บทที่ 6
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทนำ

หลังจากดำเนินการทดลอง โดยเปลี่ยนกฎการจัดลำดับครบแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งปัจจัยที่พิจารณาคือกฎการจัดลำดับว่ามีผลกระทบต่อเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพอย่างไร และจัดเรียงลำดับผลลัพธ์ของกฎการจัดลำดับต่อเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพแต่ละชนิด เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับลำดับ ซึ่งในบทนี้แบ่งการวิเคราะห์ตามดัชนีวัดประสิทธิภาพทั้ง 5 ดัชนี

6.1 Mean Flow Time

การวิเคราะห์ผลการทดลอง จะใช้การทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้แบบจำลองทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานดังนี้

$y_{ij} = \mu+\tau_i+\varepsilon_{ij}$

เมื่อ $i = 1, 2,\ldots,14$

$j = 1, 2, 3$

μ= ค่าเฉลี่ย Flow Time ของทุกกฎการจัดลำดับ

τ = ผลกระทบต่อ Flow Time ของเฉพาะกฎการจัดลำดับ

ε = ค่าคาดเคลื่อน

โดยตั้งสมมติฐาน สำหรับทดสอบดังนี้

H0 : $\tau_i = 0$ สำหรับทุก i

H1 : $\tau_i \neq 0$ อย่างน้อย i

เมื่อพิจารณาดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้าน Flow Time พบว่าสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับว่าปัจจัยกฎการจัดลำดับมีผลกระทบต่อค่า Mean Flow Time และจากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test กฎการจัดลำดับที่ดี ได้แก่ SPT และ LWKR ส่วนกฎการจัดลำดับที่ด้อย ได้แก่ MST S/OPN และ LOPNR ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.1และ 6.2 และถ้าเลือกใช้กฎ SPT จะได้ Mean Flow Time ที่ลดลง 54.49 เปอร์เซ็นต์ จากของการจัดตารางแบบเดิมของกรณีศึกษา

ตารางที่ 6.1 *ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่า Mean Flow Time*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
FLOW TIME	Between Groups	150.038	12	12.503	1273.168	.000
	Within Groups	.255	26	9.821E-03		
	Total	150.293	38			

ตารางที่ 6.2 ผลของDuncan's multiple range test ต่อค่าMean Flow Time (10^5วินาที)*

RULE	N	Subset for alpha = .05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
SPT	3	3.157							
LWKR	3	3.220	3.220						
SMT	3		3.347						
TSPT(15วัน)	3			3.790					
TSPT(10วัน)	3			3.853	3.853				
TWORK	3				3.983				
TSPT(7วัน)	3					4.207			
FACFS	3						7.250		
EDD	3						7.280		
FCFS	3							7.533	
MST	3							7.660	7.660
S/OPN	3							7.683	7.683
LOPNR	3								7.807
Sig.		.441	.130	.441	.120	1.000	.714	.090	.097

นอกจากนั้น ถ้าพิจารณาถึงกฎการจัดลำดับ SPT ซึ่งให้ผล Mean Flow Time ที่ดี จะพบว่ากฎต่างๆนี้จะมีข้อด้อยอยู่ก็คือ มีงานบางงาน ซึ่งถูกกฎ SPT กักงานไว้ในระบบยาวนาน ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.3 ซึ่งในความเป็นจริงเราอาจจะไม่ต้องการให้เกิดการณ์เช่นนี้ ดังนั้นเราอาจเลือกใช้กฎ TSPT ซึ่งเป็นกฎการจัดลำดับที่ถูกคิดค้นเพื่อแก้ข้อเสียของ SPT สามารถลดเวลาที่งานอยู่ในระบบนาน โดยยังมีลักษณะของกฎ SPT แต่ยังผลให้ Mean Flow Time จะเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 6.3 ตารางค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของflow time (10^5วินาที)*

Rule	Mean Flow Time	Maximum Flow Time
LWK	3.22	50.70
EDD	7.28	25.00
MST	7.66	25.00
TWORK	3.98	50.80
FACFS	7.25	23.10
S/OPN	7.68	25.00
SMT	3.35	50.70
LOPNR	7.81	23.20
FCFS	7.53	22.30
SPT	3.16	50.70
TSPT(7วัน)	4.21	29.30
TSPT(10วัน)	3.85	34.30
TSPT3(15วัน)	3.79	42.10

6.2 Mean Lateness

การวิเคราะห์ผลการทดลอง จะใช้การทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้แบบจำลองทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานดังนี้

$y_{ij} = \mu+\tau_i+\varepsilon_{ij}$

เมื่อ i = 1, 2,...,14

j = 1, 2, 3

μ= ค่าเฉลี่ย Lateness ของทุกกฎการจัดลำดับ

τ = ผลกระทบต่อ Lateness ของเฉพาะกฎการจัดลำดับ

ε = ค่าคาดเคลื่อน

โดยตั้งสมมติฐาน สำหรับทดสอบดังนี้

H0 : $\tau_i = 0$ สำหรับทุก i

H1 : $\tau_i \neq 0$ อย่างน้อย i

เมื่อพิจารณาดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้าน Lateness พบว่าสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับว่าปัจจัยกฎการจัดลำดับมีผลกระทบต่อค่า Mean Lateness และจากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test กฎการจัดลำดับที่ดี ได้แก่ LWKR และ SPT ส่วนกฎการจัดลำดับที่ด้อย ได้แก่ FCFS MST S/OPN และ LOPNR ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.4 และ 6.5 และถ้าเลือกใช้กฎ LWKR จะได้ Mean Lateness ที่ลดลงถึง 219.81เปอร์เซ็นต์ จากของการจัดตารางแบบเดิมของกรณีศึกษา

ตารางที่ 6.4 *ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่าMean Lateness*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LATENESS	Between Groups	151.241	12	12.603	325.63	.000
	Within Groups	1.006	26	3.871E-02		
	Total	152.247	38			

ตารางที่ 6.5 *ผลของDuncan's multiple range test ต่อค่าMean Lateness (*10^{5}วินาที)*

RULE	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
LWKR	3	-2.383						
SPT	3	-2.107	-2.107					
SMT	3		-1.953					
TSPT(15วัน)	3			-1.473				
TSPT(10วัน)	3			-1.420				
TWORK	3			-1.343	-1.343			
TSPT(7วัน)	3				-1.053			
EDD	3					1.9133		
FACFS	3					1.9833	1.9833	
FCFS	3					2.2567	2.2567	2.2567
MST	3						2.2800	2.2800
S/OPN	3						2.3033	2.3033
LOPNR	3							2.5233
Sig.		.097	.349	.453	.083	.052	.078	.140

6.3 Mean Tardiness

การวิเคราะห์ผลการทดลอง จะใช้การทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้แบบจำลองทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานดังนี้

$y_{ij} = \mu+\tau_i+\varepsilon_{ij}$

เมื่อ $i = 1, 2,\ldots,14$

$j = 1, 2, 3$

μ= ค่าเฉลี่ย Tardiness ของทุกกฎการจัดลำดับ

τ = ผลกระทบต่อ Tardiness ของเฉพาะกฎการจัดลำดับ

ε = ค่าคาดเคลื่อน

โดยตั้งสมมติฐาน สำหรับทดสอบดังนี้

H0 : $\tau_i = 0$ สำหรับทุก i

H1 : $\tau_i \neq 0$ อย่างน้อย i

เมื่อพิจารณาดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้าน Tardiness พบว่าสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับว่าปัจจัยกฎการจัดลำดับมีผลกระทบต่อค่า Mean Tardiness และจากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test กฎการจัดลำดับที่ดี ได้แก่ LWKR SPT และ SMT ส่วนกฎการจัดลำดับที่ด้อย ได้แก่ FCFS และ LOPNR ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.6 และ 6.7 และถ้าเลือกใช้กฎ LWKR จะได้ Mean Tardiness ที่ลดลง 50.02 เปอร์เซ็นต์ จากของการจัดตารางแบบเดิมของกรณีศึกษา

ตารางที่ 6.6 *ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่าMean Tardiness*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TARDY	Between Groups	17.395	12	1.450	193.7	.000
	Within Groups	.195	26	7.485E-03		
	Total	17.590	38			

ตารางที่ 6.7 *ผลของDuncan's multiple range test ต่อค่าMean Tardiness (*10^{5}วินาที)*

RULE	N	Subset for alpha = .05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
LWKR	3	1.247							
SPT	3	1.250							
SMT	3	1.297							
TSPT(10วัน)	3		1.463						
TSPT(15วัน)	3		1.540	1.540					
TWORK	3		1.587	1.587					
TSPT(7วัน)	3			1.630					
EDD	3				2.057				
S/OPN	3					2.393			
MST	3					2.407			
FACFS	3						2.697		
FCFS	3							2.870	
LOPNR	3								3.343
Sig.		.511	.110	.240	1.000	.852	1.000	1.000	1.000

6.4 Proportion of jobs tardy

การวิเคราะห์ผลการทดลอง จะใช้การทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้แบบจำลองทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานดังนี้

$y_{ij} = \mu+\tau_i+\varepsilon_{ij}$

เมื่อ i = 1, 2,...,14

j = 1, 2, 3

μ= ค่าเฉลี่ย Proportion of Jobs Tardy ของทุกกฎการจัดลำดับ

τ = ผลกระทบต่อ Proportion of Jobs Tardy ของเฉพาะกฎการจัดลำดับ

ε = ค่าคาดเคลื่อน

โดยตั้งสมมติฐาน สำหรับทดสอบดังนี้

H0 : $\tau_i = 0$ สำหรับทุก i

H1 : $\tau_i \neq 0$ อย่างน้อย i

เมื่อพิจารณาดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้าน Proportion of Jobs Tardy พบว่าสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับว่าปัจจัยกฎการจัดลำดับมีผลกระทบต่อค่า Proportion of Jobs Tardy และจากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test กฎการจัดลำดับที่ดี ได้แก่ SMT ส่วนกฎการจัดลำดับที่ด้อย ได้แก่ MST และ S/OPN ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.8 และ 6.9 และถ้าเลือกใช้กฎ SMT จะได้ Proportion of Jobs Tardy ที่ลดลง 65.73 เปอร์เซ็นต์ จากของการจัดตารางแบบเดิมของกรณีศึกษา

ตารางที่ 6.8 *ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ*
ปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่า Proportion of Jobs Tardy

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PROPORTION OF TARDY JOBS	Between Groups	3.139	12	.262	4386	.000
	Within Groups	1.551E-03	26	5.96E-05		
	Total	3.141	38			

ตารางที่ 6.9 *ผลของDuncan's Multiple Range Test ต่อค่า Proportion of Jobs Tardy*

		Subset for alpha = .05									
RULE	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SMT	3	.1825									
LWKR	3		.2025								
SPT	3		.2045								
TWORK	3			.2224							
TSPT(15วัน)	3				.2403						
TSPT(10วัน)	3					.2565					
FACFS	3						.6421				
LOPNR	3						.6459				
FCFS	3							.6819			
TSPT(7วัน)	3								.6973		
EDD	3									.8795	
MST	3										.8930
S/OPN	3										.8941
Sig.		1.000	.753	1.000	1.000	1.000	.550	1.000	1.000	1.000	.865

6.5 System Utilization

การวิเคราะห์ผลการทดลอง จะใช้การทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้แบบจำลองทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานดังนี้

$y_{ij} = \mu+\tau_i+\varepsilon_{ij}$

เมื่อ i = 1, 2,...,14

j = 1, 2, 3

μ= ค่าเฉลี่ย System Utilization ของทุกกฎการจัดลำดับ

τ = ผลกระทบต่อ System Utilization ของเฉพาะกฎการจัดลำดับ

ε = ค่าคาดเคลื่อน

โดยตั้งสมมติฐาน สำหรับทดสอบดังนี้

H0 : $\tau_i = 0$ สำหรับทุก i

H1 : $\tau_i \neq 0$ อย่างน้อย i

การคำนวณอัตราการใช้งานของระบบจะคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทรัพยากรทั้งหมดของระบบ เมื่อพิจารณาดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทางด้าน System Utilization พบว่าสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับว่าปัจจัยกฎการจัดลำดับมีผลกระทบต่อค่า System Utilization และจากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test กฎการจัดลำดับที่ดี ได้แก่ SMT TWORK EDD และ SPT ส่วนกฎการจัดลำดับที่ด้อย ได้แก่ LOPNR FCFS และ FACFS ซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.10 และ 6.11

ตารางที่ 6.10 *ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ*
ปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่า System Utilization

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
UTILIZATION	Between Groups	4.019E-03	12	3.349E-04	6.515	.000
	Within Groups	1.337E-03	26	5.141E-05		
	Total	5.356E-03	38			

ตารางที่ 6.11 ผลของDuncan's multiple range test ต่อค่า System Utilization

RULE	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
LOPNR	3	.506000			
FCFS	3	.508667			
FACFS	3	.511000	.511000		
TSPT(7วัน)	3		.521667	.521667	
TSPT(10วัน)	3		.522333	.522333	.522333
TSPT(15วัน)	3			.526667	.526667
MST	3			.530333	.530333
S/OPN	3			.531333	.531333
LWKR	3			.532333	.532333
SPT	3			.532667	.532667
EDD	3			.534333	.534333
TWORK	3			.535333	.535333
SMT	3				.536000
Sig.		.428	.077	.054	.054

6.6 ดัชนีวัดประสิทธิภาพโดยรวม

การวิเคราะห์ข้างต้นเป็นการวิเคราะห์สำหรับดัชนีวัดประสิทธิภาพเฉพาะด้าน ซึ่งในความเป็นจริงอาจจะมีเป้าหมายหลายเป้าหมาย เพื่อเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อดัชนีวัดประสิทธิภาพโดยรวม โดยในงานวิจัยฉบับนี้จะตั้งสมมติฐานว่าดัชนีวัดประสิทธิภาพในทุกๆด้านมีน้ำหนักเท่ากันทุกดัชนี ในการพิจารณาดัชนีวัดประสิทธิภาพโดยรวมสามารถพิจารณาได้ดังนี้

1. โดยกฎการจัดลำดับที่ดีที่สุด จะกำหนดให้เป็นลำดับที่ 1 กฎการจัดลำดับอื่นๆที่ให้ค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพรองลงมาก็จะให้ลำดับที่รองลงมาตามลำดับ
2. นำค่าลำดับของกฎการจัดลำดับต่างๆ มาหาค่าเฉลี่ย โดยการนำค่าลำดับมาบวกกันแล้วหารด้วยจำนวนดัชนีวัดประสิทธิภาพทั้งหมด (เท่ากับ5)
3. พิจารณาค่าเฉลี่ยของลำดับ กฎใดที่ให้ค่าน้อยที่สุดจะถือว่าเป็นกฎที่ดีที่สุด ผลการจัดลำดับของกฎการจัดลำดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 6.12

ตารางที่ 6.12 ผลค่าเฉลี่ยของการลำดับของกฎการจัดลำดับ

กฎการจัดลำดับ	Mean Flow Time	Mean Lateness	Mean Tardiness	Proportion of Jobs Tardy	System Util.	Average Performance
LWKR	2	1	1	2	5	2.2
SMT	3	3	3	1	1	2.2
SPT	1	2	2	3	4	2.4
TWORK	6	6	6	4	2	4.8
TSPT(15วัน)	4	4	5	5	8	5.2
TSPT(10วัน)	5	5	4	6	9	5.8
EDD	9	8	8	11	3	7.8
TSPT(7วัน)	7	7	7	10	10	8.2
FACFS	8	9	11	7	11	9.2
MST	11	11	10	12	7	10.2
S/OPN	12	12	9	13	6	10.4
FCFS	10	10	12	9	12	10.6
LOPNR	13	13	13	8	13	12

จากผลการจัดลำดับของกฎการจัดลำดับ แสดงว่ากฎที่ให้ผลดี 3 อันดับแรก ได้แก่ SMT LWKR และSPT ส่วนกฎที่ให้ผลที่ด้อยได้แก่ LOPNR

ตารางที่ 6.13 *ผลของกฎการจัดลำดับเมื่อเปรียบเทียบแต่ละดัชนีวัดประสิทธิภาพ*

กฎการจัดลำดับ	Mean Flow Time ($*10^5$s)	Mean Lateness ($*10^5$s)	Mean Tardiness ($*10^5$s)	Proportion of Jobs Tardy	System Util.
SYSTEM	7.0823	1.989	2.495	0.534	ไม่มีข้อมูล
LWKR	3.220	-2.383	1.247	0.202	0.53233
SMT	3.347	-1.953	1.297	0.183	0.5360
SPT	3.152	-2.107	1.250	0.204	0.53267

เราสามารถเปรียบเทียบผลของกฎการจัดลำดับ จากการเปรียบเทียบผลของกฎการจัดลำดับทีดีทั้ง 3 กับระบบเดิมของกรณีศึกษา แสดงดังตารางที่ 6.13 และสามารถเปรียบผลที่เปลี่ยนแปลงจากระบบเดิมเป็นร้อยละได้ดังตารางที่ 6.14 เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจว่ากฎการจัดลำดับใดที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้จัดตาราง

ตารางที่ 6.14 *ผลของกฎการจัดลำดับที่เปลี่ยนแปลงจากระบบเดิม เมื่อเปรียบเทียบเป็นร้อยละ*

กฎการจัดลำดับ	Mean Flow Time	Mean Lateness	Mean Tardiness	Proportion of Jobs Tardy
LWKR	-54.810	-219.809	-50.020	-62.172
SMT	-52.741	-198.190	-48.016	-65.730
SPT	-55.494	-205.933	-49.900	-61.798

6.7 สรุป

จากการจำลองแบบปัญหาของกรณีศึกษา ผลการทดลองที่ได้เมื่อนำมาวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

กฎการจัดลำดับมีผลต่อดัชนีวัดประสิทธิภาพทั้ง เวลาที่งานอยู่ในระบบ (Flow Time) เวลาที่งานเสร็จไม่ตรงกำหนด (Lateness) เวลาที่งานเสร็จเกินกำหนดส่งงาน (Tardiness) อัตราส่วนจำนวนงานที่เสร็จเกินกำหนดส่งงานต่อจำนวนงานทั้งหมด (Proportion of Jobs Tardy) และอัตราการใช้เครื่องจักรของระบบ (Utilization) โดยการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของระบบด้าน Flow Time, Lateness และ Tardiness แล้วพบว่ากฎการจัดลำดับที่ให้ผลดีในด้านหนึ่งจะให้ผลที่ดีในด้านอื่นๆด้วย เนื่องจากประสิทธิภาพทั้ง 3 เกี่ยวข้องกันกับเวลาที่ระบบใช้ ซึ่งจะเป็นการง่ายในการเลือกกฎการจัดลำดับอีกด้วย

ผลการจัดลำดับสามารถหากฎที่ดีต่อระบบในประสิทธิภาพโดยรวมได้ ดังตารางที่ 6.12 เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า กฎที่ให้ผลดีคือ LWKR (Least Work Remaining) SMT (Smallest Value Obtain by Multiplying Processing Time by Total Process Time) และ SPT (Shortest Processing Time) ซึ่งสามารถลด Mean Flow Time ได้มากกว่า 52 %, Mean Lateness ได้มากกว่า 198%, Mean Tardiness ได้มากกว่า 48 % และ Proportion of Jobs Tardy สามารถลดได้มากกว่า 61% เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดตารางแบบเดิม (ดังตารางที่ 6.14) ส่วน System Utilization ไม่สามารถเปรียบเทียบกับการจัดตารางแบบเดิมได้เนื่องจากไม่มีข้อมูลในส่วนนี้ จึงเสนอกฎการจัดลำดับทั้งสามกฎนี้ในการใช้งาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม และการคำนึงถึงความสำคัญของประสิทธิภาพแต่ละด้าน