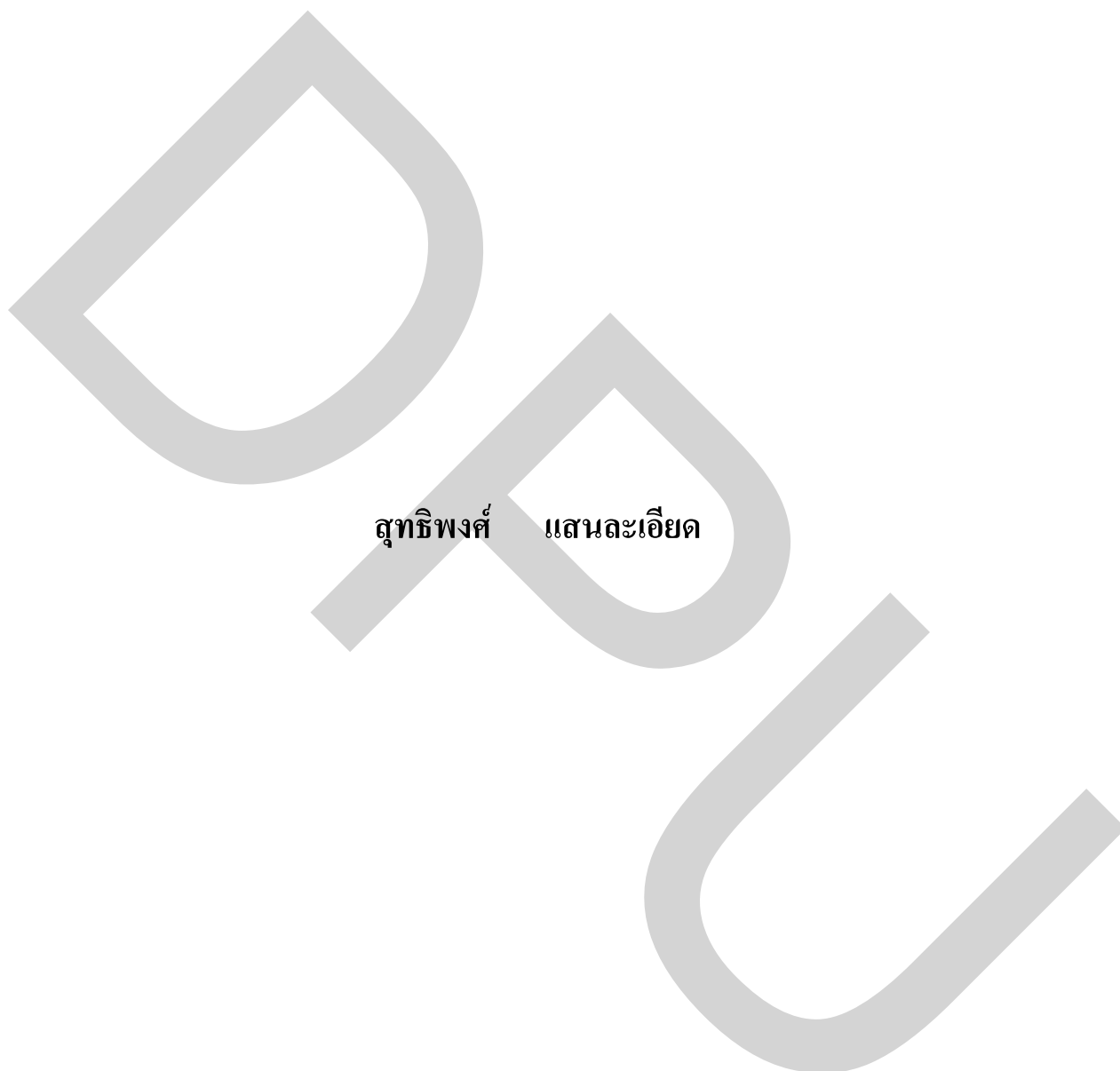


การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในการใช้งาน AGV  
ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิต



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2553

**Effects of Factors in the use of AGV on  
Production System Performance**



**Suthipong Sanla-iad**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**For the Degree of Master of Sciences**

**Department of Engineering Management**

**Graduate School, Dhurakij Pundit University**

**2010**

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรณัน และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ ที่กรุณาสละเวลาให้แนวคิดและคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องในการทำวิจัย อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณจักรพันธ์ สุริยกุล ณ อรุณา ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านการใช้งานโปรแกรม Arena รวมทั้งคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะอาจารย์ภาควิชาการจัดการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้และ เพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโท วิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับแนวคิดและกำลังใจที่ดี รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ทุกท่าน

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนทางการเงินและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนงานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญภาพ.....	๘
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย.....	4
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.6 สมมุติฐานการทดลอง.....	4
1.7 แผนการดำเนินการวิจัย.....	5
1.8 คำศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่	
2 แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 กระบวนการผลิต.....	7
2.2 หลักการใช้งานและการควบคุมความปลอดภัยของรถ AGV.....	13
2.3 ทฤษฎีว่าด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation).....	17
2.4 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองสถานการณ์.....	18
2.5 โปรแกรม Arena.....	20
2.6 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล.....	22
2.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่	
3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	31
3.1 ข้อกำหนดพื้นฐานของแบบจำลองปัญหา.....	31

## สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3.2 หลักการทำงานของระบบ.....	33
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบ และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน.....	42
3.4 ส่วนประกอบของแบบจำลองปัญหา.....	55
3.5 การออกแบบการทดลอง.....	64
4 ผลการศึกษา.....	69
4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง.....	69
4.2 การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง.....	70
บทที่	
5 สรุปผลการศึกษา.....	80
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	80
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	83
บรรณานุกรม.....	84
ภาคผนวก.....	89
ตารางผลการทดลองทั้ง 40 การทดลอง.....	90
การตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลอง.....	91
ประวัติผู้วิจัย.....	102

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	6
2.1	30
3.1	35
3.2	65
3.3	66
4.1	70
4.2	71
4.3	72
4.4	73
4.5	75
4.6	76
4.7	78
5.1	80
6.1	90

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างของรถ AGV.....	2
2.1 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process) ในการผลิตเหล็ก.....	8
2.2 กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent process) หรือการผลิตตามใบสั่งซื้อ.....	9
2.3 กระบวนการผลิตแบบทำซ้ำ (Repetitive process).....	10
2.4 กระบวนการผลิตแบบโครงการ (Project-type process) ในอุตสาหกรรมต่อเรือ.....	10
2.5 รูปแบบแผนผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout).....	11
2.6 รูปแบบแผนผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout).....	12
2.7 รูปแบบแผนผังผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ (Fixed Product Layout).....	13
2.8 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Driver Train.....	14
2.9 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Pallet Truck.....	14
2.10 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Unit Load Carrier.....	15
2.11 วิธีการตรวจจับรถ AGV ที่อยู่ข้างหน้า (On-Board Vehicle Sensing หรือ Forward Sensing).....	16
2.12 วิธีการป้องกันการชนกันของรถ AGV แบบ กันโซน (Zone Blocking).....	17
2.13 หน้าจอการทำงานของ โปรแกรม Arena.....	21
2.14 ผลการทดลองจากการใช้โปรแกรม Arena.....	21
2.15 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย.....	23
2.16 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 ปัจจัย(มีอันตรกิริยา).....	24
2.17 การเปลี่ยนระดับของปัจจัยร่วมที่ละปัจจัยตามลำดับ.....	24
3.1 รูปแบบจำลองแผนผังโรงงาน.....	33
3.2 โฟลว์ชาร์ท(Flow Chart) หลักการทำงานของระบบ.....	34
3.3 โฟลว์ชาร์ท(Flow Chart) การจัดชิ้นงานเข้าสู่ระบบ.....	34

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.4 โพล์วชาร์ท(Flow Chart) กฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV แบบ SD/FCFS.....	36
3.5 โพล์วชาร์ท(Flow Chart) การป้องกัน Deadlock ด้วย กฎเกณฑ์ Next and NextNext.....	36
3.6 โพล์วชาร์ท (Flow Chart) กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน แบบ FCFS.....	38
3.7 โพล์วชาร์ท (Flow Chart) กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน แบบ SPNT.....	39
3.8 โพล์วชาร์ท (Flow Chart) กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน แบบ FCFS.....	40
3.9 โพล์วชาร์ท (Flow Chart) กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน แบบ SPNT.....	41
3.10 โพล์วชาร์ท(Flow Chart) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน แบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS.....	43
3.11 โพล์วชาร์ท(Flow Chart) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน แบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT.....	46
3.12 โพล์วชาร์ท(Flow Chart) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน แบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS.....	49
3.13 โพล์วชาร์ท(Flow Chart) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน แบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT.....	52
3.14 ส่วนควบคุมการทำงานของระบบ.....	55
3.15 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 1 ทั้งหมด.....	56
3.16 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 2 ทั้งหมด.....	56
3.17 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 3 ทั้งหมด.....	57
3.18 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 4 ทั้งหมด.....	57
3.19 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 5 ทั้งหมด.....	58
3.20 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 6 ทั้งหมด.....	58



## สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.21 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 7 ทั้งหมด.....	59
3.22 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 8 ทั้งหมด.....	59
3.23 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 9 ทั้งหมด.....	60
3.24 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 10 ทั้งหมด.....	60
3.25 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 11 ทั้งหมด.....	60
3.26 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 12 ทั้งหมด.....	61
3.27 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 13 ทั้งหมด.....	61
3.28 ส่วนของการแสดงผล.....	63
3.29 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) การทำงานของ AGV.....	67
4.1 กราฟปัจจัยจำนวนรถ AGV ที่ส่งผลต่อ ค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ.....	71
4.2 กราฟปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่ส่งผลต่อ ค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ.....	73
4.3 กราฟปัจจัยกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่ส่งผลต่อ ค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ.....	74
4.4 กราฟปัจจัยร่วมจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน ที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ.....	75
4.5 กราฟปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน ที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ.....	77
4.6 กราฟปัจจัยร่วมระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวาง ชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ.....	77
6.1 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า AGV Utilization.....	92
6.2 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า Flow Time.....	92
6.3 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า WIP.....	93
6.4 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า Earliness.....	93

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.5 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า Tardiness.....	93
6.6 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า Throughput.....	94
6.7 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า AGV Utilization.....	94
6.8 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า Flow Time.....	95
6.9 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า WIP.....	95
6.10 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า Earliness.....	95
6.11 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า Tardiness.....	96
6.12 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า Throughput.....	96
6.13 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า AGV Utilization.....	97
6.14 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า Flow Time.....	97
6.15 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า WIP.....	97
6.16 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า Earliness.....	98
6.17 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า Tardiness.....	98
6.18 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า Throughput.....	98
6.19 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า AGV Utilization.....	99
6.20 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า Flow Time.....	99
6.21 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า WIP.....	100
6.22 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า Earliness.....	100

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
6.23	กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า Tardiness.....	100
6.24	กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า Throughput.....	101

หัวข้อวิทยานิพนธ์	:	การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิต
ชื่อผู้เขียน	:	นายสุทธิพงศ์ แสนละเอียด
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	:	ผศ.ดร. ศุภรัชชัย วรรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	:	ดร. ชีรเดช วุฒิพรพันธ์
สาขาวิชา	:	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	:	2553

### บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาถึงผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมรถขนถ่ายอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle (AGV)) ในระบบการผลิต โดยวิธีการสร้างแบบจำลองปัญหาด้วยโปรแกรม Arena ร่วมกับวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล โดยผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยในการควบคุมรถ AGV ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต 3 ปัจจัย ได้แก่ จำนวนรถ AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำไปทำการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ โดยใช้ค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบจำนวน 6 ค่า ได้แก่ ผลผลิตที่ได้รับ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต เวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น เวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม ประสิทธิภาพการใช้งาน AGV และจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ จากการศึกษาพบว่าทั้ง 3 ปัจจัย ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มจำนวนรถ AGV ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้รับและเวลาดำเนินงานเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวมเพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาล่าช้ารวม เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต จำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ และค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งาน AGV มีค่าลดลง การใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต จำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ และเวลาดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนดลดลง ในขณะที่จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาดำเนินงานเสร็จเร็วกว่ากำหนดและผลผลิตที่ได้รับเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบ FCFS ส่วนค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งาน AGV ที่ได้จากกฎเกณฑ์การหยิบและกฎเกณฑ์การวางไม่มีความแตกต่างกัน โดยในการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Thesis Title : Effects of Factors in the use of AGV on  
Production System Performance  
Author : Mr. Suthipong Sanla-iad  
Thesis Advisor : Asst.Prof.Suparatchai Vorarat, Ph.D  
Thesis Co-Advisor : Dr.Teeradej Wuttiornpun  
Department : Engineering Management  
Academic Year : 2010

### **ABSTRACT**

An objective of this research is to study the effects of controlled factors of Automated Guided Vehicle (AGV) on production system performance. A simulation modeling by Arena and general factorial design are used to construct the model, evaluate, and analyze the effects of each factor on performance measures so that these factors will be selected properly to obtain the desired performance. There are three factors in this research namely, number of AGV, pick-up rules, and drop-off rules. These factors are tested and evaluated using 6 performance measures namely, throughput, mean flow-time, tardiness, earliness, AGV utilization, and number of work-in-process (WIP). The results show that all factors affect on performance measures significantly. Increasing number of AGV results in higher throughput and earliness whereas, the tardiness, mean flow-time, number of WIP, and AGV Utilization are lower. Using the pick-up rule called SPNT results in lower mean flow time, tardiness, number of WIP, earliness, and throughput than using the FCFS rule. When the drop-off rule called SPNT is applied, the mean flow-time, tardiness, and number of WIP are lower whereas, the earliness and throughput are higher comparing to the drop-off rule named FCFS. For the AGV Utilization, both pick-up and drop-off rules are insignificant. This research is estimated at significant 95%.

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการแข่งขันในอุตสาหกรรมการผลิตมีสูง ผู้บริโภคในปัจจุบันก็มีความต้องการสินค้าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้น โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงระบบการผลิตให้สามารถผลิตสินค้าได้มากขึ้นและทันต่อความต้องการ โดยการนำเครื่องจักรอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนแรงงานคนก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ผลิตสามารถผลิตสินค้าได้รวดเร็วและทันต่อความต้องการของตลาด ทั้งนี้เนื่องมาจากเครื่องจักรอัตโนมัติมีความสามารถในการผลิตสูง มีความสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งมีระบบการควบคุมความผิดพลาดในการทำงาน จากที่ได้กล่าวในข้างต้น การนำเครื่องจักรอัตโนมัติมาใช้ในระบบผลิต จะช่วยให้ผู้ผลิตสามารถควบคุมต้นทุนการผลิต ลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในการทำงาน และสามารถผลิตสินค้าได้ทันตามความต้องการของผู้บริโภคได้มากขึ้น

เครื่องจักรอัตโนมัติที่นำมาใช้ในการขนส่งมีหลายประเภท รถขนส่งวัสดุอัตโนมัติ Automated Guided Vehicles (AGV) เป็นเครื่องจักรประเภทรถอัตโนมัติชนิดหนึ่ง ดังที่แสดงตัวอย่างในภาพที่ 1.1 ซึ่งมีลักษณะคล้ายอุปกรณ์ประเภทรถ Fork lift ความแตกต่างอยู่ที่รถ AGV จะถูกควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ และถูกกำหนดเส้นทางในการขนส่งที่ชัดเจน โดยไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการควบคุม การเลือกใช้อุปกรณ์ประเภทรถ AGV จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนมาก ทั้งค่าใช้จ่ายในการติดตั้งคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุม รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเส้นทางวิ่งของรถ AGV ซึ่งอาจมีการฝังสายไฟไว้ใต้พื้นโรงงานตามเส้นทางวิ่งของรถ AGV การควบคุมรถ AGV สามารถควบคุมได้ที่หลายๆ คัน โดยใช้คำสั่งในการควบคุมเพียงชุดเดียวและให้รถ AGV แต่ละคันสามารถสื่อสารถึงกันได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของรถ AGV หรือเพื่อป้องกันการกีดขวางการจราจรหากมีรถ AGV อีกคันจอดขวางอยู่ในจุดรับส่งวัสดุ ข้อดีอีกประการหนึ่งของการใช้งานรถ AGV ได้แก่ การเพิ่มผลผลิต การลดระยะเวลาที่สูญเสียในระบบ และการปรับเปลี่ยนสายการผลิตในโรงงานเมื่อต้องทำการผลิตชิ้นงานที่มีกระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลงไปให้สามารถทำได้ง่ายขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมรถ AGV เท่านั้น ข้อจำกัดของรถ AGV คือเงินลงทุนที่สูงในการติดตั้งรถ AGV และต้องใช้คนที่มีความสามารถในการควบคุมระบบการทำงานของรถ AGV อีกด้วย

การใช้งานรถ AGV เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อระบบ สามารถทำได้ดังต่อไปนี้  
(Nayyar and Khator, 1993)

1. การเพิ่มจำนวนของรถ AGV
2. การเพิ่มความเร็วของรถ AGV
3. การเปลี่ยนแปลงวิธีการวิ่งของรถ AGV จากทิศทางเดียวเป็น 2 ทิศทาง
4. การเพิ่มความจุของรถ AGV

ซึ่งแต่ละวิธีในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของรถ AGV จะมีข้อจำกัดในตัวเอง เช่น การเพิ่มจำนวนรถ AGV จะต้องมีการลงทุนสูง เกิดความแออัดในระบบมากขึ้น การเพิ่มความเร็วของรถก็เป็นเรื่องที่สามารถกระทำได้ แต่อาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงาน การเปลี่ยนแปลงวิธีการวิ่งจากทิศทางเดียวเป็น 2 ทิศทาง ก็เป็นเรื่องยุ่งยากในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุม ส่วนการเพิ่มความจุรถ AGV ถึงแม้จะต้องลงทุนบ้าง แต่ก็อยู่ในวิสัยที่สามารถที่จะทำได้

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นวิธีที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของรถ AGV แต่การเพิ่มประสิทธิภาพของรถ AGV เป็นเพียงส่วนหนึ่งในระบบการผลิต การจะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิตนั้นระบบการขนส่งชิ้นงานก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน การเลือกวิธีการขนส่งของรถ AGV ไม่ว่าจะเป็นวิธีการหีบชิ้นงานหรือการวางชิ้นงานจะทำให้สามารถผลิตสินค้าได้มากขึ้น เนื่องจากการเลือกวิธีการหีบและการวางชิ้นงานที่เหมาะสมจะทำให้เราสามารถลดระยะเวลารอคอยของชิ้นงาน และยังสามารถป้องกันการเกิดคอขวดตามสถานีต่างๆ ได้อีกด้วย ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาในส่วนของการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหีบชิ้นงาน กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานของรถ AGV และการเลือกใช้จำนวนรถ AGV ในระบบการผลิต



ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างของรถ AGV

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ในการควบคุมรถ AGV ที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบการผลิต

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย มีดังนี้

1. กฎเกณฑ์การเลือกใช้งานรถ AGV ได้แก่ Shortest Distance and First Come First Serve (SD/FCFS)
2. กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up Rule) มี 2 กฎเกณฑ์ ได้แก่
  - (1) First Come First Serve (FCFS)
  - (2) Shortest Processing Next Station Time (SPNT)
3. กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rule) มี 2 กฎเกณฑ์ ได้แก่
  - (1) First Come First Serve (FCFS)
  - (2) Shortest Processing Next Station Time (SPNT)
4. กฎเกณฑ์การควบคุมรถ AGV วิ่ง 2 ทิศทาง (Bidirectional) เพียงกฎเกณฑ์เดียว ได้แก่ กฎเกณฑ์ Next and NextNext
5. จำนวนรถ AGV มี 2 ระดับ ได้แก่
  - (1) 3 คัน
  - (2) 5 คัน
6. ความจุของรถ AGV โดยมีความจุของชิ้นงานไม่เกิน 5 ชิ้น
7. พังโรงงาน 1 แบบ โดยภายในผังโรงงานจะประกอบด้วยสถานีการผลิต 4 สถานีและสถานีรับชิ้นงาน (Load Station) 1 สถานี
8. ค่าประสิทธิภาพที่ใช้วัดผลการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่
  - (1) ผลผลิตที่ได้รับ (Throughput)
  - (2) เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time)
  - (3) เวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness)
  - (4) เวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness)
  - (5) ประสิทธิภาพการใช้งาน AGV (AGV Utilization)
  - (6) จำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of Work-In-Process)

ทั้งนี้ในการทดลองจะใช้วิธีจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยใช้โปรแกรม Arena 11.0 และทำการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยจำนวนรถ AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน และ



กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน ในขณะที่ปัจจัยอื่นคงที่ และกำหนดให้ทิศทางการวิ่งของรถ AGV เป็นแบบ 2 ทิศทาง ในการทดลองจะใช้การทดลองแบบแฟลททอเรียล โดยมีรูปแบบการทดลอง  $2 \times 2 \times 2 = 8$  รูปแบบ ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งจะทำการทำซ้ำ (Replication) อย่างน้อย 5 ครั้งขึ้นไป รวมเป็น 40 การทดลอง

#### 1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ จะทำให้ทราบว่าปริมาณรถ AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบใด ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อระบบการผลิต ซึ่งสามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปปรับปรุงใช้ในระบบจริงต่อไป

#### 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาที่มาและปัญหาที่เกิดขึ้น
2. ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาโปรแกรม Arena 11.0
4. เขียนแผนผังขั้นตอนการทำงานของ AGV และเขียน โปรแกรมจำลองสถานการณ์
5. ทำการทดสอบและเก็บข้อมูลผลการทดลอง
6. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab
7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 1.6 สมมุติฐานการทดลอง

1. ปัจจัยแต่ละปัจจัย ได้แก่ กฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน จำนวนของ AGV และกฎเกณฑ์การควบคุม AGV วิ่ง 2 ทิศทางมีผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบหรือไม่
2. ปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน และจำนวนของ AGV กฎเกณฑ์แบบใดส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบมากที่สุด
3. ปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพในระบบดีกว่ากฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS



### 1.8 คำศัพท์เฉพาะ

1. Automated Guided Vehicles (AGV) คือ รถขนส่งวัสดุอัตโนมัติ
2. AGV Utilization ประสิทธิภาพของรถ AGV
3. Work-In-Process งานระหว่างทำหรืองานที่ค้างในกระบวนการผลิต
4. Deadlock สภาพหยุดชะงัก กล่าวคือไม่สามารถเคลื่อนที่หรือกระทำการใดๆ ได้
5. จุด Next ในงานวิจัยเล่มนี้หมายถึง จุดถัดไปในการเดินทางของรถ AGV
6. จุด NextNext ในงานวิจัยเล่มนี้หมายถึง จุดถัดจากจุดถัดไปในการเดินทางของรถ AGV

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหาในส่วนของการใช้งานรถ AGV ภายในระบบการผลิต รวมทั้งวัตถุประสงค์ ขอบเขต ปัจจัยในการทดลอง และค่าวัดประสิทธิภาพที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในบทต่อไป

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาระบบการผลิตที่ใช้รถขนถ่ายอัตโนมัติ (AGV) ในการขนถ่ายวัสดุ ประกอบกับหลักการสร้างแบบจำลองปัญหาในระบบการผลิต โดยจะกล่าวถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.1 กระบวนการผลิต
- 2.2 หลักการใช้งานและการควบคุมความปลอดภัยของรถ AGV
- 2.3 ทฤษฎีว่าด้วยการจำลองสถานการณ์
- 2.4 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองสถานการณ์
- 2.5 โปรแกรม Arena
- 2.6 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

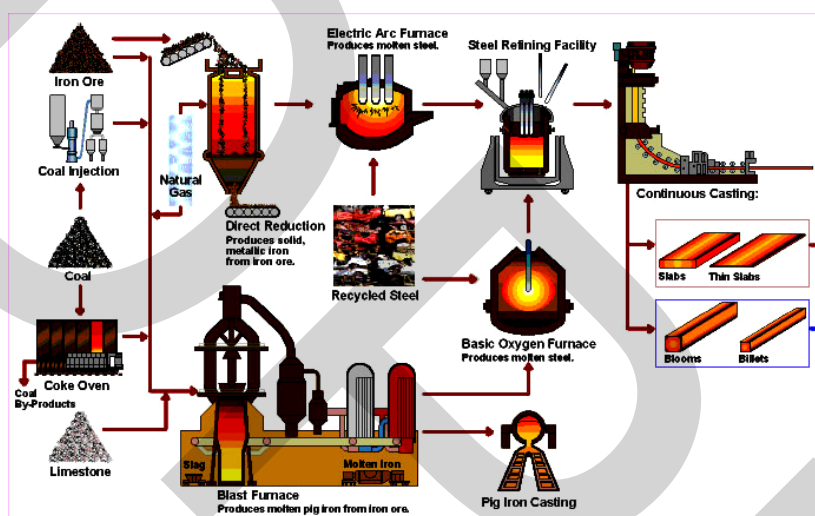
##### 2.1 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต (Process) เป็นการวางแผนการดำเนินงาน การจัดองค์กร การดำเนินงาน การกำหนดทิศทาง และการควบคุมการดำเนินงานให้เกิดผลิตผลที่ได้คุณภาพมาตรฐาน ในส่วนของวางแผนการดำเนินการผลิตเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากเพราะจะต้องจัดการให้แรงงานคนและเครื่องจักรฯ มีการทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์คือ ผลิตผลและผลิตภัณฑ์ หรือสินค้าที่ดีที่สุดนั่นเอง โดยประเภทของกระบวนการผลิตมีทั้งหมด 4 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

2.1.1 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process) เป็นกระบวนการผลิตที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากวัตถุดิบอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เวลายาวนานผ่านขั้นตอน เครื่องจักรต่างๆ ที่มีกระบวนการทำงานแบบต่อเนื่อง จึงเป็นกระบวนการผลิตที่ทำงานตลอดเวลาดังแสดงในภาพที่ 2.1 พนักงานส่วนใหญ่ทำงานเป็นกะ (Shift work) ดังนั้น กระบวนการผลิตแบบนี้จึงมีลักษณะที่สำคัญคือ ต้องมีอุปกรณ์และขั้นตอนการผลิตที่ได้มาตรฐาน มีลำดับขั้นตอนการผลิตที่แน่นอนและมีประเภทของผลิตภัณฑ์ไม่มาก มีกระบวนการไหลของงานอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุด

รอ อัตราการไหลของการผลิตค่อนข้างแน่นอน มีปริมาณผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์จำนวนมากและเป็นการผลิตเพื่อรอการจำหน่าย และมีการลงทุนค่อนข้างสูง ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานปิโตรเคมี โรงงานปูนซีเมนต์ โรงงานถลุงเหล็ก โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานกระจก โรงงานผลิตสารเคมี เป็นต้น

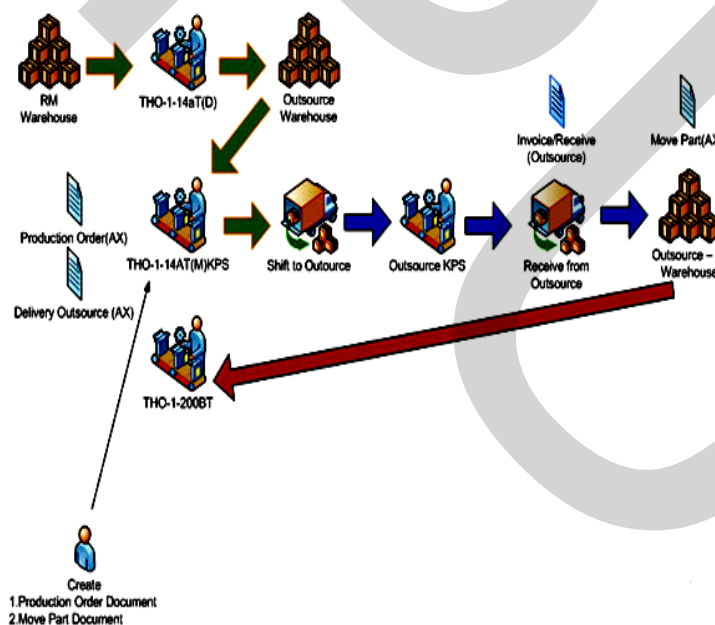
ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process) ในการผลิตเหล็ก



ที่มา: <http://pirun.ku.ac.th>

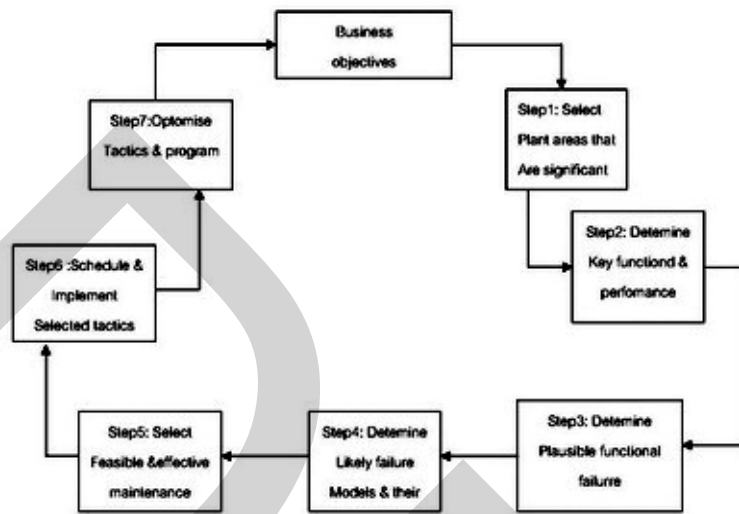
2.1.2 กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent process) เป็นการผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นไปตามใบสั่งซื้อของลูกค้าดังแสดงในภาพที่ 2.2 ดังนั้น กระบวนการผลิตจึงแตกต่างกันตามลักษณะของใบสั่งซื้อสินค้าและลำดับการผลิตที่แตกต่างกันไปบางครั้งจึงเรียกกระบวนการผลิตแบบนี้ว่า กระบวนการผลิตแบบการผลิตตามงาน (job shop production process) ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญดังนี้ คือ มีปริมาณการผลิตต่ำเพราะผลิตสินค้าตามใบสั่งของลูกค้า ลำดับการผลิตจึงเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและกระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นได้สูง อัตราการผลิตสินค้าไม่แน่นอน ผลิตสินค้าได้หลายประเภท กระบวนการไหลของงานไม่ต่อเนื่อง มีโอกาสมากในการหยุดรอการผลิต มีความต้องการใช้พนักงานที่มีทักษะความชำนาญเฉพาะงานนั้นๆ และไม่ต้องลงทุนมากทางด้านเครื่องจักรในการผลิต ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงหุบ โรงกลึง โรงหล่อ โรงงานแปรรูปโลหะ โรงพิมพ์ โรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติก โรงงานทำเบาะรถยนต์ โรงงานประกอบบันไดเลื่อน โรงซ่อมรถยนต์ เป็นต้น

2.1.3 กระบวนการผลิตแบบผลิตซ้ำ (Repetitive process) เป็นกระบวนการผลิตที่มีการผลิตในแต่ละลำดับของการผลิตเป็นการผลิตแบบซ้ำๆ ในหลายๆ หน่วยของผลิตภัณฑ์ บางครั้งอาจเรียกว่า กระบวนการผลิตแบบกึ่งต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะทำการผลิตจากแผนกหนึ่งแล้วส่งไปทำการผลิตอีกแผนกหนึ่งต่อๆ กันไป จนสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการผลิตแบบนี้ คือ กระบวนการผลิตและอุปกรณ์มีความยืดหยุ่นได้ ลำดับการผลิตค่อนข้างแน่นอน แต่สามารถปรับเปลี่ยนได้ อัตราการผลิตของแต่ละลำดับหรือแต่ละแผนกแน่นอน แต่อัตราการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์อาจควบคุมได้ยาก การผลิตเป็นล็อต (Production lot) มีปริมาณการผลิตสูง มีกระบวนการไหลของงานแบบต่อเนื่อง แต่มีโอกาสเกิดการหยุดรอในระหว่างลำดับการผลิตที่ต่อเนื่องกัน สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้ และมีความต้องการใช้พนักงานที่มีทักษะความชำนาญในงาน ตัวอย่างอุตสาหกรรมประเภทนี้ เช่น โรงงานทอกระสอบ โรงงานทอผ้า โรงงานทำรองเท้า โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้า โรงงานเย็บเสื้อผ้า โรงงานประดิษฐ์ดอกไม้ โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โรงงานประกอบของเล่น เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent process) หรือการผลิตตามใบสั่งซื้อ

ที่มา: <http://cid-26f550f84ae6f2bf.spaces.live.com>



ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิตแบบทำซ้ำ (Repetitive process)

ที่มา: <http://www.todayissoftware.com>



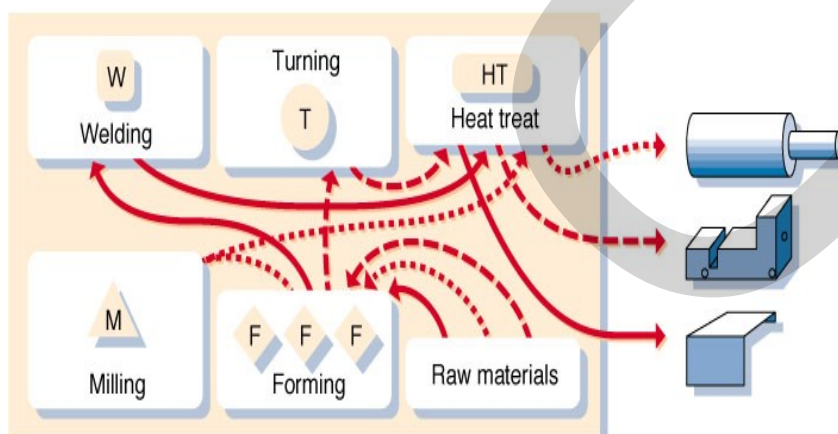
ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิตแบบโครงการ (Project-type process) ในอุตสาหกรรมต่อเรือ

ที่มา: <http://www.bloggang.com>

2.1.4 กระบวนการผลิตแบบโครงการ (Project-type process) เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้เฉพาะกับงานโครงการใหญ่ ดังนั้นจึงเป็นกระบวนการที่ไม่ผลิตซ้ำและไม่ต่อเนื่อง ทำให้ลำดับหรือขั้นตอนการผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ลักษณะที่สำคัญของกระบวนการนี้คือ อุปกรณ์และกระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่นสูง ขั้นตอนการผลิตปรับเปลี่ยนได้ ผลิตงานเป็นโครงการชนิดเดียว กระบวนการไหลของงานเป็นแบบไม่ต่อเนื่องสามารถหยุดรอได้ อัตราการผลิตค่อนข้างต่ำ และต้องมีแผนงานและการควบคุมที่เคร่งครัด มีการสูญเสียทางด้านวัสดุสูง ดังแสดงในภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการใช้กระบวนการผลิตแบบโครงการในอุตสาหกรรมประเภทการต่อเรือ นอกจากนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมอีกหลายประเภทที่ใช้กระบวนการผลิตแบบโครงการ ตัวอย่างเช่น โรงงานต่อประกอบโครงเหล็ก โรงงานผลิตหม้อไอน้ำ โรงงานผลิตเสาคอนกรีต โรงงานผลิตตามสัญญาโครงการต่างๆ เป็นต้น

นอกจากนี้ การวางผังของกระบวนการผลิตก็สำคัญเช่นกัน ซึ่งประเภทของการวางผังกระบวนการผลิตนั้น (ชันยพร, 2551) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.1.5 แผนผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout) คือ การจัดวางเครื่องจักรเป็นหมวดหมู่ตามลักษณะของกระบวนการผลิตดังแสดงในภาพที่ 2.5 ตัวอย่างเช่น เครื่องกลึง เครื่องเจาะ สินค้าที่ทำการผลิตจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังกระบวนการต่างๆ ตามที่ที่จะต้องดำเนินการ ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตสินค้าที่มีขั้นตอนการผลิตที่ไม่เป็นมาตรฐาน ปริมาณการผลิตแต่ละครั้งไม่เท่ากัน รูปแบบของสินค้าไม่มีมาตรฐาน เหมาะกับเป็นแผนผังกระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง หรือด้านงานการให้บริการ

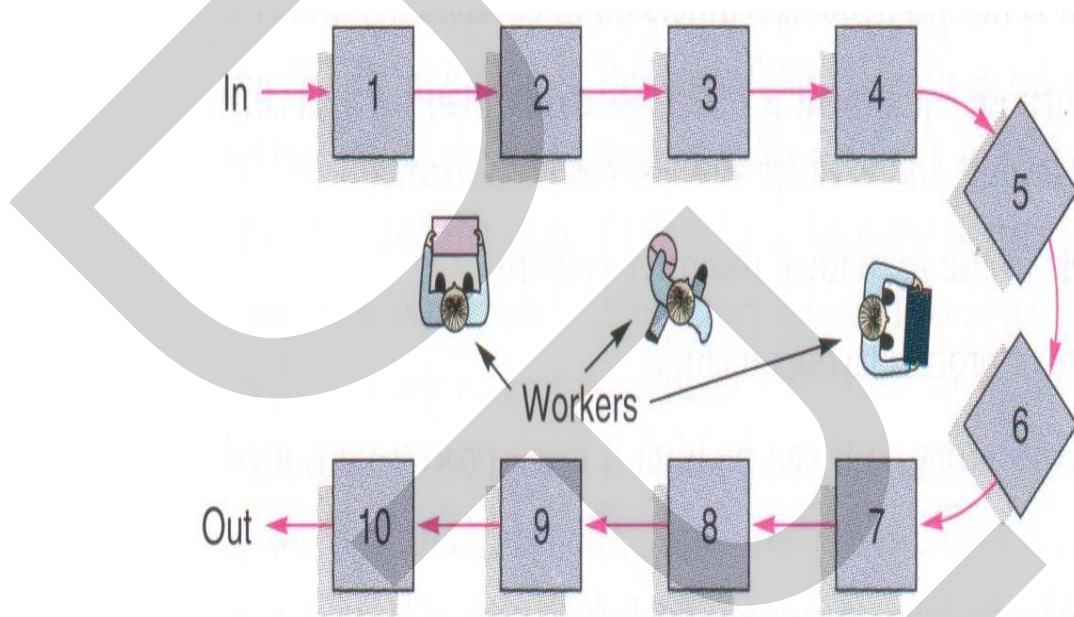


ภาพที่ 2.5 รูปแบบแผนผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout)

ที่มา: <http://www.dollarsrich.com>



2.1.6 แผนผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) คือ การจัดวางเครื่องจักรตามลำดับความต้องการของการใช้เครื่องจักรดังแสดงในภาพที่ 2.6 เพื่อการผลิตสินค้าแต่ละชนิดเท่านั้น จะไม่ใช่เครื่องจักรเครื่องมือร่วมกัน เหมาะสำหรับการผลิตสินค้าที่มีปริมาณการผลิตมากๆ มีรูปแบบของสินค้ามาตรฐาน สินค้ามีขั้นตอนการผลิตที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงและเหมาะกับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง

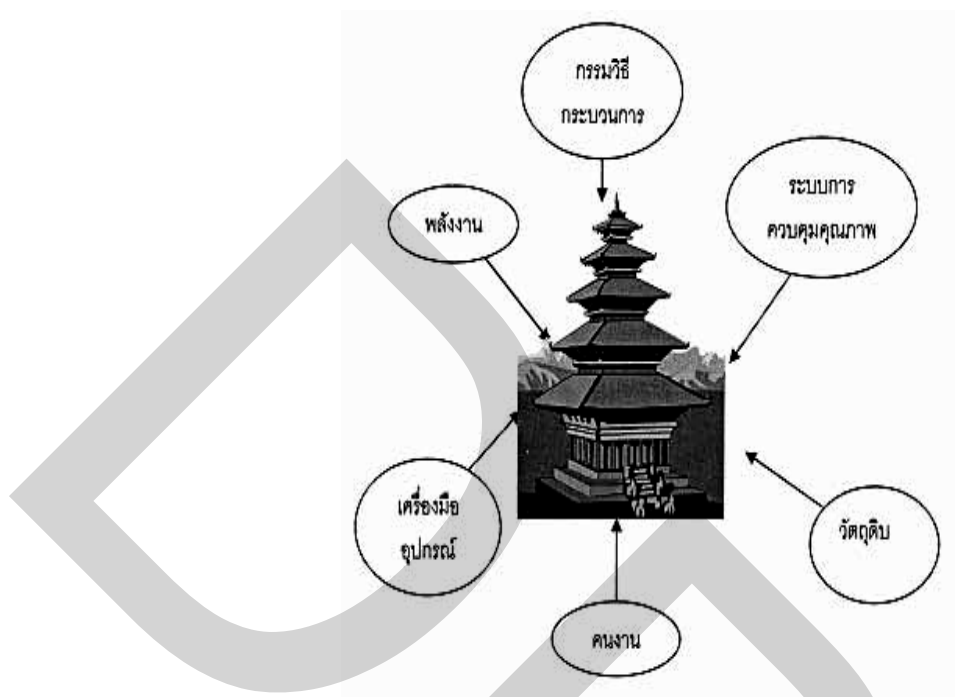


ภาพที่ 2.6 รูปแบบแผนผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout)

ที่มา: <http://www.dollarsrich.com>

2.1.7 แผนผังผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ (Fixed Product Layout) คือ การจัดวางแผนผังการผลิตโดยที่สินค้าจะอยู่กับที่ ซึ่งการผลิตลักษณะนี้ทำได้โดยการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร วัสดุและแรงงานเข้ามาทำการผลิต เนื่องจากสินค้ามีขนาดใหญ่เคลื่อนที่ได้ยากดังแสดงในภาพที่ 2.7 ตัวอย่างเช่น การสร้างเครื่องบิน รถไฟ สร้างบ้านหรืออาคาร

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนผังโรงงานที่ใช้ในการวิจัยแบบแผนผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout) เนื่องจากมีการจัดวางเครื่องจักรเป็นหมวดหมู่ตามลักษณะกระบวนการผลิตโดยมีการผลิตตาม กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous process) เนื่องจากกระบวนการผลิตในผังโรงงานมีลักษณะการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง จึงอาจมีโอกาสดเกิดการหยุดรอรหว่างลำดับการผลิตที่ต่อเนื่องกันได้



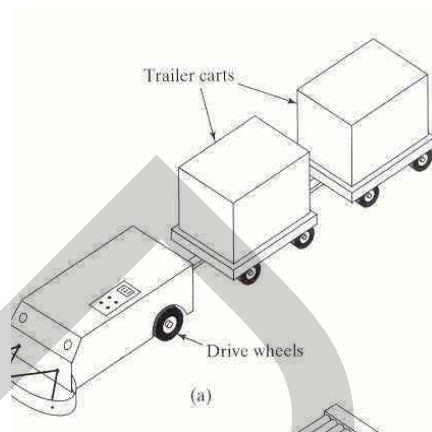
ภาพที่ 2.7 รูปแบบแผนผังผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ (Fixed Product Layout)

ที่มา: <http://www.dollarsrich.com>

## 2.2 หลักการใช้งานและการควบคุมความปลอดภัยของรถ AGV

ระบบ AGV (Automated Guided Vehicle System หรือ AGVS) เป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้รถทำงานได้โดยให้รถแต่ละคันมีอิสระต่อกันสามารถขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง ซึ่งถูกนำทางด้วยเส้นทางขนส่งที่ฝังอยู่บนพื้นของโรงงาน รถจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ติดตั้งอยู่ในตัวรถซึ่งจะทำให้รถวิ่งได้ในระยะหนึ่ง จากนั้นต้องทำการอัดแบตเตอรี่ใหม่ การกำหนดเส้นทางขนส่งของระบบ AGV นี้้อาจทำได้โดยใช้สายไฟฟ้าฝังอยู่กับพื้นโรงงาน หรือใช้สีสะท้อนแสงทาบนพื้นโรงงานก็ได้ รถจะใช้เซนเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ในการนำทาง รถ AGV ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิดด้วยกันคือ (ปราชญ์, 2544)

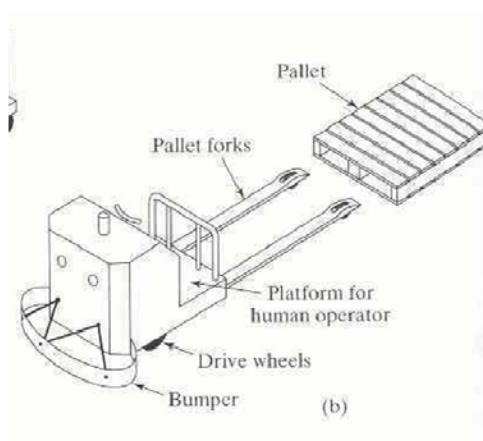
2.2.1 AGV Driver Train: รถ AGV ชนิดนี้จะประกอบด้วยรถลาก (ซึ่งเป็น AGV) ที่ใช้ลากขบวนของรถพ่วงดังแสดงในภาพที่ 2.8 รถ AGV ชนิดนี้เป็นรถ AGV ชนิดแรกที่ผลิตขึ้นมาและปัจจุบันยังคงเป็นที่นิยมอยู่ รถ AGV ประเภทนี้เหมาะสมที่จะใช้กับโหลดที่มีน้ำหนักมากที่ จะต้องขนย้ายเป็นระยะทางไกลๆ ในคลังสินค้าหรือในโรงงาน และในระหว่างเส้นทางขนส่ง อาจจะต้องมีการโหลดชิ้นงานเข้าหรือออกจากรถ AGV ก็ได้



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Driver Train

ที่มา: [www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson\\_000236.ppt](http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson_000236.ppt)

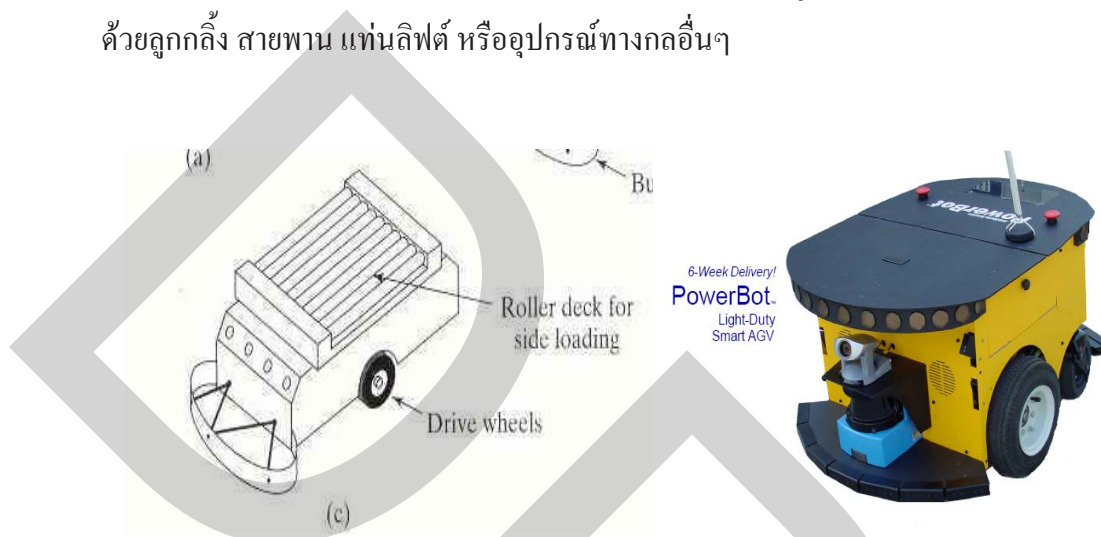
2.2.2 AGV Pallet Truck: รถ AGV ประเภทนี้จะใช้ขนส่งโหลดที่วางอยู่บนพาเลตไปบนเส้นทางการขนส่งที่กำหนดให้ ดังแสดงในภาพที่ 2.9 การทำงานแบบนี้เดิมทีคนงานจะทำหน้าที่โหลดพาเลตขึ้นมาไว้บนรถด้วยช่อม (Fork) แล้วขับรถไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ในการใช้งานรถ AGV ประเภทนี้ ผู้ควบคุมเพียงแค่ขับรถ AGV ไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของเส้นทางเดินรถ จากนั้นทำการโปรแกรมจุดหมาย แล้วปล่อยให้รถ AGV เคลื่อนที่ไปยังจุดหมายเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งรถ AGV ชนิดนี้ปัจจุบันคือ รถ Forklift AGV นั่นเอง



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Pallet Truck

ที่มา: [www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson\\_000236.ppt](http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson_000236.ppt)

2.2.3 AGV Unit Load Carrier: รถ AGV ชนิดนี้จะใช้สำหรับเคลื่อนย้าย Unit Load จากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่งดังแสดงในภาพที่ 2.10 โดยปกติแล้วรถ AGV ประเภทนี้จะมีระบบนำชิ้นงานเข้าออกจากรถ AGV แบบอัตโนมัติติดตั้งอยู่ด้วย ซึ่งระบบนี้อาจมีการขับเคลื่อนด้วยลูกกลิ้ง สายพาน แท่นลิฟต์ หรืออุปกรณ์ทางกลอื่นๆ



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Unit Load Carrier

ที่มา: [www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson\\_000236.ppt](http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson_000236.ppt)

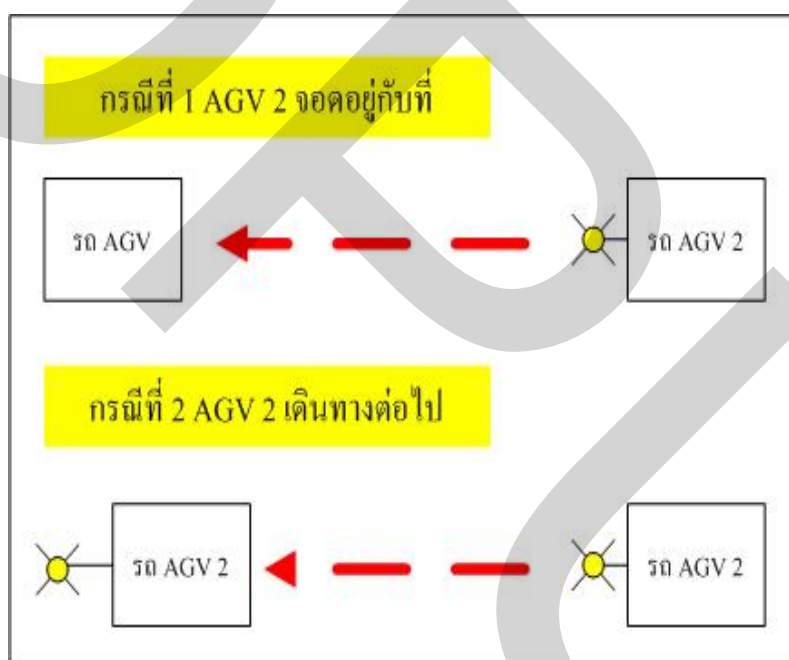
2.2.4 การควบคุมการเดินทางและความปลอดภัยของรถ AGV เพื่อป้องกันการชนกัน ในขณะที่รถ AGV วิ่งอยู่บนเส้นทางนำทางเส้นเดียวกัน วิธีการควบคุมการเดินทางที่ใช้กันในปัจจุบันคือ “Blocking System” โดยได้มีการพัฒนาวิธีการ Blocking จำนวนมาก แต่วิธีการที่น่าสนใจมี 2 วิธี ดังนี้

2.2.4.1 วิธีการตรวจจ็กรถ AGV ที่อยู่ข้างหน้า (On-Board Vehicle Sensing หรือ Forward Sensing) วิธีการนี้จะเกี่ยวข้องกับการใช้ระบบเซนเซอร์บางรูปแบบในการตรวจจ็กรถบนเส้นทางนำทางเส้นเดียวกันนั้นมีรถ AGV วิ่งอยู่ข้างหน้ารถ AGV คันที่กำลังพิจารณาอยู่หรือไม่ ดังแสดงในภาพที่ 2.11 มีรถ AGV อยู่ 2 คันในระบบจะมีลักษณะการทำงานดังนี้

ก. กรณีที่ 1 เมื่อรถ AGV คันที่ 2 ต้องการเดินทางไปข้างหน้า ปรากฏว่าเซนเซอร์ตรวจพบว่ามีรถ AGV คันที่ 1 จอดอยู่ด้านหน้ารถ AGV คันที่ 2 จึงจอดรออยู่กับที่ จนกว่ารถ AGV คันที่ 1 ที่อยู่ด้านหน้าจะเดินทางไป

ข. กรณีที่ 2 เมื่อรถ AGV คันที่ 1 ที่อยู่ด้านหน้าเดินทางไปเรียบร้อยแล้ว รถ AGV คันที่ 2 จึงออกเดินทางต่อไป เนื่องจากเซนเซอร์ไม่ตรวจพบว่ามีรถ AGV กีดขวางการเดินทาง

เซนเซอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ เซนเซอร์ตรวจจับแสง และระบบเซนเซอร์อัลตราโซนิกส์ เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับได้ว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้าก็จะหยุดการเคลื่อนที่ และเมื่อสิ่งกีดขวางได้ถูกเคลื่อนย้ายออกไปหมดแล้ว รถ AGV ก็จะเคลื่อนที่ต่อไป ในกรณีที่เซนเซอร์มีประสิทธิภาพ 100% การชนกันระหว่างรถ AGV ก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ แต่ในความเป็นจริงแล้วประสิทธิภาพของวิธีการนี้จะถูกจำกัดโดยความสามารถของระบบเซนเซอร์ที่ตรวจจับรถ AGV ที่วิ่งอยู่ข้างหน้า แต่เนื่องจากเซนเซอร์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจจับสิ่งกีดขวางที่อยู่ตรงหน้าเท่านั้น ดังนั้นเราจะใช้ระบบนี้ในผังเส้นทางนำทางของรถ AGV แบบที่มีเส้นทางขนส่งเป็นเส้นตรงและยาว วิธีการนี้ไม่เหมาะสมสำหรับเส้นทางขนส่งที่มีทางเลี้ยวเพราะว่ารถ AGV ตัวที่อยู่ข้างหน้าอาจจะไม่ได้อยู่ตรงหน้าเซนเซอร์ก็ได้

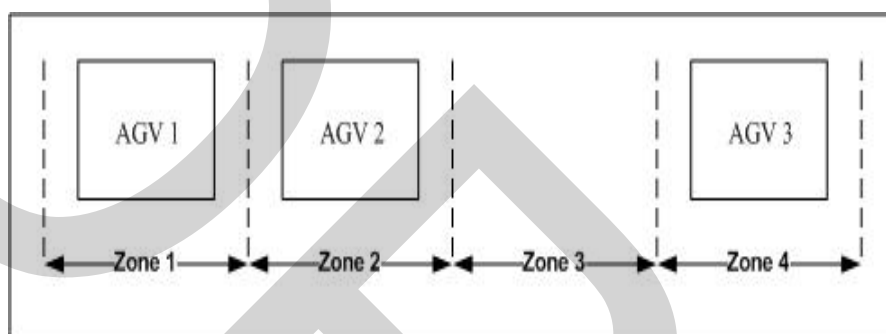


ภาพที่ 2.11 วิธีการตรวจจับรถ AGV ที่อยู่ข้างหน้า (On-Board Vehicle Sensing หรือ Forward Sensing)

2.2.4.2 วิธีกันโซน (Zone Blocking) แนวความคิดเกี่ยวกับวิธีกันโซนเป็นแนวคิดที่ง่าย ๆ โดยที่เราจะแบ่งผังเส้นทางขนส่งของรถ AGV ออกเป็นโซนที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 2.12 โดยจะใช้กฎเกณฑ์ที่ว่าจะไม่ยอมให้มีรถ AGV 2 คันอยู่ในโซนใดๆ ก็ตามในเวลาเดียวกัน ขนาดของโซนจะต้องยาวพอที่จะรองรับความยาวของรถ AGV ได้ นอกจากนั้นเรายังต้องเพื่อความยาวบางส่วนเอาไว้สำหรับในด้านความปลอดภัยอีกด้วย สำหรับด้านอื่นๆ ที่เราควรจะ

พิจารณาประกอบการหาขนาดของโซนคือ จำนวนของรถ AGV ที่วิ่งอยู่ในระบบ ขนาดและความซับซ้อนของผังเส้นทางขนถ่ายของรถ AGV และเราควรจะทำแบบให้มีจำนวนโซนน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

โดยในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองโดยใช้รถ AGV ประเภท AGV Unit Load Carrier และใช้วิธีการป้องกันการชนกันของรถ AGV คล้ายกับวิธีการป้องกันแบบโซน โดยจะใช้วิธีการจองสถานีล่วงหน้า ที่รถ AGV กำลังจะเดินทางไปแทน ซึ่งจะอธิบายอย่างละเอียดในส่วนของบทที่ 3



ภาพที่ 2.12 วิธีการป้องกันการชนกันของรถ AGV แบบกันโซน (Zone Blocking)

### 2.3 ทฤษฎีว่าด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์ คือ การทำการสร้างตัวแบบจำลอง (Model) เพื่อทำการเลียนแบบสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น โดยอาศัยข้อมูลจากการดำเนินงานที่ผ่านมาที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบนั้น ซึ่งข้อมูลอาจจะได้มาจากการสังเกต (Observation) หรือจากการบันทึกข้อมูลในอดีต

คำนิยามของการจำลองสถานการณ์ คือ “กระบวนการออกแบบตัวแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการใช้ตัวแบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบ หรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategy) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่ได้วางไว้”

การจำลองสถานการณ์ตามแนวความคิดของเพ็กเดนและเชนนอน (Pegden and Shannon) ได้จัดแบ่งกระบวนการของการจำลองสถานการณ์ออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ การสร้างแบบจำลอง และการนำเอาแบบจำลองออกไปวิเคราะห์ ซึ่งจะต้องรวมเอา 2 ส่วนนี้เข้าด้วยกัน ดังนั้นกลไกของวิธีการการจำลองสถานการณ์จะขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลองแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์อาจเป็นระบบงานหรือแนวความคิดใดความคิดหนึ่ง ซึ่ง

ไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อปรับปรุงการทำงาน of ระบบจริง ดังนั้น การจำลองแบบปัญหาจะเน้นถึงการสร้างแบบจำลองและการทดลองเพื่อการศึกษาปัญหาต่างๆ ที่ต้องการเรียนรู้และแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าทางสถิติ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานได้ดังนี้

2.3.1 สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบ

2.3.2 สามารถสร้างทฤษฎี หรือสมมุติฐานที่จะอธิบายหรือแสดงถึงสาเหตุสำหรับพฤติกรรมที่กำลังสังเกตอยู่

2.3.3 ใช้ต้นแบบการจำลองขึ้นเพื่อจะพยากรณ์ถึงพฤติกรรมในอนาคต เช่น ผลกระทบที่เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระบบหรือวิธีการในการดำเนินการของระบบ

## 2.4 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสามารถจำแนกประเภทของระบบออกเป็น 2 ชนิดคือ ระบบต่อเนื่อง (Continuous Systems) และระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Systems) ซึ่งรายละเอียดของระบบแต่ละชนิดมีดังนี้

2.4.1 ระบบต่อเนื่อง (Continuous Systems) เป็นระบบซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง มีความสัมพันธ์กับเวลา ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ของเครื่องบินในอากาศ ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทางโดยอยู่ภายในช่วงเวลาต่างๆ กัน

2.4.2 ระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Systems) เป็นระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพที่จุดเวลาต่างๆ เช่น ธนาคาร กล่าวคือ สถานภาพเกิดขึ้นเมื่อมีลูกค้ามารับบริการ และจะสิ้นสุดลงเมื่อลูกค้าใช้บริการจนเสร็จสิ้น

ในทางปฏิบัติแล้วจะมีระบบส่วนน้อยที่เป็นเพียงระบบต่อเนื่องเพียงแบบเดียว หรือเป็นระบบไม่ต่อเนื่องเพียงแบบเดียว แต่เนื่องจากระบบส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงชนิดใดชนิดหนึ่งมากกว่าอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าจะจำแนกระบบออกเป็นแบบต่อเนื่อง หรือไม่ต่อเนื่อง และรายละเอียดต่างๆ ที่เราต้องทำการศึกษาเพื่อความเข้าใจที่ลึกซึ้งและชัดเจนของระบบจริงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ของระบบจนถึงประโยชน์ในการทำนายผลของการกระทำที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขใหม่บางอย่างที่ถูกนำมาพิจารณา (กวินธร, 2546)

2.4.3 ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์ มีทั้งหมด 12 ขั้นตอน ได้แก่

2.4.3.1 การกำหนดปัญหา หมายถึง การศึกษาระบบควรเริ่มที่การกำหนดปัญหา เมื่อทราบถึงปัญหาที่จะสามารถเข้าไปศึกษาในจุดที่ต้องการศึกษาอย่างถูกต้อง รวมทั้งยังสามารถเข้าใจถึงปัญหาและทำการแก้ไขปัญหานั้นได้

2.4.3.2 การกำหนดวัตถุประสงค์และวางแผนการทำงาน หมายถึง คำตอบของปัญหาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ควรจะต้องแน่ใจด้วยว่า ปัญหานั้นสามารถใช่วิธีจำลองสถานการณ์เพื่อทำการแก้ไขปัญหาได้ เมื่อแน่ใจแล้วต้องมีการวางแผนในการจำลองสถานการณ์ให้เหมาะสม สิ่งที่แผนงานควรจะมีคือ แนวความคิดต่างๆ เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจและอื่นๆ

2.4.3.3 การกำหนดแนวความคิดของแบบจำลอง หมายถึง การทำการออกแบบการจำลองสถานการณ์ของระบบที่จะทำการศึกษา ซึ่งควรออกแบบให้แบบจำลองนั้นมีความถูกต้องให้มากที่สุด เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจในผลที่ได้จากการทดลอง

2.4.3.4 การเก็บข้อมูล หมายถึง ในการที่จะสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องมีข้อมูลที่จะใช้สร้างแบบจำลอง โดยข้อมูลนั้นจะทำการเก็บมาจากระบบจริง โดยวิธีการเก็บอาจใช้เก็บจากพื้นที่จริง หรือข้อมูลที่ได้อินพุตไว้ เพื่อนำข้อมูลนั้นมาจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจและความเหมาะสมในการทำงานและปัญหาของระบบ

2.4.3.5 การสร้างแบบจำลอง หมายถึง หลังจากที่ทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ของระบบการทำงานจริงที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองครบถ้วนแล้ว ก็ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยในการสร้างแบบจำลองให้ง่ายขึ้นแล้วทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

2.4.3.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง หมายถึง เมื่อทำการสร้างแบบจำลองแล้วจะต้องทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองมีข้อผิดพลาดในการสร้างที่จุดใดหรือไม่ แบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความพร้อมที่จะทำการทดลองหรือไม่ ถ้ายังไม่พร้อมที่จะทำการทดลองให้รีบตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง จากนั้นทำการแก้ไขจนแบบจำลองพร้อมใช้งานในการจำลองสถานการณ์ได้

2.4.3.7 การตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลอง หมายถึง เมื่อแบบจำลองพร้อมที่จะจำลองสถานการณ์แล้วก็จะทำการทดลองจำลองสถานการณ์จริงของการทำงานและทำการเปรียบเทียบว่าแบบจำลองมีความเหมือนจริงหรือไม่ ถ้าไม่ ให้กลับไปตรวจสอบข้อมูลที่ได้เก็บมา และแนวคิดของแบบจำลอง

2.4.3.8 การออกแบบการจำลอง หมายถึง เมื่อแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาทำงานเหมือนระบบจริงแล้ว การออกแบบการทดลองก็คือ การนำแนวคิดของทางเลือกต่างๆ รวมทั้ง ทฤษฎีและกฎเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ ซึ่งก็คือกระบวนการทำงานใหม่ หรือการปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ตามที่ได้วางแผนไว้ในขั้นต้น เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นและจัดทำเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่อไป



2.4.3.9 การจำลองแบบและวิเคราะห์ผล หมายถึง เมื่อได้แบบการทดลองแล้วก็ดำเนินการจำลองแบบการทดลอง และนำผลการทดลองนั้นมาวิเคราะห์เพื่อทำการแก้ไขปัญหา

2.4.3.10 การดำเนินการจำลองเพิ่มเติม หมายถึง หลังจากที่ได้ผลการทดลองที่จำลองมาแล้ว บางครั้งเรายังไม่สามารถที่จะสรุปได้ ต้องดำเนินการจำลองแบบเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นหรืออาจจะต้องทำการปรับปรุงรูปแบบการทดลองใหม่ให้สามารถวิเคราะห์และทำการแก้ไขปัญหาได้ดีขึ้น

2.4.3.11 การจัดทำเอกสารและรายงานผลการทดลอง หมายถึง เมื่อทำการทดลองจนได้ผลการทดลองที่สามารถวิเคราะห์ได้แล้ว ทำการสรุปผลที่ได้ จากนั้นก็นำผลสรุปที่ได้มาจัดทำเป็นเอกสารและรายงานการนำเสนอ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจริงที่เกิดขึ้น

2.4.3.12 การแก้ปัญหา หมายถึง หลังจากได้ทำการสรุปผลและนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองตามข้อ 2.4.3.11 หากมีปัญหาคิดขึ้นให้รับนำปัญหาที่เกิดขึ้น มาสร้างแบบจำลองแล้วทำการทดลองอีกครั้ง

## 2.5 โปรแกรม ARENA

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือในการทดลอง เนื่องจากโปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งมีลักษณะและความสามารถในการทำงานดังนี้

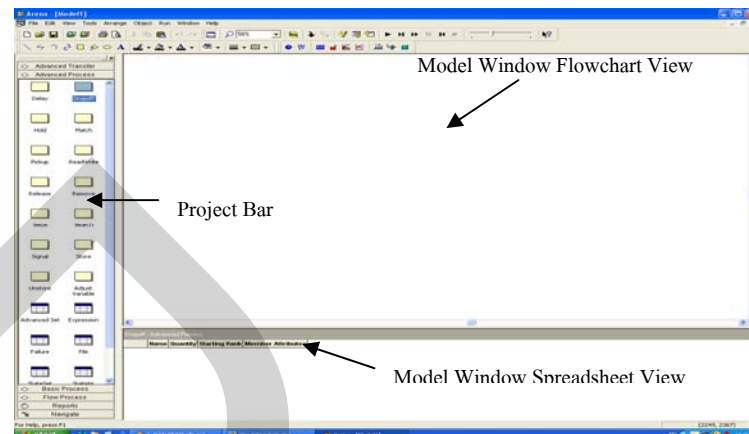
2.5.1 โปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่สามารถอธิบายกระบวนการทำงาน เอกสารหรือการสื่อสารได้

2.5.2 มีการจำลองสถานการณ์ที่สามารถเข้าใจได้ ในระบบที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อน และระบุความเป็นไปได้ในการพัฒนา

2.5.3 การแสดงผลเป็นรูปภาพเคลื่อนไหว (Animation)

2.5.4 ความสามารถในการวิเคราะห์ของโปรแกรม สามารถบอกได้ว่า ปัจจุบันระบบเป็นอย่างไร และสามารถหาแนวทางที่เป็นไปได้ เพื่อหาหนทางที่ดีที่สุด

โครงสร้างโปรแกรม Arena เป็นการรวมเอาความสะดวกในการใช้งานที่จะพบได้ในโปรแกรมระดับสูง ที่ประกอบไปด้วยความยืดหยุ่นที่ต่ำกว่าโปรแกรมอื่นๆ เช่น Visual Basic, FORTRAN หรือ ภาษา C เป็นต้น มีการจัดเตรียมแบบของรูปภาพสำหรับในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ต่างๆ ผู้ใช้โปรแกรม Arena สามารถเลือกใช้โมดูล (Modules) จาก SIMAN มาใช้ได้ รวมทั้งยังแสดงผลออกมาเป็นภาษา SIMAN ได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.13 หน้าจอการทำงานของ โปรแกรม Arena

เมื่อเปิดใช้ โปรแกรม Arena ขึ้นมาจะพบกับหน้าจอดังภาพที่ 2.13 ซึ่งจะแสดงหน้าต่างที่ประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่

2.5.5 Project Bar แสดง โมดูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

2.5.6 Model Window Flowchart View แสดงส่วนประกอบของแต่ละ โมดูลที่ผู้ใช้นำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์

2.5.7 Model Window Spreadsheet View แสดงค่าตัวแปรที่ผู้ใช้สามารถใส่ค่าตัวแปรลงไปได้ในแต่ละ โมดูล

หลังจากทำการทดลองด้วยโปรแกรม Arena จนเสร็จสิ้น ผลการทดลองที่ได้จะแสดงออกมาในรูปของรายงาน (Report) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2.14

 A screenshot of the Arena software interface showing a report titled "Category by Replication". The report is for an "Unnamed Project" and "Replication 1". It displays various time and other statistics for "Entry 1".
 

Category by Replication					
Unnamed Project					
Replication 1		Start Time	Stop Time	Time Used	Hours
<b>Entity</b>					
[State #1] Item (Items)					
<b>Time</b>					
VA Time	Average	StdDev	Minimum	Maximum	
Entry 1	0.3711	(Items/second)	0.1058	0.6708	
<b>WVA Time</b>					
Entry 1	0	(Items/second)	0	0	
<b>Wait Time</b>					
Entry 1	0	(Items/second)	0	0	
<b>Transfer Time</b>					
Entry 1	0	(Items/second)	0	0	
<b>Other Time</b>					
Entry 1	0	(Items/second)	0	0	
<b>Total Time</b>					
Entry 1	0.3711	(Items/second)	0.1058	0.6708	
<b>Other</b>					
Number In	Value				
Entry 1	100				
Number Out	Value				
Entry 1	100				

ภาพที่ 2.14 ผลการทดลองจากการใช้โปรแกรม Arena

## 2.6 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้ การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล หมายถึง การพิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น เช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 เปรดิเคต (Replicate) จะประกอบด้วย การทดลองทั้งหมด  $ab$  การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล เราจะกล่าวว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่เกิดขึ้นจากผลตอบสนอง (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับปัจจัยนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) เนื่องจากว่ามันเกี่ยวข้องกับปัจจัยเบื้องต้นของการทดลอง ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 2.15 และ 2.16 ซึ่งเป็นการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย โดยที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับ “ต่ำ” และ “สูง” ซึ่งจะแทนระดับทั้ง 2 ด้วยเครื่องหมาย “-” และ “+” ผลหลักของปัจจัย A ในการทดลองนี้คือ ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองที่ระดับต่ำและระดับสูงของปัจจัย A ซึ่งเขียนเป็นตัวเลขได้ว่า

$$A = (40+52)/2 - (20+30)/2 = 21$$

หมายความว่า การเพิ่มขึ้นของ ปัจจัย A จากระดับต่ำไปสู่ระดับสูงจะทำให้ผลตอบแทนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 21 หน่วยในทำนองเดียวกัน จะสามารถคำนวณหาค่าผลหลักของปัจจัย B ได้คือ

$$B = (30+52)/2 - (20+40)/2 = 11$$

ในการทดลองบางอย่าง เราอาจพบได้ว่าความแตกต่างของผลตอบแทนที่เกิดขึ้นบนระดับต่างๆ ของปัจจัยหนึ่ง จะมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่นๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น ซึ่งหมายความว่าผลตอบแทนของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่นๆ นั้นเอง และเราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า การมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น พิจารณาการทดลองเชิงแฟกทอเรียลของ 2 ปัจจัย 2 ชนิด ผลของปัจจัย A ที่ปัจจัย B อยู่ที่ระดับต่ำ (B) มีค่าเป็น

$$A = 50 - 20 = 30$$

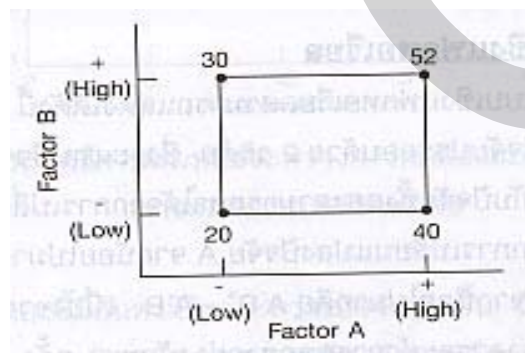
และผลของปัจจัย A ที่ปัจจัย B อยู่ระดับสูง ( $B^+$ ) มีค่าเป็น

$$A = 12 - 40 = -28$$

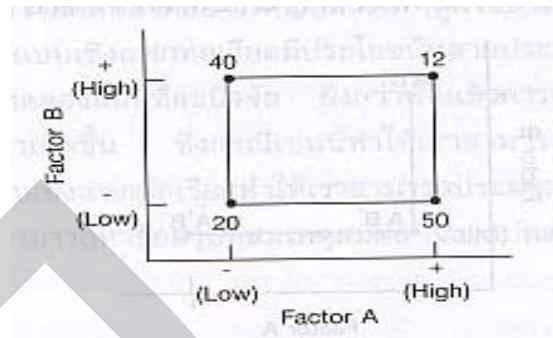
เนื่องจากผลของปัจจัย A ขึ้นกับระดับของปัจจัย B ที่ถูกเลือก ดังนั้นเราจะกล่าวได้ว่า ปัจจัย A และ B มีอันตรกิริยาต่อกัน ขนาดของอันตรกิริยาจะเท่ากับค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลของปัจจัย A ที่ระดับต่างๆ ของปัจจัย B มีค่าเท่ากับ

$$AB = (-28 - 30) / 2 = -29.5$$

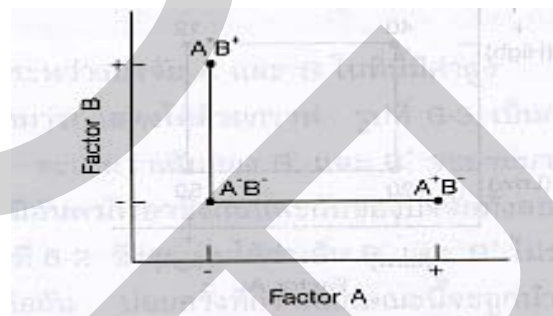
ประโยชน์ของการทดลองเชิงแฟคทอเรียลสามารถแสดงได้ดังนี้ สมมุติว่าเรามี 2 ปัจจัย (A และ B) ที่ต้องการศึกษา แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ซึ่งจะแทนปัจจัยแต่ละระดับด้วย  $A^-$ ,  $A^+$ ,  $B^-$  และ  $B^+$  ตามลำดับ ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยทั้ง 2 สามารถหาได้จากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยร่วมทีละปัจจัย ดังแสดงในภาพที่ 2.17 ผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัย A จากน้อยไปมากมีค่าเป็น  $A^+B^- - A^-B^- - A^+B^+ - A^-B^+$  และผลการเปลี่ยนแปลงปัจจัย B จากน้อยไปมากคือ  $A^-B^- - A^-B^+ - A^+B^- - A^+B^+$  เนื่องจากในการทดลองอาจมีความผิดพลาด (Error) เกิดขึ้น ดังนั้นเราควรจะทำ การทดลองอย่างน้อย 2 ครั้ง สำหรับการทดลองร่วมปัจจัย (Treatment Combination) แต่ละจุด และนำผลลัพธ์ที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อประมาณถึงผลที่เกิดขึ้น ดังนั้น เราจะต้องทดลองทั้งสิ้น 8 ครั้ง (2 ครั้งจาก  $A^+B^-$ , 2 ครั้งจาก  $A^-B^-$ , 2 ครั้งจาก  $A^-B^+$  และ 2 ครั้งจาก  $A^+B^+$ )



ภาพที่ 2.15 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย



ภาพที่ 2.16 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ปัจจัย(มีอันตรกิริยา)



ภาพที่ 2.17 การเปลี่ยนระดับของปัจจัยร่วมที่ละปัจจัยตามลำดับ

สรุป การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลมีประโยชน์หลายประการ และเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการทดลองที่ละปัจจัย ยิ่งกว่านั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลยังเป็นสิ่งที่จำเป็นเมื่อมีอันตรกิริยาเกิดขึ้น ซึ่งกรณีเช่นนี้ทำให้เราหลีกเลี่ยงข้อสรุปที่ผิดพลาดได้ นอกจากนี้แล้วการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลทำให้เราสามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยอื่นได้ ทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผล (Valid) ได้ตลอดเงื่อนไขของการทดลอง

## 2.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานภายในกระบวนการผลิต ที่มีการใช้งาน AGV สำหรับการขนถ่ายวัสดุ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้

ไพศาล กุระมะสุวรรณ (2541) ได้ทำการศึกษาระดับความจุของ AGV จำนวน 2 รูปแบบ คือ 2 ชั้นและ 4 ชั้น โดยทำการกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลองจำนวน 4 ปัจจัย ได้แก่ กฎเกณฑ์การจัดส่ง AGV สามารถแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ การเลือกเส้นทางไปยังสถานีที่มีชิ้นงานมารอมากที่สุด

(Maximum Outgoing Queue Size and High Activity Area (MOQS)) และการเลือกเส้นทางไปยังสถานีที่ใกล้ที่สุด (Shortest Distance and High Activity Area (SD)) ในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pickup Rule) ผู้วิจัยได้เลือกศึกษา 5 วิธี ได้แก่ การเลือกหยิบชิ้นงานที่สถานีที่อยู่ใกล้สถานีปลายทางมากที่สุด (Nearest to the Destination Rule (ND)) เทียบกับวิธีการเลือกหยิบชิ้นงานที่เหลือน้อยที่สุด (Minimum Operations Remaining Rule (Min-OR)) การเลือกหยิบชิ้นงานจากสถานีที่มีชิ้นงานรอมากที่สุด (Maximum Outgoing Queue Size Rule (MOQS)) การเลือกหยิบชิ้นงานที่ออกมารอตามลำดับ (First Out First Serve Rule (FOFS)) และการเลือกหยิบชิ้นงานที่มีขั้นตอนการผลิตมากที่สุด (Maximum Operations Remaining Rule (Max-OR)) ในส่วนของกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rule) ผู้วิจัยได้เลือกศึกษา 3 วิธี ได้แก่ การเลือกวางชิ้นงานที่มีปลายทางใกล้สถานีปัจจุบันมากที่สุด (Nearest to the Station Rule (NS)) อีก 2 กฎเกณฑ์จะคล้ายกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานคือจะเลือกวางชิ้นงานโดยมองระยะเวลาขั้นตอนการผลิตน้อยที่สุด (Minimum Operation Remaining Rule (Min-OR)) และการวางชิ้นงานตามลำดับการหยิบ (First In First Out (FIFO)) โดยมีการใช้นโยบายการจัดการชิ้นงานที่วางไม่ได้ (Unable-to-Drop Part Managing Policy) เพื่อป้องกันชิ้นงานที่ไม่สามารถวางได้ ณ จุด Input Queue โดยจะนำไปวางที่ Central Station 3 กรณีคือ เดินทางไปทันทีที่มีชิ้นงานวางไม่ได้ (Go to Central Station Immediately (GCI)) เดินทางไปเมื่อ AGV เต็มและชิ้นงานไม่สามารถวางที่สถานีได้ (Go To Central Station when AGV Full and Parts can not Drop at the same Station (GCFS)) และ เดินทางไปวางเมื่อรถ AGV เต็ม (Go To Central Station when AGV Full (GCF)) ผลการทดลองสรุปได้ว่า กฎเกณฑ์การจัดส่ง AGV แบบ SD จะให้ ค่าวัดประสิทธิภาพที่สูงกว่าแบบ MOQS ภายใต้นโยบายการจ้ดวางชิ้นงานที่วางไม่ได้ พบว่ากฎเกณฑ์แบบ GCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่นในกรณีความจุแบบ 2 ชั้น แต่กฎเกณฑ์แบบ GCI จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่นในกรณีความจุแบบ 4 ชั้น ในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงานเมื่อนำมาใช้ร่วมกัน จะพบว่าไม่ว่าจะเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบใดร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ NS จะส่งผลให้ประสิทธิภาพระบบสูงสุดทุกแบบ ในงานวิจัยเล่มนี้มีความแตกต่างจากผู้วิจัยท่านอื่นในส่วนของ การเลือกใช้กฎเกณฑ์การจัดวางชิ้นงานที่วางไม่ได้ และการเลือกใช้กฎเกณฑ์ในการหยิบและวางชิ้นงานในการทดลอง

ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ (2541) ได้ทำการศึกษาการใช้งาน AGV โดยการเปลี่ยนแปลงผังโรงงาน 2 รูปแบบและเลือกใช้จำนวนรถ AGV ในระบบ 5 และ 7 คัน โดยมีความจุ 2 และ 4 ชั้นตามลำดับ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบ 4 ระดับ ได้แก่ การเลือกหยิบชิ้นงานสถานีที่ใกล้ที่สุด (S) การเลือกหยิบชิ้นงานจากสถานีใกล้ที่สุด หรือสถานีที่เหมือนกัน หรือเลือกชิ้นงานที่

เข้ามาในระบบก่อน (SAM) การเลือกหยิบชิ้นงานจากสถานีที่ใกล้ที่สุด หรือเลือกชิ้นงานทางด้าน Output ที่มีมากที่สุด หรือเลือกชิ้นงานที่เข้ามาในระบบก่อน (SOM) และเลือกหยิบชิ้นงานจากสถานีที่ใกล้ที่สุด หรือเลือกสถานีจากชิ้นงานที่รอคอยอยู่ด้าน Input น้อยที่สุด หรือเลือกชิ้นงานเข้ามาในระบบก่อน (SIM) เปรียบเทียบกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน 3 ระดับได้แก่ การวางชิ้นงานที่สถานีที่ใกล้ที่สุด (S) การเลือกวางชิ้นงานที่สถานีที่ใกล้ที่สุด หรือการเลือกวางชิ้นงานที่มีเวลาอยู่ในระบบเกินที่ตั้งไว้ หรือการเลือกวางชิ้นงานที่มีเวลามากที่สุดในระบบ (SLM) และการเลือกวางชิ้นงานที่สถานีที่ใกล้ที่สุด หรือการเลือกวางชิ้นงานที่ใช้เวลาอยู่ในระบบนานที่สุด (SM) ในงานวิจัยเล่มนี้แตกต่างจากท่านอื่นในส่วนของการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงาน รวมทั้งวิธีการจัดการชิ้นงานที่วางไม่ได้ โดยจากผลการทดลองสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงผังโรงงานแบบที่ 2 ให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีกว่าแบบที่ 1 และจำนวนของรถ AGV ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ Throughput, Input Queue, Output Queue และ Machine Utilization เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าอื่นๆ ลดลง และการเปลี่ยนแปลงความจุของรถ AGV ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ Throughput และ Machine Utilization สูงขึ้นเท่านั้น ในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงานจะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพแตกต่างกันไปตามกฎเกณฑ์ที่เลือกใช้

กวินธร สัยเจริญ (2546) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบใช้งาน AGV โดยทำการศึกษาประเภทของรถ AGV เพื่อเลือกใช้ในงานวิจัย 5 ประเภทได้แก่ AGVs Towing Vehicle, AGVs Unit Load Transports, AGVs Forklift Truck, AGVs Light Load Transporter และ AGVs Assembly Live Vehicle ผู้วิจัยยังได้ศึกษาในส่วนของการควบคุม AGV และการวิเคราะห์ต้นทุน/ค่าใช้จ่าย ในการสร้างรถ AGV โดยการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena ในงานวิจัยเล่มนี้แตกต่างจากท่านอื่นตรงที่ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ในการใช้งานรถ AGV แต่ศึกษาเกี่ยวกับตัวรถ AGV และปัจจัยที่กระทบต่อการสร้างรถ AGV โดยผลการทดลองสรุปได้ว่า รถ AGV ที่สร้างนั้นสามารถวิ่งได้แต่ไม่ตรงมากนัก เนื่องจากการตอบสนองของมอเตอร์กับวงจรควบคุมยังไม่เร็วเท่าที่ควร ทำให้รถมีอาการส่ายเล็กน้อย

B. Mahadevan and T.T. Narendran (1994) ได้ศึกษาการออกแบบการใช้งานรถ AGV พื้นฐานสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น FMS โดยการเลือกใช้ปัจจัยในการทดลองที่ใช้ในการควบคุมและออกแบบรถ AGV หลายระดับได้แก่ จำนวนความต้องการของรถ AGV, Layout ของรถ AGV ในโรงงาน, เส้นทางวิ่งของรถ AGV ทั้งหมด และการตัดสินใจเกี่ยวกับเงื่อนไขในโซนการควบคุมชนิด จำนวน ความจุของรถ AGV กฎเกณฑ์ในการส่งของรถ AGV และน้ำหนักของงานที่บรรทุก การออกแบบการควบคุมและการเลือกชนิดของ AGV ที่จะนำมาใช้ โดยได้เลือกใช้ค่าวัดประสิทธิภาพในการทดลอง 5 ตัวได้แก่ เวลาผลิตเฉลี่ยในระบบ (Mean throughput

time of the jobs (TPUT)) เวลาเฉลี่ยคิวของชิ้นงาน (Mean queue length (MQL)) ประสิทธิภาพเฉลี่ยการใช้งานรถ AGV (Mean AGV utilization (UTL)) ระยะเวลารอคอยเฉลี่ยในระบบ (Mean waiting time for AGVs (MWT)) และปริมาณผลผลิตเฉลี่ยในระบบ (Mean production volume) ในงานวิจัยเล่มนี้แตกต่างจากท่านอื่นในส่วนของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกศึกษาในส่วนของน้ำหนักรถด้วย ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้ ปัจจัยในการออกแบบรถ AGV พื้นฐาน MHS เป็นสิ่งสำคัญสำหรับ FMS ในการเลือกความต้องการจำนวนรถ AGV ในระบบ ส่วนระยะเวลาความต้องการของรถ AGV นั้นกำหนดได้ยากมาก

C.C. Lee and J.T. Lin (1995) ได้ทำการศึกษาการใช้งานรถ AGV โดยแบ่งเส้นทางการเดินทาง (Guided path) ออกเป็น 3 แบบคือ คอนเวนชันนอล เน็ตเวิร์ค (Conventional network) ออฟดีมอล ซิงเกิลลูป (Optimal Single Loop: OSL) และแทนดั้ม คอนฟิกูเรชัน (Tandem Configuration) โดยคอนเวนชันนอล เน็ตเวิร์ค (Conventional network) ประกอบด้วยรถ AGV หลายๆ คันที่จะไปรับส่งชิ้นส่วนตามสถานีต่างๆ เส้นทางกรังของรถ AGV จะเป็นแบบทิศทางเดียวหรือสองทิศทางก็ได้ ส่วนแบบ OSL จะมีทางเดินของรถ AGV เพียงทิศทางเดียวและแบบเดียวที่จะวิ่งไปรับส่งชิ้นส่วนตามสถานีต่างๆ ซึ่งระบบ OSL นี้จะง่ายต่อการควบคุมและออกแบบ แต่ผลผลิตที่ได้ส่วนมากจะต่ำกว่าแบบคอนเวนชันนอล เน็ตเวิร์ค (Conventional network) ส่วนระบบแทนดั้ม คอนฟิกูเรชัน (Tandem Configuration) จะประกอบไปด้วยเส้นทางกรังของรถ AGV หลายๆ วงซึ่งแต่ละวงจะมีรถ AGV ประจำอยู่ซึ่งจะวิ่งอยู่ภายในเส้นทางของตัวเองเท่านั้น งานวิจัยเล่มนี้แตกต่างจากท่านอื่น โดยผู้วิจัยจะเลือกศึกษาในส่วนของเส้นทางกรังของรถ AGV เพียงปัจจัยเดียวแต่หลายระดับ

Farzad Mahmoodi and Charles T. Mosier (1999) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตแบบวันต่อวัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตารางเวลาเครื่องจักรและรถ AGV รวมถึงวิธีการเดินทางของรถ AGV ภายในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ พื้นที่รับชิ้นงาน (Shop Load) วิธีการควบคุมพื้นที่ภายในโรงงาน (Shop Configuration) และระบบการหยุดชะงักของเครื่องจักรและ AGV (System Break Down) โดยได้นำกฎเกณฑ์ในการจัดตารางเวลาการทำงานนำมาปรับปรุงใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ 4 กฎเกณฑ์ด้วยกันคือ ระยะเวลาการทำงานที่สั้นที่สุดในกระบวนการผลิต (SPT) การเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาทำงานของชิ้นงานกับเวลาในการผลิตทั้งระบบ (SI<sup>x</sup>) การประสานกฎเกณฑ์การเลือกชิ้นงานโดยพิจารณาจากระยะเวลาส่งมอบงานและระยะเวลาการผลิตทั้งกระบวนการ (SPT/TOT) และการให้ความสำคัญกับจุดวิกฤตก่อน (CR-SPT) โดยผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้กฎเกณฑ์ SPT และ SPT/TOT ช่วยลดระยะเวลาเฉลี่ยของงานในระบบ (Mean Flow Time) และลดระยะเวลางานเสร็จ



ล่าช้ากว่ากำหนด (Tardiness) ในกรณีเครื่องจักรสามารถทดแทนกันได้ ในส่วนของกฎเกณฑ์  $S_i^x$  และ CR-SPT ช่วยลดระยะเวลางานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด (Tardiness) กรณีไม่มีการใช้เครื่องจักรทดแทนกันได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ร่วมกับปัญหาการหยุดชะงัก (Breakdown) ของเครื่องจักร และรถ AGV ที่มีระยะเวลาทำงานในระบบ 36 ชั่วโมงจะมีโอกาสเกิดขึ้น 5%

S.C.L. Koh and S.M. Saad (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความไม่แน่นอนของการวางแผนจัดการวัสดุ (MRP) และการควบคุมผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการทำงานและการหยุดชะงักของเครื่องจักร ความผิดพลาดจากใบรับคำสั่งการผลิต (BOM) การจัดการการผลิต (MPS) โดยผู้วิจัยทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ (Arena Simulation Program) โดยเขียนโค้ดเป็นภาษา SIMAN V จากนั้นทำการสรุปผลการทดลองโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธีทางสถิติ ANOVA

F.T.S. Chan (2003) ได้ทำการศึกษาการเลือกวิธีการเดินทางและการเลือกใช้กฎเกณฑ์การจ่ายงานของรถ AGV ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยมีรูปแบบการเดินทาง 3 รูปแบบได้แก่ การเดินทางโดยเลือกสถานีที่มีกระบวนการผลิตน้อยที่สุด (No alternative routings (NAR)) การเดินทางโดยเลือกสถานีที่เครื่องจักรมีปริมาณชิ้นงานเหลือน้อยที่สุด (Alternative routings dynamic (ARD)) และ การเดินทางโดยเลือกสถานีตามแผนการผลิต (Alternative routings planned (ARP)) ในส่วนของกฎเกณฑ์การจ่ายงาน ผู้วิจัยได้เลือกใช้กฎเกณฑ์การจ่ายงาน 4 วิธีได้แก่ การจ่ายงานโดยมองชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานน้อยที่สุดในกระบวนการผลิต (Shortest total processing time (SPT)) เปรียบเทียบกับวิธีการจ่ายงานโดยมองชิ้นงานที่มีระยะเวลาการส่งมอบสั้นที่สุด (Shortest imminent processing time (SIPT)) การจ่ายงานโดยมองชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานมากที่สุดในกระบวนการผลิต (Longest total processing time (LPT)) และการจ่ายงานโดยมองชิ้นงานที่มีระยะเวลาการส่งมอบยาวที่สุด (Longest imminent processing time (LIPT)) ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ว่า กรณีความจุของสถานีรับชิ้นงานมีไม่จำกัด การเลือกใช้การเดินทางแบบ ARP และกฎเกณฑ์การจ่ายงานแบบ SPT ให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีที่สุด ในขณะที่กรณีความจุของสถานีรับชิ้นงานมีจำกัด การเลือกใช้การเดินทางแบบ ARD และกฎเกณฑ์การจ่ายงานแบบ LIPT ให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีที่สุด

Mehmet Savsar (2005) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงเครื่องจักรการหยุดชะงักของเครื่องจักร (Break Down) ในกระบวนการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรจำนวน 6 วิธีด้วยกัน เพื่อนำมาสร้างแบบจำลอง

การทดลอง (Simulation Model) เพื่อให้ได้วิธีที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรและลดระยะเวลาการหยุดชะงักของเครื่องจักรให้เหลือน้อยที่สุด

B.S.P. Reddy and C.S.P. Rao (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางเวลาเครื่องจักรและรถขนถ่ายอัตโนมัติหรือรถ AGV ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยมีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย 3 ประการได้แก่ ระยะเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ลดระยะเวลาเฉลี่ยการทำงานในระบบ (Mean Flowtime) และลดระยะเวลาเฉลี่ยงานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด (Mean Tardiness) โดยการใช้วิธีวิวัฒนาการทางพันธุกรรม (Genetic algorithms (GA)) โดยทำการทดลองในแต่ละรูปแบบผังการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยทำการทดลอง 3 ระดับได้แก่ ชิ้นงานระดับน้อย (Small Size (SS)) ชิ้นงานระดับปานกลาง (Medium Size (MS)) และ ชิ้นงานระดับสูง (Large Size (LS)) ผลการทดลองสรุปได้ว่า ไม่ว่าจะใช้วิธีวิวัฒนาการทางพันธุกรรมแบบใดก็ตาม ไม่ส่งผลให้ระยะเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) เวลาเฉลี่ยการทำงานในระบบ (Mean Flowtime) และระยะเวลาเฉลี่ยงานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด (Mean Tardiness) มีความแตกต่างกัน

Lin Lin Seong, Whan Shinn, Mitsuo Gen and Hark Hwang (2006) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางงาน การเลือกวิธีการเดินทางและการหาปริมาณการใช้งานรถ AGV ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ซึ่งในงานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการบังคับรถ AGV แบบการสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงเส้นทาง (Network link Model) ในแต่ละสถานีการผลิต เพื่อช่วยในการกำหนดจุดรับและส่งชิ้นงาน (Pickup/Delivery (P/D)) และการเดินทางของรถ AGV ร่วมกับผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีวิวัฒนาการทางพันธุกรรม (GA) มาเป็นวิธีวิวัฒนาการพันธุกรรมเชิงโต้ตอบ (Interactive Adaptive-weight GA (i-awGA)) เพื่อใช้ในการทดลอง ผลการทดลองสรุปได้ว่า การใช้งานรถ AGV 4 คันจะช่วยลดระยะเวลาการปิดงาน (Makespan) ในขณะที่เมื่อลดจำนวนรถ AGV เหลือ 3 คันหรือน้อยกว่าจะไม่ส่งผลให้ระยะเวลาปิดงานของระบบลดลงได้อย่างชัดเจน

Xianping Guan and Xianzhong Dai (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการจ่ายงานของรถ AGV อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิต โดยการเลือกวิธีการจ่ายงานเพื่อใช้ในการทดลอง 4 วิธีนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดในการจ่ายงานของรถ AGV โดยใช้วิธีการปรับเปลี่ยนระดับความสำคัญของชิ้นงานตามช่วงเวลา (AWMA) เทียบกับวิธีการจ่ายงานโดยเลือกชิ้นงานที่มีระยะเวลาเดินทางสั้นที่สุด (STTF) การจ่ายงานโดยเลือกสถานีที่มีชิ้นงานมารอรถ AGV มากที่สุดและมีระยะทางสั้นที่สุด (MOQF) และการจ่ายงานโดยให้ความสำคัญของชิ้นงานตามช่วงเวลาแบบคงที่ (FWMA) ผลการทดลองสรุปได้ว่า ในการไหลชิ้นงานที่มีปริมาณปกติ วิธีการจ่ายงานแบบ AWMA จะให้ค่าที่ดีที่สุด แต่ในการไหลชิ้นงานที่มีปริมาณมากการจ่ายงานแบบ FWMA จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีกว่าแบบ AWMA

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างปัจจัยของผู้วิจัยแต่ละท่านที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัย/ปี	ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทดลอง					
	จำนวน AGV	กฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงานบน AGV	เวลาเฉลี่ยในการผลิต	Breakdown เครื่องจักร & AGV	Deadlock การป้องกัน การชน
ปารเมศ (2541)	*	*	*			
ไพศาล (2541)		*	*			
กวินธร (2546)			*			
Chan (2003)		*		*		
Mahmoodi (1999)				*	*	
Reddy (2006)	*			*		
Guan (2009)			*			*
Savsar (2005)					*	
Koh (2003)					*	
Lin (2006)	*	*				
สุทธิพงศ์ (2553)	*	*				

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหา รวมทั้งปัจจัยและวิธีการทดลองที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ และได้ทำการสรุปสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาเปรียบเทียบกับผู้วิจัยท่านอื่น โดยเขียนสรุปเป็นปัจจัยแต่ละประเภทดังตารางที่ 2.1 โดยในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยจะเลือกศึกษาปัจจัยในการทดลองทั้งหมด 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ได้แก่ จำนวนรถ AGV 3 และ 5 คันในระบบ กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน 2 แบบ ได้แก่ FCFS และ SPNT และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน 2 แบบ ได้แก่ FCFS และ SPNT เช่นกัน ในขณะที่กฎเกณฑ์การเลือกใช้งานรถ AGV กฎเกณฑ์การควบคุมรถ AGV วิ่ง 2 ทิศทาง ความจุของรถ AGV ไม่เกิน 5 ชิ้น และใช้รูปแบบแผนผังการผลิตรูปแบบเดียว

ในส่วนของบทที่ 2 นี้ จะแสดงข้อมูลในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งหมด และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเล่มนี้ เพื่อนำไปประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้กฎเกณฑ์ในการทดลอง ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการออกแบบการทดลองในส่วนของข้อกำหนดของระบบ รวมทั้งหลักการทำงานของระบบตั้งแต่ชิ้นงานเข้าสู่ระบบไปจนถึงชิ้นงานออกจากระบบ และ ส่วนประกอบของแบบจำลองปัญหา รวมถึงการออกแบบการทดลองในส่วนของการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ดังนี้

- 3.1 ข้อกำหนดพื้นฐานของแบบจำลองปัญหา
- 3.2 หลักการทำงานของระบบ
- 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน
- 3.4 ส่วนประกอบของแบบจำลองปัญหา
- 3.5 การออกแบบการทดลอง

#### 3.1 ข้อกำหนดพื้นฐานของแบบจำลองปัญหา

##### 3.1.1 รูปแบบของผังโรงงาน

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบผังการผลิตแบบตามกระบวนการผลิต (Process Layout) โดยมีสถานีทั้งหมด 5 สถานี ซึ่งแบ่งเป็นสถานีการผลิต (Work Station) 4 สถานี และสถานีรับชิ้นงาน (Load Station) 1 สถานี โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1.1 สถานีรับชิ้นงาน (Load Station, Load) เป็นสถานีเริ่มต้นของระบบ โดยจะรับชิ้นงานเข้าสู่ระบบได้ไม่เกิน 20 ชิ้น เพื่อรอรถ AGV เดินทางมาหยิบชิ้นงานเข้าสู่สถานีการผลิต (Work Station) ตามลำดับ

3.1.1.2 สถานีรับชิ้นงานสำเร็จรูป (Unload Station, Unload) เป็นสถานีที่จะรับชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการผลิตตามสถานีการผลิต (Work Station) ทั้งหมดตามลำดับจนออกมาเป็นชิ้นงานสำเร็จรูป

3.1.1.3 จุดจอดรถ AGV (Parking Station) เป็นพื้นที่ใช้สำหรับจอดรถ AGV โดยจะสามารถจอดรถ AGV ได้ไม่เกิน 5 คันในระบบ

3.1.1.4 พื้นที่รับชิ้นงาน (Pick-up Station, P2-P5) กำหนดให้เป็นพื้นที่รับชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตในแต่ละสถานี เพื่อรอรถ AGV เดินทางมารับชิ้นงานไปสู่สถานีการผลิตถัดไป โดยกำหนดพื้นที่รับชิ้นงาน (Output Queue) ได้ไม่เกิน 5 ชั้น ในแต่ละสถานี

3.1.1.5 พื้นที่วางชิ้นงาน (Drop-off Station, D2-D5) กำหนดให้เป็นพื้นที่รับชิ้นงานจากรถ AGV เข้าสู่กระบวนการผลิต โดยกำหนดพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ได้ไม่เกิน 5 ชั้น ในแต่ละสถานี

รูปแบบแผนผังโรงงานโดยรวมจะแสดงดังภาพที่ 3.1 ในส่วนของทิศทางการวิ่งของรถ AGV ในแผนผังการผลิตนี้รถ AGV จะมีทิศทางการวิ่งแบบ 2 ทิศทาง และในแผนผังจะประกอบด้วยจุดตรวจสอบระหว่างทางทั้งหมด 17 จุด ซึ่งในแต่ละจุดจะประกอบด้วยจุดตรวจสอบระหว่างทาง ซึ่งมีลักษณะเป็นวงเวียน เพื่อใช้ในการควบคุมรถ AGV ให้วิ่งได้ 2 ทิศทางและยังสามารถป้องกันการชนกันของรถ AGV ได้อีกด้วย

### 3.1.2 รูปแบบของเครื่องจักรในระบบการผลิต

3.1.2.1 กำหนดให้มีเครื่องจักร 1 เครื่องต่อ 1 สถานีการผลิต (Work Station) โดยเครื่องจักรทั้งหมดเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติมีระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรแต่ละชนิดคงที่

3.1.2.2 เครื่องจักรแต่ละสถานีสามารถทำงานได้ต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

3.1.2.3 เครื่องจักรในแต่ละสถานีมีเวลาเสียและซ่อมแซมเป็นแบบ Exponential ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 360 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ

3.1.2.4 เครื่องจักรในแต่ละสถานีจะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ (Blocking) ในกรณีพื้นที่รับชิ้นงาน (Output Queue) มีชิ้นงานออกมารอรถ AGV เกินกว่า 5 ชั้น และเครื่องจักรจะทำงานต่อ เมื่อรถ AGV เดินทางมารับชิ้นงานออกจากสถานีจนเหลือชิ้นงานน้อยกว่า 5 ชั้น

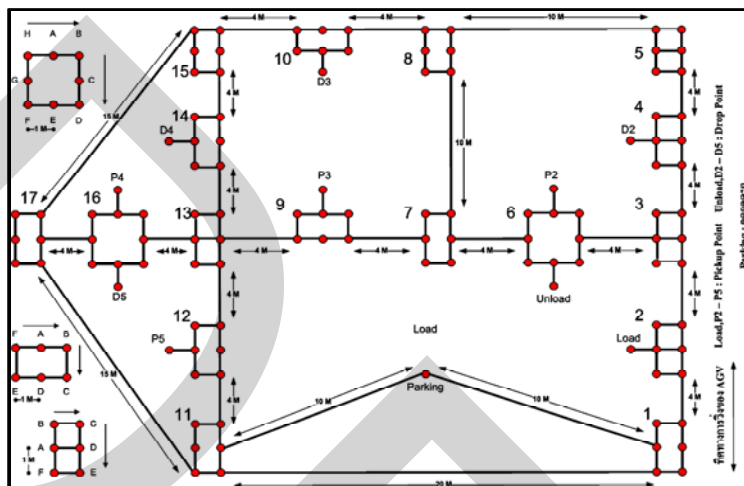
### 3.1.3 รูปแบบของรถ AGV ในระบบ

กำหนดให้รถ AGV มีความยาว 5 ฟุต ความสูงประมาณ 3.5 ฟุต วิ่งด้วยความเร็วคงที่ 10 ฟุต/นาที โดยไม่คำนึงถึงเวลาในช่วงออกวิ่ง (Accel Time) และเวลาก่อนจอด (Decel Time) และกำหนดเส้นทางการวิ่งของรถ AGV เป็นแบบ 2 ทิศทาง โดยมีเวลาที่ใช้ในการหยิบหรือวางชิ้นงานเท่ากับ 0.5 นาที และกำหนดให้มีรถ AGV ในระบบได้ไม่เกิน 5 คัน

### 3.1.4 ความจุของรถ AGV (AGV Capacity)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้พบว่าการทดลองความจุของรถ AGV แบบ 2 ชั้นและ 4 ชั้น ซึ่งผลของการทดลองสรุปได้ว่าการที่เราเพิ่มความจุของรถ AGV ให้สามารถจุชิ้นงานได้มากขึ้นส่งผลให้ Flow time, throughput, Machine Utilization, AGV Utilization, Input Queues, Output

Queues, และ Central Queues เพิ่มขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยเล่มนี้จึงกำหนดความจุของรถ AGV เพิ่มขึ้นเป็น 5 คัน



ภาพที่ 3.1 รูปแบบจำลองแผนผังโรงงาน

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชีรเดช วุฒิพรพันธ์ (2540)

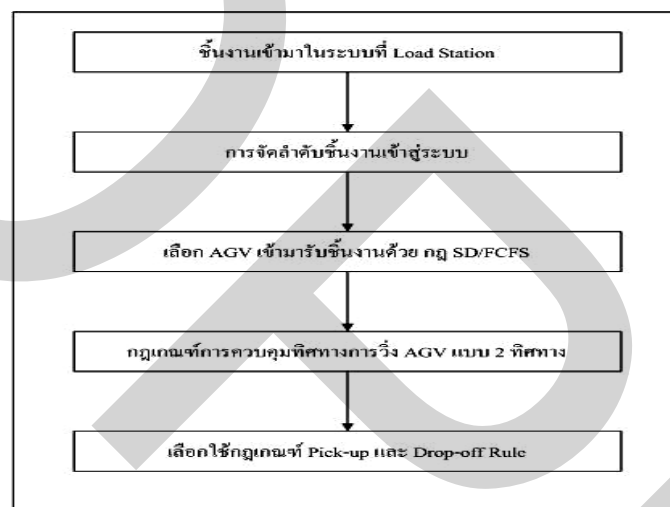
### 3.2 หลักการทำงานของระบบ

หลักการการทำงานของระบบการผลิตจะเริ่มตั้งแต่ที่ชิ้นงานทั้งหมดจะถูกส่งเข้ามาที่สถานีรับชิ้นงาน (Load Station) ตามลำดับ จากนั้นสถานีรับชิ้นงานจะทำการเรียกรถ AGV เพื่อเดินทางเข้ามารับชิ้นงาน โดยรถ AGV จะเดินทางมาที่สถานีรับชิ้นงานด้วยกฎเกณฑ์ Shortest Distance/First Come First Serve (SD/FCFS) เพื่อขนส่งชิ้นงานไปยังสถานีการผลิต โดยในระหว่างการเดินทางไปยังสถานีการผลิตจะใช้กฎเกณฑ์การควบคุมทิศทางกรวิ่งของรถ AGV เข้ามาควบคุมการเดินทาง

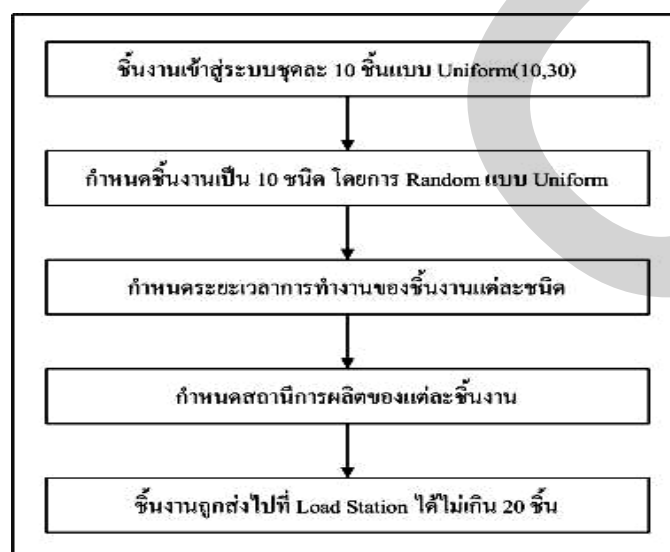
เนื่องจากภายในระบบการผลิตมีการใช้งานรถ AGV หลายคัน กฎเกณฑ์การควบคุมทิศทางกรวิ่งของ AGV จะช่วยป้องกันการชนกันของรถ AGV ภายในระบบ เมื่อรถ AGV เดินทางมาถึงสถานีเป้าหมายไม่ว่าจะเป็นสถานีรับชิ้นงานหรือสถานีการผลิต รถ AGV จะใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up Rules) เพื่อหยิบชิ้นงานขึ้นบนรถ จากนั้นจะเดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) ในกรณีที่รถ AGV เกิดการว่างงานก็จะเดินทางไปจอดรอที่จุดจอดรถ (Parking Area) โดยสามารถจอดรถ AGV ได้ไม่เกิน 5 คัน จากนั้นชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตจะถูกส่งไปยังพื้นที่รับชิ้นงาน (Output Queue) เพื่อรอการขนส่งไปสู่ขั้นต่อไป ดังภาพที่ 3.2

### 3.2.1 การจัดลำดับชิ้นงานเข้าสู่ระบบที่ Load Station

ชิ้นงานจะถูกส่งเข้าสู่ระบบเป็นชุด ชุดละ 10 ชิ้นแบบ Uniform ที่มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่เข้ามาอยู่ที่ 10 – 30 นาที โดยชิ้นงานจะถูกกำหนดเป็น 10 ชนิดโดยการ Random ของระบบ เพื่อกำหนดชิ้นงานแต่ละชนิดอย่างชัดเจน โดยชิ้นงานแต่ละชนิดจะมีสถานที่ที่ต้องผลิตและมีระยะเวลาในการทำงานแตกต่างกันในแต่ละสถานีดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งชิ้นงานจะถูกส่งไปที่สถานีรับชิ้นงาน (Load Station) ได้ไม่เกิน 20 ชิ้น จากนั้นจะทำการเรียกรถ AGV เดินทางมารับชิ้นงานจากสถานีเพื่อเดินทางไปยังสถานีต่อไปดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.2 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) หลักการทำงานของระบบ



ภาพที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) การจัดชิ้นงานเข้าสู่ระบบ

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตของชิ้นงานแต่ละชนิด และเวลาที่ต้องใช้ในแต่ละสถานี

ชนิดของชิ้นงาน	สถานีที่ต้องผลิต	เวลาที่ใช้ในแต่ละสถานี(นาที)
1	1=>2=>3=>1	0,10,12,0
2	1=>3=>4=>1	0,12,15,0
3	1=>2=>3=>4=>1	0,10,12,15,0
4	1=>2=>5=>1	0,10,17,0
5	1=>3=>4=>5=>1	0,12,15,17,0
6	1=>4=>2=>1	0,15,10,0
7	1=>5=>3=>4=>1	0,17,12,15,0
8	1=>2=>5=>1	0,10,17,0
9	1=>3=>4=>1	0,12,15,0
10	1=>4=>5=>1	0,15,17,0

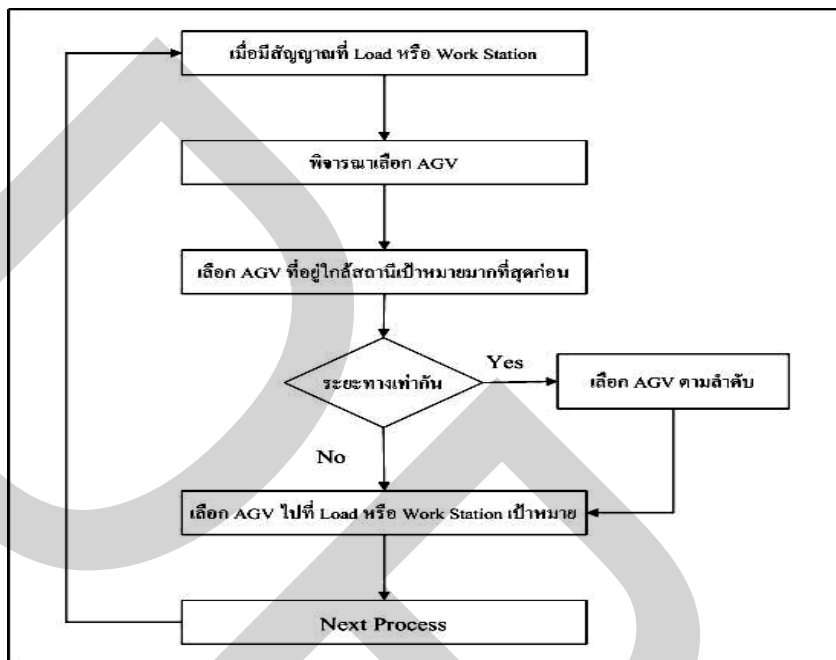
ในการออกแบบการควบคุมรถ AGV ที่ว่าง (Idle Vehicle) จะต้องใช้กฎเกณฑ์ในการเลือกใช้งาน AGV เพื่อกำหนดสถานีเป้าหมายที่จะให้รถ AGV เดินทางไปและจะใช้กฎเกณฑ์การควบคุมทิศทางการวิ่งของ AGV แบบ 2 ทิศทาง เพื่อควบคุมการเดินทางของรถ AGV ในกรณีที่มีรถ AGV ในระบบมากกว่า 1 คัน กรณีที่รถ AGV สามารถบรรทุกชิ้นงานได้มากกว่า 1 ชิ้น การควบคุมรถ AGV จะต้องมีกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานเข้ามาควบคุมรถ AGV ที่ยังมีพื้นที่ว่าง (Idle Capacity) และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานเข้ามาควบคุมการวางชิ้นงานของรถ AGV เพื่อให้ชิ้นงานสามารถผ่านกระบวนการผลิตได้อย่างครบถ้วน และใช้เวลาได้อย่างเหมาะสม

### 3.2.2 กฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV (AGV Selection Rules)

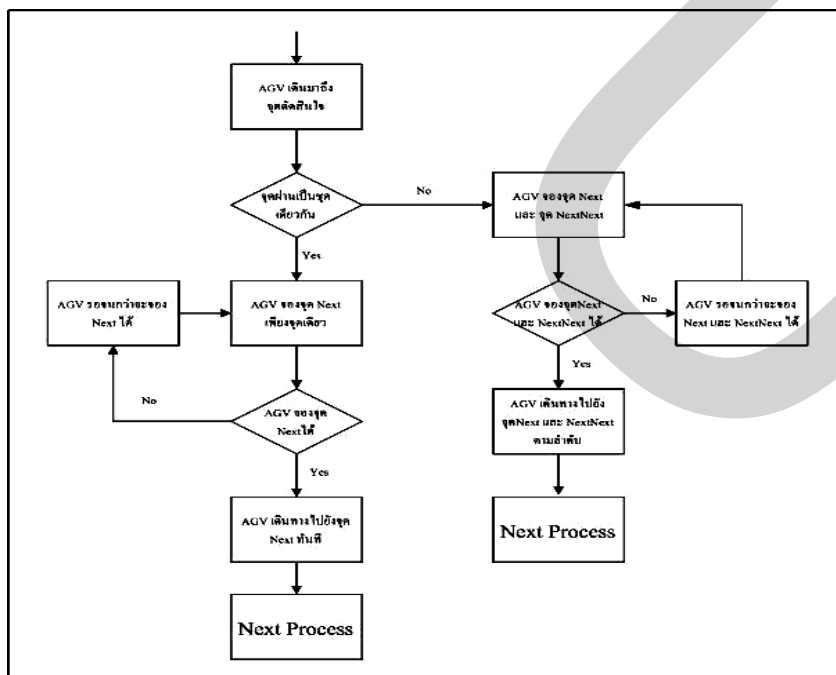
ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้กฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV (AGV Selection Rules) ได้แก่ Shortest Distance/First Come First Serve (SD/FCFS) ภายใต้กฎเกณฑ์นี้ เมื่อมีชิ้นงานมารอที่ Load หรือ Work Station ระบบจะทำการเรียกรถ AGV เพื่อเดินทางมาหยิบหรือวางชิ้นงานในการพิจารณาเลือกรถ AGV ให้เดินทางมายังสถานีเป้าหมายนั้นจะทำการพิจารณาจากระยะทางระหว่างรถ AGV และสถานีเป้าหมายด้วยกฎเกณฑ์ Shortest Distance (SD) คือจะพิจารณารถ AGV ที่อยู่ใกล้สถานีเป้าหมายมากที่สุดให้เดินทางมาที่สถานีเป้าหมายก่อน ในกรณีที่พบว่ามียังมีรถ AGV ที่มีระยะทางใกล้สถานีเป้าหมายมากกว่า 1 คัน ระบบจะทำการเลือกรถ AGV ตามลำดับ ด้วยกฎเกณฑ์ First Come First Serve (FCFS) เมื่อรถ AGV เดินทางมาถึงสถานีเป้าหมายแล้วก็จะดำเนินการ



ตามลำดับต่อไปคือ AGV จะเลือกหยิบหรือวางชิ้นงานที่สถานีเป้าหมายด้วย กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up Rules) หรือกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) กฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV แบบ SD/FCFS



ภาพที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) การป้องกัน Deadlock ด้วยกฎเกณฑ์ Next and NextNext

### 3.2.3 กฎเกณฑ์ในการควบคุมทิศทางการวิ่งของ AGV แบบ 2 ทิศทาง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้กฎเกณฑ์ในการควบคุมทิศทางการวิ่งของ AGV แบบ 2 ทิศทาง ได้แก่ กฎเกณฑ์ Next and NextNext ซึ่งเป็นกฎเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นมาเพื่อควบคุมทิศทางการวิ่งของ AGV แบบ 2 ทิศทาง เพื่อป้องกันการชนกันของรถ AGV ในระบบ โดยจะมีหลักการทำงาน 2 กรณี ดังภาพที่ 3.5 ดังนี้

3.2.3.1 กรณีที่ 1 จุด Next เป็นจุดถัดไปที่อยู่ในจุดตรวจสอบชุดเดียวกัน AGV จะทำการจอง Next หรือจุดถัดไปเพียงจุดเดียว โดยจะจองจุดที่รถ AGV กำลังจะเดินทางไปเท่านั้น หากไม่สามารถจองจุด Next หรือจุดถัดไปได้รถ AGV จะจอดรอนกว่าจะจองได้จึงจะเดินทางต่อไป

3.2.3.2 กรณีที่ 2 จุด Next เป็นจุดถัดไปที่เชื่อมระหว่างจุดผ่าน (Node) AGV จะเกิดได้ 2 กรณีดังนี้

(1) กรณีที่ 1 มีรถ AGV เพียงคันเดียวในระบบ AGV จะทำการจอง Next หรือจุดถัดไปที่กำลังจะเดินทางไปและจองจุด NextNext ที่จุดถัดจากจุดถัดไป หากไม่สามารถจองจุด Next และ NextNext ได้ รถ AGV จะจอดรอนกว่าจะสามารถจองจุด Next และ NextNext ได้จึงจะเดินทางต่อไป

(2) กรณีที่ 2 มีรถ AGV ในระบบ 2 คันขึ้นไป AGV จะทำการจอง Next หรือจุดถัดไปที่กำลังจะเดินทางไปและจองจุด NextNext ที่จุดถัดจากจุดถัดไปเช่นกัน แต่ในกรณีที่ มีรถ AGV เดินทางมา 2 คันพร้อมกัน AGV จะทำการจองตามลำดับของรถ หากไม่สามารถจองจุด Next และ NextNext ได้ รถ AGV จะจอดรอนกว่าจะสามารถจองจุด Next และ NextNext ได้จึงจะเดินทางต่อไป

### 3.2.4 กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up Rules)

กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานใช้สำหรับ AGV เพื่อกำหนดสถานี (Station) ที่จะเดินทางไปหยิบชิ้นงานและกำหนดลำดับในการหยิบของชิ้นงาน ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน 2 กฎเกณฑ์ ได้แก่

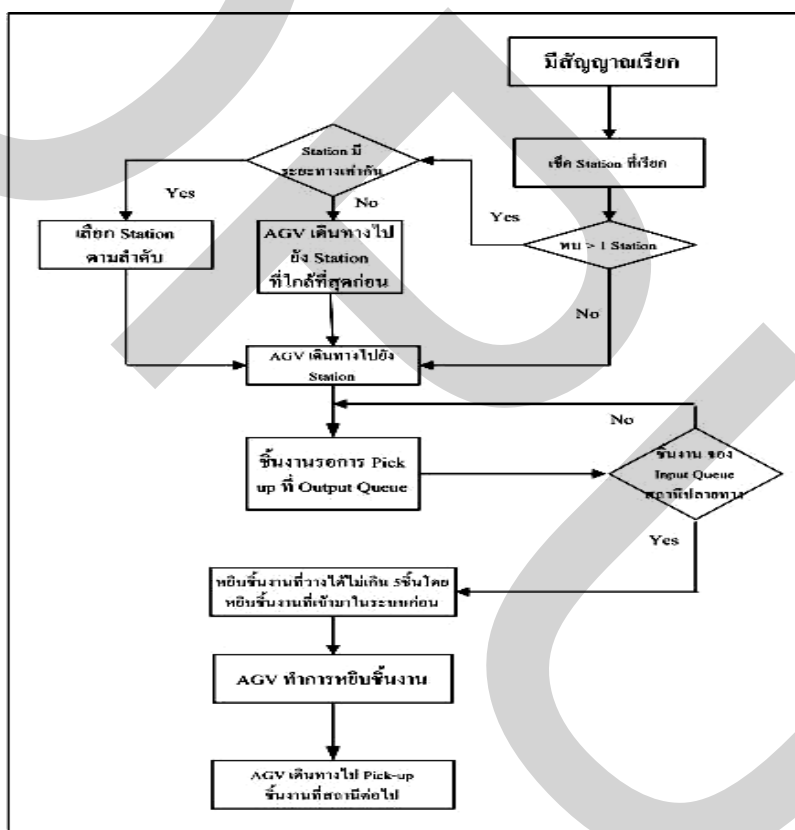
3.2.4.1 กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ First Come First Serve (FCFS) จะแสดงขั้นตอนการทำงานดังในภาพที่ 3.6 ภายใต้กฎเกณฑ์นี้ เมื่อมีสัญญาณเรียกไม่ว่าจะเป็นสถานี Load หรือ Work Station AGV จะทำการตรวจสอบสถานีที่เรียก ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

(1) กรณีที่ 1 พบสัญญาณเรียกมากกว่า 1 สถานี AGV จะทำการตรวจสอบระยะทางของสถานีที่เรียก หากพบว่า มีระยะทางเท่ากัน AGV จะเลือกเดินทางไปยัง

สถานีที่เรียกตามลำดับ แต่ถ้าระยะทางไม่เท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่มีระยะทางใกล้ที่สุดก่อน

(2) กรณีที่ 2 พบสัญญาณเรียกเพียงสถานีเดียว AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียกทันที

เมื่อเดินทางไปถึงสถานี AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้แล้วเท่านั้น (เพื่อป้องกันชิ้นงานไปค้างอยู่บน AGV) โดย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่วางได้ไม่เกิน 5 ชิ้น โดยจะหยิบชิ้นงานที่เข้ามาในระบบก่อนตามลำดับ จากนั้น AGV จึงจะเดินทางไปยังสถานีถัดไป



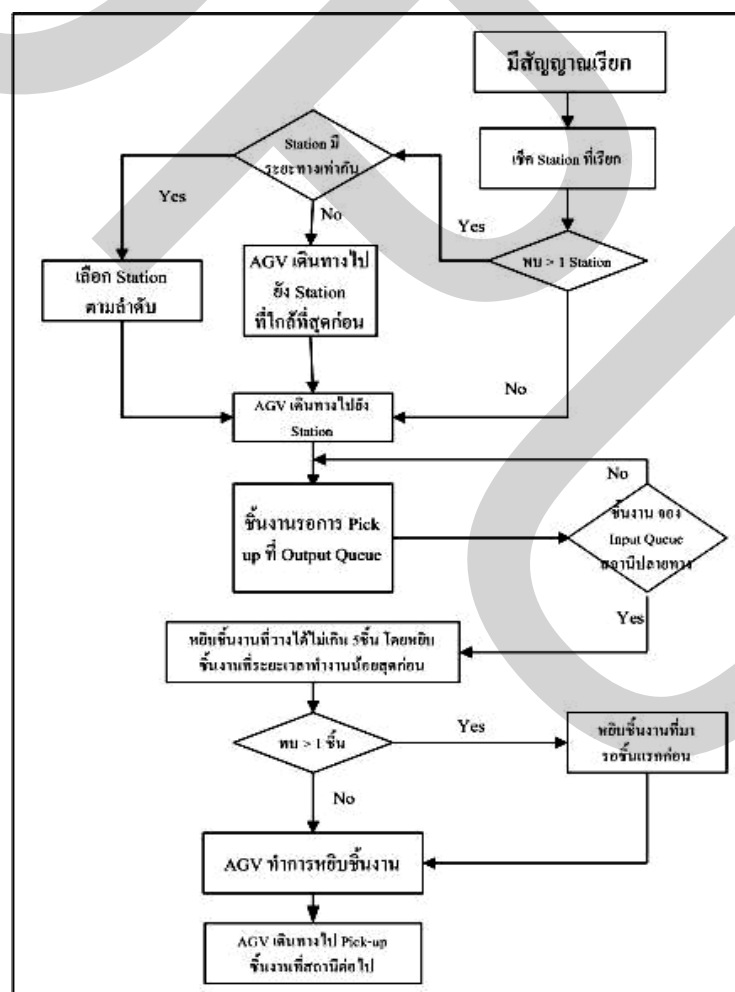
ภาพที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS

3.2.4.2 กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ Shortest Processing Next Station Time (SPNT) จะแสดงขั้นตอนการทำงานดังในภาพที่ 3.7 ภายได้กฎเกณฑ์นี้ เมื่อมีสัญญาณเรียกไม่ว่าจะเป็นสถานี Load หรือ Work Station AGV จะทำการตรวจสอบสถานีที่เรียกซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

(1) กรณีที่ 1 พบสัญญาณเรียกมากกว่า 1 สถานี AGV จะทำการเช็คระยะทางของสถานีที่เรียก หากพบว่ามิระยะทางเท่ากัน AGV จะเลือกเดินทางไปยังสถานีที่เรียกตามลำดับ แต่ถ้าระยะทางไม่เท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่มีระยะทางใกล้ที่สุดก่อน

(2) กรณีที่ 2 พบสัญญาณเรียกเพียงสถานีเดียว AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียกทันที

เมื่อเดินทางไปถึงสถานี AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้แล้วเท่านั้น (เพื่อป้องกันชิ้นงานไปค้างอยู่บน AGV) โดย AGV จะหยิบชิ้นงานที่วางได้ไม่เกิน 5 ชิ้น โดยจะหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการหยิบชิ้นงานชิ้นแรกที่มารออยู่ก่อน จากนั้น AGV จะเดินทางไปยังสถานีถัดไป

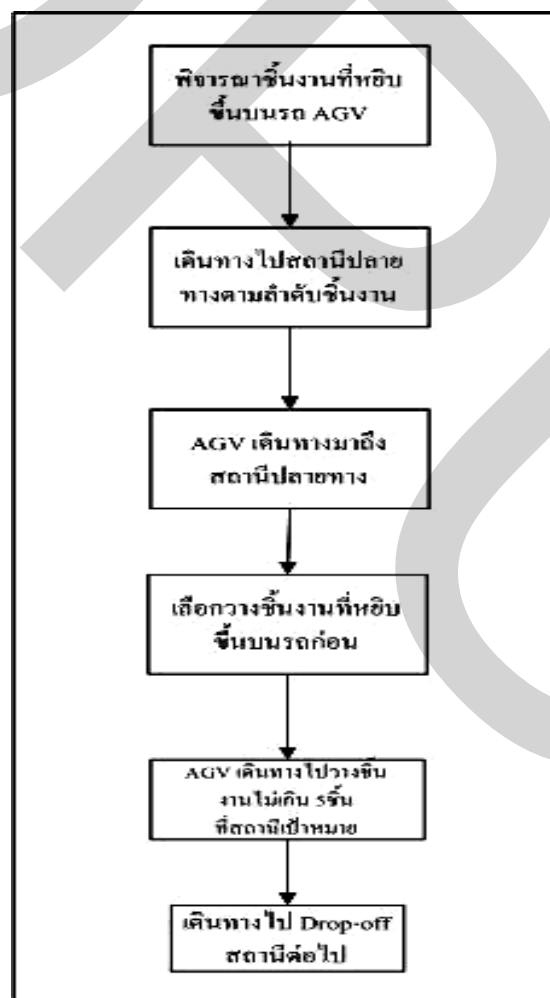


ภาพที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT

### 3.2.5 กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules)

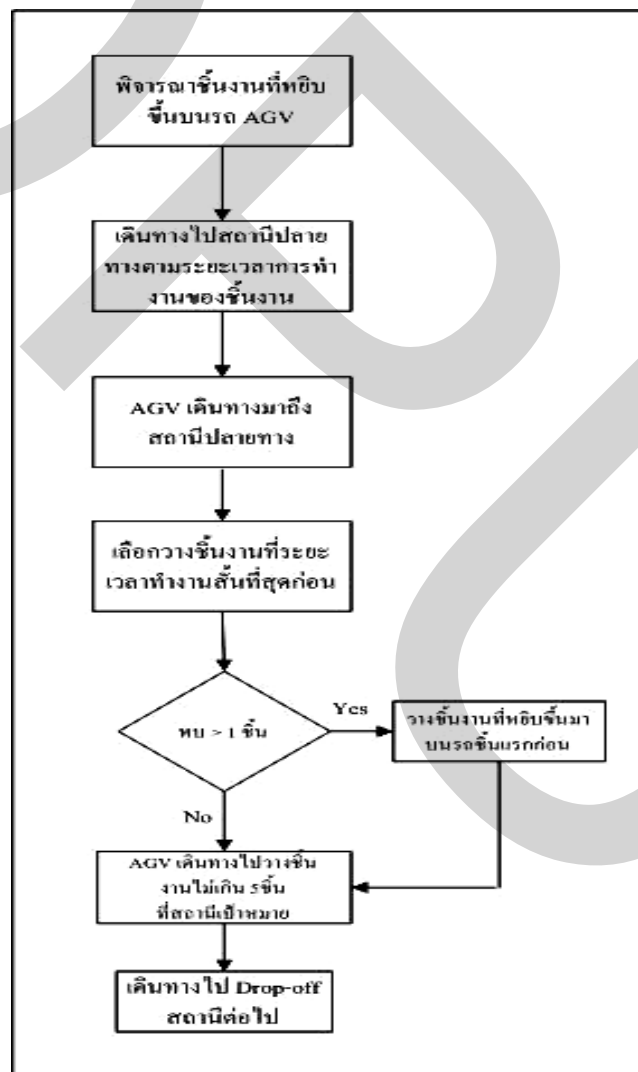
กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานใช้สำหรับ AGV เพื่อกำหนดสถานีปลายทาง (Destination) ที่จะเดินทางไปวางชิ้นงานและกำหนดลำดับการวางของชิ้นงาน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะเลือกใช้กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน 2 กฎเกณฑ์ ได้แก่

3.2.5.1 กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ First Come First Serve (FCFS) จะแสดงขั้นตอนการทำงานดังในภาพที่ 3.8 ภายใต้กฎเกณฑ์นี้ เมื่อ AGV ทำการหยิบชิ้นงานขึ้นบนรถแล้ว จากนั้น AGV จะพิจารณาชิ้นงานที่อยู่บนรถ เพื่อกำหนดสถานีปลายทางของชิ้นงาน โดย AGV จะเดินทางไปยังสถานีปลายทางตามลำดับของชิ้นงานที่หยิบขึ้นมารถ จากนั้นเมื่อ AGV เดินทางมาถึงสถานีปลายทางจะทำการวางชิ้นงาน โดยจะวางชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้นตามลำดับที่สถานีเป้าหมาย จากนั้น AGV จะเดินทางไปยังสถานีถัดไป



ภาพที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS

3.2.5.2 กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ Shortest Processing Next Station Time (SPNT) จะแสดงขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 3.9 ภายใต้กฎเกณฑ์นี้ เมื่อ AGV ทำการหยิบชิ้นงานขึ้นบนรถแล้ว จากนั้น AGV จะพิจารณาชิ้นงานที่อยู่บนรถ เพื่อคำนวณสถานีปลายทาง โดย AGV จะเดินทางไปยังสถานีปลายทางตามระยะเวลาการทำงานที่สั้นที่สุดของชิ้นงานแต่ละชนิดที่หยิบขึ้นบนรถ จากนั้นเมื่อ AGV เดินทางมาถึงสถานีปลายทางจะทำการวางชิ้นงาน โดยจะวางชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น ซึ่งจะเลือกวางชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการวางชิ้นงานที่หยิบขึ้นมาก่อนรถก่อน จากนั้น AGV จะเดินทางไปยังสถานีถัดไป



ภาพที่ 3.9 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT

### 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการนำกฎเกณฑ์การหยิบและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน เมื่อนำมาใช้งานร่วมกันจะมีลักษณะการทำงานอย่างไร โดยทำการแบ่งลักษณะการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงานออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

#### 3.3.1 การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS

เป็นกฎเกณฑ์ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS ดังภาพที่ 3.10 โดยในกฎเกณฑ์นี้จะพิจารณาการหยิบชิ้นงานโดยรถ AGV จะหยิบชิ้นงานที่มารอที่สถานีขึ้นแรกก่อน จากนั้นจะทำการหยิบชิ้นที่ 2 และ 3 ไปจนถึงชิ้นสุดท้ายตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันกฎเกณฑ์การวางก็จะทำการพิจารณาที่คล้ายกันคือมองลำดับการหยิบของชิ้นงานที่ถูกหยิบขึ้นบนรถ AGV ก่อนหรือหลัง ตัวอย่างเช่น กรณีมีชิ้นงาน A, B และ C AGV จะทำการหยิบชิ้นงาน A, B และ C ตามลำดับ ดังนั้นในการวางชิ้นงานเข้าสู่สถานี AGV ก็จะทำการวางชิ้นงาน A, B และ C ตามลำดับเช่นกัน ซึ่งเงื่อนไขในการทำงานของกฎเกณฑ์จะมีขั้นตอนดังนี้

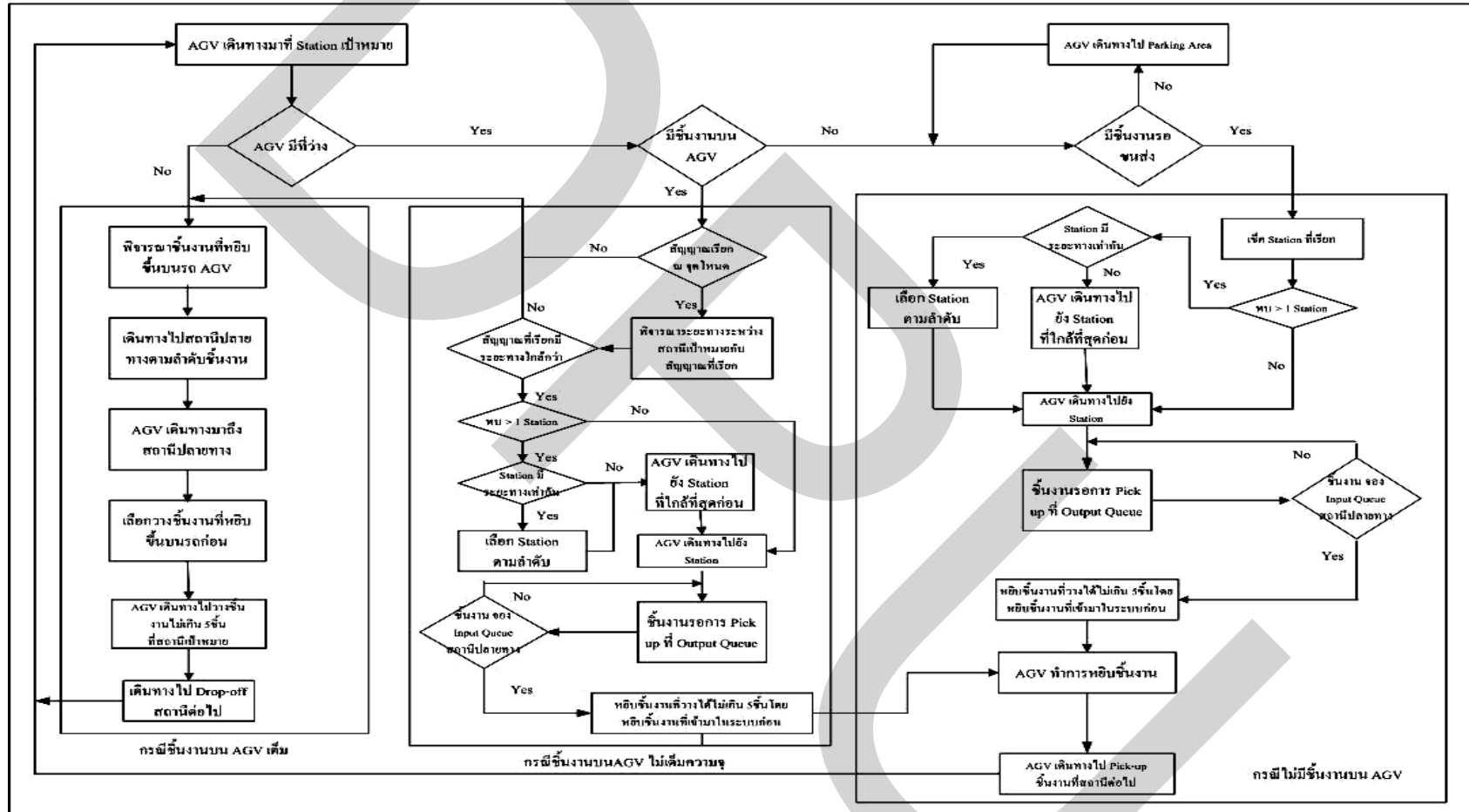
3.3.1.1 ขั้นตอนที่ 1 เมื่อ AGV เดินทางมาถึงสถานีเป้าหมาย ระบบจะทำการตัดสินใจว่าจะให้ AGV ทำการหยิบหรือวางชิ้นงานอย่างไร โดยจะแบ่งสถานะของ AGV เป็น 3 สถานะดังนี้

(1) กรณีที่ 1 AGV มีชิ้นงานเต็มความจุบนรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางในขั้นตอนที่ 2

(2) กรณีที่ 2 AGV มีชิ้นงานแบบไม่เต็มความจุบนรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV ตัดสินใจว่าจะเลือกเดินทางไปหยิบชิ้นงานเพิ่มหรือจะเดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีเป้าหมายตามกฎเกณฑ์ที่เลือกใช้ในขั้นตอนที่ 3

(3) กรณี AGV ไม่มีชิ้นงานบนตัวรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV เดินทางไปจอดรอที่จุดจอดรอ (Parking Area) จนกว่าจะมีสัญญาณเรียกใช้งานหรือมีชิ้นงานรอการขนส่ง AGV จึงจะดำเนินการตามขั้นตอนที่ 4

3.3.1.2 ขั้นตอนที่ 2 ระบบจะพิจารณาการวางชิ้นงาน โดยจะพิจารณาจากลำดับการหยิบชิ้นงานขึ้นมาบนตัวรถตามลำดับ จากนั้นจะทำการวางชิ้นงานเข้าสู่สถานีเป้าหมาย โดยจะวางชิ้นงานที่หยิบขึ้นมาบนรถเป็นลำดับแรกก่อนตามลำดับ โดยจะวางชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น จากนั้นจะเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายของชิ้นงานลำดับถัดไป



ภาพที่ 3.10 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS



3.3.1.3 ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะทำการตัดสินใจว่าจะให้ AGV ทำการวางชิ้นงานที่อยู่บนตัวรถหรือจะให้ AGV เดินทางไปหยิบชิ้นงานขึ้นมาเพิ่ม โดยที่ระบบจะทำการตรวจสอบระยะทางระหว่างสถานีปลายทางของชิ้นงานบนตัวรถกับสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอทำการขนส่ง ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจแบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

(1) กรณีที่ 1 ไม่มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะสั่งให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2

(2) กรณีที่ 2 มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีปลายทางกับสถานีที่เรียก กรณีสถานีปลายทางมีระยะทางที่สั้นกว่า ระบบจะสั่งให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2

(3) กรณีที่ 3 มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีปลายทางกับสถานีที่เรียก กรณีสถานีที่เรียกมีระยะทางสั้นกว่า AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียก ถ้าสถานีที่เรียกมีมากกว่า 1 สถานีและมีระยะทางเท่ากัน AGV จะเลือกสถานีที่เรียกตามลำดับ แต่ถ้าระยะทางไม่เท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่มีระยะทางใกล้ที่สุดก่อน จากนั้น AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานตามลำดับแต่ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงานได้ (Input Queue) AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถจากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

3.3.1.4 ขั้นตอนที่ 4 รถ AGV จอดอยู่ที่จุดจอดรถ (Parking Area) เพื่อรอรับสัญญาณเรียกใช้งาน เมื่อมีสัญญาณเรียก ระบบจะทำการตรวจสอบสถานีเป้าหมายที่เรียก เพื่อสั่งให้รถ AGV เดินทางไปหยิบชิ้นงาน โดยจะทำการตรวจสอบจำนวนของสถานีเป้าหมายที่มีชิ้นงานรอการขนส่ง ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 กรณีดังนี้

(1) กรณีที่ 1 พบสัญญาณเรียกจากสถานีเป้าหมายเพียงสถานีเดียว AGV จะเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายที่เรียกทันที เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีเป้าหมาย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานตามลำดับแต่ไม่เกิน 5 ชิ้น คือชิ้นงานไหนเข้ามาก่อนก็จะทำการหยิบก่อน แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงานได้ (Input Queue) AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถจากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

(2) กรณีที่ 2 พบสัญญาณเรียกจากสถานีเป้าหมายมากกว่า 1 สถานี AGV จะทำการตรวจสอบระยะทางของแต่ละสถานีที่เรียกว่าสถานีใดมีระยะทางใกล้ที่สุด AGV ก็ จะเดินทางไปยังสถานีนั้นก่อน แต่ถ้าระยะทางเท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียกตามลำดับ เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีที่เรียก AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทาง โดยจะทำการหยิบชิ้นงานตามลำดับแต่ไม่เกิน 5 ชิ้น คือชิ้นงาน ไหนเข้ามาก่อนก็จะทำการหยิบก่อน แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ได้ AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถจากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ ขั้นตอนที่ 1

3.3.2 การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวาง ชิ้นงานแบบ SPNT

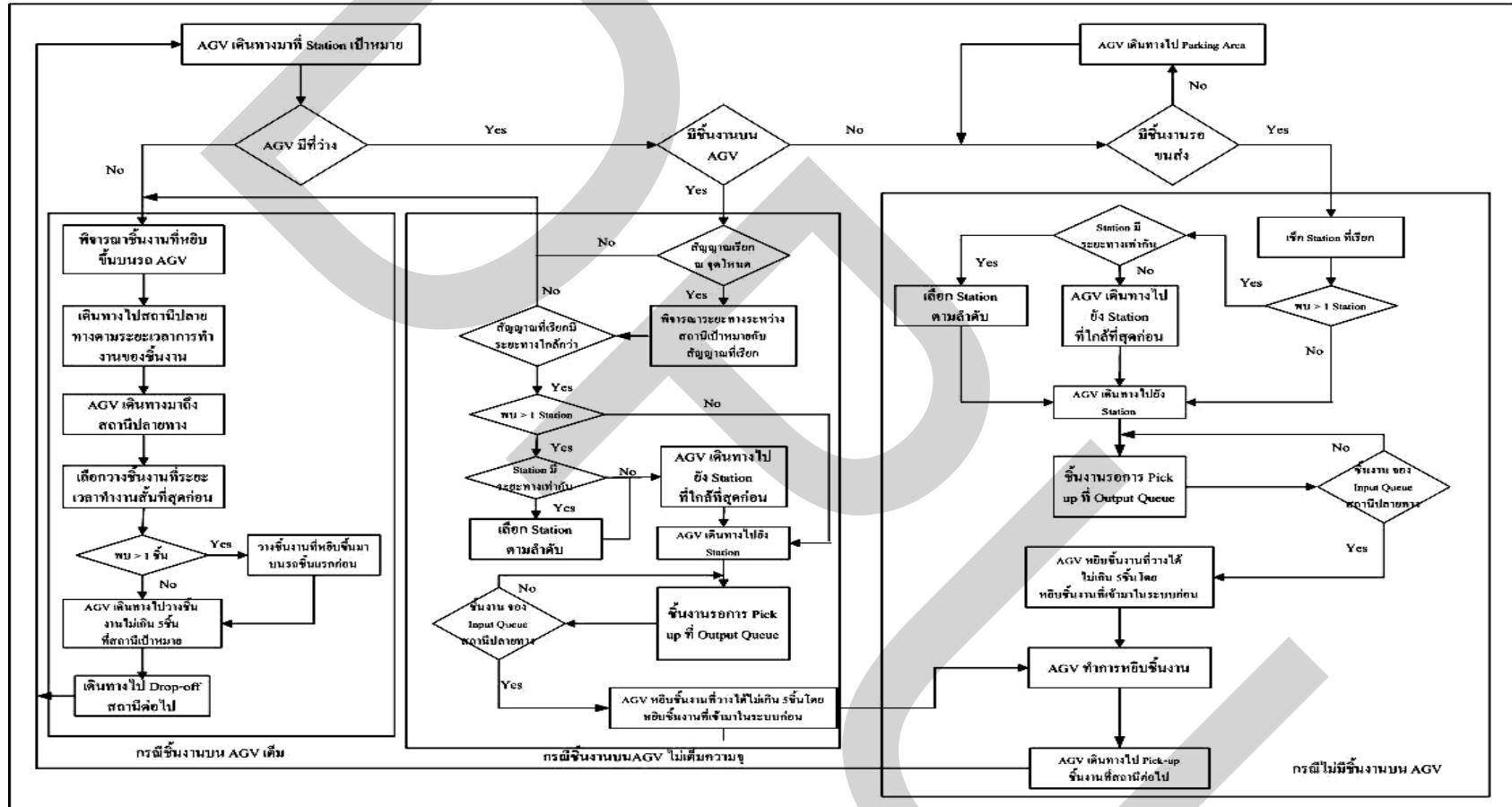
เป็นกฎเกณฑ์ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT ดังภาพที่ 3.11 โดยในกฎเกณฑ์นี้จะพิจารณาการ หยิบชิ้นงาน โดยจะหยิบชิ้นงานที่มารอที่สถานีขึ้นแรกก่อน จากนั้นจะทำการหยิบชิ้นที่ 2 และ 3 ไป จนถึงชิ้นสุดท้ายตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันกฎเกณฑ์การวางก็จะทำการพิจารณาระยะเวลาทำงาน ของสถานีถัดไปของชิ้นงานที่อยู่บนรถ AGV ด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น กรณีมีชิ้นงาน A, B และ C มี ระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปเท่ากับ 12, 10 และ 15 ตามลำดับ AGV จะทำการหยิบชิ้นงาน A, B และ C ตามลำดับ แต่ในการวางชิ้นงานเข้าสู่สถานี AGV ก็จะทำกรวางชิ้นงาน B, A และ C ตามระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไป ซึ่งเงื่อนไขในการทำงานของกฎเกณฑ์จะมีขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 ขั้นตอนที่ 1 เมื่อ AGV เดินทางมาถึงสถานีเป้าหมาย ระบบจะทำการ ตัดสินใจว่าจะให้ AGV ทำการหยิบหรือวางชิ้นงานอย่างไร โดยจะแบ่งสถานะของ AGV เป็น 3 สถานะดังนี้

(1) กรณีที่ 1 AGV มีชิ้นงานเต็มความจุบนรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางในขั้นตอนที่ 2

(2) กรณีที่ 2 AGV มีชิ้นงานแบบไม่เต็มความจุบนรถ ระบบจะ กำหนดให้ AGV ตัดสินใจว่าจะเลือกเดินทางไปหยิบชิ้นงานเพิ่มหรือจะเดินทางไปวางชิ้นงานที่ สถานีเป้าหมายตามกฎเกณฑ์ที่เลือกใช้ในขั้นตอนที่ 3

(3) กรณี AGV ไม่มีชิ้นงานบนตัวรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV เดินทางไปจอดรอที่จุดจอดรอ (Parking Area) จนกว่าจะมีสัญญาณเรียกใช้งานหรือมีชิ้นงานรอการ ขนส่ง AGV จะดำเนินการตามขั้นตอนที่ 4



ภาพที่ 3.11 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT

3.3.2.2 ขั้นตอนที่ 2 ระบบจะพิจารณาการวางชิ้นงาน โดยจะพิจารณาระยะเวลาการทำงานของชิ้นงานที่หยิบขึ้นมาบนตัวรถ จากนั้นจะทำการวางชิ้นงานเข้าสู่สถานีเป้าหมาย โดย AGV จะทำการวางชิ้นงานที่มีระยะเวลาในการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการวางชิ้นงานที่หยิบขึ้นมาบนรถก่อนตามลำดับ โดยจะวางชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น จากนั้น AGV จะเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายของชิ้นงานลำดับถัดไป

3.3.2.3 ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะทำการตัดสินใจว่าจะให้ AGV ทำการวางชิ้นงานที่อยู่บนตัวรถหรือจะให้ AGV เดินทางไปหยิบชิ้นงานขึ้นมาเพิ่ม โดยที่ระบบจะทำการตรวจสอบระยะทางระหว่างสถานีปลายทางของชิ้นงานบนตัวรถกับสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอทำการขนส่ง ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจแบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

(1) กรณีที่ 1 ไม่มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะสั่งให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2

(2) กรณีที่ 2 มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีปลายทางกับสถานีที่เรียก กรณีสถานีปลายทางมีระยะทางที่สั้นกว่า ระบบจะสั่งให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2

(3) กรณีที่ 3 มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีปลายทางกับสถานีที่เรียก กรณีสถานีที่เรียกมีระยะทางสั้นกว่า AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียก ถ้าสถานีที่เรียกมีมากกว่า 1 สถานีและมีระยะทางเท่ากัน AGV จะเลือกเดินทางไปยังสถานีที่เรียกตามลำดับ ถ้าระยะทางไม่เท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่มีระยะทางใกล้ที่สุดก่อน จากนั้น AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานตามลำดับแต่ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงานได้ (Input Queue) AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถ จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

3.3.2.4 ขั้นตอนที่ 4 AGV จอดอยู่ที่จุดจอดรถ (Parking Area) เพื่อรอรับสัญญาณเรียกใช้งาน AGV เมื่อมีสัญญาณเรียก ระบบจะทำการตรวจสอบสถานีเป้าหมายที่เรียก เพื่อสั่งให้ AGV เดินทางไปหยิบชิ้นงาน โดยจะทำการตรวจสอบจำนวนของสถานีเป้าหมายที่มีชิ้นงานรอการขนส่ง ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 กรณีดังนี้

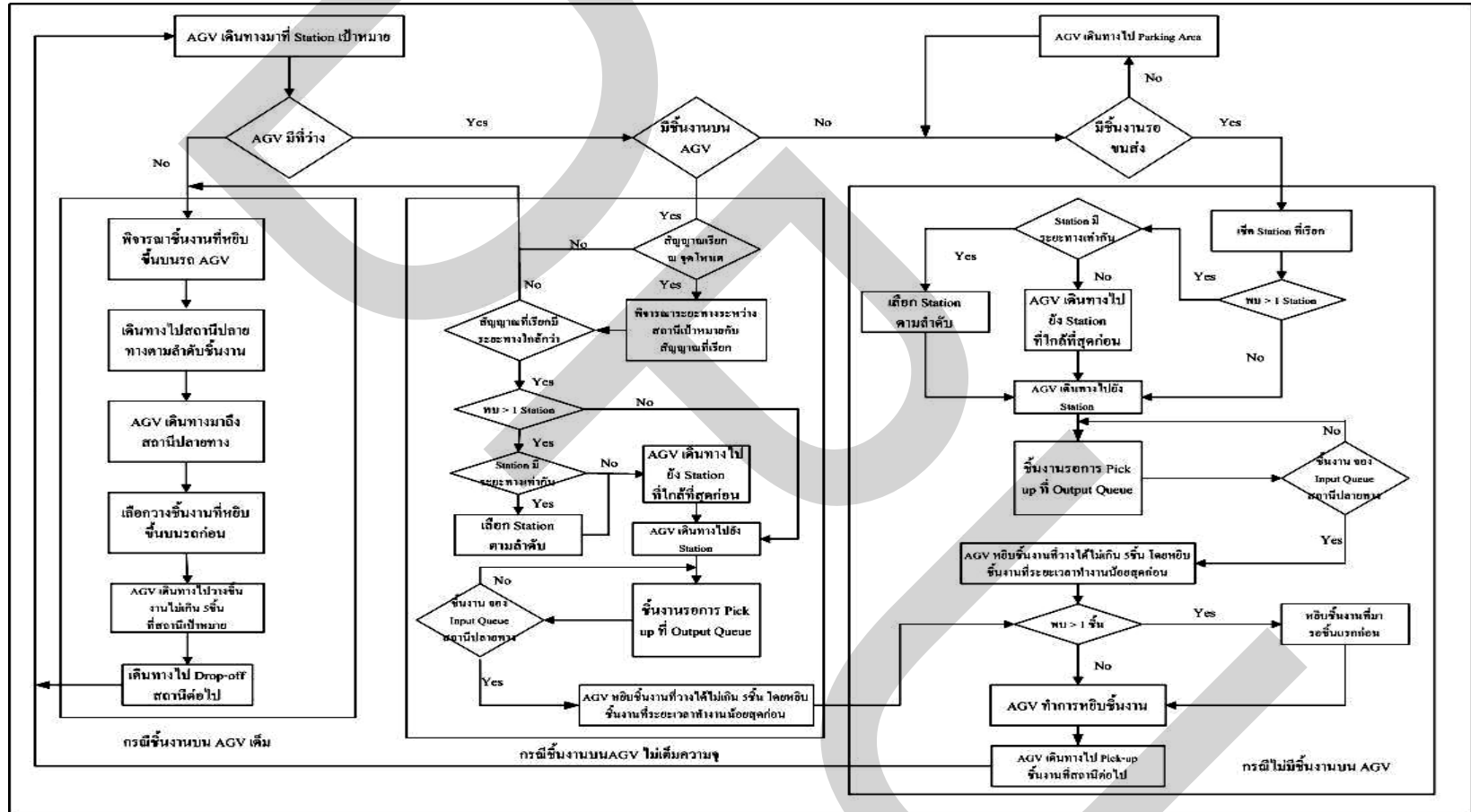
(1) กรณีที่ 1 พบสัญญาณเรียกจากสถานีเป้าหมายเพียงสถานีเดียว AGV จะเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายที่เรียกทันที เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีเป้าหมาย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานตามลำดับแต่ไม่เกิน 5 ชิ้น คือชิ้นงานไหนเข้ามาก่อนก็จะทำการหยิบก่อน แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ได้ AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบรรด จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

(2) กรณีที่ 2 พบสัญญาณเรียกจากสถานีเป้าหมายมากกว่า 1 สถานี AGV จะทำการตรวจสอบระยะทางของแต่ละสถานีที่เรียกว่าสถานีไหนมีระยะทางใกล้ที่สุด AGV จะเดินทางไปยังสถานีนั้นก่อน แต่ถ้าระยะทางเท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียกตามลำดับ เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีเป้าหมาย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานตามลำดับแต่ไม่เกิน 5 ชิ้น คือชิ้นงานไหนเข้ามาก่อนก็จะทำการหยิบก่อน แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ได้ AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบรรด จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

3.3.3 การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS

เป็นกฎเกณฑ์ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS ดังภาพที่ 3.12 โดยในกฎเกณฑ์นี้จะพิจารณาการหยิบชิ้นงาน โดยจะหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาในการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในขณะที่เดียวกันกฎเกณฑ์การวางก็จะทำการพิจารณาที่ลำดับการหยิบของชิ้นงานขึ้นบรรด AGV ก่อนหรือหลัง ตัวอย่าง กรณีมีชิ้นงาน A, B และ C มีระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปเท่ากับ 12, 10 และ 15 ตามลำดับ AGV จะทำการหยิบชิ้นงาน B, A และ C ตามระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไป ดังนั้นในการวางชิ้นงานเข้าสู่สถานี AGV ก็จะทำการวางชิ้นงาน B, A และ C ตามลำดับเช่นกัน ซึ่งเงื่อนไขในการทำงานของกฎเกณฑ์จะมีขั้นตอนดังนี้

3.3.3.1 ขั้นตอนที่ 1 เมื่อ AGV เดินทางมาถึงสถานีเป้าหมาย ระบบจะทำการตัดสินใจว่าจะให้ AGV ทำการหยิบหรือวางชิ้นงานอย่างไร โดยจะแบ่งสถานะของ AGV เป็น 3 สถานะดังนี้



ภาพที่ 3.12 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS

(1) กรณีที่ 1 AGV มีชิ้นงานเต็มความจุบรรด ระบบจะกำหนดให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางในขั้นตอนที่ 2

(2) กรณีที่ 2 AGV มีชิ้นงานแบบไม่เต็มความจุบรรด ระบบจะกำหนดให้ AGV ตัดสินใจว่าจะเลือกเดินทางไปหยิบชิ้นงานเพิ่มหรือจะเดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีเป้าหมายตามกฎเกณฑ์ที่เลือกใช้ในขั้นตอนที่ 3

(3) กรณี AGV ไม่มีชิ้นงานบนตัวรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV เดินทางไปจอดรอที่จุดจอด (Parking Area) จนกว่าจะมีสัญญาณเรียกใช้งานหรือมีชิ้นงานรอการขนส่ง AGV จะดำเนินการตามขั้นตอนที่ 4

3.3.3.2 ขั้นตอนที่ 2 ระบบจะพิจารณาการวางชิ้นงาน โดยจะพิจารณาจากลำดับการหยิบชิ้นงานขึ้นมาบนตัวรถตามลำดับ จากนั้นจะทำการวางชิ้นงานเข้าสู่สถานีเป้าหมาย โดยวางชิ้นงานที่หยิบขึ้นมาบรรดเป็นลำดับแรกก่อนตามลำดับ โดยจะวางชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น จากนั้นจะเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายของชิ้นงานลำดับต่อไป

3.3.3.3 ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะทำการตัดสินใจว่าจะให้ AGV ทำการวางชิ้นงานที่อยู่บนตัวรถหรือจะให้ AGV เดินทางไปหยิบชิ้นงานขึ้นมาเพิ่ม โดยที่ระบบจะทำการตรวจสอบระยะทางระหว่างสถานีปลายทางของชิ้นงานบนตัวรถกับสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอทำการขนส่ง ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจแบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

(1) กรณีที่ 1 ไม่มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะสั่งให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2

(2) กรณีที่ 2 มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีปลายทางกับสถานีที่เรียก กรณีสถานีปลายทางมีระยะทางที่สั้นกว่า ระบบจะสั่งให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2

(3) กรณีที่ 3 มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีปลายทางกับสถานีที่เรียก กรณีสถานีที่เรียกมีระยะทางสั้นกว่า AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียก ถ้าสถานีที่เรียกมีมากกว่า 1 สถานีและมีระยะทางเท่ากัน AGV จะเลือกสถานีที่เรียกตามลำดับ แต่ถ้าระยะทางไม่เท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่มีระยะทางใกล้ที่สุดก่อน จากนั้น AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่ออกมารอก่อนตามลำดับ โดยจะหยิบชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถ

จองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ได้ AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถ จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

3.3.2.4 ขั้นตอนที่ 4 AGV จอดอยู่ที่จุดจอดรถ (Parking Area) เพื่อรอรับสัญญาณเรียกใช้งาน AGV เมื่อมีสัญญาณเรียกระบบจะทำการตรวจสอบสถานีเป้าหมายที่เรียก เพื่อสั่งให้ AGV เดินทางไปหยิบชิ้นงาน โดยจะทำการตรวจสอบจำนวนของสถานีเป้าหมายที่มีชิ้นงานรอการขนส่ง ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 กรณีดังนี้

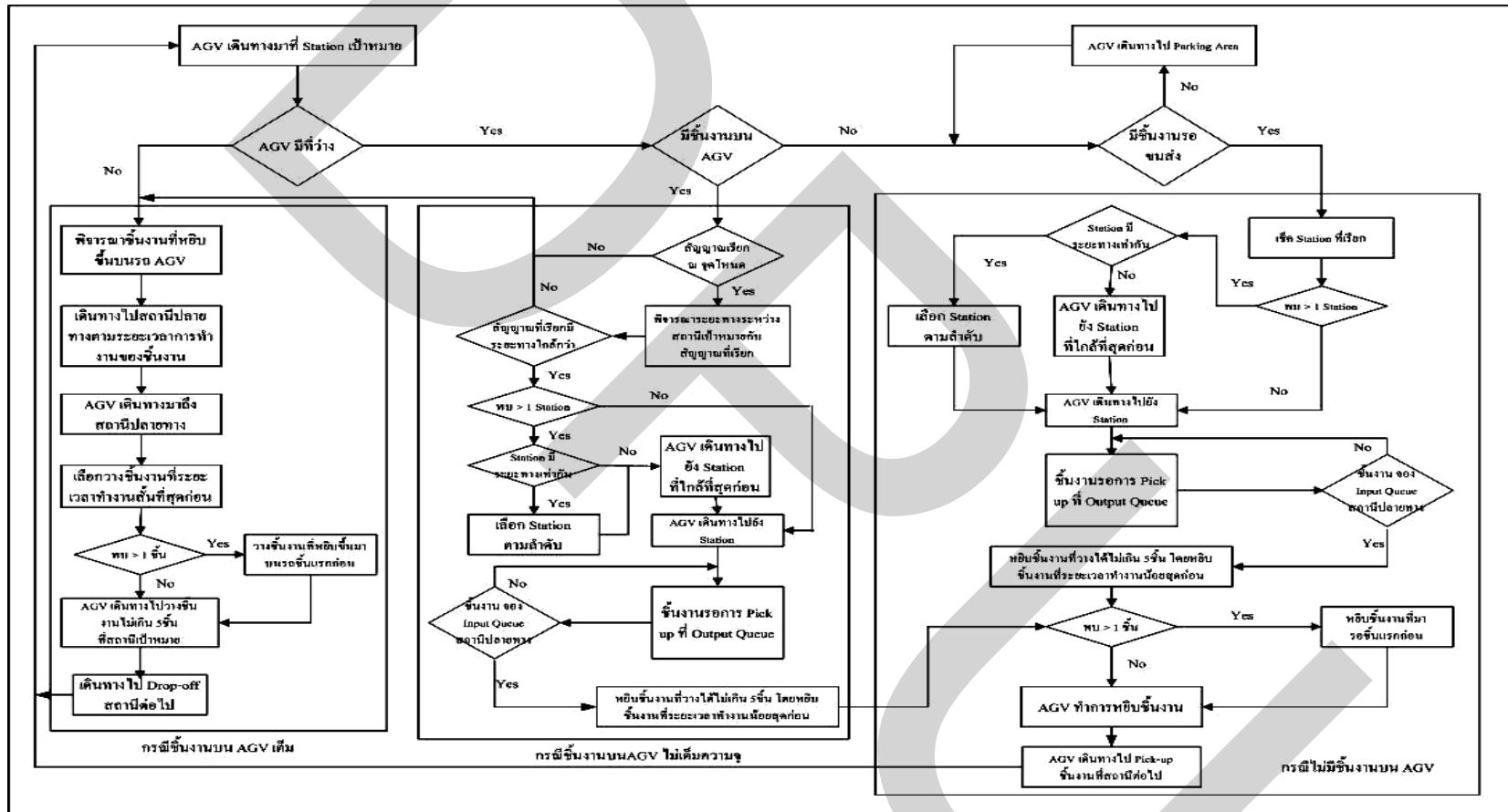
(1) กรณีที่ 1 พบสัญญาณเรียกจากสถานีเป้าหมายเพียงสถานีเดียว AGV จะเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายที่เรียกทันที เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีเป้าหมาย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่ออกมารอก่อนตามลำดับ โดยจะหยิบชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ได้ AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถ จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

(2) กรณีที่ 2 พบสัญญาณเรียกจากสถานีเป้าหมายมากกว่า 1 สถานี AGV จะทำการตรวจสอบระยะทางของแต่ละสถานีที่เรียกว่าสถานีไหนมีระยะทางใกล้ที่สุด AGV จะเดินทางไปยังสถานีนั้นก่อน แต่ถ้าระยะทางเท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียกตามลำดับ เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีเป้าหมาย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทาง โดยจะทำการหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่ออกมารอก่อนตามลำดับ โดยจะหยิบชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ได้ AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถ จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

3.3.4 การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT

เป็นกฎเกณฑ์ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT ดังภาพที่ 3.13 โดยในกฎเกณฑ์นี้จะพิจารณาการ





ภาพที่ 3.13 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT

หยิบชิ้นงาน โดยจะหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาในการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในขณะที่วงกลมที่การวางก็จะทำการพิจารณาระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปของชิ้นงานที่อยู่บนรถ AGV เช่นกัน ตัวอย่างเช่น กรณีมีชิ้นงาน A, B และ C มีระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปเท่ากับ 12, 10 และ 15 ตามลำดับ AGV จะทำการหยิบชิ้น B, A และ C ตามระยะเวลาการทำงานที่สั้นที่สุด ดังนั้นในการวางชิ้นงานเข้าสู่สถานี AGV ก็จะทำการวางชิ้นงาน B, A และ C ตามลำดับเช่นกัน ซึ่งเงื่อนไขในการทำงานของกฎเกณฑ์จะมีขั้นตอนดังนี้

3.3.4.1 ขั้นตอนที่ 1 เมื่อ AGV เดินทางมาถึงสถานีเป้าหมาย ระบบจะทำการตัดสินใจว่าจะให้ AGV ทำการหยิบหรือวางชิ้นงานอย่างไร โดยจะแบ่งสถานะของ AGV เป็น 3 สถานะดังนี้

(1) กรณีที่ 1 AGV มีชิ้นงานเต็มความจุบนรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางในขั้นตอนที่ 2

(2) กรณีที่ 2 AGV มีชิ้นงานแบบไม่เต็มความจุบนรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV ตัดสินใจว่าจะเลือกเดินทางไปหยิบชิ้นงานเพิ่มหรือจะเดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีเป้าหมายตามกฎเกณฑ์ที่เลือกใช้ในขั้นตอนที่ 3

(3) กรณี AGV ไม่มีชิ้นงานบนตัวรถ ระบบจะกำหนดให้ AGV เดินทางไปจอดรอที่จุดจอดรอ (Parking Area) จนกว่าจะมีสัญญาณเรียกใช้งานหรือมีชิ้นงานรอการขนส่ง AGV จะดำเนินการตามขั้นตอนที่ 4

3.3.4.2 ขั้นตอนที่ 2 ระบบจะพิจารณาการวางชิ้นงาน โดยจะพิจารณาระยะเวลาการทำงานของชิ้นงานที่หยิบขึ้นมาบนตัวรถ จากนั้นจะทำการวางชิ้นงานเข้าสู่สถานีเป้าหมาย โดย AGV จะทำการวางชิ้นงานที่มีระยะเวลาในการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากับ AGV จะทำการวางชิ้นงานที่หยิบขึ้นมาบนรถก่อนตามลำดับ โดยจะวางชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น จากนั้น AGV จะเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายของชิ้นงานลำดับต่อไป

3.3.4.3 ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะทำการตัดสินใจว่าจะให้ AGV ทำการวางชิ้นงานที่อยู่บนตัวรถหรือจะให้ AGV เดินทางไปหยิบชิ้นงานขึ้นมาเพิ่ม โดยที่ระบบจะทำการตรวจสอบระยะทางระหว่างสถานีปลายทางของชิ้นงานบนตัวรถกับสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานรอทำการขนส่ง ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจแบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

(1) กรณีที่ 1 ไม่มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานรอการขนส่ง ระบบจะสั่งให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2

(2) กรณีที่ 2 มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีปลายทางกับสถานีที่เรียก กรณีสถานีปลายทางมีระยะทางที่สั้นกว่า ระบบจะสั่งให้ AGV เดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2

(3) กรณีที่ 3 มีสัญญาณเรียกจากสถานีที่มีชิ้นงานมารอการขนส่ง ระบบจะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีเป้าหมายกับสถานีที่เรียก กรณีสถานีที่เรียกมีระยะทางสั้นกว่า AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียก ถ้าสถานีที่เรียกมีมากกว่า 1 สถานีและมีระยะทางเท่ากัน AGV จะเลือกสถานีตามลำดับ ถ้าระยะทางไม่เท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่มีระยะทางใกล้ที่สุดก่อน จากนั้น AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทาง โดยจะทำการหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงาน of สถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่ออกมารอก่อนตามลำดับ โดยจะหยิบชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงานได้ (Input Queue) AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถ จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

3.3.4.4 ขั้นตอนที่ 4 AGV จอดอยู่ที่จุดจอดรถ (Parking Area) เพื่อรอรับสัญญาณเรียกใช้งาน AGV เมื่อมีสัญญาณเรียก ระบบจะทำการตรวจสอบสถานีเป้าหมายที่เรียก เพื่อสั่งให้ AGV เดินทางไปหยิบชิ้นงาน โดยจะทำการตรวจสอบจำนวนของสถานีเป้าหมายที่มีชิ้นงานรอการขนส่ง ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 กรณีดังนี้

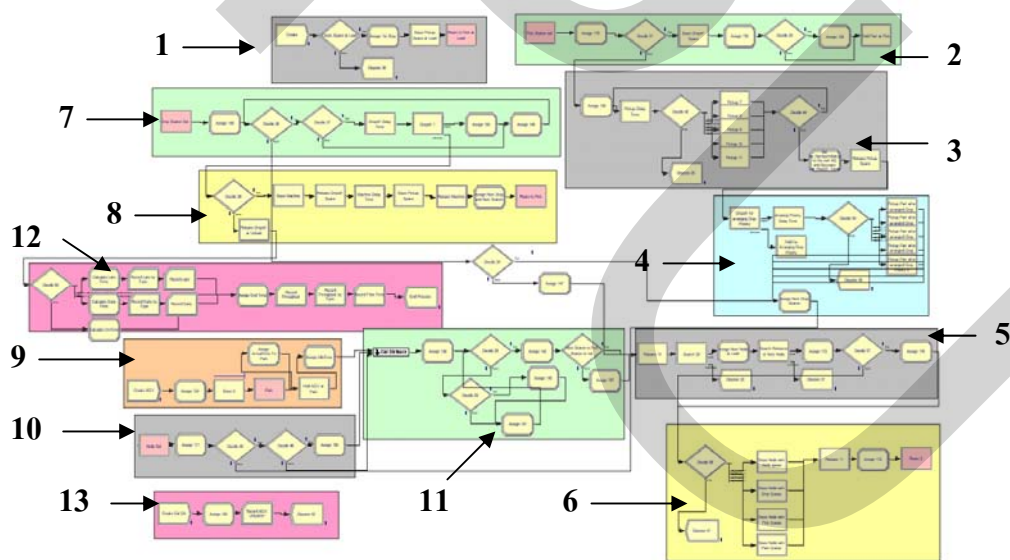
(1) กรณีที่ 1 พบสัญญาณเรียกจากสถานีเป้าหมายเพียงสถานีเดียว AGV จะเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายที่เรียกทันที เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีเป้าหมาย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงาน of สถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่ออกมารอก่อนตามลำดับ โดยจะหยิบชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ได้ AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถ จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

(2) กรณีที่ 2 พบสัญญาณเรียกจากสถานีเป้าหมายมากกว่า 1 สถานี AGV จะทำการตรวจสอบระยะทางของแต่ละสถานีที่เรียกว่าสถานีไหนมีระยะทางใกล้ที่สุด AGV

จะเดินทางไปยังสถานีนั่นก่อน แต่ถ้าระยะทางเท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียกตามลำดับ เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีเป้าหมาย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ โดยจะทำการหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงานของสถานีถัดไปที่สั้นที่สุดก่อน ในกรณีที่พบชิ้นงานที่มีระยะเวลาทำงานของสถานีถัดไปเท่ากัน AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่ออกมารอก่อนตามลำดับ โดยจะหยิบชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าชิ้นงานไม่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงาน (Input Queue) ของสถานีปลายทางได้ชิ้นงานจะถูกปล่อยทิ้งไว้จนกว่าจะสามารถจองพื้นที่รับชิ้นงาน (Input Queue) ได้ AGV จึงจะทำการหยิบชิ้นงานนั้นขึ้นบนรถ จากนั้นกระบวนการจะย้อนกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 1

### 3.4 ส่วนประกอบของแบบจำลองปัญหา

เนื่องจากแบบจำลองปัญหาที่ผู้วิจัยนำไปใช้ในการทดลองมีรายละเอียดอยู่เป็นจำนวนมาก อาทิเช่น ตรรกศาสตร์ (Logic) ที่ใช้ควบคุมการทำงาน คำสั่งที่ใช้ในการควบคุม รวมถึงวิธีการควบคุมระบบการทำงานของ AGV ฯลฯ อย่างไรก็ตามในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงส่วนประกอบของแบบจำลองปัญหาหลักๆ ที่นำมาใช้ในงานวิจัย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

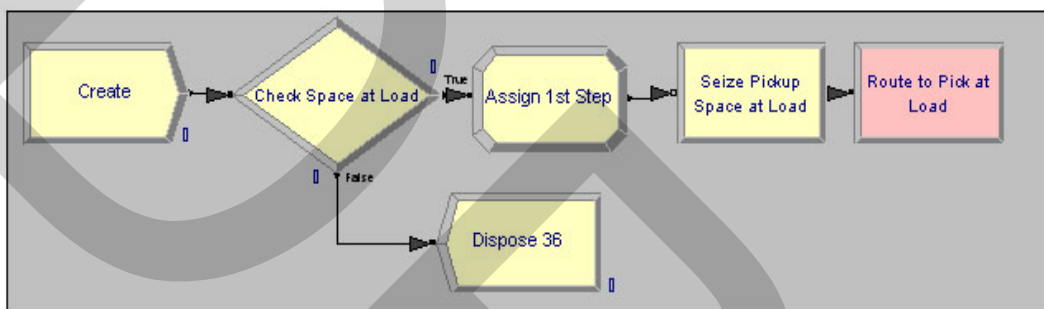


ภาพที่ 3.14 ส่วนควบคุมการทำงานของระบบ

3.4.1 ในส่วนควบคุมการทำงานของระบบ แบบจำลองปัญหามีหลักการทำงานเดียวกันกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป ดังนั้นในส่วนควบคุมจะทำงานตามคำสั่งที่ได้รับบริการ

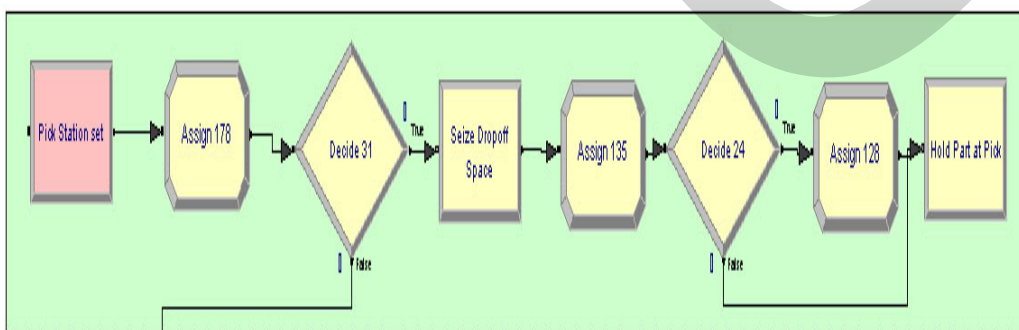
ออกแบบไว้ โดยมีหน้าที่ในการควบคุมระบบที่สามารถแบ่งออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ได้ดังภาพที่ 3.14

3.4.1.1 ส่วนที่ 1 มีหน้าที่กำหนดชิ้นงาน (Entity) เข้าสู่ระบบ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการใส่ชุดคำสั่ง เพื่อให้ชิ้นงานเข้าสู่ระบบ โดยจะทำการกำหนดประเภทของชิ้นงาน ระยะเวลาการเข้าสู่ระบบของชิ้นงาน สถานีของชิ้นงานที่ต้องการผลิต และกำหนดวิธีในการคิดค่าวัดประสิทธิภาพบางชนิด เมื่อชิ้นงานเข้าสู่ระบบจะถูกส่งไปยังสถานี Load Station เพื่อรอรับคำสั่งต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 3.15



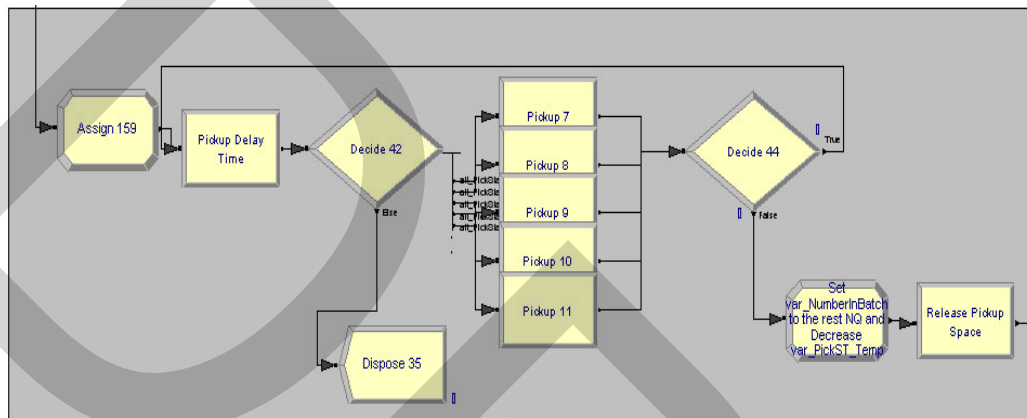
ภาพที่ 3.15 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 1 ทั้งหมด

3.4.1.2 ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่มีหน้าที่รับชิ้นงาน (Entity) เข้าสู่สถานี Load Station เพื่อให้สถานีทำการจองรถ AGV มารับชิ้นงาน เพื่อเดินทางไปยังสถานีต่อไป ซึ่งในส่วนนี้ นอกจากจะเป็นสถานี Load Station ยังเป็นจุด Pick-up ของสถานีอื่นๆ ทั้งหมด ซึ่งได้สร้างรวมเป็น Pick Station Set เมื่อชิ้นงานเข้ามาใน Pick Station Set ชิ้นงานจะถูกสั่งให้จองสถานีปลายทางภายในกระบวนการนี้ตามกฎเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ จากนั้น AGV จะถูกจองเพื่อมารับชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 3.16



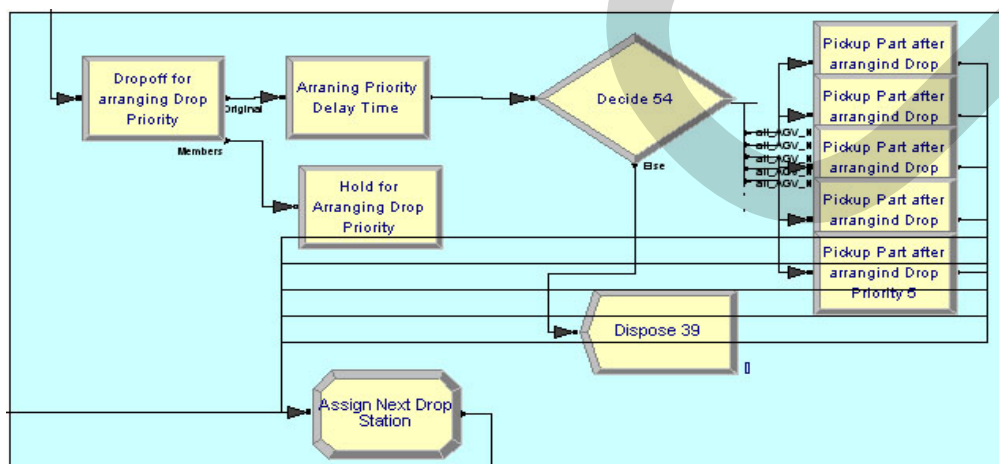
ภาพที่ 3.16 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 2 ทั้งหมด

3.4.1.3 ส่วนที่ 3 เป็นส่วนชุดคำสั่งต่อเนื่องจาก ส่วนที่ 2 ในส่วนนี้เป็นส่วนคำสั่งให้รถ AGV ที่จองไว้เดินทางมาหยิบชิ้นงานในแต่ละสถานี โดย AGV จะทำการหยิบชิ้นงานจนกว่าความจุบนรถ AGV จะเต็ม จากนั้น AGV จะเดินทางไปยังกระบวนการต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 3.17



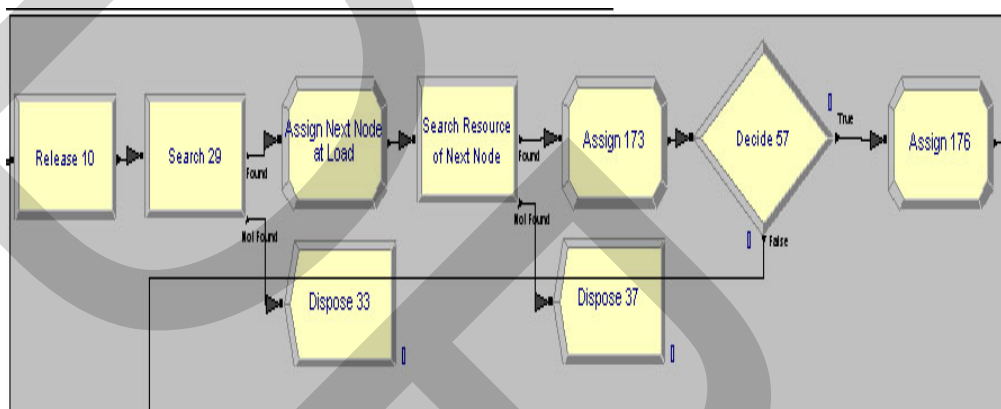
ภาพที่ 3.17 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 3 ทั้งหมด

3.4.1.4 ส่วนที่ 4 เป็นส่วนของ Logic การจัดชิ้นงานตามกฎเกณฑ์บนรถ AGV ด้วยวิธีการที่ให้รถ AGV จำนวนชนิดของชิ้นงานและระยะเวลาการทำงานของสถานีปลายทางตามกฎเกณฑ์ที่ได้เขียนไว้ในส่วนของการจัดชิ้นงานขึ้นบนรถ โดยจะแบ่งการจัดชิ้นงานตามรถ AGV ในแต่ละคัน จากนั้นจะทำการตรวจสอบสถานีปลายทางต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 3.18



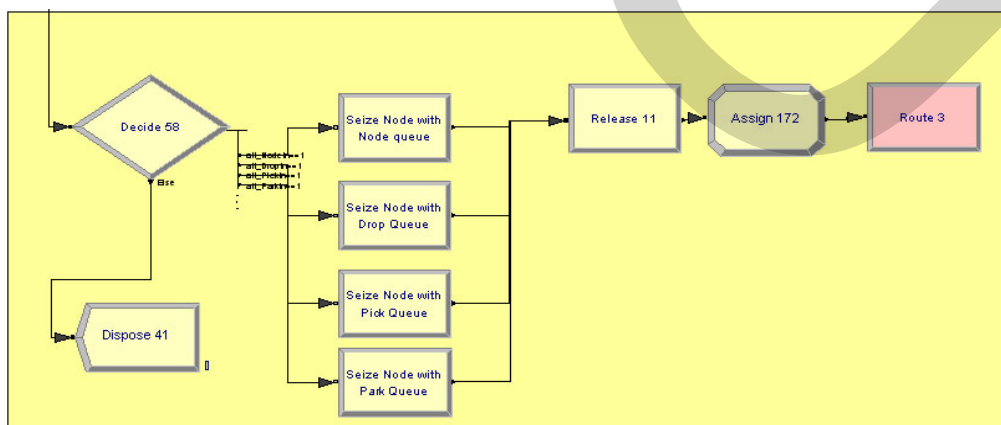
ภาพที่ 3.18 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 4 ทั้งหมด

3.4.1.5 ส่วนที่ 5 เป็นส่วนของ Logic ในการควบคุมการเดินทางของ AGV แบบ 2ทิศทาง โดยในส่วนนี้ไม่ว่า AGV จะเดินทางมาจากสถานี Pick Station Set, Drop Station Set, Parking Area และ สถานีระหว่างทางใดๆ (Node) ก็ตามจะต้องเดินทางมาในส่วนที่ 5 เพื่อทำการตรวจสอบจุดถัดไปที่ AGV ต้องการเดินทางไป โดยการตรวจสอบจุดถัดไปที่ AGV กำลังจะเดินทางไปเราเรียกว่า Next Node และจุดถัดจากจุดถัดไป (Next Node) เราเรียกว่า NextNext Node ซึ่งจะเป็นจุดสำคัญในการป้องกันการชนของรถ AGV ดังแสดงในภาพที่ 3.19



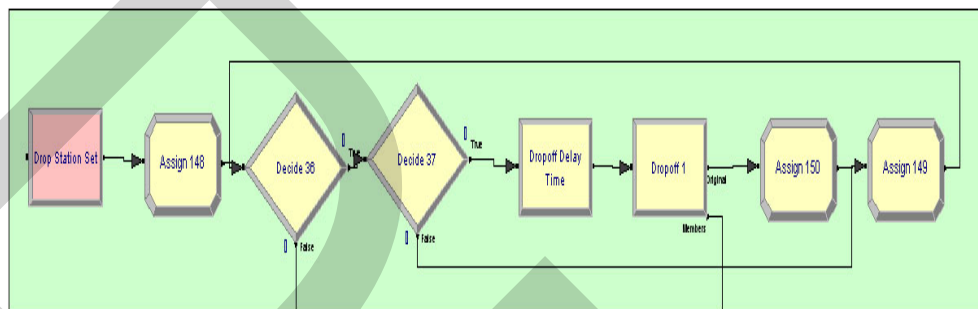
ภาพที่ 3.19 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 5 ทั้งหมด

3.4.1.6 ส่วนที่ 6 เป็นส่วนที่ให้โปรแกรมคำนวณสถานีที่ AGV กำลังจะเดินทางไป โดยจะแบ่งเป็น สถานี Pick Station Set, Drop Station Set, Park Station และ Node Set เมื่อ AGV เดินทางมาถึงจะทำการตัดสินใจว่าจะต้องเดินทางไปยังสถานีใด จากนั้น AGV จะทำการเดินทางไปยังสถานีเป้าหมายทันที ดังแสดงในภาพที่ 3.20



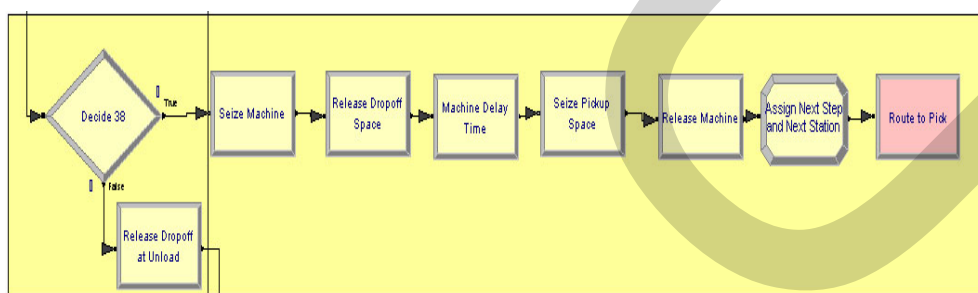
ภาพที่ 3.20 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 6 ทั้งหมด

3.4.1.7 ส่วนที่ 7 เป็นส่วนสถานีวางชิ้นงานทั้งหมด ซึ่งได้กำหนดไว้เป็น Drop Station Set เช่นกัน เมื่อ AGV มาถึงสถานีส่วนนี้จะมีการประมวลผล เพื่อให้ AGV ทราบว่าจะวางชิ้นงานที่สถานีใดและจะวางชิ้นงานจำนวนกี่ชิ้น จากนั้น AGV จะเดินทางไปกระบวนการต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 7 ทั้งหมด

3.4.1.8 ส่วนที่ 8 เป็นส่วนต่อเนื่องจากส่วนที่ 7 ซึ่งเป็นส่วนของกระบวนการผลิต ซึ่งในส่วนนี้เมื่อ AGV วางชิ้นงานที่ Drop Station Set ไม่ว่าจะเป็สถานีใดก็ตามในส่วนที่ 7 ชิ้นงานจะถูกส่งลงมาในส่วนที่ 8 เพื่อให้ชิ้นงานทำการจองเครื่องจักร เมื่อชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการผลิตเสร็จสิ้นจะถูกส่งไปยังส่วนที่ 2 เพื่อรอรถ AGV เดินทางมารับชิ้นงานไปยังสถานีถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 3.22

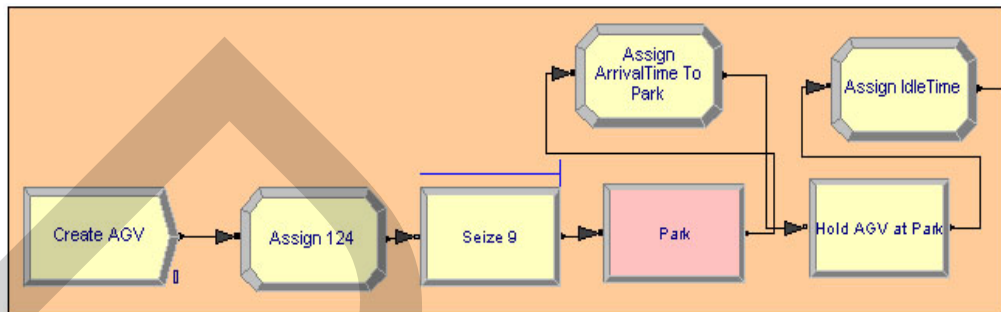


ภาพที่ 3.22 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 8 ทั้งหมด

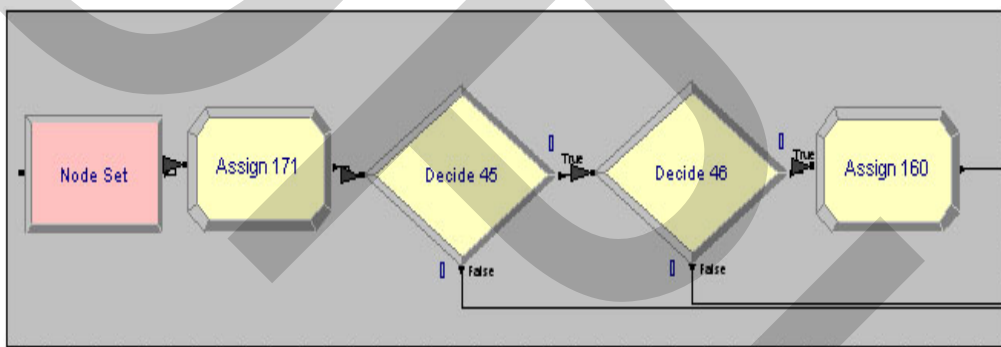
3.4.1.9 ส่วนที่ 9 เป็นส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างรถ AGV เข้าสู่ระบบ โดยในส่วนนี้จะกำหนดจำนวนรถ AGV และจุดที่รถ AGV จอดคือ จุด Park Station ซึ่งในจุด Park Station จะกำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการจอดรถ AGV ไว้ไม่เกิน 5 คัน และเมื่อมีการเรียกใช้งาน AGV จึงจะเดินทางจาก Park Station ไปยังสถานีที่เรียก ดังแสดงในภาพที่ 3.23



3.4.1.10 ส่วนที่ 10 เป็นส่วนในการกำหนดจุดตรวจสอบหรือสถานีระหว่างทาง (Node) ดังแสดงในภาพที่ 3.24

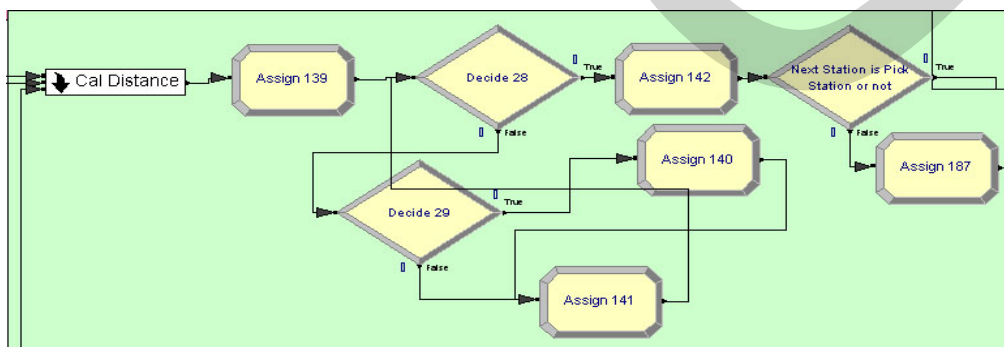


ภาพที่ 3.23 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 9 ทั้งหมด



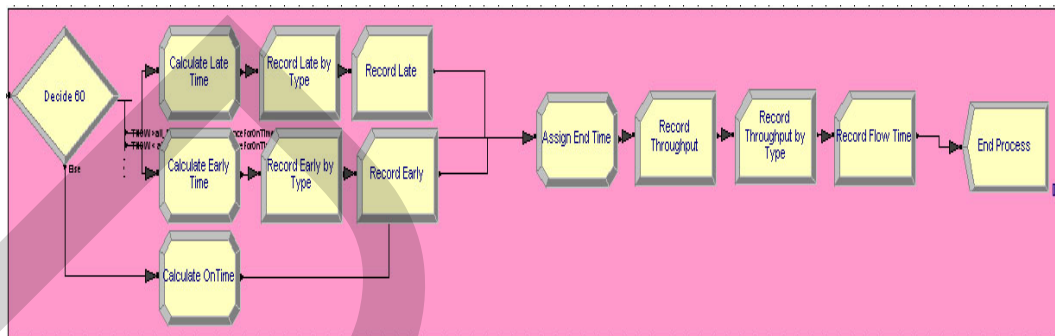
ภาพที่ 3.24 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 10 ทั้งหมด

3.4.1.11 ส่วนที่ 11 เป็นส่วนของ Logic ในการคำนวณระยะทางในการเดินทางที่สั้นที่สุด โดยจะเป็นส่วนที่ต่อเนื่องจากส่วนที่ 9 และส่วนที่ 10 ดังแสดงในภาพที่ 3.25



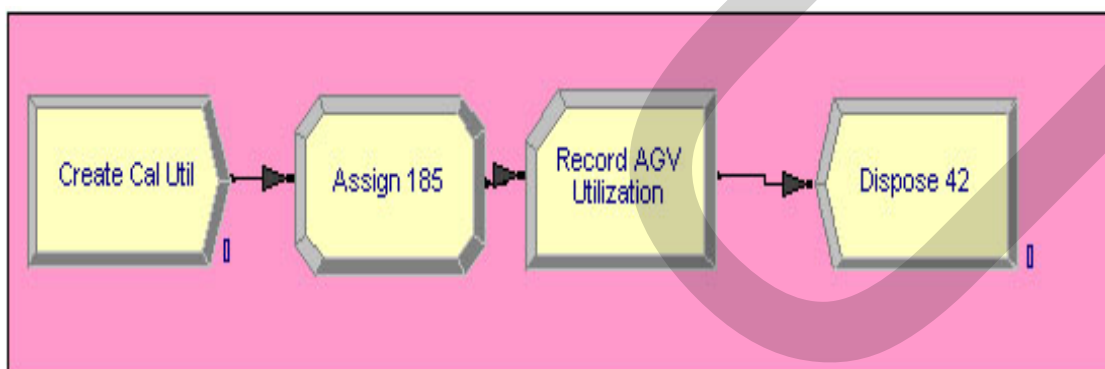
ภาพที่ 3.25 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 11 ทั้งหมด

3.4.1.12 ส่วนที่ 12 เป็นส่วนของ Logic ชุดคำสั่งที่ใช้คำนวณค่าวัดประสิทธิภาพ ในส่วนของ Earliness, Tardiness, Throughput และ Flow time ดังแสดงในภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 12 ทั้งหมด

3.4.1.13 ส่วนที่ 13 เป็นส่วนของ Logic ชุดคำสั่งคำนวณค่าวัดประสิทธิภาพของ AGV (AGV Utilization) เนื่องจากในการสร้างแบบจำลองปัญหาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างรถ AGV ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในส่วนที่ 9 ดังนั้นการคิดค่าวัดประสิทธิภาพ AGV (AGV Utilization) นั้น จึงต้องแยกการคำนวณ ไม่สามารถคำนวณรวมกับค่าวัดประสิทธิภาพแบบอื่นได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 ส่วนประกอบของโมดูลในส่วนที่ 13 ทั้งหมด

ทางด้านวิธีการทดลองนั้นจะใช้พื้นฐานของแบบจำลองปัญหาเดียวกัน แต่จะใช้วิธีเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรหรือค่าบางค่าบนชุดคำสั่ง (Block) เพื่อใช้สำหรับการทดลองด้วยกฎเกณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป โดยค่าที่ใช้เปลี่ยนแปลงกฎเกณฑ์ต่างๆ มีดังต่อไปนี้

3.4.1.14 การเลือกใช้จำนวนรถ AGV ที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยการเปลี่ยนค่าตัวแปรใน “var\_Number\_Of\_AGV” ในส่วนของ Space Sheet Variable โดยสามารถปรับเปลี่ยนได้ไม่เกิน 5 คัน

3.4.1.15 การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up Rules) ที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยการเปลี่ยนค่าตัวแปรใน “var\_PickRuleChosen” ในส่วนของ Space Sheet Variable โดยสามารถเปลี่ยนได้ 2 ระดับคือ 1 = FCFS และ 2 = SPNT

3.4.1.16 การเลือกใช้กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) ที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยการเปลี่ยนค่าตัวแปร “var\_DropRuleChosen” ในส่วนของ Space Sheet Variable โดยสามารถเปลี่ยนได้ 2 ระดับ คือ 1 = FCFS และ 2 = SPNT

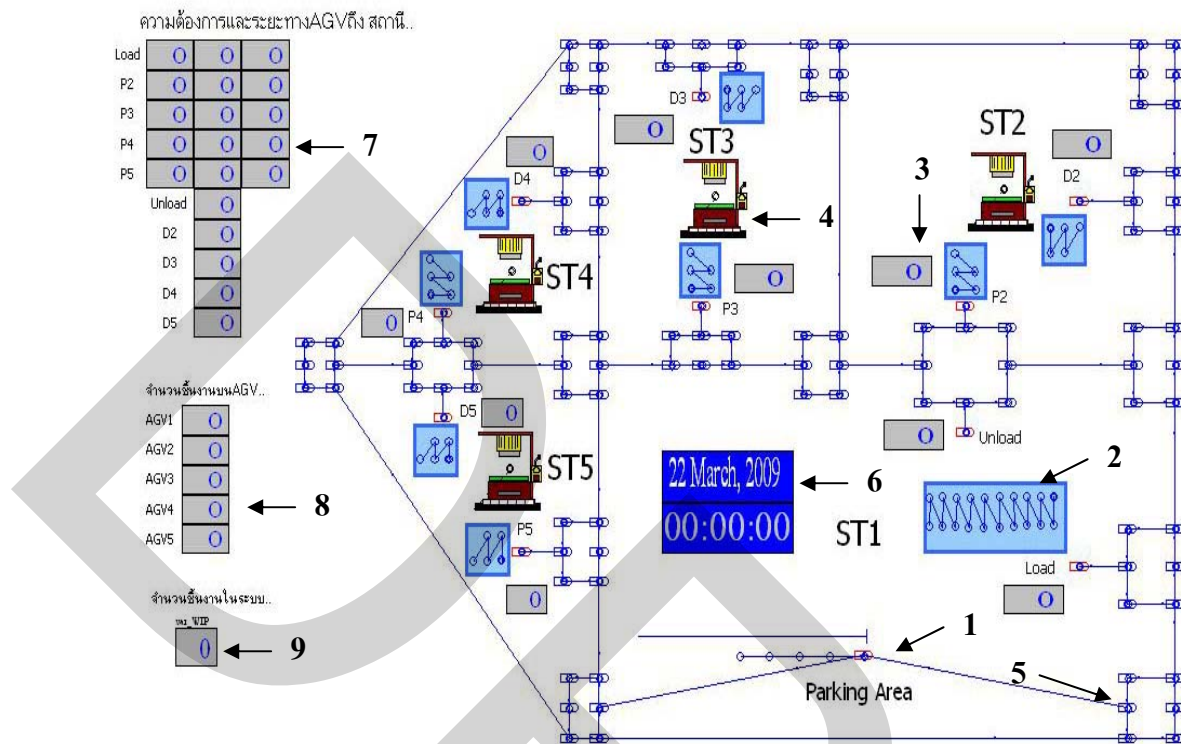
3.4.1.17 ในส่วนของลำดับของสถานีการผลิตของชิ้นงานในระบบสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยการเปลี่ยนค่าตัวแปรใน “var\_Routing” ในส่วนของ Space Sheet Variable แต่ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ต้องการศึกษาในส่วนของลำดับการผลิตของชิ้นงานจึงกำหนดค่านี้ไว้เป็นค่าคงที่

3.4.1.18 ในส่วนของเวลาในการผลิตของแต่ละสถานีการผลิตของชิ้นงานในระบบสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยการเปลี่ยนค่าตัวแปร “var\_Process\_Time” ในส่วนของ Space Sheet Variable แต่ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ต้องการศึกษาในส่วนของเวลาในการผลิตของแต่ละสถานีการผลิตของชิ้นงานจึงกำหนดค่านี้ไว้เป็นค่าคงที่

3.4.2 ในส่วนของ การแสดงผล โดยทั่วไปแล้วระบบที่ใช้ควบคุมการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีส่วนแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน เพื่อไว้ตรวจสอบความถูกต้องของระบบ เช่นเดียวกับแบบจำลองปัญหาที่ต้องมีส่วนของการแสดงผลประกอบการทำงานของระบบ ซึ่งลักษณะของส่วนการแสดงผลจะแสดงดังภาพที่ 3.28 โดยจะแสดงถึงรายละเอียดต่างๆ ที่อยู่บน Layout ของงานวิจัย ซึ่งจะมีสัญลักษณ์ และการแสดงค่าที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

3.4.2.1 จุดที่ 1 แสดงการจอดรถที่ Parking Area ซึ่งในจุดนี้จะเป็นจุดจอดรถ AGV โดยสามารถจอดรถ AGV ได้ไม่เกิน 5 คัน และในจุดนี้ยังเป็นจุดที่ให้รถ AGV สามารถเข้าและออกสถานี (Parking Area) ได้อีกด้วย

3.4.2.2 จุดที่ 2 แสดงจำนวนชิ้นงานที่เข้าและออกจากสถานีไม่ว่าจะเป็นสถานี Load หรือสถานี Work Station ต่างๆ โดยจะแสดงเป็นรูปชิ้นงานเรียงเข้ามาเป็นลำดับตามคิว



ภาพที่ 3.28 ส่วนของการแสดงผล

3.4.2.3 จุดที่ 3 แสดงจำนวนชิ้นงานที่เข้าและออกจากสถานีไม่ว่าจะเป็นสถานี Load หรือสถานี Work Station ต่างๆ แต่จะแตกต่างจากจุดที่ 2 โดยจะแสดงเป็นตัวเลข ทำให้เห็นจำนวนชิ้นงานที่เข้าและออกจากระบบได้ชัดเจน

3.4.2.4 จุดที่ 4 แสดงการทำงานของเครื่องจักรในแต่ละสถานีการผลิต โดยจะแสดงการทำงาน 3 รูปแบบคือ 1. เครื่องจักรว่างงาน 2. เครื่องจักรกำลังทำงาน และ 3. เครื่องจักรเสียและกำลังซ่อมแซม (Break Down)

3.4.2.5 จุดที่ 5 แสดงจุดตรวจสอบระหว่างทางหรือจุด Node ซึ่งจะแสดงในรูปแบบสี่เหลี่ยมสีน้ำเงินและมีวงกลมเล็กอยู่ตรงกลางในแต่ละจุด ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นจุดตรวจสอบตำแหน่งต่อไปที่ AGV จะเดินทาง รวมทั้งใช้เป็นจุดหยุดรอของรถ AGV เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของรถอีกด้วย

3.4.2.6 จุดที่ 6 แสดงวัน เดือน ปี และเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต โดยจะแสดงตั้งแต่ชิ้นงานเข้าสู่ระบบจนกว่าชิ้นงานจะออกสู่ Unload Station

3.4.2.7 จุดที่ 7 เป็นตารางแสดงความต้องการและระยะทางของ AGV ถึงสถานีต่างๆ เป็นตัวเลขโดยแต่ละแถวจะแสดงค่าต่างๆ ดังนี้

ก. แถวที่ 1 จะแสดงการเรียกใช้งานรถ AGV ในขณะที่มีชิ้นงานมารอที่จุด Pick-up ต่างๆ เป็นตัวเลข

ข. แถวที่ 2 จะแสดงระยะทางระหว่างจุดที่รถ AGV จอดอยู่กับสถานีปลายทางที่เรียกใช้งาน โดยจะแสดงระยะทางที่สั้นที่สุดเป็นตัวเลข

ค. แถวที่ 3 จะแสดงความต้องการในการจองรถ AGV เป็นตัวเลข

3.4.2.8 จุดที่ 8 แสดงจำนวนชิ้นงานบนรถ AGV โดยจะแสดงความจุของรถ AGV แต่ละคันอย่างชัดเจน โดยจะแสดงเป็นตัวเลข

3.4.2.9 จุดที่ 9 จะแสดงชิ้นงานที่ค้างอยู่ในระบบทั้งหมด (WIP) โดยจะแสดงเป็นตัวเลข

### 3.5 การออกแบบการทดลอง

การทดลองครั้งนี้จะใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยใช้โปรแกรม Arena 11.0 ซึ่งในการทดลองจะใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Full Factorial) โดยในการทดลองจะใช้รูปแบบผังโรงงานเพียงแบบเดียวและทำการเปลี่ยนแปลงปัจจัยจำนวนรถ AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานไปตามขอบเขตที่กำหนด ในขณะที่ความจุ AGV กฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV และกฎเกณฑ์การควบคุมทิศทางการวิ่งของ AGV แบบ 2 ทิศทางคงที่ ซึ่งปัจจัยที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการทดลองมีดังนี้

3.5.1 ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยจำนวนรถ AGV จาก 3 คันไปเป็น 5 คันตามลำดับ โดยที่กำหนดกฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน ความจุของ AGV และกฎเกณฑ์การควบคุม AGV วิ่ง 2 ทิศทางคงที่ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

3.5.2 ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานจากแบบ FCFS ไปเป็นแบบ SPNT ตามลำดับ โดยกำหนดกฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน กฎเกณฑ์การควบคุม AGV วิ่ง 2 ทิศทาง ความจุของ AGV และจำนวนรถ AGV คงที่ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

3.5.3 ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานจากแบบ FCFS ไปเป็นแบบ SPNT โดยกำหนดกฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน กฎเกณฑ์การควบคุม AGV วิ่ง 2 ทิศทาง ความจุของ AGV และจำนวนของ AGV คงที่ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

สรุป ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ปัจจัยในการทดลอง 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ดังนั้นจึงมีการทดลองทั้งหมด  $2 \times 2 \times 2 = 8$  การทดลอง โดยในการทดลองแต่ละครั้งจะกำหนดให้มีการทำซ้ำ (Replication) 5 ครั้งเท่ากับ  $8 \times 5$  เท่ากับ 40 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จากนั้นจะนำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab โดยค่าวัดประสิทธิภาพในการทดลองที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 6 ตัว ซึ่งจะแสดงความหมายไว้ในตารางที่ 3.3 ได้แก่

3.5.4 ผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) มีหน่วยที่วัดเป็นชิ้น โดยเป็นค่าเฉลี่ยที่ผลิตได้ภายใน 45 วัน

3.5.5 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow Time) หน่วยที่วัดเป็นชั่วโมง โดยเป็นเวลาที่เริ่มนับตั้งแต่ AGV หยิบชิ้นงานจาก Load Station จนกระทั่ง AGV ทำการวางชิ้นงานที่ Unload Station

3.5.6 จำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of Work-In-Process) หน่วยวัดเป็นชิ้น โดยเป็นค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นงานที่เหลืออยู่ในระบบ เมื่อทำงานครบ 45 วัน

3.5.7 ประสิทธิภาพการใช้งาน AGV (AGV Utilization) หน่วยวัดเป็น %

3.5.8 เวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness) หน่วยวัดเป็นชั่วโมง

3.5.9 เวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) หน่วยวัดเป็นชั่วโมง

ตารางที่ 3.2 ลำดับการทดลองทั้ง 8 รูปแบบ

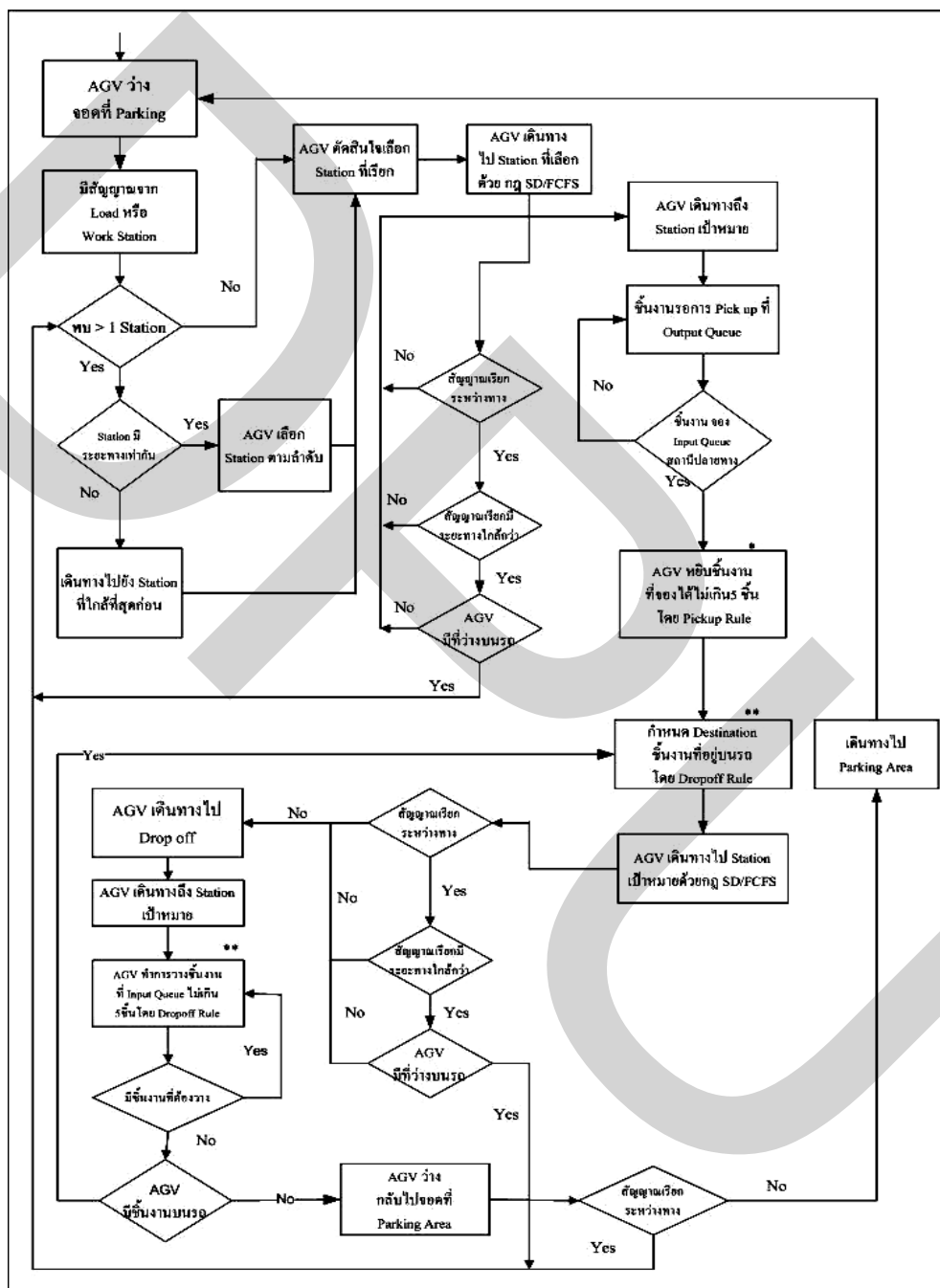
Number	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1.	FCFS	FCFS	3 ครั้ง
2.	FCFS	SPT	3 ครั้ง
3.	SPT	FCFS	3 ครั้ง
4.	SPT	SPT	3 ครั้ง
5.	FCFS	FCFS	5 ครั้ง
6.	FCFS	SPT	5 ครั้ง
7.	SPT	FCFS	5 ครั้ง
8.	SPT	SPT	5 ครั้ง

ตารางที่ 3.3 ประสิทธิภาพของระบบภายใต้ค่าประสิทธิภาพที่ใช้วัดผล

ค่าประสิทธิภาพที่ใช้วัดผล	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ประสิทธิภาพของระบบ
ผลผลิตที่ได้รับ (Throughput)	เพิ่มขึ้น ลดลง	ส่งผลดี ส่งผลเสีย
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow Time)	เพิ่มขึ้น ลดลง	ส่งผลเสีย ส่งผลดี
จำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of Work-In-Process)	เพิ่มขึ้น ลดลง	ส่งผลเสีย ส่งผลดี
ประสิทธิภาพการใช้งาน AGV (AGV Utilization)	เพิ่มขึ้น ลดลง	ส่งผลดี ส่งผลเสีย
เวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness)	เพิ่มขึ้น ลดลง	ส่งผลเสีย ส่งผลดี
เวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness)	เพิ่มขึ้น ลดลง	ส่งผลเสีย ส่งผลดี

การทดลองจะทำตามโฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) ดังภาพที่ 3.29 ซึ่งอธิบายเส้นทางการวิ่งของ AGV ดังนี้ เริ่มต้นที่ AGV วางและจอดอยู่ที่จุดจอดรถ (Parking Area) เมื่อมีสัญญาณเรียกจากสถานีรับชิ้นงาน (Load Station) หรือสถานีการผลิต (Work Station) ในกรณีพบมากกว่า 1 สถานี และสถานีที่เรียกมีระยะทางเท่ากัน AGV จะเลือกเดินทางไปยังสถานีที่เรียกตามลำดับ ในกรณีที่สถานีที่เรียกมีระยะทางไม่เท่ากัน AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่ใกล้ที่สุดก่อน และในกรณีที่พบเพียงสถานีเดียว AGV จะตัดสินใจเลือกเดินทางไปยังสถานีที่เรียกทันที จากนั้น AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียกด้วยกฎเกณฑ์ SD/FCFS โดยจะเดินทางผ่านจุดตรวจสอบระหว่าง Parking กับสถานีเป้าหมาย กรณีมีสัญญาณเรียกระหว่างทาง AGV จะทำการพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีที่เรียกกับสถานีปลายทางในทันทีคือจุด Pick-up ถ้าสถานีที่เรียกมีระยะทางใกล้กว่า และ AGV มีที่ว่าง AGV จะเดินทางไปยังสถานีที่เรียก แต่ถ้าสถานีปลายทางมีระยะทางใกล้กว่า AGV จะเดินทางไปยังสถานีปลายทางเช่นเดิม เมื่อ AGV เดินทางไปถึงสถานีเป้าหมาย AGV จะทำการตรวจสอบชิ้นงานว่าสามารถจองพื้นที่ว่างชิ้นงานที่สถานีปลายทาง (Destination) ได้หรือไม่ ถ้าจองได้ AGV จะทำการหยิบชิ้นงานที่จองสถานีปลายทางได้ขึ้นบนรถด้วยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pickup Rules)

โดยจะหยิบชิ้นงานได้ไม่เกิน 5 ชิ้น แต่ถ้าไม่สามารถจอดได้ชิ้นงานจะถูกวางไว้ที่เดิมจนกว่าชิ้นงานจะสามารถจอดสถานีปลายทาง (Destination) ได้แล้วจึงจะหยิบชิ้นงานดังกล่าว



\* กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน

\*\* กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน

ภาพที่ 3.29 โฟลว์ชาร์ท (Flow Chart) การทำงานของ AGV



เมื่อ AGV ทำการหยิบชิ้นงานจนเต็มความจุหรือจนกว่าจะไม่มีชิ้นงานให้หยิบ AGV จะทำการคำนวณสถานีปลายทาง (Destination) ของชิ้นงานที่อยู่บนตัวรถด้วยกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) จากนั้นจะเดินทางไปยังสถานีปลายทาง (Destination) โดยจะเดินทางผ่านจุดตรวจสอบระหว่างสถานีที่ AGV อยู่และสถานีปลายทาง ในที่นี้คือ สถานี Drop ชิ้นงาน โดยจะเดินทางไปด้วยกฎเกณฑ์ SD/FCFS ในระหว่างเดินทางไปยังสถานีปลายทาง เมื่อเดินทางผ่านจุดตรวจสอบใดๆ หากมีสัญญาณเรียกใช้งาน AGV จะทำการคำนวณระยะทางของสถานีปลายทาง (Destination) กับสถานีที่เรียกว่าสถานีใดมีระยะทางใกล้กว่ากัน หากพบว่าสถานีปลายทาง (Destination) มีระยะทางใกล้กว่าสถานีที่เรียก AGV จะเดินทางไปยังสถานีปลายทาง (Destination) ก่อน แต่ถ้าสถานีที่เรียกมีระยะทางใกล้กว่าสถานีปลายทาง AGV จะทำการตรวจสอบพื้นที่บนตัวรถก่อน ถ้า AGV ไม่มีพื้นที่ว่าง AGV จะเดินทางไปยังสถานีปลายทาง (Destination) เพื่อวางชิ้นงาน แต่ถ้า AGV มีพื้นที่ว่างจะเดินทางผ่านจุดตรวจสอบไปยังสถานีที่เรียก ในกรณีที่พบมากกว่า 1 สถานีจะทำการเลือกสถานีที่จะไป Pick-up ตามกฎเกณฑ์ข้างต้น โดยเดินทางด้วยกฎเกณฑ์ SD/FCFS เมื่อไปถึงจะดำเนินการขึ้นตอนตามที่กล่าวไว้แล้วในข้างต้น โดยการตรวจสอบชิ้นงานที่สามารถจองพื้นที่วางชิ้นงานที่สถานีปลายทาง (Destination) จากนั้นจะทำการหยิบชิ้นงานด้วยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pickup Rules) และกำหนดสถานีปลายทาง (Destination) ด้วยกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) ลักษณะการทำงานจะทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่า AGV จะเดินทางไปยังสถานีปลายทาง (Destination)

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้กล่าวถึงข้อกำหนดของระบบที่ใช้ในการทดลอง และหลักการทำงานของระบบตั้งแต่ชิ้นงานเข้าสู่สถานีรับชิ้นงาน (Load Station) จนถึงชิ้นงานออกมาสู่สถานีรับชิ้นงานสำเร็จรูป (Unload Station) โดยผู้วิจัยได้อธิบายในส่วนของกฎเกณฑ์การเลือกใช้งาน AGV และกฎเกณฑ์การควบคุม AGV ฝั่ง 2 ทิศทางในระบบ รวมทั้งได้อธิบายในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานของรถ AGV โดยมีการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงาน เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานเมื่อนำมาใช้ร่วมกัน ในส่วนของการทดลองผู้วิจัยได้อธิบายในส่วนของส่วนประกอบของแบบจำลองปัญหาและรูปแบบของการทดลองทั้ง 40 รูปแบบ รวมทั้งกำหนดค่าวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ โดยจะนำผลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab โดยจะกล่าวโดยละเอียดในบทต่อไป

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

จากบทที่ 3 ผู้วิจัยได้กล่าวถึงวิธีการออกแบบการทดลองและส่วนประกอบของปัจจัยที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้นำปัจจัยที่กำหนดไปทำการทดลองเชิงแฟกทอเรียล จากนั้นทำการเก็บรวบรวมผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จากการทดลองแบบจำลองปัญหาไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้วิธีการทางด้านสถิติ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

4.2 การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง

#### 4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

จากที่กล่าวในข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยโดยใช้วิธีการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ซึ่งมีรูปแบบการทดลองทั้งหมด 40 การทดลอง โดยนำผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดไปใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ รวมทั้งนำผลที่ได้จากการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่ใช้ในการทดลองนำไปเปรียบเทียบ โดยการเปรียบเทียบจากค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบในด้านต่างๆ ว่าค่าที่ได้จะส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้จะใช้ตารางค่า P - value ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยค่าที่ได้จากตาราง P - value ที่มีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่ามีการปรับเปลี่ยนระดับของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองมีค่า P - Value ดังแสดงในตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าปัจจัยทางด้านจำนวนรถ AGV (Number of AGV) จะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญ โดยในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up) และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off) จะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของ AGV (AGV Utilization) เพียงค่าเดียว นอกจากปัจจัยหลักทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในส่วนของปัจจัยร่วม โดยในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ผลการทดลองจากตารางค่า P - Value สรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมทุกปัจจัยไม่ว่าจะเป็น ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน จำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน หรือกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์

การวางชิ้นงานพบว่า ค่าที่ได้จะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของรถ AGV (AGV Utilization) เพียงค่าเดียวเช่นกัน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กล่าวถึงรายละเอียดของปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วมไว้ในหัวข้อที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยที่ได้ทำการทดลอง

ตารางค่า P ของค่าวัดประสิทธิภาพ						
ปัจจัย	AGV Utilization	Flow time	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
จำนวนรถ AGV	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	0.361	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	0.760	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	0.760	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.023*
จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	0.760	0.000*	0.231	0.000*	0.000*	0.000*
กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	0.760	0.000*	0.020*	0.000*	0.000*	0.004*

หมายเหตุ: \* หมายความว่า ปัจจัยดังกล่าวส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ

#### 4.2 การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เกิดจากการทดลองปัจจัยหลักทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ จำนวนรถ AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน รวมทั้งการพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบแตกต่างกันออกไป โดยสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

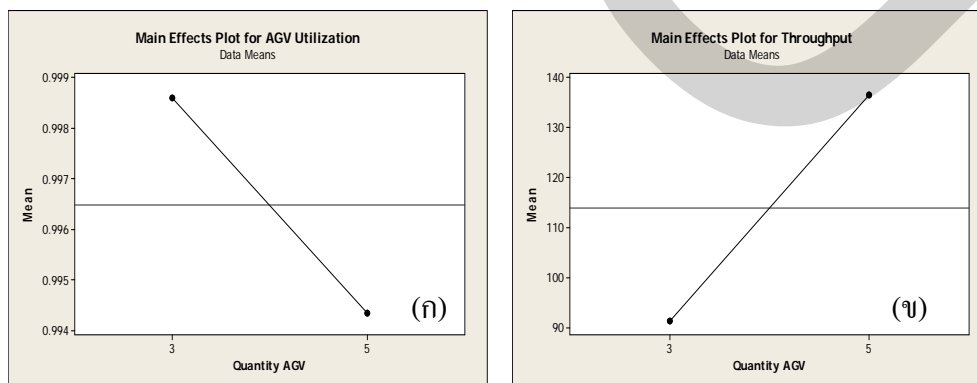
4.2.1 ปัจจัยด้านจำนวนรถ AGV (Number of AGV) เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 โดยปริมาณการใช้จำนวนรถ AGV ที่ลดลงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1 (ก) เนื่องจากในระบบการผลิตมีการเรียกใช้งานรถ AGV อย่างต่อเนื่อง ปริมาณการใช้งานรถ AGV ที่ลดลงทำให้รถ AGV สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตลอดเวลา โดยไม่มีการหยุดพักจึงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของรถเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้จำนวนรถ AGV ที่ลดลงยังส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่า

กำหนดรวม (Earliness) มีค่าวัดประสิทธิภาพที่ดีกว่าการเพิ่มจำนวนรถ AGV ในระบบ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนรถ AGV ในระบบทำให้สามารถผลิตสินค้าได้เสร็จเร็วกว่ากำหนดมากขึ้น แต่ในการทำงานที่มีสินค้าเสร็จเร็วกว่ากำหนดมากขึ้นทำให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนรถ AGV ทำให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) และค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) มีค่าลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) มีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนรถ AGV ในระบบทำให้สามารถขนส่งชิ้นงานได้รวดเร็วมมากขึ้น จึงส่งผลให้สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้นและระยะเวลาในการผลิตชิ้นงาน รวมทั้งชิ้นงานที่ค้างในระบบลดลงซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 4.1 (ข)

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยจำนวนรถ AGV

ปัจจัยหลัก	AGV Utilization	Mean Flow time	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
จำนวนรถ AGV	(%)	(ชั่วโมง)	(ชิ้น)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชิ้น)
3	99.86(1)	23.76(2)	44.65(2)	186.68(1)	180.63(2)	91.2(2)
5	99.43(2)	16.09(1)	44.50(1)	896.97(2)	7.60(1)	136.65(1)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ



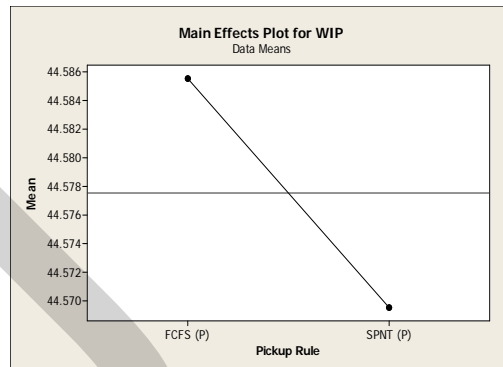
ภาพที่ 4.1 กราฟปัจจัยจำนวนรถ AGV ที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

4.2.2 ปัจจัยด้านกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up Rules) เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ ด้าน ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.3 โดยในการเปรียบเทียบกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานพบว่า การใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness) ลดลงและค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้นมากกว่ากฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT เนื่องจากในระบบการผลิต การผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น ในส่วนของผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานทั้ง 2 แบบอาจให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในทางทฤษฎีถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) และค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) ลดลงดีกว่ากฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS เนื่องจากกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT เป็นกฎเกณฑ์ที่ทำให้รถ AGV เลือกหยิบชิ้นงานจากระยะเวลาการทำงานที่สั้นที่สุดของชิ้นงานในสถานีถัดไป การเลือกหยิบชิ้นงานที่มีระยะเวลาการทำงานที่สั้นที่สุดก่อน ทำให้ระบบสามารถขนถ่ายชิ้นงานได้รวดเร็วมากขึ้น ทำให้ระยะเวลาเฉลี่ยในการผลิต และจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบลดลง ส่งผลให้สามารถผลิตสินค้าได้ทันเวลามากขึ้น ซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 4.2 อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบใดก็ตามจะไม่ส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการใช้งานรถ AGV ในระบบ

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน

ปัจจัยหลัก	AGV	Mean	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	Utilization (%)	Flow time (ชั่วโมง)	(ชิ้น)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชิ้น)
FCFS	99.66(1)	20.25(2)	44.59(2)	541.42(1)	99.10(2)	115.35(1)
SPNT	99.64(1)	19.60(1)	44.57(1)	542.23(2)	89.19(1)	112.50(2)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ



ภาพที่ 4.2 กราฟปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

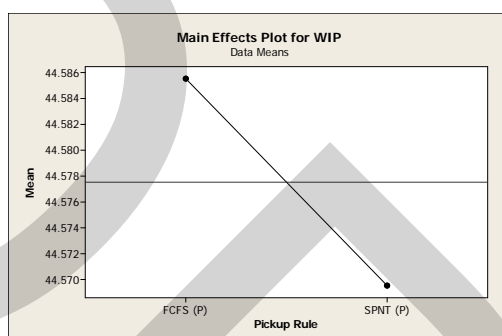
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน

ปัจจัยหลัก	AGV	Mean	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	Utilization (%)	Flow time (ชั่วโมง)	(ชิ้น)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชิ้น)
FCFS	99.65(1)	20.25(2)	44.59(2)	509.97(1)	105.58(2)	111.60(2)
SPNT	99.64(1)	19.60(1)	44.56(1)	573.67(2)	86.67(1)	116.25(1)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

4.2.3 ปัจจัยด้านกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ ด้าน ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.4 โดยในการเปรียบเทียบกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานพบว่า การเลือกใช้กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) ลดลงและผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้น ดีกว่ากฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS เนื่องจากกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะกำหนดให้รถ AGV ทำการวางชิ้นงานจากระยะเวลาในการทำงานที่สั้นที่สุดของสถานีถัดไป จะทำให้ระบบการผลิตสามารถผลิตชิ้นงานได้จำนวนมากขึ้น และทำให้งานเสร็จก่อนกำหนดมากขึ้น ด้วย เนื่องจากชิ้นงานจะถูกส่งเข้ากระบวนการผลิตตามระยะเวลาจากน้อยไปหามาก และยังช่วยลดระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตอีก ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ในส่วนค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็ว

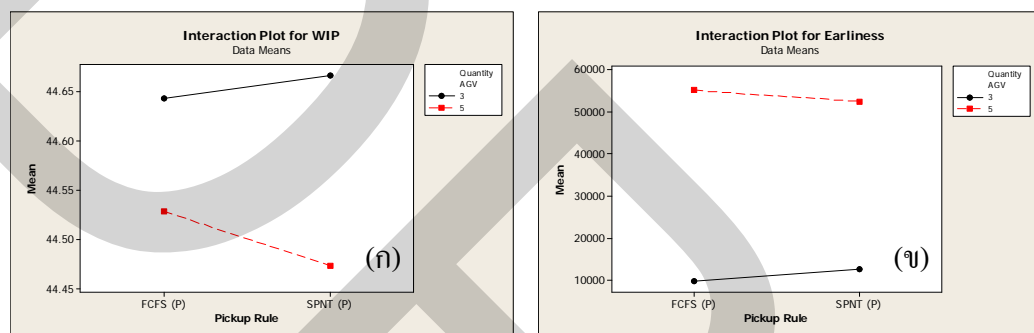
กว่ากำหนดรวม (Earliness) กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS ให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลางานเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวมลดลง ดีกว่ากฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT เนื่องจากการผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเลือกใช้กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบใดก็ตามจะไม่ส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการใช้งานรถ AGV ในระบบ



ภาพที่ 4.3 กราฟปัจจัยกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

4.2.4 ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Number of AGV x Pick-up Rules) ปรากฏว่า ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) ดังตารางที่ 4.5 ซึ่งแตกต่างกับตารางค่า P - value ในตารางที่ 4.1 เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงจำนวนรถ AGV จากตารางที่ 4.2 ที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกค่าในระบบ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน จึงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยการลดจำนวนรถ AGV ในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบใดก็ตามจะทำให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) เพิ่มขึ้น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) และค่าวัดประสิทธิภาพเวลาดำช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) การเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ลดลงดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.4 (ก) เนื่องจากจำนวนรถ AGV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อนำมาใช้ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่จะเลือกหยิบชิ้นงานจากรยะเวลาทำงานสถานีถัดไปที่สั้นที่สุด ทำให้ลดระยะเวลาในการผลิตจึงส่งผลให้สามารถผลิต

ชิ้นงานได้ทันเวลามากขึ้น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) การเลือกจำนวนรถ AGV แบบ 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้นดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้เมื่อมีการเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 3 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS จะส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness) ลดลงดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV และกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.4 (ข) เนื่องจากการผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น



ภาพที่ 4.4 กราฟปัจจัยร่วมจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากการใช้ปัจจัยจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน

ปัจจัยร่วม	AGV	Mean	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์ การหยิบชิ้นงาน	Utilization (%)	Flow time (ชั่วโมง)	(ชิ้น)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชิ้น)
3 คัน - FCFS	99.87(1)	24.22(4)	44.64(3)	163.78(1)	184.82(4)	92.30(3)
5 คัน - FCFS	99.44(2)	16.62(2)	44.53(2)	919.05(4)	13.29(2)	138.40(1)
3 คัน - SPNT	99.85(1)	23.29(3)	44.67(4)	209.58(2)	176.47(3)	90.10(4)
5 คัน - SPNT	99.43(2)	15.90(1)	44.47(1)	874.88(3)	1.91(1)	134.90(2)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ



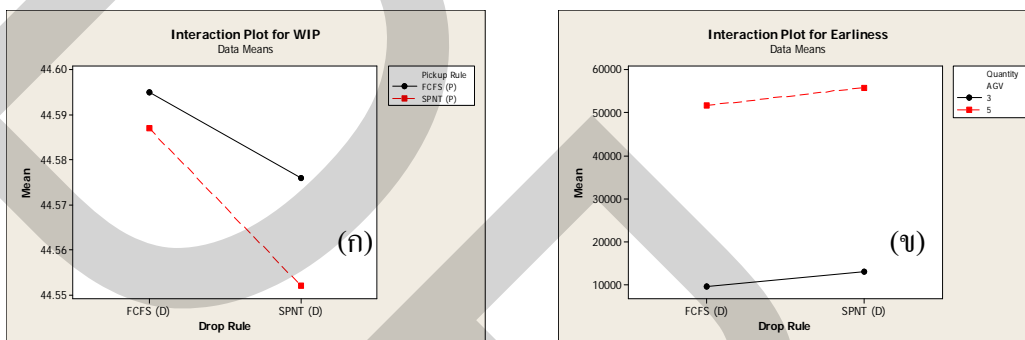
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน

ปัจจัยร่วม	AGV	Mean	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์ การวางชิ้นงาน	Utilization (%)	Flow time (ชั่วโมง)	(ชิ้น)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชิ้น)
3 คัน - FCFS	99.86(1)	24.39(4)	44.67(4)	157.65(1)	211.05(4)	90.40(4)
5 คัน - FCFS	99.44(2)	16.12(2)	44.52(2)	862.30(3)	0.10(1)	132.80(2)
3 คัน - SPNT	99.86(1)	23.12(3)	44.64(3)	215.72(2)	150.24(3)	92(3)
5 คัน - SPNT	99.43(2)	16.07(1)	44.48(1)	931.63(4)	15.10(2)	140.50(1)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

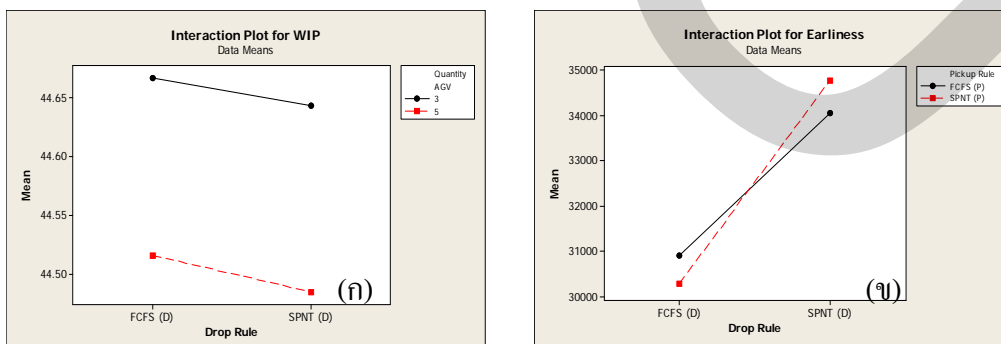
4.2.5 ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Number of AGV x Drop-off Rules) ปรากฏว่า ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) และค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (WIP) ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งจะแตกต่างกับตารางค่า P - value ในตารางที่ 4.1 เนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงจำนวนรถ AGV จากตารางที่ 4.2 ที่ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกค่าในระบบ เมื่อนำมาใช้ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานจึงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยการลดจำนวนรถ AGV ในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบใดก็ตามจะทำให้ค่าวัดประสิทธิภาพในการใช้งานรถ AGV (AGV Utilization) เพิ่มขึ้น ในขณะที่การเลือกใช้งานรถ AGV 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะทำให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) ลดลงและค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้นดีกว่าการเลือกใช้งานรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.5 (ก) เนื่องจากจำนวนรถ AGV ที่เพิ่มขึ้นเมื่อนำมาใช้ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่จะเลือกวางชิ้นงานจากระยะเวลาทำงานสถานีถัดไปที่สั้นที่สุด ทำให้ลดระยะเวลาในการผลิตและสามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มมากขึ้น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) การเลือกใช้งานรถ AGV แบบ 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะให้

ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) ลดลงดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้เมื่อมีการเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 3 คัน ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม (Earliness) ลดลง ดีกว่าการเลือกจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.5 (ข) เนื่องจากการผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น



ภาพที่ 4.5 กราฟปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

4.2.6 ปัจจัยร่วมระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Pick-up x Drop-off Rules) ปรากฏว่าปัจจัยร่วมระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน ส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทุกๆ ค่าอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.7



ภาพที่ 4.6 กราฟปัจจัยร่วมระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานที่ส่งผลต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบ

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและลำดับของค่าวัดประสิทธิภาพจากปัจจัยกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน

ปัจจัยร่วม	AGV	Mean	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	Utilization (%)	Flow time (ชั่วโมง)	(ชิ้น)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง)	(ชิ้น)
FCFS(P) – FCFS(D)	99.66(1)	20.46(3)	44.60(3)	515.12(2)	106.29(4)	112.60(3)
FCFS(P) – SPNT(D)	99.65(1)	20.04(2)	44.57(2)	567.72(3)	91.82(2)	118.10(1)
SPNT(P) – FCFS(D)	99.64(1)	20.05(2)	44.59(3)	504.83(1)	104.86(3)	110.60(4)
SPNT(P) – SPNT(D)	99.64(1)	19.15(1)	44.55(1)	579.63(4)	73.51(1)	114.40(2)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงลำดับที่ส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

จากตารางที่ 4.7 ค่าวัดประสิทธิภาพระหว่างจำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับตารางค่า P - value ในตารางที่ 4.1 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานรถ AGV ในระบบ จึงส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งาน AGV (AGV Utilization) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต (Mean Flow time) ค่าวัดประสิทธิภาพจำนวนชิ้นงานที่ค้างในระบบ (Number of WIP) และค่าวัดประสิทธิภาพเวลาล่าช้ารวมที่เกิดขึ้น (Tardiness) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ลดลงดีกว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.6 (ก) เนื่องจากกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานและกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะทำการหยิบและวางชิ้นงานจากระยะเวลาการทำงานของชิ้นงานที่สั้นที่สุดในสถานีถัดไป ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการผลิตและสามารถผลิตชิ้นงานได้ทันเวลามากขึ้น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้รับ (Throughput) เพิ่มขึ้น ดีกว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้เมื่อมีการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพเวลาเสร็จเร็วกว่า

กำหนดรวม (Earliness) ลดลงดีกว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่นดังภาพที่ 4.6 (ข) เนื่องจากการผลิตชิ้นงานให้เสร็จทันเวลาพอดีสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าได้มากขึ้น

ในส่วนของบทที่ 4 ผู้วิจัยได้นำเสนอในส่วนของ การแสดงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองจากปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย โดยแสดงผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้งหมด รวมถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองทางด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้วิจัยจะกล่าวถึงในบทต่อไป

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ต้องการศึกษาผลกระทบจากปัจจัยที่ใช้ในการควบคุมการทำงานในระบบการผลิตที่ใช้รถ AGV ในการขนถ่ายวัสดุ ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าปัจจัยที่ใช้ในการทดลองทุกค่าส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพของระบบในทุกๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญ ดังข้อสรุปในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การสรุปผลจากปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยในการทดลอง	AGV Utilization	Flow time	WIP	Earliness	Tardiness	Throughput
จำนวนรถ AGV (ที่เพิ่มขึ้น)	ส่งผลเสีย	ส่งผลดี	ส่งผลดี	ส่งผลเสีย	ส่งผลดี	ส่งผลดี
จำนวนรถ AGV (ที่ลดลง)	ส่งผลดี	ส่งผลเสีย	ส่งผลเสีย	ส่งผลดี	ส่งผลเสีย	ส่งผลเสีย
กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	ไม่แตกต่าง	SPNT ส่งผลดี	SPNT ส่งผลดี	FCFS ส่งผลดี	SPNT ส่งผลดี	FCFS ส่งผลดี
กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	ไม่แตกต่าง	SPNT ส่งผลดี	SPNT ส่งผลดี	FCFS ส่งผลดี	SPNT ส่งผลดี	SPNT ส่งผลดี
จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน	3 คัน - FCFS/ 3 คัน - SPNT ส่งผลดี	5 คัน - SPNT ส่งผลดี	5 คัน - SPNT ส่งผลดี	3 คัน - FCFS ส่งผลดี	5 คัน - SPNT ส่งผลดี	5 คัน - FCFS ส่งผลดี
จำนวนรถ AGV x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	3 คัน - FCFS/ 3 คัน - SPNT ส่งผลดี	5 คัน - SPNT ส่งผลดี	5 คัน - SPNT ส่งผลดี	3 คัน - FCFS ส่งผลดี	5 คัน - FCFS ส่งผลดี	5 คัน - SPNT ส่งผลดี
กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน x กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน	ไม่แตกต่าง	SPNT(P) - SPNT(D) ส่งผลดี	SPNT(P) - SPNT(D) ส่งผลดี	SPNT(P) - FCFS(D) ส่งผลดี	SPNT(P) - SPNT(D) ส่งผลดี	FCFS(P) - SPNT(D) ส่งผลดี

จากตารางที่ 5.1 ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ จำนวนรถ AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบปัจจัยแต่ละปัจจัยที่ได้ทำการทดลองหรือปัจจัยร่วม ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 ปัจจัยแรกคือ จำนวนรถ AGV (Number of AGV) ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองการเพิ่มและลดจำนวนของรถ AGV ภายในระบบ ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ว่า

5.1.1.1 กรณีการเพิ่มจำนวนของรถ AGV ในระบบ ปรากฏว่าจะส่งผลเสียต่อค่าวัดประสิทธิภาพของ AGV Utilization และ Earliness แต่กลับส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพของ Flow time, Number of WIP, Tardiness และ Throughput ในระบบ

5.1.1.2 กรณีการลดจำนวนของรถ AGV ในระบบ ปรากฏว่าจะส่งผลดีต่อค่าวัดประสิทธิภาพของ AGV Utilization และ Earliness แต่กลับส่งผลเสียต่อค่าวัดประสิทธิภาพของ Flow time, WIP, Tardiness และ Throughput ในระบบ

5.1.2 ปัจจัยที่สองคือ กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Pick-up Rules) ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองวิธีการหยิบชิ้นงาน 2 แบบ ได้แก่ แบบ FCFS และแบบ SPNT โดยผลการทดลองที่ได้คือ กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ Flow time, Number of WIP และ Tardiness ในระบบดีกว่ากฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS แต่ในส่วนค่าวัดประสิทธิภาพ Earliness และ Throughput กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS กลับให้ค่าวัดประสิทธิภาพที่ดีกว่ากฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพ AGV Utilization กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานทั้ง 2 รูปแบบจะให้ค่าวัดประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน

5.1.3 ปัจจัยที่สามคือ กฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองวิธีการวางชิ้นงาน 2 แบบ ได้แก่ แบบ FCFS และแบบ SPNT โดยผลการทดลองที่ได้คือ กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ Flow time, Number of WIP, Tardiness และ Throughput ในระบบดีกว่ากฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS แต่ในส่วนค่าวัดประสิทธิภาพ Earliness กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS กลับให้ค่าวัดประสิทธิภาพที่ดีกว่ากฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพ AGV Utilization กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานทั้ง 2 รูปแบบจะให้ค่าวัดประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำปัจจัยที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ปัจจัยมาเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ทราบว่าปัจจัยร่วมแบบใดที่ให้ค่าวัดประสิทธิภาพในงานวิจัยครั้งนี้ดีที่สุดต่อระบบ โดยมีปัจจัยร่วมที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ จำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน จำนวนรถ

AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน และกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.4 ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน (Number of AGV x Pick-up Rules) ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้จำนวนรถ AGV 3 และ 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน 2 แบบได้แก่ แบบ FCFS และแบบ SPNT ผลการทดลองสรุปได้ว่าการเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 3 คันในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานทั้ง 2 แบบ จะส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ AGV Utilization สูงกว่าการเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 5 คัน ในขณะที่การเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 5 คันในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ Flow time, Number of WIP และ Tardiness ดีกว่าการเลือกใช้รถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพ Earliness การเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 3 คันในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีกว่าการเลือกใช้จำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้การเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 5 คันในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ Throughput ดีกว่าการเลือกใช้จำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบอื่น

5.1.5 ปัจจัยร่วมระหว่างจำนวนรถ AGV กับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Number of AGV x Drop-off Rules) ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้จำนวนรถ AGV 3 และ 5 คันร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน 2 แบบได้แก่ แบบ FCFS และแบบ SPNT ผลการทดลองสรุปได้ว่าการเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 3 คันในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานทั้ง 2 แบบ จะส่งผลให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ AGV Utilization สูงกว่าการเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 5 คัน ในขณะที่การเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 5 คันในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ Flow time, Number of WIP และ Throughput ดีกว่าการเลือกใช้รถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น ในส่วนของค่าวัดประสิทธิภาพ Earliness การเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 3 คันในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพดีกว่าการเลือกใช้จำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้การเลือกใช้จำนวนรถ AGV แบบ 5 คันในระบบร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ Tardiness ดีกว่าการเลือกใช้จำนวนรถ AGV ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น

5.1.6 ปัจจัยร่วมระหว่างกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Pick-up Rules x Drop-off Rules) ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน 2 แบบ

ได้แก่ แบบ FCFS และแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน 2 แบบเช่นกัน ได้แก่ แบบ FCFS และแบบ SPNT ผลการทดลองสรุปได้ว่า การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ Flow time, Number of WIP และ Tardiness ดีกว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น ในส่วนของการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ SPNT ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ FCFS จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพของ Earliness ดีที่สุดในระบบ ในขณะที่การเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานแบบ FCFS ร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพ Throughput ดีกว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานร่วมกับกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบอื่น นอกจากนี้ไม่ว่าจะเลือกใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานหรือกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบใดก็ตามจะให้ค่าวัดประสิทธิภาพ AGV Utilization ไม่แตกต่างกัน

สรุป จากการทดลองการเลือกใช้ปัจจัยจำนวนรถ AGV กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน และกฎเกณฑ์การวางชิ้นงานในระบบ ปรากฏว่าจำนวนรถ AGV ที่เปลี่ยนแปลง จะส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพในระบบทุกค่าอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในส่วนของกฎเกณฑ์การหยิบและวางชิ้นงานแบบ SPNT จะให้ค่าวัดประสิทธิภาพในระบบดีกว่าแบบ FCFS อย่างไรก็ตามการสร้างกฎเกณฑ์ใหม่ขึ้นมาสามารถสะท้อนให้เห็นถึงข้อบกพร่องในการพิจารณาการจัดลำดับงาน โดยสามารถนำกฎเกณฑ์ดังกล่าวไปพัฒนาสู่กฎเกณฑ์ใหม่ๆ ได้อีกด้วย

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาการปรับเปลี่ยนกฎเกณฑ์ในการขนส่งชิ้นงานให้เหมาะสมกับสถานะของระบบการผลิต

5.2.2 ควรมีการศึกษาทดลองกฎเกณฑ์ในการหยิบและวางชิ้นงานที่ซับซ้อนมากขึ้น

5.2.3 ควรมีการพัฒนากฎเกณฑ์ในการขนส่งชิ้นงานที่เหมาะสมกับการวิ่งของ AGV แบบ 2 ทิศทาง

5.2.4 ควรมีการทดลองปรับค่า Distribution Functions ในส่วนต่างๆ ของแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับระบบการทำงานจริงมากขึ้น เช่น เวลาในการเลือกหยิบและวางชิ้นงานแต่ละชิ้น

5.2.5 ควรมีการพัฒนากฎเกณฑ์ในการป้องกันการชนกันของ AGV ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการลดเวลารอคอยในการใช้เส้นทาง

5.2.6 ในการวิจัยต่อไปในอนาคตควรใช้โปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมในการพัฒนาแบบจำลอง





บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

#### หนังสือ

ปารเมศ ชุตินา. (2546). **เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ. (2551). **คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น,

#### วิทยานิพนธ์

กวินธร สัยเจริญ. (2546). การหาปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนโซ่จักรยานยนต์ที่เหมาะสมโดยใช้รถ AGV. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชญานี มีทรัพย์หลาก. (2546). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นภายใต้สภาวะการเร่งงาน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรเดช วุฒิพรพันธ์. (2540). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง จำนวน ความจุ กฎเกณฑ์ในการควบคุม AGV และแผนผังของโรงงานต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิต. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปารเมศ ชุตินา. (2544). **ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงศ์เทพ ดวงมาศ. (2540). การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจวี. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ไพศาล กุระมะสุวรรณ. (2541). ผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ของ AGV ที่มีความจุมากกว่า 1 ชั้น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

#### สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

โกศล ดิสิลธรรม. (2553, 4 มกราคม). กลยุทธ์สร้างความเชื่อมั่น การบำรุงรักษา. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2553, จาก [http://www.todayissoftware.com/isweb/index.php?option=com\\_content&view=article&id=167:2010-01-19-04-47-44&catid=62:maintenance&Itemid=62](http://www.todayissoftware.com/isweb/index.php?option=com_content&view=article&id=167:2010-01-19-04-47-44&catid=62:maintenance&Itemid=62)

จักรีนฤเบศร (ครองเวหา ครองนที จักรีนฤเบศร) ต.911. (2553, 13 มกราคม). สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2553. จาก <http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=nuttavut&month=13-01-2010&group=7&gblog=12>

ธรรมศร สง่าพันธ์. การขึ้นรูปโลหะ (Metal Forming). มปป. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2553, จาก <http://pirun.ku.ac.th/~b4755160>

บริษัท ดอลลาร์ริช จำกัด. การออกแบบและวางผังโรงงาน. มปป. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2553. จาก [http://www.dollarsrich.com/pdf/other1/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95\\_%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88\\_10\\_layout.ppt](http://www.dollarsrich.com/pdf/other1/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95_%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88_10_layout.ppt)

พงษ์พันธ์ หิรินทรานุกูล. (2552, 17 กรกฎาคม). Concept control outsource process production of Dynamics ax. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2553, จาก [http://cid-26f550f84ae6f2bf.spaces.live.com/?\\_c11\\_BlogPart\\_BlogPart=blogview&\\_c=BlogPart&partqs=amonth%3d7%26ayear%3d2009](http://cid-26f550f84ae6f2bf.spaces.live.com/?_c11_BlogPart_BlogPart=blogview&_c=BlogPart&partqs=amonth%3d7%26ayear%3d2009)

รถขนถ่ายลำเลียงอัตโนมัติ (Automated Material Handling). มปป. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2553. จาก [www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson\\_000236.ppt](http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson_000236.ppt)

## ภาษาอังกฤษ

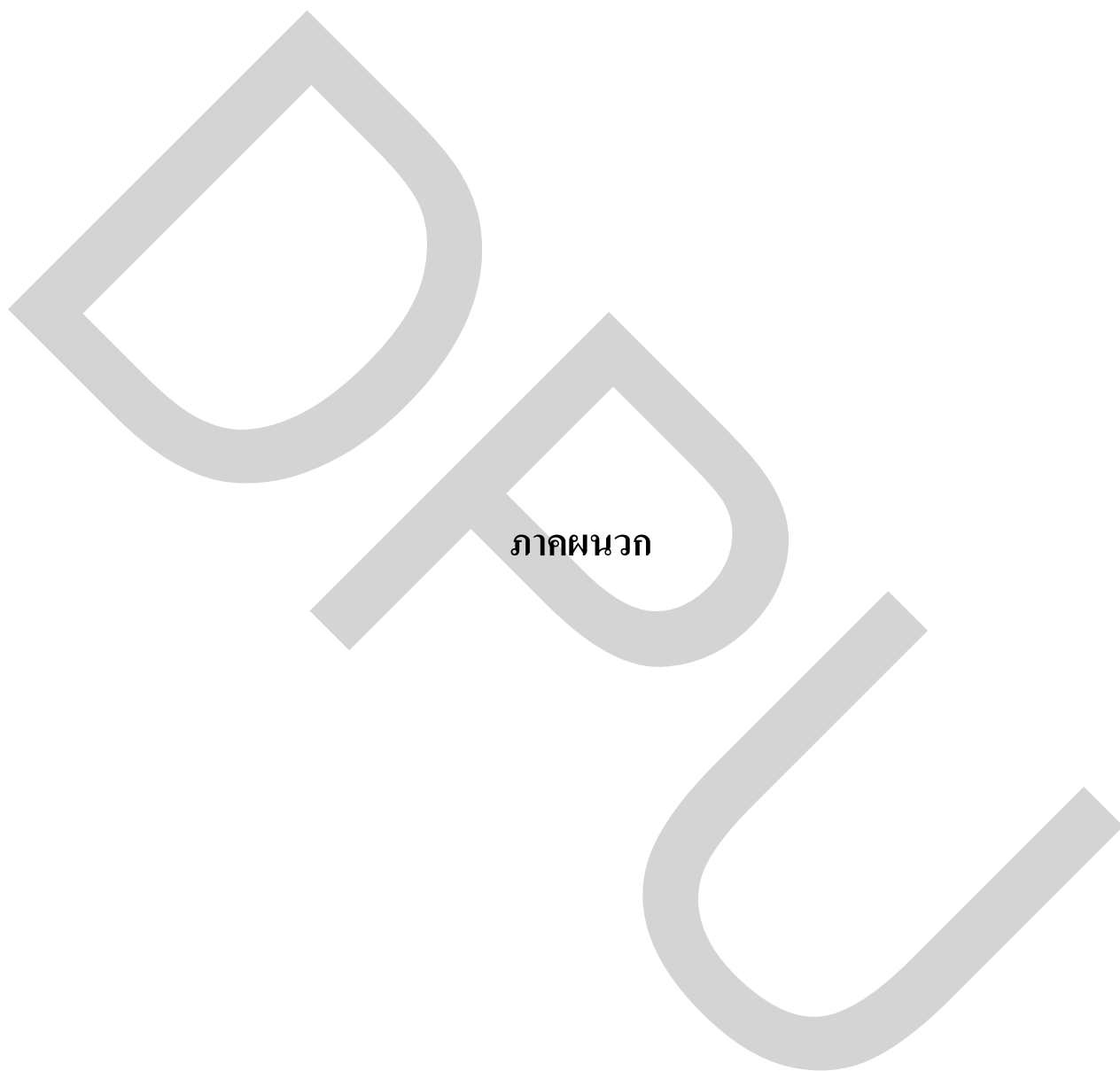
## BOOKS

- Joseph Y-T. Leung. (2004). **Handbook of Scheduling**. America, CHAPMAN & HALL/CRC.
- Systems Modeling Corporation. (1994). **SIMAN V Reference**. Sewickley, The Park Building.
- W. David Kelton, Randall P. Sadowski and David T. Sturrock. (2007). **Simulation with Arena**.  
New York, McGraw-Hill.

## ARTICLES

- B. S. P. Reddy and C. S. P. Rao. (2006 March). "A hybrid multi-objective GA for simultaneous scheduling of machines and AGVs in FMS". **International Journal Advance Manufacturing Technology**. pp. 602-613.
- B. S. P. Reddy and C. S. P. Rao. (2006). "A hybrid multi-objective GA for simultaneous scheduling of machines and AGVs in FMS". **International Journal Advance Manufacturing Technology**. 31, 602-613 DOI 10.1007/s00170-005-0223-6.
- International Journal of Flexible Manufacturing System**. 11, pp. 271 – 289.
- B. Mahadevan and T. T. Narendran. (1994). "A hybrid modeling approach to the design of an AGV-based material handling system for an FMS". **Taylor and Francis Ltd**. 32, pp. 2015-2030
- C. C. Lee and J. T. Lin. (1995). "Deadlock prediction and avoidance based on Petri nets for zone-control automated guided vehicle systems". **Taylor and Francis Ltd**. 33, pp. 3249-3265
- F. T. S. Chan. (2003). "Effect of Dispatching and Routeing Decisions on the Performance of a Flexible Manufacturing System". **International Journal of Advance Manufacturing Technology**. 21, 328 – 338.
- Farzad Mahmoodi and Charles T. Mosier. (1999). "The Effects of Scheduling Rule and Routing Flexibility on the Performance of a Random Flexible Manufacturing System". **School of Business**, Clarkson University, Potsdam, NY.
- Ghada A. El Khayat.. (2007 December). "Integral Approaches to Integrated Scheduling". **Multiprocessor Scheduling: Theory and Applications** , pp.436.

- I. Sabuncuoglu. (2003) "An evaluative study of operation group policies in an FMS". **The International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, pp. 217 - 239.
- Ihsan Sabuncuoglu. (2003). "An Evaluative Study of Operation Grouping Policies in an FMS". **The International Journal of Flexible Manufacturing System**. 15, pp. 217-239.
- Lin Lin Seong, Whan Shinn, Mitsuo Gen and Hark Hwang. (2006). "Network model and effective evolutionary approach for AGV dispatching in manufacturing system". **Journal Intelligent Manufacturing**. 17, 465-477 DOI 10.1007/s10845-005-0019-4.
- Mehmet Savsar. (2005). "Performance Analysis of an FMS Operating Under Different Failure Rates and Maintenance Policies". **The International Journal of Flexible Manufacturing System**. 16, pp. 229-249.
- N. Suresh and R. Sridharan. (2008). "Simulation modeling and analysis of part and tool flow control decisions in a flexible manufacturing system". **Robotics and computer-Integrated Manufacturing**. 25, pp. 829 – 838.
- Rajeeva, Wee, et al. (2003). "Cyclic deadlock prediction and avoidance for zone-controlled AGV system". **International Journal for Production Economics**. 83, pp. 309-324.
- Rossetti, Manuel D. (c2008). "Simulation Modeling and Arena". USA : John Wiley & Sons.
- S.C.L. Koh and S.M. Saad. (2003). "MRP-controlled manufacturing environment disturbed by uncertainty". **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**. 19, pp. 157 - 171 Elsevier.
- S. P. Chuang, T. S. Hsu, C. L. Yang. (2007). "Scheduling Multiple Orders with Preemptive Jobs and Resoure Dependence Times". 1-4244-1529-2/07 2007 IEEE.
- Xianping Guan and Xianzhong Dai. (2009). "Deadlock-free multi-attribute dispatching method for AGV system". **International Journal Advance Manufacturing Technology DOI**. 10.1007/s00170-009-1996-9.



ภาคผนวก

ตารางแสดงผลการทดลองทั้ง 40 การทดลอง

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลองทั้ง 40 การทดลอง

ลำดับ	AGV	Drop	Pick	AGV Uti	Flow Time	WIP	Earliness	Tardiness	TP
1	3	FCFS(D)	FCFS(P)	0.999	1477.56	44.67	7169	12744	90
2	3	FCFS(D)	FCFS(P)	0.998	1476.56	44.66	7173	12740	89
3	3	FCFS(D)	FCFS(P)	0.999	1474.39	44.67	7174	12742	91
4	3	FCFS(D)	FCFS(P)	0.999	1472.6	44.66	7172	12744	91
5	3	FCFS(D)	FCFS(P)	0.998	1476.49	44.66	7170	12745	91
6	3	FCFS(D)	SPNT(P)	0.999	1450.78	44.67	11750	12584	90
7	3	FCFS(D)	SPNT(P)	0.998	1450.75	44.66	11745	12581	91
8	3	FCFS(D)	SPNT(P)	0.999	1450.79	44.68	11745	12583	90
9	3	FCFS(D)	SPNT(P)	0.999	1450.8	44.67	11747	12584	90
10	3	FCFS(D)	SPNT(P)	0.998	1450.81	44.66	11746	12585	91
11	3	SPNT(D)	FCFS(P)	0.999	1430.58	44.62	12481	9434	94
12	3	SPNT(D)	FCFS(P)	0.998	1430.74	44.61	12485	9435	95
13	3	SPNT(D)	FCFS(P)	0.999	1430.13	44.61	12479	9440	95
14	3	SPNT(D)	FCFS(P)	0.999	1430.36	44.64	12483	9434	94
15	3	SPNT(D)	FCFS(P)	0.999	1430.49	44.63	12485	9436	93
16	3	SPNT(D)	SPNT(P)	0.999	1344.33	44.66	13402	8593	89
17	3	SPNT(D)	SPNT(P)	0.998	1344.11	44.67	13405	8594	89
18	3	SPNT(D)	SPNT(P)	0.998	1344.34	44.67	13400	8590	89
19	3	SPNT(D)	SPNT(P)	0.999	1344.9	44.66	13402	8590	90
20	3	SPNT(D)	SPNT(P)	0.998	1344.26	44.66	13403	8595	92
21	5	FCFS(D)	FCFS(P)	0.995	979.65	44.53	54643	14	134
22	5	FCFS(D)	FCFS(P)	0.995	979.64	44.52	54642	11	135
23	5	FCFS(D)	FCFS(P)	0.994	979.65	44.52	54643	12	135

ลำดับ	AGV	Drop	Pick	AGV Uti	Flow Time	WIP	Earliness	Tardiness	TP
24	5	FCFS(D)	FCFS(P)	0.995	979.65	44.53	54644	10	134
25	5	FCFS(D)	FCFS(P)	0.994	979.64	44.53	54643	12	136
26	5	FCFS(D)	SPNT(P)	0.994	954.74	44.51	48831	0	130
27	5	FCFS(D)	SPNT(P)	0.995	954.76	44.5	48833	0	131
28	5	FCFS(D)	SPNT(P)	0.994	954.74	44.5	48834	0	131
29	5	FCFS(D)	SPNT(P)	0.994	954.75	44.51	48832	0	132
30	5	FCFS(D)	SPNT(P)	0.994	954.76	44.51	48833	0	130
31	5	SPNT(D)	FCFS(P)	0.994	974.42	44.53	55642	1581	142
32	5	SPNT(D)	FCFS(P)	0.995	974.4	44.52	55644	1585	142
33	5	SPNT(D)	FCFS(P)	0.994	974.45	44.54	55642	1582	143
34	5	SPNT(D)	FCFS(P)	0.994	974.4	44.52	55643	1581	141
35	5	SPNT(D)	FCFS(P)	0.994	974.43	44.54	55644	1584	142
36	5	SPNT(D)	SPNT(P)	0.994	953.44	44.46	56150	231	139
37	5	SPNT(D)	SPNT(P)	0.994	953.66	44.46	56155	230	139
38	5	SPNT(D)	SPNT(P)	0.995	953.21	44.42	56155	227	138
39	5	SPNT(D)	SPNT(P)	0.994	953.22	44.42	56152	230	140
40	5	SPNT(D)	SPNT(P)	0.995	953.47	44.44	56153	228	139

### การตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำให้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และผลจากการดำเนินการทดลองแบบ Full Factorial โดยการใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลอง ทำให้สามารถตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลก่อนวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือจะเป็นไปตามหลักการ คือ ค่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระด้วยค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 0 และ  $\sigma^2$  มีค่าคงตัว (Stability) ซึ่งจะทำให้ข้อมูลจากการทดลองมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลมี 4 ขั้นตอน ได้แก่



1. การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals)

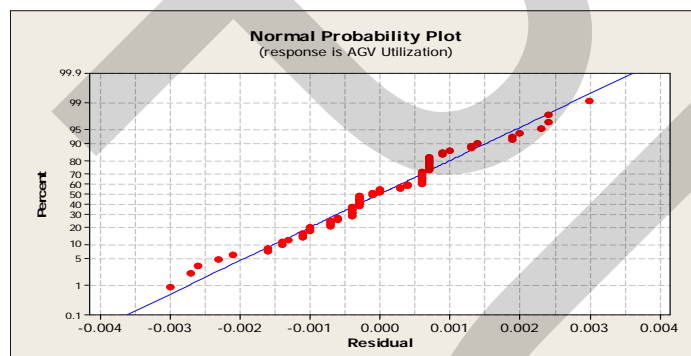
2. การตรวจสอบความถูกต้องของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) โดยกราฟฮิสโตแกรม (Histogram)

3. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals)

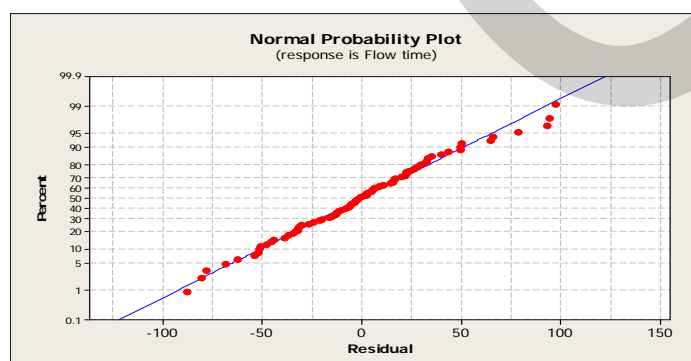
4. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน หรือ  $\sigma^2$  (Variance Stability)

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

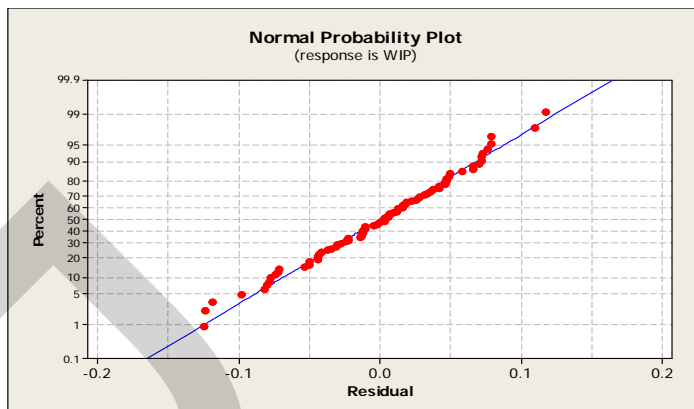
1. การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) โดยการพิจารณาจากการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) ซึ่งใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability Plot) โดยการนำข้อมูลจากตารางผลการทดลอง ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบจากค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 6 ค่า ได้แก่ AGV Utilization, Flow time, WIP, Earliness, Tardiness และ Throughput ดังแสดงในภาพที่ 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 และ 6.6



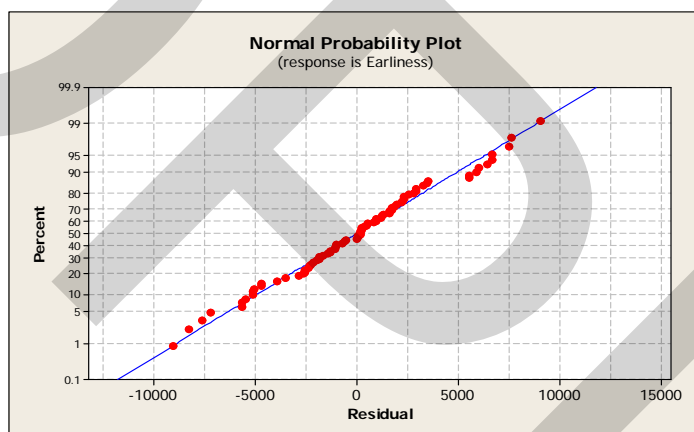
ภาพที่ 6.1 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า AGV Utilization



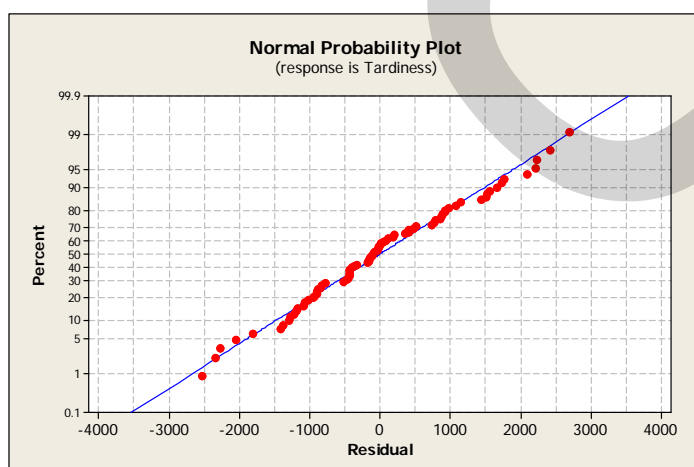
ภาพที่ 6.2 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า Flow Time



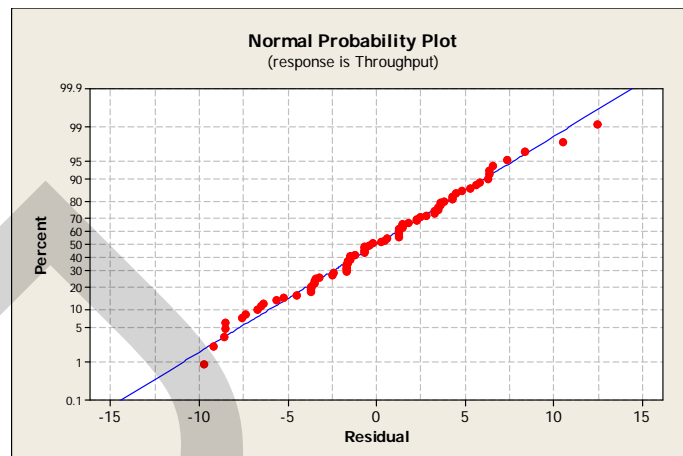
ภาพที่ 6.3 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า WIP



ภาพที่ 6.4 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า Earliness



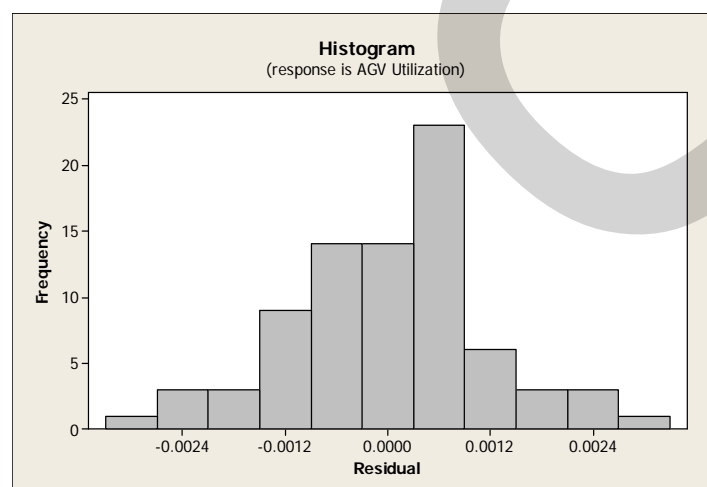
ภาพที่ 6.5 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า Tardiness



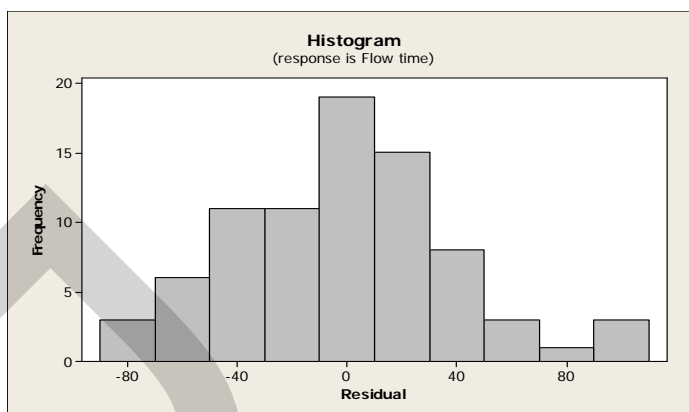
ภาพที่ 6.6 กราฟการกระจายแบบปกติของค่า Residual จากค่า Throughput

จากภาพที่ 6.1 ถึง ภาพที่ 6.6 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของค่า Residual จากค่าวัดประสิทธิภาพในการทดลองทั้ง 6 ค่า พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้มีลักษณะการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง ทำให้ประมาณได้ว่า ค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีการแจกแจงแบบปกติ

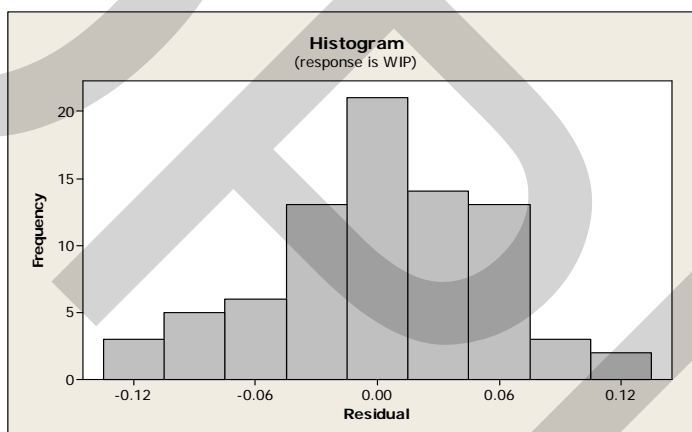
2. การตรวจสอบความถูกต้องของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) โดยกราฟฮิสโตแกรม (Histogram) โดยการพิจารณาจากรูปกราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) โดยการนำข้อมูลจากตารางผลการทดลอง ซึ่งจะทำการตรวจสอบจากค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 6 ค่า ได้แก่ AGV Utilization, Flow time, WIP, Earliness, Tardiness และ Throughput ดังแสดงในภาพที่ 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11 และ 6.12



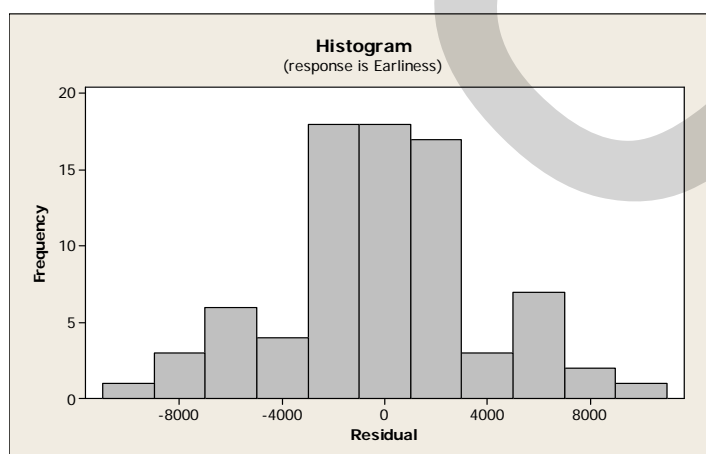
ภาพที่ 6.7 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า AGV Utilization



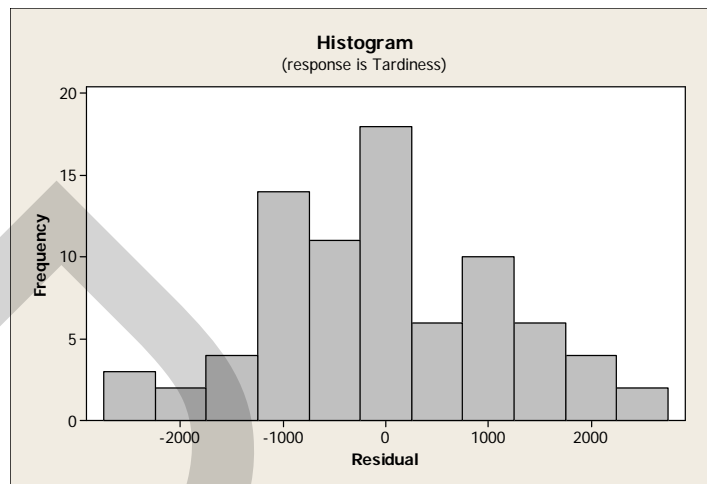
ภาพที่ 6.8 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า Flow Time



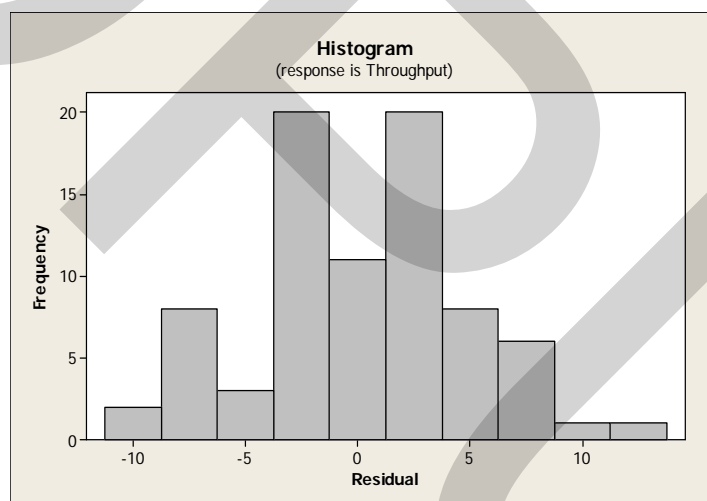
ภาพที่ 6.9 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า WIP



ภาพที่ 6.10 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า Earliness



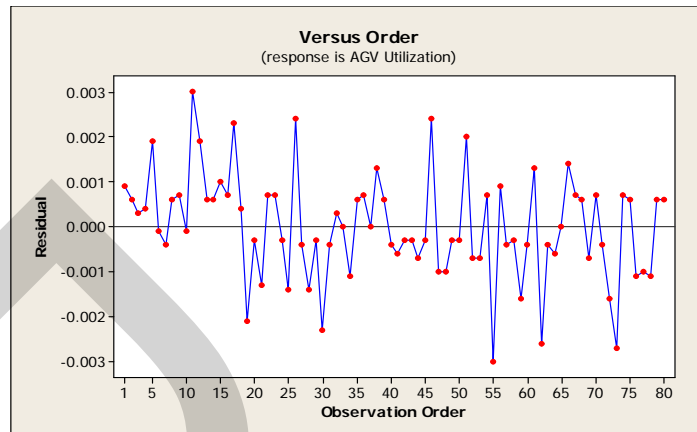
ภาพที่ 6.11 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า Tardiness



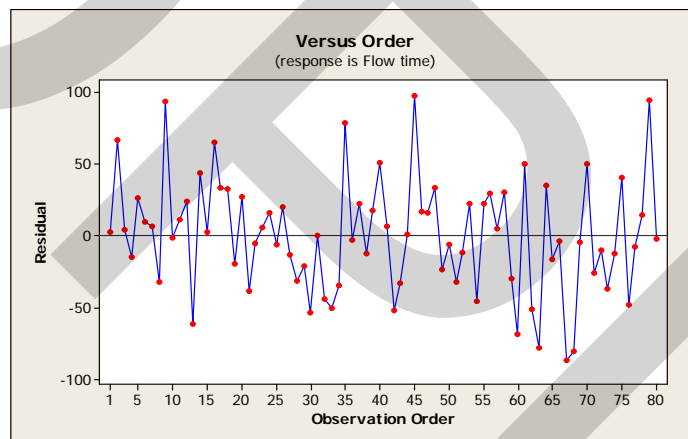
ภาพที่ 6.12 กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่า Residual จากค่า Throughput

จากภาพที่ 6.7 ถึง ภาพที่ 6.12 พบว่ารูปกราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ของค่าส่วนตกค้าง (Residual) มีรูปแบบการกระจายตัวเป็นรูปทรงแบบปกติ จึงทำให้สามารถประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้าง (Residual) มีการแจกแจงแบบปกติ

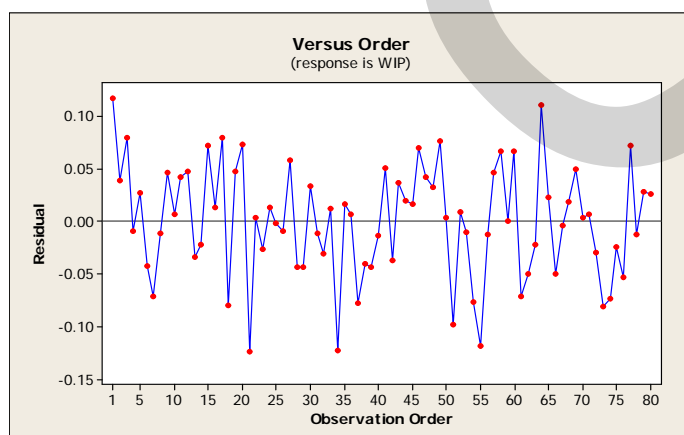
3. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) โดยการพิจารณาจากการนำข้อมูลจากตารางผลการทดลองมาสร้างเป็นกราฟการกระจาย (Scatter Plot) ซึ่งจะทำการตรวจสอบจากค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 6 ค่า ได้แก่ AGV Utilization, Flow time, WIP, Earliness, Tardiness และ Throughput ดังแสดงในภาพที่ 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17 และ 6.18



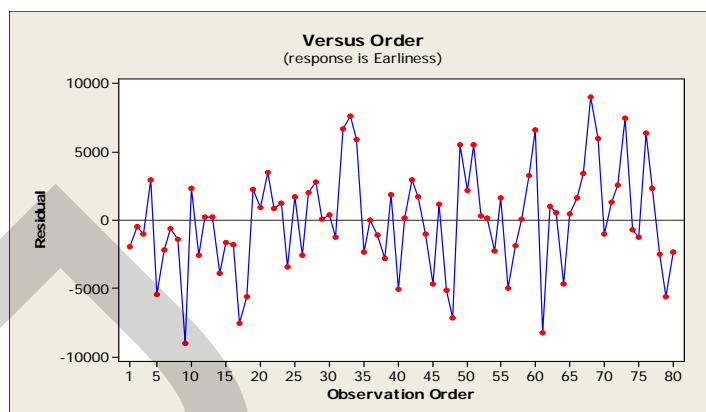
ภาพที่ 6.13 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า AGV Utilization



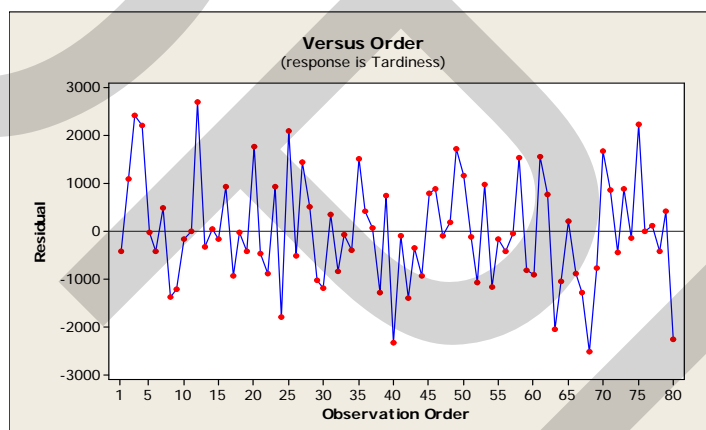
ภาพที่ 6.14 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า Flow Time



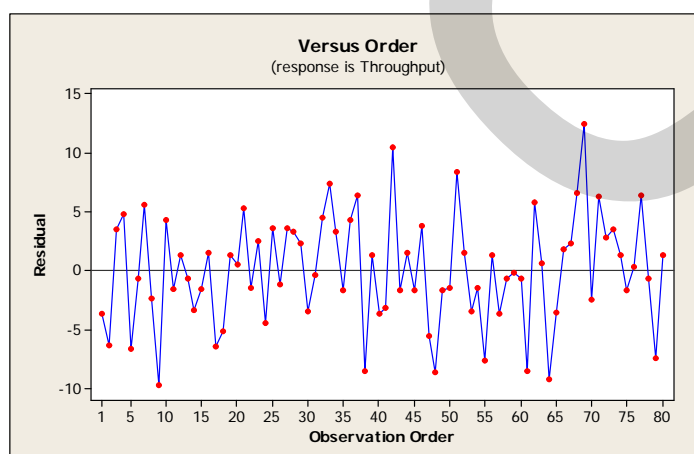
ภาพที่ 6.15 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า WIP



ภาพที่ 6.16 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า Earliness



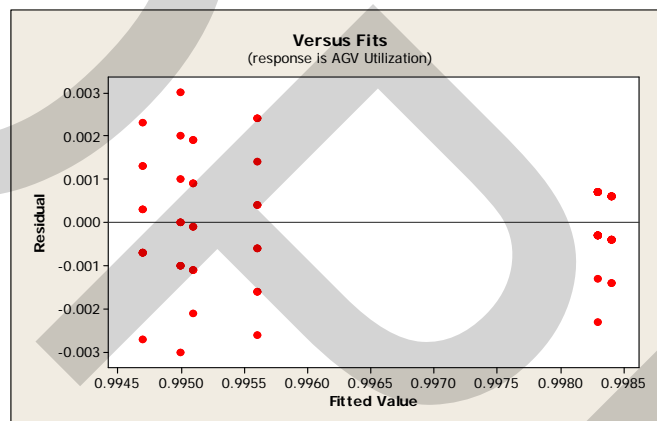
ภาพที่ 6.17 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า Tardiness



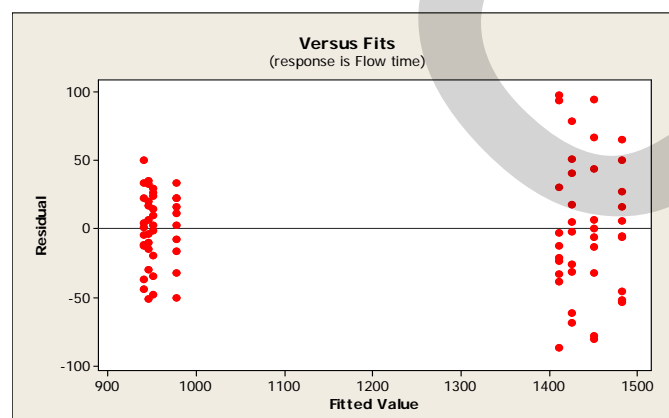
ภาพที่ 6.18 กราฟการกระจายของค่า Residual จากค่า Throughput

จากภาพที่ 6.13 ถึง ภาพที่ 6.18 พบว่ากราฟการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีรูปแบบที่เป็นอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน หรือไม่สามารถประมาณรูปแบบที่แน่นอนได้ แสดงให้เห็นว่าค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent)

4. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน หรือ  $\sigma^2$  (Variance Stability) โดยการพิจารณาจากการนำข้อมูลจากตารางผลการทดลอง โดยใช้กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบจากค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 6 ค่า ได้แก่ AGV Utilization, Flow time, WIP, Earliness, Tardiness และ Throughput ดังแสดงในภาพที่ 6.19, 6.20, 6.21, 6.22, 6.23 และ 6.24

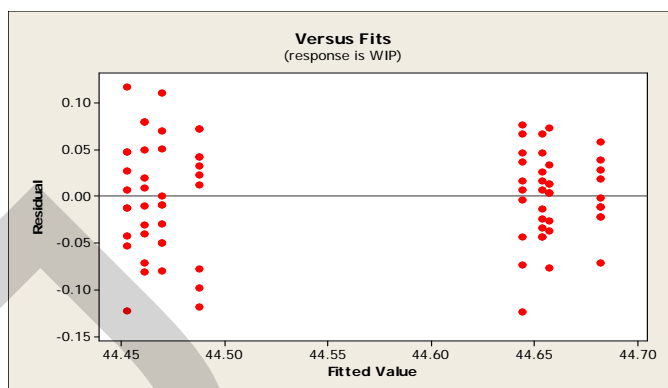


ภาพที่ 6.19 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า AGV Utilization

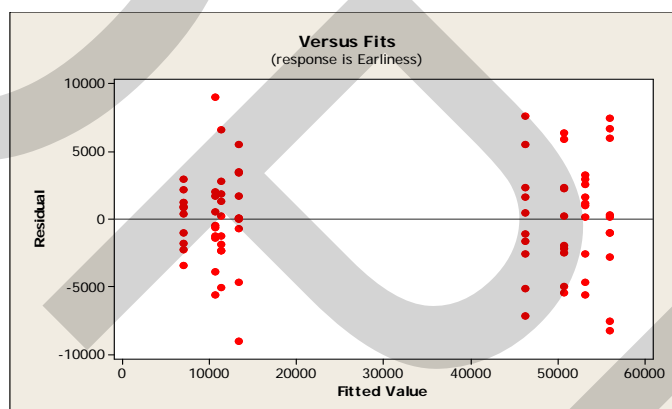


ภาพที่ 6.20 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า Flow Time

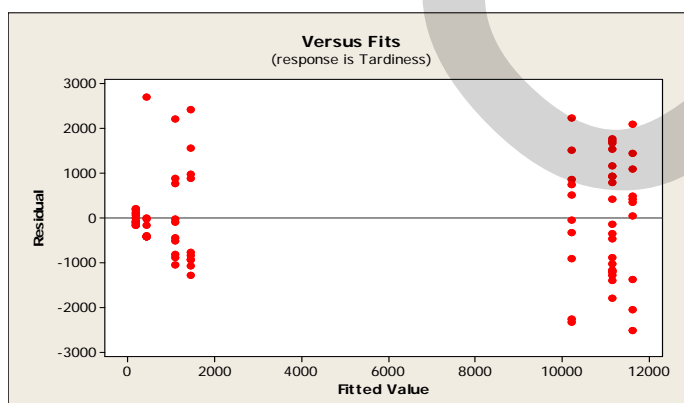




ภาพที่ 6.21 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า WIP



ภาพที่ 6.22 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า Earliness



ภาพที่ 6.23 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า Tardiness



ภาพที่ 6.24 กราฟการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value จากค่า Throughput

จากภาพที่ 6.19 ถึง ภาพที่ 6.24 พบว่าค่าความแปรปรวน หรือ  $\sigma^2$  ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละตำแหน่ง และไม่พบว่ารูปแบบการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีลักษณะเป็นแนวโน้มเข้าข้างกรวยปลายเปิดและปลายปิดหรือรูปแบบลำโพงแต่อย่างใด จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายสุทธิพงษ์ แสนละเอียด  
ประวัติการศึกษา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการบริหารอุตสาหกรรมและ  
เทคโนโลยี คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ปีการศึกษา  
2548