ CON, RAND, TWK, TWKCP, JIS และ BJIS ซึ่งกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบทั้งหมดจะถูกนำไปทดลองใช้กับโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ โครงสร้างแบบแบน โครงสร้างแบบสูงและ โครงสร้างแบบซับซ้อน ซึ่งโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มจะประกอบไปด้วยรูปแบบของรายการวัสดุ 3 รูปแบบ กำหนดให้เป็นงาน A, B และ C โดยปริมาณการผลิตในแต่ละโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จะเท่ากับ 9,000 6,300 และ 3,600 ชิ้น ตามลำดับ และจะแบ่งออกเป็นงานทั้ง 3 ชนิดในปริมาณที่เท่ากันในแต่ละ โครงสร้างของผลิตภัณฑ์

โดยก่อนทำการทดลองตามปัจจัยและเงื่อนไขที่ระบุไว้ นั้น จำเป็นต้องมีการทำการทดลองเบื้องต้น (Pilot Run) กับแบบจำลองระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบที่ใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานในการทำการทดลอง นั่นคือ ให้มีการจัดลำดับงานเป็นไปตามกฎ First Come First Served (FCFS) และกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ Constant (CON) เพื่อหาจำนวนซ้ำของการรัน (Number of Replications) ที่เหมาะสม โดยสรุปได้ว่าการทดลองจริงนั้นจะใช้ระยะเวลาในการรัน โปรแกรมเพื่อเก็บข้อมูลทางสถิติเท่ากับระยะเวลาในการผลิตเพื่อให้ได้งานครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ข้างต้น โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นจำนวนคือ 10 Replications ที่ต่อเนื่องกัน และมีดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบดังนี้ เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Mean Flow Time) เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า (% of Tardy Jobs) ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Absolute Lateness) เวลาที่งานเกิดการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ย (Mean Staging Time) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Standard Deviation of Mean Tardiness) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบ (Standard Deviation of Staging Time) เมื่อทำการทดลองเรียบร้อยแล้ว ได้นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ใน

งานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การวิเคราะห์ปัจจัยหลัก การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วม และการเปรียบเทียบแบบ Tukey Multiple Comparison Test โดยผลสรุปแบบละเอียดซึ่งแยกตามโครงสร้างของผลิตภัณฑ์และแยกย่อยตามค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพนั้น ได้สรุปเอาไว้ในตอนท้ายของบทที่ 5 และจากข้อสรุปทั้งหมดนั้น สามารถนำมาสรุปเป็นภาพรวมอีกครั้งได้ ดังนี้

ตารางที่ 7-1 กฎการจ่ายงาน - กฎการกำหนดเวลาส่งมอบที่ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

โครงสร้างผลิตภัณฑ์	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	$MAL$	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
โครงสร้างแบบแบน	LF-RAND* JDD-CON JDD-TWKCP	LF-TWK LF-JIS LF-BJIS LF-CON LF-TWKCP JDD-BJIS JDD-CON JDD-JIS JDD-TWK JDD-TWKCP IR-JIS IR-BJIS	LF-TWK LF-JIS LF-BJIS IR-JIS JDD-TWKCP IR-BJIS IR-TWK S/OPN-BJIS	JDD-CON LF-CON	JDD-TWK JDD-JIS JDD-BJIS S/OPN-JIS S/OPN-TWK S/OPN-BJIS S/OPN-TWKCP	S/OPN-TWK JDD-JIS JDD-TWK JDD-RAND JDD-TWKCP JDD-BJIS	S/OPN-CON S/OPN-RAND
โครงสร้างแบบสูง	S/OPN-RAND S/OPN-CON* LF-RAND	LF-TWKCP* JDD-BJIS* IR-TWK* S/OPN-TWK	LF-BJIS LF-TWKCP LF-TWK LF-JIS JDD-JIS JDD-TWKCP JDD-BJIS JDD-TWK IR-TWKCP IR-BJIS IR-JIS	LF-CON LF-RAND LF-JIS LF-BJIS JDD-CON JDD-RAND JDD-JIS JDD-BJIS IR-CON IR-RAND IR-JIS IR-BJIS	JDD-TWK JDD-BJIS JDD-TWKCP JDD-JIS S/OPN-TWK	S/OPN-TWK	S/OPN-CON*
โครงสร้างแบบซับซ้อน	LF-TWKCP* JDD-CON*	LF-CON* JDD-CON JDD-TWKCP JDD-JIS JDD-TWK	LF-CON LF-TWKCP JDD-BJIS JDD-TWK JDD-JIS	LF-BJIS LF-CON LF-RAND LF-TWKCP JDD-CON JDD-TWKCP JDD-BJIS	JDD-TWK JDD-JIS	S/OPN-TWK	S/OPN-RAND S/OPN-CON

หมายเหตุ : \* หมายถึงกฎการจ่ายงานแบบดังกล่าว เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบตามที่ระบุไว้จะให้ค่าประสิทธิภาพของระบบในดัชนีวัดประสิทธิภาพด้านนั้นดีที่สุด และจะไม่มีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบอื่น

- เมื่อชิ้นงานมีโครงสร้างแบบสูง หรือมีระดับของการประกอบหลายๆ ระดับ จะทำให้เกิดเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ยที่สูงมากเมื่อเทียบกับ โครงสร้างแบบแบนและแบบซับซ้อน แม้ว่าโครงสร้างแบบซับซ้อนจะมีจำนวนของส่วนประกอบที่มากกว่าจำนวนส่วนประกอบในโครงสร้างแบบสูงก็ตาม ดังนั้นงานในโครงสร้างแบบสูงจึงมีแนวโน้มที่จะเกิดเวลาล่าช้าของงานที่มากกว่าโครงสร้างแบบแบนและแบบซับซ้อน รวมถึงการมีระยะเวลาในการรอคอยการประกอบของงานที่สูงเนื่องจากในงานที่มีระดับของการประกอบหลายระดับนั้น ส่วนประกอบย่อยในระดับที่สูงกว่าจะไม่สามารถดำเนินการประกอบได้หากว่าส่วนประกอบย่อยในระดับที่ต่ำกว่ายังไม่ได้รับการประกอบเข้าด้วยกัน ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุทำให้ส่วนประกอบย่อยนั้นต้องรออยู่ที่สถานีการประกอบก่อนที่ความต้องการประกอบส่วนประกอบนั้นจะเกิดขึ้น ซึ่งจะพบว่าทำให้เกิดเวลาการไหลของงานที่สูงกว่าในระบบที่ผลิตชิ้นงานที่มีโครงสร้างแบบซับซ้อนหลายเท่า ซึ่งการที่มีเวลาการไหลของงานที่สูงมากนั้น ย่อมส่งผลให้เกิดเวลาล่าช้าของงาน เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า และค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายที่สูงมากเช่นกัน โดยข้อสรุปดังกล่าวถือเป็นการสนับสนุนข้อสรุปของ Russell and Taylor (1985) และ Fry et al. (1989)
- กฎการจ่ายงานแบบ LF จะให้ประสิทธิภาพทางด้านค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดในทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ ซึ่งให้ข้อสรุปเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Mohanasundaram (2002) ที่ว่ากฎ LF นั้นให้ประสิทธิภาพทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ดีที่สุดในทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ในระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ ซึ่งเหตุผลที่สนับสนุนการทำงานของกฎ LF เนื่องมาจากว่า กฎ LF ถือเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ภายในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ มีการประสานและมีการแรงงานระหว่างการดำเนินงานในสายงานวิฤตติกับการดำเนินงานที่ไม่ได้อยู่ในสายงานวิฤตติของงานให้มีความสอดคล้องกันนั่นเอง โดยกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสูงที่สุดในแต่ละโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ คือ กฎ S/OPN สำหรับโครงสร้างแบบแบน กฎ JDD สำหรับโครงสร้างแบบสูง และกฎ IR สำหรับโครงสร้างแบบซับซ้อน
- กฎการจ่ายงานแบบ LF และ JDD จะให้ค่าประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยดีที่สุดสำหรับทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อสรุปดังกล่าวถือเป็นการสนับสนุนข้อสรุปของ Russell and Taylor (1985), Goodwin and Weeks (1986) และ Fry et al. (1989) ที่ว่ากฎที่ใช้เวลาส่งมอบในการจัดลำดับงานสามารถให้ค่าประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับเวลาล่าช้าของงานได้ดีที่สุดในทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ในระบบผลิตแบบโรงงานประกอบ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า

สำหรับโครงสร้างแบบสูงแล้ว กฎการจ่ายงานแบบ IR จะให้ค่าดังกล่าวอยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด เช่นเดียวกันกับกฎการจ่ายงานทั้งสองและพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกกฎการกำหนดเวลาส่งมอบ โดยกฎ S/OPN จะให้ค่าประสิทธิภาพของระบบทางด้านดังกล่าวมีค่าสูงที่สุดสำหรับทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

- กฎการจ่ายงานแบบ LF และ JDD จะให้ค่าประสิทธิภาพของระบบทางด้านเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าดีที่สุดสำหรับทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ โดยมีกฎการจ่ายงานแบบ IR เมื่อใช้ร่วมกับการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ CON และ RAND แล้วจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าสูงที่สุดในทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะให้ค่าที่สูงมากสำหรับโครงสร้างแบบสูงและแบบซับซ้อน
- กฎการจ่ายงานแบบ JDD เมื่อใช้ร่วมกับกฎการกำหนดเวลาส่งมอบแบบ TWK แล้วจะให้ค่าประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงาน A มีค่าน้อยที่สุดสำหรับทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ แต่สำหรับงาน B และงาน C แล้วกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN จะเป็นกฎที่ให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงาน โดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด และพบว่าแม้ว่ากฎการจ่ายงานแบบ LF จะให้ค่าประสิทธิภาพของระบบที่ดีทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและทางด้านค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย แต่สำหรับเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานแล้ว กลับพบว่ากฎการจ่ายงานแบบดังกล่าวจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงาน โดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดสำหรับงานทุกชนิดในแต่ละโครงสร้างของผลิตภัณฑ์
- กฎการจ่ายงานแบบ IR พบว่าให้ประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีน้อยกว่ากฎ JDD และกฎ LF แต่ถือเป็นกฎที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่ากฎ S/OPN ในระบบการผลิตซึ่งขึ้นงานมีโครงสร้างแบบแบนและแบบแบบสูง ซึ่งข้อสรุปเกี่ยวกับกฎ IR ดังกล่าวมานี้ถือเป็นการสนับสนุนข้อสรุปของ Philipoom et al. (1991), Roman and Valle (1996) ที่ว่ากฎ IR นั้นสามารถนำมาปฏิบัติงานได้ดีในระบบการผลิตที่ขึ้นงานมีโครงสร้างแบบสูงแต่กฎ IR จะไม่ค่อยมีผลในทางปรับปรุงเมื่อผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแบบแบนและแบบซับซ้อน ซึ่งเหตุผลหนึ่งที่สนับสนุนข้อสรุปดังกล่าวนี้ เนื่องมาจากว่า กฎ IR นั้นมีการคำนวณค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนการดำเนินงานที่ยังเหลืออยู่บนเส้นทางงาน (Branch) งานนั้นถูกประกอบเสร็จสิ้น ต่อจำนวนการดำเนินงานที่เหลืออยู่บนเส้นทางงานที่ยาวที่สุดของงานนั้น ดังนั้นหากขึ้นงานมีโครงสร้างแบบแบนและแบบซับซ้อน ซึ่งมีระดับของการประกอบไม่เกิน 3 ระดับแล้ว จะทำให้โอกาสที่อัตราส่วน IR ถูกคำนวณออกมาได้ค่าที่เท่ากันสูง ซึ่งเมื่อ IR มีค่าที่เท่ากันแล้ว ระบบก็จะจัดลำดับงานตามกฎมาก่อนทำก่อนหรือ FCFS ซึ่งกฎ FCFS นั้นถูก



พบในงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วว่าให้ประสิทธิภาพโดยรวมที่ค่อนข้างต่ำในระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบ

- กฎการจ่ายงานแบบ S/OPN เป็นกฎที่ให้ค่าประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานที่ค่อนข้างสูงในทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากฎ S/OPN จะให้ค่าประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ยที่ดีที่สุด สำหรับทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์
- ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบของงานในโครงสร้างแบบสูงนั้น พบว่าจะมีค่ามากกว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการรอคอยการประกอบของงานในโครงสร้างแบบแบนและแบบซับซ้อน

หลังจากวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบโรงงานประกอบที่เป็นผลมาจากกฎการจ่ายงานและกฎการกำหนดเวลาส่งมอบรูปแบบต่างๆ แล้ว จึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยการพัฒนาและเพิ่มเทคนิคบางอย่างให้กับกฎการจ่ายงานที่ให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์ในส่วนที่ผ่านมา นั่นคือกฎ LF และกฎ S/OPN ซึ่งสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ LF จะเป็นการพัฒนากฎการจ่ายงานเพื่อปรับปรุงดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย ค่าเวลาล่าช้าของงาน เปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย โดยให้มีการเพิ่มหลักการในการพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงาน นั่นคือ ในกรณีที่ส่วนประกอบคำนวณค่า LF ออกมามีค่าเท่ากันแล้ว จะพิจารณาให้ส่วนประกอบที่มีค่าระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงานที่ต่ำกว่าเข้ารับการดำเนินงานที่เครื่องจักรก่อน ส่วนสำหรับกฎการจ่ายงานแบบ S/OPN จะเป็นการพัฒนากฎการจ่ายงานเพื่อปรับปรุงดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงาน โดยการเพิ่มเทคนิคในการลำดับความสำคัญให้กับงานที่มีคำสั่งการผลิตที่น้อยที่สุด (Minimum Order) ที่อยู่ในแถวคอยของเครื่องจักรให้ได้รับการเข้าดำเนินการก่อน รวมถึงการพิจารณาการจ่ายงานโดยคำนึงถึงระดับของการประกอบและจำนวนการดำเนินงานที่ต้องผ่านกระบวนการสำหรับส่วนประกอบย่อยในระดับเดียวกันที่ต้องนำมาประกอบเข้าด้วยกัน

โดยผลสรุปแบบละเอียดซึ่งแยกตามโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และแยกตามค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพนั้น ได้สรุปเอาไว้ในท้ายบทที่ 6 และจากข้อสรุปโดยละเอียดทั้งหมดนั้นสามารถนำมาสรุปเป็นภาพรวมอีกครั้งได้ดังนี้

1. สรุปผลการพัฒนากฎ LF โดยเพิ่มการพิจารณาระดับของการประกอบและคำสั่งการผลิตของงาน

- โดยภาพรวมแล้วกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงสามารถให้ผลในทางที่ดีขึ้นทางด้านเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้า ค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายโดยเฉลี่ย รวมถึงทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบของงานโดยเฉลี่ย สำหรับงานใน โครงสร้างของผลิตภัณฑ์แบบสูงและแบบซับซ้อนมากกว่างานใน โครงสร้างของผลิตภัณฑ์แบบแบน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสำหรับโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แบบแบนและแบบซับซ้อนนั้น ผลของกฎ LF ที่ได้รับการปรับปรุงจะให้ค่าเวลาการรอคอยการประกอบของงาน A และงาน C สูงกว่าผลของกฎ LF ในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ

2. สรุปผลการพัฒนากฎ S/OPN โดยการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ

- โดยภาพรวมแล้วกฎ S/OPN ที่มีการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญ สามารถให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางด้านเวลาการรอคอยการประกอบ โดยเฉลี่ยของงานในทุกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสำหรับเวลาการรอคอยการประกอบโดยเฉลี่ยของงาน C และค่าเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยสำหรับงานในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แบบแบนและแบบซับซ้อนนั้นกฎ S/OPN ที่มีการเพิ่มเทคนิคในการลดลำดับความสำคัญจะให้ค่าโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าผลของกฎ S/OPN ในช่วงก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ทางด้านดัชนีวัดประสิทธิภาพในด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเวลาการไหลของงาน โดยเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงาน โดยเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ของงานล่าช้าและค่าสัมบูรณ์ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย พบว่าสำหรับงานในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แบบสูงนั้นดัชนีทุกตัวดังกล่าวจะให้ผลในทางปรับปรุงที่ดีขึ้น

## 7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยในครั้งนี้ ได้ดำเนินการภายใต้สมมติฐานรวมทั้งข้อกำหนดหลายประการ เพื่อเป็นการจำกัดขอบเขตของการดำเนินงานให้เหมาะสมกับระยะเวลาตามที่กำหนด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสามารถพัฒนาต่อไปได้อีกหลายด้าน โดยการพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งถูกยกเว้นไว้ในงานวิจัยฉบับนี้ เช่น

- สามารถยกเลิกสมมติฐานบางประการที่กำหนดไว้ในบทที่ 1 เพื่อให้ระบบสอดคล้องกับสถานะการทำงานจริงได้มากขึ้น เช่น การพิจารณาเวลาปรับตั้งเครื่องจักร (Set up Time) เวลาในการขนย้ายชิ้นงาน ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเครื่องจักรเสีย หรือการพิจารณาให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น รวมถึงอาจเพิ่มในส่วนของการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของโรงงานในการเก็บรักษาพัสดุคงคลัง หรือค่าปรับในการส่งงานให้ลูกค้าไม่ทันตามกำหนดเวลาส่งมอบเป็นต้น
- จากหลายงานวิจัยทำให้พบว่ากฎที่ใช้ในการแก้ไขความเสมอภาค (Tie-Break) สำหรับการจัดลำดับการทำงานนั้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตแบบโรงงานประกอบอย่างมีนัยสำคัญ (Philipoom, Russell, and Fry (1991), Roman and Valle (1996), Reeja and Rajendran (2000), Mohanasundaram et al. (2002)) ซึ่งการทำงานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้มุ่งประเด็นไปที่การแก้ไขความเสมอภาค ทำให้เกิดกรณีที่มีการจัดลำดับการทำงานโดยกฎการจ่ายงานแล้วเกิดการเสมอภาคกัน ระบบจะกำหนดให้งานที่เข้ามาก่อนได้ดำเนินการก่อนตามกฎ FCFS นั้น อาจทำให้กฎการจ่ายงานบางกฎที่มักมีความเสมอภาคเกิดขึ้น ไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพออกมาได้อย่างชัดเจน
- เทคนิคในการลดลำดับความสำคัญนั้น อาจมีข้อยกเว้นสำหรับการให้ผลในทางปรับปรุงในกฎการจ่ายงานบางกฎ ซึ่งยังไม่ได้รับการศึกษาในการทำงานวิจัยครั้งนี้

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

ปารเมศ ชูติมา. 2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปารเมศ ชูติมา. 2546. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิภพ สถิตินาถณ์. 2545. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2537. การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

### ภาษาอังกฤษ

Adam, N.R., Bertrand, J.W.M., Morehead, D.C., and Surkis, J. 1993. Due date assignment procedures with dynamically update coefficients for multi-level assembly jobshops. European Journal of Operational Research. 68: 212-227.

Azizoglu, M. 2003. Preemptive scheduling on identical parallel machines subject to deadlines. European Journal of Operational Research. 148: 205-210.

Baker, K.R., and Kanet, J.J. 1983. Job shop scheduling with modified due date. Journal of Operations Management. 4: 11-22.

Cheng, T.C.E., and Jiang, J. 1998. Job shop scheduling for missed due-date performance. Computer and Industrial Engineering. 34: 297-307.

- Fry, T.D., Oliff, M.D., Minor, E.D., and Leong, G.K. 1989. The effect of product structure and sequencing rule on assembly shop performance. International Journal of Production Research. 27: 671-686.
- Fry, T.D., Philipoom, P.R., and Markland, R.E. 1989. Due date assignment in a multistage job shop. IIE Transactions. 21: 153-161.
- Gargeya, V.B., and Deane, R.H. 1999. Scheduling in the dynamic job shop under auxiliary resource constraints: a simulation study. International Journal of Production Research. 37: 2817-2834.
- Goodwin, J.S., and Weeks, J.K. 1986. Evaluating scheduling policies in a multi-level assembly system. International Journal of Production Research. 24: 247-257.
- Hicks, C., Pongcharoen, P. 2006. Dispatching rules for production scheduling in the capital goods industry . Int. J. Production Economics.104 : 154-163.
- Huang, P.Y. 1984. A comparative study of priority dispatching rules in a hybrid assembly job shop. International Journal of Production Research. 22: 375-387.
- Inman, R., and Bulfin L. 1991. Sequencing JIT mixed-model assembly lines. Management Science. 37:901-904.
- Kanet, J. J. and Hayya, J. C. 1983. Priority dispatching with operation due dates in a job shop. Journal of Operations Management. 2/4: 167-176.
- Kubiak, W., Steiner, G., and Yeomans, S., 1997. Optimal level schedules for mixed-model, multi-level just-in-time assembly systems. Annals of Operations Research. 69:241-259.
- Lagodimos, A.G., Mihiotis, A.N., Kosmidis, V.C. 2004. Scheduling for two-stage production system with setup and assembly operations. Int. J. Production Economics.90 : 345-359.

- Maxwell, W. L. and Mehra, M. 1968. Multiple-factor rules for sequencing with assembly constraints. Naval Research Logistics Quarterly. 15, 241-254.
- Mitenburg, G.J. 1989. Level schedules for mixed-model assembly lines in just-in-time production systems. Management Science. 35:192-207.
- Mitenburg, G.J., and Goldstein, T. 1991. Developing production schedules which balance part usage and smooth production loads for just-in-time production systems. Naval Research Logistics. 38: 893-910.
- Mitenburg, G.J., Steiner, G., and Yeomans, S. 1990. A dynamic programming algorithm for scheduling mixed-model, just-in-time production systems. Mathl. Comput. Modelling. 13:57-66.
- Mohanasundaram, K.M., Natarajan, K., Viswanathkumar, G., Radhakrishnan, P., Rajendran, C. 2002. Scheduling rules for dynamic shops that manufacture multi-level jobs. Computers and Industrial Engineering. 44: 119-131.
- Nori, S., and Sarker, B.R. 1996. Cyclic scheduling for multi-product, single-facility production system operating under a just-in-time delivery policy. Journal of the Operational Research Society. 47:930-935.
- Pegden, C.D., Shannon, R.E., and Sadowski, R.P. 1995. Introduction to Simulation Using SIMAN, Second Edition. Singapore: McGraw-Hill.
- Philipoom, P.R., MARKLAND, R.E., and Fry, T.D. 1989. Sequencing rules, progress milestones and product structure in a multistage job shop. Journal of Operations Management, 8:209-229.

- Philipoom, P.R., Russell, R.S., and Fry, T.D. 1991. A preliminary investigation of multi-attribute based sequencing rules for assembly shops. International Journal of Production Research. 29: 739-753.
- Ragatz, G.L., and Mabert, V.A. 1984. A simulation analysis of due date assignment rules. Journal of Operations Management. 5: 27-39.
- Ragatz, G.L., and Mabert, V.A. 1984. A framework for the study of due date management in job shops. International Journal of Production Research. 22: 685-695.
- Reeja, M.K., and Rajendran, C. 2000. Dispatching rules for scheduling in assembly jobshops – Part 1. International Journal of Production Research. 38: 2051-2066.
- Reeja, M.K., and Rajendran, C. 2000. Dispatching rules for scheduling in assembly jobshops – Part 2. International Journal of Production Research. 38: 2349-2360.
- Scull, D. 1980. Priority dispatching rules in job shops with assembly operation and random delays. Omega. 8: 227-234.
- Scull, D. 1987. Priority dispatching rules an assembly shop. Omega. 15: 49-57.
- Scull, D., and Tsang, K.K. 1990. Priority dispatching rules in fabrication/ assembly shop. Omega. 13: 73-79.
- Steiner, G., and Yeomans, S. 1993. Level schedules for mixed-model, just-in-time processes. Management Science. 39:728-735.
- Steiner, G., and Yeomans, S. 1996. Optimal level schedules in mixed-model, multi-level JIT assembly systems with pegging. European Journal of Operational Research. 95: 38-52.

- Thiagarajan, S., Rajendran, C. 2005. Scheduling in dynamic assembly job-shops to minimize the sum of weighted earliness, weighted tardiness and weighted flowtime of jobs. Computers and Industrial Engineering. 49: 463-503.
- Yokoyama, M. 2000. Hybrid flow-shop scheduling with assembly operations. International Journal of Production Economics.73 : 103-116.
- Yokoyama, M. 2004. Scheduling for two-stage production system with setup and assembly operations. Computer & Operations Research.31 : 2063-2078.
- Yokoyama, M., and Santos, D.L. 2005. Three-stage flow-shop scheduling with assembly operations to minimize the weighted sum of product completion times. European Journal of Operational Research. 161:754-770.





ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

ตัวอย่างไฟล์ของแบบจำลองปัญหาที่เป็นแบบจำลองพื้นฐาน นั่นคือ เป็นการจัดลำดับงานตามกฎ  
**First Come First Served (FCFS) และกำหนดเวลาส่งมอบตามกฎ Constant (CON)**  
 ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

## ส่วน Model

0\$	CREATE,	9::MARK(ArrivalTime):NEXT(52\$);
52\$	READ,	Job Sequence: JobType, Status, Order;
1\$	ASSIGN:	DueDate=ArrivalTime+268;
20\$	STATION,	AssemblyStation;
2\$	BRANCH:	If, Status==1,6\$,Yes: If, Status==2,22\$,Yes;
6\$	BRANCH,	1: If, JobType==1,3\$,Yes: If, JobType==2,7\$,Yes: Else,12\$,Yes;
3\$	DUPLICATE:	1,5\$:NEXT(4\$);
4\$	ASSIGN:	NS=A1;
21\$	ROUTE:	0.0,SEQ;
5\$	ASSIGN:	NS=A2:NEXT(21\$);
7\$	DUPLICATE:	1,9\$: 1,10\$: 1,11\$:NEXT(8\$);
8\$	ASSIGN:	NS=B1:NEXT(21\$);
9\$	ASSIGN:	NS=B2:NEXT(21\$);



AssyQ3 QUEUE, AssemblyQ3: MARK (Time In B1): DETACH;  
 AssyQ4 QUEUE, AssemblyQ4: MARK (Time In B2): DETACH;  
 AssyQ5 QUEUE, AssemblyQ5: MARK (Time In B3): DETACH;  
 AssyQ6 QUEUE, AssemblyQ6: MARK (Time In B4): DETACH;  
 AssyQ7 QUEUE, AssemblyQ7: MARK (Time In C1): DETACH;  
 AssyQ8 QUEUE, AssemblyQ8: MARK (Time In C2): DETACH;  
 AssyQ9 QUEUE, AssemblyQ9: MARK (Time In C3): DETACH;  
 AssyQ10 QUEUE, AssemblyQ10: MARK (Time In C4): DETACH;  
 AssyQ11 QUEUE, AssemblyQ11: MARK (Time In C5): DETACH;  
 AssyQ12 QUEUE, AssemblyQ12: MARK (Time In C6): DETACH;  
 AssyQ13 QUEUE, AssemblyQ13: MARK (Time In C7): DETACH;  
 MATCH: AssyQ1, 63\$;  
 AssyQ2, 65\$;  
 63\$ ASSIGN: WaitT A1=TNOW-Time In A1;  
 64\$ TALLY: Mean WaitT A1, WaitT A1,1;  
 109\$ GROUP, ,Temporary:2, Sum:NEXT(100\$);  
 100\$ ASSIGN: WaitT AssemJob A=MX(WaitT A1,WaitT A2);  
 99\$ TALLY: Mean WaitT AssemJob A,WaitT AssemJob A,1;  
 110\$ SPLIT: :NEXT(66\$);  
 66\$ COMBINE: 2, First;  
 67\$ ASSIGN: NS=JobA:  
 IS=0;  
 92\$ ROUTE: 0.0, SEQ;  
 65\$ ASSIGN: WaitT A2=TNOW-Time In A2;  
 35\$ TALLY: Mean WaitT A2, WaitT A2, 1: NEXT (109\$);  
 MATCH: AssyQ3, 68\$;  
 AssyQ4, 70\$;  
 AssyQ5, 72\$;  
 AssyQ6, 74\$;  
 68\$ ASSIGN: WaitT B1=TNOW-Time In B1;  
 69\$ TALLY: Mean WaitT B1, WaitT B1,1;

105\$ GROUP, ,Temporary:4, Sum:NEXT(102\$);

102\$ ASSIGN: WaitT AssemJob B=MX(WaitT B1,WaitT B2,WaitT B3,WaitT B4);

101\$ TALLY: Mean WaitT AssemJob B,WaitT AssemJob B,1;

106\$ SPLIT: :NEXT(76\$);

76\$ COMBINE: 4, First;

23\$ ASSIGN: NS=JobB:  
IS=0: NEXT (92\$);

70\$ ASSIGN: WaitT B2=TNOW-Time In B2;

71\$ TALLY: Mean WaitT B2, WaitT B2,1: NEXT(105\$);

72\$ ASSIGN: WaitT B3=TNOW-Time In B3;

73\$ TALLY: Mean WaitT B3, WaitT B3,1: NEXT(105\$);

74\$ ASSIGN: WaitT B4=TNOW-Time In B4;

75\$ TALLY: Mean WaitT B4, WaitT B4,1: NEXT(105\$);

MATCH: AssyQ7, 77\$:  
AssyQ8, 79\$:  
AssyQ9, 81\$:  
AssyQ10, 83\$:  
AssyQ11, 85\$:  
AssyQ12, 89\$:  
AssyQ13, 87\$;

77\$ ASSIGN: WaitT C1=TNOW-Time In C1;

78\$ TALLY: Mean WaitT C1,WaitT C1,1;

107\$ GROUP, ,Temporary:7,Sum:NEXT(104\$);

104\$ ASSIGN: WaitT AssemJob C=MX(WaitT C1,WaitT C2 ,WaitT C3 ,WaitT C4,WaitT C5,WaitT C6,WaitT C7);

103\$ TALLY: Mean WaitT AssemJob C,WaitT AssemJob C,1;

108\$ SPLIT: :NEXT(91\$);

91\$ COMBINE: 7, First;

24\$ ASSIGN: NS=JobC:  
IS=0: NEXT(92\$);

79\$ ASSIGN: WaitT C2=TNOW-Time In C2;  
 80\$ TALLY: Mean WaitT C2, WaitT C2,1: NEXT(107\$);  
 81\$ ASSIGN: WaitT C3=TNOW-Time In C3;  
 82\$ TALLY: Mean WaitT C3, WaitT C3,1: NEXT(107\$);  
 83\$ ASSIGN: WaitT C4=TNOW-Time In C4;  
 84\$ TALLY: Mean WaitT C4, WaitT C4,1: NEXT(107\$);  
 85\$ ASSIGN: WaitT C5=TNOW-Time In C5;  
 86\$ TALLY: Mean WaitT C5, WaitT C5,1: NEXT(107\$);  
 89\$ ASSIGN: WaitT C6=TNOW-Time In C6;  
 90\$ TALLY: Mean WaitT C6, WaitT C6,1: NEXT(107\$);  
 87\$ ASSIGN: WaitT C7=TNOW-Time In C7;  
 88\$ TALLY: Mean WaitT C7, WaitT C7,1: NEXT(107\$);  
 25\$ STATION, StationSet;  
 26\$ ASSIGN: SetIndex=MEMIDX (StationSet,M);  
 27\$ QUEUE, QueueSet(SetIndex);  
 28\$ SEIZE, 1, Other:  
 MachineSet(SetIndex),1:NEXT(29\$);  
 29\$ DELAY: OpTime,,Other:NEXT(30\$);  
 30\$ RELEASE: MachineSet(SetIndex),1;  
 31\$ ROUTE: 0.0, SEQ;  
 32\$ STATION, UpDate;  
 33\$ ASSIGN: Status=2;  
 34\$ ROUTE: 0.0,SEQ;  
 36\$ STATION, Hold for Signal;  
 95\$ DUPLICATE: 1, 93\$:  
 1, 94\$: NEXT(38\$);  
 38\$ BRANCH: If, JobType==1, 49\$, Yes:  
 If, JobType==2, 51\$, Yes:  
 If, JobType==3, 50\$, Yes;  
 49\$ QUEUE, WaitQ1;  
 37\$ WAIT: 1, 1;

41\$ ROUTE: 0.0, SEQ;  
 51\$ QUEUE, WaitQ2;  
 39\$ WAIT: 2, 1: NEXT (41\$);  
 50\$ QUEUE, WaitQ3;  
 40\$ WAIT: 3, 1: NEXT (41\$);  
 93\$ QUEUE, ScanQ;  
 96\$ WAIT: 4, 1;  
 98\$ SCAN:  $(NQ(ScanQ1)+NQ(ScanQ2)+NQ(ScanQ3)) < 1$ ;  
 53\$ QUEUE, ScanQ1, 1;  
 57\$ SCAN:  $NQ(WaitQ1) \geq 1$ ;  
 54\$ SIGNAL: 1;  
 61\$ QUEUE, ScanQ2, 1;  
 58\$ SCAN:  $NQ(WaitQ2) \geq 1$ ;  
 55\$ SIGNAL: 2;  
 62\$ QUEUE, ScanQ3, 1;  
 59\$ SCAN:  $NQ(WaitQ3) \geq 1$ ;  
 56\$ SIGNAL: 3;  
 60\$ DISPOSE: No;  
 94\$ SIGNAL: 4, 1;  
 97\$ DISPOSE: No;  
 42\$ STATION, ExitSystem;  
 44\$ BRANCH, 1:  
     If,  $TNOW > DueDate$ , Tardy\_Jobs, Yes;  
     Else, NonTardy, Yes;  
 Tardy\_Jobs ASSIGN:  $Tardy = Tnow - DueDate$ ;  
 48\$ COUNT: TardyJobs, 1;  
 46\$ TALLY: MeanAbsoluteLateness, Tardy+Early, 1;  
 47\$ ASSIGN: Early=0;  
 45\$ TALLY: Tardiness, Tardy+Early, 1;  
 43\$ TALLY: FlowTime,INT(ArrivalTime),1;  
 113\$ ROUTE: 0.0, SEQ;





Time In C3:

Time In C4:

Time In C5:

OpTime:

Time In C6:

Time In C7:

Early:

WaitT A1:

WaitT A2:

Status:

WaitT B1:

WaitT B2:

WaitT B3:

WaitT B4:

WaitT AssemJob A:

JobType:

WaitT AssemJob B:

WaitT AssemJob C:

WaitT C1:

ArrivalTime:

WaitT C2:

WaitT C3:

WaitT C4:

WaitT C5:

WaitT C6:

WaitT C7:

Order:

DueDate:

Tardy:

SetIndex;

FILES: input,"book2.wks",(),WKS File,Rewind:  
 Job Sequence,"Flat.wks",Sequential(),WKS File,Rewind,No,Hold;

QUEUES: MC1Q, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ1, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 MC2Q, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ2, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ3, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ4, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ5, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ6, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ7, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ8, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ9, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 MC3Q, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 MC4Q, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 MC5Q, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 MC6Q, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 MC7Q, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 MC8Q, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 WaitQ1, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 WaitQ2, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 WaitQ3, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ10, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ11, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ12, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 AssemblyQ13, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 ScanQ, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 ScanQ1, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 ScanQ2, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):  
 ScanQ3, FirstInFirstOut,,AUTOSTATS(Yes,,):

RESOURCES: Machine1,Capacity(1),,Stationary,COST(0.0,0.0,0.0),,AUTOSTATS(Yes,,):  
 Machine2,Capacity(1),,Stationary,COST(0.0,0.0,0.0),,AUTOSTATS(Yes,,):  
 Machine3,Capacity(1),,Stationary,COST(0.0,0.0,0.0),,AUTOSTATS(Yes,,):  
 Machine4,Capacity(1),,Stationary,COST(0.0,0.0,0.0),,AUTOSTATS(Yes,,):  
 Machine5,Capacity(1),,Stationary,COST(0.0,0.0,0.0),,AUTOSTATS(Yes,,):  
 Machine6,Capacity(1),,Stationary,COST(0.0,0.0,0.0),,AUTOSTATS(Yes,,):  
 Machine7,Capacity(1),,Stationary,COST(0.0,0.0,0.0),,AUTOSTATS(Yes,,):  
 Machine8,Capacity(1),,Stationary,COST(0.0,0.0,0.0),,AUTOSTATS(Yes,,);

STATIONS: MC1:  
 MC2:  
 MC3:  
 MC4:  
 MC5:  
 MC6:  
 MC7:  
 MC8:  
 Hold for Signal:  
 AssemblyStation:  
 Rewind:  
 UpDate:  
 ExitSystem;

SEQUENCES:  
 1,A1,MC4,OpTime=NORM(15,3)&MC5,OpTime=NORM(15,3)&MC8,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:  
 2,A2,MC6,OpTime=NORM(15,3)&MC2,OpTime=NORM(15,3)&MC3,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:  
 3,JobA,MC1,OpTime=NORM(15,3)&MC7,OpTime=NORM(15,3)&Hold for Signal&ExitSystem&Rewind:

4,B1,MC3,OpTime=NORM(15,3)&MC7,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

5,B2,MC5,OpTime=NORM(15,3)&MC1,OpTime=NORM(15,3)&MC2,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

6,B3,MC8,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

7,B4,MC4,OpTime=NORM(15,3)&MC1,OpTime=NORM(15,3)&MC6,OpTime=NORM(15,3)&MC4,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&

AssemblyStation:

8,JobB,MC3,OpTime=NORM(15,3)&Hold for Signal&ExitSystem&Rewind:

9,C1,MC4,OpTime=NORM(15,3)&MC2,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

10,C2,MC3,OpTime=NORM(15,3)&MC8,OpTime=NORM(15,3)&MC5,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

11,C3,MC1,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

12,C4,MC8,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

13,C5,MC5,OpTime=NORM(15,3)&MC7,OpTime=NORM(15,3)&MC2,OpTime=NORM(15,3)&MC6,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

14,C6,MC1,OpTime=NORM(15,3)&MC6,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

15,C7,MC3,OpTime=NORM(15,3)&MC4,OpTime=NORM(15,3)&UpDate&AssemblyStation:

16,JobC,MC2,OpTime=NORM(15,3)&MC7,OpTime=NORM(15,3)&MC8,OpTime=NORM(15,3)&Hold for Signal&ExitSystem&Rewind;

COUNTERS: TardyJobs,,Replicate;

TALLIES: MeanAbsoluteLateness:

Tardiness:

Mean WaitT A1:

Mean WaitT A2:

Mean WaitT AssemJob A:

Mean WaitT AssemJob B:  
 Mean WaitT AssemJob C:  
 Mean WaitT B1:  
 Mean WaitT B2:  
 Mean WaitT B3:  
 Mean WaitT B4:  
 Mean WaitT C1:  
 Mean WaitT C2:  
 Mean WaitT C3:  
 Mean WaitT C4:  
 Mean WaitT C5:  
 Mean WaitT C6:  
 Mean WaitT C7:  
 FlowTime,"c:\pilotrunFlat.dat";

DSTATS: 1,NR(Machine1)\*100,Machine1 Utilization:  
 2,NR(Machine2)\*100,Machine2 Utilization:  
 3,NR(Machine3)\*100,Machine3 Utilization:  
 4,NR(Machine4)\*100,Machine4 Utilization:  
 5,NR(Machine5)\*100,Machine5 Utilization:  
 6,NR(Machine6)\*100,Machine6 Utilization:  
 7,NR(Machine7)\*100,Machine7 Utilization:  
 8,NR(Machine8)\*100,Machine8 Utilization;

REPLICATE, 1,0.0,400000,Yes,Yes,0.0,TNUM(FlowTime) == 9000,,24.0,Minutes,No,No;

SETS: QueueSet, MC1Q, MC2Q, MC3Q, MC4Q, MC5Q, MC6Q, MC7Q, MC8Q:  
 StationSet, MC1, MC2, MC3, MC4, MC5, MC6, MC7, MC8:  
 MachineSet, Machine1, Machine2, Machine3, Machine4, Machine5, Machine6,  
 Machine7, Machine8;

## ภาคผนวก ข

ตารางการออกแบบการทดลอง  
ในระบบที่ผลิตชิ้นงานโครงสร้างแบบแบน (Flat Structure)

กฎการจ่ายงาน	กฎการกำหนด เวลาส่งมอบ	$\bar{F}$	$\bar{T}$	$\% N_T$	$MAL$	$\overline{ST}_a$	$\overline{ST}_b$	$\overline{ST}_c$
JDD	CON							
JDD	RAND							
JDD	TWK							
JDD	TWKCP							
JDD	JIS							
JDD	BJIS							
S/OPN	CON							
S/OPN	RAND							
S/OPN	TWK							
S/OPN	TWKCP							
S/OPN	JIS							
S/OPN	BJIS							
IR	CON							
IR	RAND							
IR	TWK							
IR	TWKCP							
IR	JIS							
IR	BJIS							
LF	CON							
LF	RAND							
LF	TWK							
LF	TWKCP							
LF	JIS							
LF	BJIS							

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิรลักษณ์ โตตระภูท เกิดเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2547 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2547



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย