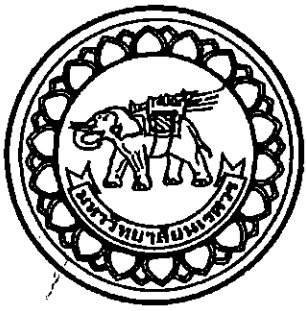


การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติกส์ในการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือ

MATHEMATICAL PROGRAMMING MODELS AND HEURISTICS FOR A BERTH ALLOCATION PROBLEM

นางสาวชมพูนุช สังคะทิพย์ รหัส 49360358

นางสาวภาวิณี อ่วมเจริญ รหัส 49363335

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 13 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 15060291
เลขเรียกหนังสือ ฟร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว142 ก 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติกส์ในการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวชมพูนุช สังคะทิพย์ รหัส 49360358
	นางสาวภาวิณี อ่วมเจริญ รหัส 49363335
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....กรรมการ
(ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุชาดา อัศราภรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาตร์และวิธีฮิวริสติกส์ในการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวชมพูนุช สังคะทิพย์ รหัส 49360358
	นางสาวภาวิณี อ่วมเจริญ รหัส 49363335
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

การขนส่งสินค้าทางเรือเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เนื่องจากสามารถขนส่งสินค้าได้ครั้งละจำนวนมาก ต้นทุนในการขนส่งต่ำกว่าการขนส่งประเภทอื่น แต่การขนส่งทางเรือก็มีปัญหา คือ หากมีการขนส่งทางเรือมากจะทำให้จำนวนเรือขนส่งสินค้ามากด้วย แต่จำนวนท่าเรือและขนาดของท่าเรือมีจำกัดทำให้เกิดปัญหาไม่มีพื้นที่ที่เพียงพอสำหรับเทียบท่าของเรือ ส่งผลให้ทั้งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายต่างๆ เพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือที่ดี ดังนั้นจึงนำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematic Programming Models) ของ Yongpei Guan และ Raymond K. Cheung (Relative Position Formulation: RPF และ Position Assignment Formulation: PAF) และใช้วิธีฮิวริสติกส์ (W First และ AT First) มาใช้แก้ปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดผู้จัดทำจึงได้สร้างโจทย์ปัญหาขึ้นมา 3 ขนาดและกำหนดให้เรือมีความสำคัญ 3 แบบ เพื่อความหลากหลายของปัญหา แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ทั้ง 2 แบบจะหาคำตอบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ส่วนวิธีฮิวริสติกส์จะคำนวณด้วยมือแล้วนำคำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบคุณภาพกัน จากผลลัพธ์ที่ได้พบว่าแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์วิธี RPF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ทั้งปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลางและปัญหาขนาดใหญ่ 4 ข้อ และใช้เวลารวดเร็วกว่าในแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์วิธี PAF ซึ่งใช้เวลานานกว่าและหาคำตอบที่ดีที่สุดได้เฉพาะปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลางเท่านั้น วิธีฮิวริสติกส์ W First สามารถหาคำตอบได้ดีที่สุดเพียง 3 ข้อ และ AT First หาคำตอบที่ดีที่สุดได้ 1 ข้อ ในปัญหาขนาดเล็ก แต่สามารถหาคำตอบได้เหมาะสมในปัญหาขนาดใหญ่เมื่อแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาตร์และวิธีฮิวริสติกส์ในการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือได้จัดทำขึ้นจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น ต้องขอขอบพระคุณ ดร.ขวัญนิธิ ดำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะ และสนับสนุนการทำปริญญานิพนธ์เป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณอาจารย์ บุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกๆ ท่านที่คอยให้คำแนะนำ ตักเตือนและให้ความอนุเคราะห์จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจที่ดี ให้คำปรึกษา ตักเตือนและสนับสนุนทุนการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวชมพูนุช สังคะทิพย์
นางสาวภาวิณี อ่วมเจริญ
มีนาคม 2553

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย..... ข

กิตติกรรมประกาศ..... ค

สารบัญ..... ง

สารบัญตาราง..... ฉ

สารบัญรูป..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน..... 2

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน..... 2

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)..... 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)..... 2

1.5 ขอบเขตการทำโครงงาน..... 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย..... 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย..... 2

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.9 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 3

1.10 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ..... 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี..... 4

2.1 การขนส่งทางเรือ..... 4

2.2 การวิจัยดำเนินงาน (Operations Research)..... 12

2.3 ปัญหาโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming)..... 20

2.4 วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Approach) 21

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน..... 22

3.1 ศึกษาปัญหาและแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์..... 24

3.2 ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูป..... 40

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.3 เขียนแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์บนโปรแกรมสำเร็จรูป.....	40
	3.4 คำนวณปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกส์.....	40
	3.5 เปรียบเทียบคุณภาพคำตอบจาก 2 แบบจำลองและวิธีฮิวริสติกส์.....	40
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิเคราะห์.....	41
	4.1 กำหนดโจทย์ปัญหา.....	41
	4.2 หลักการของวิธีฮิวริสติกส์.....	42
	4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคำตอบ.....	47
	4.4 ผลการทดลอง.....	47
บทที่ 5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	61
	5.1 สรุปผล.....	61
	5.2 ข้อเสนอแนะ.....	65
เอกสารอ้างอิง		
ภาคผนวก ก.		

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย (Gantt Chart)	3
3.1 ตัวอย่างการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ	22
4.1 ตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธีฮิวริสติกส์	43
4.2 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 3 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า	47
4.3 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 3 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า	47
4.4 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 4 ลำ ท่าเรือ 2 ท่า	48
4.5 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 4 ลำ ท่าเรือ 2 ท่า	48
4.6 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า	48
4.7 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า	49
4.8 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า	49
4.9 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า	50
4.10 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า	50
4.11 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า	50
4.12 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 6 ลำ ท่าเรือ 8 ท่า	51
4.13 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 6 ลำ ท่าเรือ 8 ท่า	51
4.14 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า	51
4.15 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า	52
4.16 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า	52
4.17 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า	53
4.18 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า	53
4.19 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า	54
4.20 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า	54
4.21 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า	55
4.22 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า	55
4.23 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า	56
4.24 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า	56
4.25 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า	57
4.26 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.27 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า.....	58
4.28 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 13 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า.....	58
4.29 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 13 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า.....	59
4.30 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 15 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า.....	59
4.31 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 15 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า.....	60
5.1 สรุปผลการทดลองของแบบจำลอง RPF และ PAF.....	62
5.2 สรุปผลการทดลองของวิธีฮิวริสติกส์.....	63

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ประเภทของตู้คอนเทนเนอร์	6
2.2 Terminal Port 2	7
2.3 แผนผังพื้นที่การทำงานของสถานีคอนเทนเนอร์และการไหลของการขนส่ง	8
2.4 ระบบสถานีคอนเทนเนอร์	10
3.1 ตัวอย่างการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ	23
3.2 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.2	25
3.3 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.2	26
3.4 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.3	27
3.5 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.3	27
3.6 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.5	28
3.7 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.5	28
3.8 ตัวอย่างกรณีที่ 3 ของเงื่อนไขที่ 3.5	29
3.9 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.6	29
3.10 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.6	29
3.11 ตัวอย่างกรณีที่ 3 ของเงื่อนไขที่ 3.6	30
3.12 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.4	30
3.13 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.4	31
3.14 ตัวอย่างกรณีที่ 3 ของเงื่อนไขที่ 3.4	31
3.15 ตัวอย่างกรณีที่ 4 ของเงื่อนไขที่ 3.4	32
3.16 ตัวอย่างกรณีที่ 5 ของเงื่อนไขที่ 3.4	32
3.17 ตัวอย่างกรณีที่ 6 ของเงื่อนไขที่ 3.4	33
3.18 ตัวอย่าง ของเงื่อนไขที่ 3.8	33
3.19 ตัวอย่าง ของเงื่อนไขที่ 3.9	34
3.20 ตัวอย่างประกอบเงื่อนไขที่ 3.12	36
3.21 ตัวอย่างประกอบเงื่อนไขที่ 3.13 และ 3.14	37
4.1 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี W First 1	44
4.2 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี W First 2	44
4.3 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี W First 3	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี AT First 1	45
4.5 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี AT First 2	46
4.6 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี AT First 3	46
5.1 แผนภูมิแสดงความแตกต่างของเวลาในแต่ละวิธี	65

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันการขนส่งสินค้าโดยใช้เรือเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เนื่องจากสามารถขนส่งสินค้าได้ครั้งละเป็นจำนวนมากๆ และขนส่งสินค้าได้แทบทุกขนาดทั้งขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก อีกทั้งต้นทุนในการขนส่งยังต่ำกว่าการขนส่งประเภทอื่น แต่การขนส่งทางเรือก็ยังมีปัญหาอยู่ 2 สาเหตุหลักๆ คือ

1. เมื่อเรืออายุมากขึ้น ก็จะส่งผลกระทบทำให้ความเร็วเรือลดลง ซึ่งถือว่าเรื่องความเร็วของเรือเป็นเรื่องสำคัญในการปฏิบัติการเรือ เมื่อความเร็วของเรือลดลง ก็ทำในเวลาในการเดินทางของสินค้าลดลง

2. ท่าเรือแออัดทำให้เรือต้องไปรอเพื่อเข้าเทียบท่า ทำให้จำนวนเรือที่พร้อมจะรับบริการลดลง และทำให้เสียเวลาสำหรับเรือที่มาจอดรอรับบริการด้วย

การที่มีการขนส่งทางเรือมากทำให้จำนวนเรือขนส่งสินค้ามากด้วยแต่จำนวนท่าเรือและขนาดของท่าเรือมีจำกัดทำให้เกิดปัญหาไม่มีพื้นที่สำหรับเทียบท่าของเรือส่งผลให้ต้องจอดรอด้านนอกทำให้เสียเวลาในการขนส่งสินค้า เสียค่าใช้จ่ายต่างๆและเสียค่าเสียโอกาสตามไปด้วย

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้เห็นว่าการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือมีความสำคัญมาก จึงต้องมีการจัดลำดับการเข้ามาเทียบท่าของเรือให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีอย่างจำกัดและใช้เวลาให้น้อยที่สุด

ดังนั้น จึงมีแนวคิดในการนำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematic Programming Model) มาใช้แก้ปัญหาซึ่ง Yongpei Guan และ Raymond K. Cheung ได้เสนอแบบจำลองใน 2 รูปแบบคือ

1. Relative position formulation (RPF)

2. Position assignment formulation (PAF)

แต่เนื่องจาก 2 แบบจำลองนี้ผู้ที่คิดขึ้นนั้นได้ระบุในงานวิจัยว่าแบบจำลองแบบที่ 1 สามารถแก้ปัญหาได้มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบจำลองที่ 2 แต่ไม่ได้ระบุรายละเอียด ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการนำแบบจำลองทั้ง 2 แบบนี้ไปเขียนบนโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดและศึกษาว่าแบบจำลองที่ 1 มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบจำลองที่ 2 ในอย่างไร โดยการสร้างโจทย์ปัญหาขึ้นมาเพื่อทดสอบ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือ 2 แบบจำลอง สำหรับการนำมาเปรียบเทียบคุณภาพของคำตอบ และสร้างวิธีฮิวริสติกส์ เพื่อแก้ปัญหา แล้วนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองทั้งสอง

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

แบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือที่เขียนบนโปรแกรมสำเร็จรูป และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณฮิวริสติกส์

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

แบบจำลองทั้ง 2 สามารถใช้งานได้จริงบนคอมพิวเตอร์และสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในปัญหาขนาดเล็ก

1.5 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.5.1 ศึกษาเฉพาะลำดับการเข้ามาเทียบท่าของเรือเท่านั้น

1.5.2 ลักษณะของปัญหามี 3 ขนาดคือ ปัญหาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่

ปัญหาขนาดเล็ก มีเรือ 1 – 5 ลำ มีท่าเรือ 1 – 4 ท่า

ปัญหาขนาดกลาง มีเรือ 6 – 10 ลำ มีท่าเรือ 5 – 8 ท่า

ปัญหาขนาดใหญ่ มีเรือ มีเรือ 11 – 15 มีท่าเรือ 9 – 12 ท่า

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ธันวาคม พ.ศ. 2552 – พฤษภาคม พ.ศ. 2553

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้กับงานจริงได้ในอนาคต

1.8.2 เกิดความชำนาญในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแก้ปัญหาให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

1.9 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย (Gantt Chart)

ลำดับ	การดำเนินงาน	ธ.ค.		ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.		เม.ย.		พ.ค.	
1.	ศึกษาปัญหาและแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์												
2.	ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูป												
3.	เขียนแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์บนโปรแกรมสำเร็จรูป และประมวลผล												
4.	คำนวณปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกส์												
5.	เปรียบเทียบคุณภาพคำตอบจาก 2 แบบจำลองและวิธีฮิวริสติกส์												
6.	สรุปผลและจัดทำรายงาน												
7.	นำเสนอรายงาน												

1.10 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ค่าพิมพ์รายงานและรูปเล่ม	1,000	บาท
2. อุปกรณ์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง	**1,000**	**บาท**
รวมเป็นเงิน	**2,000**	**บาท**

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

การเทียบท่าของเรือต้องมีการจัดลำดับการเข้ามาเทียบท่าของเรือให้เหมาะสมและรวดเร็ว หากไม่มีการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือที่ดีทำให้เกิดปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วซึ่งจะต้องใช้หลักการวิจัยดำเนินงานและโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ปัญหาและหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การวิจัยดำเนินงาน และมีการทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูปเบื้องต้น

2.1 การขนส่งทางเรือ

การขนส่งทางทะเลจัดเป็นการขนส่งที่มีความสำคัญที่สุดและใช้มากที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบการขนส่งอื่นๆ เนื่องจากมีต้นทุนการขนส่งที่ต่ำและสามารถขนส่งสินค้าได้คราวละมากๆ โดยรูปแบบการขนส่งทางทะเลในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการขนส่งด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์ (Container Box) โดยสินค้าที่จะขนส่งจะต้อง มีการนำมาบรรจุตู้ (Stuffing) และมีการขนย้ายตู้ขึ้นไว้ บนเรือ Container Ship ซึ่งออกแบบมาเป็นพิเศษ สำหรับใช้ในการขนส่งสินค้าด้วย ตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งท่าเรือที่จะมารองรับเรือประเภทนี้ จะต้องมีการออกแบบ ที่เรียกว่า Terminal Design เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งในเชิงวิศวกรรมและ สิ่งแวดล้อม โดยจะต้องประกอบด้วย ท่าเทียบเรือ เขื่อนกั้นคลื่น รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ซึ่งผู้ที่ศึกษาในด้าน Logistics จะต้องให้ความสนใจในการที่จะศึกษาเกี่ยวกับการขนส่งด้วยระบบคอนเทนเนอร์ให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง โดยในบทนี้จะได้นำเรื่องราวที่เกี่ยวกับการ ขนส่งด้วยระบบคอนเทนเนอร์พอเป็นสังเขปให้เข้าใจในเบื้องต้น ดังต่อไปนี้

2.1.1 คุณลักษณะของตู้คอนเทนเนอร์ (Container Box)

ตู้คอนเทนเนอร์จะเป็นตู้ขนาดมาตรฐานอาจทำด้วยเหล็กหรืออลูมิเนียม โดยมีโครงสร้างภายนอกที่แข็งแรงสามารถวางเรียงซ้อนกันได้ไม่น้อยกว่า 10 ชั้น โดยจะมียึด หรือ Slot เพื่อให้แต่ละตู้จะมีการยึดติดกัน โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีประตู 2 บาน ซึ่งจะมีรายละเอียด ระบุหมายเลขตู้ (Container Number) น้ำหนักของสินค้าบรรจุสูงสุด ฯลฯ เมื่อปิดตู้แล้วจะมีที่ ล็อกตู้ ซึ่งใช้ในการคล้องซีล(Seal) ซึ่งเดิมนั้นเป็นตะกั่ว แต่ปัจจุบันจะเป็น Plastic มีหมายเลขกำกับ สำหรับใช้ในการบ่งชี้สถานะภาพ ซึ่งได้มีการพัฒนาไปถึง Electronic Seal ซึ่งสามารถเข้าไปตรวจสอบทางอิเลกทรอนิกส์ (Electronic Tracking) หาตำแหน่งของการเคลื่อนย้ายตู้สินค้า ภายในตู้จะมีพื้นที่สำหรับใช้ในการวางและบรรจุสินค้า

2.1.2 ประเภทของตู้คอนเทนเนอร์

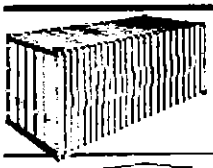
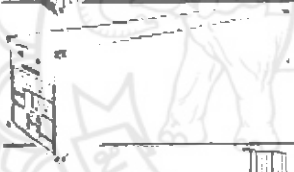
2.1.2.1 Dry Cargoes เป็นตู้ที่ใส่สินค้าทั่วไปที่มีการบรรจุหีบห่อหรือภาชนะต้องเป็นสินค้าที่ไม่ต้องการรักษาอุณหภูมิ โดยสินค้าที่เข้าตู้แล้วจะต้องมีการจัดทำที่กั้นไม่ให้มีสินค้าเลื่อนหรือขยับ ซึ่งอาจจะใช้ถุงกระดาษที่มีการเป่าลม ที่เรียกว่า Balloon Bags มาวางอัดไว้ในช่องว่างของสินค้ากับตัวตู้ หรืออาจใช้ไม้มาปิดกั้นเป็นผนังหน้าตู้ ที่เรียกว่า Wooden Partition หากใช้เป็นเชือกไนลอนรัดหน้าตู้ ก็จะเรียกว่า Lashing

2.1.2.2 Refrigerator Cargoes เป็นตู้สินค้าประเภทที่มีเครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิในตู้ ซึ่งทำตามมาตรฐานต้องสามารถปรับอุณหภูมิได้อย่างน้อย – 18 องศาเซลเซียส โดยเครื่องทำความเย็นนี้อาจจะติดอยู่กับตัวตู้หรือมีปลั๊กใช้กระแสไฟฟ้าเสียบจากนอกตู้ โดยจะต้องมีที่วัดอุณหภูมิแสดงให้เห็นสถานะของอุณหภูมิของตู้สินค้า

2.1.2.3 Garment Container เป็นตู้สินค้าที่ออกแบบสำหรับใช้ในการบรรจุสินค้าที่เป็นเสื้อผ้า โดยมีราวสำหรับแขวนเสื้อ ซึ่งส่วนใหญ่มักจะใช้กับสินค้าที่เป็น Fashion ซึ่งไม่ต้องการที่จะมีการพับหรือบรรจุใน Packing ซึ่งจะมีผลทำให้เสื้อผ้ามีการยับหรือไม่สวยงาม

2.1.2.4 Open Top เป็นตู้ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องเป็น 40 ฟุต โดยจะออกแบบมาไม่ให้มีหลังคาสำหรับใช้ในการวางสินค้าขนาดใหญ่ เช่น เครื่องจักร ซึ่งไม่สามารถขนย้ายผ่านประตูตู้ได้ จึงต้องขนย้ายโดยการยกส่วนบนของตู้แทน

2.1.2.5 Flat-rack เป็นพื้นราบมีขนาดกว้างและยาว ตาม Size ของ Container มาตรฐาน โดยจะเป็นตู้คล้ายกับ Container ที่มีแต่พื้น Platform สำหรับใส่สินค้าที่มีลักษณะเป็นพิเศษ เช่น เครื่องจักร, แท่งหิน, ประติมากรรม, รถแทรกเตอร์ ซึ่งสินค้าเหล่านี้ อาจจะขนส่งด้วยเรือที่เป็น Conventional Ship แต่หากเมื่อขนส่งด้วยเรือระบบ Container แล้วก็จะต้องมาวางใน Flat rack เพื่อให้สามารถจัดเรียงกองในรูปแบบที่เป็น Slot ซึ่งเป็นลักษณะของเรือที่เป็น Container

Equipment	Container Type	Interior Dimensions	
	20' Dry	L: 5.89 m W: 2.34 m H: 2.33 m	19'4" 7'8" 7'8"
	20' Reefer	L: 5.50 m W: 2.26 m H: 2.25 m	18'1/4" 7'5 1/8" 7'4 7/8"
	20' Collapsible Flatrack	L: 5.94 m W: 2.43 m H: 2.15 m	19'6 1/4" 8'0" 7'1"
	40' Dry	L: 12.01 m W: 2.34 m H: 2.36 m	39'5" 7'8" 7'9"
	40' Highcube	L: 12.01 m W: 2.34 m H: 2.66 m	39'5" 7'8" 8'9"
	40' Reefer	L: 11.64 m W: 2.28 m H: 2.25 m	38'2 1/8" 7'5 7/8" 7'4 1/8"
	40' Collapsible Flatrack	L: 12.06 m W: 2.43 m H: 1.93 m	39'7" 8'0" 6'4"
	20' Open Top	L: 5.81 m W: 2.34 m H: 2.34 m	19'1" 7'8" 7'8"
	40' Open Top	L: 12.03 m W: 2.34 m H: 2.43 m	39'6" 7'8" 8'0"

รูปที่ 2.1 ประเภทของตู้คอนเทนเนอร์

ที่มา : http://www.marinerthai.com/sara/view.php?No=1006

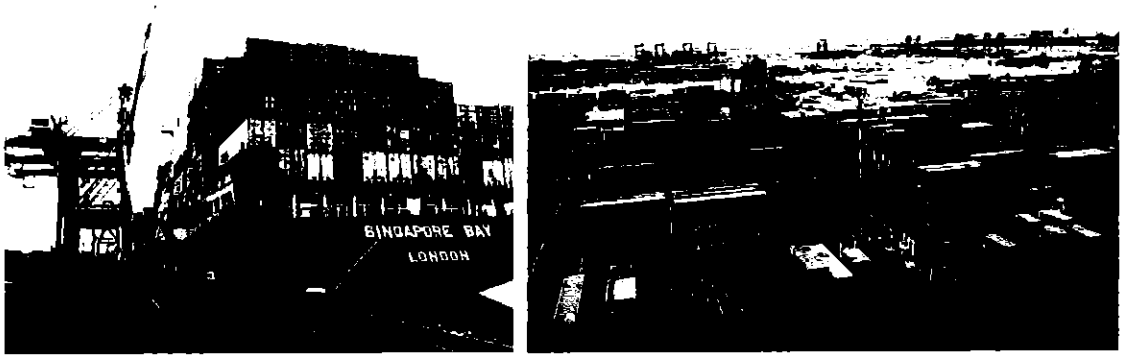
2.1.3 เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ (Container Vessel)

เป็นเรือที่ออกแบบมาสำหรับใช้ในการบรรทุกตู้สินค้าโดยเฉพาะ เรือสินค้าแต่ละลำจะมีที่ยกตู้ที่เรียกว่า Quay Cranes ประมาณ 1-4 ตัว โดย Crane แต่ละตัวจะลำเลียงตู้ ซึ่งวางอยู่ตามความลึกของเรือ ซึ่งจะมีการเรียงกันเป็น Column โดยปัจจุบันเรือจะบรรทุกโดยเฉลี่ยจะเป็นประมาณ 2,700 TEU แต่เรือที่มีขนาดใหญ่ที่อยู่ในชั้นที่เรียกว่า SX Class หรือที่เรียกว่า Super Post Panamaxx ซึ่งจะมีความยาวโดยเฉลี่ย 320x330 เมตร กินน้ำลึกประมาณ 13-14 เมตร มีความกว้างวางคอนเทนเนอร์ได้ 20-22 แถว ซึ่งสามารถบรรทุกตู้สินค้าได้สูงสุดถึง 8,000 TEU ซึ่งในอนาคตนี้กำลังมีการต่อเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปซึ่งอยู่ในชั้น Malaccamax ซึ่งสามารถขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ได้ 18,000 TEU ซึ่งขนาดเรือที่ใหญ่ขึ้นมากนี้จะมีผลทำให้ต้นทุนโดยรวมจะลดลง เนื่องจากต้นทุนแปรผันที่เรียกว่า Variable Cost ไม่ว่าจะเป็นค่าน้ำมันหรือค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับแรงงาน แต่อย่างไรก็ดี จะต้องมีการบริหารการจัดการในการที่จะหาสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หมายเหตุ TEU (Twenty Foot Equivalent Unit) หมายถึง หน่วยนับจำนวนตู้สินค้า หรือ Container หรือ ตู้เหล็กขนาด มาตรฐานกว้าง 8 ฟุต สูง 8 ฟุต และยาว 20 ฟุต

2.1.4 Terminal Port

ท่าเรือ หรือ Port ถือเป็นกิจกรรมหนึ่งของกระบวนการ Logistics โดยท่าเรือทำหน้าที่ให้การบริการในการขนถ่ายสินค้า โดยท่าเทียบเรือจะต้องมีลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างพื้นฐาน Basic Infrastructure รวมถึงความลึก ความกว้างของช่องทางเดินเรือ ความยาวหน้าท่า Quay Length เขื่อนกั้นคลื่น ช่องทางสำหรับให้รถบรรทุกเข้า-ออก รวมทั้งทางรถไฟ สำหรับรองรับการขนส่งด้วยทางรถไฟ ซึ่งจะทำให้ท่าเรือสามารถเชื่อมต่อการคมนาคมที่เป็นแบบ Multi-Modal Transport คือ การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ



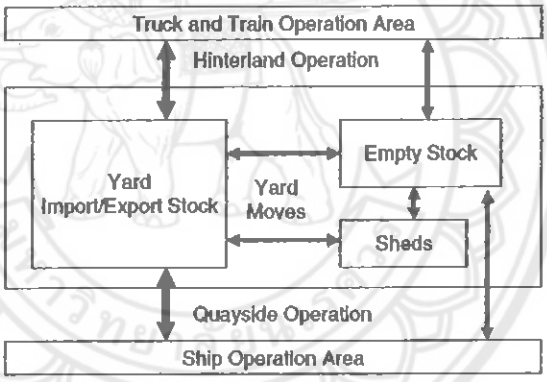
รูปที่ 2.2 Terminal Port 2

ที่มา : http://www.marinerthai.com/sara/view.php?No=1006

2.1.5 โครงสร้างของท่าเรือและระบบการขนส่ง

โดยทั่วไปสถานีคอนเทนเนอร์สามารถอธิบายได้เป็นระบบการไหลวัสดุแบบเปิดที่มีส่วนเกี่ยวข้องกัน 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นบริเวณท่าเทียบเรือ (Quayside) ที่มีการขนคอนเทนเนอร์ลงจากเรือและขนคอนเทนเนอร์ขึ้นเรือ ส่วนที่สองเป็นบริเวณแผ่นดิน (Landside) ที่มีการขนคอนเทนเนอร์ขึ้นและลงจากรถบรรทุกและรถไฟ คอนเทนเนอร์จะถูกเก็บไว้เป็นชั้นๆ ดังนั้นจึงทำให้ง่ายในการทำงานของพื้นที่ที่ไม่เชื่อมต่อกันของบริเวณท่าเทียบเรือและบริเวณแผ่นดิน

หลังจากที่มาถึงท่าเรือ เรือบรรทุกคอนเทนเนอร์จะมีเครนมาขนคอนเทนเนอร์ขึ้นและลงจากเรือ คอนเทนเนอร์จะถูกขนไปวางไว้ใกล้กับจุดที่จะมีการขนส่งต่อไป ซึ่งถูกขนโดยรถบรรทุกและรถไฟ จะมีอุปกรณ์ภายใน (Internal Equipment) มารับและนำไปวางตามชนิดของคอนเทนเนอร์ในลานเก็บ การย้ายคอนเทนเนอร์จะย้ายเมื่อมีโรงเก็บของ (Shed) และ/หรือคลังวัสดุว่าง (Empty Depots) ในสถานี การย้ายเหล่านี้รวมไปถึงการย้ายระหว่างพื้นที่เก็บสินค้าว่าง (Empty Stock) ศูนย์การบรรจุ (Packing Center) และพื้นที่เก็บคอนเทนเนอร์ที่นำเข้าและส่งออก ดังรูป



รูปที่ 2.3 แผนผังพื้นที่การทำงานของสถานีคอนเทนเนอร์และการไหลของการขนส่ง

ที่มา : Dirk Steenkeen, Stefan VoB, and Robert Stahlbock, Container terminal operation and operation research,2004.

การทำงานบริเวณท่าเทียบเรือหรือการขนคอนเทนเนอร์มีการขนทั้งไปและกลับที่ท่าเรือซึ่งบางครั้งรวมไปถึงกระบวนการขนถ่ายบริเวณริมน้ำ (Waterside) ด้วย ในส่วนของการขนส่งระหว่างบริเวณแผ่นดินกับแผ่นดิน (Hinterland) และการขนส่งบนแผ่นดิน (Landside) ก็มีการขนส่งทั้งไปและกลับด้วยเช่นกัน

เรือที่เข้ามาเทียบท่าจะมีหลายชนิดแตกต่างกัน เรือที่มีความสำคัญมากส่วนใหญ่เป็นเรือน้ำลึก มีความสามารถขนได้มากถึง 8,000 TEU ซึ่งจะเทียบท่าที่ท่าหลักของแต่ละประเทศและแต่ละทวีป เช่น เรือที่มีความยาว 320 เมตร กว้าง 43 เมตร สูง 13 เมตร บนดาดฟ้ามีคอนเทนเนอร์สูงถึง 8

ชั้น กว้าง 17 แถว ซึ่งเรือสามารถวางได้สูง 9 ชั้นและกว้าง 15 จากข้อมูลของเรือทำให้สามารถเรียกใช้ขนาดเครนและความยาวของปั้นจั่นให้เหมาะสมกับขนาดของเรือได้ โดยทั่วไปในท่าเรือใหญ่จะรับสินค้าที่ถูกขนลงจากเรือได้ครั้งละประมาณ 2,000 กล่อง การขนขึ้นก็เช่นเดียวกัน เรือบรรทุกสินค้าที่มีความสามารถบรรจุได้ 100 – 1,200 TEU จะมีการติดต่อกับท่าที่เล็กกว่าการขนส่งข้ามประเทศของเรือน้ำลึก เรือบรรทุกภายในจะใช้ขนคอนเทนเนอร์ไปยังบริเวณแผ่นดินกับแผ่นดิน (Hinterland) บริเวณแม่น้ำและลำคลอง (River and Channel) เรือบรรทุกนี้เป็นการขนส่งของบริเวณแผ่นดินเหมือนกับรถบรรทุกและรถไฟ

รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้มากถึง 3 TEU ที่สถานีคอนเทนเนอร์รถบรรทุกสามารถเข้าไปรับยังจุดที่ขนขึ้นและลง และนำไปส่งให้สถานีรถไฟ สถานีรถไฟและรถบรรทุกอาจเป็นส่วนหนึ่งของสถานีคอนเทนเนอร์ รถไฟหนึ่งขบวนสามารถบรรทุกได้ 120 TEU รถไฟจะเชื่อมต่อกับสถานีพิเศษสถานีหนึ่งคือสถานีปลายทางบริเวณแผ่นดิน ซึ่งมีความสำคัญมาก การแยกการขนส่งบริเวณแผ่นดิน (Hinterland Transportation) มีความจำเป็นมากสำหรับท่าเรือต่างๆ เพราะมีผลกระทบโดยตรงกับการวางผังของสถานีและชนิดของอุปกรณ์ขนส่ง

พื้นที่เก็บคอนเทนเนอร์จะแยกกันเพื่อให้มีความแตกต่างทั้ง แถว บริเวณที่กำหนด และจำนวนชั้น มีพื้นที่บางส่วนสำรองไว้ให้คอนเทนเนอร์แบบพิเศษที่เหมือนตู้เย็นที่ต้องการไฟฟ้าตลอด สินค้าอันตราย ขนาดสูงเกินไป กว้างเกินไป บ่อยครั้งที่พื้นที่วางคอนเทนเนอร์จะแยกจากพื้นที่รับเข้าและส่งออกคอนเทนเนอร์ คอนเทนเนอร์แบบพิเศษ และคอนเทนเนอร์เปล่า

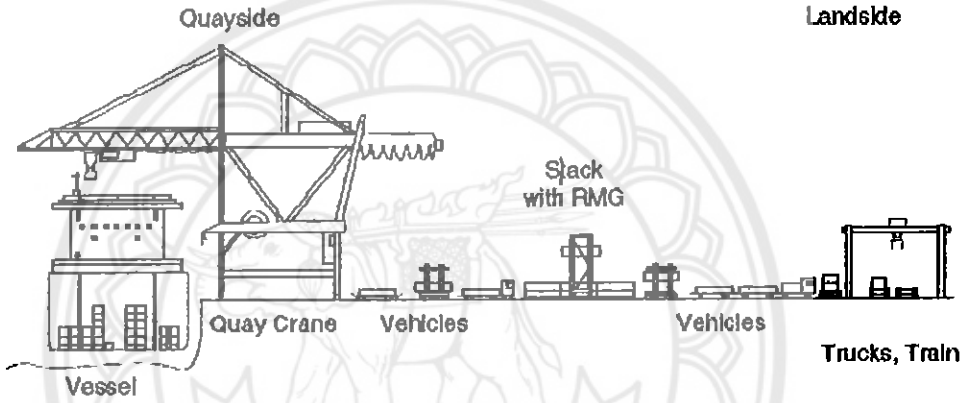
ในการทำงานโดยทั่วไปบางสถานีก็มีความแตกต่างกันรวมถึงหน่วยการทำงานต่างๆ ด้วย เช่น ถ้าไม่มีรางรถไฟอยู่ในสถานี ต้องขนคอนเทนเนอร์โดยรถบรรทุกหรือการขนส่งบนแผ่นดินอื่นๆ ที่ขนระหว่างสถานีภายนอกกับตัวสถานี ผลลัพธ์คือ ต้องมีการขนส่งมากขึ้น ความแตกต่างๆ อื่นๆ ที่เกิดขึ้นคือถ้าโรงเก็บของในสถานีมีทั้งการบรรจุและแยกสินค้าที่เก็บ ต้องมีการขนย้ายเพิ่มมากขึ้นในลานเก็บคอนเทนเนอร์กับโรงเก็บของ เช่นเดียวกันกับคลังวัสดุที่ว่าง (Empty Depots) ที่จะเก็บตามความต้องการของเส้นทางการขนส่ง

2.1.5.1 ระบบสถานีคอนเทนเนอร์

ความหลากหลายของคอนเทนเนอร์ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ขนส่งที่ถูกนำมาใช้รวมกันจากสถานี ทุกสถานีใช้ Gantry Cranes รถเข็นเดี่ยว รถเข็นคู่ ระบบบังคับหรือแบบกึ่งอัตโนมัติ การขนส่งระหว่างท่าเรือและพื้นที่วางคอนเทนเนอร์จะทำการขนส่งโดยรถบรรทุก รถพ่วง AGVs หรือ Straddle Carrier ยานพาหนะเหล่านี้สามารถขนได้บนบริเวณแผ่นดินด้วย รวมทั้ง AGVs ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างยิ่งของการขนส่งบริเวณท่าเทียบเรือ การเก็บคอนเทนเนอร์จะทำงานโดย Gantry Crane หรือโดย Straddle Carrier

แม้ว่ามีความหลากหลายของอุปกรณ์ที่อยู่รวมกัน แต่มีอุปกรณ์หลักๆ 2 อย่างของสถานีที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนคือ ระบบ Pure Straddle Carrier และระบบการใช้ Gantry Crane สำหรับการเก็บคอนเทนเนอร์

Gantry Crane ในสถานีที่ใช้เก็บคอนเทนเนอร์สามารถนำไปใช้กับยานพาหนะที่กล่าวมาแล้วได้บางชนิดแม้กระทั่งระบบรวมของยานพาหนะที่ใช้ขนส่ง เช่น รถพ่วงสำหรับบริเวณท่าเรือและ Straddle Carrier สำหรับการทำงานบริเวณแผ่นดิน รวมถึงสถานี AGV ที่อยู่รวมกับ Gantry Crane อัตโนมัติ รถไฟจะขนของขึ้นและลงโดย Gantry Crane กระทั่งกรณีของสถานี Straddle Carrier แม้ว่าบางกรณี Straddle Carrier จะใช้เพื่อจุดประสงค์ดังรูป



รูปที่ 2.4 ระบบสถานีคอนเทนเนอร์

ที่มา : Dirk Steenkeen, Stefan VoB, and Robert Stahlbock, Container terminal operation and operation research,2004.

การตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดใดในสถานีคอนเทนเนอร์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย การจำกัดพื้นที่โดยเหตุผลทางสังคมและเศรษฐศาสตร์เป็นไปตามความกฎความสำคัญ ปัจจัยพื้นฐานคือขนาดของพื้นที่ที่สามารถใช้ได้ในสถานี ถ้าพื้นที่มีขนาดจำกัดก็ค่อนข้างที่จะใช้ *Gantry Crane* ขนคอนเทนเนอร์ การตัดสินใจเลือกใช้ AGVs และ *Gantry Crane* อัตโนมัติ ในกรณีที่ค่าแรงงานสูงและใช้ในสถานีใหม่ เหตุผลทางสังคมและวัฒนธรรมจะถูกพิจารณาถ้ามีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงสถานีให้ดีขึ้น เพราะว่าพื้นที่จะกลายเป็นทรัพยากรที่มีน้อย และต้องรู้เมื่อมีการจัดเก็บเพิ่มขึ้นล่วงหน้า

จากที่กล่าวมา 2 ชนิดหลัก (Gantry Crane and Straddle Carrier System) ที่ใช้กันทั่วไปในยุโรปและเอเชีย ยังมีชนิดที่ 3 ซึ่งใช้กันค่อนข้างน้อยในอเมริกาเหนือ ซึ่งคือ ระบบ On-chassis เป็นการวางคอนเทนเนอร์บน Chassis โดยตรงและวางทับคอนเทนเนอร์อื่นๆ ระบบนี้ใช้

เครนแบบเฉพาะน้อย จะใช้ในการขนย้ายจัดเก็บแบบง่ายๆ และต้องใช้พื้นที่มาก แต่การขนส่งแบบนี้มีลักษณะแฝงอยู่ใน 2 ระบบหลักที่กล่าวมา

2.1.6 ประเภทของท่าเรือ

2.1.6.1 Transshipment Port

เป็นท่าเรือแบบถ่ายลำ เป็นศูนย์รวมในการเก็บและกระจายตู้คอนเทนเนอร์ คือ ทำหน้าที่เป็น Consolidation Port คือเป็นท่าที่ใช้ในการรวมตู้สินค้าจากบริเวณใกล้เคียง โดยตู้สินค้าจะมีการนำมาบรรทุกเรือประเภทที่เรียกว่า Feeder Vessel เพื่อรอการขนถ่ายไปยังเรือ ที่เรียกว่า Direct Vessel หรือ Master Vessel เพื่อจะได้นำสินค้าไปส่งมอบตามจุดหมายปลายทาง ซึ่งท่าเรือประเภทนี้อาจ ได้แก่ ท่าเรือสิงคโปร์ ท่าเรือกรัง ท่าเรือรอทเทอดัมส์ ฯลฯ ซึ่งท่าเรือประเภทนี้จะต้องมีการบริหารจัดการในการลดเวลาในท่าเรือที่เรียกว่า Time In port หรือ Waiting Time คือ เวลาที่เรือคอยท่าน้อยที่สุด จึงจำเป็นต้องมีพื้นที่ในท่าเรือ (Terminal Area) ให้สามารถจัดเรียงกองคอนเทนเนอร์ได้เป็นจำนวนมากและต้องอาศัยเทคโนโลยี รวมถึงจะต้องมีคลังน้ำมัน อู่ซ่อมเรือ และสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ ที่จะทำให้ไม่เกิดสภาพแออัดเนื่องจากท่าเรือประเภทนี้ก็จะต้องมีการแข่งขัน เช่น ท่าเรือสิงคโปร์ กับท่า PTP ซึ่งตั้งอยู่ที่รัฐยะโฮบารูห์ตอนใต้สุดของมาเลเซียตรงข้ามกับเกาะสิงคโปร์ เป็นต้น

ปัจจัยเพื่อใช้ในการแข่งขันในท่าเรือด้วยกัน

ก. Throughput Capacity เป็นความสามารถที่เหนือกว่าในการให้บริการ ไม่ว่าจะเป็นขนาดของพื้นที่อัตราการใช้ท่า หรือเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการทำงาน และความเหมาะสมทางภูมิศาสตร์

ข. Time in Port จะมีระยะเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายตู้ ซึ่งปัจจุบันมีการแข่งขันในการจับเวลาว่าแต่ละตู้จะใช้เวลาในการขนถ่ายกี่นาที ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สายการเดินเรือนำเรือเข้ามาเทียบท่าเนื่องจากจะมีผลต่อต้นทุนของเรือโดยตรง

2.1.6.2 Original Destination Port หรือท่าเรือต้นทาง ปลายทาง หรือท่าเรือต้นแบบ

เป็นท่าเรือที่ใช้ในการรับสินค้าหรือขนถ่ายสินค้าโดยตรง โดยท่าเรือประเภทนี้ประกอบไปด้วย ศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า Distribute Center และจะต้องเชื่อมต่อไปยังศูนย์สินค้าต่อเนื่องไปยังจุดหมายปลายทาง ซึ่งในเงื่อนไขของ Inco Terms ในหลายๆเงื่อนไขก็ได้ครอบคลุมหรือการขนส่งสินค้าจนถึง Original Port เช่น ท่านิวยอร์ก , ท่าเรือ โตเกียว หรือท่าเรือแหลมฉบังของประเทศไทย เป็นต้น ท่าเรือเหล่านี้จะเป็นท่าที่เป็นจุดหมายปลายทางของการขนส่งเพื่อขนถ่ายสินค้าเข้าไปในแผ่นดินใหญ่ (Interland) สำหรับ Transit Port จะเป็นท่าเรือที่ตู้คอนเทนเนอร์ สินค้าจะมาวางพักเพื่อรอเปลี่ยนเรือลำใหม่ เพื่อที่จะขนส่งไป Original Port เช่น ท่าเรือสิงคโปร์ ท่าเรือฮ่องกง เป็นต้น

2.1.6.3 Inland Container Depot (ICD) ลานวางตู้หรือท่าเรือในแผ่นดิน (ไม่ติดน้ำ)

เป็นสถานีในการเป็นศูนย์ (HUB) ในการรับตู้สินค้าเพื่อขนส่งไปท่าเรือ (Port) หรือรับตู้สินค้าจากท่าเรือเข้ามาเก็บก่อนที่จะส่งต่อไปให้สถานที่รับมอบ สินค้า (Origin Point) ซึ่งปัจจุบันสถานะของ ICD จึงทำหน้าที่คล้ายกับท่าเรือในแผ่นดิน และมีบทบาทอย่างมากต่อกิจกรรมลอจิสติกส์ระหว่างประเทศ

2.1.7 วิธีการขนย้ายคอนเทนเนอร์ในท่าเรือ

การขนย้ายสินค้าในท่าเรือจัดเป็นเทคโนโลยีที่ต้องการการบริหารจัดการ เนื่องจากแต่ละท่าจะแข่งขันกันเป็นนาทีในการยกสินค้าขึ้นและลง ซึ่งในปัจจุบันระบบการจัดการท่าเรือที่เรียกว่า Port Automation จะทำหน้าที่ในการจัดการท่าเรือในระบบที่ใช้ Computer และหุ่นยนต์ในการ ขนย้ายคอนเทนเนอร์หน้าท่า มีกระบวนการดังต่อไปนี้

2.1.7.1 Stacking Lanes

เป็นการจัดย้ายสินค้าไปวางเรียงกอง ซึ่งจะมีการวางเป็นชั้นที่เรียกว่า Stack ซึ่งโดยปกติจะมีการวางเรียงคอนเทนเนอร์ไว้ 4-5 ชั้น โดยมีความกว้างของช่องทางที่เรียกว่า Gantry Crane เป็นเครื่องมือในการขนย้าย ซึ่งปัจจุบันในหลายท่าได้นำระบบ Computer Right เข้ามากำหนด Location ในการวางตู้ โดยมีหอ Control Room ใช้ในการควบคุมการทำงาน

2.1.7.2 การเคลื่อนย้ายคอนเทนเนอร์ไปไว้หน้าท่า

ซึ่งอาจจะใช้ตัว Gantry Crane หรืออาจอาศัยรถยกที่เรียกว่า Top ทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้าย

2.1.7.3 การ Slot Stacking

เป็นการยกตู้สินค้าที่วางอยู่บริเวณหน้าท่า Quay ขึ้นไปวางไว้บนเรือ โดยมี Quay Crane คือ Crane ที่อยู่หน้าท่าทำหน้าที่ในการขนย้าย

ไทยจะมีท่าเรือหลักที่สำคัญ คือ ท่าเรือกรุงเทพฯ ซึ่งจะมีตู้เข้า-ออกประมาณเกือบ 1 ล้านตู้ต่อปี และท่าเรือแหลมฉบังจะมี ตู้เข้าและออกประมาณ 2.9-3.0 ล้าน TEU นอกจากนี้ยังมี ท่าเรือมาบตาพุด, ท่าเรือน้ำลึกสงขลา, ท่าเรือสตูล ซึ่งประเทศไทยเองก็คงจะต้องแข่งขันกับหลายประเทศไม่ว่าจะเป็นสิงคโปร์หรือฮ่องกง ซึ่งจะมีตู้เข้า-ออก ปีละประมาณ 17.04 ล้าน TEU

2.2 การวิจัยดำเนินงาน (Operations Research)

การวิจัยดำเนินงานเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับการปฏิบัติงานขององค์กร เป็นระเบียบวิธีที่มีหลักเกณฑ์ในการพยายามแก้ไขปัญหาและแนวทางปฏิบัติให้ได้ ผลดีที่สุด ซึ่งจะเป็นหัวใจของหลักการวิจัยดำเนินงานระเบียบวิธีที่มีหลักเกณฑ์ เป็นเรื่องของการดำเนินงานขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

2.2.1 การจัดตั้งปัญหา (Formulating the Problem)

ปัญหาที่เกิดขึ้นย่อมมีความซับซ้อน การกำหนดปัญหาให้ตรงกับเป้าหมายจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อที่จะหาผลลัพธ์แล้วนำไปปฏิบัติจริงได้ การจัดตั้งปัญหามีหลักพอสังเขปดังนี้

2.2.1.1 กำหนดปัญหาที่พิจารณาให้ชัดเจน

2.2.1.2 กำหนดจุดประสงค์ และวิธีการวัดผลการดำเนินงาน

2.2.1.3 กำหนดขอบเขตและสมมติฐานของปัญหา

2.2.1.4 กำหนดแนวทางดำเนินงานที่เป็นไปได้ในการการแก้ปัญหา

2.2.1.5 กำหนดช่วงเวลาในการแก้ปัญหา

2.2.2 การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Constructing a Mathematical Model)

เมื่อกำหนดและเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้อง ในทางการวิจัยดำเนินงานนิยมสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแทนระบบของปัญหา โดยมีสมการต่างๆ แสดงความสัมพันธ์และมีโครงสร้างดังนี้

2.2.2.1 สมการหรือฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Objective Function)

2.2.2.2 ตัวแปรที่ควบคุม (Decision Variable) และตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

2.2.2.3 มีขอบเขต (Constraints)

2.2.3 การหาผลลัพธ์ของปัญหา (Deriving a Solution)

หลักการของการวิจัยดำเนินงานเป็นการหาผลลัพธ์ที่ได้ผลดีเหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ไม่ได้หมายความว่าจะสามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาปฏิบัติงานได้

2.2.4 การทดสอบรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และผลลัพธ์ (Testing the Model and Solution)

การใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องมีการทดสอบ เนื่องจากความบกพร่องในการละเว้นองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญบางส่วนจะทำให้การหาผลลัพธ์ที่ดีนั้นเป็นไปไม่ได้ อาจจะใช้การทดสอบโดยตั้งรูปแบบทางคณิตศาสตร์ใหม่เปรียบเทียบกับชุดเดิม

2.2.5 การตั้งขอบข่ายแทนการควบคุมผลลัพธ์ (Establishing Control over the Solution)

ควรมีการควบคุมขอบเขตของการได้รับผลลัพธ์ในการจำกัดสภาพแวดล้อมของปัญหา

2.2.6 การนำผลลัพธ์ไปใช้งาน (Implementation)

ผลลัพธ์จากการวิจัยดำเนินงาน ต้องสามารถชี้แจงให้ผู้บริหารเข้าใจถึงการดัดแปลงผลที่ได้และวิธีการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ โดยทีมการวิจัยดำเนินงานและฝ่ายบริหารต้องร่วมมือในการพัฒนาวิธีการเพื่อนำหลักการของผลลัพธ์นั้นๆ ออกใช้งานและต้องมีการประเมินผลและติดตามข้อพกพร่องเพื่อแก้ไขทันตามความต้องการ

2.2.7 ความหมายของคำว่า Operations Research

สำหรับความหมายของคำว่า "Operations Research" นั้น ได้มีผู้ให้ คำนิยามไว้หลายประการด้วยกัน Churchman Ackoff และ Arnoff ได้ให้คำจำกัดความ OR ไว้ในตำราการวิจัยการดำเนินงาน ระหว่างปี ค.ศ. 1950-1956 ว่า "การวิจัยการดำเนินงาน โดยทั่วไปหมายถึงการใช้ระเบียบวิธี และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการนำระบบไปใช้ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะช่วยในการควบคุมและการปฏิบัติงานให้บังเกิดผลที่ดีที่สุดสำหรับปัญหานั้น Harvey M.Wagner ได้ให้คำจำกัดความ OR ไว้ว่า "เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้และมีความถูกต้องเหมาะสม"

การวิจัยดำเนินงาน คือ วิธีการที่มีหลักเกณฑ์ (Scientific Method) ในการจัดรวบรวมและการวิเคราะห์เป็นตัวเลข (Quantitative Basis) สำหรับช่วยตัดสินใจให้กับฝ่ายบริหาร โดยคำนึงว่าทำงานนั้นต้องอยู่ ภายใต้อำนาจการควบคุมได้ด้วยการวิจัยดำเนินงาน เป็นการให้ประโยชน์ของวิธีการอย่างมีหลักเกณฑ์ โดยทีมงานที่มีความรู้ความสามารถในสาขาวิชาการต่างๆ กัน ลักษณะสำคัญของทางการวิจัยการดำเนินงาน (The Essential Characteristics of OR)

2.2.7.1 ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.7.2 เป็นการศึกษาพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของระบบที่ซับซ้อน

2.2.7.3 ใช้เป็นวิธีการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของระบบที่ซับซ้อน

2.2.7.4 ใช้เป็นพื้นฐานเพื่อช่วยในการตัดสินใจ

2.2.7.5 ใช้ทีมงานของผู้เชี่ยวชาญของสาขาวิชาการในการให้คำปรึกษา เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และ เศรษฐศาสตร์

2.2.7.6 มีการสร้างแบบจำลองระบบที่ต้องการศึกษาแบะวิเคราะห์เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

2.2.7.7 เป็นการพบปัญหาใหม่ภายหลังจากที่ได้แก้ไขปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ไปแล้ว

2.2.8 หลักการวิจัยดำเนินงาน

2.2.8.1 มีลักษณะเป็นการวิจัยในการทำงาน (Research on Operations) คือเป็นผู้ศึกษาและวิจัยขั้นตอนในการดำเนินงานและการประสานงาน เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

2.2.8.2 มีลักษณะพิจารณาปัญหาของระบบองค์กรเป็นส่วนรวม (Consider an Organization as a Whole) คือ เข้าใจในสถานการณ์ หน้าที่ของโครงสร้างของส่วนต่างๆ ในระบบ ซึ่งรวมตัวกันเป็นระบบที่ซับซ้อนโดยคำนึงการแก้ปัญหาเพื่อส่วนรวม

2.2.8.3 มีลักษณะเป็นการดำเนินงานโดยมีทีมงานของผู้ชำนาญงานด้านต่างๆ (Interdisciplinary Team Effort)

2.2.8.4 เพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม (Optimal Decision Making)

2.2.8.5 เป็นการใช้หลักเกณฑ์อย่างมีขั้นตอน (Application of Scientific Method)

2.2.9 ตัวอย่างลักษณะของปัญหาซึ่งวิเคราะห์ด้วยการวิจัยดำเนินงาน

2.2.9.1 ปัญหาการจัดสรร (Allocation Problem) เป็นการจัดทรัพยากรที่มีอยู่ประหยัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เช่น การจัดการเกี่ยวกับคน เครื่องจักร วัตถุดิบ ฯลฯ อาจเรียกว่าปัญหาการมอบหมายงาน ใช้แก้ปัญหาการจัดคนเข้ากับงาน หรืองานเข้ากับเครื่องจักรอุปกรณ์ อย่างเหมาะสม

2.2.9.2 ปัญหาสินค้าคลัง (Inventory Problem) เป็นปัญหาเกี่ยวกับการเก็บรักษาสินค้าหรือพัสดุซึ่งในการบริหารสินค้านั้น จะเกี่ยวข้องกับกับปริมาณความต้องการค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ค่าใช้จ่ายในการผลิต การสั่งซื้อ ในปริมาณและเวลาอย่างเหมาะสมย่อมมีผลต่อการบริหารสินค้าคงคลัง

2.2.9.3 ปัญหาการรอคอย (Queuing Problem) เป็นปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดชนิดของหน่วยบริการให้มีปริมาณเพียงพอที่จะให้ประโยชน์สูงสุด (Optimal Number of Facilities) การจัดปริมาณหน่วยบริการจำเป็นต้องศึกษาเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผู้รับบริการจะต้องเสียเวลารอกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานให้บริการในแต่ละหน่วยบริการ

2.2.9.4 ปัญหาการทดแทน (Replacement Problem) จะเกี่ยวข้องกับการบริหารการทดแทนวัตถุสิ่งของเมื่อเกิดการสึกหรอหรือเสื่อมคุณภาพหรือหมดอายุการใช้งาน เป็นปัญหาที่จะต้องพิจารณาเปลี่ยนทรัพยากรเหล่านั้นเมื่อใดจึงจะเหมาะสมและประหยัดที่สุด

2.2.9.5 ปัญหาการวางแผนและควบคุมโรงงาน เป็นปัญหาเกี่ยวกับการจัดลำดับการทำงานก่อนหลังซึ่งจะมีเงื่อนไขของเวลา แรงงาน ซึ่งนิยมใช้เทคนิค PERT (Project Evaluation & Review Technique) และ CPM (Critical Path Method)

2.2.9.6 ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) การขนส่งและการสื่อสารด้วยการหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปสู่จุดหมายโดยมีเส้นทางหลายๆ เส้นทางจะใช้แบบ Routing Model เพื่อวิเคราะห์เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

2.2.9.7 ปัญหาการแข่งขัน (Competitive Problem) เป็นปัญหาที่จะต้องตัดสินใจเลือกกระทำที่ดีที่สุด ในกรณีที่มีคู่แข่งขันหากมีเพียงสองฝ่าย ฝ่ายหนึ่งได้เป็นจำนวนเท่าใดอีกฝ่ายหนึ่งก็จะเสียในจำนวนเท่านั้น ตามทฤษฎีของเกมส์ (Theory of Games)

2.2.9.8 ปัญหาการทดสอบทางเลือก โดยการจำลองสถานการณ์ (Simulation) การจำลองปัญหาเป็นเทคนิคที่ยืดหยุ่น ประเภทบรรยาย (Descriptive Model) ไม่ใช่เทคนิคประเภทที่ผลคำตอบนั้นเป็นคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization Model) เทคนิคการจำลองนี้จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตอบคำถามได้

2.2.10 บทบาทของการวิจัยดำเนินงาน

การวิจัยดำเนินงานมีบทบาทสำคัญต่อการบริหารทั้งในภาครัฐบาลและภาคเอกชนอย่างมาก เพราะได้นำไปใช้ทางด้านการวางแผนเสนอแนวทางปฏิบัติควบคุมการดำเนินงาน ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานและแก้ไขปัญหาขององค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ

2.2.10.1 ทางการทหาร

ก. ใช้ช่วยในการตรวจค้นหาเรือข้าศึก

ข. ใช้ช่วยการตัดสินใจทิ้งระเบิดทำลายจุดยุทธศาสตร์ของข้าศึก สามารถตัดเส้นทางลำเลียงของข้าศึกโดยเสียถูกระเบิดน้อยที่สุด

ค. ใช้ช่วยการจัดสรรกำลังพลให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิผล และประสิทธิภาพ

ง. ใช้ช่วยกำหนดระดับเสบียงอาหารและยุทโธปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องมีไว้ในคลัง เพื่อให้สามารถทำการรบต่อเนื่องตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

จ. ใช้ช่วยตัดสินใจเลือกระบบอาวุธใหม่ๆ เข้ามาใช้ในการป้องกันประเทศ

ฉ. ใช้ช่วยการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของระบบอาวุธต่างๆ

ช. ใช้ช่วยการจัดการระบบสื่อสารคมนาคมทางทหาร

2.2.10.2 ทางอุตสาหกรรม

ก. การบริหารการเงิน การงบประมาณ และการลงทุน

ก.1 การวิเคราะห์กระแสเงินสด

ก.2 นโยบายในการให้สินเชื่อ

ก.3 กระบวนการเรียกร้องสิทธิ์

ข. การบริหารการจัดซื้อ จัดหา และการสำรวจ

ข.1 วางกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการจัดซื้อในราคาคงที่ หรือราคาแปรได้

ข.2 กำหนดปริมาณหรือระยะเวลาในการจัดซื้อแต่ละคราว

ข.3 กำหนดนโยบายในการประกวดราคา

ข.4 กลยุทธ์ในการใช้และสำรวจแหล่งวัตถุดิบ

ข.5 นโยบายเกี่ยวกับการจัดหาทดแทน

ค. การแจกจ่ายสินค้าและวัสดุ

ค.1 กำหนดขนาดและสถานที่ตั้งของคลังสินค้า ศูนย์การแจกจ่าย และร้านค้าปลีก

ค.2 กำหนดนโยบายการแจกจ่าย

ค.3 พิจารณาเปรียบเทียบกรณีบริษัทมีร้านขายปลีกของตนเอง กับกรณีเฟรนไชส์

ค.4 กำหนดระบบการส่งกำลังบำรุงและการแจกจ่าย (ทั้งในวงการแพทย์และอุตสาหกรรม) ทั่วโลก

ง. การวางแผนเลือกที่ตั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ

ง.1 กำหนดจำนวนและสถานที่ตั้งของโรงงาน โรงพยาบาล ฯลฯ ทั้งขนาดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

ง.2 กำหนดท่าขึ้นของ ลงของ สำหรับการขนส่งทางรถไฟ ทางรถบรรทุกและทางเรือ

จ. การบริหารการผลิต

จ.1 กำหนดลำดับขั้นตอนการผลิต

จ.2 การดำเนินการต่างๆ ให้การผลิตและการใช้แรงงานเป็นไปอย่างมีเสถียรภาพ ผลที่เกิดขึ้นจากการไม่มีเสถียรภาพทางด้านการผลิตและการใช้แรงงาน ค่าใช้จ่ายต่างๆ เกี่ยวกับการจ้างแรงงาน การฝึกอบรม การพักงาน และการปลดออกจากงาน

ฉ. การซ่อมบำรุงและการกำหนดงานที่ต้องปฏิบัติสำหรับโครงการ

ฉ.1 กำหนดนโยบายในการซ่อมบำรุงและการป้องกันรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ มิให้เกิดการชำรุดเสียหายก่อนเวลาอันควร

ฉ.2 กำหนดขนาดเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง

ฉ.3 การกำหนดขั้นตอนของโครงการการจัดสรรทรัพยากร

ช. การตลาด

ช.1 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตจำหน่าย ช่วงเวลาที่ผลิตจำหน่ายและปฏิบัติการของคู่แข่งขัน

ช.2 กำหนดจำนวนพนักงานเดินตลาดและความถี่ในการแวะเยี่ยมลูกค้า

ช.3 กลยุทธ์ในการโฆษณา

ซ. องค์บุคคล

ซ.1 การคัดเลือกเจ้าหน้าที่ที่มีอายุและความเชี่ยวชาญในงานต่างกัน

ซ.2 นโยบายในการรับสมัครและการมอบหมายงาน

ฌ. การวิจัยและพัฒนา

ฌ.1 กำหนดลำดับงานที่ต้องให้ความสำคัญ

ฌ.2 ความเชื่อถือได้

ฌ.3 การควบคุมโครงการที่อยู่ในระหว่างดำเนินงาน

2.2.10.3 ทางการเกษตร

ก. วางแผนการผลิต

ข. วางแผนเชื่อมโยงระบบส่งน้ำเข้าเรือกสวนไร่นา

ค. วิเคราะห์การเพิ่มผลผลิต

ง. พิจารณาคัดเลือกเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการเกษตร

จ. วิเคราะห์ตลาดที่จะจัดส่งพืชผลการเกษตรไปจำหน่าย

ฉ. วิเคราะห์การกู้ยืมเงินจากแหล่งต่างๆ เพื่อนำมาลงทุนด้านการเกษตร

2.2.10.4 ทางสาธารณูปโภคต่างๆ

ก. จัดหาสถานที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับสถานีตำรวจ และสถานีดับเพลิง

ข. จัดระบบการจราจรและระบบการขนส่ง

ค. จัดคู่สายและระบบของหมายเลขขององค์การโทรศัพท์

ง. วางแผนวางท่อประปาเข้าไปในตำบลต่างๆ

จ. วางแผนและควบคุมการก่อสร้างให้เสร็จทันตามกำหนด

ฉ. ช่วยโรงพยาบาลในการจัดเตรียมยาคงคลัง และการจัดขนาดเจ้าหน้าที่ในการให้การรักษาพยาบาล

2.2.10.5 ทางพาณิชย์

ก. กำหนดนโยบายการให้สินเชื่อและความต้องการเงินทุนในระยะยาว

ข. วางกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการจัดซื้อ

ค. กำหนดปริมาณหรือระยะเวลาในการจัดซื้อในแต่ละคราว

ง. กำหนดขนาดและสถานที่ตั้งของคลังสินค้า ศูนย์การแจกจ่ายและร้านค้าปลีก

จ. กำหนดนโยบายในการแจกจ่าย

ฉ. ช่วยในการตัดสินใจเลือก มีร้านขายปลีกของตนเองหรือเฟรนไชส์

ช. ช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกสินค้าที่จะจัดจำหน่าย

ซ. ช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทางขนส่งสินค้า

ฌ. กำหนดจำนวนพนักงานเดินตลาดและความถี่ในการแวะเยี่ยมลูกค้า

ญ. กำหนดนโยบายในการโฆษณา

2.2.10.6 ทางการเมือง

ก. ใช้ในการวางแผนรณรงค์หาเสียงเลือกตั้งผู้แทนราษฎร

ข. ช่วยในการพิจารณาตัดสินใจกำหนดสถานที่ตั้งหน่วยเลือกตั้งในแต่ละเขต

ค. ช่วยในการพิจารณาคัดเลือกผู้แทนพรรคลงสมัครรับเลือกตั้งในเขตต่างๆ

ง. ช่วยในการพิจารณามอบหมายงานให้รัฐมนตรีประจำสำนักนายกรัฐมนตรี

จ. ช่วยในการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างประเทศ

2.2.10.7 ทางสังคม

ก. ช่วยในการพิจารณาจัดหาที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับโรงเรียน สถานพยาบาล สถานีตำรวจ และสถานีดับเพลิง

ข. ช่วยในการวางแผนตัดถนนเชื่อมโยงระหว่างตำบล และจัดระบบการขนส่ง

ค. ช่วยในการกำหนดขนาดเจ้าหน้าที่รักษาพยาบาลสำหรับสถานพยาบาลในแต่ละช่วงเวลา

ง. ช่วยในการเจรจาตกลงปัญหาด้านแรงงาน

จ. ช่วยในการจัดเส้นทางรถรับ-ส่ง นักเรียนในชุมชน

ฉ. ช่วยในการจัดที่พักอาศัยให้กับครอบครัวที่มีรายได้น้อย

ช. ช่วยในการศึกษา พิจารณาเกี่ยวกับปัญหายาเสพติด

2.2.10.8 ทางเศรษฐกิจ

ก. ช่วยในการตัดสินใจลดค่าเงินบาท

ข. ช่วยในการตัดสินเลือกโครงการที่สำคัญของรัฐบาล

ค. ช่วยในการบริหารและประเมินผลโครงการ

ง. ช่วยในการพิจารณาปรับปรุงอัตราภาษี

จ. ช่วยในการศึกษาพิจารณาขีดความสามารถในด้านพลังงานยามฉุกเฉิน

ฉ. ช่วยในการพยากรณ์ภาวะเศรษฐกิจ

2.3 ปัญหาโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming)

เทคนิคหรือวิธีการที่ใช้ในปัญหาโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่สำคัญๆ และการศึกษากันมาก โดยวิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ได้แก่

2.3.1 โปรแกรมเส้นตรง (Linear Programming: LP)

เป็นเทคนิคที่สำคัญและใช้กันแพร่หลายมากในปัจจุบัน LP ใช้กับปัญหาซึ่งความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรทุกตัวเป็นแบบเชิงเส้น นั่นก็คือ การเปลี่ยนแปลงแต่ละหน่วยของตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง จะมีผลทำให้ปริมาณของตัวแปรอื่นๆ ที่สัมพันธ์กันเปลี่ยนแปลงไปด้วยในอัตราส่วนที่คงที่ มักจะใช้กับปัญหาเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากร ในเวลาใดเวลาหนึ่งที่มีให้ใช้ โดยไม่ทันเกิดการเปลี่ยนแปลงในทรัพยากรหรือวิธีเลือกใช้ทรัพยากร

ตัวแบบของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นเขียนได้ดังนี้

ค่าสูงสุด (หรือค่าต่ำสุด) $Z = f(x_1, x_2,\ldots,x_n) = \sum_{j=1}^{n} cj\, x\, j$

โดยมีข้อจำกัด

$g\, i\,(x_1, x_2,\ldots,x_n) = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} \{ £, =, ³ \} bi\, i = 1, 2,\ldots,m$

$x\, j\, ³\, 0\, j = 1, 2,\ldots,n$

ในเมื่อ c_j, b_i และ a_{ij} เป็นค่าคงที่ ทุกๆ i และ j

ปัจจุบันประเทศที่มีความเจริญทางวิชาการ นิยมใช้โปรแกรมเชิงเส้นกับปัญหาทางด้านธุรกิจ เศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรมและองค์การของรัฐอย่างกว้างขวาง เช่น ปัญหาในการวางแผนเกี่ยวกับการผลิตและสต็อกสินค้า การวางแผนพัฒนาการเกษตร การทหาร การจัดการทางด้านโภชนาการ การจัดงบประมาณ และการให้บริการชุมชน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบ เช่น วิธีการซิมเพลกซ์ เมื่อโปรแกรมวิธีการนี้ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ จะสามารถแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นที่มีตัวแปรนับร้อย และข้อจำกัดเป็นพันๆ ข้อได้ ดังนั้น แม้ว่าปัญหาที่แท้จริงจะยุ่งยากสลับซับซ้อน และโดยเนื้อแท้ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น เราก็อาจปรับตัวแบบโดยใช้ตัวแปรและข้อจำกัดจำนวนมาก ให้เป็นตัวแบบเชิงเส้นตรงได้ และหากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของข้อมูล ก็สามารถจัดการได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความไวของตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้น

ที่มา : http://garnet.cpe.ku.ac.th/~g5065386/?p=274

2.4 วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Approach)

เป็นแบบจำลองที่ใช้แก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อน กล่าวคือ ปัญหาที่ไม่มีโครงสร้างและปัญหากึ่งโครงสร้าง ซึ่งมีตัวแปรที่มีค่าไม่แน่นอนเนื่องจากการแก้ไขปัญหาแบบฮิวริสติกส์โดยแท้จริงก็คือ การแก้ไขปัญหาโดยอาศัยกฎเกณฑ์ง่ายๆ ซึ่งเกิดจากประสบการณ์ในการแก้ปัญหาลักษณะเดียวกันในอดีต จึงทำให้การแก้ปัญหามีความรวดเร็วมากขึ้นนั่นเอง และการใช้ทฤษฎีฮิวริสติกส์ได้ นำเสนอในครั้งนี้เพื่อจะนำมาแก้ปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ (Berth Allocation Problem) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการที่เรือหลายลำหลายขนาดเข้ามาเทียบท่าในเวลาที่เท่ากันหรือต่างกัน จึงต้องมีการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือให้ดี เพื่อที่จะทำให้เรือใช้เวลาอยู่ในท่าหรือเรือคอยท่าน้อยที่สุด และปัญหาดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง เพื่อแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ไขปัญหาด้วยการใช้ทฤษฎีฮิวริสติกส์ อาจจะไม่ใช่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอไป แต่เป็นแนวทางที่ไม่ต้องอาศัยกำหนดฟังก์ชั่น หรือสมการใดๆ มากมาย รวมทั้งเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาที่ไม่ต้องอาศัยสูตรคำนวณใดๆ เลย ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการพิจารณาแก้ไขปัญหาอีกด้วย อย่างไรก็ตามด้วยแนวคิดของการใช้ทฤษฎีฮิวริสติกส์จะมีประโยชน์ต่อผู้ตัดสินใจมากที่สุด สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่มาก ที่ต้องอาศัยการทำซ้ำเป็นจำนวนหลายรอบ เช่น ปัญหาต้องคำนวณซึ่งค่าที่ได้นั้นจะมีจำนวนมหาศาลมาก แต่เมื่อใช้ทฤษฎีฮิวริสติกส์แล้วจะช่วยลดจำนวนการทำซ้ำลงได้เป็นอย่างมาก

ที่มา : www.mea.or.th/internet/hdd/69.doc

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการศึกษาปัญหาและแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ ต้องศึกษาการกำหนดตัวแปรชนิดต่างๆ การกำหนดสมการเป้าหมาย และข้อจำกัดต่างๆ แต่การทำให้การศึกษาแบบจำลองสามารถเข้าใจได้ง่ายมากขึ้นต้องทำความเข้าใจปัญหาซึ่งมีปัญหาตัวอย่างและวิธีคิดแบบง่ายๆ

เนื่องจากเวลาที่ได้จากปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือเป็นแบบไม่ต่อเนื่องทั้งในกรณีที่เรือมาถึงท่า เรือออกจากท่า หรือการจัดการต่างๆ ของเรือ และในกรณีของจำนวนของท่าเรือ (S) ก็เช่นกัน อาจจะใช้ไป $\frac{1}{2}$ ท่าเรือ (S) แต่เราจะนับจำนวนเวลาและจำนวนท่าเรือ (S) จะใช้เป็นจำนวนเต็มเท่านั้น เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ

ตัวอย่าง กำหนดให้ มีเรือที่เข้ามาเทียบท่า 5 ลำ และมีจำนวนท่าเรือ 5 ท่าเรือ

จุดประสงค์ คือ $\sum w_i(c_i - a_i)$ หรือ ผลรวมของความสำคัญของเรือ i x (เวลาที่เรือออกจากท่า – เวลาที่เรือมาถึงท่า)

$c_i = a_i + p_i$ หรือ เวลาที่เรือออกจากท่า เท่ากับ เวลาที่เรือมาถึงท่ารวมกับเวลาที่ใช้ในการจัดการ

โดย w_i = ความสำคัญของเรือ (ดูจากความสำคัญของสินค้าที่เรือบรรทุกมา)

c_i = เวลาที่เรือออกจากท่าเรือ

a_i = เวลาที่เรือมาถึงท่าเรือ

p_i = เวลาที่ใช้ในการจัดการของเรือ

s_i = ขนาดของเรือ

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ

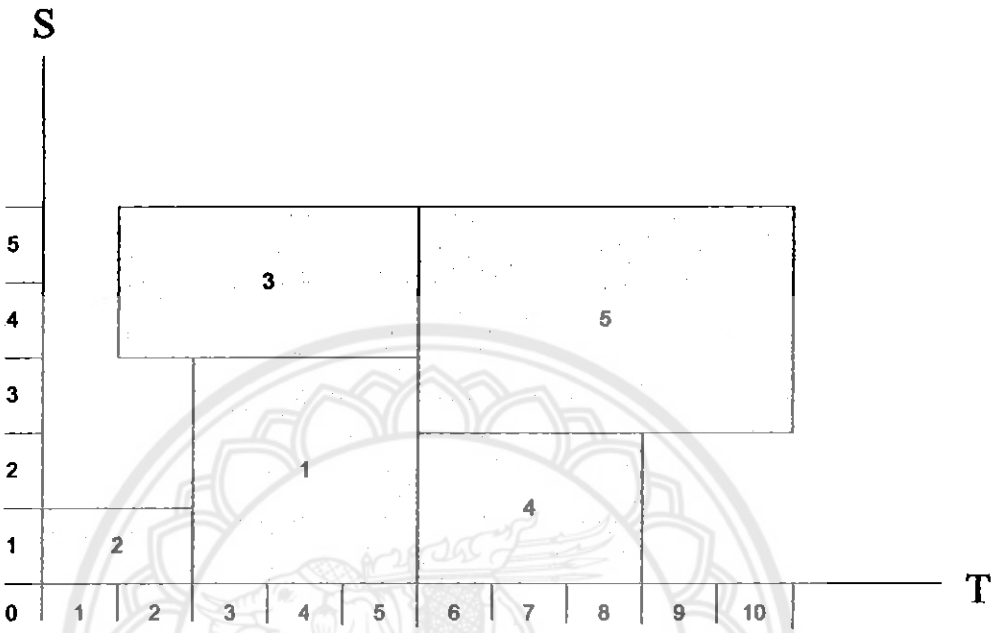
เรือ	เวลาที่เรือมาถึงท่า (a_i)	เวลาที่ใช้ในการจัดการ (p_i)	จำนวนท่าเรือ (s_i)	ความสำคัญของเรือ (w_i)
1	3	3	3	4
2	1	2	1	5
3	2	4	2	2
4	3	3	2	2
5	2	5	3	1

ให้หาคำตอบที่เป็นไปได้ ของค่าเวลาทั้งหมด

Sol ให้ แกน x เป็น เวลา (T)

แกน y เป็น Section (S)

เมื่อจัดลำดับการเทียบท่าของเรือแบบคร่าวๆ จะได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ

เรือลำที่ 1 $w_1(c_1 - a_1) = w_1[(a_1 + p_1) - a_1] = 4\,[(3+3) - 3] = 12$

∴ เรือลำที่ 1 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 12

เรือลำที่ 2 $w_2(c_2 - a_2) = w_2[(a_2 + p_2) - a_2] = 5\,[(1+2) - 1] = 10$

∴ เรือลำที่ 2 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 10

เรือลำที่ 3 $w_3(c_3 - a_3) = w_3[(a_3 + p_3) - a_3] = 2\,[(2+4) - 2] = 8$

∴ เรือลำที่ 3 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 8

เรือลำที่ 4 $w_4(c_4 - a_4) = w_4[(a_4 + p_4) - a_4] = 2\,[(3+3) - 3] = 6$

∴ เรือลำที่ 4 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 6

เรือลำที่ 5 $w_5(c_5 - a_5) = w_5[(a_5 + p_5) - a_5] = 1\,[(2+5) - 2] = 5$

∴ เรือลำที่ 5 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 5

จะได้ เวลาทั้งหมดที่เรือ 5 ลำ ใช้อยู่ในท่า $= \sum w_i(c_i - a_i)$

$= 12+10+8+6+5 = 41$

ดังนั้นจึงได้ศึกษางานวิจัยและแนวคิดในการนำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematic Programming Model) มาใช้แก้ปัญหา โดย Yongpei Guan และ Raymond K. Cheung เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการเทียบท่าของท่าเรือให้เหมาะสมและดีที่สุด ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ

1. Relative position formulation (RPF)

2. Position assignment formulation (PAF)

3.1 ศึกษาปัญหาและแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

3.1.1 Relative position formulation (RPF)

แบบจำลองนี้มีค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} 1, \text{เมื่อเรือ i อยู่ทางซ้ายของเรือ j และเรือทั้งสองตั้งไม่ซ้อนทับกัน} \\ 0, \text{ในกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, \text{เมื่อเรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j และเรือทั้งสองตั้งไม่ซ้อนทับกัน} \\ 0, \text{ในกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

ดัชนี

i = 1, 2, 3, … , N

j = 1, 2, 3, … , N

พารามิเตอร์

w_i = ความสำคัญของเรือ (ดูจากความสำคัญของสินค้าที่เรือบรรทุกมา)

p_i = เวลาที่ใช้ในการจัดการของเรือ i

s_i = ขนาดของเรือ i ซึ่งได้จากการวัดจำนวนของท่าเรือที่จอดเรือ และ $s_i \le S$

a_i = เวลาที่เรือ i มาถึงท่าเรือ

T = เวลา (อยู่ในแกนนอน)

S = จำนวนท่าเรือ (อยู่ในแกนตั้ง)

N = จำนวนเรือ

ตัวแปรการตัดสินใจ

u_i = เวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ i

u_j = เวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ j

v_i = Section ที่จอดเรือเริ่มต้นของเรือ i

v_j = Section ที่จอดเรือเริ่มต้นของเรือ j

c_i = เวลาที่เรือ i ออกจากท่าเรือ

σ_{ij} = เรือ i อยู่ทางซ้ายของเรือ j

σ_{ji} = เรือ j อยู่ทางซ้ายของเรือ i

δ_{ij} = เรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j

δ_{ji} = เรือ j อยู่ด้านล่างของเรือ i

กำหนดโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของการแบ่งส่วนที่จอดเรือดังนี้

$$Min\sum_{i=1}^{N} w_i(c_i - a_i) \quad (3.1)$$

Subject to

$$u_j - u_i - p_i - (\sigma_{ij} - 1)T \geq 0 \qquad \forall i,j \quad (3.2)$$

$$v_j - v_i - s_i - (\delta_{ij} - 1)S \geq 0 \qquad \forall i,j \quad (3.3)$$

$$\sigma_{ij} + \sigma_{ji} + \delta_{ij} + \delta_{ji} \geq 1 \qquad \forall i,j \quad (3.4)$$

$$\sigma_{ij} + \sigma_{ji} \leq 1 \qquad \forall i,j \quad (3.5)$$

$$\delta_{ij} + \delta_{ji} \leq 1 \qquad \forall i,j \quad (3.6)$$

$$p_i + u_i = c_i \qquad \forall i \quad (3.7)$$

$$u_i \in [a_i, T - p_i + 1] \qquad \forall i \quad (3.8)$$

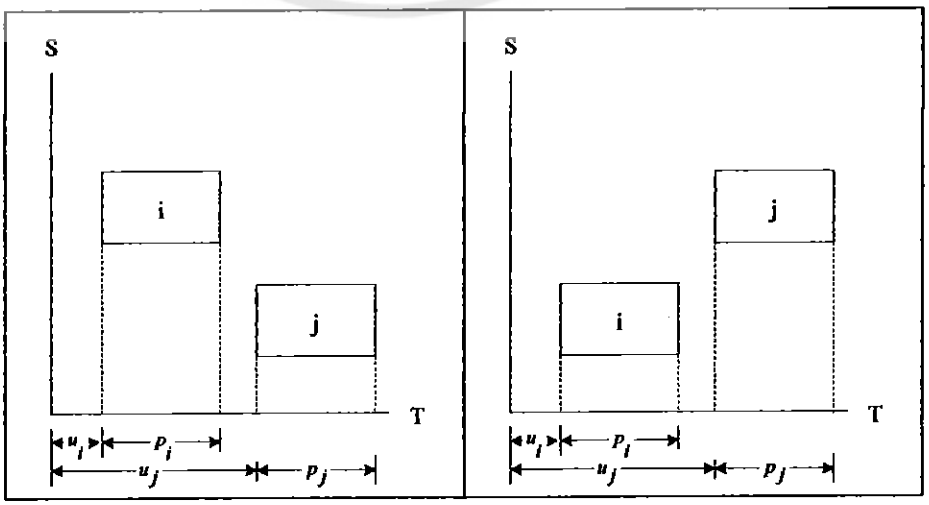
$$v_i \in [1, S - s_i + 1] \qquad \forall i \quad (3.9)$$

$$\sigma_{ij} \in \{0,1\}, \delta_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i,j \quad (3.10)$$

เงื่อนไขที่ (3.2) $u_j - u_i - p_i - (\sigma_{ij} - 1)T \geq 0$

แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ i ลบ เวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ j ลบ เวลาที่ใช้ในการจัดการของเรือ i ลบ เรือ i อยู่ทางซ้ายของเรือ j ลบ 1 คูณเวลาทั้งหมด ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 จะมีอยู่ 2 กรณี คือ

<u>กรณีที่ 1</u> $\sigma_{ij} = 1$ เมื่อเรือ i อยู่ทางซ้ายของเรือ j และไม่ซ้อนทับกัน

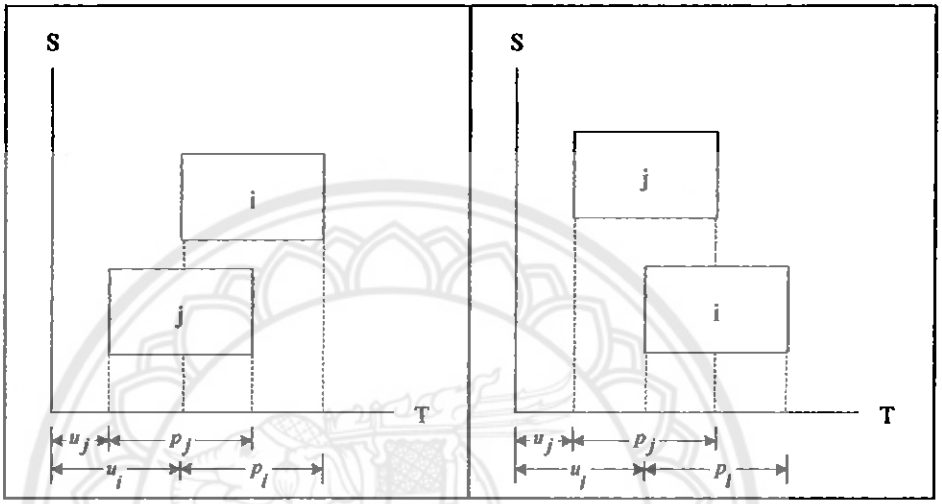


รูปที่ 3.2 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.2

เลขทะเบียน
ม.ร.
วิทยานิพนธ์
2552

จะได้ว่า $u_j - (u_i + p_i) \geq 0$ นั่นคือ เวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ j ลบเวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ i ลบเวลาที่ใช้ในการจัดการของเรือ ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 ซึ่งในกรณีมีค่าเท่ากับ 1

<u>กรณีที่ 2</u> $\sigma_{ij} = 0$ ในกรณีอื่นๆ



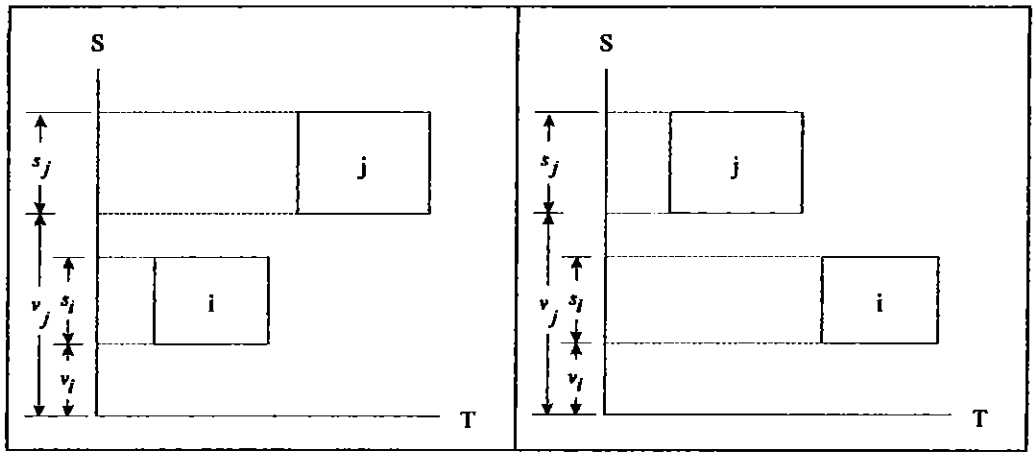
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.2

จะได้ว่า $u_j - (u_i + p_i) + T \geq 0$ นั่นคือ เวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ j ลบเวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ i ลบเวลาที่ใช้ในการจัดการของเรือ บวกเวลาทั้งหมด ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 ซึ่งในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 0

เงื่อนไขที่ (3.3) $v_j - v_i - s_i - (\delta_{ij} - 1)S \geq 0$

แสดงว่าจำนวนท่าเรือที่จอดเรือเริ่มต้นของเรือ j ลบจำนวนท่าเรือที่จอดเรือเริ่มต้นของเรือ i ลบ ขนาดของเรือ i ลบ เรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j ลบ 1 คูณ จำนวนท่าเรือทั้งหมด ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 จะมีอยู่ 2 กรณี คือ

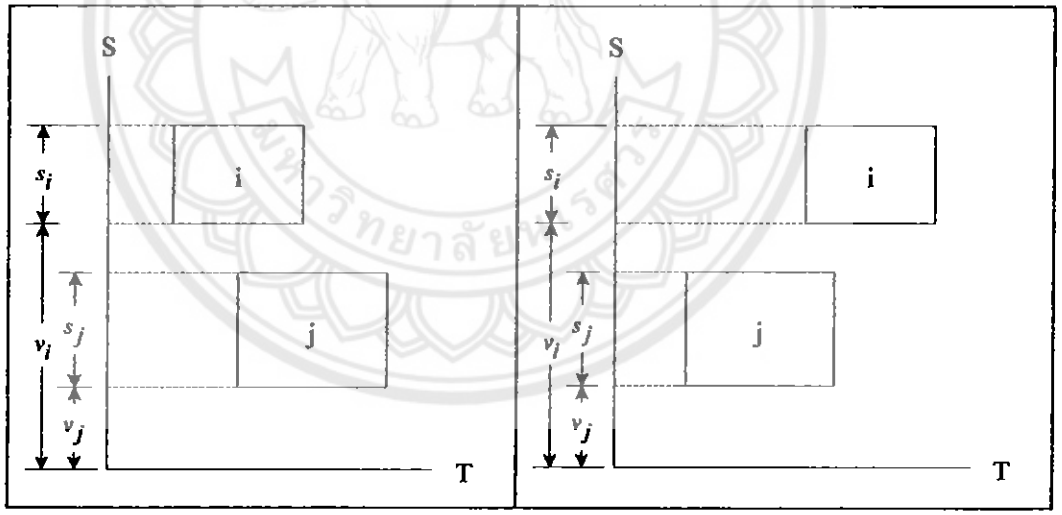
<u>กรณีที่ 1</u> $\delta_{ij} = 1$ เมื่อเรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j และไม่ซ้อนทับกัน



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.3

จะได้ว่า $v_j-(v_i+s_i)+S\geq 0$ นั่นคือ จำนวนท่าเรือที่จอดเรือเริ่มต้นของเรือ j ลบจำนวนท่าเรือ ที่จอดเรือเริ่มต้นของเรือ i ลบขนาดของเรือ i บวก จำนวนท่าเรือ ทั้งหมด ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 ซึ่งในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 1

<u>กรณีที่ 2</u> $\delta_{ij}=0$ ในกรณีอื่นๆ



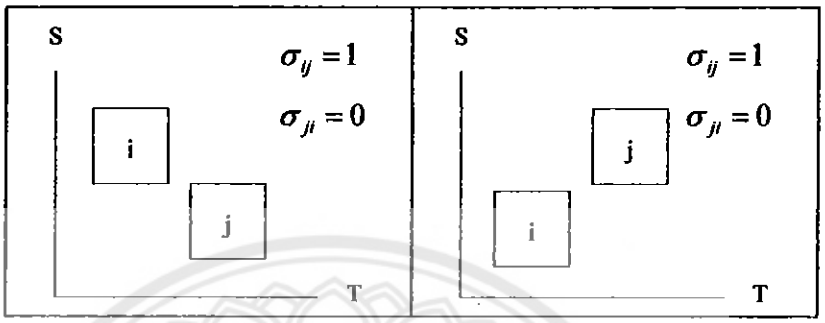
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.3

จะได้ว่า $v_j-(v_i+s_i)\geq 0$ นั่นคือ จำนวนท่าเรือ ที่จอดเรือเริ่มต้นของเรือ j ลบ จำนวนท่าเรือ ที่จอดเรือเริ่มต้นของเรือ i ลบขนาดของเรือ i ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 ซึ่งในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ 0

เงื่อนไขที่ (3.5) $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} \leq 1$

แสดงว่า σ_{ij} และ σ_{ji} จะเท่ากับ 1 ทั้งคู่ไม่ได้ คือ เรือ i ไม่สามารถอยู่ด้านซ้ายของเรือ j ในขณะที่เรือ j อยู่ด้านซ้ายของเรือ i ซึ่งจะเป็นไปได้ 3 กรณี คือ

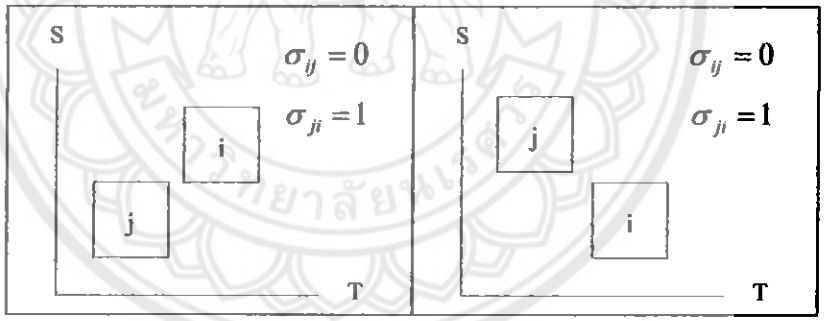
<u>กรณีที่ 1</u> เรือ i อยู่ด้านซ้ายของเรือ j ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij} = 1$ และ $\sigma_{ji} = 0$



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.5

จะได้ว่า $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} = 1 + 0 = 1$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} \leq 1$

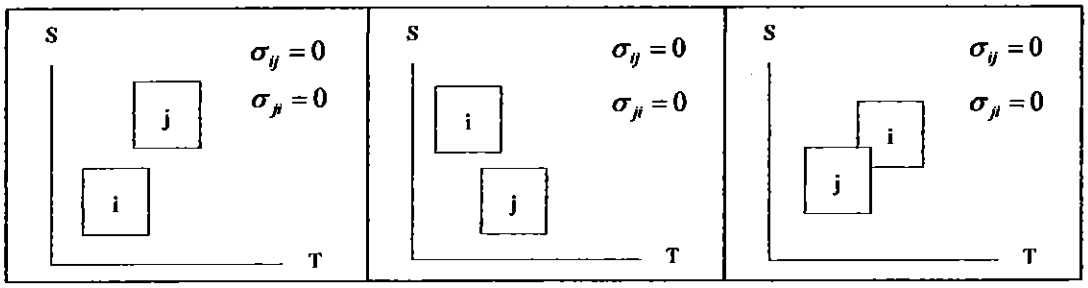
<u>กรณีที่ 2</u> เรือ j อยู่ด้านซ้ายของเรือ i ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij} = 0$ และ $\sigma_{ji} = 1$



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.5

จะได้ว่า $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} = 0 + 1 = 1$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} \leq 1$

<u>กรณีที่ 3</u> เรือ i อยู่ด้านซ้ายของเรือ j หรือเรือ j อยู่ด้านซ้ายของเรือ i หรือเรือ i และเรือ j ซ้อนทับกัน ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij} = 0$ และ $\sigma_{ji} = 0$



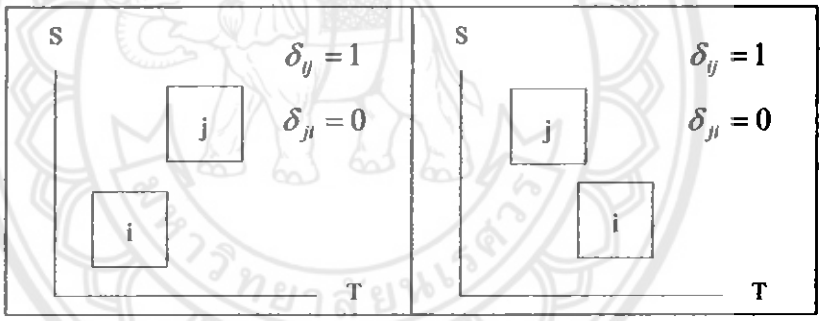
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างกรณีที่ 3 ของเงื่อนไขที่ 3.5

จะได้ว่า $\sigma_{ij}+\sigma_{ji}=0+0=0$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข $\sigma_{ij}+\sigma_{ji}\le 1$

เงื่อนไขที่ (3.6) $\delta_{ij}+\delta_{ji}\le 1$

แสดงว่า δ_{ij} และ δ_{ji} จะเท่ากับ 1 ทั้งคู่ไม่ได้ คือ เรือ i ไม่สามารถอยู่ด้านล่างของเรือ j ในขณะที่เรือ j อยู่ด้านล่างของเรือ i ซึ่งจะเป็นไปได้ 3 กรณี คือ

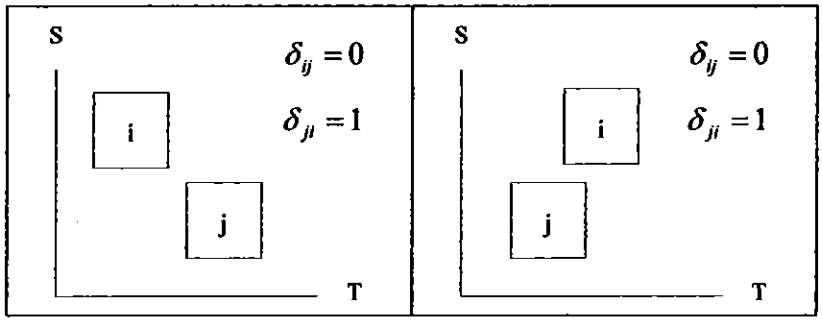
<u>กรณีที่</u> 1 เรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j ซึ่งจะได้ว่า $\delta_{ij}=1$ และ $\delta_{ji}=0$



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.6

จะได้ว่า $\delta_{ij}+\delta_{ji}=1+0=1$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข $\delta_{ij}+\delta_{ji}\le 1$

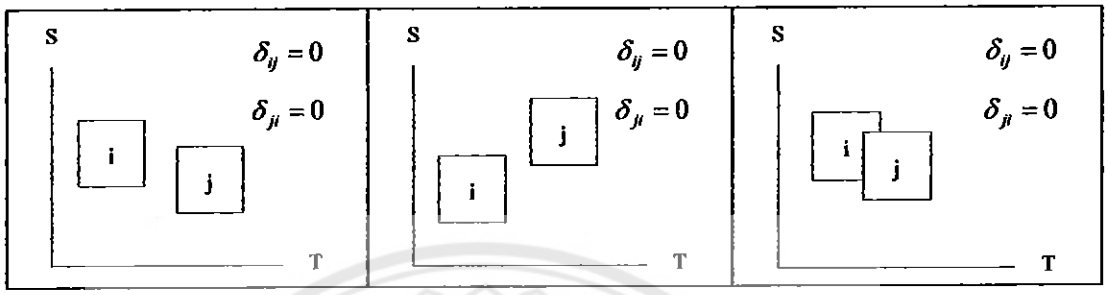
<u>กรณีที่ 2</u> เรือ j อยู่ด้านล่างของเรือ i ซึ่งจะได้ว่า $\delta_{ij}=0$ และ $\delta_{ji}=1$



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.6

จะได้ว่า $\delta_{ij} + \delta_{ji} = 0 + 1 = 1$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข $\delta_{ij} + \delta_{ji} \leq 1$

<u>กรณีที่ 3</u> เรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j หรือเรือ j อยู่ด้านล่างของเรือ i หรือเรือ i และเรือ j ซ้อนทับกัน ซึ่งจะได้ว่า $\delta_{ij} = 0$ และ $\delta_{ji} = 0$



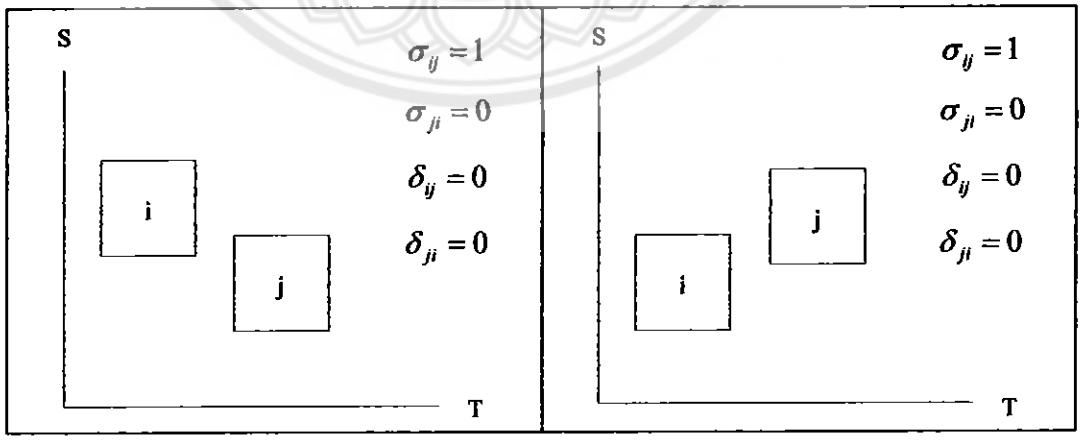
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างกรณีที่ 3 ของเงื่อนไขที่ 3.6

จะได้ว่า $\delta_{ij} + \delta_{ji} = 0 + 0 = 0$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข $\delta_{ij} + \delta_{ji} \leq 1$

เงื่อนไขที่ (3.4) $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} + \delta_{ij} + \delta_{ji} \geq 1$

แสดงว่า เรือ i อยู่ด้านซ้ายของเรือ j บวกเรือ j อยู่ด้านซ้ายของเรือ i บวกเรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j บวกเรือ j อยู่ด้านล่างของเรือ i ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 (และจะมีค่าไม่เกิน 2 จากเงื่อนไข 3.2 และ 3.3) ซึ่งจะเป็นไปได้ 6 กรณี คือ

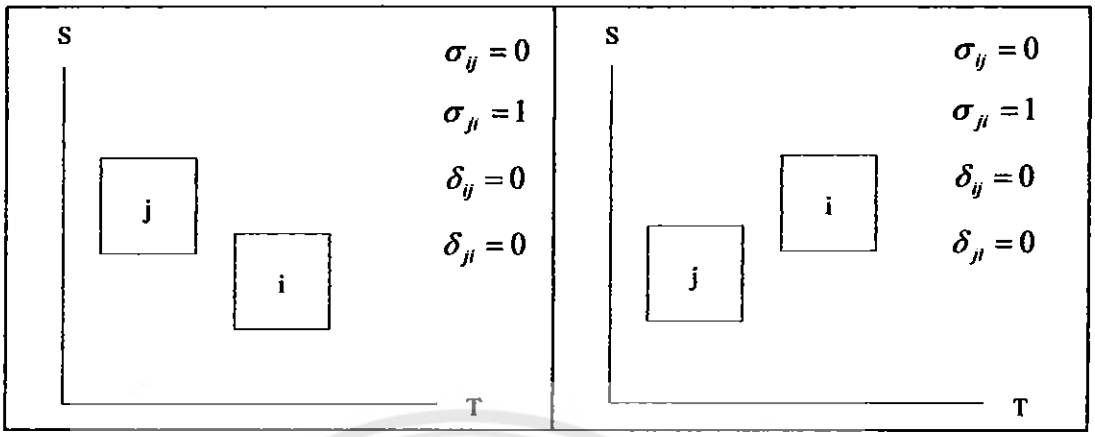
<u>กรณีที่ 1</u> เรือ i อยู่ด้านซ้ายของเรือ j ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij} = 1$, $\sigma_{ji} = 0$, $\delta_{ij} = 0$ และ $\delta_{ji} = 0$



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของเงื่อนไขที่ 3.4

จะได้ว่า $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} + \delta_{ij} + \delta_{ji} = 1 + 0 + 0 + 0 = 1$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} + \delta_{ij} + \delta_{ji} \geq 1$

<u>กรณีที่ 2</u> เรือ j อยู่ด้านซ้ายของเรือ i ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij}=0$, $\sigma_{ji}=1$, $\delta_{ij}=0$ และ $\delta_{ji}=0$

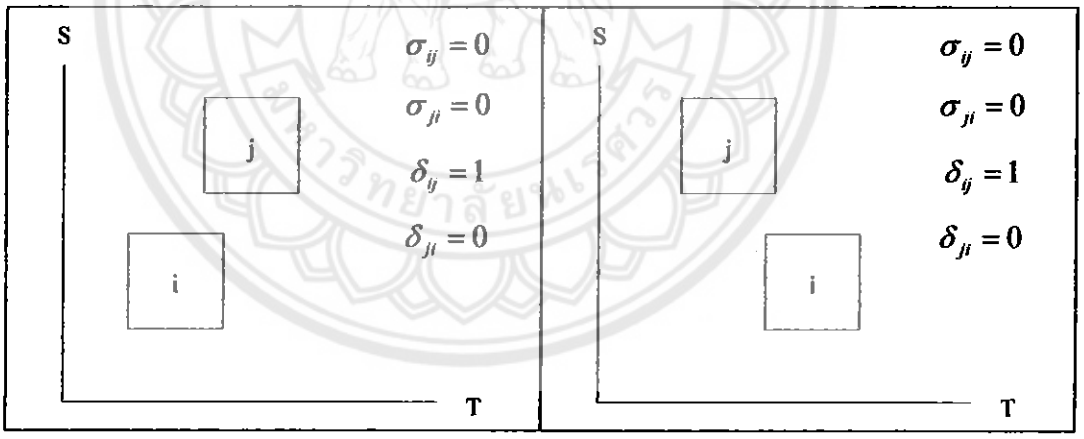


รูปที่ 3.13 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของเงื่อนไขที่ 3.4

จะได้ว่า $\sigma_{ij}+\sigma_{ji}+\delta_{ij}+\delta_{ji}=0+1+0+0=1$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข

$\sigma_{ij}+\sigma_{ji}+\delta_{ij}+\delta_{ji}\geq 1$

<u>กรณีที่ 3</u> เรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij}=0$, $\sigma_{ji}=0$, $\delta_{ij}=1$ และ $\delta_{ji}=0$

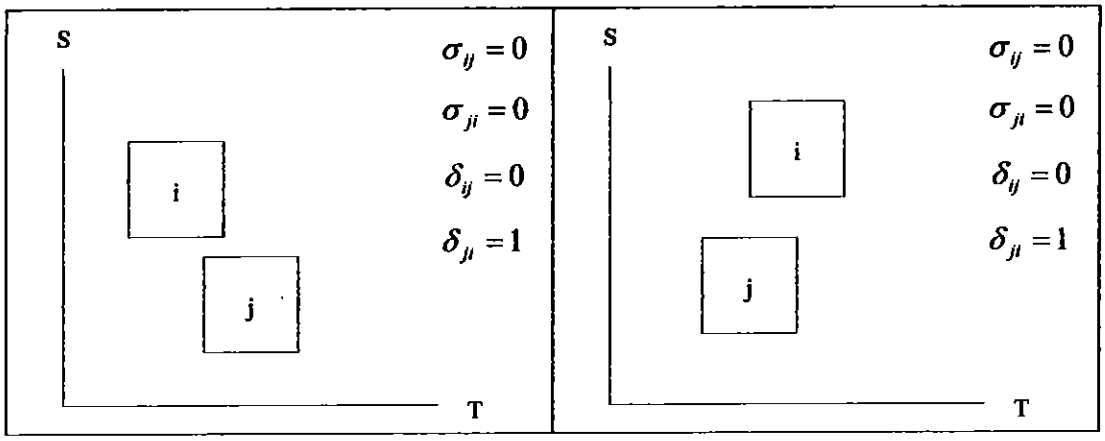


รูปที่ 3.14 ตัวอย่างกรณีที่ 3 ของเงื่อนไขที่ 3.4

จะได้ว่า $\sigma_{ij}+\sigma_{ji}+\delta_{ij}+\delta_{ji}=0+0+1+0=1$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข

$\sigma_{ij}+\sigma_{ji}+\delta_{ij}+\delta_{ji}\geq 1$

<u>กรณีที่ 4</u> เรือ j อยู่ด้านล่างของเรือ i ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij}=0$, $\sigma_{ji}=0$, $\delta_{ij}=0$ และ $\delta_{ji}=1$

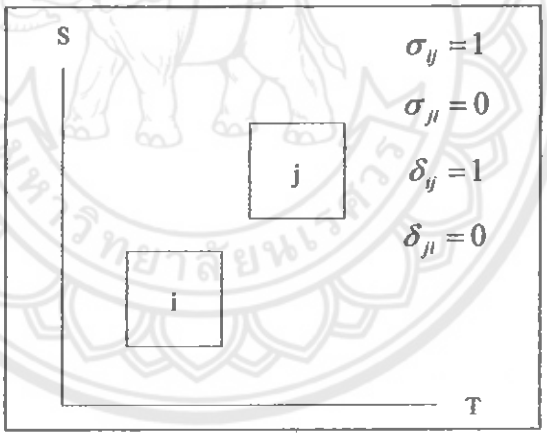


รูปที่ 3.15 ตัวอย่างกรณีที่ 4 ของเงื่อนไขที่ 3.4

จะได้ว่า $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} + \delta_{ij} + \delta_{ji} = 0 + 0 + 0 + 1 = 1$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข

$\sigma_{ij} + \sigma_{ji} + \delta_{ij} + \delta_{ji} \geq 1$

<u>กรณีที่ 5</u> เรือ i อยู่ด้านซ้ายของเรือ j และเรือ i อยู่ด้านล่างของเรือ j ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij} = 1$, $\sigma_{ji} = 0$, $\delta_{ij} = 0$ และ $\delta_{ji} = 1$

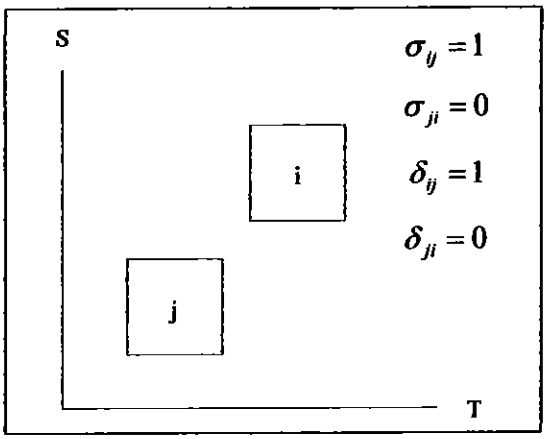


รูปที่ 3.16 ตัวอย่างกรณีที่ 5 ของเงื่อนไขที่ 3.4

จะได้ว่า $\sigma_{ij} + \sigma_{ji} + \delta_{ij} + \delta_{ji} = 1 + 0 + 1 + 0 = 2$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข

$\sigma_{ij} + \sigma_{ji} + \delta_{ij} + \delta_{ji} \geq 1$

<u>กรณีที่ 6</u> เรือ j อยู่ด้านซ้ายของเรือ i และเรือ j อยู่ด้านล่างของเรือ i ซึ่งจะได้ว่า $\sigma_{ij} = 0$, $\sigma_{ji} = 1$, $\delta_{ij} = 1$ และ $\delta_{ji} = 0$



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างกรณีที่ 6 ของเงื่อนไขที่ 3.4

จะได้ว่า $\sigma_{ij}+\sigma_{ji}+\delta_{ij}+\delta_{ji}=0+1+0+1=2$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข $\sigma_{ij}+\sigma_{ji}+\delta_{ij}+\delta_{ji}\geq 1$

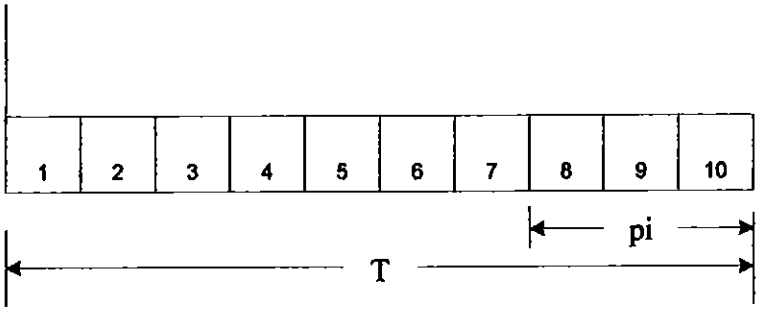
เงื่อนไขที่ (3.7) $p_i+u_i=c_i$

แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการจัดการทั้งหมดรวมกับเวลาที่ใช้ในการจอดเทียบท่าของเรือ จะเท่ากับเวลาที่เรือออกจากท่าเรือไป ซึ่งถ้าหาก p_i ต่ำสุด จะส่งผลต่อ c_i ทำให้สมการเป้าหมายต่ำที่สุด และคำตอบออกมาเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

เงื่อนไขที่ (3.8) $u_i\in[a_i, T-p_i+1]$

นั่นคือ เวลาที่เรือสามารถเทียบท่าได้ต้องอยู่ระหว่างเวลาที่เรือมาถึงท่าและเวลาทั้งหมดลบเวลาที่เรือใช้ในการจัดการแล้วบวก 1 (ที่บวก 1 เพราะนับเวลาการทำงานตัวเองด้วย) โดยเวลาในที่นี้จะพิจารณาเป็น block เช่น

กำหนดให้ T = 10, p_i = 3, a_i = 1 แสดงว่า เวลาที่เรือสามารถเทียบท่าได้ต้องอยู่ระหว่างเวลาที่ 1 – 8

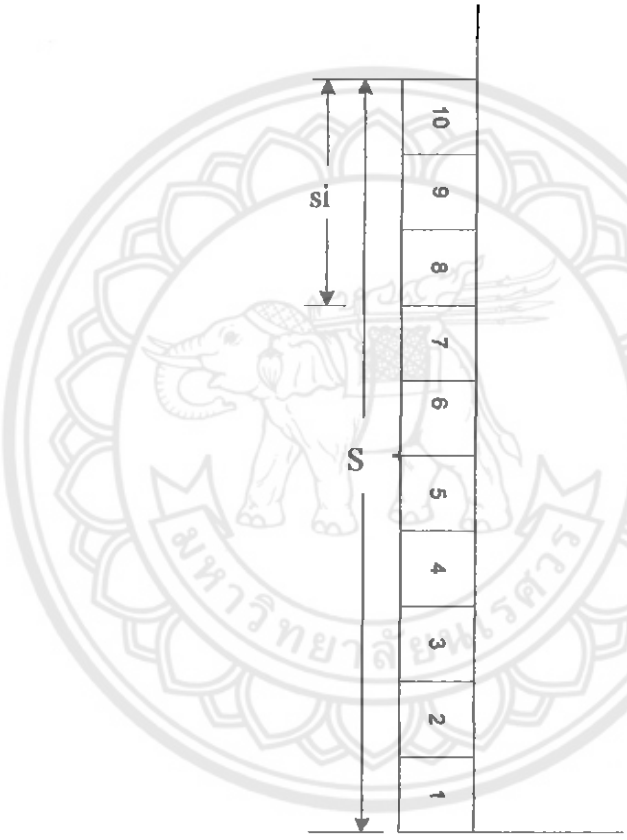


รูปที่ 3.18 ตัวอย่าง ของเงื่อนไขที่ 3.8

เงื่อนไขที่ (3.9) $v_i \in [1, S - s_i + 1]$

นั่นคือ ท่าเรือเริ่มต้นที่เรือใช้จอดต้องอยู่ระหว่าง 1 ถึงจำนวน Section ทั้งหมด ลบ Section ที่ใช้จอดแล้วบวก 1 (ที่บวก 1 เพราะนับท่าที่ตัวเองใช้จอดไปด้วย) โดยจะพิจารณา Section เป็น block เช่นกัน เช่น

กำหนดให้ S = 10, s_i = 3 แสดงว่า ท่าเรือเริ่มต้นที่เรือจะสามารถจอดได้ได้ต้องอยู่ระหว่าง Section ที่ 1 – 8



รูปที่ 3.19 ตัวอย่าง ของเงื่อนไขที่ 3.9

เงื่อนไขที่ (3.10) $\sigma_{ij} \in \{0,1\}, \delta_{ij} \in \{0,1\}$

แสดงว่า σ_{ij} และ δ_{ij} ต้องมีค่าเท่ากับ 0 และ 1 เท่านั้น

3.1.2. Position assignment formulation

การกำหนดทางเลือก คือ พิจารณาพื้นที่ที่เรือทำงานอยู่ ที่เราได้อ้างถึงการกำหนดตำแหน่งงาน (Position Assignment Formulation: PAF) สมมติให้พื้นที่ระยะห่างของเวลาที่ถูกแบ่งแยกใน

Section และเวลา อยู่ในหน่วยของ Block (แต่ละ Block มีความสูงเป็น 1 Section และมีความกว้างเป็น 1 หน่วยเวลา) ให้ Block (m, n) เป็น Block สำหรับที่จอดเรือ Section m, $m \in [1, S]$ และเวลา n, $n \in [1, T]$

ในกรณี เรือมีขนาด 2 Sections และมีการจัดการทำงาน 2 หน่วยเวลา ถูกจอดที่ Section j ที่เวลา t โดย Blocks (j, t), (j, t+1), (j+1, t) และ (j+1, t+1)

วิธี Position Assignment Formulation นี้ จะดูตำแหน่งเรืออย่างเดียว ว่าครองตำแหน่งเรือตรงไหนบ้าง โดยดูจุดล่างสุดเป็นหลัก

แบบจำลองนี้มีค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

$$y_{ijt} = \begin{cases} 1, \text{เมื่อเรือ i มี Block ล่างซ้ายสุดอยู่ในตำแหน่งท่าเรือที่ j และช่วงเวลาที่ t} \\ 0, \text{ในกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$x_{imn} = \begin{cases} 1, \text{เมื่อ Block (m, n) ที่กำหนดให้มีเรือ i ทำงานอยู่} \\ 0, \text{ในกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

ดัชนี

i = 1, 2, 3, ... , N

j = ตำแหน่งเรือที่ j

m = Sections, $m \in [1, S]$

n = เวลา, $n \in [1, T]$

t = ช่วงเวลา t

พารามิเตอร์

w_i = ความสำคัญของเรือ (ดูจากความสำคัญของสินค้าที่เรือบรรทุกมา)

p_i = เวลาที่ใช้ในการจัดการของเรือ i

s_i = ขนาดของเรือ i ซึ่งได้จากการวัดในจำนวนของ Section ที่จอดเรือ และ $s_i \le S$

a_i = เวลาที่เรือ i มาถึงท่าเรือ

N = จำนวนเรือ

T = เวลา (อยู่ในแกนนอน)

S = Sections (อยู่ในแกนตั้ง)

M = ค่ามากมายมหาศาล

ตัวแปรการตัดสินใจ

c_i = เวลาที่เรือ i ออกจากท่าเรือ

x_{imn} = Block (m, n) ที่กำหนดให้มีเรือ i ทำงานอยู่

y_{ijt} = เรือ i มี Block ล่างซ้ายสุดอยู่ในตำแหน่งท่าเรือที่ j และช่วงเวลาที่ t

กำหนดโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของการแบ่งส่วนที่ท่าเรือดังนี้

$$Min\sum_{i=1}^{N} w_i(c_i - a_i) \qquad (3.11)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^{S=s_i+1}\sum_{t=a_i}^{T-p_i+1} y_{ijt} = 1 \qquad \forall i \qquad (3.12)$$

$$\sum_{m=j}^{j+s_i-1}\sum_{n=t}^{t+p_i-1} x_{imn} - p_i s_i - (y_{ijt}-1)M \geq 0 \qquad \forall i, j, \text{and } t \geq a_i \qquad (3.13)$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{imn} \leq 1 \qquad \forall m,n \qquad (3.14)$$

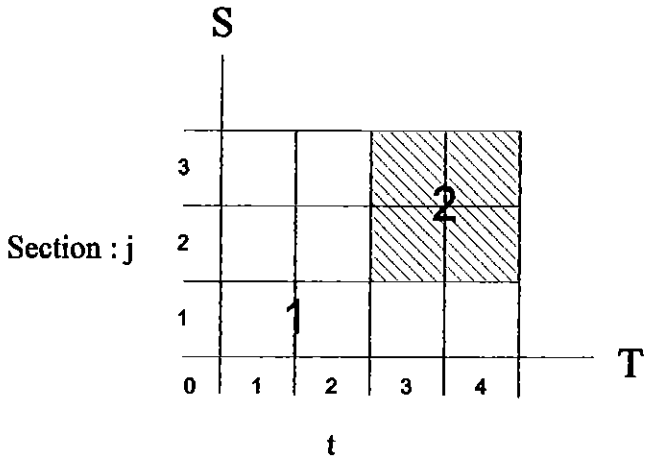
$$p_i + \sum_{j=1}^{S-s_i+1}\sum_{t=a_i}^{T-p_i+1} t y_{ijt} = c_i \qquad \forall i \qquad (3.15)$$

$$x_{imn} \in \{0,1\} \qquad \forall i,m,n \qquad (3.16)$$

$$y_{ijt} \in \{0,1\} \qquad \forall i,j,t \qquad (3.17)$$

เงื่อนไขที่ (3.12) $\sum_{j=1}^{S=s_i+1}\sum_{t=a_i}^{T-p_i+1} y_{ijt} = 1$

แสดงว่า ผลรวมของเรือลำที่ i ที่มี Block ล่างซ้ายสุดอยู่ตำแหน่งเรือที่ j ตั้งแต่ 1 ถึง Section ทั้งหมด ลบ Section ที่ i บวก 1 และ ช่วงเวลา t ตั้งแต่เวลาที่เรือถึงท่าเรือถึงเวลาทั้งหมด ลบ เวลาที่ใช้ในการจัดการ บวก 1 ต้องมีค่าเท่ากับ 1 (Block ล่างซ้ายสุดของเรือแต่ละลำต้องมี Block เดียวหรือต้องมีจุดล่างซ้ายสุดของเรือแต่ละลำแค่จุดเดียว) เช่น



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างประกอบเงื่อนไขที่ 3.12

เรือลำที่ 1 มีขนาด 1 Section มีเวลาในการจัดการ 2 หน่วยเวลา เรือถูกจอดที่ Section j และเวลา t โดย Blocks (j, t), (j, t+1)

∴ จะได้ $y_{111} = 1$

$y_{112} = 0$

เรือลำที่ 2 มีขนาด 2 Sections มีเวลาในการจัดการ 2 หน่วยเวลา เรือถูกจอดที่ Section j และเวลา t โดย Blocks (j, t), (j+1, t), (j, t+1), (j+1, t+1)

∴ จะได้ $y_{223} = 1$

$y_{233} = 0$

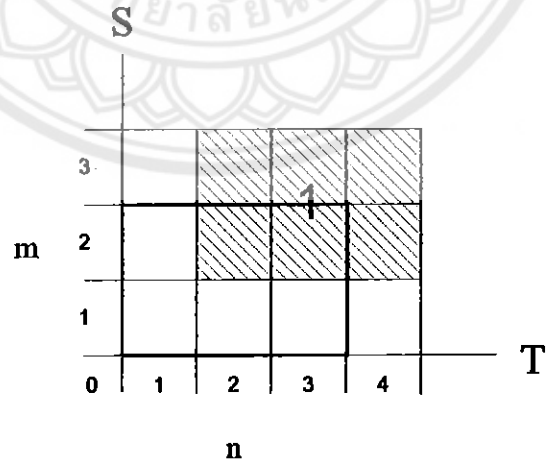
$y_{224} = 0$

$y_{234} = 0$

เงื่อนไขที่ (3.14) $\sum_{i=1}^{N} x_{imn} \leq 1$

แสดงว่า ผลรวมของ Block (m, n) สำหรับแต่ละ m, แต่ละ n ใดๆ ของเรือลำที่ i ตั้งแต่ 1 ถึง N ต้องมีเรือมาจอดทำงานอยู่ 1 ลำหรือไม่มีเรือมาจอดทำงานอยู่เลย เช่น

ตัวอย่าง กำหนดให้ เรือลำที่ 1 มีขนาด 2 Sections (s_i = 2) มีเวลาที่ใช้ในการจัดการ 3 หน่วยเวลา (p_i = 3) และให้ Block เริ่มต้นล่างซ้ายสุดอยู่ตำแหน่งท่าเรือที่ 2 และช่วงเวลาที่ 2 (2, 2) ดังรูป



รูปที่ 3.21 ตัวอย่างประกอบเงื่อนไขที่ 3.13 และ 3.14

<u>กรณีที่ 1</u> $\sum_{i=1}^{N} x_{imn} = 1$ สำหรับ Blocks ที่มีเรือจอดอยู่

$\therefore$ จะได้ $x_{122} = 1$

$x_{132} = 1$

$x_{123} = 1$

$x_{133} = 1$

$x_{124} = 1$

$x_{134} = 1$

<u>กรณีที่ 2</u> $\sum_{i=1}^{N} x_{imn} = 0$ สำหรับ Blocks ที่ไม่มีเรือจอดอยู่

จากรูปที่ 3.20 เมื่อพิจารณาที่พื้นที่ Blocks สีแดง

$\therefore$ จะได้ $x_{111} = 0$

$x_{121} = 0$

$x_{112} = 0$

$x_{113} = 0$

และ $x_{122} = 1$

$x_{123} = 1$

เงื่อนไขที่ (3.13) $\sum_{m=j}^{j+s_i-1} \sum_{n=t}^{t+p_i-1} x_{imn} - p_i s_i - (y_{ijt} - 1)M \geq 0$

แสดงว่า ผลรวมของ Block (m, n) สำหรับ m ตั้งแต่ตำแหน่งเรือที่ j ถึง ตำแหน่งเรือที่ j บวกขนาดของเรือ i ใดๆ ลบ 1 สำหรับ n ตั้งแต่ช่วงเวลา t ถึง ช่วงเวลา t บวกเวลาที่ใช้ในการจัดการ ลบ 1 ลบเวลาที่ใช้ในการจัดการของเรือ i ใดๆ คูณขนาดของเรือ i ใดๆ ลบ เรือลำที่ i ที่มี Block ล่างซ้ายสุดอยู่ตำแหน่งเรือที่ j และช่วงเวลาที่ i ลบ 1 คูณค่ามากมายมหาศาล ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

<u>กรณีที่ 1</u> ให้ $y_{ijt} = 1$

จากรูปที่ 3.20 พิจารณาที่เรือลำที่ 1

จะได้ $y_{122} = 1,\ y_{132} = 0,\ y_{123} = 0,\ y_{133} = 0,\ y_{124} = 0,\ y_{134} = 0,$

$x_{122} = 1,\ x_{132} = 1,\ x_{123} = 1,\ x_{133} = 1,\ x_{124} = 1,\ x_{134} = 1,$

$s_1 = 2,\ p_1 = 3$

จาก $\sum_{m=j}^{j+s_i-1}\sum_{n=t}^{t+p_i-1} x_{imn} - p_i s_i - (y_{ijt}-1)M \geq 0$

$\sum_{m=2}^{2+2-1}\sum_{n=2}^{2+3-1} x_{imn} - 3\times 2 - (1-1)M \geq 0$

$6-6 \geq 0$ ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไข

<u>กรณีที่ 2</u> ให้ $y_{ijt} = 0$

จากรูปที่ 3.20 เมื่อพิจารณาที่พื้นที่ Blocks สีแดง

จะได้ $y_{122}=0,\ y_{132}=0,\ y_{123}=0,\ y_{133}=0,\ y_{124}=0,\ y_{134}=0,$

$x_{111}=0,\ x_{121}=0,\ x_{112}=0,\ x_{113}=0,\ x_{122}=1,\ x_{123}=1,$

$s_1=2,\ p_1=3$

จาก $\sum_{m=j}^{j+s_i-1}\sum_{n=t}^{t+p_i-1} x_{imn} - p_i s_i - (y_{ijt}-1)M \geq 0$

$\sum_{m=1}^{1+2-1}\sum_{n=1}^{1+3-1} x_{imn} - 3\times 2 - (0-1)M \geq 0$

$2-6+M \geq 0$ ซึ่งเป็นจริงตามเงื่อนไข

เงื่อนไขที่ (3.15) $p_i + \sum_{j=1}^{S-s_i+1}\sum_{t=a_i}^{T-p_i+1} t y_{ijt} = c_i$

แสดงว่า เวลาที่ใช้ในการจัดการ บวกผลรวมของช่วงเวลา t คูณเรือลำที่ i ที่มี Block ล่างซ้ายสุดอยู่ตำแหน่งเรือที่ j ตั้งแต่ 1 ถึง Section ทั้งหมด ลบ Section ที่ i บวก 1 และ ช่วงเวลาที่ t ตั้งแต่เวลาที่เรือถึงท่าเรือถึงเวลาทั้งหมด ลบเวลาที่ใช้ในการจัดการ บวก 1 ต้องมีค่าเท่ากับเวลาที่เรือออกจากท่าเรือที่ช่วงเวลา t ใดๆ

เงื่อนไขที่ (3.16) $x_{imn} \in \{0,1\}$

แสดงว่า block (m, n) ที่กำหนดให้มีเรือ i ทำงานอยู่ ต้องมีค่าเป็น 0 หรือ 1

เงื่อนไขที่ (3.17) $y_{ijt} \in \{0,1\}$

แสดงว่า เรือ i มี Block ล่างซ้ายสุดอยู่ในตำแหน่งท่าเรือที่ j และช่วงเวลาที่ t ต้องมีค่าเป็น 0 หรือ 1

3.2 ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูป

3.2.1 ศึกษาฟังก์ชั่นการทำงาน การกำหนดค่าต่างๆ

3.2.2 ศึกษาวิธีการทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูป

3.3 เขียนแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์บนโปรแกรมสำเร็จรูป และประมวลผล

3.3.1 ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปแล้วนำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์คณิตศาสตร์ที่ได้ศึกษามาเขียนบนโปรแกรม

3.3.2 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

3.3.3 ประมวลผลคำตอบของแบบจำลองทั้งสอง (โดยใช้คอมพิวเตอร์ Intel® Core™2 Duo CPU E7400 @2.80GHz. 2.79 GHz. 2.00 GB of RAM Hard Disk 350 GB) แล้วบันทึกค่าไว้

3.4 คำนวณปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกส์

นำวิธีฮิวริสติกส์มาใช้แก้ปัญหาโดยนำวิธีการจัดลำดับงานแบบต่างๆ มาประยุกต์ใช้ เช่น แบบ First In First Out แบบ Shortest Processing Time เป็นต้น เพราะว่าปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือนี้มีขนาดของเรือ (Size) เวลาที่เรือมาถึงท่าเรือ (Arrival Time) และความสำคัญของเรือ (Weight) มาเกี่ยวข้องจึงใช้การจัดลำดับแบบเลือกเวลาที่สั้นที่สุดมาทำงานก่อนเลยไม่ได้

3.5 เปรียบเทียบคุณภาพคำตอบจาก 2 แบบจำลองและวิธีฮิวริสติกส์

นำผลลัพธ์จากแบบจำลองทั้งสองและวิธีฮิวริสติกส์มาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาคำตอบว่าเป็นไปได้และเหมาะสมที่สุดหรือไม่ แล้วนำมาเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบของแบบจำลองทั้งสองและวิธีฮิวลิสติกส์ แล้วสรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานและนำเสนอผลงาน

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

ในปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือ จากการศึกษางานวิจัยของ Yougpei Guan และ Raymond K. Cheung ในการนำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาแล้วนำแบบจำลองทั้งสองแบบ (Relative Position Formulation: RPF และ Position Assignment Formulation: PAF) มาเขียนลงบนโปรแกรมสำเร็จรูป และนำวิธีฮิวริสติกส์มาใช้แก้ปัญหาโดยพิจารณาจากขนาดของเรือ (Size: s) เวลาที่เรือมาถึงท่าเรือ (Arrival Time: a) เวลาที่ใช้ในการทำงาน (Processing Time: p) และความสำคัญของเรือ (Weight: w)

ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์จากแบบจำลองทั้งสองและวิธีฮิวริสติกส์มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบ เพื่อพิจารณาคำตอบว่าเป็นไปได้และเหมาะสมที่สุดหรือไม่

4.1 กำหนดโจทย์ปัญหา

เงื่อนไขในการกำหนดโจทย์ปัญหา คือ

4.1.1. ขนาดของเรือ (s) มีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการทำงาน (p)

4.1.2 เวลาที่เรือมาถึงท่าจะกำหนดแบบสุ่ม

4.1.3 ความสำคัญของเรือ จะดูจากสินค้าที่เรือบรรทุกมา หากเรือมีความสำคัญมากจะได้เข้าเทียบท่าก่อน การกำหนดความสำคัญของเรือมี 3 แบบ คือ

4.1.3.1. แบบสุ่ม เช่น เรือขนาดเล็ก อาจมีความสำคัญทั้งมากและน้อย หรือเรือขนาดใหญ่อาจมีความสำคัญทั้งมากและน้อย คละกันไป เป็นต้น

4.1.3.2. เรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก (เรือขนาดใหญ่จะได้เข้าเทียบท่าก่อนเรือที่มีขนาดเล็กกว่า)

4.1.3.3. เรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก (เรือขนาดเล็กจะได้เข้าเทียบท่าก่อนเรือที่มีขนาดใหญ่กว่า)

โจทย์ปัญหาแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ

1. ปัญหาขนาดเล็ก มีเรือ 1 – 5 ลำ ท่าเรือ 1 – 4 ท่า
2. ปัญหาขนาดกลาง มีเรือ 6 – 10 ลำ ท่าเรือ 5 – 8 ท่า
3. ปัญหาขนาดใหญ่ มีเรือ 10 – 15 ลำ ท่าเรือ 9 – 12 ท่า

<u>หมายเหตุ</u> ในโจทย์ปัญหาทุกขนาดจะมีโจทย์ที่มีข้อมูลของขนาดของเรือ (s) เวลาที่เรือมาถึงท่าเรือ (a) เวลาที่ใช้ในการทำงาน (p) เหมือนกัน แต่จะมีข้อมูลของความสำคัญของเรือ (w) ต่างกัน คือ มีทั้งแบบสุ่ม แบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก และเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก เพื่อจะได้เห็นความแตกต่างของผลลัพธ์ชัดเจนขึ้น

สูตรที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาเวลาที่สั้นที่สุด ในแบบจำลองทั้งสองแบบ และวิธีฮิวริสติกส์ทั้งสองแบบ คือ

$\sum w_i(c_i - a_i)$ หรือ ผลรวมของความสำคัญของเรือ i x (เวลาที่เรือออกจากท่า – เวลาที่เรือมาถึงท่า)

$c = (a + l) + p$ หรือ เวลาที่เรือออกจากท่า เท่ากับ เวลาที่เรือมาถึงท่ารวมกับเวลาที่เรือคอยท่ารวมกับเวลาที่ใช้ในการจัดการ

โดย w = ความสำคัญของเรือ (ดูจากความสำคัญของสินค้าที่เรือบรรทุกมา)

c = เวลาที่เรือออกจากท่าเรือ

a = เวลาที่เรือมาถึงท่าเรือ

p = เวลาที่ใช้ในการจัดการของเรือ

l = เวลาที่เรือคอยอยู่ในท่า

4.2 หลักการของวิธีฮิวริสติกส์

4.2.1 W First

จะเลือกพิจารณาความสำคัญของเรือ (w) ก่อน โดย

4.2.1.1 เรือที่มีความสำคัญมากให้เข้าเทียบท่าก่อน โดยเริ่มจากท่าเรือที่ 1

4.2.1.2 หากเรือมีความสำคัญเท่ากัน ให้พิจารณาเวลาที่เรือมาถึงท่า (a) โดยให้เรือที่มาถึงท่าก่อนเข้าเทียบท่าก่อน

4.2.1.3 หากมีความสำคัญเท่ากัน และเรือมาถึงท่าพร้อมกัน ให้พิจารณาเวลาที่เรือใช้ในการทำงาน (p) โดยให้เรือที่มีเวลาในการทำงานน้อยกว่าเข้าเทียบท่าก่อน

4.2.1.4 หากมีความสำคัญเท่ากัน เรือมาถึงท่าพร้อมกัน และมีเวลาที่ใช้ในการทำงานเท่ากัน ให้พิจารณาที่ขนาดของเรือ โดยให้เรือที่มีขนาดเล็กกว่าเข้าเทียบท่าก่อน

4.2.2 AT First

จะเลือกพิจารณาเวลาที่เรือมาถึงท่าเรือ (a) ก่อน โดย

4.2.2.1 เรือที่มาถึงท่าเรือก่อนให้เข้าเทียบท่าก่อน โดยเริ่มจากท่าเรือที่ 1

4.2.2.2 หากมีเรือมาถึงท่าพร้อมกัน ให้พิจารณาความสำคัญของเรือ (w) โดยให้เรือที่มีความสำคัญมากเข้าเทียบท่าก่อน

4.2.2.3 หากมีเรือมาถึงท่าพร้อมกันและมีความสำคัญเท่ากัน ให้พิจารณาเวลาที่เรือใช้ในการทำงาน (p) โดยให้เรือที่มีเวลาในการทำงานน้อยกว่าเข้าเทียบท่าก่อน

4.2.2.4 หากมีเรือมาถึงท่าพร้อมกัน มีความสำคัญเท่ากัน และมีเวลาที่ใช้ในการทำงานเท่ากัน ให้พิจารณาที่ขนาดของเรือ โดยให้เรือที่มีขนาดเล็กกว่าเข้าเทียบท่าก่อน

หมายเหตุ 1. เรือแต่ละลำจะต้องไม่วางซ้อนหรือทับกัน

2. หากมีพื้นที่ท่าเรือว่างเหลืออยู่สามารถให้เรือที่รอท่าอยู่นั้นเข้าเทียบท่าได้ ในกรณีที่พื้นที่ว่างนั้นมีเพียงพอสำหรับเรือที่จะเข้าไปเทียบท่าและมีเวลาในการทำงานในพื้นที่ว่างนั้นๆ เพียงพอที่จะไม่กระทบต่อเรือลำถัดไปที่จะเข้ามาเทียบท่า เช่น พื้นที่ว่างระหว่างเรือมีขนาด 4 ท่า และ 6 ช่วงเวลา เรือที่เข้ามาเทียบท่าตรงพื้นที่ว่างนี้ ต้องมีขนาดไม่เกิน 4 ท่า และมีเวลาในการทำงานไม่เกิน 6 ช่วงเวลา

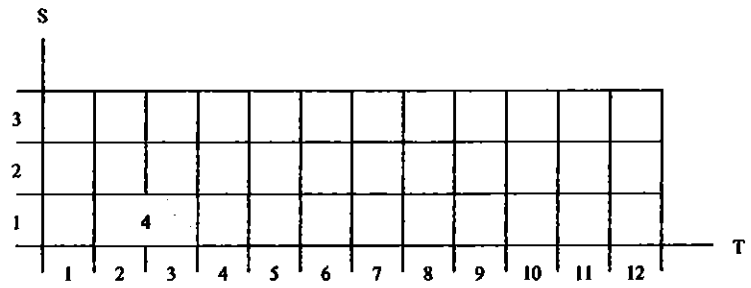
ตัวอย่าง การคำนวณด้วยวิธีฮิวริสติกส์ กำหนดให้มีเรือ 5 ลำ มีท่าเรือ 3 ท่า ความสำคัญของเรือเป็นแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก คือ เรือขนาดเล็กจะได้เข้าเทียบท่าก่อนเรือที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างการคำนวณด้วยวิธีฮิวริสติกส์

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	1	3	2
2	2	2	2	2
3	3	1	4	1
4	1	2	2	3
5	3	5	2	1

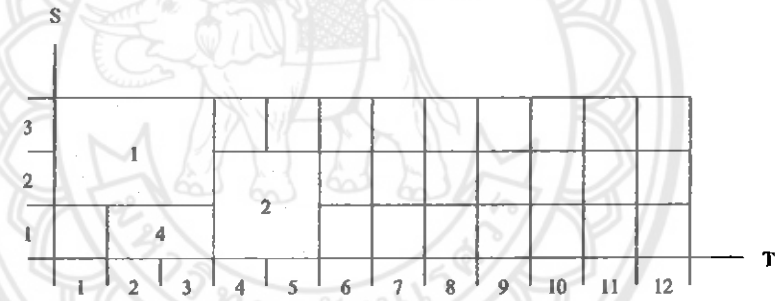
วิธี W First

1. พิจารณาเรือที่มีความสำคัญมากให้เข้าเทียบท่าก่อน โดยเริ่มจากท่าเรือที่ 1 จากโจทย์เรือลำที่ 4 มีความสำคัญมากที่สุดจึงให้เข้าเทียบท่าก่อน ดังรูปที่ 4.1



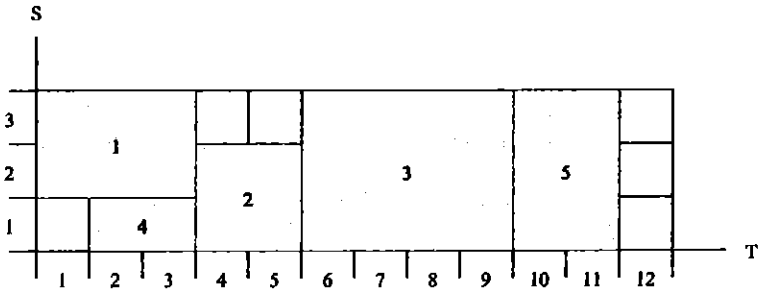
รูปที่ 4.1 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี W First 1

2. พิจารณาเรือลำต่อไป พบว่าเรือลำที่ 1 และ 2 มีความสำคัญเท่ากัน **จึงพิจารณาเวลาที่เรือมาถึง**ท่าก่อนซึ่งก็คือเรือลำที่ 1 จึงให้เรือลำที่ 1 เข้าเทียบท่าก่อนเรือลำที่ 2 ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี W First 2

3. พิจารณาเรือลำต่อไป พบว่าเรือลำที่ 3 และ 5 มีความสำคัญเท่ากัน **แต่เรือลำที่ 3 มาถึงท่าก่อน จึงให้เรือลำที่ 3 เข้าเทียบท่าก่อนเรือลำที่ 5 ดังรูปที่ 4.3**



รูปที่ 4.3 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี W First 3

เรือลำที่ 1 $w_1(c_1 - a_1) = w_1[(a_1 + l_1 + p_1) - a_1] = 2\,[(1+0+3) - 1] = 6$

∴ เรือลำที่ 1 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 6

เรือลำที่ 2 $w_2(c_2 - a_2) = w_2[(a_2 + l_2 + p_2) - a_2] = 2\,[(2+2+2) - 2] = 8$

∴ เรือลำที่ 2 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 8

เรือลำที่ 3 $w_3(c_3 - a_3) = w_3[(a_3 + l_3 + p_3) - a_3] = 1\,[(1+5+4) - 1] = 9$

∴ เรือลำที่ 3 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 9

เรือลำที่ 4 $w_4(c_4 - a_4) = w_4[(a_4 + l_4 + p_4) - a_4] = 3\,[(2+0+2) - 2] = 6$

∴ เรือลำที่ 4 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 6

เรือลำที่ 5 $w_5(c_5 - a_5) = w_5[(a_5 + l_5 + p_5) - a_5] = 1\,[(5+5+2) - 5] = 7$

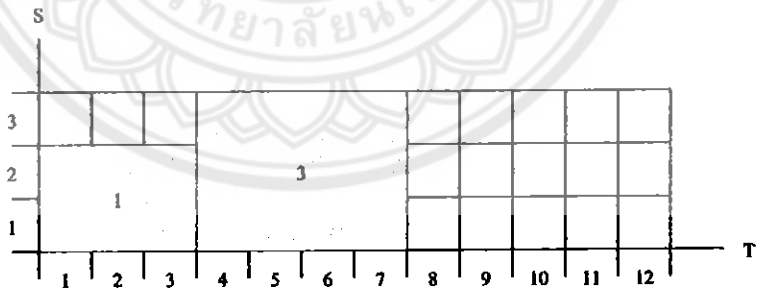
∴ เรือลำที่ 5 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 7

จะได้ เวลาทั้งหมดที่เรือ 5 ลำ ใช้อยู่ในท่า $= \sum w_i(c_i - a_i)$

$= 6+8+9+6+7 = 36$

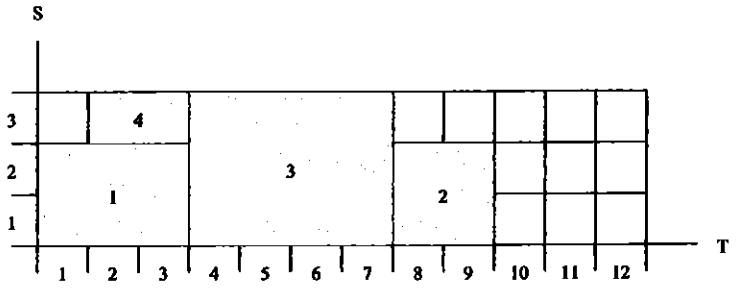
วิธี AT First

1. เรือที่มาถึงท่าเรือก่อนให้เข้าเทียบท่าก่อน โดยเริ่มจากท่าเรือที่ 1 พบว่าเรือลำที่ 1 และ 3 มาถึงท่าพร้อมกัน จึงพิจารณาที่ความสำคัญของเรือ (w) ซึ่งเรือลำที่ 1 มีความสำคัญมากกว่าเรือลำที่ 3 จึงให้เรือลำที่ 1 เข้าเทียบท่าก่อนเรือลำที่ 3 และเรือลำที่ 3 ก็ต้องคอยท่าอยู่จนกว่าเรือลำที่ 1 จะทำงานเสร็จ ดังรูปที่ 4.4



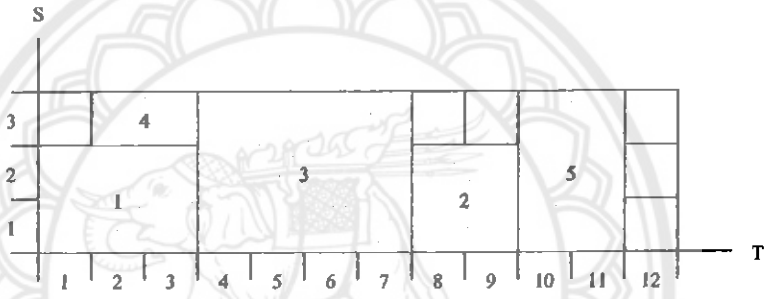
รูปที่ 4.4 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี AT First 1

2. พิจารณาเรือลำต่อไป พบว่าเรือลำที่ 2 และเรือลำที่ 4 มาถึงท่าพร้อมกัน แต่เรือลำที่ 4 มีความสำคัญมากกว่าเรือลำที่ 2 จึงให้เรือลำที่ 4 เข้าเทียบท่าก่อนเรือลำที่ 2 แต่ ณ ช่วงเวลาที่ 2 มีพื้นที่ท่าเรือว่างอยู่และมีเวลาเพียงพอที่จะให้เรือลำที่ 4 ทำงานได้โดยไม่กระทบกับเรือลำที่ 3 ซึ่งคอยท่าให้เรือลำที่ 1 ทำงานเสร็จอยู่ จึงสามารถให้เรือลำที่ 4 เข้าไปเทียบท่า ณ ช่วงเวลาที่ 2 ได้ ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี AT First 2

3. พิจารณาเรือลำต่อไป เรือลำที่ 5 ซึ่งมาถึงท่าเรือช้าที่สุด จึงให้เข้าเทียบท่าลำสุดท้าย ดัง รูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การจำลำดับของท่าเรือด้วยวิธี AT First 3

เรือลำที่ 1 $w_1(c_1 - a_1) = w_1[(a_1 + l_1 + p_1) - a_1] = 2\,[(1+0+3) - 1] = 6$

$\therefore$ เรือลำที่ 1 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 6

เรือลำที่ 2 $w_2(c_2 - a_2) = w_2[(a_2 + l_2 + p_2) - a_2] = 2\,[(2+6+2) - 2] = 16$

$\therefore$ เรือลำที่ 2 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 16

เรือลำที่ 3 $w_3(c_3 - a_3) = w_3[(a_3 + l_3 + p_3) - a_3] = 1\,[(1+3+4) - 1] = 7$

$\therefore$ เรือลำที่ 3 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 7

เรือลำที่ 4 $w_4(c_4 - a_4) = w_4[(a_4 + l_4 + p_4) - a_4] = 3\,[(2+0+2) - 2] = 6$

$\therefore$ เรือลำที่ 4 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 6

เรือลำที่ 5 $w_5(c_5 - a_5) = w_5[(a_5 + l_5 + p_5) - a_5] = 1\,[(5+5+2) - 5] = 7$

$\therefore$ เรือลำที่ 5 ใช้เวลาอยู่ในท่าเรือ 7

จะได้ เวลาทั้งหมดที่เรือ 5 ลำ ใช้อยู่ในท่า $= \sum w_i(c_i - a_i)$

$= 6+16+7+6+7 = 42$

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคำตอบ

4.3.1 การวิเคราะห์คำตอบ พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (Percent of Deviation) ของผลที่ได้จากฮิวริสติกส์กับคำตอบที่ดีที่สุด

$$\%\text{deviation} = \frac{(\text{Heuristics or Feasible}) - \text{Optimal}}{\text{Optimal}} \times 100$$

<u>หมายเหตุ</u> %deviation สามารถหาได้ในกรณีที่มีคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal) เท่านั้น

4.3.2 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของแบบจำลองทั้งสองแบบ (วิธี RPF และวิธี PAF) แต่จะไม่มีข้อมูลเวลาของวิธีฮิวริสติกส์ (วิธี W First และวิธี AT First) เพราะได้คำนวณด้วยมือ

4.4 ผลการทดลอง

4.4.1 ปัญหาขนาดเล็ก

4.4.1.1 เรือ 3 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่**มีความสำคัญมาก*** ดังได้แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 3 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	1	3	2
2	1	3	2	1
3	3	1	4	3

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 3 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก ทั้งวิธี RPF, PAF, W First และ AT First สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 30 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 3 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	$\%\text{deviation}_{(\text{Heu or Fea})\text{-OPT}}$
RPF	00.00.00	Global Optimum	30	0%
PAF	00.00.00	Global Optimum	30	0%
W First	-	-	30	0%
AT First	-	-	30	0%

4.4.1.2 เรือ 4 ลำ ท่าเรือ 2 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 4 ลำ ท่าเรือ 2 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	1	1	4	3
2	2	3	6	2
3	1	2	2	4
4	2	2	5	1

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 4 ลำ ท่าเรือ 2 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก วิธี RPF, PAF และ W First สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 50 ส่วนวิธี AT First หาคำตอบได้ 54 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 8% ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 4 ลำ ท่าเรือ 2 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	00.00.00	Global Optimum	50	0%
PAF	00.00.00	Global Optimum	50	0%
W First	-	-	50	0%
AT First	-	-	54	8%

4.4.1.3 เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	1	3	3
2	1	3	2	2
3	3	1	4	1
4	3	2	5	2
5	3	3	6	4

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบสุ่ม วิธี RPF และ PAF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 92 ส่วนวิธี W First หาคำตอบได้ 111 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 20.65% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 137 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 48.91% ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)\text{-}OPT}$
RPF	00.00.00	Global Optimum	92	0%
PAF	00.00.02	Global Optimum	92	0%
W First	-	-	111	20.65%
AT First	-	-	137	48.91%

4.4.1.4 เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่**มีความสำคัญมาก*** ดังได้แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	1	3	2
2	1	3	2	1
3	3	1	4	3
4	3	2	5	3
5	3	3	6	3

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก วิธี RPF และ PAF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 111 ส่วนวิธี W First หาคำตอบได้ 126 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 13.51% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 134 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 20.72% ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	00.00.00	Global Optimum	111	0%
PAF	00.00.03	Global Optimum	111	0%
W First	-	-	126	13.51%
AT First	-	-	134	20.72%

4.4.1.5 เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	1	3	3
2	1	3	2	4
3	3	1	4	2
4	3	2	5	2
5	3	3	6	1

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก วิธี RPF, PAF และ W First สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 74 ส่วนวิธี AT First หาคำตอบได้ 111 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 50% ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	00.00.00	Global Optimum	74	0%
PAF	00.00.01	Global Optimum	74	0%
W First	-	-	74	0%
AT First	-	-	111	50%

4.4.2 ปัญหาขนาดกลาง

4.4.2.1 เรือ 6 ลำ ท่าเรือ 8 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 6 ลำ ท่าเรือ 8 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	4	2	3	3
2	5	1	6	4
3	3	4	3	2
4	2	3	3	1
5	6	4	7	4
6	8	2	10	5

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 6 ลำ ท่าเรือ 8 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก วิธี RPF และ PAF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 238 ส่วนวิธี W First หาคำตอบได้ 317 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 33.19% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 280 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 17.65% ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 6 ลำ ท่าเรือ 8 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)\text{-}OPT}$
RPF	00.00.00	Global Optimum	238	0%
PAF	00.01.17	Global Optimum	238	0%
W First	-	-	317	33.19%
AT First	-	-	280	17.65%

4.4.2.2 เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	4	5	5	1
2	3	3	3	5

ตารางที่ 4.14 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
3	2	1	2	3
4	5	4	6	4
5	6	2	8	6
6	1	3	2	5
7	4	1	6	2
8	2	2	3	1
9	3	3	5	3

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบสุ่ม วิธี RPF และ PAF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 297 ส่วนวิธี W First หาคำตอบได้ 407 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 37.04% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 446 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 50.17% ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	00.00.02	Global Optimum	297	0%
PAF	00.13.20	Global Optimum	297	0%
W First	-	-	407	37.04%
AT First	-	-	446	50.17%

4.4.2.3 เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	4	5	5	4
2	3	3	3	3
3	2	1	2	2
4	5	4	6	5

ตารางที่ 4.16 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
5	6	2	8	6
6	1	3	2	1
7	4	1	6	4
8	2	2	3	2
9	3	3	5	3

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก วิธี RPF และ PAF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 408 ส่วนวิธี W First หาคำตอบได้ 538 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 31.86% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 474 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 16.18% ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)\text{-}OPT}$
RPF	00.00.02	Global Optimum	408	0%
PAF	00.39.15	Global Optimum	408	0%
W First	-	-	538	31.86%
AT First	-	-	474	16.18%

4.4.2.4 เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	4	5	5	3
2	3	3	3	4
3	2	1	2	5
4	5	4	6	2
5	6	2	8	1
6	1	3	2	6

ตารางที่ 4.18 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
7	4	1	6	3
8	2	2	3	5
9	3	3	5	4

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก วิธี RPF และ PAF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 228 ส่วนวิธี W First หาคำตอบได้ 277 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 21.49% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 422 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 85.09% ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	00.00.00	Global Optimum	228	0%
PAF	00.09.43	Global Optimum	228	0%
W First	-	-	277	21.49%
AT First	-	-	422	85.09%

4.4.2.5 เรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม*ดังได้แสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	3	3	3
2	1	1	2	4
3	4	2	4	4
4	5	4	6	2
5	3	3	3	1
6	4	2	5	2
7	1	4	2	2
8	2	1	3	5

ตารางที่ 4.20 โจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
9	5	3	7	3
10	3	2	4	4

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบสุ่ม วิธี RPF และ PAF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 267 ส่วนวิธี W First หาคำตอบได้ 270 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 1.12% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 300 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 12.36% ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง เรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	00.00.12	Global Optimum	267	0%
PAF	01.17.34	Global Optimum	267	0%
W First	-	-	270	1.12%
AT First	-	-	300	12.36%

4.4.3 ปัญหาขนาดใหญ่

4.4.3.1 เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม*ดังได้แสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	9	3	5
2	5	6	7	5
3	6	7	7	3
4	9	8	11	1
5	4	4	5	4
6	2	1	3	1
7	8	10	10	4
8	10	3	13	2
9	3	8	5	3

ตารางที่ 4.22 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
10	4	8	7	6
11	5	5	9	1
12	1	9	2	4

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบสุ่ม วิธี RPF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 493 ส่วนวิธี PAF หาคำตอบได้ 787 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 59.63% วิธี W First หาคำตอบได้ 590 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 19.68% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 949 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 92.50% ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)\text{-}OPT}$
RPF	00.00.55	Global Optimum	493	0%
PAF	10.00.45	Feasible	787	59.63%
W First	-	-	590	19.68%
AT First	-	-	949	92.50%

4.4.3.2 เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	9	3	1
2	5	6	7	3
3	6	7	7	4
4	9	8	11	6
5	4	4	5	3
6	2	1	3	1
7	8	10	10	5
8	10	3	13	6

ตารางที่ 4.24 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
9	3	8	5	2
10	4	8	7	3
11	5	5	9	3
12	1	9	2	1

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก วิธี RPF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 895 ส่วนวิธี PAF หาคำตอบได้ 1125 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 25.70% วิธี W First หาคำตอบได้ 1190 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 32.96% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 1044 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 16.65% ดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)\text{-}OPT}$
RPF	00.06.02	Global Optimum	885	0%
PAF	10.04.05	Feasible	1125	25.70%
W First	-	-	1190	32.96%
AT First	-	-	1044	16.65%

4.4.3.3 เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก*ดังได้แสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	2	9	3	5
2	5	6	7	3
3	6	7	7	2
4	9	8	11	1
5	4	4	5	4
6	2	1	3	5
7	8	10	10	2

ตารางที่ 4.26 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
8	10	3	13	1
9	3	8	5	4
10	4	8	7	4
11	5	5	9	3
12	1	9	2	6

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก วิธี RPF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 402 ส่วนวิธี PAF หาคำตอบได้ 641 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 59.45% วิธี W First หาคำตอบได้ 425 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 5.72% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 956 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 137.81% ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	00.00.45	Global Optimum	402	0%
PAF	10.13.52	Feasible	641	59.45%
W First	-	-	425	5.72%
AT First	-	-	956	137.81%

4.4.3.4 เรือ 13 ลำ ท่าเรือ 11 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 13 ลำ ท่าเรือ 11 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	3	20	5	2
2	6	9	7	5
3	8	7	10	4
4	10	11	13	1
5	7	13	9	2
6	6	6	7	4

ตารางที่ 4.28 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 13 ลำ ท่าเรือ 11 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
7	5	1	5	5
8	7	5	8	3
9	2	3	4	6
10	4	15	6	3
11	8	3	10	3
12	4	2	6	1
13	3	7	4	7

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 13 ลำ ท่าเรือ 11 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบสุ่ม วิธี RPF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้คือ 690 ส่วนวิธี PAF หาคำตอบได้ 1167 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 69.13% วิธี W First หาคำตอบได้ 744 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 7.83% และวิธี AT First หาคำตอบได้ 875 มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ 26.81% ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 13 ลำ ท่าเรือ 11 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	00.02.47	Global Optimum	690	0%
PAF	10.20.13	Feasible	1167	69.13%
W First	-	-	744	7.83%
AT First	-	-	875	26.81%

4.4.3.5 เรือ 15 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า *ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก* ดังได้แสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 15 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
1	9	9	8	4
2	8	10	8	5
3	6	11	5	7
4	10	5	9	4

ตารางที่ 4.30 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 15 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า (ต่อ)

เรือลำที่	ขนาดเรือ (s)	เวลาที่มาถึงท่า (a)	เวลาทำงาน (p)	ความสำคัญ (w)
5	11	8	10	2
6	8	2	7	5
7	10	14	11	3
8	10	7	9	3
9	9	4	7	4
10	8	3	7	5
11	7	13	6	6
12	12	1	10	1
13	7	6	9	6
14	8	7	8	5
15	7	4	8	6

ผลลัพธ์ในโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 15 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า ในกรณีของความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ วิธี RPF หาคำตอบได้ 2871 วิธี W First หาคำตอบได้ 2894 และวิธี AT First หาคำตอบได้ 3972 ส่วนวิธี PAF ไม่สามารถหาคำตอบได้เลย ดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ผลการทดลองของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ เรือ 15 ลำ ท่าเรือ 12 ท่า

วิธีในการทดลอง	เวลา	ชนิดคำตอบ	ผลลัพธ์	%deviation $_{(Heu\ or\ Fea)-OPT}$
RPF	10.00.05	Feasible	2871	-
PAF	-	Unknown	-	-
W First	-	-	2894	-
AT First	-	-	3972	-

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้ศึกษาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Yongpei Guan และ Raymond K. Cheung ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือ และใช้การคำนวณด้วยวิธีฮิวริสติกส์ร่วมด้วย มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาที่เรือใช้ในการคอยท่า และในการเทียบท่าให้น้อยที่สุด

ได้ทำการทดสอบกับปัญหา 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (เรือ 1-5 ลำ ท่าเรือ 1-4 ท่า) ขนาดกลาง (เรือ 6-10 ลำ ท่าเรือ 5-8 ท่า) และขนาดใหญ่ (เรือ 11-15 ลำ ท่าเรือ 9-12 ท่า) กับแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ 2 แบบ (Relative Position Formulation: RPF และ Position Assignment Formulation: PAF) และวิธีฮิวริสติกส์ 2 วิธี (W First และ AT First) ซึ่งสำหรับแบบจำลองได้นำมาเขียนบนโปรแกรมสำเร็จรูป ส่วนวิธีฮิวริสติกส์ได้คำนวณด้วยมือ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ผลจากการนำแบบจำลอง RPF และ PAF ไปเขียนบนโปรแกรมสำเร็จรูป พบว่า

5.1.1.1 ในแบบจำลอง RPF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้กับจำนวนเรือไม่เกิน 13 ลำ และท่าเรือไม่เกิน 12 ท่า และใช้เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบที่ดีที่สุด 46 วินาที

5.1.1.2 ในแบบจำลอง PAF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในปัญหาขนาดเล็กและกลางกับจำนวนเรือไม่เกิน 10 ลำ และท่าเรือไม่เกิน 8 ท่า และใช้เวลาเฉลี่ยในการหาคำตอบที่ดีที่สุด 846.5 วินาที

5.1.1.3 ความสำคัญของเรือแบบขนาดเรือเล็กมีความสำคัญมาก คำตอบทั้งแบบจำลอง RPF และ PAF จะให้คำตอบที่ดีที่สุดที่มีค่าน้อยกว่าแบบสุ่ม และแบบขนาดเรือใหญ่มีความสำคัญมาก ทั้งในโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เพราะเมื่อให้เรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมากซึ่งหมายความว่าเรือขนาดใหญ่สามารถได้เข้าเทียบท่าก่อนนั้น จะทำให้เรือลำอื่นๆ ใช้เวลาในการคอยท่ามากขึ้น เพราะขนาดเรือยิ่งใหญ่ก็ใช้เวลาในการทำงานมากขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดลองของแบบจำลอง RPF และ PAF

โจทย์	จำนวนเรือ	จำนวนท่าเรือ	ความสำคัญ (w)	ผลลัพธ์		ชนิดคำตอบ		เวลา	
				RPF	PAF	RPF	PAF	RPF	PAF
เล็ก	3	3	s ใหญ่ w มาก	30	30	OPT	OPT	00.00.00	00.00.00
	4	2	s เล็ก w มาก	50	50	OPT	OPT	00.00.00	00.00.00
	5	3	สุ่ม	92	92	OPT	OPT	00.00.00	00.00.02
	5	3	s ใหญ่ w มาก	111	111	OPT	OPT	00.00.00	00.00.03
	5	3	s เล็ก w มาก	74	74	OPT	OPT	00.00.00	00.00.01
กลาง	6	8	s ใหญ่ w มาก	238	238	OPT	OPT	00.00.00	00.01.17
	9	6	สุ่ม	297	297	OPT	OPT	00.00.02	00.13.20
	9	6	s ใหญ่ w มาก	408	408	OPT	OPT	00.00.02	00.39.10
	9	6	s เล็ก w มาก	228	228	OPT	OPT	00.00.00	00.09.43
	10	5	สุ่ม	267	267	OPT	OPT	00.00.12	01.17.34
ใหญ่	12	10	สุ่ม	493	787	OPT	Feasible	00.00.55	10.00.45
	12	10	s ใหญ่ w มาก	895	1125	OPT	Feasible	00.06.02	10.04.05
	12	10	s เล็ก w มาก	402	641	OPT	Feasible	00.00.45	10.13.52
	13	11	สุ่ม	690	1167	OPT	Feasible	00.02.47	10.20.13
	15	12	s เล็ก w มาก	2871	-	Feasible	Unknown	10.00.05	-

5.1.2 ผลการคำนวณจากวิธีฮิวริสติกส์ พบว่า

5.1.2.1 วิธี W First สามารถหาคำตอบได้ดีกว่าวิธี AT First ในกรณีความสำคัญของเรือเป็นแบบสุ่มและแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก ทั้งในโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เพราะเรือขนาดเล็กเวลาในการทำงานก็จะน้อย ทำให้เรือลำอื่นๆ ใช้เวลาคอยท่าน้อย

5.1.2.2 วิธี AT First สามารถหาคำตอบได้ดีกว่าวิธี W First ในกรณีความสำคัญของเรือแบบขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก เฉพาะปัญหาขนาดกลางและขนาดใหญ่ เพราะหากพิจารณาจากวิธี W First ที่มีจำนวนเรือมากขึ้นและเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมากจะได้เข้าเทียบท่าก่อน ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทำงานของเรือก็มากตามไปด้วย ทำให้เรือลำอื่นๆ ที่มีขนาดเล็กกว่าหรือมีความสำคัญน้อยใช้เวลาคอยท่ามากยิ่งขึ้น เวลารวมที่ใช้ในท่าเรือก็จะมาก วิธี AT First ซึ่งกำหนดให้เรือที่มาถึงท่าเรือก่อนเข้าเทียบท่าก่อนจึงดีกว่าวิธี W First ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สรุปผลการทดลองของวิธีฮิวริสติกส์

โจทย์	จำนวนเรือ	จำนวนท่าเรือ	ความสำคัญ (w)	ผลลัพธ์	
				W First	AT First
เล็ก	3	3	s ใหญ่ w มาก	30	30
	4	2	s เล็ก w มาก	50	54
	5	3	สุ่ม	111	137
	5	3	s ใหญ่ w มาก	126	134
	5	3	s เล็ก w มาก	74	111
กลาง	6	8	s ใหญ่ w มาก	317	280
	9	6	สุ่ม	407	446
	9	6	s ใหญ่ w มาก	538	474
	9	6	s เล็ก w มาก	277	422
	10	5	สุ่ม	270	300
ใหญ่	12	10	สุ่ม	590	949
	12	10	s ใหญ่ w มาก	1190	1044
	12	10	s เล็ก w มาก	425	956

ตารางที่ 5.2 สรุปผลการทดลองของวิธีฮิวริสติกส์ (ต่อ)

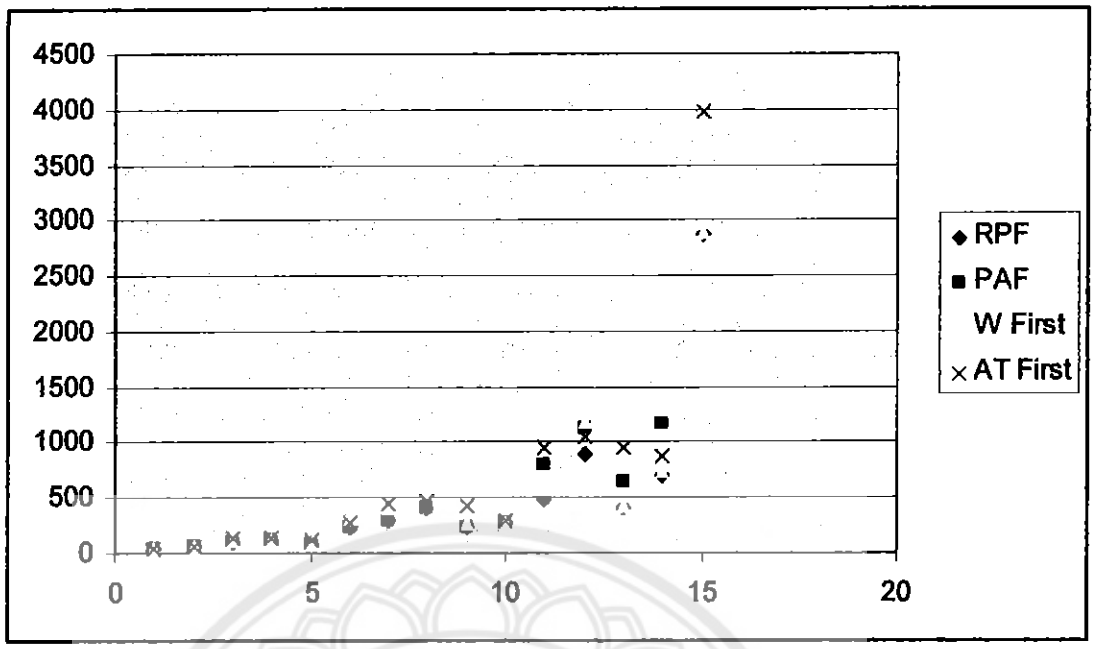
โจทย์	จำนวนเรือ	จำนวนท่าเรือ	ความสำคัญ (w)	ผลลัพธ์	
				W First	AT First
ใหญ่	13	11	สุ่ม	744	875
	15	12	s เล็ก w มาก	2894	3972

5.1.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติกส์

5.1.3.1 ปัญหาขนาดเล็กแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ทั้งหมด 5 ข้อ แต่วิธีฮิวริสติกส์สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ 3 ข้อ (วิธี W First หาได้ 3 ข้อ และวิธี AT First หาได้1 ข้อ)

5.1.3.2 ปัญหาขนาดกลางแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ทั้งหมด 5 ข้อ แต่วิธีฮิวริสติกส์สามารถหาคำตอบได้ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด (วิธี W First หาคำตอบได้ใกล้เคียงในกรณีความสำคัญของเรือแบบสุ่มและแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก วิธี AT First หาคำตอบได้ใกล้เคียงในกรณีความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก)

5.1.3.3 ปัญหาขนาดใหญ่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากวิธี RPF สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ 4 ข้อ วิธี PAF ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ แต่คำตอบที่ได้ก็ยังใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด วิธีฮิวริสติกส์สามารถหาคำตอบได้ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด (วิธี W First หาคำตอบได้ใกล้เคียงในกรณีความสำคัญของเรือแบบสุ่มและแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก วิธี AT First หาคำตอบได้ใกล้เคียงในกรณีความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก) ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงความแตกต่างของเวลาในแต่ละวิธี

(ช่วง 1 – 5: ปัญหาขนาดเล็ก, ช่วง 6 – 10: ปัญหาขนาดกลาง, ช่วง 11 – 15: ปัญหาขนาดใหญ่)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในกรณีของวิธี RPF และวิธี PAF ที่ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาขนาดใหญ่ได้ภายในเวลา 10 ชั่วโมง หากเพิ่มเวลาในการหาคำตอบไปอีก อาจจะได้คำตอบที่ดีที่สุด

5.2.2 ในวิธีฮิวริสติกส์ อาจเลือกวิธีอื่นในการหาคำตอบ เช่น พิจารณาที่เวลาที่เรือใช้ในการทำงาน (p) ก่อน หรือพิจารณาที่ขนาดของเรือ (s) ก่อน หรือพิจารณาวิธี W First ควบคู่ไปกับวิธี AT First โดยการเทียบอัตราส่วน (Ratio) เป็นต้น

5.2.3 ถ้ามีเวลาในการตัดสินใจน้อย สามารถใช้วิธีฮิวริสติกส์ช่วยในการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือได้รวดเร็วกว่าวิธีจากแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เป็นโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่มากซึ่งมีจำนวนเรือที่ต้องการเทียบท่าหลายลำ

เอกสารอ้างอิง

เอราวิล ถาวร, หนึ่งฤทัย ทัพใหญ่, กนกพร อารยิการนนท์. (2550). **การแก้ปัญหาการจัดลำดับงานของเครนโดยใช้โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ (Solving a Crane Scheduling Problem by Mathematical Programming).** พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Yongpei Guan, Raymond K. Cheung. (2004). **The Berth Allocation Problem: Model and Solution Methods.**

Dirk Steenkeen, Stefan VoB, and Robert Stahlbock. (2004). **Container terminal operation and operation research – a Classification and Literature Review.**

มารีนเนอร์ไทยดอทคอม. การขนส่งทางเรือ. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2553. จาก: http://www.marinerthai.com/sara/view.php?No=1006

Computer Engineering of Kasetsart University (Thailand). (25 มิถุนายน 2552). **โปรแกรมเส้นตรง (Linear Programming: LP).** สืบค้นเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2553. จาก: http://garnet.cpe.ku.ac.th/~g5065386/?p=274

การไฟฟ้านครหลวง. วิธีอิวริสติกส์. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 เมษายน 2553. จาก: http://www.mea.or.th/internet/hdd/69.doc

ภาคผนวก ก.

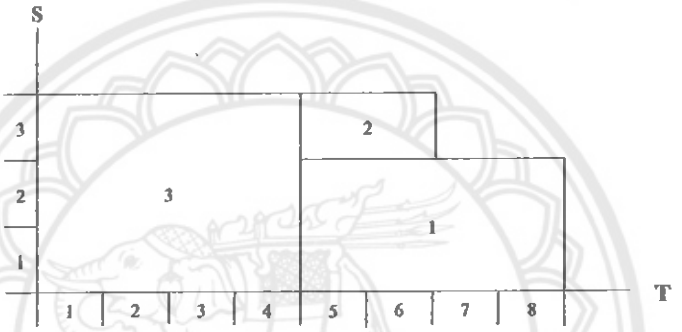
การจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือและคำตอบที่ดีที่สุด

การจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือและคำตอบที่ดีที่สุด

การจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือจากปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ 15 ข้อ ได้คำตอบที่ดีที่สุดทั้งหมด 14 ข้อดังต่อไปนี้

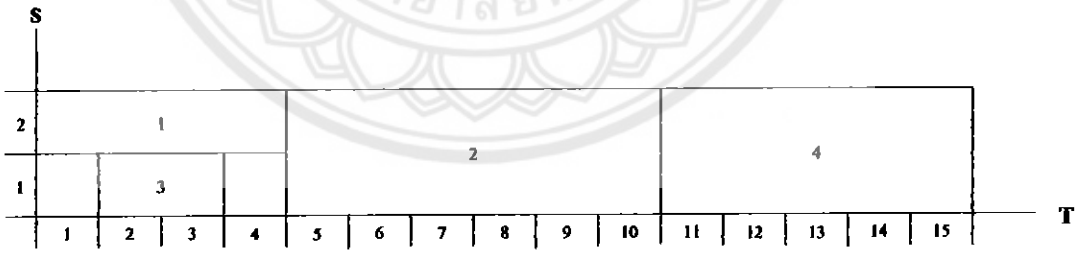
ปัญหาขนาดเล็ก

1. เรือ 3 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 30 ช่วงเวลา



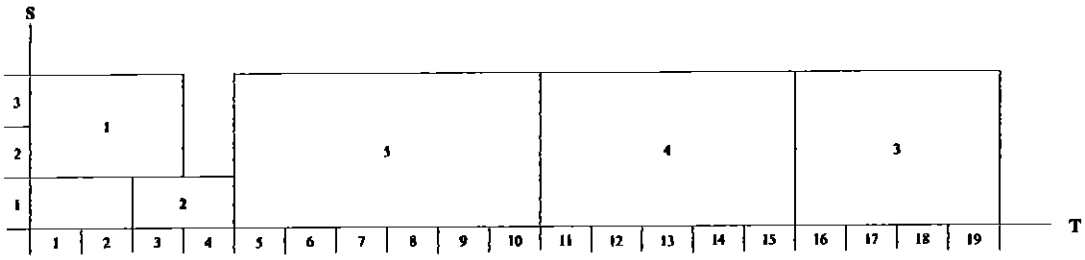
รูปที่ ก.1 การจัดลำดับของเรือ 3 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า แบบขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก

2. เรือ 4 ลำ ท่าเรือ 2 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 50 ช่วงเวลา



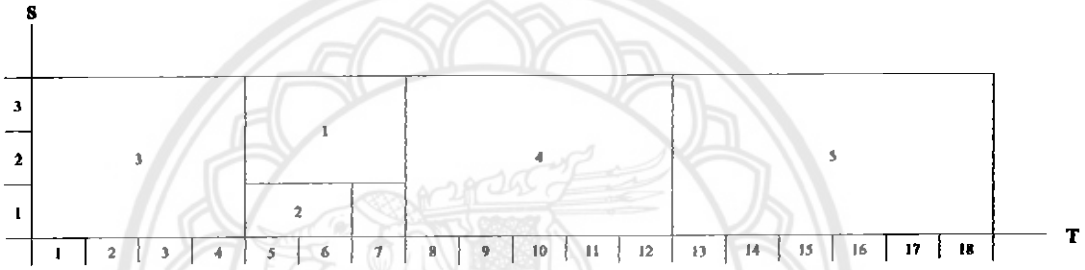
รูปที่ ก.2 การจัดลำดับของเรือ 4 ลำ ท่าเรือ 2 ท่า แบบขนาดเล็กมีความสำคัญมาก

3. เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม คำตอบที่ดีที่สุด คือ 92 ช่วงเวลา



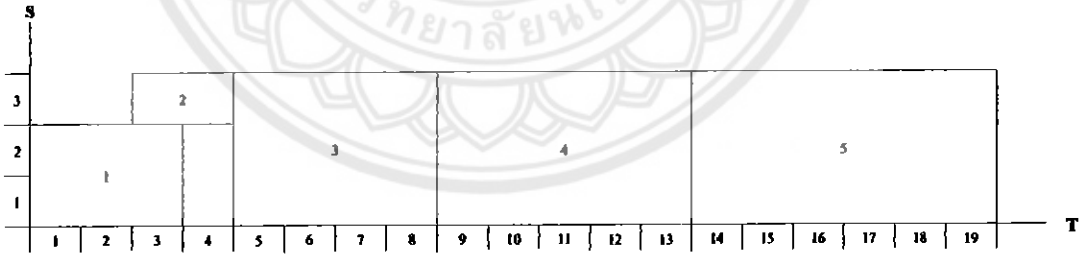
รูปที่ ก.3 การจัดลำดับของเรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า แบบสุ่ม

4. เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 111 ช่วงเวลา



รูปที่ ก.4 การจัดลำดับของเรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า แบบขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก

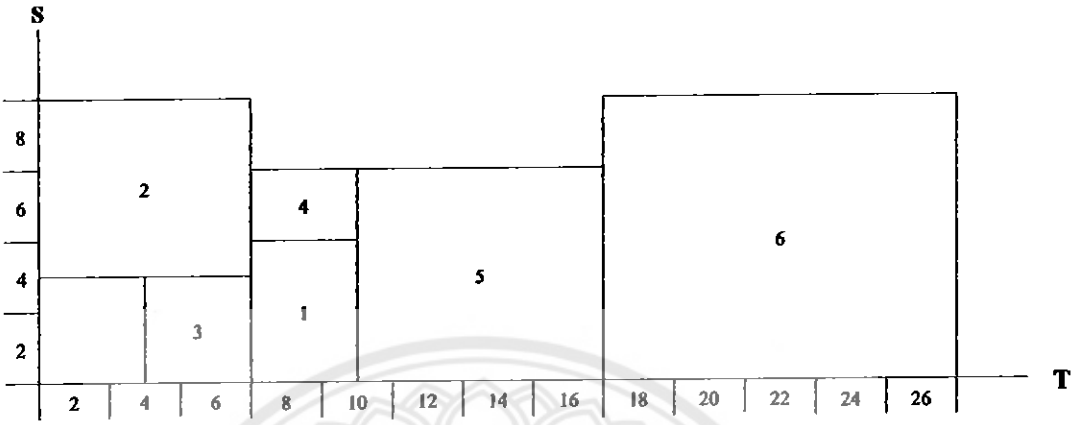
5. เรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 74 ช่วงเวลา



รูปที่ ก.5 การจัดลำดับของเรือ 5 ลำ ท่าเรือ 3 ท่า แบบขนาดเล็กมีความสำคัญมาก

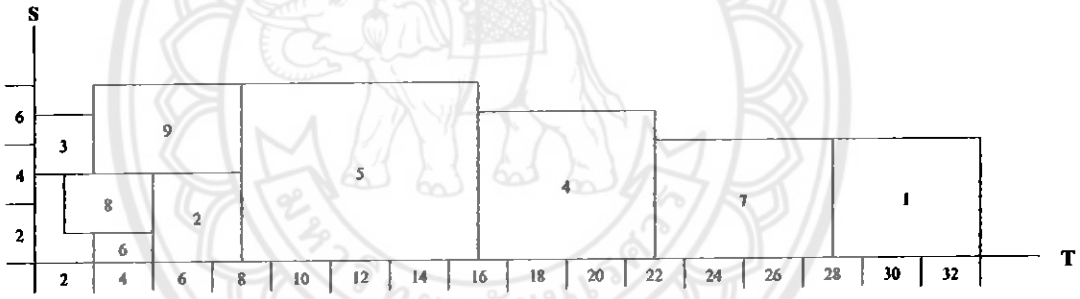
ปัญหาขนาดกลาง

1. เรือ 6 ลำ ท่าเรือ 8 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 238 ช่วงเวลา



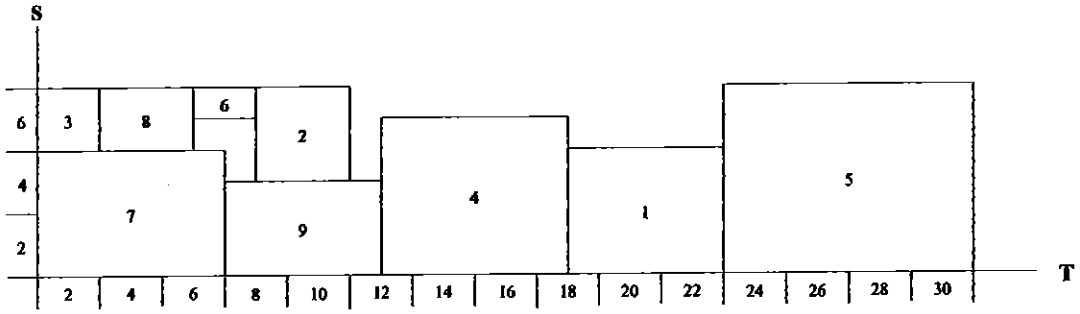
รูปที่ ก.6 การจัดลำดับของเรือ 6 ลำ ท่าเรือ 8 ท่า แบบขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก

2. เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม คำตอบที่ดีที่สุด คือ 297 ช่วงเวลา



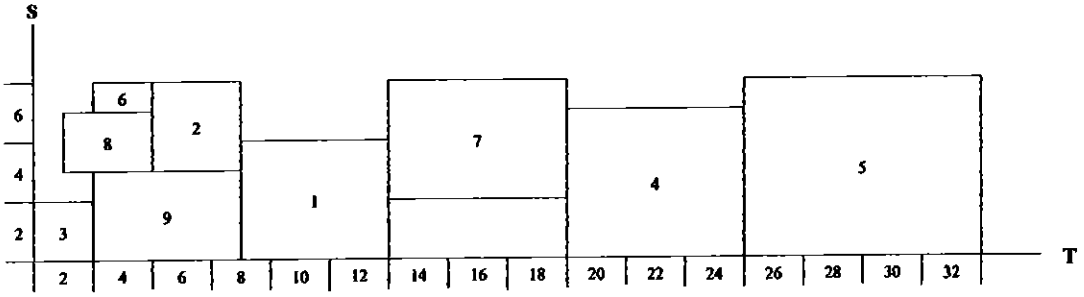
รูปที่ ก.7 การจัดลำดับของเรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า แบบสุ่ม

3. เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 408 ช่วงเวลา



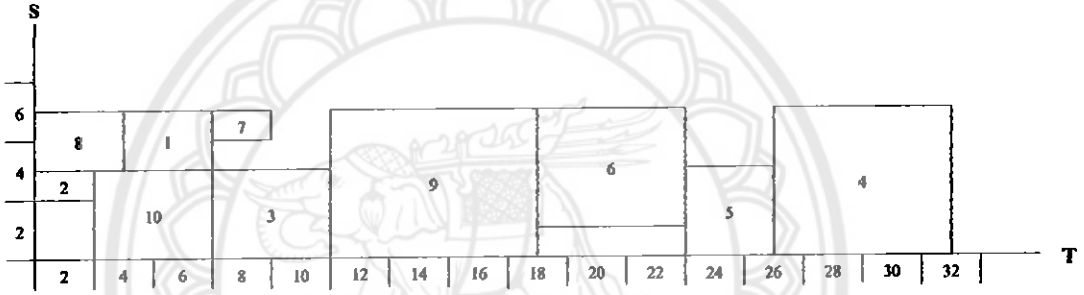
รูปที่ ก.8 การจัดลำดับของเรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า แบบขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก

4. เรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 228 ช่วงเวลา



รูปที่ ก.9 การจัดลำดับของเรือ 9 ลำ ท่าเรือ 6 ท่า แบบขนาดเล็กมีความสำคัญมาก

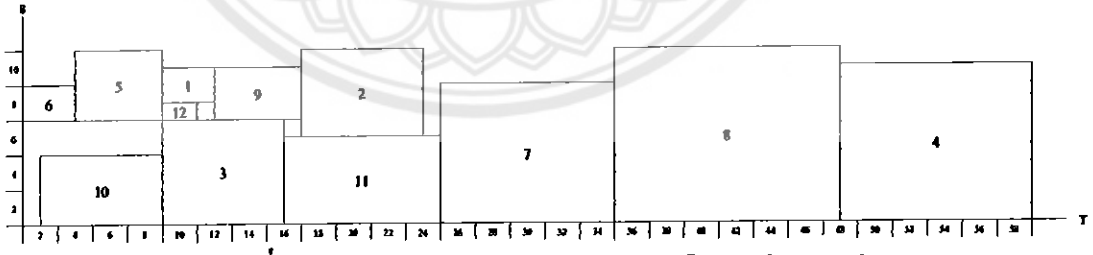
5. เรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม คำตอบที่ดีที่สุด คือ 267 ช่วงเวลา



รูปที่ ก.10 การจัดลำดับของเรือ 10 ลำ ท่าเรือ 5 ท่า แบบสุ่ม

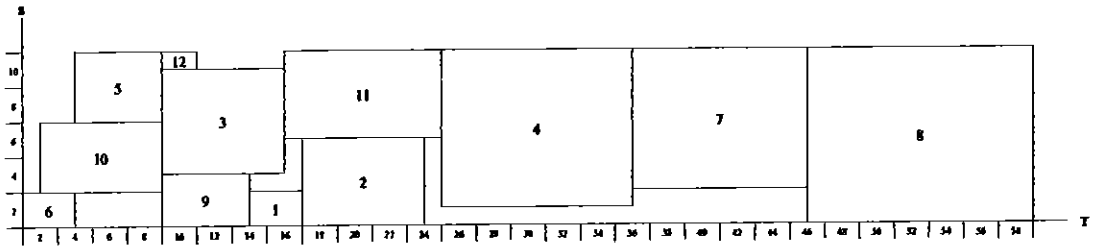
ปัญหาขนาดใหญ่

1. เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม คำตอบที่ดีที่สุด คือ 493 ช่วงเวลา



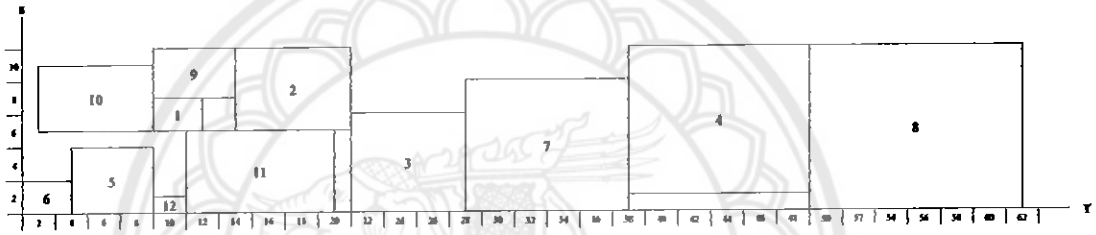
รูปที่ ก.11 การจัดลำดับของเรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า แบบสุ่ม

2. เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 895 ช่วงเวลา



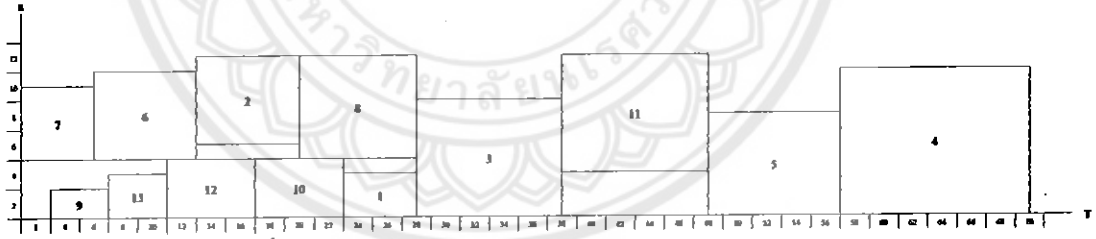
รูปที่ ก.12 การจัดลำดับของเรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า แบบขนาดใหญ่มีความสำคัญมาก

3. เรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า ความสำคัญของเรือแบบเรือขนาดเล็กมีความสำคัญมาก คำตอบที่ดีที่สุด คือ 402 ช่วงเวลา



รูปที่ ก.13 การจัดลำดับของเรือ 12 ลำ ท่าเรือ 10 ท่า แบบขนาดเล็กมีความสำคัญมาก

4. เรือ 13 ลำ ท่าเรือ 11 ท่า ความสำคัญของเรือแบบสุ่ม คำตอบที่ดีที่สุด คือ 690 ช่วงเวลา



รูปที่ ก.14 การจัดลำดับของเรือ 13 ลำ ท่าเรือ 11 ท่า แบบสุ่ม