การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ในการจัดเรียงเครื่องจักร ภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

Mathematical Programming Models for a Facility Layout Problem in Flexible Manufacturing System

นางสาวนาฏนภา บุญน่วม รหัส 49370586
นางสาวนุจรีย์ ทองยิ้ม รหัส 49370609

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 13 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 1505980X
เลขเรียกหนังสือ ฝร
มหาวิทยาลัยนเรศวร 4615 ก 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ในการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวนาฏนภา บุญน่วม รหัส 49370586

นางสาวนุจรีย์ ทองขิ้ม รหัส 49370609

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร. ขวัญนิธิ ตำเมือง

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร. ขวัญนิธิ ตำเมือง)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....กรรมการ

(ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล)

.....กรรมการ

(อ.สุชาดา อยู่แก้ว)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ในการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวนาฏนภา บุญน่วม รหัส 49370586
	นางสาวนุจรีย์ ทองยิ้ม รหัส 49370609
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น และมีวัตถุประสงค์คือ ใช้ในการแก้ปัญหาในการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว สำหรับปัญหาขนาดเล็ก ซึ่งจะคำนึงถึงระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (AGV) ระหว่างเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตที่น้อยที่สุด โดยมีการทดสอบการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรของแบบจำลองโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้วย

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวที่ได้พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้สามารถใช้หาค่าคำตอบในการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวสำหรับปัญหาขนาดเล็กได้ โดยที่ค่าคำตอบที่ได้จะเป็นค่าระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติระหว่างเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตที่เหมาะสม แต่ไม่ใช่ค่าคำตอบที่ดีที่สุด

Project title	Mathematical Programming Models for a Facility Layout Problem in Flexible Manufacturing System.	
Name	Miss. Nadnapha Boonnuam	ID. 49370586
	Miss. Nujaree Thongyim	ID. 49370609
Project advisor	Dr. Kwanniti Khammuang	
Major	Industrial Engineering	
Department	Industrial Engineering	
Academic year	2009	

Abstract

This project studied develops the model of facility layout in flexible manufacturing system. The objective of this model is to find minimum distance of AGV in facility layout. And it used for small problem. And test this developed model by computer program.

The results can be concluded that the developed model in this research can find local optimum distance of AGV in facility layout for small problem. But it isn't global optimum.

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานโครงงานวิศวกรรมนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างมาก นอกจากนั้นยังทำให้ผู้เขียนมีกำลังใจที่จะฝ่าฟันอุปสรรค และความย่อท้อต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินงานโครงงานวิศวกรรมในครั้งนี้ให้ผ่านไปอย่างราบรื่น จนสำเร็จลุล่วงออกมาเป็นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงานโครงงานวิศวกรรมนี้ทุกท่าน

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้อง ผู้ที่มีพระคุณยิ่งที่ให้การสนับสนุนส่งเสริมในด้านการศึกษา ตลอดจนพี่ๆและเพื่อนร่วมรุ่น ที่ได้ให้ความรัก ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจ ทำให้ผู้เขียนประสบผลสำเร็จในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวนาฏนภา บุญน่วม
นางสาวนุจรีย์ ทองยิ้ม
มีนาคม 2553

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 หลักการและเหตุผล.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 เกณฑ์การชี้วัดผลงาน.....1
1.4 เกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จ.....2
1.5 ขอบเขตการทำโครงงาน.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย.....3
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....3
1.8 ขั้นตอน และการดำเนินการ.....4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....5
2.1 การจัดรูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม.....5
2.2 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.....8
2.3 ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.....11
2.4 ระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ.....13
2.5 การวิจัยดำเนินงาน.....15

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....22
3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....22
3.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ศึกษาปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร.....22
3.4 ศึกษาการสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์.....30
3.5 ศึกษาการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร.....30
3.6 ทดสอบแบบจำลองโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด.....30

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....31
4.1 การศึกษาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว และการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดสอบแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว.....31
4.2 การสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว.....32
4.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดสอบแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว.....59

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....60
5.1 บทสรุป.....60
5.2 ข้อเสนอแนะ.....60

เอกสารอ้างอิง.....61

ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ.....63

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน....4

3.1 ข้อมูลลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์....25

3.2 ข้อมูลของเครื่องจักร....27

3.3 ข้อมูลของกระบวนการผลิต....27

4.1 ผลการทดลองในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดสอบแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว....31

4.2 ผลการทดลองในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดสอบแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว....58

ก.1 ขนาดของปัญหาที่นำมาใช้ในการทดสอบ....65

ก.2 ข้อมูลลำดับการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (5 เครื่องจักร)....65

ก.3 ข้อมูลลำดับการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (7 เครื่องจักร)....66

ก.4 ข้อมูลลำดับการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (10 เครื่องจักร)....66

ก.5 ข้อมูลลำดับการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (11 เครื่องจักร)....67

ก.6 ข้อมูลลำดับการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (13 เครื่องจักร)....68

ก.7 ข้อมูลลำดับการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (16 เครื่องจักร)....69

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ทางเลือกของรูปแบบการจัดวาง.....7

2.2 สัดส่วนของงานในระบบหลังจากเริ่มออกมาสู่พื้นที่ทำงาน.....8

2.3 ขอบเขตการใช้งานของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.....10

2.4 รูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นกับความแตกต่างของอุปกรณ์ขนย้ายวัตถุดิบในแต่ละรูปแบบ.....14

3.1 (a) การจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว และ (b) การจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว.....23

3.2 การเดินทางของ AGV ระหว่างเครื่องจักร.....24

3.3 ลักษณะของเครื่องจักร.....26

3.4 รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรของตัวอย่างปัญหาโรงงาน A.....28

4.1 ลักษณะของ Global Optimum และ Local Optimum.....32

4.2 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV ภายในแถวเดียวกัน.....37

4.3 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดยที่ AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l >1.....39

4.4 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดยที่ AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง l >1.....41

4.5 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดยที่ AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l =1.....43

4.6 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดยที่ AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l =1.....44

4.7 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดยที่ AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l >1.....46

4.8 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดยที่ AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง l >1.....48

4.9 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดยที่ AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l =1.....50

4.10 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดยที่ AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l =1.....51

4.11 การเลือกระยะทางที่สั้นที่สุดของการเคลื่อนที่โดย AGV.....53

4.12 ลักษณะความกว้างสูงสุดของเครื่องจักรในแต่ละแถว.....54

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.13 ลักษณะความกว้างสูงสุดของเครื่องจักรรวมกันทุกแถว ต้องไม่เกินขนาดความกว้างของโรงงาน.....54

4.14 ลักษณะความยาวสูงสุดของเครื่องจักรในแต่ละแถว.....55

4.15 ลักษณะแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน.....56

4.16 ลักษณะของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน ต้องไม่เกินขนาดความยาวของโรงงาน.....57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตส่วนใหญ่ได้มีการนำเครื่องจักรกลมาช่วยในการผลิต เพื่อที่จะทำให้การผลิตสินค้าที่ออกมานั้นได้มาตรฐาน มีคุณภาพ รวดเร็วและเป็นไปตามความต้องการของผู้ผลิต ทั้งในด้านปริมาณและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะทำให้สามารถแข่งขันทางการตลาดกับคู่แข่งได้มากยิ่งขึ้น จึงทำให้กระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ส่งผลทำให้การจัดเรียงเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีความสำคัญที่จะทำให้ผู้ผลิตสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและทำให้กระบวนการผลิตนั้นๆมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นปัญหาของการจัดเรียงเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรมจึงเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบกระบวนการผลิตจะต้องมีการจัดเรียงเครื่องจักรให้มีความยืดหยุ่น สามารถที่จะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายและสามารถลดระยะทางที่รถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติจะป้อนวัตถุดิบให้กับเครื่องจักรได้ เพราะหากสามารถลดระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติได้น้อยลงเท่าใด ก็จะทำให้การผลิตผลิตภัณฑ์ใช้เวลาน้อยลงไปด้วย ซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดและสามารถส่งมอบให้กับลูกค้าได้รวดเร็วกว่าคู่แข่ง รวมไปถึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้น้อยลงได้อีกด้วย จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้จัดทำโครงงานนี้ขึ้น โดยการเขียนแบบจำลองของการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ให้สามารถจัดเรียงเครื่องจักรได้โดยอัตโนมัติ โดยที่ค่าคำตอบที่ได้จะเป็นค่าของระยะทางรวมในการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบที่สั้นที่สุด และได้ผังการจัดเรียงเครื่องจักรที่ตรงตามวัตถุประสงค์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

การจัดทำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรโดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว ซึ่งจะคำนึงถึงระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (AGV) ระหว่างเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตที่น้อยที่สุด

1.3 เกณฑ์การชี้วัดผลงาน (Output)

แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร

1.4 เกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ สามารถใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร สำหรับปัญหาขนาดเล็กได้ โดยค่าคำตอบ หรือค่าผลลัพธ์ที่หาได้มีความสมเหตุสมผลกับข้อจำกัดของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรที่ตั้งไว้ ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าข้อจำกัดของปัญหาที่ตั้งไว้คือ ในที่ตั้ง 1 ตำแหน่งสามารถวางเครื่องจักรได้เพียง 1 เครื่อง ค่าผลลัพธ์ที่หาได้ก็ควรจะได้ค่าที่แสดงว่าในที่ตั้ง 1 ตำแหน่งสามารถวางเครื่องจักรได้เพียง 1 เครื่องเท่านั้น หรือถ้าข้อจำกัดของปัญหาที่ตั้งไว้คือ เครื่องจักร 1 เครื่องสามารถวางได้บนที่ตั้งเพียง 1 ตำแหน่ง ค่าผลลัพธ์ที่หาได้ก็ควรจะได้ค่าที่แสดงว่าเครื่องจักร 1 เครื่องสามารถวางได้บนที่ตั้งเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น เป็นต้น

1.5 ขอบเขตการทำโครงงาน

ในการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในครั้งนี้มีขอบเขตดังนี้

1.5.1 เป็นการศึกษาและสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว สำหรับปัญหาขนาดเล็ก

1.5.2 ในงานวิจัยนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1.5.2.1 จำลองแบบของโรงงานมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากและกำหนดให้ความกว้าง (H_{fac}) และความยาวของพื้นที่โรงงาน (L_{fac}) กำหนดขนาดได้ไม่เกินด้านละ 1,000 เมตร

1.5.2.2 เครื่องจักรทุกเครื่องมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก และจะมีการจัดการ อยู่ที่บริเวณศูนย์กลาง (Centroid) ของรูปทรงสี่เหลี่ยม

1.5.2.3 ช่องว่างระหว่างเครื่องจักรและช่องว่างระหว่างแถวแต่ละแถว กำหนดให้มีขนาดเท่ากัน ซึ่งเว้นไว้ให้ AGV และเว้นไว้เป็นทางเดินสำหรับการทำงานในโรงงาน

1.5.2.4 สมมติฐานในการเคลื่อนที่ของ AGV ในงานวิจัยนี้ คือ

ก. AGV จะเดินทางเป็นเส้นตรง จากซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้าย และจากบนลงล่างหรือจากล่างขึ้นบน

ข. ในกรณี ที่การจัดเรียงเครื่องจักรเป็นแบบหลายแถว การเดินทางของ AGV จะเดินทางโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี

ข.1 กรณีที่ 1 คือ เดินทางในแถวเดียวกันโดย AGV จะออกจากทางด้านล่างของเครื่องจักรต้นทาง แล้วเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างที่กำหนดไว้ แล้วเลื่อนซ้ายหรือขวาไปหาเครื่องจักรปลายทาง และเข้าหาทางด้านล่างของเครื่องจักรปลายทาง

ข.2 กรณีที่ 2 คือ เดินทางระหว่างแถว จากแถวล่างขึ้นไปแถวบน และจากแถวบนลงแถวล่าง โดย AGV จะออกจากทางด้านล่างของเครื่องจักรต้นทาง แล้วเคลื่อนที่ไปทางด้านขวาสุด หรือด้านซ้ายสุดของแถว

1.5.2.5 ในการเลือกเส้นทางว่าจะไปด้านซ้าย หรือด้านขวานั้น จะเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการเดินทางของรถ AGV

1.5.2.6 เวลาในการรอคอยการใช้งานของเครื่องจักร จะไม่ถูกนำมาพิจารณา

1.5.2.7 ในการศึกษาจะไม่คำนึงว่าผลิตภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์ จะใช้เครื่องจักรพร้อมกันหรือไม่

1.5.2.8 ความสูงของเครื่องจักรและความสูงของโรงงานที่ใช้ในการจัดเรียงเครื่องจักรจะไม่ถูกนำมาพิจารณา

1.5.2.9 เครื่องจักรทั้งหมดจะถูกจัดเรียงอยู่กับที่ ไม่สามารถหมุนเปลี่ยนทิศทางของการวางได้

1.5.2.10 หน่วยของระยะทางทั้งหมด มีหน่วยเป็น เมตร

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

มิถุนายน 2552 – มกราคม 2553

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการ

ลำดับ	การดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1	กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย								
2	ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย								
3	ศึกษาปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรและข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย								
4	ศึกษาการสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์								
5	ศึกษาการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร								
6	ทดสอบแบบจำลองโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด								
7	สรุปผลการทดลองในการศึกษาวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้								

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร ซึ่งกล่าวถึงรูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นและระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ จากนั้นจะกล่าวถึงตัวอย่างวิธีการค้นหาคำตอบในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวโดยใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรง

2.1 การจัดรูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม

เนื่องจากรูปแบบของกระบวนการผลิตส่งผลต่อปัจจัยหลายๆด้านอาทิเช่น ทรัพยากรที่นำเข้ามาใช้ในการผลิต (เครื่องจักร คน วัตถุดิบ และเงินลงทุน เป็นต้น) ปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต รวมไปถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งการจัดหารูปแบบที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตนั้นเป็นปัญหาที่โรงงานอุตสาหกรรมประสบอยู่เสมอ ปัญหาที่พบ เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ การสร้างโรงงานใหม่ ปริมาณการผลิตเปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรที่ล้าสมัย เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตภายในโรงงาน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ผู้บริหารต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากและใช้เวลานานในการจัดรูปแบบการผลิตใหม่ รูปแบบพื้นฐานของการจัดวางเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหรรมโดยทั่วไป แบ่งออกได้เป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

2.1.1 การวางผังการผลิตแบบอยู่กับที่ (Fixed Product Layout)

การวางผังการผลิตแบบนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะมีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์และจำนวนที่ต้องผลิตมีจำนวนน้อย มักจะเป็นลักษณะของโครงการ ดังรูปที่ 2.1 (b) เช่น เครื่องบิน เรือเดินสมุทร การก่อสร้างเขื่อน การก่อสร้างอาคาร การวางผังลักษณะนี้เป็นการวางผังโดยการให้ชิ้นงานที่จะผลิตอยู่กับที่หรือผลิตส่วนงานชิ้นย่อยๆ เป็นลักษณะชิ้นส่วนสำคัญจากภายนอกนำเข้ามาประกอบ โดยเคลื่อนย้ายเอาทรัพยากร เช่น แรงงาน วัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องจักร พลังงานและกรรมวิธีเข้าไปหา ซึ่งจะใช้เวลานานในการผลิต เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนในกระบวนการผลิต รวมไปถึงเวลาในการผลิตที่ยาวนาน

2.1.2 การวางผังการผลิตแบบตามผลิตภัณฑ์ (Production Line Layout)

การวางผังตามชนิดผลิตภัณฑ์ชิ้นงาน จะมีกระบวนการผลิตที่แน่นอนตามลำดับตั้งแต่เริ่มการผลิต วัตถุดิบจะไหลผ่านสถานีงานไปเรื่อยๆ ทั้งนี้การไหลแบบนี้จะมีผลดี คือ ปริมาณการ

ผลิตที่ได้จะมีปริมาณมาก (Mass Production) แต่ความหลากหลายในการผลิตต่ำโดยจะทำการผลิตในพื้นที่สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นโดยเฉพาะ ตัวอย่างของการวางผังเครื่องจักรแบบนี้จะพบในสายการผลิตแบบถ่ายโอน (Transfer Line) ดังรูปที่ 2.1 (a) อาทิเช่น การผลิตน้ำอัดลม การผลิตปูนซีเมนต์ การผลิตโทรศัพท์ การผลิตอาหารกระป๋อง เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอุปโภคตลอดเวลา การจัดวางสายการผลิตแบบนี้ส่วนมากจะมีการใช้สายการผลิตลักษณะแบบสายพาน มีการลำเลียงวัตถุดิบทางสายพานหรือทางท่อ มีการผลิตอยู่ตลอดเวลาโดยเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process)

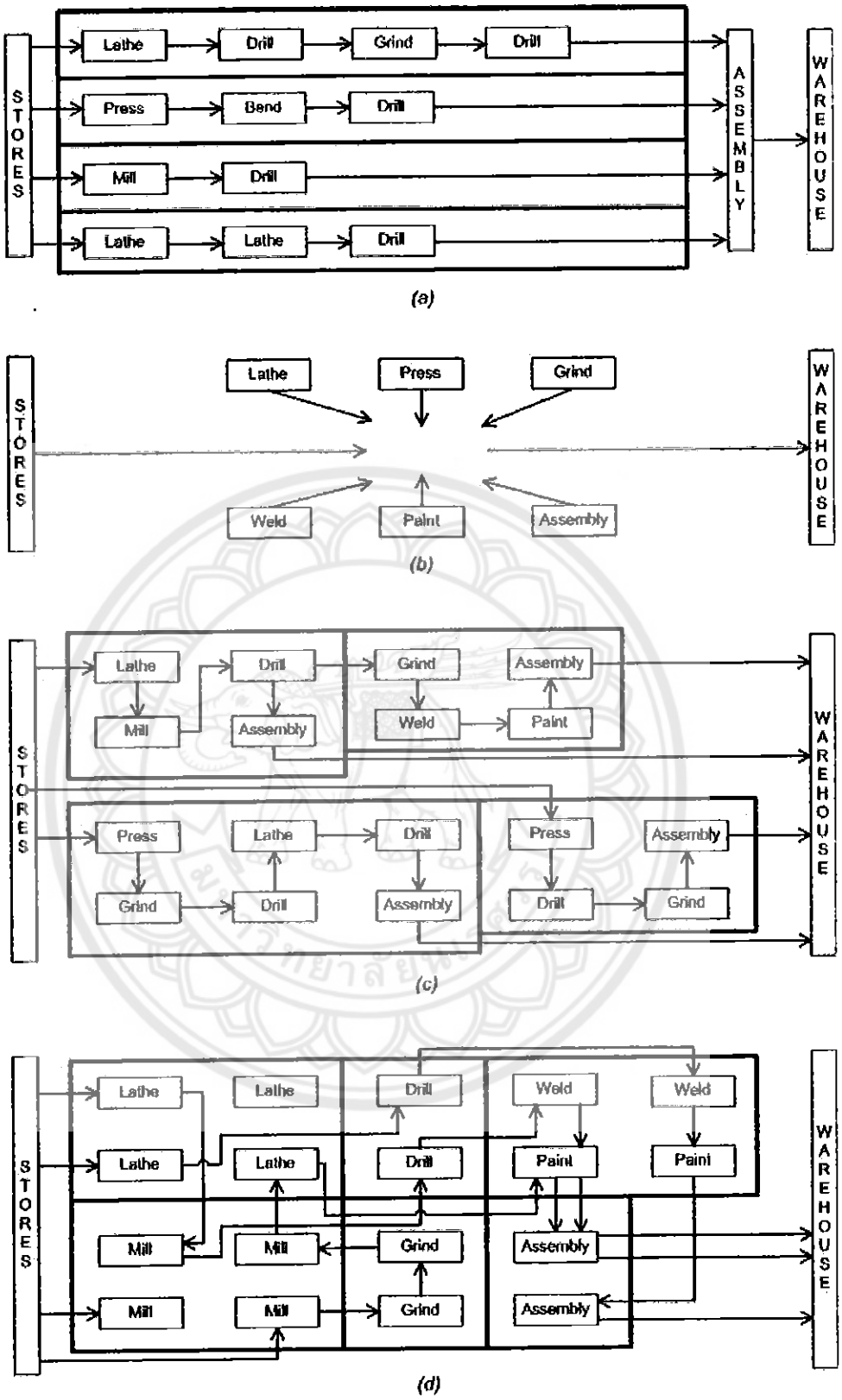
2.1.3 การวางผังการผลิตแบบตามกระบวนการ (Process Layout)

การวางผังตามกระบวนการ จะทำการวางผังตามกลุ่มของเครื่องจักร หรือตามหน้าที่ของงาน (Functional Layout) โดยที่อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้งานประเภทเดียวกันจะจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันหรือในแผนกเดียวกันที่เรียกว่า การผลิตตามงาน (Jop Shops) ดังรูปที่ 2.1 (d) อาทิเช่น โรงงานในการขึ้นรูป-กลึง-ไส-ตัด-เจาะ-เชื่อม มีการแยกแผนกในการทำงานอย่างชัดเจนโดยจะจัดเครื่องมือประเภทเดียวกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ หรือโรงพยาบาลก็มีการจัดวางผังการผลิตและบริการแบบตามขั้นตอนการผลิตเช่นกัน โดยจะเหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์ในปริมาณไม่มาก ขนาดของผลิตภัณฑ์ไม่แน่นอน แต่สามารถผลิตได้หลายชนิด หลายขนาด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรที่มีอยู่ในโรงงาน

2.1.4 การวางผังการผลิตตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ (Product Family Layout)

การวางผังการผลิตแบบนี้จะอาศัยกลุ่มของชิ้นงานซึ่งแบ่งย่อยออกมาจากตัวผลิตภัณฑ์มาช่วยในการจัดกลุ่มเครื่องจักร โดยภายในกลุ่มเครื่องจักรเหล่านั้นจะมีลำดับการผลิตอุปกรณ์และเครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานนั้นๆ โดยมากแล้วชิ้นงานเหล่านั้นจะถูกผลิตเสร็จสิ้นโดยกลุ่มเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่ง บางครั้งอาจจะพิจารณาว่าการวางผังเครื่องจักรแบบกลุ่มนี้เหมือนกับการสร้างโรงงานเล็กๆหลายๆโรงงานให้อยู่ภายใต้โรงงานใหญ่โรงงานหนึ่งก็ได้ เราอาจเรียกการวางผังการผลิตแบบนี้ว่า กลุ่มเทคโนโลยี (Group Technology Layout) หรือ ระบบการผลิตแบบเซลลูลาร์ (Cellular Manufacturing System) ดังรูปที่ 2.1 (c)

การจัดเรียงเครื่องจักรให้มีปริมาณและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า การจัดเรียงเครื่องจักรนั้นจะต้องความยืดหยุ่นของรูปแบบการจัดวางผังของโรงงาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษา ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS) มาเป็นแนวคิดในการจัดเรียงเครื่องจักร ซึ่งจะกล่าวถึงระบบ FMS ในหัวข้อต่อไป

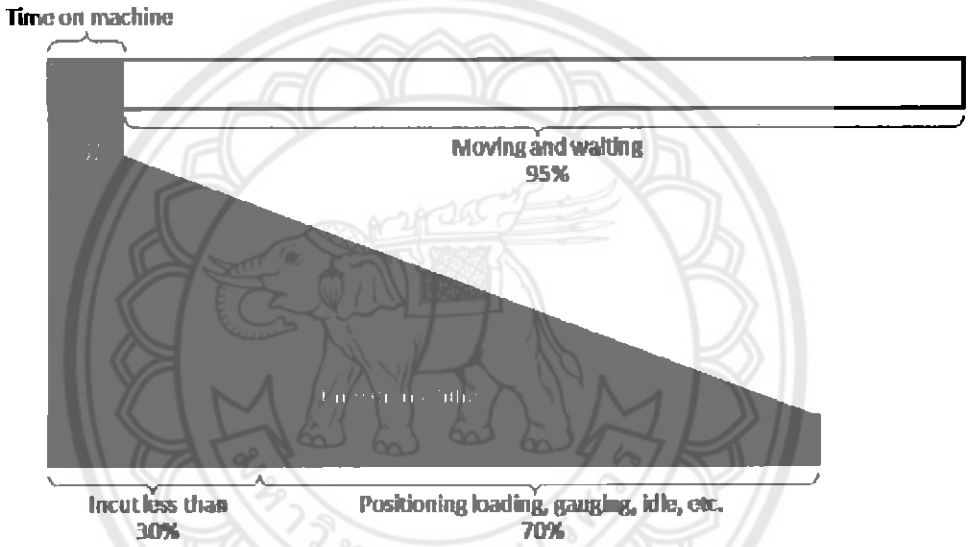


รูปที่ 2.1 แสดงทางเลือกของรูปแบบการจัดวาง (a) Production Line Layout (b) Fixed Product Layout (c) Product Family Layout และ (d) Process Layout

ที่มา: Tompkins et al. (2003)

2.2 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ในการศึกษาการผลิตแบบชุดในส่วนการตัดโลหะ ดังรูปที่ 2.2 Merchant ได้นำเสนอว่าเฉลี่ยงานหนึ่งชิ้นมีเพียง 5% เท่านั้น ของเวลาการทำงานบนเครื่องจักร ยิ่งไปกว่านั้นเวลาในกระบวนการทำงานมีน้อยกว่า 30% ของเวลาที่ชิ้นงานอยู่บนเครื่องจักร ส่วนที่เหลือเป็นการโหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร ซึ่งเป็นสิ่งถกเถียงกันว่า 95% ที่เครื่องจักรไม่ได้มีการทำงานนั้น มีตัวเชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร คือ ระบบการขนถ่ายวัตถุดิบ (Material Handling System: MHS) การควบคุมระบบด้วยคอมพิวเตอร์ และการดำเนินงาน (Operation) (Tompkins et al., 2003) ดังนั้น ระบบ FMS จึงได้ถูกนำเสนอขึ้นมา



รูปที่ 2.2 แสดงสัดส่วนของงานในระบบหลังจากเริ่มออกมาสู่พื้นที่ทำงาน

ที่มา: Tompkins et al. (2003)

2.2.1 ความหมายของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

คำนิยามของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นมีมากมาย คำนิยามเหล่านี้ขึ้นอยู่กับมุมมองของผู้ใช้ว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นประกอบด้วยอะไรและระบบนี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร เราสามารถยกตัวอย่างของคำนิยามของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นได้ ดังนี้

2.2.1.1 ระบบ FMS คือ ระบบการผลิตที่ซึ่งตั้งเอาระบบเครื่องจักรและระบบการเคลื่อนย้ายวัสดุที่คล้ายหุ่นยนต์ (Robot) หรือรถ AGV เป็นต้น มาเชื่อมต่อและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง (Solimanpur et al., 2005)

2.2.1.2 ระบบ FMS เป็นการนำเอาระบบ MHS เช่น AGV เข้ามาช่วยในการเคลื่อนย้ายวัสดุไปยังกลุ่มเครื่องจักรกล โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม (Ficko et al., 2004)

2.2.1.3 ระบบ FMS เป็นการจัดรูปแบบของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ให้เครื่องจักรทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตามเงื่อนไขความแตกต่างของการผลิต ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลื่อนย้ายและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการขนย้าย ซึ่งทั้งหมดจะอยู่ภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ในการสั่งการ (Nearchou, 2006)

2.2.1.4 Graham (1988) ให้ความหมายของระบบ FMS คือ การผลิตของเครื่องจักรหนึ่งเครื่องหรือหลายเครื่องจักรที่รวมเข้าด้วยกันโดยใช้ระบบอัตโนมัติในการขนถ่ายวัสดุ ซึ่งลำดับงานจะถูกจัดการด้วยระบบคอมพิวเตอร์ควบคุม (Rehg and Kraebber, 2001)

2.2.1.5 Kearney และ Tracker (1997) ได้ให้ความหมายของระบบ FMS คือ กลุ่มของเครื่องจักรกลเอ็นซี (Numerical Control: NC) ที่สามารถผลิตแบบสุ่มของกลุ่มชิ้นงาน โดยมีการขนถ่ายวัสดุด้วย AGV และส่วนกลางคอยควบคุมให้เกิดความสมดุลในการเคลื่อนที่ของทรัพยากรให้มีประโยชน์สูงสุด ดังนั้นระบบสามารถปรับอัตโนมัติจากการเปลี่ยนแปลงของการผลิตชิ้นงาน ความหลากหลายและระดับของผลิตภัณฑ์ (Rehg and Kraebber, 2001)

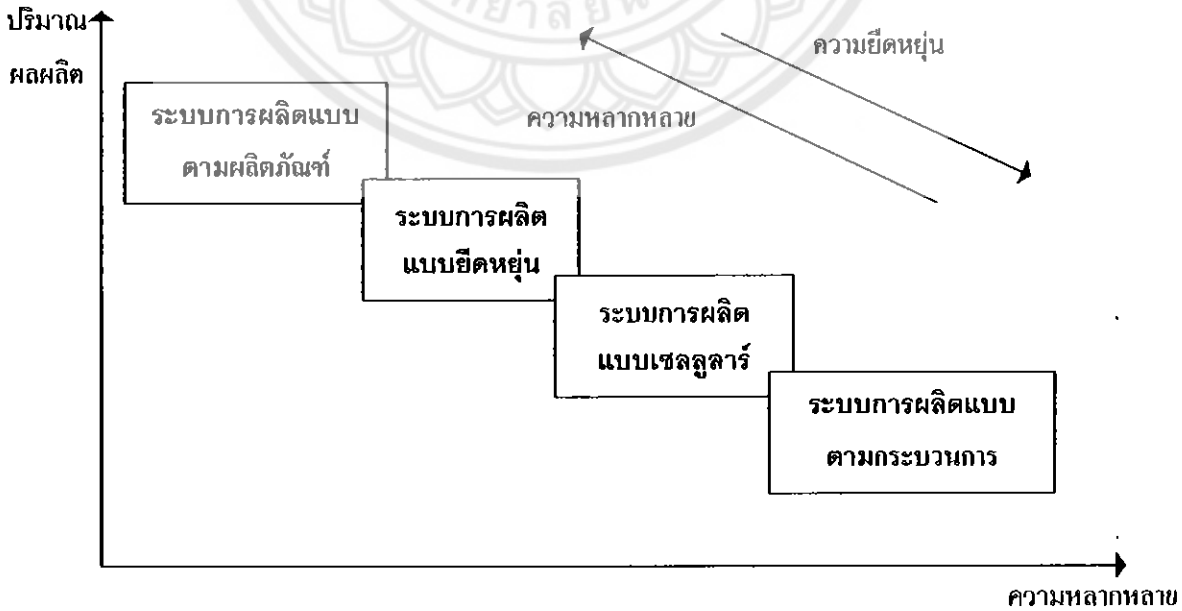
ไม่ว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะถูกนิยามเอาไว้อย่างไรก็ตาม จะพบว่ามีอุปกรณ์สำคัญหลายชนิดได้ถูกกล่าวถึงบ่อยครั้งในคำนิยามอันแตกต่างกันของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลเอ็นซี ระบบเคลื่อนย้ายวัสดุอัตโนมัติ คอมพิวเตอร์ควบคุมส่วนกลาง เป็นต้น ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าอุปกรณ์เหล่านี้น่าจะเป็นองค์ประกอบสำคัญในการช่วยหาคำนิยามทั่วไปของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ปารเมศ ชุติมา (2544) ได้ให้คำนิยามของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยรวมเอาคำนิยามที่ได้กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดไว้ด้วยกันใหม่ว่า "ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นคือ ระบบที่ประกอบด้วยเครื่องจักรกลเอ็นซี ระบบเคลื่อนย้ายวัสดุอัตโนมัติ และอุปกรณ์เสริมต่างๆอีกมากมาย อุปกรณ์ต่างๆที่ประกอบขึ้นเป็นระบบนี้จะถูกควบคุมและเชื่อมโยงเข้าด้วยกันโดยคอมพิวเตอร์ควบคุมศูนย์กลาง เพื่อที่จะผลิตชิ้นส่วนที่มีจำนวนของการผลิตและความหลากหลายปานกลาง โดยมีลำดับในการผลิตเป็นแบบสุ่ม"

ตามธรรมดาแล้วระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่เป็นแบบฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ ส่วนประกอบที่เป็นฮาร์ดแวร์ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นก็คือส่วนประกอบที่เห็นและสามารถจะต้องได้ ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลเอ็นซี อุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายวัสดุเครื่องมือต่างๆและคอมพิวเตอร์ เป็นต้น สำหรับส่วนที่เป็นซอฟท์แวร์ ได้แก่ ส่วนประกอบที่มองไม่เห็นและไม่สามารถจับต้องได้ ตัวอย่างเช่น โปรแกรมต่างๆที่ถูกป้อนเข้าเครื่องจักรกลเอ็นซี ซอฟท์แวร์สำหรับควบคุมการจราจรของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุต่างๆ เป็นต้น

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นอาจจะเป็นหรือไม่เป็นคำตอบที่ต้องการสำหรับการผลิตสินค้าประเภทใดประเภทหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการทางด้านการผลิตของบริษัทนั้นๆ

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่แท้จริงจะต้องมีความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนอย่างหลากหลายที่มีความแตกต่างกันได้โดยที่ระบบจะทำการผลิตชิ้นส่วนกลุ่มหนึ่งในเวลาใดเวลาหนึ่งโดยไม่คำนึงถึงลำดับการผลิตชิ้นส่วน และการผลิตจะเป็นไปตามความต้องการที่เกิดขึ้นในเวลานั้น ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะต้องนำความยืดหยุ่นที่มีอยู่หลายชนิด เพื่อที่จะทำให้การผลิตแบบนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่นนี้เองที่เป็นตัวการทำให้เกิดการดัดแปลงตัวเองให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงในปริมาณการผลิต การเปลี่ยนแปลงในส่วนคละผลิตภัณฑ์ การเพิ่มชนิดผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงในด้านวิศวกรรมและการออกแบบ เป็นต้น นอกจากนั้นความยืดหยุ่นยังทำให้ระบบสามารถที่จะจัดการกับสิ่งก่อกวนต่างๆที่จะเกิดขึ้นในระบบนี้ซึ่งไม่สามารถพยากรณ์หรือคาดเดาได้ เช่น การเสียอย่างกะทันหันของเครื่องกล การเปลี่ยนแปลงกำหนดการผลิตแบบกะทันหัน เป็นต้น ความยืดหยุ่นเหล่านี้เกิดขึ้นได้สืบเนื่องมาจากประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์และซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นทั้งระบบ ซอฟท์แวร์เหล่านี้จะหาเกณฑ์ที่เหมาะสมในการตัดสินใจเกี่ยวกับความต้องการของทรัพยากรต่างๆ การจัดทำกำหนดการผลิต และการตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆที่กำลังเกิดขึ้นในระบบทั้งที่คาดหมายและไม่ได้คาดหมายเอาไว้



รูปที่ 2.3 แสดงขอบเขตการใช้งานของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ที่มา: ปารเมศ ชุติมา (2544)

จะเห็นได้ว่าจากรูปที่ 2.3 จะแสดงปริมาณของผลผลิต และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สังเกตได้ว่า ยิ่งความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มีมาก จำนวนของปริมาณการผลิตจะลดลง ซึ่งแปรผกผันซึ่งกันและกัน ในส่วนของระบบ FMS จะอยู่บริเวณตรงกลางของกราฟ คือ มีปริมาณผลผลิตระดับปานกลางและมีการผลิตที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับปานกลางด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตระบบอื่น และยิ่งความยืดหยุ่นมากจะทำให้สามารถผลิตสินค้าที่มีความหลากหลายมากขึ้นตามไปด้วย

2.3 ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ภาคอุตสาหกรรมในยุคปัจจุบันได้ตระหนักถึงการออกแบบและการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความมุ่งหวังที่จะบริหารจัดการทรัพยากร และปัจจัยการผลิตต่างๆที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งรูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรก็มีหลายรูปแบบดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยแต่ละรูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรนั้นก็จะเริ่มจากวัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ออกมา แม้จะได้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน ใช้เวลาในการผลิตเท่ากัน แต่ก็ไม่แน่ว่าจะสามารถผลิตออกมาได้ในปริมาณที่เท่ากัน ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการจัดเตรียมสถานที่สำหรับวางเครื่องจักร วัตถุดิบ คน สถานที่ทำงาน พร้อมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการผลิตในตำแหน่งที่เหมาะสม คำว่า "เหมาะสม" ในที่นี้หมายถึง การวางแผนการจัดวางเครื่องจักรที่ดีที่สุด ที่ได้รับเลือกจากแผนการต่างๆที่มีอยู่หลังจากที่ได้ทำการประเมินผลในบางปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบการขนถ่ายวัสดุ ความเหมาะสมก็คือ การจัดวางเครื่องจักรที่มีการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุด หรือขนถ่ายในระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งหากขาดการวางแผนที่ดีแล้วเป็นการยากที่จะจัดเครื่องจักรเหล่านี้ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมได้ นอกจากนั้นเครื่องจักรแต่ละเครื่องอาจมีน้ำหนักมากยากต่อการเคลื่อนย้าย ยากต่อการติดตั้ง ผลที่ตามมาก็คือ การสูญเสียทั้งค่าใช้จ่ายและเวลา ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงพอสรุปได้ว่าการวางแผนการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะพบว่า การเคลื่อนที่ การขนถ่าย และการขนส่งวัสดุ เป็นเรื่องที่มีบทบาทสำคัญในการจัดเรียงเครื่องจักร ซึ่งการวางแผนการจัดเรียงเครื่องจักรกับการขนถ่ายวัสดุนั้นต้องทำควบคู่กันไป และจะได้ไม่ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นภายหลัง

สำหรับงานวิจัยการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรนี้ เป็นการจัดเรียงเครื่องจักรที่ยังไม่มีตำแหน่งจัดวางไว้ตายตัว เพื่อหาระยะทางในการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างเครื่องจักรที่ได้จัดเรียงไว้ให้มีค่าน้อยที่สุด

2.3.1 วัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการจัดเรียงเครื่องจักรที่ผู้วิจัยนิยมใช้กัน

สามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิดดังนี้

2.3.1.1 หลักการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในระยะทางสั้นที่สุด

หากทุกกิจกรรมอยู่ในสภาวะที่เท่าเทียมกัน การจัดเรียงเครื่องจักรที่ดีที่สุดคือการจัดเรียงเครื่องจักรที่มีระยะทางการเคลื่อนที่ของการขนถ่ายวัสดุระหว่างกิจกรรมหรือระหว่างหน่วยงานน้อยที่สุด โดยสามารถประหยัดได้ด้วยวิธีการลดระยะทางของการเคลื่อนที่ โดยพยายามกำหนดหน่วยงานตามลำดับขั้นตอน หน่วยงานใดสามารถอยู่ติดกันได้บ้างก็ให้อยู่ติดกัน ก็สามารถที่จะกำจัดการขนส่งระหว่างงานนั้นได้ นั่นคือ เมื่อวัสดุออกจากหน่วยงานหนึ่ง หน่วยผลิตต่อไปก็สามารถป้อนเข้าขบวนการต่อไปได้ทันที

2.3.1.2 หลักการเกี่ยวกับการไหลของวัสดุ

หากทุกกิจกรรมอยู่ในสภาวะที่เท่าเทียมกัน การจัดเรียงเครื่องจักรที่ดีที่สุดจะต้องจัดเรียงเครื่องจักรตามลำดับขั้นตอนของผลิตภัณฑ์แต่ละรายการ ทั้งการขึ้นรูป การเปลี่ยนคุณสมบัติหรือสายงานประกอบ หลักการนี้ก็เช่นเดียวกับหลักของการลดระยะทางการขนถ่ายให้สั้นที่สุด นั่นคือ การไหลของวัสดุต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไปยังหน่วยงานต่อๆไป โดยไม่มีการวกกลับหรือวกวน หรือการเคลื่อนที่ตัดกันไปมาจนเกิดความแออัดจากการกีดขวางของส่วนต่างๆ ต้องพยายามกำจัดให้เหลือน้อยที่สุด

2.3.1.3 หลักการเกี่ยวกับความยืดหยุ่น

หากทุกกิจกรรมอยู่ในสภาวะที่เท่าเทียมกัน การจัดเรียงเครื่องจักรที่ดีต้องสามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิต โดยมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและทำได้สะดวก เป้าหมายในด้านนี้ย่อมเป็นสิ่งสำคัญมากในปัจจุบัน ด้วยสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ทันสมัยอยู่เสมอ จึงทำให้กระบวนการผลิต อุปกรณ์ มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เมื่อเป็นเช่นนั้นการจัดเรียงเครื่องจักรในสมัยใหม่มักจะออกแบบให้มีความยืดหยุ่นสูงและเปลี่ยนแปลงการจัดวางได้ง่าย และเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก

2.4 ระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ

การขนถ่ายวัสดุเป็นกิจกรรมที่จำเป็นและมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบการผลิตถ้าพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการขนถ่ายวัสดุแล้ว จะพบว่าค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะมีค่าเป็นสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด จากการสำรวจของ Chiang และ Kouvelis (2002) พบว่า 30-70% ของค่าใช้จ่ายในการผลิต มาจากการวางผังโรงงาน และการขนถ่ายวัสดุ (Ficko et al., 2004) ดังนั้นระดับของความเป็นอัตโนมัติของระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้ก็เป็นปัจจัยที่จะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในด้านการขนถ่ายวัสดุได้เช่นกัน

วัตถุประสงค์ของการขนถ่ายวัสดุในโรงงานอุตสาหกรรมก็เพื่อที่จะทำการขนย้ายวัตถุดิบ งานระหว่างกระบวนการ (Work-In-Process: WIP) สินค้าสำเร็จรูป เครื่องมือ และสิ่งอื่นๆที่ต้องการ จากตำแหน่งหนึ่งไปสู่อีกตำแหน่งหนึ่ง เพื่อที่จะช่วยให้การทำงานของระบบผลิตสะดวกและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (ปารเมศ ชุติมา, 2544)

อุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุ (Material-Handling Device: MHD) ที่ใช้ในระบบ FMSได้แก่ หุ่นยนต์ขนถ่ายวัสดุ (Robot) หุ่นยนต์แบบมีโครงขาหยั่ง (Gantry Robot) สายพาน (Conveyor) และรถAGV เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะเป็นตัวป้อน (Fed) วัตถุดิบให้แก่เครื่องจักรหรือสถานีงานโดยอัตโนมัติ (Solimanpur et al., 2005)

Heragu และ Kusiak (1987) ได้แสดงชนิดของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ (MHD) ในระบบ FMS ที่ใช้สำหรับรูปแบบของการจัดวางเครื่องจักร ซึ่งอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ (MHD) ที่นำมาใช้โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับสภาพของระบบ FMS ด้วย ได้แก่ หุ่นยนต์ (Robot) หุ่นยนต์แบบมีโครงขาหยั่ง (Gantry Robot) และรถ AGV โดยจะใช้กับ 5 รูปแบบการวางเครื่องจักร (Solimanpur et al., 2005)

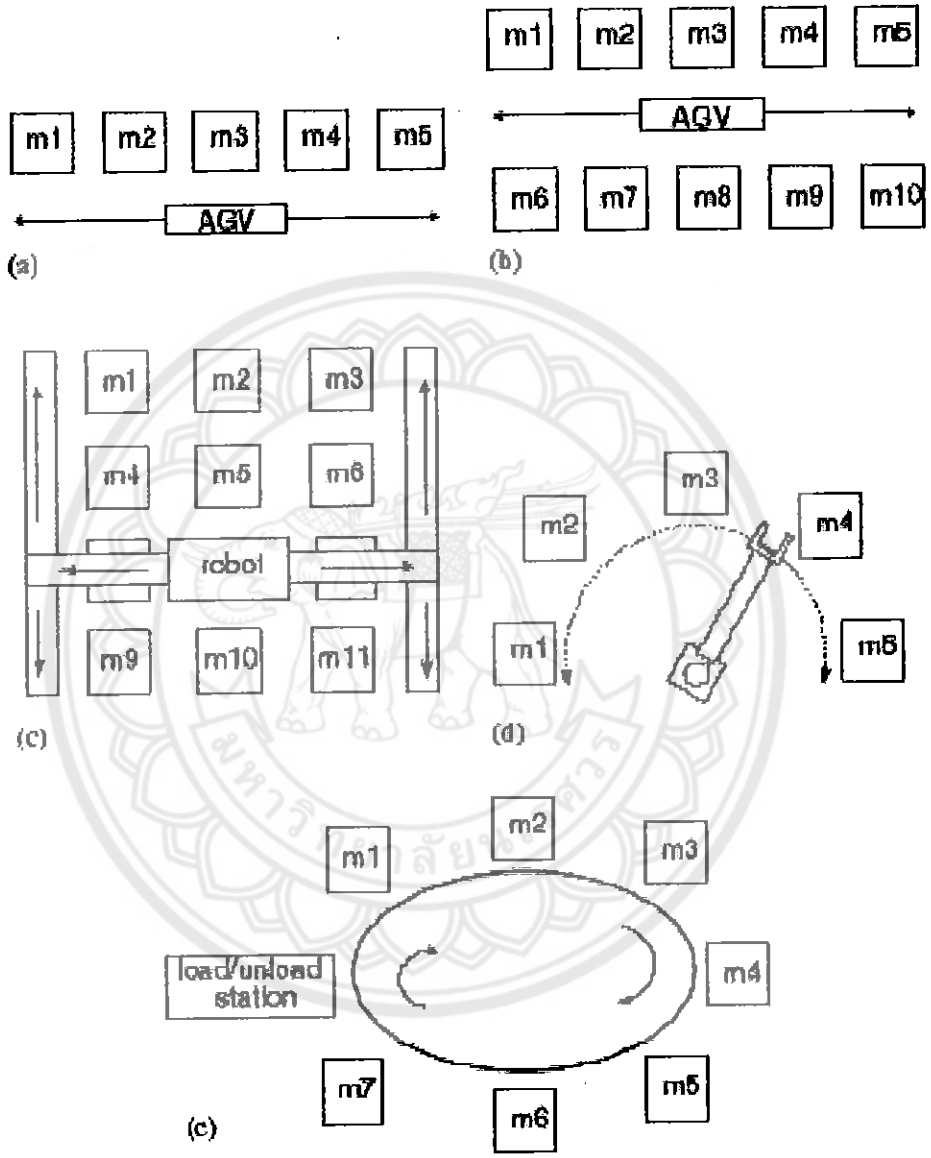
รูปที่ 2.4 (a) แสดงการใช้ AGV เคลื่อนย้ายชิ้นงานของการจัดวางเครื่องจักรในแนวเส้นตรงแบบแถวเดียว (Single-Row Layout) ที่มีระนาบของเครื่องจักรตรงกันตามแนวแกน x ซึ่งจะนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

รูปที่ 2.4 (b) แสดงการใช้ AGV เคลื่อนย้ายชิ้นงานของการจัดวางเครื่องจักรแบบสองแถว (Double-Row Layout)

รูปที่ 2.4 (c) แสดงการใช้ Gantry Robot ในการขนส่งชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรในการจัดวางแบบกลุ่ม (Cluster Layout) โดยที่พื้นที่ของโรงงานมีจำกัด

รูปที่ 2.4 (d) เป็นการใช้ Robot ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรแบบครึ่งวงกลม (Semi-Circular)

และ รูปที่ 2.4 (e) เป็นการใช้สายพาน (Conveyor) ลำเลียงชิ้นงานให้เครื่องจักรในการจัดวางเครื่องจักรแบบวนปิด (Closed Unidirectional Loop Layout)



รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นกับความแตกต่างของอุปกรณ์ขนย้ายวัตถุดิบในแต่ละรูปแบบ

(a) Single-Row Layout (b) Double-Row Layout (c) Cluster Layout

(d) Semi-Circular และ (e) Closed Unidirectional Loop Layout

ที่มา: Nearchou (2006)

2.5 การวิจัยดำเนินงาน

การวิจัยดำเนินงาน เป็นวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และสถิติ หลักเกณฑ์ของการวิจัยดำเนินงานจะช่วยแก้ปัญหาต่างๆได้อย่างดี จะเป็นเครื่องช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจในการแก้ปัญหาต่างๆ เป็นการประยุกต์วิธีการทางวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและเพื่อจัดการระบบของคนเครื่องจักร วัตถุดิบ และการเงินในวงการอุตสาหกรรม วงการธุรกิจ และหน่วยงานรัฐบาลให้ดีขึ้น

2.5.1 ความหมายของการวิจัยดำเนินงาน

การวิจัยดำเนินงานเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับการปฏิบัติงานขององค์การ เป็นระเบียบวิธีที่มีหลักเกณฑ์ ในการพยายามแก้ไขปัญหาและหาแนวทางปฏิบัติให้ได้ผลลัพธ์ดีที่สุด ซึ่งจะเป็นหัวใจของหลักการวิจัยดำเนินงาน

2.5.2 ขั้นตอนของการวิจัยดำเนินงาน

ขั้นตอนของการศึกษาปัญหาโดยใช้วิธีการการวิจัยดำเนินงาน มีดังต่อไปนี้

2.5.2.1 การจัดตั้งปัญหา (Problem Formulation)

ปัญหาที่เกิดขึ้นย่อมมีความซับซ้อน การกำหนดปัญหาให้ตรงกับเป้าหมายจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อที่จะหาผลลัพธ์แล้วนำไปปฏิบัติจริงได้ การจัดตั้งปัญหามีหลักพอสังเขปดังนี้

ก. ศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวข้อง

ข. กำหนดปัญหาที่พิจารณาให้ชัดเจน

ค. กำหนดจุดประสงค์และวิธีการวัดผลการดำเนินงาน

ง. กำหนดขอบเขตและสมมติฐานของปัญหา

จ. กำหนดแนวทางดำเนินงานที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

ฉ. กำหนดช่วงเวลาในการแก้ปัญหา

2.5.2.2 การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Constructing a Mathematical Model)

เมื่อกำหนดและเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องแล้ว ในทางการวิจัยดำเนินงานนิยมใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับแทนระบบของปัญหา โดยมีสมการต่าง ๆ แสดงความสัมพันธ์ และมีโครงสร้างดังนี้

ก. สมการหรือฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Objective Function)

ข. ตัวแปรที่ควบคุม (Decision Variable) และตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

ค. มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัด (Constraints)

2.5.2.3 การหาผลลัพธ์ของปัญหา (Deriving a Solution)

หลักการของการวิจัยดำเนินงาน เป็นการหาผลลัพธ์ที่ได้ผลดีเหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ไม่ได้หมายความว่าจะสามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาได้

2.5.2.4 การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และผลลัพธ์ (Testing the Model and Solution)

การใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องมีการทดสอบ เนื่องจากความบกพร่องในการละเว้นองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน จะทำให้การหาผลลัพธ์ที่ดีนั้นเป็นไปไม่ได้ ซึ่งอาจจะใช้การทดสอบโดยตั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใหม่ เพื่อเปรียบเทียบกับชุดเดิม

2.5.2.5 การตั้งขอบข่ายแทนการควบคุมผลลัพธ์ (Establishing Control over The Solution)

ควรมีการควบคุมขอบเขตของการได้รับผลลัพธ์ ในการจำกัดสภาพแวดล้อมของปัญหา

2.5.2.6 การนำผลลัพธ์ไปใช้งาน (Implementation)

ผลลัพธ์จากการวิจัยดำเนินงาน ต้องสามารถชี้แจงให้ผู้บริหารเข้าใจถึงการดัดแปลงผลที่ได้และวิธีการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ โดยทีมการวิจัยดำเนินงานและฝ่ายบริหารต้องร่วมมือในการพัฒนาวิธีการเพื่อนำหลักการของผลลัพธ์นั้น ๆ ออกใช้งานและต้องมีการประเมินผลและติดตามข้อบกพร่องเพื่อแก้ไขให้ทันตามความต้องการ

2.5.3 ตัวอย่างของปัญหาที่ได้รับการศึกษาโดยวิธีการวิจัยดำเนินงาน

ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละองค์กรย่อมแตกต่างกันไป ซึ่งก็มีหลากหลายรูปแบบ สามารถยกตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

2.5.3.1 ปัญหาการจัดสรร (Allocation Problem)

เป็นการจัดทรัพยากรที่มีอยู่อย่างประหยัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เช่น การจัดการเกี่ยวกับคน เครื่องจักร วัตถุดิบ ฯลฯ อาจเรียกว่าปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem) ใช้แก้ปัญหาการจัดคนเข้ากับงาน หรืองานเข้ากับเครื่องจักรอุปกรณ์ อย่างเหมาะสม

2.5.3.2 ปัญหาสินค้าคลัง (Inventory Problem)

เป็นปัญหาเกี่ยวกับการเก็บรักษาสินค้าหรือพัสดุซึ่งในการบริหารสินค้านั้นจะเกี่ยวข้องกับปริมาณความต้องการ ค้าใช้จ่ายในการเก็บรักษาค่าใช้จ่ายในการผลิต การสั่งซื้อในปริมาณและเวลาอย่างเหมาะสมย่อมมีผลต่อการบริหารสินค้าคงคลัง

2.5.3.3 ปัญหาการรอคอย (Queuing Problem)

เป็นปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดหน่วยบริการให้มีปริมาณเพียงพอที่จะให้ประโยชน์สูงสุด (Optimal Number of Facilities) การจัดปริมาณหน่วยบริการจำเป็นต้องศึกษาเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผู้รับบริการจะต้องเสียเวลารอกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานให้บริการในแต่ละหน่วยบริการ

2.5.3.4 ปัญหาการทดแทน (Replacement Problem)

จะเกี่ยวข้องกับการบริหารการทดแทนวัตถุสิ่งของเมื่อเกิดการสึกหรอหรือเสื่อมคุณภาพหรือหมดอายุการใช้งาน เป็นปัญหาที่จะต้องพิจารณาเปลี่ยนทรัพยากรเหล่านั้นเมื่อใดจึงจะเหมาะสมและประหยัดที่สุด

2.5.3.5 ปัญหาการวางแผนและควบคุมโรงงาน

เป็นปัญหาเกี่ยวกับการจัดลำดับการทำงานก่อนหลังซึ่งจะมีเงื่อนไขของเวลาแรงงาน ซึ่งนิยมใช้เทคนิค PERT (Project Evaluation & Review Technique) และ CPM (Critical Path Method)

2.5.3.6 ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem)

การขนส่งและการสื่อสารด้วยการหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปสู่จุดหมายโดยมีเส้นทางหลาย ๆ เส้นทางจะ ใช้ Routing Model เพื่อวิเคราะห์เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

2.5.3.7 ปัญหาการทดสอบทางเลือก

โดยการจำลองสถานการณ์ (Simulation) การจำลองสถานการณ์จากปัญหานี้เป็นเทคนิคที่ยืดหยุ่นประเภทบรรยาย (Descriptive Model) ไม่ใช่เทคนิคประเภทที่ผลคำตอบนั้นเป็นคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization Model) เทคนิคการจำลองนี้จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับอะไรจะเกิดขึ้นถ้า... (What If...) ได้

2.5.4 Linear Programming (การโปรแกรมเชิงเส้นตรง)

เนื่องจากการดำเนินงานในธุรกิจต่างๆ เพิ่มขนาดและความสลับซับซ้อนขึ้นทำให้เกิดตัวแปร ปัญหา และความไม่แน่นอนมากขึ้นตามลำดับ ด้วยเหตุนี้เองผู้บริหารยุคปัจจุบันจึงต้องพยายามใช้เครื่องมือและเทคนิคใหม่ๆมาเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ โปรแกรมแบบเชิงเส้นตรงเป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยผู้บริหารในการแก้ปัญหาและตัดสินใจ

โปรแกรมแบบเส้นเชิงตรง เป็นเทคนิควิธีการอย่างหนึ่งที่ช่วยในการตัดสินใจของฝ่ายจัดการองค์การธุรกิจต้องเผชิญกับปัญหาการแบ่งสันปันส่วนทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทรัพยากรเหล่านี้หมายถึง เงินวัตถุดิบ เครื่องจักร สถานที่เวลา แรงงาน ทรัพยากร มีจำนวนเป็นขอบเขตจำกัด (Limitation) หรือข้อยับยั้ง (Restriction) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นปฏิภาคโดยตรงและแน่นอน เช่น ถ้าจำนวนชั่วโมงผลิตเปลี่ยนไป 5%จะทำให้ปริมาณผลิตเปลี่ยนไป 10%

2.5.4.1 ขั้นตอนของการโปรแกรมเชิงเส้นตรง

ก. ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองของโปรแกรมแบบเส้นเชิงตรง

ในการสร้างแบบจำลองของโปรแกรมแบบเชิงเส้นตรงนี้ ต้องรวบรวมรายละเอียดทั้งหมดที่มีอยู่ กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นให้ชัดเจน แล้วตั้งสัญลักษณ์เป็นตัวแปรที่ต้องการทราบค่า โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้องเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นปฏิภาคโดยตรง เมื่อพิจารณาแล้วดำเนินการดังต่อไปนี้คือ

ก.1 สร้างสมการเป้าหมาย (Objective function)

สมการเป้าหมายนี้ต้องมีลักษณะเป็นสมการแบบเส้นตรงโดยมีเป้าหมายที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสมจะเป็นต่ำสุด หรือสูงสุดก็ได้ ต้องเป็นสมการเป้าหมายเดียวคือต้องการหากำไรสูงสุด หรือต้องการหาต้นทุนต่ำสุด สมการเป้าหมาย เป็นสมการที่แสดง

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องการทราบค่ากำไรหรือต้นทุน เช่น จากตัวอย่างที่จะได้กล่าวต่อไป การผลิตโต๊ะหนึ่งตัวจะได้กำไร 8 บาท และเก้าอี้หนึ่งตัวได้กำไร 6 บาท เป้าหมายต้องการทราบว่าควรจะผลิตโต๊ะกี่ตัว เก้าอี้กี่ตัวจึงจะได้กำไรสูงสุด ซึ่งก็เช่นเดียวกับหลักพีชคณิตเบื้องต้น ถ้าต้องการทราบค่าใด ก็กำหนดตัวแปรที่ต้องการทราบค่านั้นๆขึ้น

ในที่นี้ต้องการทราบจำนวนโต๊ะและจำนวนเก้าอี้

Z เป็นกำไรสูงสุด

จึงสมมติให้ T เป็นจำนวนโต๊ะ

C เป็นจำนวนเก้าอี้

สมการเป้าหมายคือ Max Z= 8 T + 6C (2.1)

ก.2 สร้างข้อจำกัด (constraints)

เนื่องจากรายละเอียดที่มีอยู่นั้นจะต้องมีทางเลือกปฏิบัติได้หลายทาง ประกอบด้วยทรัพยากรมีจำกัดประการหนึ่ง เช่นจำนวนชั่วโมงเครื่องจักรมีจำกัด วัตถุดิบก็ดี หรือแรงงานก็ดี ต้องรวบรวมดูว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมีขีดจำกัดอย่างใดบ้าง นำข้อยับยั้งหรือข้อจำกัดเหล่านี้มาสร้างในรูปสมการแบบเส้นตรง (linear equation) หรืออสมการแบบเส้นตรง (linear in equalities)

รูปสมการแบบเส้นตรงได้แก่

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{1n}X_n = b_1 \quad (2.2)$$

รูปอสมการแบบเส้นตรงได้แก่

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{1n}X_n \leq b_1 \quad (2.3)$$

หรือ

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{1n}X_n \geq b_1 \quad (2.4)$$

ก.3 พิจารณาให้ตัวแปรทุกตัวมีค่าไม่เป็นลบ (Non negativity)

คือ มีค่าเท่ากับศูนย์หรือมากกว่าศูนย์ การให้ค่าตัวแปรทุกตัวที่กำหนดขึ้นมานั้นมีค่าไม่ติดลบ ถือเป็นข้อจำกัดที่ไม่เป็นลบ (Non negativity restriction) เช่น

$$X_i \geq 0 \qquad i = 1, 2, \ldots, n \quad (2.5)$$

ข. ขั้นที่ 2 หาคำตอบของปัญหาที่ได้จากขั้นที่ 1

เมื่อผ่านขั้นตอนที่หนึ่งคือ สร้างแบบจำลองแล้ว ก็ถึงการแก้ปัญหาซึ่งเป็นการหาค่าของตัวแปรนั่นเอง

2.5.5 Integer Programming

Integer Programming คล้ายคลึงกลับ Linear Programming แต่ต่างกันที่ตัวแปรการตัดสินใจต้องเป็นตัวเลขจำนวนเต็มเท่านั้น การหาคำตอบที่เป็นได้ที่มีค่าเป็นจำนวนเต็มในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Region) ทีละจุดให้ได้คำตอบใกล้เคียงกับสมการเป้าหมาย การหาคำตอบของ Integer Programming ไม่สามารถใช้ Simplex Method หาได้ เพราะคำตอบที่ต้องการเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น ส่วน Linear Programming ค่าที่ได้จะเป็นจุดทศนิยมหรือจำนวนเต็มก็ได้

2.5.6 งานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

จากการศึกษาของ M. Solimanpur, Prem Vrat และ Ravi Shankar (2005) ทำให้ได้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว (Single-row) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$Min\ Z = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M}\sum_{h=1}^{M-1}\sum_{l=h+1}^{M}(f_{ij}+f_{ji})d_{hl}x_{ih}x_{jl} \tag{2.6}$$

s.t.

$$d_{hl} = \sum_{k=1}^{M}\sum_{t=h+1}^{l-1}L_k x_{kt} + \sum_{k=1}^{M}\sum_{r=1}^{M}\sum_{t=h}^{l-1}s_{kr}x_{kt}x_{r,t+1} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M}L_k x_{kh} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M}L_k x_{kl};\ \forall 1 \le h < l \le M \tag{2.7}$$

$$\sum_{i=1}^{M}x_{ih} = 1; \qquad \forall h = 1,2,...,M \tag{2.8}$$

$$\sum_{h=1}^{M}x_{ih} = 1; \qquad \forall i = 1,2,...,M \tag{2.9}$$

$x_{ih} \in \{0,1\}, d_{hl}$ เป็นจำนวนจริง; $\qquad i,h,l = 1,2,...,M.$

ดัชนี i,j,k,r แทน เครื่องจักรที่...

h,l,t แทน ที่ตั้งตำแหน่งที่...

โดยที่ M คือ จำนวนทั้งหมดของเครื่องจักร และสถานที่ตั้งเครื่องจักร

f_{ij} คือ จำนวนการเคลื่อนที่จากเครื่องจักร i ไปเครื่องจักร j ($f_{ii} = 0$)

L_i คือ ความยาวของเครื่องจักร i

s_{ij} คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องจักร i และเครื่องจักร j

d_{hl} คือ ระยะทางระหว่างจุด centroid ของตำแหน่งที่ตั้ง h และจุด centroid ของตำแหน่งที่ตั้ง l ($d_{hl} = d_{lh}; \quad \forall h,l$)

x_{ih} คือ ค่าคงที่ โดยจะเป็น 1 ก็ต่อเมื่อ เครื่องจักร i ตั้งอยู่บนตำแหน่ง h และจะเป็น 0 ในกรณีอื่นๆ

ซึ่งจากแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว (Single-row) ข้างต้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

สมการที่ 2.6 คือ สมการเป้าหมาย ในการหาระยะทางรวมทั้งหมดที่ผลิตภัณฑ์ หรือรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติเคลื่อนที่ไป

สมการที่ 2.7 คือ ข้อจำกัด ในการหาระยะทางระหว่างจุด centroid ของที่ตั้ง h และจุด centroids ของที่ตั้ง l

สมการที่ 2.8 คือ ข้อจำกัด โดยในที่ตั้ง 1 ตำแหน่งสามารถวางเครื่องจักรได้เพียง 1 เครื่องเท่านั้น

สมการที่ 2.9 คือ ข้อจำกัด โดยเครื่องจักร 1 เครื่องสามารถวางได้บนที่ตั้งเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรเพื่อให้ค่าคำตอบที่ได้เป็นค่าของระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่มีค่าที่น้อยที่สุด ในขั้นตอนแรกจึงต้องมีการศึกษาปัญหา และหลักการของการจัดเรียงเครื่องจักร และต่อมาจึงเป็นการศึกษาวิธีการสร้างแบบจำลองของปัญหา และการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ดำเนินการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยที่วัตถุประสงค์ของการทำวิจัยในครั้งนี้ คือ การจัดทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในการจัดเรียงเครื่องจักรโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งจะคำนึงถึงระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (AGV) ระหว่างเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตที่น้อยที่สุด

3.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ตัวอย่างของวรรณกรรมที่ศึกษาดังที่แสดงแล้วในหัวข้อ 2.5.5

3.3 ศึกษาปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร

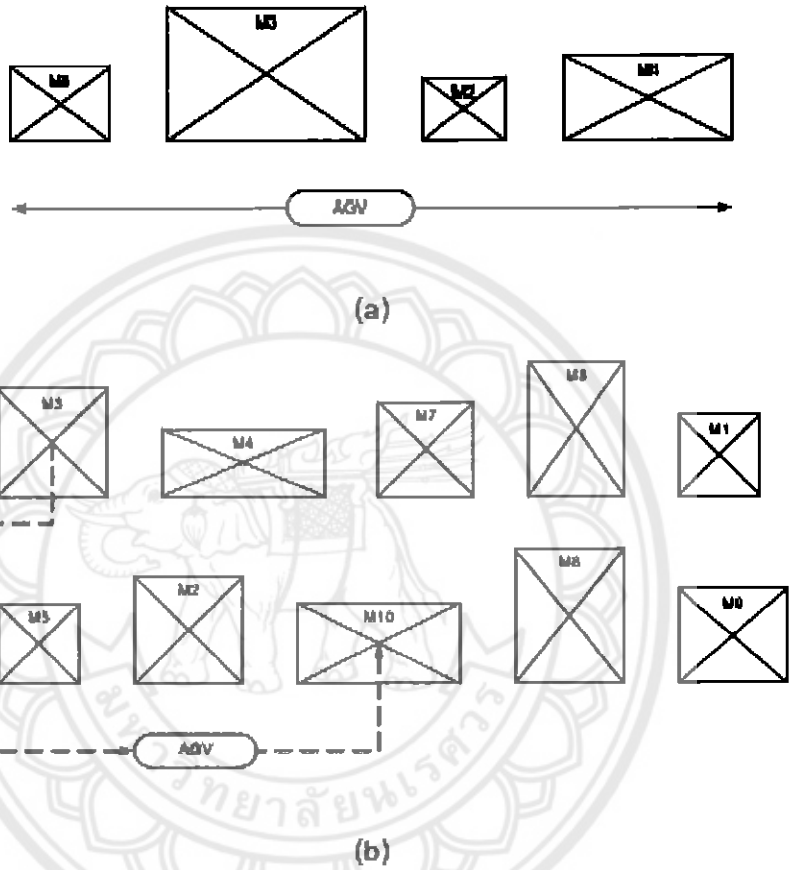
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร ประกอบด้วยข้อมูลหลัก 3 ข้อมูล คือ ข้อมูลของรูปแบบการวางผังเครื่องจักร ข้อมูลผลิตภัณฑ์ในการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร

3.3.1 ข้อมูลของรูปแบบการวางผังเครื่องจักร (Machine Layout Design)

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 รูปแบบของการวางผังเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน มีมากมายหลายรูปแบบ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว (Single-row Layout) และแบบหลายแถว (Multiple-rows Layout) โดยในระบบขนถ่ายวัสดุ จะใช้รถ AGV ขนถ่ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักร โดยบังคับให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่กำหนดให้โดยอัตโนมัติ โดย AGV นี้จะเดินทางในทิศทางที่เป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 3.1

ซึ่งในส่วนของขนาดหรือพื้นที่ของโรงงาน กำหนดให้มีขนาดของโรงงานเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยที่ด้านยาว ด้านกว้าง และช่องว่าง ของแต่ละเครื่องจักร จะถูกกำหนดขึ้นโดย

ผู้ใช้งานโปรแกรม โดยช่องว่างระหว่างเครื่องจักรและช่องว่างของแต่ละแถวกำหนดให้มีขนาดเท่ากัน ซึ่งเว้นไว้ให้ AGV และเว้นไว้เป็นทางเดินสำหรับการทำงานในโรงงาน ซึ่งทั้งหมดมีหน่วยเป็น เมตร



รูปที่ 3.1 (a) การจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว (Single Row Layout) และ (b) การจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (Multiple Rows Layout)

ที่มา : พัชราภรณ์ อริยะวงษ์ (2550)

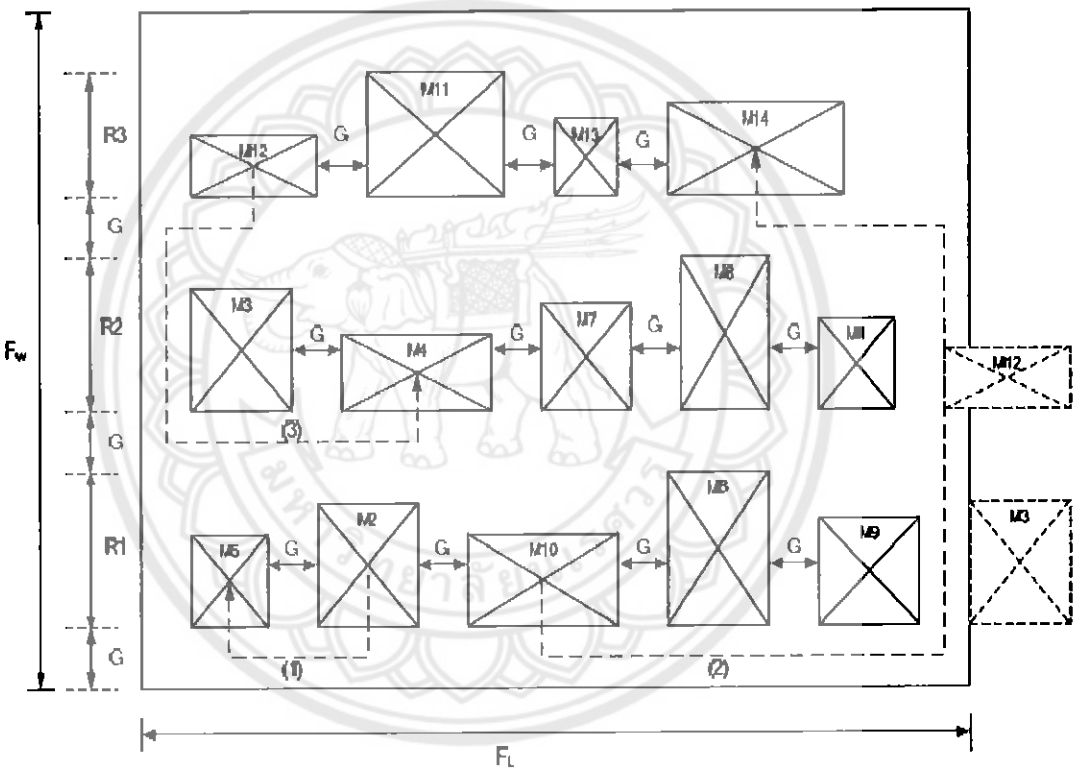
3.3.1.1 ในงานวิจัยนี้ผู้ดำเนินโครงงานได้กำหนดสมมุติฐาน ดังนี้

ก. AGV จะเดินทางเป็นเส้นตรง จากซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้าย และจากบนลงล่างหรือจากล่างขึ้นบน ดังรูปที่ 3.2

ข. ในกรณี ที่เครื่องจักรเป็นแบบหลายแถว (Multiple Rows) การเดินทางของ AGV จะเดินทางโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี

ข.1 กรณีที่ 1 คือ เดินทางในแถวเดียวกันโดย AGV จะออกจากทางด้านล่างของเครื่องจักรต้นทาง แล้วเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างที่กำหนดไว้ แล้วเลื่อนซ้าย/ขวาไปหาเครื่องจักรปลายทาง และเข้าหาทางด้านล่างของเครื่องจักรปลายทาง ดังรูปที่ 3.2 (1)

ข.2 กรณีที่ 2 คือ เดินทางระหว่างแถว จากแถวล่าง ขึ้นไปแถวบน ดังรูปที่ 3.2 (2) และจากแถวบน ลงแถวล่าง ดังรูปที่ 3.2 (3) โดย AGV จะออกจากทางด้านล่างของเครื่องจักรต้นทาง แล้วเคลื่อนที่ไปทางด้านขวาสุด หรือด้านซ้ายสุดของแถว ซึ่งการเลือกเส้นทางว่าจะไปด้านซ้ายหรือด้านขวานั้นจะเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยมีช่องว่างเพื่อให้ AGV เดินทางขึ้นหรือลงไปยังแถวของเครื่องจักรที่อยู่ปลายทาง โดย AGV จะเข้าทางด้านล่างของเครื่องจักรปลายทาง



รูปที่ 3.2 แสดงการเดินทางของ AGV ระหว่างเครื่องจักร (1) การเดินทางแถวเดียวกัน (2) การเดินทางจากแถวล่างขึ้นแถวบน (3) การเดินทางจากแถวบน ลงแถวล่าง

ที่มา : พัชราภรณ์ อริยะวงษ์ (2550)

3.3.2 ข้อมูลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์

โดยข้อมูลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์นี้ จะเป็นการแสดงเส้นทางลำดับขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ว่าผ่านการผลิตจากเครื่องจักรใดก่อนหลัง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์

เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 1
1	5		2
2	1	1	
3	2		1
4		2	
5	4	3	4
6	3	4	3

จากตารางที่ 3.1 ข้อมูลในตาราง คือ ลำดับขั้นตอนการผลิตที่ผ่าน**เครื่องจักรตัวใดก่อนหลัง**ของแต่ละผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต

ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ขั้นตอนที่ 1 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 2
ขั้นตอนที่ 2 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 3
ขั้นตอนที่ 3 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 6
ขั้นตอนที่ 4 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 5
และ ขั้นตอนที่ 5 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 1

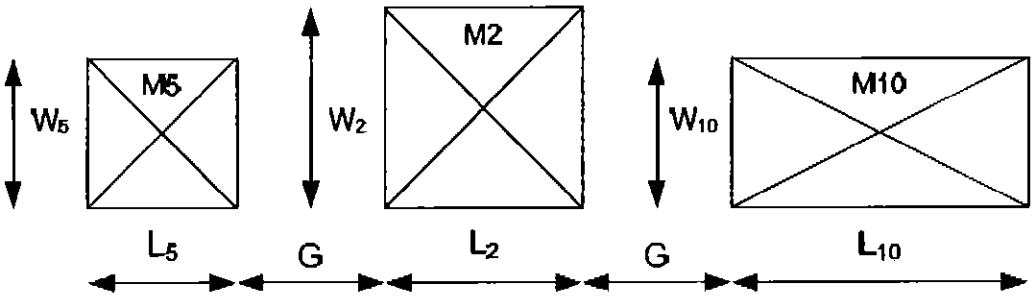
ผลิตภัณฑ์ที่ 2 ขั้นตอนที่ 1 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 2
ขั้นตอนที่ 2 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 4
ขั้นตอนที่ 3 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 5
และ ขั้นตอนที่ 4 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 6

ผลิตภัณฑ์ที่ 3 ขั้นตอนที่ 1 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 3
ขั้นตอนที่ 2 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 1
ขั้นตอนที่ 3 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 6
และ ขั้นตอนที่ 4 ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 4

1505980X
ปร.
ฉ 4552
2552

3.3.3 ข้อมูลของเครื่องจักร

โดยเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะมีรูปทรงเป็น รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ความกว้าง และความยาวของเครื่องจักรถูกกำหนดโดยผู้ใช้โปรแกรม ซึ่งมีหน่วยเป็น เมตร และในงานวิจัยนี้ เครื่องจักรจะมีจุดปฏิบัติงานของเครื่องจักร อยู่บริเวณจุดกึ่งกลาง (Centroid) ของแต่ละเครื่องจักร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของเครื่องจักร

ที่มา : พัชราภรณ์ อริยะวงษ์ (2550)

3.3.4 ลักษณะของฟังก์ชั่นเป้าหมาย

ในการแก้ไขปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบผลิตแบบยืดหยุ่น (FMS) ให้มีประสิทธิภาพนั้น ตัวแปรหลักที่นำมาพูดถึงก็คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายอัตโนมัติ (AGV) ในการขนถ่ายวัสดุระหว่างเครื่องจักร ให้มีระยะทางสั้นที่สุดดังนั้นฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Objective Function) ในการวิจัยนี้คือ การคำนวณหาค่าที่น้อยที่สุดของระยะทางในการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์ระหว่างเครื่องจักร ขณะทำการผลิต

3.3.5 ตัวอย่างปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร

โรงงาน A มีข้อมูลของโรงงานและเครื่องจักร ดังนี้

ก. กำหนดให้มีขนาดของโรงงานเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากโดยมีด้านยาวของเนื้อที่โรงงาน (L_{fac}) เท่ากับ 25 เมตร และด้านกว้างของเนื้อที่โรงงาน (H_{fac}) เท่ากับ 20 เมตร

ข. ในระบบขนถ่ายวัสดุ จะใช้รถ AGV ขนถ่ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักร โดยบังคับให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่กำหนดให้โดยอัตโนมัติ โดย AGV นี้จะเดินทางในทิศทางที่เป็นเส้นตรง

ค. ช่องว่างระหว่างเครื่องจักร (Gap between Machines) เท่ากับ 1 เมตร โดยช่องว่างระหว่างเครื่องจักรและช่องว่างของแต่ละแถวกำหนดให้มีขนาดเท่ากัน ซึ่งเว้นไว้ให้ AGV และเว้นไว้เป็นทางเดินสำหรับการทำงานในโรงงาน

ง. มีเครื่องจักรทั้งหมด 8 เครื่อง โดยข้อมูลของเครื่องจักรแต่ละเครื่องดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลของเครื่องจักร

เครื่องจักร	ความยาว (L_m)	ความกว้าง (H_m)
1	6	7
2	5	6
3	2	5
4	5	4
5	3	5
6	3	3
7	4	4
8	3	4

จ. มีการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูลของกระบวนการการผลิตดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลของกระบวนการผลิต

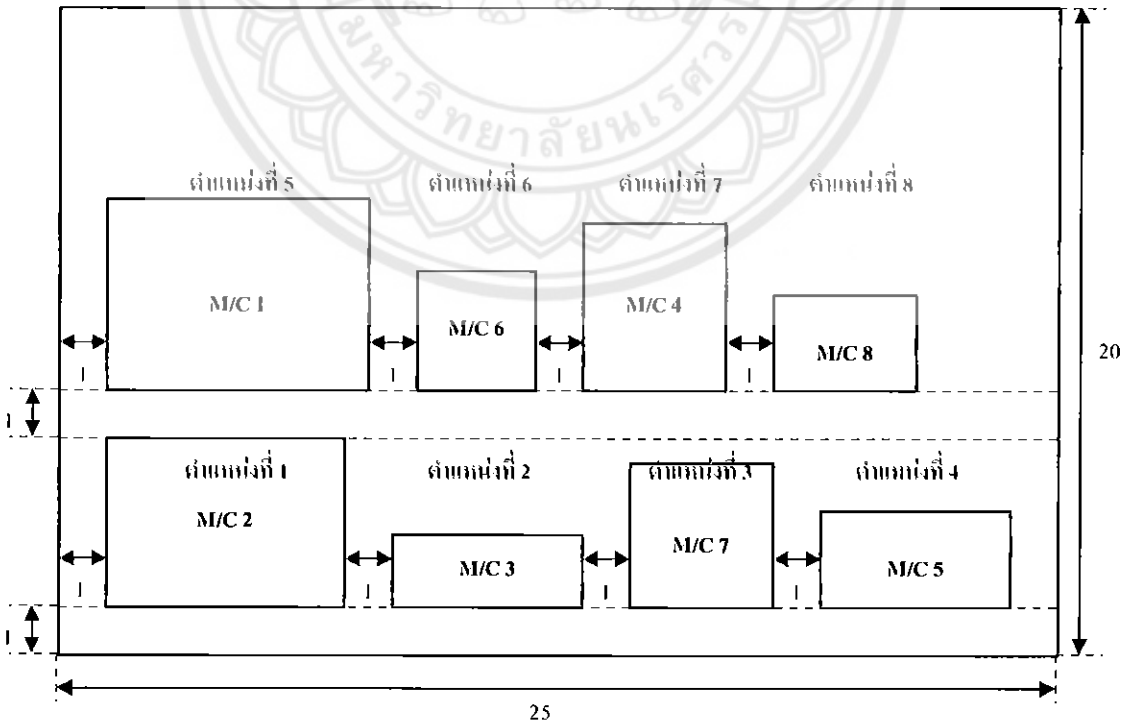
เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 1
1	5		2
2	1	1	
3	3		1
4		5	4
5	4	3	
6	6	4	3
7	3	2	
8			5
ปริมาณการผลิต	30	20	20

จากตารางที่ 3.2 ข้อมูลในตาราง คือ ลำดับขั้นตอนการผลิตที่ผ่านเครื่องจักรตัวใดก่อนหลัง ของแต่ละผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต เช่น

ผลิตภัณฑ์ที่ 1	ขั้นตอนที่ 1	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 2
	ขั้นตอนที่ 2	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 3
	ขั้นตอนที่ 3	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 7
	ขั้นตอนที่ 4	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 5
	ขั้นตอนที่ 5	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 1
	และ ขั้นตอนที่ 6	ผ่านเครื่องจักรตัวที่ 6

จากปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรของโรงงาน A ข้างต้น สมมุติให้สามารถแก้ปัญหาและสามารถจัดเรียงเครื่องจักรได้ดังแสดงในรูปที่ 3.4

เครื่องจักรที่ 1	ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 5
เครื่องจักรที่ 2	ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 1
เครื่องจักรที่ 3	ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 2
เครื่องจักรที่ 4	ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 7
เครื่องจักรที่ 5	ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 4
เครื่องจักรที่ 6	ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 6
เครื่องจักรที่ 7	ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 3
และ เครื่องจักรที่ 8	ตั้งอยู่บนตำแหน่งที่ 8



รูปที่ 3.4 แสดงรูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรของตัวอย่างปัญหาโรงงาน A

จากการจัดเรียงเครื่องจักรข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณหาค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV โดยมีการพิจารณาถึงระยะทางการเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุดด้วย จะได้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ ของรถ AGVดังนี้

ผลิตภัณฑ์ 1

ระยะทางการเคลื่อนที่ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย เท่ากับ 81.5 เมตร โดยคิดจาก

ระยะทางจากเครื่องจักร 2 ไปเครื่องจักร 3 เท่ากับ 12.0 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 3 ไปเครื่องจักร 7 เท่ากับ 10.5 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 7 ไปเครื่องจักร 5 เท่ากับ 11.0 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 5 ไปเครื่องจักร 1 เท่ากับ 35.5 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 1 ไปเครื่องจักร 6 เท่ากับ 12.5 เมตร

ผลิตภัณฑ์ 2

ระยะทางการเคลื่อนที่ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย เท่ากับ 66.0 เมตร โดยคิดจาก

ระยะทางจากเครื่องจักร 2 ไปเครื่องจักร 7 เท่ากับ 18.5 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 7 ไปเครื่องจักร 5 เท่ากับ 9.0 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 5 ไปเครื่องจักร 6 เท่ากับ 28.0 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 6 ไปเครื่องจักร 4 เท่ากับ 10.5 เมตร

และ ผลิตภัณฑ์ 3

ระยะทางการเคลื่อนที่ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย เท่ากับ 62.0 เมตร โดยคิดจาก

ระยะทางจากเครื่องจักร 3 ไปเครื่องจักร 1 เท่ากับ 28.0 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 1 ไปเครื่องจักร 6 เท่ากับ 12.5 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 6 ไปเครื่องจักร 4 เท่ากับ 10.5 เมตร

ระยะทางจากเครื่องจักร 4 ไปเครื่องจักร 8 เท่ากับ 11.0 เมตร

เมื่อนำมาคูณกับปริมาณการผลิต โดยที่ Lot Size มีค่าเท่ากับ 1 จึงทำให้จำนวนครั้งของการขนถ่ายของรถ AGV ในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าเท่ากับปริมาณการผลิต

จะทำให้ได้ค่าระยะทางรวมของการเคลื่อนที่ของรถ AGV ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ของโรงงาน A เป็น (81.5x30) + (66.0x20) + (62.0x20) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5,005 เมตร

ซึ่งค่าคำตอบที่ได้นี้อาจจะยังไม่ใช่ค่าที่น้อยที่สุดหรือค่าที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงต้องมีการจัดเรียงเครื่องจักรใหม่โดยการย้ายตำแหน่งของเครื่องจักร ถ้าหากไม่มีการจัดตำแหน่งเครื่องจักรที่แน่นอนแล้ว จะส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการ ทำให้เกิดปัญหายุ่งยากตามมา ซึ่งการที่จะทำให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีการจัดเรียงเครื่องจักรที่ดี มีความยืดหยุ่นในการผลิต และมีระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่น้อยที่สุดด้วย

3.4 ศึกษาการสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

ในบทที่ 2 ที่กล่าวมาแล้วนั้น เป็นการสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว (Single-row) ซึ่งสำหรับงานวิจัยการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรนี้ จะเป็นการศึกษาและสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (Multiple-row)

3.5 ศึกษาการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร

มีโปรแกรมมากมายที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ที่สามารถสร้างส่วนการทำงานส่วนหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้ได้ และทำการคำนวณหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด หรือทำการจำลองเหตุการณ์ได้ โดยที่โปรแกรมเหล่านี้มักจะมีฟังก์ชันที่สนับสนุนการทำงานกับข้อมูลประเภทต่างๆ เช่น ข้อมูลด้านการเงิน โดยมีฟังก์ชันที่สนับสนุนในการคำนวณ และมีส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ใช้งานง่าย โปรแกรมในการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นที่นิยม ได้แก่ LINGO AMPL และ GAMS

จึงทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดสอบแบบจำลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในครั้งนี้

3.6 ทดสอบแบบจำลองที่ได้โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ดำเนินการทดสอบแบบจำลองที่ได้โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น คือ การจัดทำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในการจัดเรียงเครื่องจักรโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งค่าคำตอบที่ได้จะคำนึงถึงระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (AGV) ระหว่างเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต แล้วทำการวิเคราะห์ค่าที่ได้ว่ามีค่าที่น้อยที่สุดหรือไม่ แล้วจึงสรุปผลการวิจัย

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร โดยจะเริ่มจากการศึกษาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวของ M. Solimanpur, Prem Vrat และ Ravi Shankar (2005) หลังจากนั้นในหัวข้อถัดไปจะเป็นการอธิบายถึงการพัฒนาไปเป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว และจะกล่าวถึงการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรทั้ง 2 แบบควบคู่กันไปด้วย

4.1 การศึกษาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว และการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดสอบแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว

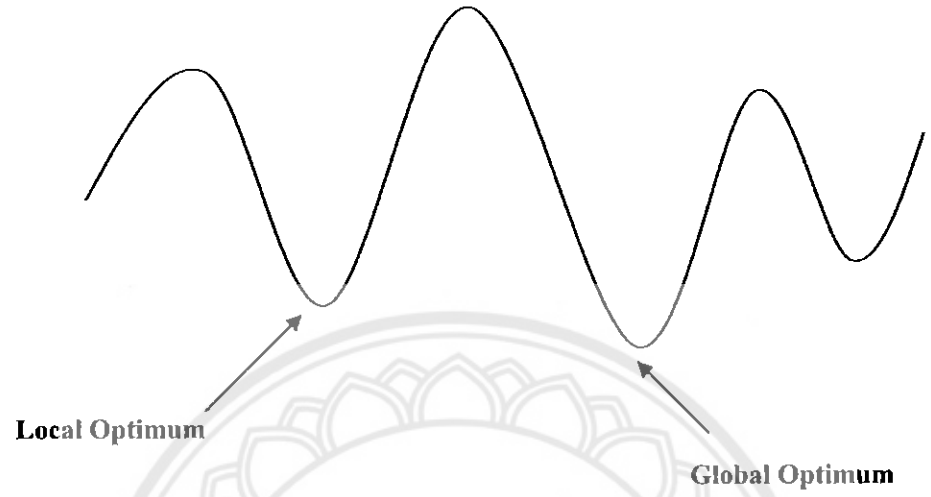
ผู้วิจัยได้เริ่มทำการศึกษาจากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวซึ่งพัฒนาโดย M. Solimanpur, Prem Vrat และ Ravi Shankar (2005) ดังที่แสดงแล้วในหัวข้อ 2.5.5 เมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว โดยได้แบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาขนาดเล็กจำนวน 3 ปัญหา ปัญหาขนาดกลางจำนวน 2 ปัญหา และปัญหาขนาดใหญ่จำนวน 1 ปัญหา (โจทย์ของปัญหา และค่าพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ของปัญหาขนาดต่างๆ ดังที่แสดงในภาคผนวก ก.) ทำให้ได้ผลการทดลองดังที่แสดงในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียว

ขนาดของปัญหา	จำนวน M/C	ค่าคำตอบที่ได้ (เมตร)	เวลาที่ใช้ (ชม.)	ชนิดของคำตอบที่ได้
เล็ก	5	4115	00.02.08	Global Optimum*
	7	6055	00.36.11	Global Optimum*
	10	10605	00.15.23	Local Optimum**
กลาง	11	12460	07.36.05	Local Optimum**
	13	13825	17.01.31	Local Optimum**
ใหญ่	16	16030	88.26.22	Local Optimum**

หมายเหตุ: Global Optimum* คือ ค่าคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหานั้นๆ

Local Optimum** คือ ค่าคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหานั้นๆในช่วงคำตอบหนึ่ง แต่ไม่ใช่ค่าคำตอบที่ดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นลักษณะสำหรับการแก้ปัญหาการหาค่าต่ำสุด



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของ Global Optimum และ Local Optimum

จากผลการทดลองในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวจะเห็นได้ว่า แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวซึ่งพัฒนาโดย M. Solimanpur, Prem Vrat และ Ravi Shankar (2005) สามารถใช้แก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวได้ โดยสามารถหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimum) คือค่าของระยะทางของการเคลื่อนที่ของ AGV ที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการผลิตได้สำหรับปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น โดยเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหานั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของปัญหาแล้วยังขึ้นอยู่กับความยากง่ายของปัญหานั้นๆด้วย ส่วนปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะสามารถหาได้เพียงค่าคำตอบที่เหมาะสม (Local Optimum) เท่านั้น ซึ่งการจะหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดได้จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

4.2 การสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว

จากการศึกษาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวในหัวข้อ 4.1 แล้วทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรจากแบบแถวเดียวให้กลายเป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว โดยได้เริ่มจากการพัฒนาให้เป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบ 2 แถวก่อนแล้วจึงพัฒนาไปเป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวต่อไป

ในการสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวได้มีข้อสมมุติฐานเพิ่มเติมดังนี้

1. ในการจัดเรียงเครื่องจักรจะจัดเรียงโดยที่เครื่องจักรจะต้องถูกวางที่ตำแหน่งแรกของแถวก่อนตำแหน่งต่อไปจึงจะวางเครื่องจักรได้

2. ในการจัดเรียงเครื่องจักรจะจัดเรียงโดยที่เครื่องจักรจะต้องถูกวางที่แถวแรกก่อน แถวต่อไปจึงจะวางเครื่องจักรได้

3. ในการจัดเรียงเครื่องจักรจะจัดเรียงโดยที่เครื่องจักร 1 เครื่องจะสามารถวางได้บนที่ตั้งเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น

4. ในการจัดเรียงเครื่องจักรจะจัดเรียงโดยที่ที่ตั้ง 1 ตำแหน่งจะสามารถวางเครื่องจักรได้เพียง 1 เครื่องเท่านั้น

5. ในการจัดเรียงเครื่องจักรจะจัดเรียงโดยไม่จำเป็นว่าในแต่ละแถวจะต้องมีการจัดเรียงเครื่องจักรเต็มตามขนาดความยาวของโรงงาน

แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวที่พัฒนาขึ้นนั้นมีพารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

พารามิเตอร์

M คือ จำนวนทั้งหมดของเครื่องจักร และสถานที่ตั้งเครื่องจักรในแต่ละแถว

$Norow$ คือ จำนวนทั้งหมดของแถว

L_m คือ ความยาวของเครื่องจักร m

H_m คือ ความกว้างของเครื่องจักร m

f_{mn} คือ จำนวนการเคลื่อนที่จากเครื่องจักร m ไปเครื่องจักร n ($f_{nm} = 0$)

S_{mn} คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องจักร m และเครื่องจักร n

C คือ ระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของเครื่องจักรเครื่องแรกกับความยาวของโรงงาน

P คือ ระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงาน

H_{fac} คือ ความกว้างของโรงงาน

L_{fac} คือ ความยาวของโรงงาน

ตัวแปรตัดสินใจ

D_{hilj} คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่โดย AGV จากตำแหน่ง h ในแถว i และตำแหน่ง l ในแถว j

Rd_{hilj} คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่โดย AGV จากตำแหน่ง h ในแถว i และตำแหน่ง l ในแถว j โดยการเคลื่อนที่ไปทางขวา

Ld_{hilj} คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่โดย AGV จากตำแหน่ง h ในแถว i และตำแหน่ง l ในแถว j โดยการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย

x_{mhi} คือ ค่าคงที่ โดยจะเป็น 1 ก็ต่อเมื่อ เครื่องจักร m ตั้งอยู่บนตำแหน่ง h ในแถว i และจะเป็น 0 ในกรณีอื่นๆ

RH_i คือ ความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถว i (ความสูงของแถว i)

RL_i คือ ความยาวของแถว i

$RL_{\max}$ คือ ความยาวสูงสุดของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน

แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวสามารถแสดงได้ดังนี้

$$Min\ Z = \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{h=1}^{M-1}\sum_{l=h+1}^{M}\sum_{i=1}^{Norow}\sum_{j=1}^{Norow}(f_{mn}+f_{nm})D_{hilj}x_{mhi}x_{nlj} \qquad (4.1)$$

s.t.

$$d_{hili} = \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M}H_m x_{mhi} + P\sum_{m=1}^{M}x_{mhi}\sum_{n=1}^{M}x_{nli} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M}L_m x_{mhi} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=h+1}^{l-1}L_m x_{mti}$$
$$+ \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=h}^{l-1}s_{mn}x_{mti}x_{n,t+1,i} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M}L_m x_{mli} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M}H_m x_{mli} \qquad \forall i,h,l<h \qquad (4.2)$$

$$Ld_{hilj} = \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M}H_m x_{mhi} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M}L_m x_{mhi} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1}L_m x_{mti} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1}s_{mn}x_{mti}x_{n,t+1,i}$$
$$+ C\sum_{m=1}^{M}x_{mhi}\sum_{n=1}^{M}x_{nlj} + \sum_{k=i}^{j-i}RH_k + (j-i+1)P\sum_{m=1}^{M}x_{mhi}\sum_{n=1}^{M}x_{nlj} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M}L_m x_{mlj}$$
$$+ \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1}L_m x_{mtj} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1}s_{mn}x_{mtj}x_{n,t+1,j} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M}H_m x_{mlj}$$
$$\forall i<j, h>1, l>1 \qquad (4.3)$$

$$Ld_{1ilj} = \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1i} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{m1i} + C\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \sum_{k=i}^{j-i} RH_k$$
$$+(j-i+1)P\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{l-1} L_m x_{mli} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1} s_{mn} x_{mlj} x_{n,t+1,j}$$
$$+\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mlj} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj} \qquad \forall i < j, h = 1, l > 1 \qquad (4.4)$$

$$Ld_{1i1j} = \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1i} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{m1i} + C\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{n1j} + \sum_{k=i}^{j-i} RH_k + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{m1j}$$
$$+(j-i+1)P\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{n1i} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1j} \qquad \forall i < j, h = 1, l = 1 \qquad (4.5)$$

$$Ld_{hi1j} = \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mhi} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mhi} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} L_m x_{mti} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i}$$
$$+C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{n1j} + \sum_{k=i}^{j-i} RH_k + (j-i+1)P\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{n1j} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{m1j}$$
$$+\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1j} \qquad \forall i < j, h > 1, l = 1 \qquad (4.6)$$

$$Rd_{hilj} = [RL_{\max} - (C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} L_m x_{mti}$$
$$+\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mhi})] + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mhi} + (j-i+2)P\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \sum_{k=i}^{j-i} RH_k$$
$$+[RL_{\max} - (C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1} s_{mn} x_{mlj} x_{n,t+1,j} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1} L_m x_{mtj}$$
$$+\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mlj})] + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj} \qquad \forall i < j, h > 1, l > 1 \qquad (4.7)$$

$$Rd_{1ilj} = [RL_{\max} - (C\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{m1i})] + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1i} + \sum_{k=i}^{j-i} RH_k$$
$$+(j-i+2)P\sum_{m=1}^{M} x_{mli}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + [RL_{\max} - (C\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1} s_{mn} x_{mlj} x_{n,t+1,j}$$
$$+\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1} L_m x_{mtj} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mlj})] + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj} \qquad \forall i < j, h = 1, l > 1 \qquad (4.8)$$

$$Rd_{1i1j} = \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1i} + [RL_{\max} - (C\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{n1j} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{m1i})]$$
$$+(j-i+2)P\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{n1j} + \sum_{k=i}^{j-i} RH_k + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1j} + [RL_{\max}$$
$$-(C\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{n1j} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{m1j})] \qquad \forall i < j, h = 1, l = 1 \qquad (4.9)$$

$$Rd_{hilj} = \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mhi} + [RL_{\max} - (C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i}$$
$$+ \sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} L_m x_{mti} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mhi})] + (j-i+2)P\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \sum_{k=i}^{j-i} RH_k$$
$$+ [RL_{\max} - (C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj} + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mlj})] + \frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj}$$

$\forall i < j, h > 1, l = 1$ **(4.10)**

$D_{hilj} = Min(Ld_{hilj}, Rd_{hilj})$ $\forall i, j, h, l$ **(4.11)**

$Ld_{hilj} = Ld_{ljhi}$ $\forall i > j, h, l$ **(4.12)**

$Rd_{hilj} = Rd_{ljhi}$ $\forall i > j, h, l$ **(4.13)**

$RH_i \geq H_m x_{mhi}$ $\forall i$ **(4.14)**

$$\sum_{i=1}^{Norow}\sum_{m=1}^{M} RH_i x_{mli} + \sum_{i=1}^{Norow}\sum_{m=1}^{M} x_{mli} P \leq H_{fac}$$ **(4.15)**

$$RL_i = C\sum_{i=1}^{Norow}\sum_{m=1}^{M} x_{mli} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mki} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{M-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i} \quad \forall i$$ **(4.16)**

$RL_{\max} \geq RL_i$ $\forall i$ **(4.17)**

$RL_{\max} \leq L_{fac}$ **(4.18)**

$$\sum_{h=1}^{M}\sum_{i=1}^{Norow} x_{mhi} = 1 \quad \forall m$$ **(4.19)**

$$\sum_{m=1}^{M} x_{mhi} \leq 1 \quad \forall h, i$$ **(4.20)**

$x_{mhi} \geq x_{n,h+1,i}$ $\forall m, n \neq m, i, h$ **(4.21)**

$$\sum_{m=1}^{M} x_{1li} \geq \sum_{m=1}^{M} x_{m1,i+1} \quad \forall i$$ **(4.22)**

$x \in \{0,1\}$ **(4.23)**

ดัชนี i, j, k แทน แถวที่...

m, n แทน เครื่องจักรที่...

h, l, t แทน ที่ตั้งตำแหน่งที่...

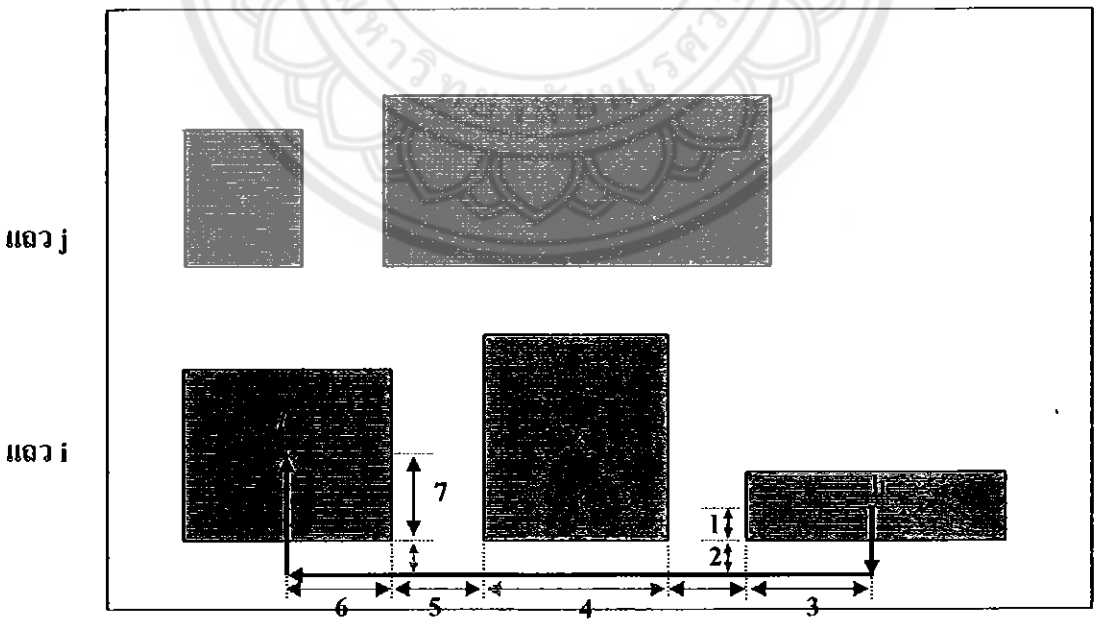
ซึ่งจากแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวข้างต้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

สมการที่ 4.1 เป็นสมการเป้าหมาย ในการหาระยะทางรวมทั้งหมดที่น้อยที่สุดที่ผลิตภัณฑ์ หรือรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติเคลื่อนที่ไป โดยที่

$(f_{mn} + f_{nm})$ คือ ผลรวมของจำนวนครั้งของการเคลื่อนที่จากเครื่องจักร m ไปเครื่องจักร n และจำนวนครั้งของการเคลื่อนที่จากเครื่องจักร n ไปเครื่องจักร m

D_{hilj} คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่ของรถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติจากตำแหน่ง h ในแถวที่ i และตำแหน่ง l (ตำแหน่งที่ถัดไปจากตำแหน่ง h) ในแถวที่ j ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักร m ตั้งอยู่ตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องจักร n ตั้งอยู่ตำแหน่ง l ในแถวที่ j เนื่องจากจะทำให้ค่าของ x_{mhi} และ x_{nlj} มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนในกรณีอื่นๆที่ x_{mhi} หรือ x_{nlj} หรือทั้ง x_{mhi} และ x_{nlj} มีค่าเป็น 0 ก็จะทำให้ D_{hilj} มีค่าเท่ากับ 0 ด้วย

สมการที่ 4.2 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV ภายในแถวเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV ภายในแถวเดียวกัน

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (1)

$P\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nli}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะมีค่าก็ต่อเมื่อเครื่องจักรเครื่องแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (2)

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (3)

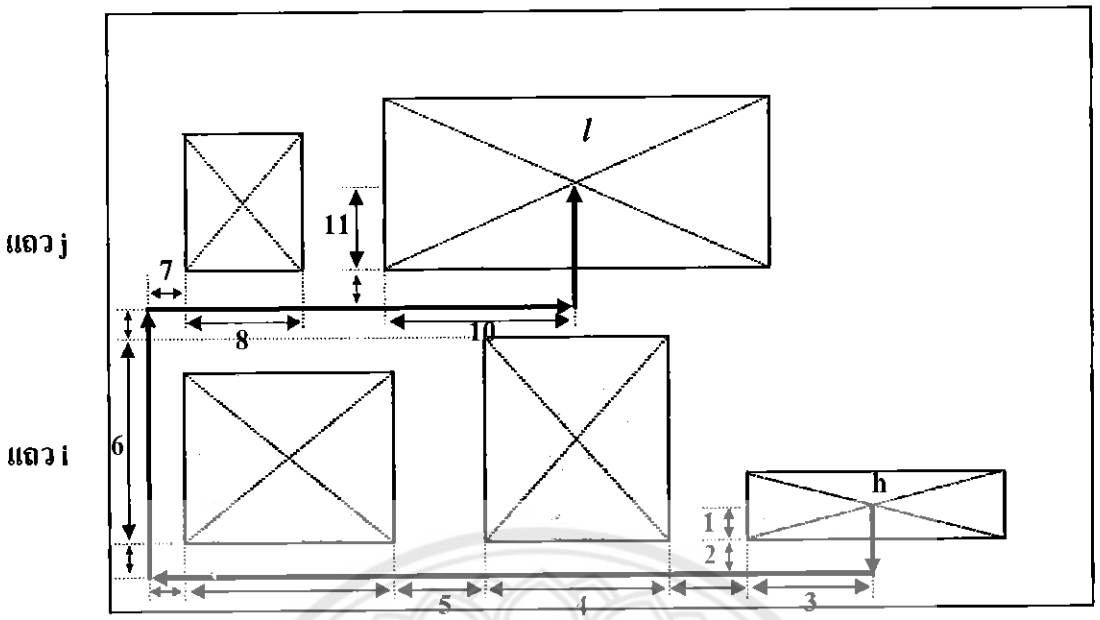
$\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=h+1}^{l-1} L_m x_{mti}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรทุกๆเครื่องจักรที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง h 1 ตำแหน่งและตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง *l* 1 ตำแหน่งในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (4)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=h}^{l-1} S_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ i ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่ง h จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง *l* 1 ตำแหน่ง และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง *l* ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (5)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mli}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (6)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mli}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (7)

สมการที่ 4.3 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง *l*>1 ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง /'>1

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (1)

$(j-i+1)P\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะมีค่าก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง / ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (2)

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (3)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} L_m x_{mti}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรใดๆที่ตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่งในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (4)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ i ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่ง t คือเริ่ม

ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่ง ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (5)

$\sum_{k=i}^{j-i} RH_k$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวใดๆ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแถว i และแถว j ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (6)

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi} \sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักรเครื่องแรก 2 เครื่องใดๆ โดยจะมีค่าก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และ เครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (7)

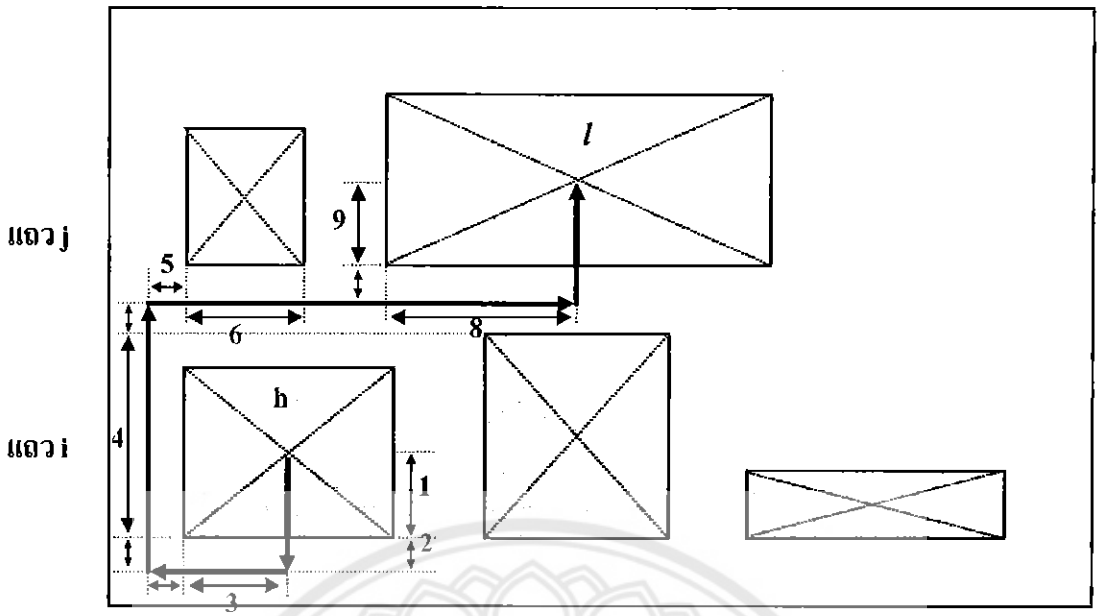
$\sum_{m=1}^{M} \sum_{t=1}^{l-1} L_m x_{mij}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรทุกๆเครื่องจักรที่ตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง *l* 1 ตำแหน่งในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (8)

$\sum_{m=1}^{M} \sum_{n=1}^{M} \sum_{t=1}^{l-1} S_{mn} x_{mij} x_{n,t+1,j}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ j ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง *l* 1 ตำแหน่ง และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง *l* ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (9)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (10)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (11)

สมการที่ 4.4 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง *l*>1 ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง l>1

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mli}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (1)

$(j-i+1)P\sum_{m=1}^{M} x_{mli}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง l ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (2)

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mli}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (3)

$\sum_{k=i}^{j-i} RH_k$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวใดๆ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแถว i และแถว j ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (6)

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mli} \sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักรเครื่องแรก 2 เครื่องใดๆ โดยจะมีค่าก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง l ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (5)

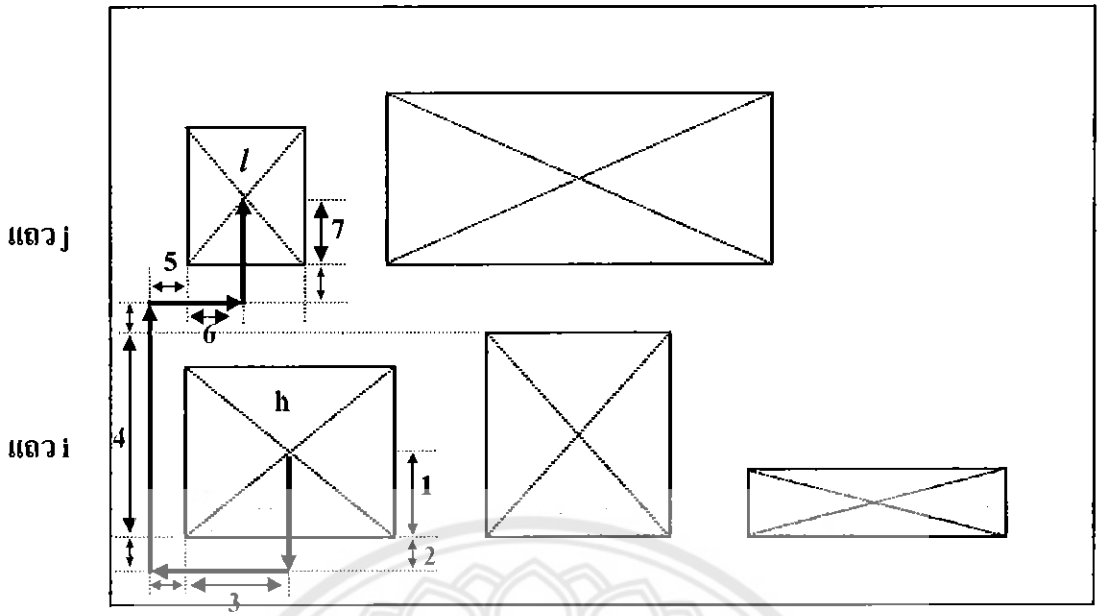
$\sum_{m=1}^{M} \sum_{n=1}^{l-1} L_m x_{mlj}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรทุกๆเครื่องจักรที่ตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง l 1 ตำแหน่งในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (6)

$\sum_{m=1}^{M} \sum_{n=1}^{M} \sum_{t=1}^{l-1} s_{mn} x_{mlj} x_{n,t+1,j}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ j ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง l 1 ตำแหน่ง และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง l ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (7)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง l ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (8)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง l ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (9)

สมการที่ 4.5 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV ทีละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง l=1 ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j

โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง l=1

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1i}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (1)

$(j-i+1)P\sum_{m=1}^{M} x_{m1i}\sum_{n=1}^{M} x_{m1j}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในฝั่งโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะมีค่าก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (2)

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{m1i}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (3)

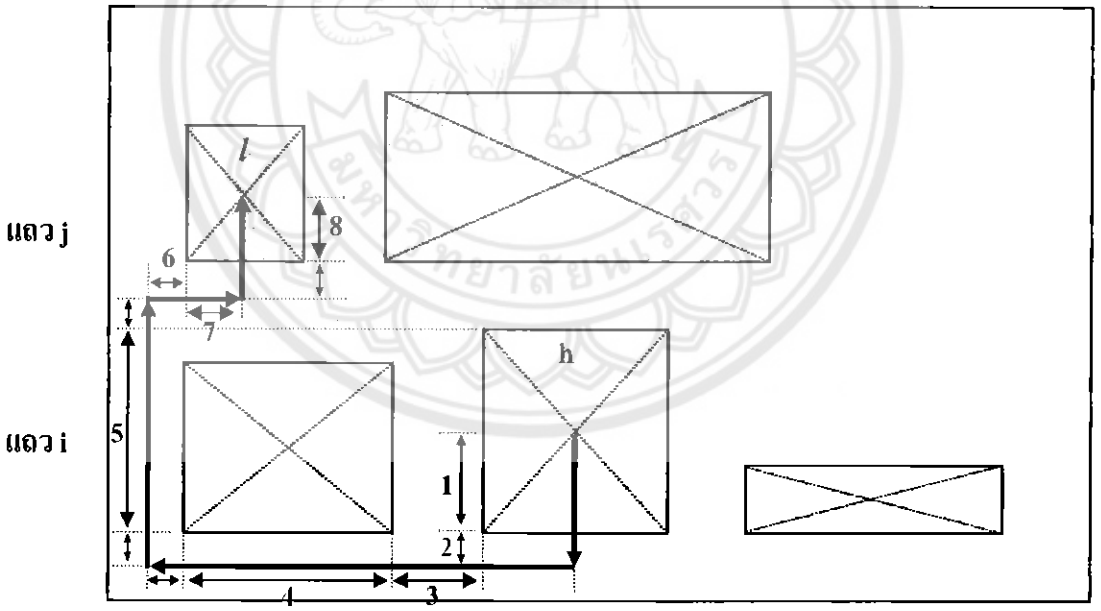
$\sum_{k=i}^{j-i} RH_k$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวใดๆ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแถว i และแถว j ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (4)

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mli}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะสามารถหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (5)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งของที่ตั้ง 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (6)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (7)

สมการที่ 4.6 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l=1 ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l=1

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (1)

$(j-i+1)P\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะมีค่าก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (2)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ i ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่ง ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (3)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} L_m x_{mti}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรใดๆที่ตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่งในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (4)

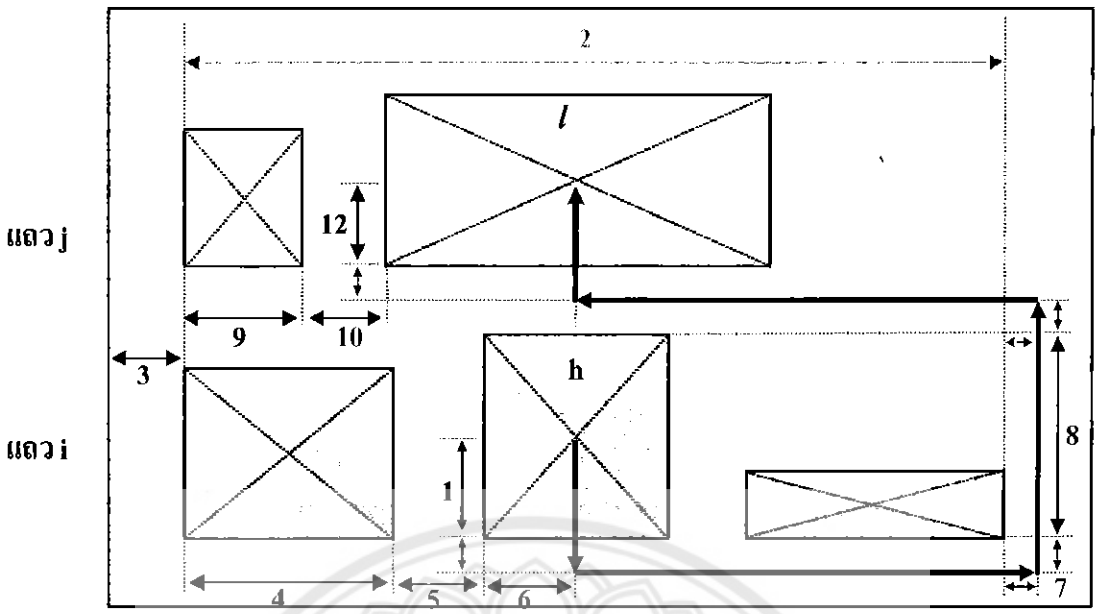
$\sum_{k=i}^{j-i} RH_k$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวใดๆ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแถว i และแถว j ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (5)

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะมีค่าก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งของ h ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 อยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (6)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งของที่ตั้ง 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (7)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งของที่ตั้ง 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (8)

สมการที่ 4.7 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l >1 ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l>1

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (1)

$RL_{\max}$ คือ ความยาวของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (2)

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง l ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (3)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ i ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่งของที่ตั้ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่ง ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (4)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} L_m x_{mti}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรใดๆที่ตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่งในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (5)

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (6)

$(j-i+2)P\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะสามารถหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง l ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (7)

$\sum_{k=i}^{j-i} RH_k$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวใดๆ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแถว i และแถว j ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (8)

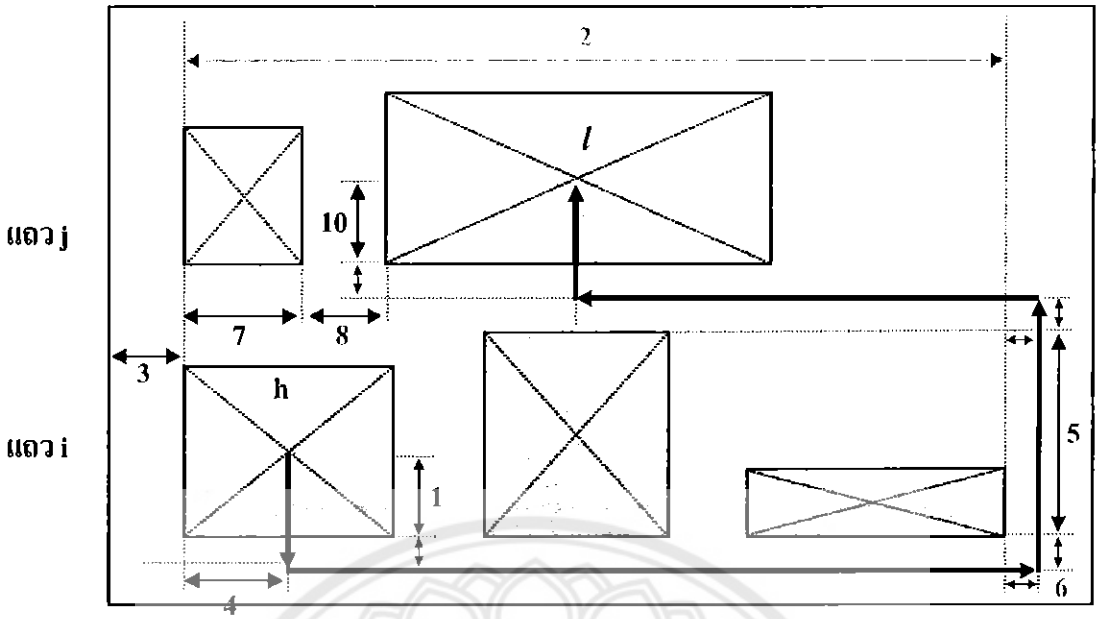
$\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} L_m x_{mti}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรใดๆที่ตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่งในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (9)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1} s_{mn} x_{mlj} x_{n,t+1,j}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ j ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง l 1 ตำแหน่ง และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง l ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (10)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง l ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (11)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง l ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.4 (12)

สมการที่ 4.8 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง l>1 ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง /=1

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mli}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งของที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (1)

$RL_{\max}$ คือ ความยาวของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (2)

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mli}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง / ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (3)

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mli}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (4)

$\sum_{k=i}^{j-i} RH_k$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวใดๆ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแถว i และแถว j ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (5)

$(j-i+2)P\sum_{m=1}^{M}x_{mli}\sum_{n=1}^{M}x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะสามารถหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (6)

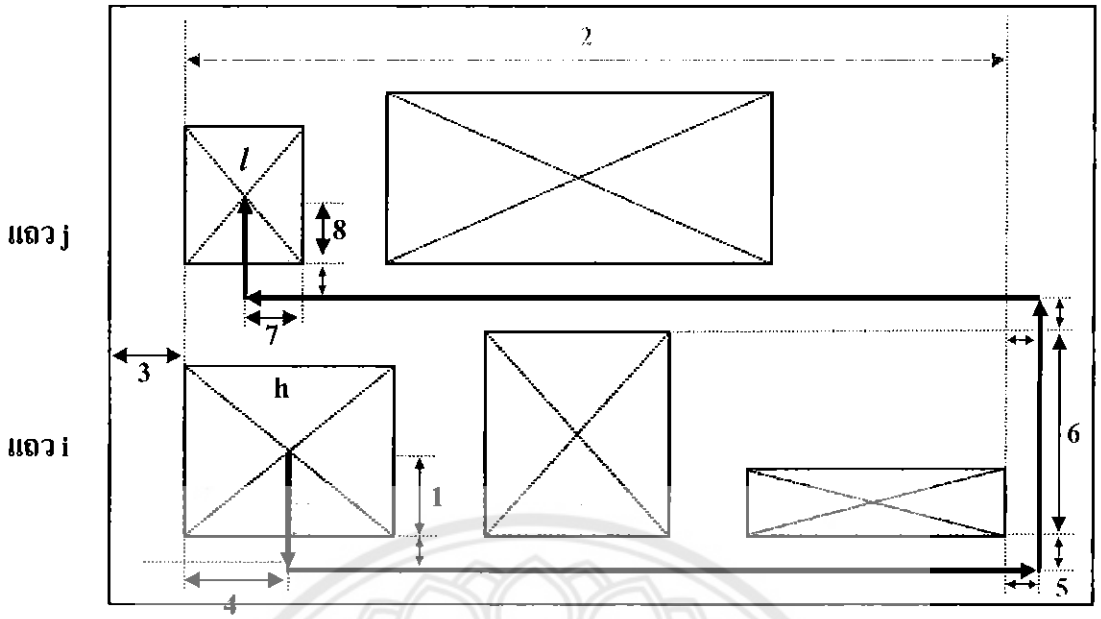
$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1}s_{mn}x_{mlj}x_{n,t+1,j}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ j ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง *l* 1 ตำแหน่ง และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง *l* ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (7)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{l-1}L_m x_{mti}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรใดๆที่ตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง *l* 1 ตำแหน่งในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (8)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M}L_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (9)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M}H_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง *l* ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (10)

สมการที่ 4.9 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV ตนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง *l*=1 ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h=1 และตำแหน่ง l=1

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mli}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งของที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (1)

$RL_{\max}$ คือ ความยาวของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (2)

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mli}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (3)

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mli}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (4)

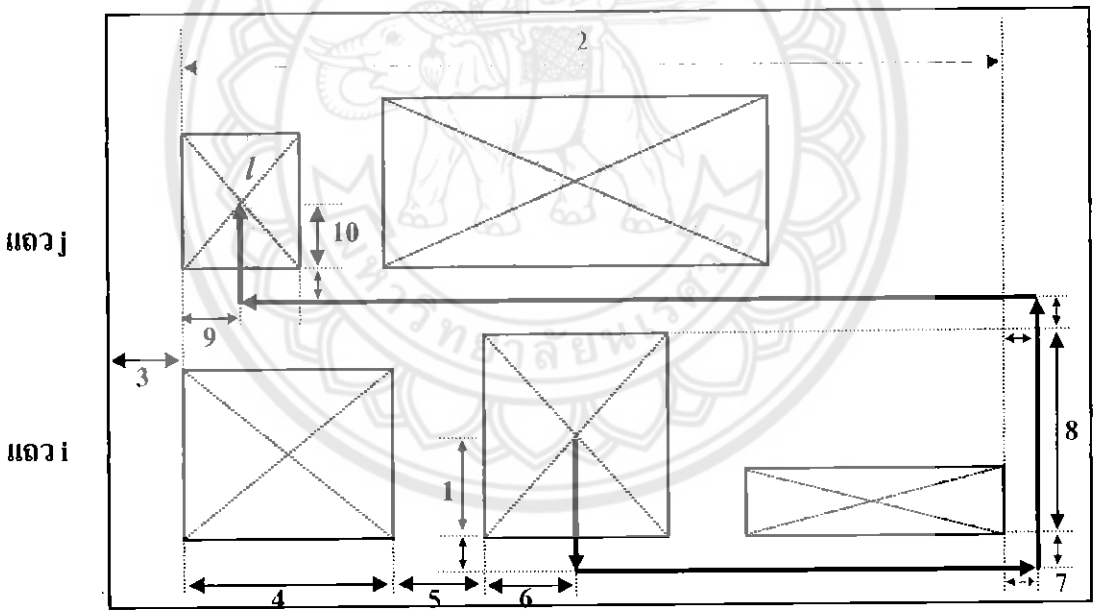
$(j-i+2)P\sum_{m=1}^{M} x_{mli}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะสามารถหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (5)

$\sum_{k=i}^{j-1} RH_k$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวใดๆ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแถว i และแถว j ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (6)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (7)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (8)

สมการที่ 4.10 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l =1



รูปที่ 4.10 แสดงการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถว ในกรณีที่แถว i<j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวา ตำแหน่ง h>1 และตำแหน่ง l =1

โดยที่

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (1)

$RL_{\max}$ คือ ความยาวของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (2)

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi} \sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (3)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,i}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ i ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่งของที่ตั้ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่ง ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (4)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{h-1} L_m x_{mti}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรใดๆที่ตั้งอยู่ก่อนตำแหน่ง h 1 ตำแหน่งในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (5)

$\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} L_m x_{mhi}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรต้นทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (6)

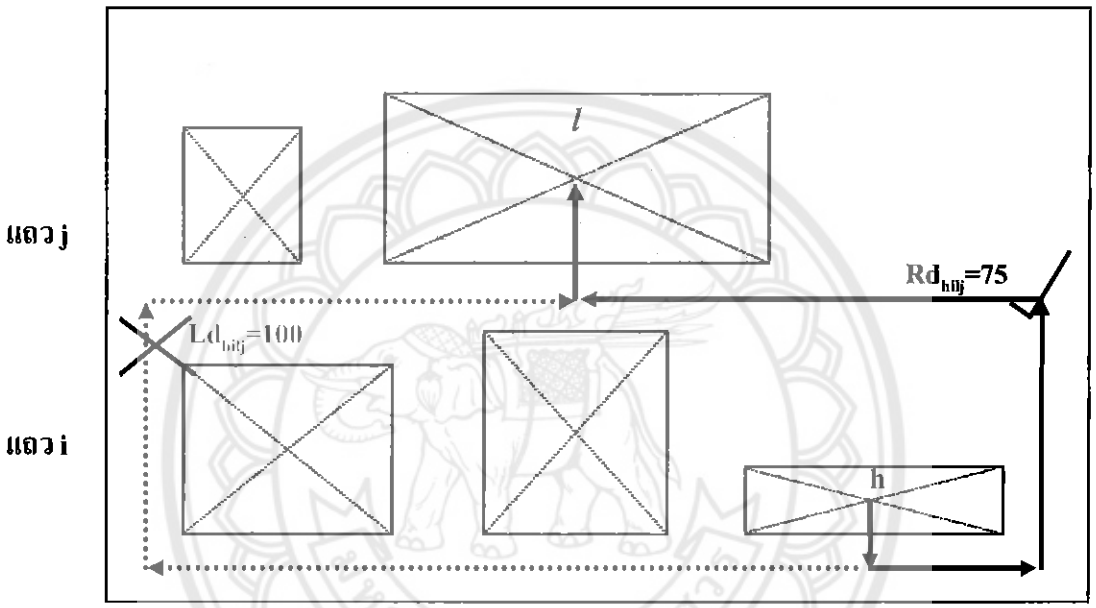
$(j-i+2)P\sum_{m=1}^{M} x_{mhi} \sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงานที่อยู่ระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะสามารถหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (7)

$\sum_{k=i}^{j-i} RH_k$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่กว้างที่สุดในแถวใดๆ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแถว i และแถว j ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (8)

$\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mlj}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความยาวของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (7)

และ $\frac{1}{2}\sum_{m=1}^{M} H_m x_{m1j}$ คือ ครึ่งหนึ่งของความกว้างของเครื่องจักรปลายทางหรือเครื่องจักร m ที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ i ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (10)

สมการที่ 4.11 คือ ข้อจำกัดที่แสดงการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดของการเคลื่อนที่โดย AGV ดังแสดงในรูปที่ 4.11

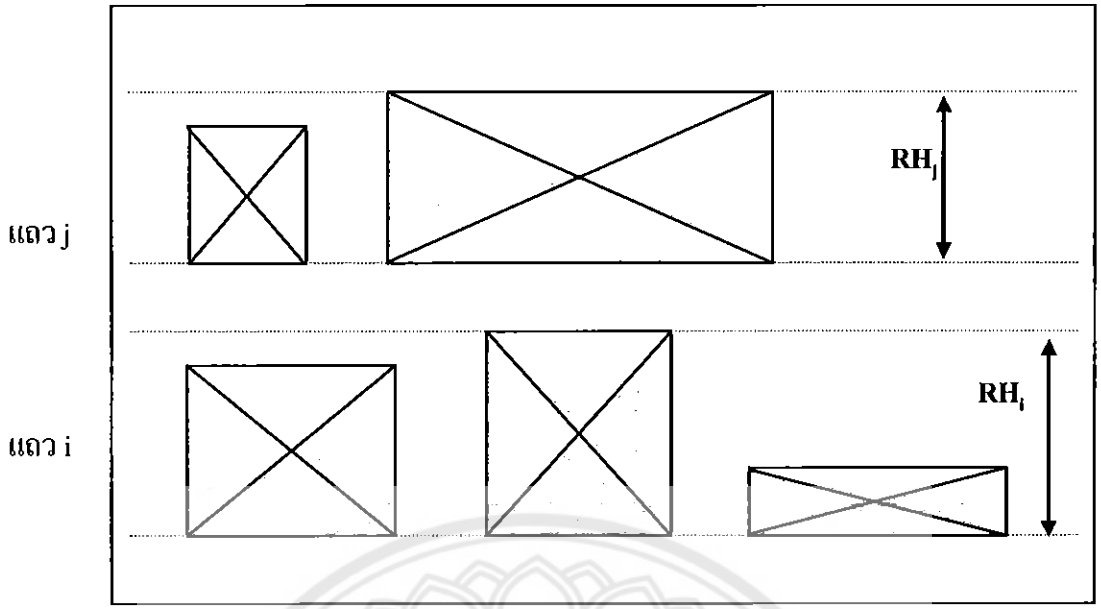


รูปที่ 4.11 แสดงการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดของการเคลื่อนที่โดย AGV

สมการที่ 4.12 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถวในกรณีที่แถว i>j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยจะมีค่าเช่นเดียวกับระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถวในกรณีที่แถว i<j เพียงแต่มีทิศทางที่ต่างกัน

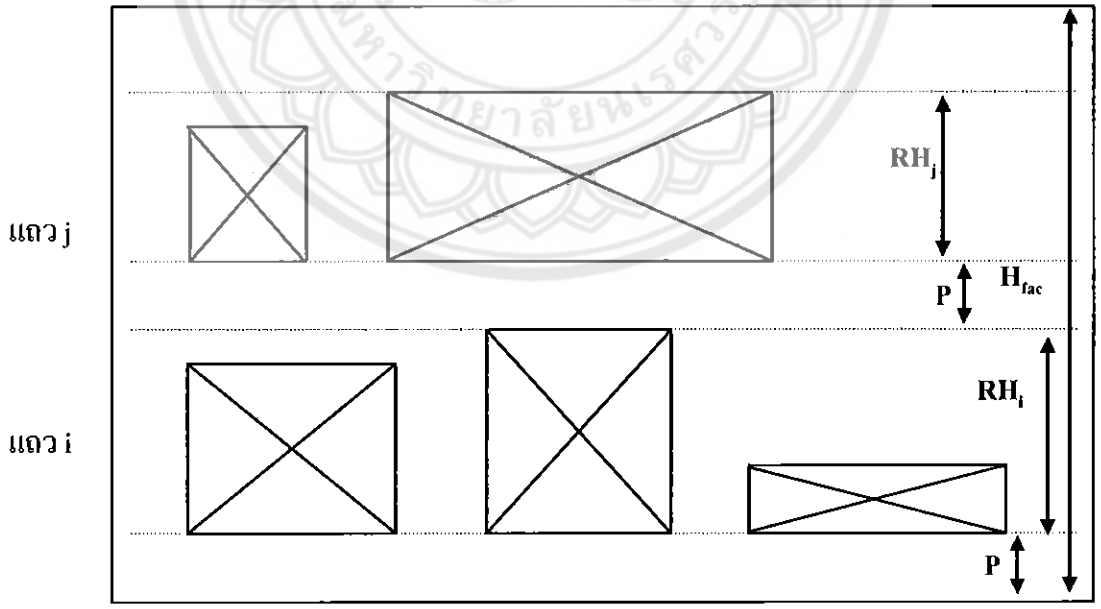
สมการที่ 4.13 คือ ข้อจำกัดในการหาระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถวในกรณีที่แถว i>j โดย AGV เคลื่อนที่ไปทางขวาโดยจะมีค่าเช่นเดียวกับระยะทางของการเคลื่อนที่โดย AGV คนละแถวในกรณีที่แถว i<j เพียงแต่มีทิศทางที่ต่างกัน

อสมการที่ 4.14 คือ ข้อจำกัดในการคำนวณความกว้างสูงสุดของเครื่องจักรในแต่ละแถวหรือความสูงของแต่ละแถว ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะความกว้างสูงสุดของเครื่องจักรในแต่ละแถว

อสมการที่ 4.15 คือ ข้อจำกัดในการคำนวณความกว้างสูงสุดของเครื่องจักร**รวมกันทุกแถว ต้องไม่เกินขนาด**ความกว้างของโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.13



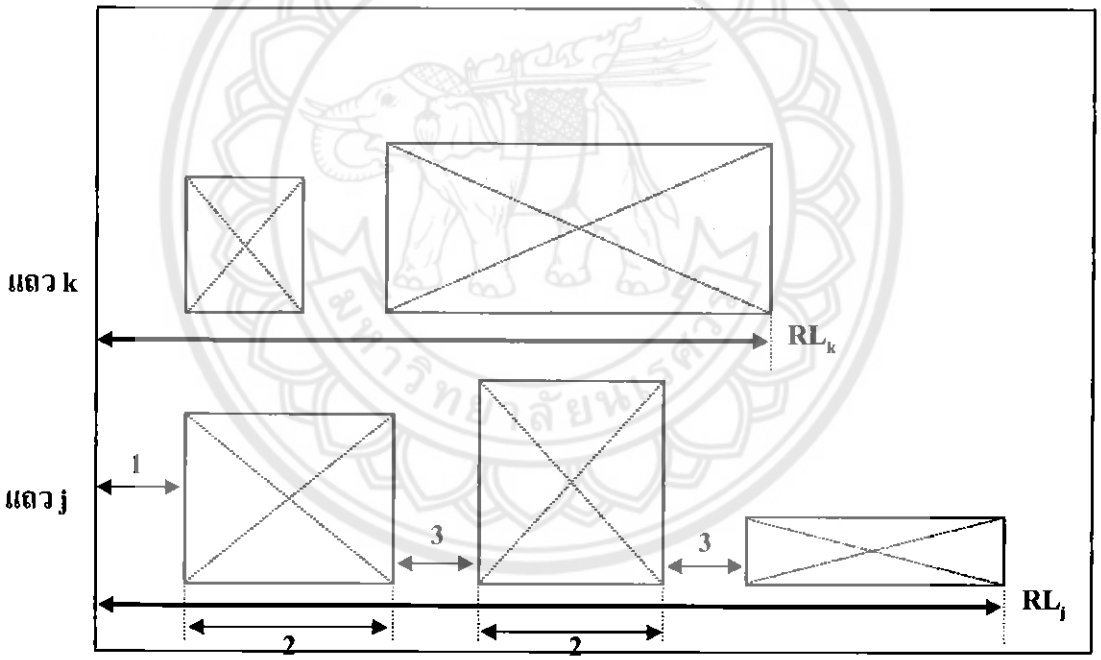
รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะความกว้างสูงสุดของเครื่องจักรรวมกันทุกแถว ต้องไม่เกินขนาดความกว้างของโรงงาน

โดยที่

$\sum_{i=1}^{Norow}\sum_{m=1}^{M} RH_i x_{mli}$ คือ ผลรวมของความกว้างของเครื่องจักรที่มากที่สุดของทุกๆ แถว ซึ่งจะสามารถหาค่าได้ในกรณีที่แถวนั้นๆมีเครื่องจักรตั้งในตำแหน่งที่ 1 ของแถวนั้นๆเท่านั้น

และ $\sum_{i=1}^{Norow}\sum_{m=1}^{M} x_{mli} P$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างแถวที่มีทั้งหมดในผังโรงงาน ซึ่งจะสามารถหาค่าได้ในกรณีที่แถวนั้นๆมีเครื่องจักรตั้งในตำแหน่งที่ 1 ของแถวนั้นๆ เท่านั้น

สมการที่ 4.16 คือ ข้อจำกัดในการคำนวณความยาวสูงสุดของแต่ละแถว ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะความยาวสูงสุดของเครื่องจักรในแต่ละแถว

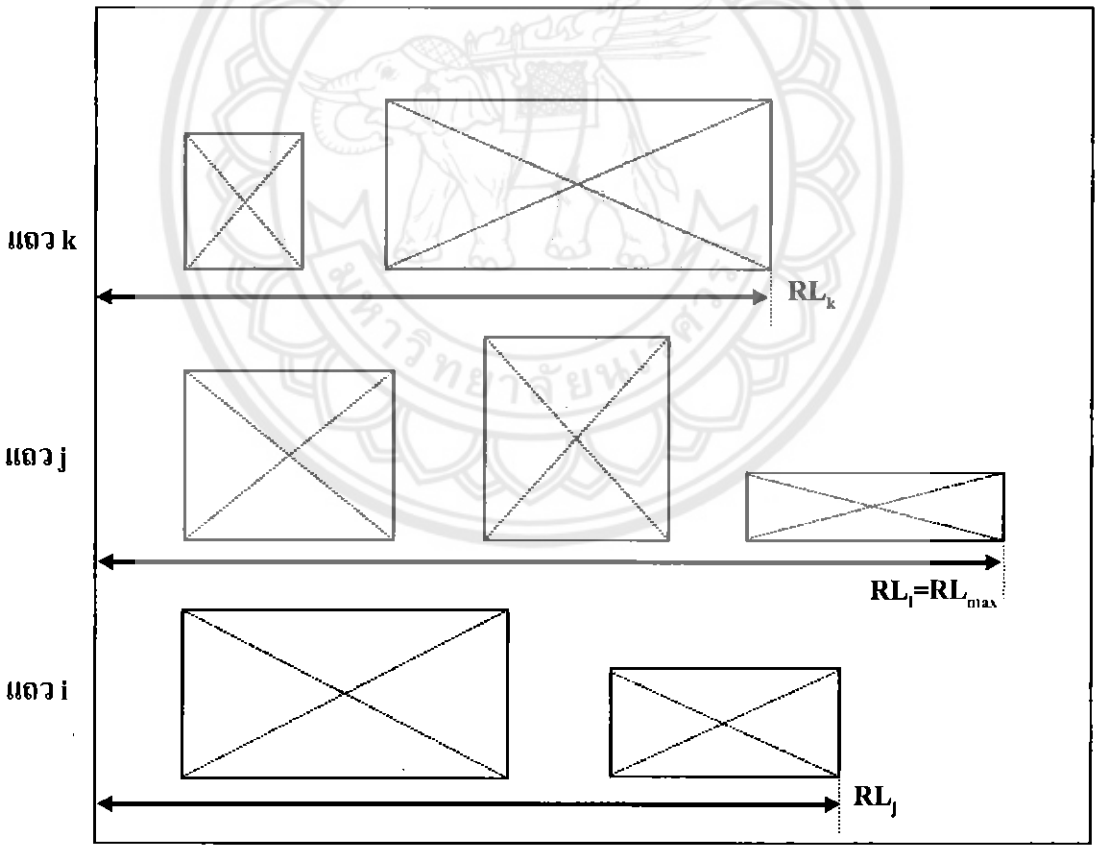
โดยที่

$C\sum_{m=1}^{M} x_{mhi}\sum_{n=1}^{M} x_{nlj}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของความยาวของโรงงาน กับเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ โดยจะหาค่าได้ก็ต่อเมื่อเครื่องจักรแรกตั้งอยู่ในตำแหน่ง h ในแถวที่ i และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในแถวที่ j ดังแสดงในรูปที่ 4.14 (1)

$\sum_{m=1}^{M}\sum_{k=1}^{M} L_m x_{mki}$ คือ ผลรวมของความยาวของเครื่องจักรทุกๆเครื่องที่ตั้งอยู่ในแถวใดๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 (2)

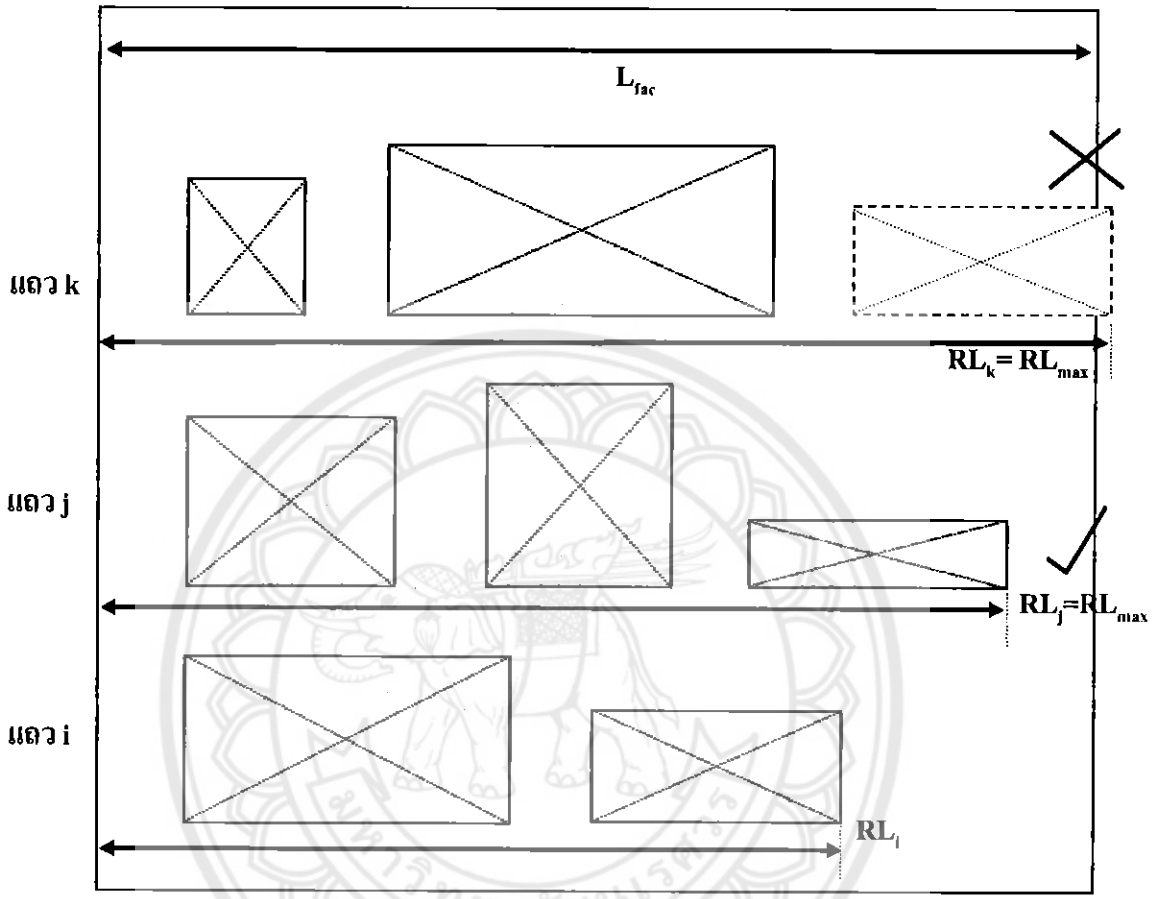
และ $\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{M}\sum_{t=1}^{M-1} s_{mn} x_{mti} x_{n,t+1,j}$ คือ ผลรวมของระยะห่างระหว่างเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ ทุกๆตำแหน่งในแถวที่ i ซึ่งสามารถหาค่าได้ในกรณีที่เครื่องจักรแรก ตั้งอยู่ในตำแหน่ง t คือเริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 จนถึงตำแหน่งใดๆ และเครื่องจักรที่ 2 ตั้งอยู่ตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่ง t 1 ตำแหน่งจนถึงตำแหน่งใดๆปดังแสดงในรูปที่ 4.14 (3)

อสมการที่ 4.17 คือ ข้อจำกัดในการคำนวณความยาวของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน

อสมการที่ 4.18 คือ ข้อจำกัดในการคำนวณความยาวของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงาน ต้องไม่เกินขนาดความยาวของโรงงาน



รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะของแถวที่ยาวที่สุดในผังโรงงานต้องไม่เกินขนาดความยาวของโรงงาน

สมการที่ 4.19 คือ ข้อจำกัดที่แสดงว่าเครื่องจักร 1 เครื่องสามารถวางได้บนที่ตั้งได้เพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น

อสมการที่ 4.20 คือ ข้อจำกัดที่แสดงว่าที่ตั้ง 1 ตำแหน่งสามารถวางเครื่องจักรได้เพียง 1 เครื่องจักรเท่านั้น

อสมการที่ 4.21 คือ ข้อจำกัดที่แสดงว่าในแถวเดียวกันตำแหน่งที่มีค่าน้อยกว่าต้องถูกวางเครื่องจักรก่อนตำแหน่งที่มีค่ามากกว่า

อสมการที่ 4.22 คือ ข้อจำกัดที่แสดงว่าในแถวที่มีค่าน้อยกว่าต้องถูกวางเครื่องจักรก่อนแถวที่มีค่ามากกว่า

สมการที่ 4.23 คือ ข้อจำกัดในการกำหนดค่าของ x โดย x จะมีค่าเป็น 1 และเป็น 0 เท่านั้น

4.3 การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดสอบแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว

เมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว โดยได้แบ่งออกเป็นปัญหาขนาดเล็กจำนวน 4 ปัญหา และปัญหาขนาดกลางจำนวน 2 ปัญหา (โจทย์และค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นของปัญหาขนาดต่างๆ ดังที่แสดงในภาคผนวก ก.) ทำให้ได้ผลการทดลองแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว

ขนาดของปัญหา	จำนวนแถว	จำนวน M/C	ค่าคำตอบที่ได้ (เมตร)	เวลาที่ใช้ (ชม.)	ชนิดของคำตอบที่ได้
เล็ก	2	5	9635	01.53.53	Local Optimum
	2	7	19935	00.44.33	Local Optimum
	3	5	10785	14.39.38	Local Optimum
	3	7	20000	15.57.44	Local Optimum
กลาง	3	11	-	80.00.00	Unknown
	4	11	-	88.00.00	Unknown

ซึ่งในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวสำหรับปัญหาขนาดกลางนั้น หลังจากที่ทำการทดลองโดยใช้เวลากว่า 4 วันแล้ว พบว่าค่าคำตอบที่ได้เป็นค่า Unknown ซึ่งไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นค่าคำตอบที่เหมาะสม (Local Optimum) หรือค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimum) ซึ่งการจะหาค่าคำตอบที่ที่เหมาะสม (Local Optimum) หรือค่าคำตอบดีที่สุด (Global

Optimum) ได้นั้นจะต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่เพิ่มมากขึ้น หรืออาจใช้วิธีการแบบ Heuristic เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา

จากตารางผลการทดลองในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวจะเห็นได้ว่าแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้แก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวได้ โดยสามารถหาค่าคำตอบที่เหมาะสม (Local Optimum) คือค่าของระยะทางของการเคลื่อนที่ของ AGV ที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตได้ สำหรับปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น โดยเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหานั้นจะเห็นได้ว่านอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของปัญหาแล้วยังขึ้นอยู่กับจำนวนแถวและความยากง่ายของปัญหานั้นๆด้วย ซึ่งการจะหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimum) ได้นั้นจะต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปผลที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวให้เป็นแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักแบบหลายแถว และการสรุปผลจากการทดสอบแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรของผู้ดำเนินงานพบว่า มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวของ M. Solimanpur, Prem Vrat และ Ravi Shankar (2005) เพียงอย่างเดียว แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว โดยที่คำนึงถึงค่าของระยะทางของการเคลื่อนที่ของ AGV ที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการผลิตด้วยมาก่อนจึงทำให้ผู้ดำเนินงานสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว โดยที่คำนึงถึงค่าของระยะทางของการเคลื่อนที่ของ AGV ที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการผลิตนี้ขึ้น

จากแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวที่ผู้ดำเนินงานได้พัฒนาขึ้น พบว่า ตัวแบบจำลองที่ได้นี้เป็นแบบจำลองชนิด Integer Non-Linear Programming ซึ่งมีความซับซ้อนและมีความยุ่งยากในการแก้ปัญหาเป็นอย่างมาก

และ จากผลการทดลองดังที่แสดงแล้วในบทที่ 4 จะเห็นว่าผลการทดลองในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทดลองแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวที่ได้นั้น สามารถใช้แก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวได้ โดยสามารถหาค่าคำตอบที่เหมาะสม (Local Optimum) ได้สำหรับปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น แต่ไม่สามารถใช้หาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimum) ได้ โดยเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหานั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของปัญหาแล้วยังขึ้นอยู่กับความยากง่ายของปัญหานั้นๆด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวที่ได้นี้สามารถใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานที่ลักษณะตรงตามขอบเขตและสมมุติฐานที่กำหนดไว้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

กนกพร อารยิกานนท์, หนึ่งฤทัย ทัพใหญ่ และ เอราวิล ถาวร. (2550). **การแก้ปัญหาการจัดลำดับงานของเครนโดยใช้โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ วศ.บ. สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ก่อเกียรติ มีทิพย์ และ ธีรยุทธ เทพคำ. **การแก้ปัญหาการจัดหน่วยการผลิตในระบบการผลิตแบบเซลลูลาร์ที่มีความยืดหยุ่นของเส้นทางการผลิต โดยวิธีอบอ่อนจำลอง.** วิทยานิพนธ์ วศ.บ. สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ณัฏฐพงศ์ คำขาด. (2551). **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพาร์ทิเดิลสวอมออฟติไมเซชัน และเจเนติกอัลกอริทึม เพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ปารเมศ ชุติมา. (2544). ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชราภรณ์ อริยะวงษ์. (2550). การจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม. การศึกษาค้าคว้าด้วยตัวเอง วท.ม. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พินิจ บุญเอี่ยม, วาณิชชา กลมเกลี้ยง และ ศิวาพร บุญมีมา. (2550). การแก้ปัญหาการจัดหน่วยการผลิตในระบบการผลิตแบบเซลลูลาร์โดยวิธีการอบอ่อนจำลอง. วิทยานิพนธ์ วศ.บ. สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์, วันชัย วิจิรวนิช และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2527). **การวิจัยดำเนินงาน.** กรุงเทพ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุทธิมาศ ชำนาญเวช. (2552). **การวิจัยดำเนินงาน.** กรุงเทพ: สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์.

Chiang W.C., Kouvelis P. and Urban T. (2002). Incorporating workflow interference in facility layout design. The quartic assignment problem. **Management Sci,** 48(4), 584–590.

Ficko M. Brezocnik M. and balic J. (2004). Desingning the layout of single-row and multiple-row flexible manufacturing system by genetic algorithms. **Jonrnal of Material Processing Technology,** 157-158, 150-158

Heragu Sunderesh S. (1987). Factories Design and construction Plant layout. **Facilities design.** Australia: Lincoln.

Nearchou A. C. (2006). Meta-heuristics from nature for the loop layout design problem **International Journal of Production Economics**, 101, 312-328.

Rehg J. A. and Kraebber H. W. (2001). **Computer-Integrated Manufacturing**. America: Prentice Hall.

Solimanpur M., Vrat P. and Shankar R. (2005). An ant algorithm for the single row layout Problem in flexible manufacturing systems. **Computers & Operations Research,** 32(3), 583_598

Tompkins J. A., White J. A., Boze Y. A. and Tanchoco J. M. A. (2003). **Facilities Planning.** America: John Wiley & Sons.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรที่ศึกษาและพัฒนาขึ้น ในการจัดเรียงตำแหน่งของเครื่องจักร และการหาค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ที่สั้นที่สุด ทั้งนี้เพื่อทดสอบความผิดพลาดและความถูกต้องในการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดด้วย

1. ค่าพารามิเตอร์ที่เลือกใช้ในการทดสอบ

1.1 M, L_m, H_m และ f_{mn} พิจารณาจากโจทย์ที่จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

1.2 $C = 1$ เมตร

1.3 $P = 1$ เมตร

1.4 $S_{mn} = 1$ เมตร (สำหรับเครื่องจักร 2 เครื่องใดๆ)

1.5 $H_{fac} = 100$ เมตร

1.6 $L_{fac} = 100$ เมตร

1.7 $Lot\ Size = 1$

โดยที่ M คือ จำนวนทั้งหมดของเครื่องจักร และสถานที่ตั้งเครื่องจักรในแต่ละแถว

L_m คือ ความยาวของเครื่องจักร m

H_m คือ ความกว้างของเครื่องจักร m

f_{mn} คือ จำนวนการเคลื่อนที่จากเครื่องจักร m ไปเครื่องจักร n ($f_{mm} = 0$)

C คือ ระยะห่างระหว่างขอบด้านซ้ายสุดของเครื่องจักรเครื่องแรกกับความยาวของโรงงาน

P คือ ระยะห่างระหว่างแถวแต่ละแถวในผังโรงงาน

S_{mn} คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องจักร m และเครื่องจักร n

H_{fac} คือ ความกว้างของโรงงาน

L_{fac} คือ ความยาวของโรงงาน

2. โจทย์ของปัญหาที่เลือกใช้ในการทดสอบ

ขนาดของปัญหาที่นำมาใช้ในการทดสอบประกอบด้วยปัญหาต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ ก.1 ขนาดของปัญหาที่นำมาใช้ในการทดสอบ

ขนาดของปัญหา	จำนวนของปัญหา
เล็ก	3
กลาง	2
ใหญ่	1

3.1 ปัญหาขนาดเล็ก

โจทย์ข้อที่ 1 (5 เครื่องจักร)

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลลำดับการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (5 เครื่องจักร)

เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2	ผลิตภัณฑ์ 3	L_m	H_m
1	3	3		3	7
2	1	4	4	10	5
3	5	2	1	5	5
4	2		2	6	2
5	4	1	3	4	6
ปริมาณการผลิต	40	60	30		

โจทย์ข้อที่ 2 (7 เครื่องจักร)

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลของกระบวนการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (7 เครื่องจักร)

เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2	ผลิตภัณฑ์ 3	L_m	H_m
1	1		3	3	7
2	4	6		10	5
3	2	1	1	5	5
4	3	4	2	6	2
5	1	2	4	4	6
6	5	3		7	3
7		5	5	3	1
ปริมาณการผลิต	30	40	50		

โจทย์ข้อที่ 3 (10 เครื่องจักร)

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลของกระบวนการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (10 เครื่องจักร)

เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2	ผลิตภัณฑ์ 3	L_m	H_m
1		2	7	3	7
2	1	3		10	5
3		4	5	5	5
4	2	1		6	2
5	4		1	4	6
6		5	6	7	3
7	3		4	3	1
8	5	6		2	3
9			2	5	2
10	6	7	3	9	4
ปริมาณการผลิต	50	50	70		

3.2 ปัญหาขนาดกลาง

โจทย์ข้อที่ 1 (11 เครื่องจักร)

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลของกระบวนการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (11 เครื่องจักร)

เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2	ผลิตภัณฑ์ 3	L_m	H_m
1	4	4		3	7
2	3	1	8	10	5
3	7	5		5	5
4			1	6	2
5	2	2	2	4	6
6	9	3		7	3
7	1		3	3	1
8		6	4	2	3
9	5	8	7	5	2
10	8	7	6	9	4
11	6		5	1	5
ปริมาณการผลิต	50	40	40		

โจทย์ข้อที่ 2 (13 เครื่องจักร)

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลของกระบวนการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (13 เครื่องจักร)

เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2	ผลิตภัณฑ์ 3	L_m	H_m
1	2	1		3	7
2	10		1	10	5
3	1	2		5	5
4	4	9	2	6	2
5		3	9	4	6
6	3			7	3
7	9	8	8	3	1
8	5		3	2	3
9		4	4	5	2
10	6	5		9	4
11		7	5	1	5
12	7		6	3	3
13	8	6	7	10	4
ปริมาณการผลิต	40	50	80		

3.3 ปัญหาขนาดใหญ่

โจทย์ข้อที่ 1 (16 เครื่องจักร)

ตารางที่ ก.7 ข้อมูลของกระบวนการผลิต และข้อมูลของเครื่องจักร (16 เครื่องจักร)

เครื่องจักร	ผลิตภัณฑ์ 1	ผลิตภัณฑ์ 2	ผลิตภัณฑ์ 3	L_m	H_m
1	2	1		3	7
2	10		1	10	5
3	1	2		5	5
4	4	9	2	6	2
5		3	9	4	6
6	3			7	3
7	9	8	8	3	1
8	5		3	2	3
9		4	4	5	2
10	6	5		9	4
11		7	5	1	5
12	7		6	3	3
13	8	6	7	10	4
ปริมาณการผลิต	40	50	80		