

การควบคุมการปฏิบัติงานของพาหนะขนส่งวัตถุแบบอัตโนมัติที่สามารถรับภาระได้ 2 หน่วย  
ในระบบผลิตแบบยืดหยุ่น

นางสาวรจนาฏ ไกรปัญญาพงศ์



สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-321-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPERATIONAL CONTROL OF DOUBLE-LOAD AUTOMATED GUIDED VEHICLES IN  
A FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM



Miss Rotchanart Kripunyapong

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

Graduate School

Chulalongkorn University

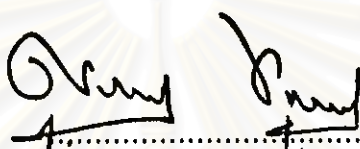
Academic Year 1998

ISBN 974-639-321-9

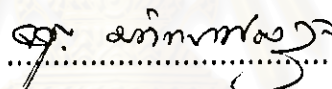
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การควบคุมการปฏิบัติงานของพาหนะขนส่งวัสดุแบบอัตโนมัติที่สามารถ  
รับภาระได้ 2 หน่วยในระบบผลิตแบบยืดหยุ่น  
โดย                              นางสาวรจนาฏ ไกรปัญญาพงศ์  
ภาควิชา                            วิศวกรรมอุตสาหการ  
อาจารย์ที่ปรึกษา              อาจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา

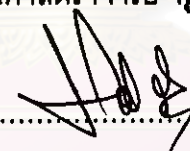
---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

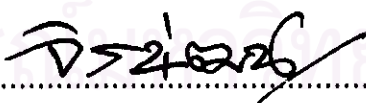
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ จรุง มนิตธาพงศ์กุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เจริญ บุญดีสกุลโชค)

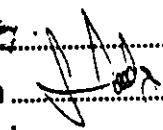
  
..... กรรมการ  
(อาจารย์จิรพัฒน์ เภาประเสริฐวงศ์)

รจนาภ โกรปัญญาพงศ์ : การควบคุมการปฏิบัติงานของพาหนะขนส่งวัสดุแบบอัตโนมัติที่สามารถรับภาระได้ 2 หน่วยในระบบผลิตแบบยืดหยุ่น (OPERATIONAL CONTROL OF DOUBLE-LOAD AUTOMATED GUIDED VEHICLES IN A FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM) อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา ; 178 หน้า. ISBN 974-639-321-9

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบผลิตแบบยืดหยุ่นที่ใช้ AGV เป็นพาหนะขนถ่ายวัสดุ โดยให้เทคนิคการจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์ การทดลองจะถูกดำเนินการภายใต้ปัจจัยที่แตกต่างกัน คือ จำนวน AGV ที่ใช้ในระบบ (Number of AGVs) กฎการรับงาน (Pick-up rules) กฎการจัดลำดับ (Dispatching rules) กฎการส่งงาน (Drop-off rules) ขนาดของแถวคอย (Queue size) และจำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบ (Entity) ดัชนีที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของระบบประกอบด้วยค่าเฉลี่ยของ เวลาที่ชิ้นงานใช้ในระบบ (Flow time) เวลาที่ชิ้นงานเสร็จไม่ตรงกำหนด (Lateness) เวลาที่ชิ้นงานเสร็จช้ากว่ากำหนด (Tardiness) จำนวนชิ้นงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จ (Jobs done) จำนวนชิ้นงานในบัฟเฟอร์ส่วนกลาง (Number of jobs in central buffer) และ การใช้งานของเครื่องจักร (Machine utilization)

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยทุกตัวส่งผลกระทบต่อดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นปัจจัยด้านกฎการรับงานเท่านั้นที่ไม่ส่งผลกระทบต่อดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบในด้านจำนวนชิ้นงานในบัฟเฟอร์ส่วนกลาง และปัจจัยด้านจำนวน AGV กับ Entity จะมีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างกันมากที่สุดสำหรับดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทุกด้าน ยกเว้นด้าน Machine utilization ซึ่งปัจจัยด้านจำนวน AGV กับ Queue จะมีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างกันมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ และกฎที่ดีที่สุดสำหรับดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบทุกด้านคือ FSNS/FCFS/ND

ภาควิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหการ  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหการ  
ปีการศึกษา ..... 2541

ลายมือชื่อนิติ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม .....  


\*\* C816597 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: AUTOMATED GUIDED VEHICLE / FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM / MATERIAL HANDLING

ROTCHANART KRIPUNYAPONG : OPERATIONAL CONTROL OF DOUBLE-LOAD AUTOMATED GUIDED VEHICLES IN A FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM. THESIS

ADVISOR : PARAMES CHUTIMA, Ph.D. 178 pp. ISBN 974-639-321-9

This paper attempts to investigate the performance of a Flexible Manufacturing System that employs automated guided vehicles by computer simulation technique. The experiments are conducted under various factors, i.e., number of AGVs, dispatching rules, pick-up rules, drop-off rules, queue sizes and number of entities in the system against mean flow time, mean lateness, mean tardiness, mean jobs done, mean number of jobs in central buffer and average machine utilization.

The simulation results indicate that all factors affect every performance measure apart from pick-up rules that have no effect on mean number of jobs in central buffer for 95% significance level. In addition, the interaction between the number of AGVs and the number of entities in the system is at a highest level comparing with others for all measures, except average machine utilization of which the interaction between the number of AGVs and the queue size is the most significant. The policy that shows good performance for all measures is FSNS/FCFS/ND.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษารวม.....



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความเมตตา กรุณาของอาจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาตลอดเวลาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อเสนอแนะ รวมทั้งความคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ยิ่ง ตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์จรรยา มหิทธิภาพองกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เจริญ บุญดีสกุลโชค และ อาจารย์จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุเคราะห์ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวก ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ธุรการประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อนๆที่ได้ให้กำลังใจเสมอมา

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นที่เคารพ บูชา ให้ความห่วงใยและกำลังใจตลอดมา รวมทั้งพี่ๆและน้องๆทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญรูป .....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษาและวิจัย .....	3
1.2 ขอบเขตของการศึกษาและวิจัย .....	3
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย .....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	4
1.5 สรุปเนื้อหาในงานวิจัย .....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
2.1 ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น .....	6
2.2 ระบบขนถ่ายวัสดุ .....	7
2.3 ระบบขนถ่ายวัสดุโดยใช้พาหนะแบบอัตโนมัติ .....	8
2.4 สรุป .....	16
บทที่ 3 การสร้างแบบจำลองปัญหา .....	18
3.1 การกำหนดปัญหา .....	18
3.2 การกำหนดระบบงานที่ใช้ในการศึกษา .....	18
3.3 การสร้างแบบจำลอง .....	28
3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง .....	32
3.5 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง .....	37
3.6 การออกแบบการทดลอง .....	38
3.7 การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง .....	38
3.8 การดำเนินการทดลอง .....	39
3.9 การตีความผลการทดลอง .....	39
3.10 การจัดทำเอกสารการใช้งาน .....	39

## สารบัญ (ต่อ)

	3.11 ข้อดีและข้อเสียของการใช้การจำลองปัญหา .....	42
	3.12 สรุป .....	43
บทที่ 4	การออกแบบการทดลอง .....	45
	4.1 ลักษณะของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น .....	45
	4.2 จำนวนขั้นตอนในการผลิต .....	47
	4.3 เวลาที่ใช้ในการผลิต .....	50
	4.4 กำหนดส่งชิ้นงาน .....	51
	4.5 จำนวนชิ้นงานที่อยู่ในระบบ .....	52
	4.6 ปัจจัยการทดลอง .....	54
	4.7 การวัดประสิทธิภาพของระบบ .....	56
	4.8 สรุป .....	56
บทที่ 5	ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	59
	5.1 ผลกระทบของปัจจัยต่างๆที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ .....	59
	5.2 ผลกระทบของการรวมของกฎการรับงาน กฎการจัดลำดับ และกฎการส่งงาน ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ เมื่อกำหนดปัจจัยด้านจำนวน AGV Queue และ Entity .....	71
	5.3 สรุป .....	99
บทที่ 6	สรุป .....	103
	6.1 สรุป .....	103
	6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต .....	106
รายการอ้างอิง	.....	107
ภาคผนวก - ก	ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test ...	111
ภาคผนวก - ข	ผลการจัดลำดับของกฎต่างๆ .....	130
ภาคผนวก - ค	ตัวอย่างไฟล์ตัวหนังสือของแบบจำลองปัญหาที่ทำการศึกษา .....	150
ประวัติผู้เขียน	.....	178



## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบที่ทำการศึกษา..	19
ตารางที่ 4.1	ระยะทางระหว่าง Intersection ต่างๆในแผนผังระบบผลิต .....	48
ตารางที่ 4.2	Intersection ถัดไปของ Intersection ต่างๆในแผนผังระบบผลิต .....	49
ตารางที่ 5.1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) .....	60
ตารางที่ 5.2	สรุปผลการจัดลำดับของกฎต่างๆ .....	91
ตารางที่ 5.3	ค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบในด้าน Flow time สำหรับกฎต่างๆในแต่ละกรณี .....	93
ตารางที่ 5.4	ค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบในด้าน Lateness สำหรับกฎต่างๆในแต่ละกรณี .....	94
ตารางที่ 5.5	ค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบในด้าน Tardiness สำหรับกฎต่างๆในแต่ละกรณี .....	95
ตารางที่ 5.6	ค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบในด้าน Jobs done สำหรับกฎต่างๆในแต่ละกรณี .....	96
ตารางที่ 5.7	ค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบในด้าน Number of jobs in central buffer สำหรับกฎต่างๆในแต่ละกรณี .....	97
ตารางที่ 5.8	ค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบในด้าน Machine utilization สำหรับกฎต่างๆในแต่ละกรณี .....	98
ตารางที่ 5.9	สรุปค่าของปัจจัยที่ส่งผลให้ดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบมีค่าดีที่สุด ..	100
ตารางที่ 5.10	สรุปกฎที่ดีและกฎที่ด้อยที่สุดจากการจัดลำดับกฎต่างๆ .....	102
ตารางที่ n1	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=1 Entity=40 .....	112
ตารางที่ n2	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=1 Entity=60 .....	113
ตารางที่ n3	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=1 Entity=80 .....	114
ตารางที่ n4	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=3 Entity=40 .....	115

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ ก5	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=3 Entity=60 .....	116
ตารางที่ ก6	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=3 Entity=80 .....	117
ตารางที่ ก7	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=5 Entity=40 .....	118
ตารางที่ ก8	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=5 Entity=60 .....	119
ตารางที่ ก9	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=1 Queue=5 Entity=80 .....	120
ตารางที่ ก10	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=1 Entity=40 .....	121
ตารางที่ ก11	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=1 Entity=60 .....	122
ตารางที่ ก12	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=1 Entity=80 .....	123
ตารางที่ ก13	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=3 Entity=40 .....	124
ตารางที่ ก14	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=3 Entity=60 .....	125
ตารางที่ ก15	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=3 Entity=80 .....	126
ตารางที่ ก16	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=5 Entity=40 .....	127
ตารางที่ ก17	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=5 Entity=60 .....	128
ตารางที่ ก18	ผลของ Duncan's multiple range test เมื่อกำหนด AGV=2 Queue=5 Entity=80 .....	129
ตารางที่ ข1	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=1 Entity=40 .....	131

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ ข2	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=1 Entity=60 .....	132
ตารางที่ ข3	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=1 Entity=80 .....	133
ตารางที่ ข4	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=3 Entity=40 .....	134
ตารางที่ ข5	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=3 Entity=60 .....	135
ตารางที่ ข6	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=3 Entity=80 .....	136
ตารางที่ ข7	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=5 Entity=40 .....	137
ตารางที่ ข8	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=5 Entity=60 .....	138
ตารางที่ ข9	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=1 Queue=5 Entity=80 .....	139
ตารางที่ ข10	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=1 Entity=40 .....	140
ตารางที่ ข11	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=1 Entity=60 .....	141
ตารางที่ ข12	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=1 Entity=80 .....	142
ตารางที่ ข13	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=3 Entity=40 .....	143
ตารางที่ ข14	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=3 Entity=60 .....	144
ตารางที่ ข15	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=3 Entity=80 .....	145
ตารางที่ ข16	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=5 Entity=40 .....	146

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ ข17	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=5 Entity=60 .....	147
ตารางที่ ข18	ผลการจัดลำดับกฎต่างๆ เมื่อกำหนดให้ AGV=2 Queue=5 Entity=80 .....	148
ตารางที่ ข19	ค่าเฉลี่ยของการจัดลำดับของกฎต่างๆในแต่ละกรณีและค่าเฉลี่ย เมื่อพิจารณารวมทุกกรณี .....	149



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการทำงานของชิ้นงาน .....	20
รูปที่ 3.2	การแก้ไขเมื่อระบบเกิด Blocking .....	22
รูปที่ 3.3	การทำงานของ AGV .....	25
รูปที่ 3.4	การตัดสินใจเลือกชิ้นงาน .....	26
รูปที่ 3.5	ตัวอย่างของ Block diagram .....	30
รูปที่ 3.6	ตัวอย่างของ Delay block .....	31
รูปที่ 3.7	ตัวอย่างของ Element .....	31
รูปที่ 3.8	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Step และ Go .....	33
รูปที่ 3.9	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set break และ Cancel break .....	34
รูปที่ 3.10	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set watch และ Cancel watch .....	35
รูปที่ 3.11	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set trace .....	36
รูปที่ 3.12	ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Show .....	37
รูปที่ 3.13	กราฟ Moving average ของการทำการทดลองเบื้องต้น (Pilot run) .....	40
รูปที่ 3.14	กราฟ Correlogram ของการทำการทดลองเบื้องต้น (Pilot run) .....	41
รูปที่ 4.1	แผนผังระบบผลิตที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ .....	46
รูปที่ 4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Entity กับ M/C utilization .....	53
รูปที่ 4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Entity กับ Flow time .....	53
รูปที่ 5.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน AGV กับ ดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบด้านต่างๆ .....	63
รูปที่ 5.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Pick-up rules กับ ดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบด้านต่างๆ .....	64
รูปที่ 5.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Dispatching rules กับ ดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบด้านต่างๆ .....	64
รูปที่ 5.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Drop-off rules กับ ดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบด้านต่างๆ .....	65
รูปที่ 5.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Queue กับ ดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบด้านต่างๆ .....	66

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 5.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Entity กับ ดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบด้านต่างๆ .....	67
รูปที่ 5.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน AGV กับ Flow time ที่ระดับของ Entity ต่างๆ .....	68
รูปที่ 5.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน AGV กับ Lateness ที่ระดับของ Entity ต่างๆ .....	68
รูปที่ 5.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน AGV กับ Tardiness ที่ระดับของ Entity ต่างๆ .....	68
รูปที่ 5.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน AGV กับ Jobs done ที่ระดับของ Entity ต่างๆ .....	69
รูปที่ 5.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน AGV กับ จำนวนชิ้นงานที่อยู่ในบัฟเฟอร์ส่วนกลาง ที่ระดับของ Entity ต่างๆ .....	70
รูปที่ 5.12	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน AGV กับ Machine utilization ที่ระดับของ Queue ต่างๆ .....	71