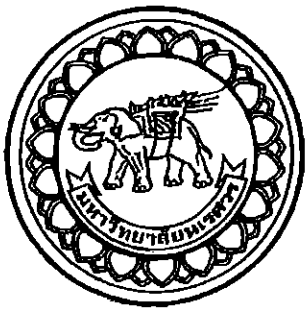


การจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

A MATHEMATICAL PROGRAMMING MODEL FOR THE DISCRETE LAYOUT BERTH ALLOCATION PROBLEM

นางสาวปัทมา บัวรอด รหัสนิสิต 51360837

นางสาวอรุณโรจน์ เชิงเขา รหัสนิสิต 51363807

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 1590170
เลขเรียกหนังสือ ม.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว533 ก
2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวปัทมา บัวรอด รหัส 51360837

นางสาวอรุณโรจน์ เชิงเขา รหัส 51363807

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ

(ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม)

.....กรรมการ

(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวปัทมา บัวรอด รหัส 51360837
	นางสาวอรุณโรจน์ เชิงเขา รหัส 51363807
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการแข่งขันทางการค้า ซึ่งค่าขนส่งมีผลต่อราคาสินค้าถ้าค่าขนส่งราคาถูกก็จะช่วยลดภาระต้นทุนของสินค้าได้ การขนส่งสินค้าทางทะเลจึงเป็นการขนส่งอีกทางหนึ่งที่ได้รับการนิยมเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ถูก และสามารถขนส่งสินค้าได้คราวละมากๆ ฉะนั้นเมื่อมีการใช้บริการการขนส่งทางด้านนี้มากจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนสำหรับเรือแต่ละลำที่จะรับบริการจากท่าเรือแต่ละท่า การแก้ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือนี้ใช้หลักของการวิจัยการดำเนินงาน และได้ทำการศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างแบบจำลอง การวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) ขึ้นมาเพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง โดยมีการกำหนดจำนวนเครนให้กับเรือเพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ น้อยที่สุด

เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดผู้จัดทำจึงได้กำหนดขนาดของปัญหาขึ้นมา 3 ขนาดด้วยกัน และทำการกำหนดเงื่อนไขของขนาดของปัญหาที่ต้องการพิจารณา เพื่อความหลากหลายของปัญหา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประมวลผล และใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งและโซฟเวอร์แบบที่สอง ในการหาคำตอบ โดยกลุ่มของผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) และทำการประมวลผลเพื่อหาคำตอบ แต่ทว่าเมื่อทำการประมวลผลของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008) ถึงแม้ว่าจะได้ผลออกมาเป็นแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นตรง และสามารถหาคำตอบได้ แต่เมื่อได้ทำการเพิ่มเงื่อนไขเข้าไปในแบบจำลอง โดยการเพิ่มจำนวนเครนเข้าไปแล้ว ไม่สามารถทำให้แบบจำลองเป็นแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นตรงเหมือนเดิมได้ กลุ่มของผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างแบบจำลองใหม่ขึ้นมา ซึ่งเป็นแบบจำลองการโปรแกรมไม่เป็นเส้นตรง เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ได้เพิ่มเข้าไปในแบบจำลอง โดยแบบจำลองใหม่ที่ได้มีความถูกต้อง และสามารถหาคำตอบได้ ในปัญหาขนาดเล็ก คือ จำนวนท่าเรือ 3 ท่าและจำนวนเรือ 5 ลำ แต่เมื่อเพิ่มขนาดของปัญหาแล้ว ทำให้การประมวลยังไม่ได้คำตอบตามที่ต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ ได้จัดทำขึ้นจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำโครงงานต้องขอขอบพระคุณ ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานเป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา คำชี้แนะ และสนับสนุนการทำปริญญานิพนธ์เป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณอาจารย์ บุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกๆ ท่านที่คอยให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจที่ดี ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวปัทมา บัวรอด
นางสาวอรุณโรจน์ เชิงเขา

มกราคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ก
บทคัดย่อภาษาไทย ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ช
สารบัญรูป ช

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart) 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4
2.1 การขนส่งทางทะเล 4
2.1.1 การขนส่งทางเรือด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์ 4
2.1.2 หน้าที่ของท่าเรือ 5
2.1.3 ลักษณะของท่าเรือ 5
2.1.4 ปัญหาการตัดสินใจในการวางแผนปฏิบัติงานของท่าเรือ 7
2.2 ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือ 8
2.2.1 การเทียบท่าของเรือ 9
2.2.2 เงื่อนไขของช่วงเวลา 9
2.3 ตัวอย่างปัญหาและแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ 10
2.4 การวิจัยการดำเนินงาน 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 ความหมายของการวิจัยการดำเนินงาน 29
2.4.2 การจัดตั้งปัญหา 30
2.4.3 การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ 30
2.4.4 การคำนวณหาผลลัพธ์ 30
2.4.5 การทดสอบผลลัพธ์ 31
2.4.6 การนำผลลัพธ์ไปใช้แก้ปัญหา 31
2.4.7 เทคนิคหรือวิธีการวิจัยการดำเนินงานที่สำคัญ 31
2.5 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ 32
2.5.1 โปรแกรม Microsoft Excel 32
2.5.2 โปรแกรมสร้างแบบจำลองสำเร็จรูป 33

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 34
3.1 ศึกษาแบบจำลองของปัญหาการจัดสรรท่าเรือแบบไม่ต่อเนื่องโดยศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) 35
3.2 ศึกษาข้อมูลการเขียนโปรแกรมสำเร็จรูป 35
3.3 ปรับปรุงแบบจำลอง Mathematical Programming 35
3.4 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 36
3.5 เขียนแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ 36
3.6 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อค้นหาคำตอบ 36
3.7 สรุปผลและนำเสนอผลงาน 36

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 37
4.1 กำหนดโจทย์ปัญหา 37
4.1.1 ข้อตกลงเบื้องต้นในการปรับปรุงแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ 37
4.1.2 เงื่อนไขในการกำหนดโจทย์ปัญหา 38
4.1.3 โจทย์ปัญหาแบ่งเป็น 3 ขนาด 38
4.2 ผลการประมวลผลของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qugz (2008) 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาตร์ของ Hansen and Qguz (2008)..... 39
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ ผลการประมวลผลของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008) 43
4.3 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ โดยการเพิ่มจำนวนเครนให้กับเรือเพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง 44
4.3.1 การพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ 44
4.3.2 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่หนึ่ง 46
4.3.3 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สอง..... 47
4.3.4 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สาม 48
4.3.4 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่..... 51
4.4 ผลการรันโปรแกรมของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์โดยการเพิ่มจำนวนเครนให้กับเรือ เพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง.. 52

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 57
5.1 สรุปผล 57
5.1.1 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008)..... 57
5.1.2 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ โดยการเพิ่มจำนวนเครนให้กับเรือเพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง 58
5.2 ข้อเสนอแนะ 58

เอกสารอ้างอิง 59
ภาคผนวก ก..... 60
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 96

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย (Gantt chart) 3

2.1 ตัวอย่างการจัดสรรการเทียบท่าของเรือ 10

4.1 คำตอบของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008) 41

4.2 แสดงจำนวนเครนที่ถูกกำหนดให้เรือแต่ละลำ 55

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เส้นทางการขนส่งสินค้าเริ่มจากการยกขนสินค้าลงเรือจากท่าหนึ่งไปสู่อีกท่าหนึ่ง 5

2.2 ท่าเรือที่พัฒนาจากรูปแบบท่าที่เป็นธรรมชาติ 5

2.3 ท่าเรือที่ออกแบบการก่อสร้างให้มีรูปแบบที่แตกต่างไปจากสภาพท่าในธรรมชาติ 6

2.4 แสดงพื้นที่ของท่าเรือที่ใช้ในการขนส่ง 6

2.5 แสดงการทำงานของเครนกับเรือที่มาเทียบท่า 7

2.6 แสดงความสัมพันธ์การจัดลำดับการทำงานของท่าเรือ 8

2.7 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 3 11

2.8 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 7 11

2.9 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 1 12

2.10 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 4 12

2.11 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 5 13

2.12 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 6 13

2.13 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 2 14

2.14 ตัวอย่างการจัดสรรการเทียบท่าของเรือทุกลำ 15

2.15 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.2 18

2.16 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.3 กรณีที่ 1 18

2.17 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.3 กรณีที่ 2 19

2.18 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.4 กรณีที่เป็นไปได้แบบที่ 1 19

2.19 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.4 กรณีที่เป็นไปได้แบบที่ 2 20

2.20 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.4 กรณีที่เป็นไปไม่ได้ 20

2.21 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.5 กรณี 1 ไม่มีเรือเข้ามาเทียบท่า 21

2.22 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.5 กรณี 2 มีเรือเข้ามาจอด 22

2.23 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.5 กรณี 3 22

2.24 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.6 กรณี 1 ไม่มีเรือเข้ามาจอด 23

2.25 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.6 กรณี 2 มีเรือเข้ามาจอด 23

2.26 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.6 กรณีที่ 3 24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.27 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.7 กรณีที่ 1 24

2.28 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.7 ในกรณีที่เป็นไปไม่ได้ 25

2.29 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.8 26

2.30 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.8 26

2.31 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.9 27

2.32 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.10 28

3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง 34

4.1 กราฟเทียบเวลาของโจทย์แบบที่หนึ่ง โดยใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งและโซฟเวอร์แบบที่สอง ในการประมวลผล 43

4.2 กราฟเทียบเวลาของโจทย์แบบที่สอง โดยใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่ง และโซฟเวอร์แบบที่สอง ในการประมวลผล 43

4.3 แสดงเวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i ยังไม่เรียงต่อกัน ในกรณีที่ เรือ j ใช้เวลาในการดำเนินงานเท่ากับ 3 เมื่อหมายเลข 1 คือ เวลาที่มีเรือ j เข้ารับบริการและ หมายเลข 0 เวลาที่เรือ j ไม่ได้รับบริการ 50

4.4 แสดงเวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i ที่เรียงต่อกัน ในกรณีที่เรือ j ใช้เวลาในการดำเนินงานเท่ากับ 3 เมื่อหมายเลข 1 คือ เวลาที่มีเรือ j เข้ารับบริการ และหมายเลข 0 เวลาที่เรือ j ไม่ได้รับบริการ 51

4.5 แสดงการเข้าจอดเทียบท่าของเรือทุกลำ 54

4.6 แสดงการเข้าจอดเทียบท่าของเรือหมายเลข 4 55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันการแข่งขันของการค้า ซึ่งค่าขนส่งมีผลต่อราคาสินค้า ถ้าค่าขนส่งราคาถูกก็จะช่วยลดภาระต้นทุนของสินค้าได้ การขนส่งสินค้าทางทะเลจึงเป็นการขนส่งอีกทางหนึ่งที่ได้รับการนิยมเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ถูก และสามารถขนส่งสินค้าได้คราวละมากๆ การขนส่งสินค้าทางทะเลจึงเป็นระบบการขนส่งที่มีความสำคัญอีกระบบหนึ่ง เพราะมีความสำคัญต่อระบบการค้าระหว่างประเทศทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ฉะนั้นเมื่อมีการใช้บริการการขนส่งทางด้านนี้มากจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนสำหรับเรือแต่ละลำที่จะรับบริการจากท่าเรือแต่ละท่า จากปัญหาที่พบผู้ประกอบการค้าต่างๆ ต้องการระบบการขนส่งที่สามารถขนส่งสินค้าได้ครั้งละประมาณมากๆ เพื่อที่จะลดต้นทุนในการขนส่ง การขนส่งทางทะเลจึงมีบทบาทต่อการเป็นศูนย์กลางขนส่งเชื่อมโยงเส้นทางขนส่งระยะทางไกลระหว่างประเทศ จึงต้องมีท่าเรือขนาดใหญ่ และมีปริมาณสินค้าที่มากเพียงพอที่เรือสินค้าขนาดใหญ่จะมีความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์ การจัดสรรท่าเทียบเรือสามารถจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือที่เป็นไปได้ ใช้เวลาได้อย่างรวดเร็ว ลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความล่าช้า เวลาในการรอคอย และเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานต่ำสุด อีกทั้งผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาการกำหนดการทำงานของเครน และปัญหาในการจัดลำดับการทำงานของเครนได้อีกด้วย

ในการแก้ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือนี้ ใช้หลักของการวิจัยการดำเนินงาน และได้ทำการศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) ขึ้นมาเพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง โดยมีการกำหนดจำนวนเครนให้กับเรือ เพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ น้อยที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง โดยมีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเวลาในการรอคอย ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความล่าช้าน้อยที่สุด และมีการกำหนดจำนวนเครนให้กับเรือ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

แบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง โดยมีการกำหนดจำนวนเครนที่เหมาะสม

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

แบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ สามารถนำไปแก้ปัญหาจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องได้และมีความถูกต้อง

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

ศึกษาปัญหาระบบการจัดสรรท่าเรือแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อหาค่าใช้จ่ายเวลาในการรอคอย ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานน้อยที่สุด และกำหนดให้เครนทุกตัวมีความสามารถเท่ากัน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

กรกฎาคม พ.ศ. 2554 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart)

การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.8.1 ศึกษาแบบจำลองของปัญหาการจัดสรรท่าเรือแบบไม่ต่อเนื่องโดยศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008)	◄	———	———	———	———	———	———	———
1.8.2 ศึกษาข้อมูลการเขียนโปรแกรมสำเร็จรูป		◄	———	———	———	———	———	———
1.8.3 ปรับปรุงแบบจำลอง Mathematical Programming				◄	———	———	———	———
1.8.4 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง					◄	———	———	———
1.8.5 เขียนแบบจำลองลงบนคอมพิวเตอร์					◄	———	———	———
1.8.6 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อค้นหาคำตอบ						◄	———	———
1.8.7 สรุปผลและนำเสนอผลงาน								◄ ———

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องนี้ เป็นปัญหาเกี่ยวกับการหาค่าใช้จ่ายต่ำสุดที่ใช้ในการดำเนินงาน ในการแก้ปัญหานี้ต้องศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวกับการขนส่งทางทะเล ประเภทของท่าเรือ และทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการวางแผนการเทียบท่าของเรือ แต่เนื่องจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความยุ่งยาก จึงต้องนำหลักการและทฤษฎีต่างๆ ซึ่งจะกล่าวไว้ในบทนี้มาช่วยในการแก้ปัญหา

2.1 การขนส่งทางทะเล

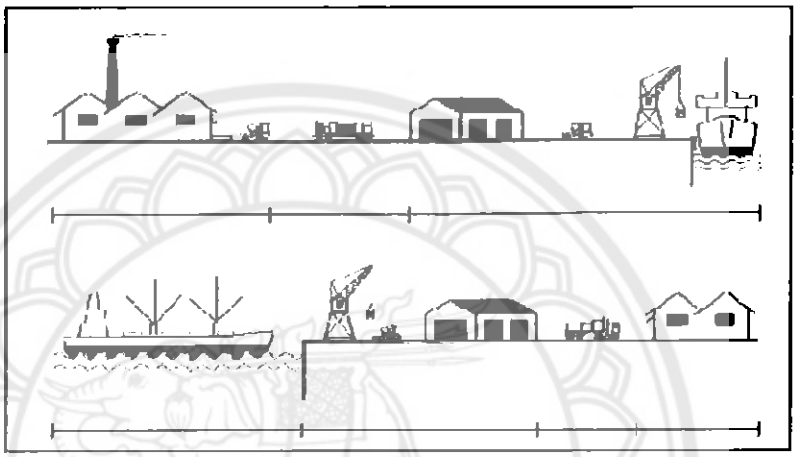
การขนส่งสินค้าทางทะเลเป็นระบบการขนส่งที่มีความสำคัญระบบหนึ่งในประเทศไทย เนื่องจากมีความสำคัญต่อระบบการค้าระหว่างประเทศทั้งในอดีตปัจจุบัน และในอนาคต เพราะการขนส่งทางทะเลใช้เส้นทางตามธรรมชาติที่ไม่เสียค่าก่อสร้าง และสามารถขนส่งสินค้าได้คราวละมากๆ ในปัจจุบันเศรษฐกิจของประเทศไทยได้ถูกพัฒนาควบคู่ไปกับการค้าระหว่างประเทศที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยประเทศไทยมีการขนส่งสินค้านำเข้า และส่งออกโดยใช้การขนส่งทางทะเลมากขึ้นทุกปี นอกจากนี้การขนส่งทางทะเลอาจมีบทบาทมากขึ้น เนื่องจากผู้ประกอบการค้าต่างๆ ต้องการระบบการขนส่งที่สามารถขนส่งสินค้าได้ครั้งละประมาณมากๆ เพื่อที่จะลดต้นทุนในการขนส่ง การขนส่งทางทะเลจึงมีบทบาทต่อการเป็นศูนย์กลางในการเชื่อมโยงเส้นทางขนส่งระยะทางไกลระหว่างประเทศซึ่งมีท่าเรือริมฝั่งทะเลหรือแม่น้ำซึ่งไม่ไกลจากทะเลมากนัก ประเทศที่จะได้ประโยชน์จากการขนส่งทางทะเลจึงเป็นประเทศที่มีพื้นที่ตั้งติดชายฝั่งทะเลต้องมีท่าเรือขนาดใหญ่ และจะต้องมีปริมาณสินค้าที่มากเพียงพอที่เรือสินค้าขนาดใหญ่จะมีความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์ที่จะเข้ามาเทียบท่าเป็นประจำในประเทศนั้นๆ อีกด้วย

2.1.1 การขนส่งทางเรือด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์

ในปัจจุบันรูปแบบการขนส่งทางทะเลส่วนใหญ่เป็นการขนส่งด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์ (Container Box) โดยสินค้าที่จะขนส่งจะต้อง มีการนำมาบรรจุตู้ (Stuffing) และมีการขนย้ายตู้ขึ้นไว้บนเรือสินค้าบรรจุตู้คอนเทนเนอร์ (Container Ship) ซึ่งจะออกแบบมาเป็นพิเศษ สำหรับใช้ในการขนส่งสินค้าด้วยตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งท่าเรือที่จะมารองรับเรือประเภทนี้จะต้องมีการออกแบบ ที่เรียกว่า Terminal Design เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งในเชิงวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยจะต้องประกอบด้วย ท่าเทียบเรือ เขื่อนกั้นคลื่น รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ

2.1.2 หน้าที่ของท่าเรือ

ท่าเรือเปรียบเสมือนเป็นจุดรวมเส้นทางของการขนส่งสินค้า และเป็นหน่วยที่มีความซับซ้อนมีองค์ประกอบที่ทำหน้าที่แตกต่างกันหลายส่วน โดยในแต่ละส่วนจะมีบทบาทเฉพาะของตนเองเพื่อทำหน้าที่อย่างมีประสิทธิภาพในการเก็บรักษา และขนถ่ายสินค้าตลอดจนทำหน้าที่เกี่ยวกับการเดินเรืออย่างสัมพันธ์กับเรือ เพื่อให้เกิดความปลอดภัย เส้นทางการขนส่งสินค้าจะเริ่มจากการยกขนสินค้าลงเรือจากท่าหนึ่งไปสู่อีกท่าหนึ่งดังแสดงในรูป 2.1

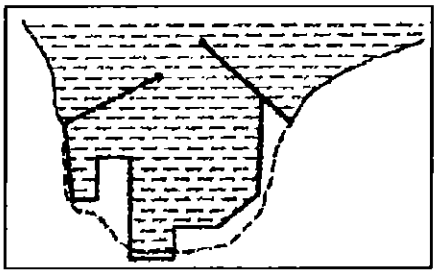


รูปที่ 2.1 เส้นทางการขนส่งสินค้า เริ่มจากการยกขนสินค้าลงเรือจากท่าหนึ่งไปสู่อีกท่าหนึ่ง

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

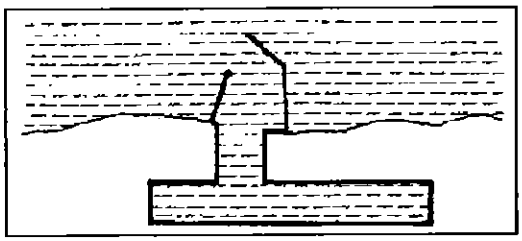
2.1.3 **ลักษณะของท่าเรือ**

รูปแบบท่าเรือโดยทั่วไปจะมี 2 ลักษณะ คือ เป็นท่าเรือที่พัฒนาจากรูปแบบท่าที่เป็นธรรมชาติ (Natural Harbour Configuration) หรือ ท่าเรือที่ออกแบบก่อสร้างให้มีรูปแบบแตกต่างไปจากสภาพท่าที่มีอยู่ในธรรมชาติ (Artificial Harbour Configuration) ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 ท่าเรือที่พัฒนาจากรูปแบบท่าที่เป็นธรรมชาติ

ที่มา : http://www.md.go.th/marine_knowledge/e-harbour.php



รูปที่ 2.3 ท่าเรือที่ออกแบบการก่อสร้างให้มีรูปแบบที่แตกต่างไปจากสภาพท่าในธรรมชาติ

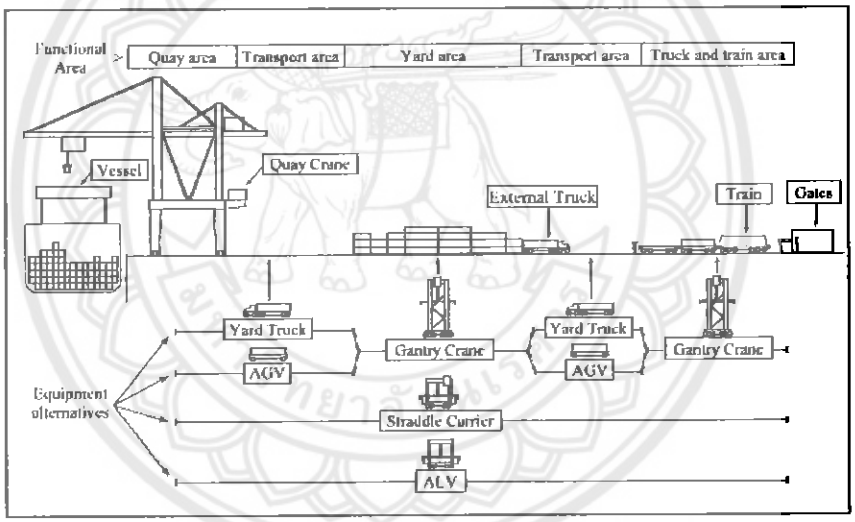
ที่มา : http://www.md.go.th/marine_knowledge/e-harbour.php

ท่าเรือประกอบด้วยพื้นที่หลัก 3 ส่วน ได้แก่

2.1.3.1 พื้นที่ส่วนที่ติดกับทะเลรวมถึงพื้นที่ในการทำงานของเครนซึ่งเป็นพื้นที่ในการขนส่ง (Seaside)

2.1.3.2 พื้นที่ส่วนที่มีไว้สำหรับเก็บตู้คอนเทนเนอร์ ที่ขนถ่ายลงมาจากเรือ (Yard)

2.1.3.3 พื้นที่ที่เกี่ยวกับการขนส่งคอนเทนเนอร์ทางบก (Landside)



รูปที่ 2.4 แสดงพื้นที่ของท่าเรือที่ใช้ในการขนส่ง

ที่มา : F.Meisel, Seaside Operations Planning in Container Terminals

จากรูปที่ 2.4 จะแสดงพื้นที่ของท่าเรือที่ใช้ในการขนส่ง โดยที่พื้นที่ส่วนที่ติดกับทะเลจะเริ่มตั้งแต่ในส่วนของ Quay area จนถึง Transport area พื้นที่ส่วนที่มีไว้สำหรับเก็บตู้คอนเทนเนอร์จะเป็นพื้นที่ที่ใช้เก็บตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมด คือ Yard area และในส่วนสุดท้ายพื้นที่ที่เกี่ยวกับการขนส่งคอนเทนเนอร์ทางบกจะเริ่มตั้งแต่ Transport area และ Truck and train area

2.1.4 ปัญหาการตัดสินใจในการวางแผนปฏิบัติงานของท่าเรือ

งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปยังการศึกษาปัญหาทางด้านพื้นที่ส่วนที่ติดกับทะเล ระบบการทำงานของท่าเรือในฝั่งทะเล มีความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานแบบต่างๆ ดังนี้

2.1.4.1 ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือ (Berth Allocation Problem)

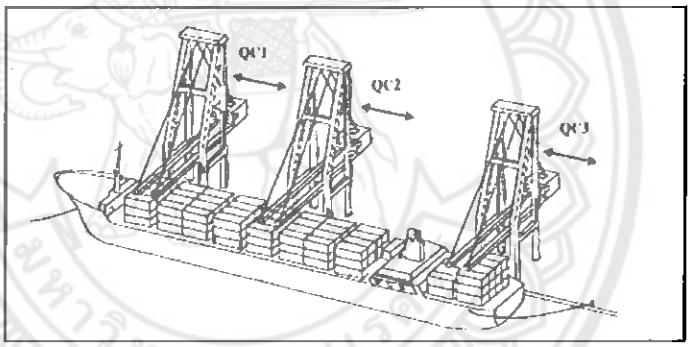
เป็นการจัดลำดับการเข้าเทียบท่าของเรือแต่ละลำที่จะเข้ามาในระบบการเทียบท่าของท่าเรือโดยจะมีการกำหนดเวลาที่เรือจะมาเทียบท่า และท่าเทียบเรือที่เรือจะต้องมาจอด

2.1.4.2 ปัญหาการกำหนดปริมาณของเครน (Quay Crane Assignment Problem)

เป็นที่ใช้ขนถ่ายสินค้าของเรือแต่ละลำ ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดลำดับท่าเทียบเรือ

2.1.4.3 ปัญหาการจัดลำดับการทำงานของเครน (Quay Crane Scheduling Problem)

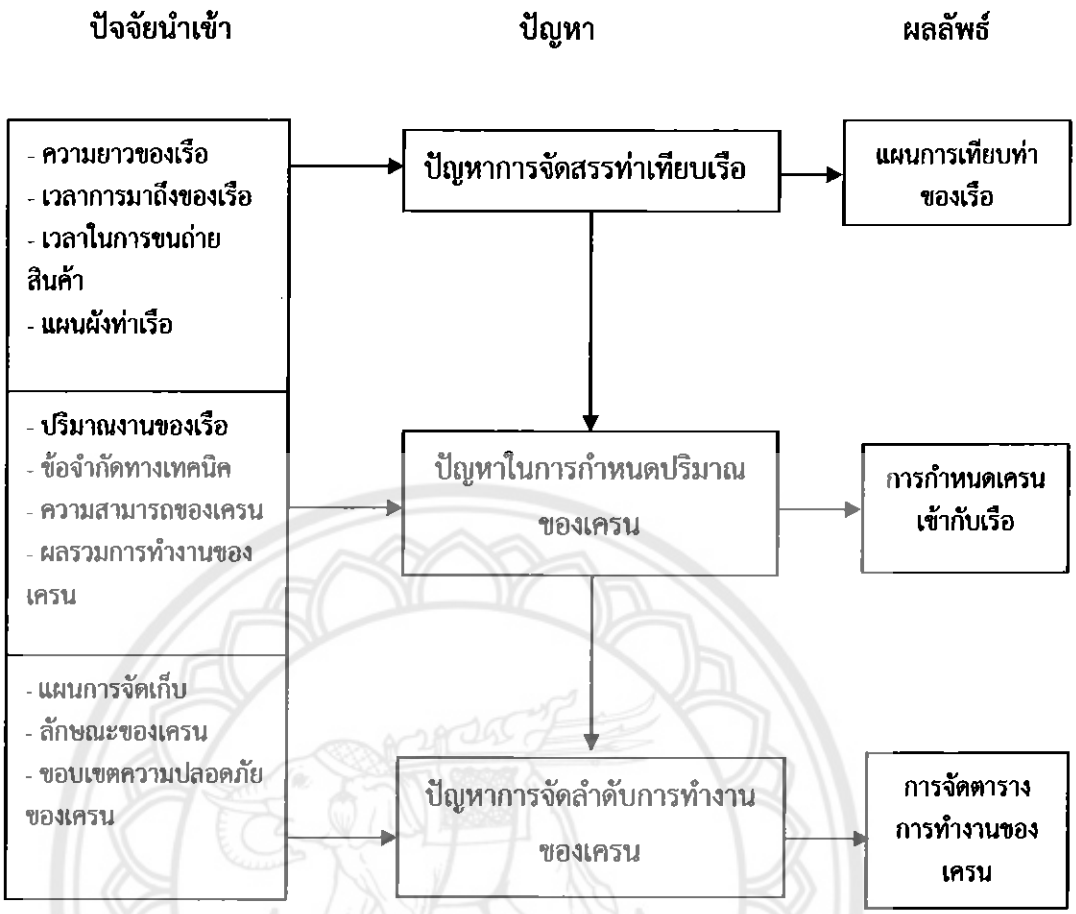
เป็นการกำหนดลำดับของการปฏิบัติ และการดำเนินงานในการขนถ่ายสินค้าของเครนในแต่ละเครนว่าจะทำงานอย่างไรดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของเครนกับเรือที่มาเทียบท่า

ที่มา : Kim, K.H., Park, Y.M., (2004)

ซึ่งทั้งสามปัญหาที่กล่าวมาเบื้องต้นนั้น มีความสัมพันธ์กันเพื่อให้เข้าใจในที่มา และความสำคัญในการศึกษาของปัญหามากขึ้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาทั้งสามแบบได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์การจัดลำดับการทำงานของท่าเรือ

ที่มา : Christian and Frank (2553)

จากแผนภาพจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือปัญหาการกำหนดการทำงานของเครน และปัญหาการจัดลำดับการทำงานของเครน แสดงถึงปัจจัยนำเข้าในแต่ละปัญหาที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ต้องการ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในส่วนของปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือ

2.2 ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือ

ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือ จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาการกำหนดการทำงานของเครน โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ มักจะรวมปัญหาทั้งสองนี้เข้าไว้ด้วยกันในปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือให้เป็นปัญหาเดียวกันซึ่งจัดได้ว่าเป็นปัญหาที่ยาก และใช้เวลานานเมื่อต้องแก้ด้วยแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ เป้าหมายหลักของการแก้ปัญหาการจัดลำดับท่าเรือ คือ การจัดลำดับการเทียบท่าของท่าเรือที่เป็นไปได้ใช้เวลาที่รวดเร็วเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด และผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังสามารถ

นำไปเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาการกำหนดการทำงานของเครน และปัญหาในการจัดลำดับการทำงานของเครนได้อีกด้วย

2.2.1 การเทียบท่าของเรือ

เงื่อนไขของปัญหาการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ ที่ต้องพิจารณามีดังต่อไปนี้

2.2.1.1 แผนผังแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete layout) คือ ท่าเรือที่กำหนดตำแหน่งของท่าเทียบเรือเป็นหมายเลข ซึ่งเรือหนึ่งลำสามารถจอดได้เพียงหนึ่งท่าเท่านั้น

2.2.1.2 แผนผังแบบต่อเนื่อง (Continuous layout) คือ ท่าเรือที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งของท่าเทียบเรือเป็นหมายเลข เรือสามารถจอดได้ทุกที่ภายในขอบเขตของท่าเรือการวางแผนสำหรับท่าเทียบเรือแบบต่อเนื่องจึงมีความยุ่งยากซับซ้อน

2.2.1.3 แผนผังแบบผสม (Hybrid layout) คือ ท่าเรือจะมีการกำหนดตำแหน่งของท่าเรือเป็นหมายเลขเหมือนกับแผนผังแบบไม่ต่อเนื่อง แต่ถ้าเรือมีขนาดใหญ่จะสามารถจอดที่ท่าเทียบเรือได้มากกว่าหนึ่งท่า ในขณะที่เรือขนาดเล็กจะแบ่งท่าเรือให้สามารถจอดเรือขนาดเล็กได้อีกหนึ่งลำ

2.2.2 เงื่อนไขของช่วงเวลา

ประกอบไปด้วยเวลาในการจอดเทียบท่า และช่วงเวลาการออกจากท่าเรือซึ่งสามารถแบ่งประเภทเงื่อนไขของเวลาการมาถึงได้ดังนี้

2.2.2.1 แบบสถิต (Static arrival) เรือเข้ามารอที่ท่าพร้อมๆ กันแล้วสามารถเข้าจอดเทียบท่าได้ทันที

2.2.2.2 แบบพลวัต (Dynamic arrival) เรือมีเวลาการมาถึง ซึ่งเป็นเวลาการมาถึงของเรือแต่ละลำที่แน่นอน โดยเรือไม่สามารถเข้ามาจอดได้ก่อนเวลาการมาถึง ในกรณีมีการจัดตารางเวลายังมีเงื่อนไขอีกว่าเรือจะสามารถรอคอยการเทียบท่าได้นานที่สุดเท่าใดอีกด้วย

2.3 ตัวอย่างปัญหาการจัดสรรท่าเรือแบบไม่ต่อเนื่อง และแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

หลังจากที่ได้มีการค้นคว้าข้อมูล และศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) ดังนั้นต่อไป จึงเป็นการศึกษาการกำหนดตัวแปรการกำหนดสมการเป้าหมายข้อจำกัดต่างๆ และเพื่อให้การศึกษาแบบจำลองสามารถเข้าใจง่ายขึ้นจึงขอยกตัวอย่างปัญหา ซึ่งมีวิธีการแก้ปัญหาแบบง่ายๆ ประกอบคำอธิบายดังนี้ โดยกำหนดให้มีเรือมาเทียบท่า 7 ลำและมีท่าเรือจำนวน 3 ท่า

จุดประสงค์ คือ ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการดำเนินงานซึ่งได้มาจากจำนวนชั่วโมงที่รอคอยคูณกับค่าใช้จ่ายจากการรอคอยรวมกับเวลาที่ใช้ดำเนินการคูณกับค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานลบกับผลประโยชน์ที่ได้รับคูณเวลาที่ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด และรวมกับค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้าคูณกับเวลาที่ดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนด

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ

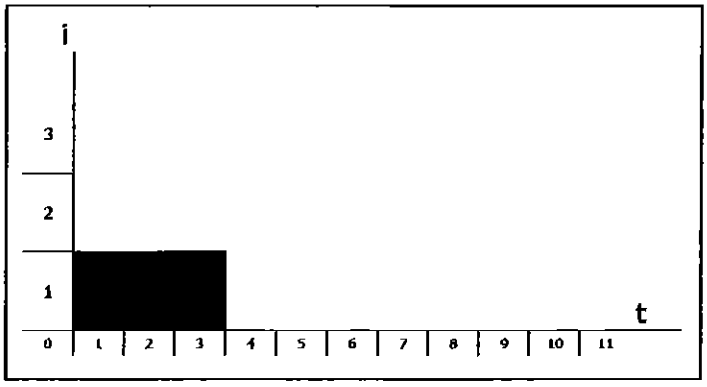
เรือ	เวลาที่เรือมาถึง	เวลาที่ใช้ดำเนินงาน	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	10	3	2	1	2
2	9	2	11	3	2	1	2
3	1	3	5	3	2	1	2
4	3	3	8	3	2	1	2
5	4	4	10	3	2	1	2
6	8	2	10	3	2	1	2
7	1	4	6	3	2	1	2

ให้หาคำตอบที่เป็นไปได้ ของปัญหาข้อนี้

กำหนดให้ แกน x เป็นเวลา (t)

แกน y เป็นจำนวนท่าเรือ (i)

จากกฎ First Come First Serve สามารถดำเนินการวางแผนการจัดสรรการเทียบท่าได้ดังนี้



รูปที่ 2.7 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 3

จากรูปที่ 2.7 เรือหมายเลข 3 เข้ามาจอดในท่าเรือที่ 1 ในชั่วโมงที่ 1 ทำให้ท่าเรือที่ 1 มีค่าใช้จ่ายดังนี้

จำนวนชั่วโมงที่รอคอยคูณค่าใช้จ่ายจากการรอคอยเท่ากับ 0

เวลาที่ใช้ดำเนินงานคูณค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานเท่ากับ 3(2) = 6

ผลประโยชน์ที่ได้รับคูณเวลาที่ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดเท่ากับ 2(1) = 2

ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้าคูณกับเวลาที่ดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนดเท่ากับ 0

ดังนั้น ท่าเรือที่ 1 มีค่าใช้จ่าย 0+6-2+0 = 4 หน่วย

รูปที่ 2.8 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 7

จากรูปที่ 2.8 เรือหมายเลข 7 เข้ามาจอดในท่าเรือที่ 2 ในชั่วโมงที่ 1 ทำให้ท่าเรือที่ 2 มีค่าใช้จ่ายดังนี้

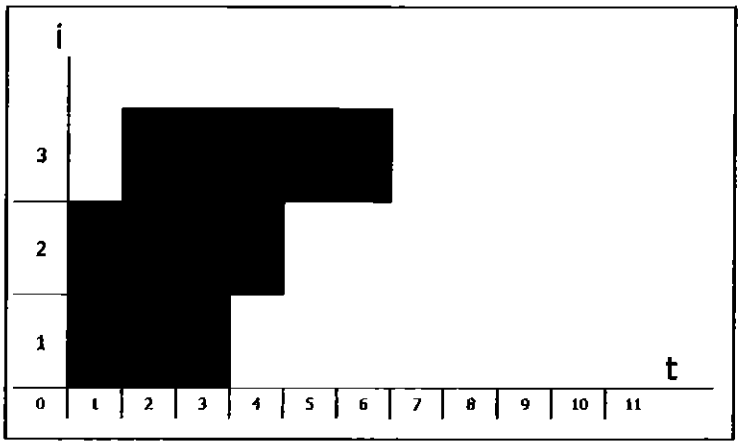
จำนวนชั่วโมงที่รอคอยคูณค่าใช้จ่ายจากการรอคอยเท่ากับ 0

เวลาที่ใช้ดำเนินงานคูณค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานเท่ากับ 4(2) = 8

ผลประโยชน์ที่ได้รับคูณเวลาที่ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดเท่ากับ 1(1) = 1

ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้าคูณกับเวลาที่ดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนดเท่ากับ 0

ดังนั้น ท่าเรือที่ 2 มีค่าใช้จ่าย 0+8-1+0 = 7 หน่วย



รูปที่ 2.9 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 1

จากรูปที่ 2.9 เรือหมายเลข 1 เข้ามาจอดในท่าเรือที่ 3 ในชั่วโมงที่ 2 ทำให้ท่าเรือที่ 3 มีค่าใช้จ่ายดังนี้

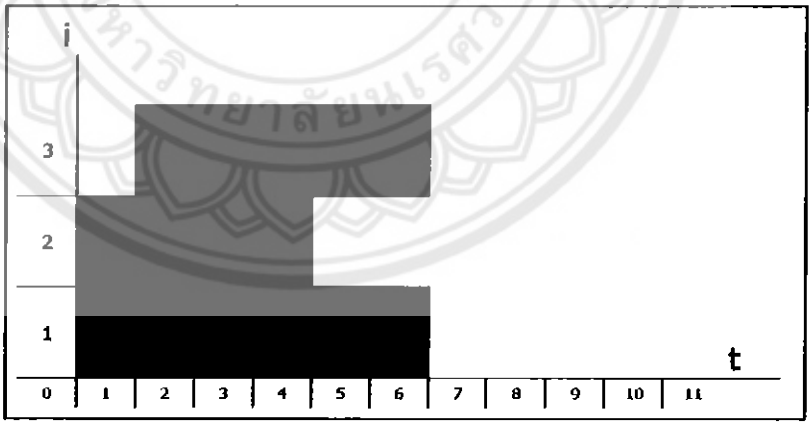
จำนวนชั่วโมงที่รอคอยคูณค่าใช้จ่ายจากการรอคอยเท่ากับ 0

เวลาที่ใช้ดำเนินงานคูณค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานเท่ากับ 5(2) = 10

ผลประโยชน์ที่ได้รับคูณเวลาที่ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดเท่ากับ 3(1) = 3

ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้าคูณกับเวลาที่ดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนดเท่ากับ 0

ดังนั้น ท่าเรือที่ 3 มีค่าใช้จ่าย 0+10-3+0 = 7 หน่วย



รูปที่ 2.10 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 4

จากรูปที่ 2.10 เรือหมายเลข 4 มาถึงชั่วโมงที่ 3 เข้ามาจอดในท่าเรือที่ 1 ในชั่วโมงที่ 4 ทำให้ท่าเรือที่ 1 มีค่าใช้จ่ายดังนี้

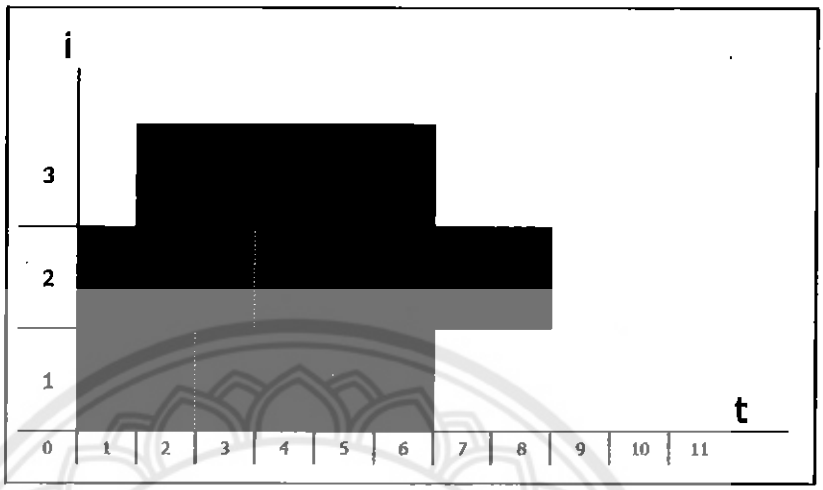
จำนวนชั่วโมงที่รอคอยคูณค่าใช้จ่ายจากการรอคอยเท่ากับ 1(3) = 3

เวลาที่ใช้ดำเนินงานคูณค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานงานเท่ากับ 3(2) = 6

ผลประโยชน์ที่ได้รับคูณเวลาที่ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดเท่ากับ 1(1) = 1

ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้าคูณกับเวลาที่ดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนดเท่ากับ 0

ดังนั้น ท่าเรือที่ 1 มีค่าใช้จ่าย 3+6-1+0 = 8 หน่วย



รูปที่ 2.11 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 5

จากรูปที่ 2.11 เรือหมายเลข 5 มาถึงชั่วโมงที่ 4 เข้ามาจอดในท่าเรือที่ 2 ในชั่วโมงที่ 5 ทำให้ท่าเรือที่ 2 มีค่าใช้จ่ายดังนี้

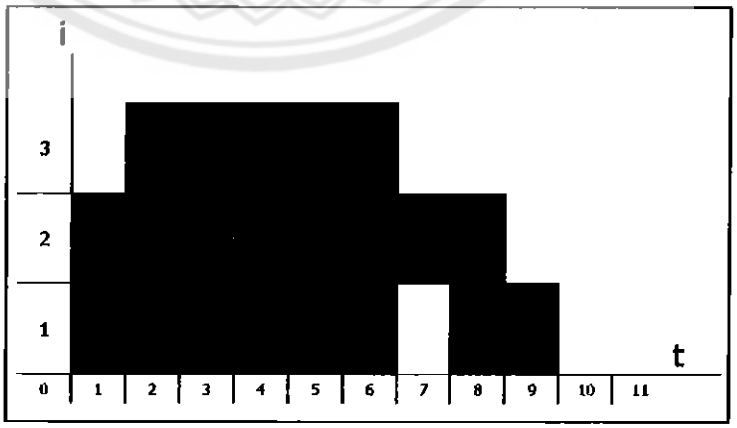
จำนวนชั่วโมงที่รอคอยคูณค่าใช้จ่ายจากการรอคอยเท่ากับ 1(3) = 3

เวลาที่ใช้ดำเนินงานคูณค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานเท่ากับ 4(2) = 8

ผลประโยชน์ที่ได้รับคูณเวลาที่ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดเท่ากับ 1(1) = 1

ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้าคูณกับเวลาที่ดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนดเท่ากับ 0

ดังนั้น ท่าเรือที่ 2 มีค่าใช้จ่าย 3+8-1+0 = 10 หน่วย



รูปที่ 2.12 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 6

จากรูปที่ 2.12 เรือหมายเลข 6 เข้ามาจอดในท่าเรือที่ 1 ในชั่วโมงที่ 8 ทำให้ท่าเรือที่ 1 มีค่าใช้จ่ายดังนี้

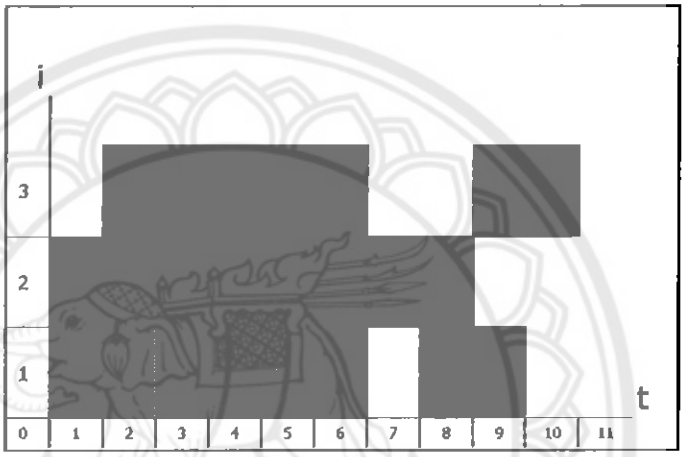
จำนวนชั่วโมงที่รอคอยคูณค่าใช้จ่ายจากการรอคอยเท่ากับ 0

เวลาที่ใช้ดำเนินงานคูณค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานเท่ากับ 2(2) = 4

ผลประโยชน์ที่ได้รับคูณเวลาที่ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดเท่ากับ 0

ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้าคูณกับเวลาที่ดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนดเท่ากับ 0

ดังนั้น ท่าเรือที่ 1 มีค่าใช้จ่าย 0+4-0+0 = 4 หน่วย



รูปที่ 2.13 การเทียบท่าของเรือหมายเลข 2

จากรูปที่ 2.13 เรือหมายเลข 2 เข้ามาจอดในท่าเรือที่ 3 ในชั่วโมงที่ 9 ทำให้ท่าเรือที่ 3 มีค่าใช้จ่ายดังนี้

จำนวนชั่วโมงที่รอคอยคูณค่าใช้จ่ายจากการรอคอยเท่ากับ 0

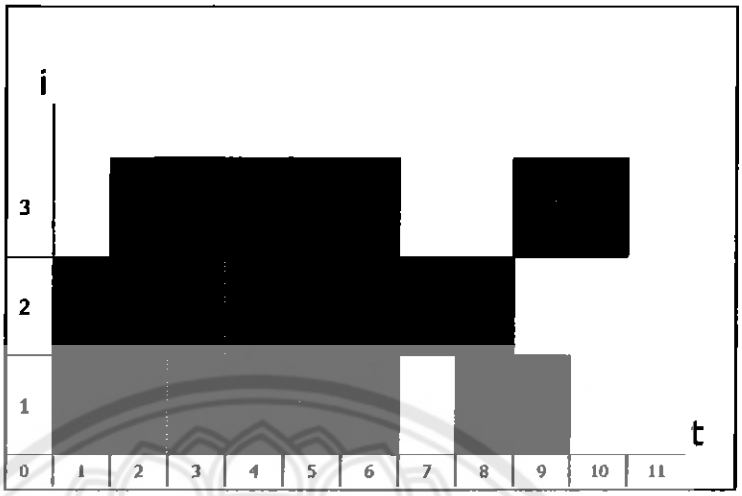
เวลาที่ใช้ดำเนินงานคูณค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานเท่ากับ 2(2) = 4

ผลประโยชน์ที่ได้รับคูณเวลาที่ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดเท่ากับ 0

ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้าคูณกับเวลาที่ดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนดเท่ากับ 0

ดังนั้น ท่าเรือที่ 3 มีค่าใช้จ่าย 0+4-0+0 = 4 หน่วย

เมื่อจัดสรรการเทียบท่าของเรือเรียบร้อยแล้วจะได้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการจัดสรรการเทียบท่าของเรือทุกลำ

จากรูปที่ 2.14 ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของท่าเรือที่ 1 ท่าเรือที่ 2 และท่าเรือที่ 3 คือ 4+7+7+8+10+4+4 = 44 หน่วย

2.3.1 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

จากที่ได้ศึกษางานวิจัย และแนวคิดในการนำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาโดย Hansen and Oguz (2008) เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในท่าเรือซึ่งประกอบด้วยเวลาในการดำเนินงานเวลาในการรอคอย และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการดำเนินงานล่าช้าให้น้อยที่สุด ซึ่งในหัวข้อต่อไปจะเป็นการประกาศความหมายตัวแปรที่ใช้สำหรับแบบจำลองนี้

2.3.1.1 ดัชนี (Indexed)

i คือ หมายเลขของท่าเรือโดยที่ $i = 1, 2, ..., l$

j คือ หมายเลขของเรือโดยที่ $j = 1, 2, ..., T$

k คือ ลำดับของเรือที่เข้ามาจอดเทียบท่า

2.3.1.2 Parameters

S_i คือ เวลาที่ท่าเรือ i เริ่มทำงานในช่วงเวลาการวางแผน

A_j คือ เวลาการมาถึงของเรือ j

D_j คือ เวลาที่ตกลงกันไว้ว่าต้องดำเนินงานขนถ่ายให้เสร็จสิ้นของเรือ j

α_j คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอยของเรือ j

t_{ij} คือ เวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่าเรือ i

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเรือ j ในท่าเรือ i

β_j คือ ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานขนถ่ายเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด

γ_j คือ ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนด

2.3.1.3 ตัวแปรการตัดสินใจ

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ามีเรือ } j \text{ มาจอดในท่าเรือ } i \text{ เป็นลำดับที่ } k \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$z_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าไม่มีเรือมาจอดที่ท่าเรือ } i \text{ เป็นลำดับที่ } k \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$S_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{เวลาที่ท่าเรือ } i \text{ เริ่มให้บริการเรือลำดับที่ } k \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} \alpha_j s_{ik} & \text{ถ้าเรือ } j \text{ เข้ามาจอดในท่าเรือ } i \text{ เป็นลำดับที่ } k \text{ ลำแรกเริ่ม} \\ & \text{ดำเนินงานบนท่าเรือ } i \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$e_{ik} = \begin{cases} \beta_j (D_j - s_{ik} - t_{ij}) & \text{ถ้าเรือ } j \text{ มาจอดในท่าเรือ } i \text{ เป็นลำดับที่ } k \text{ และสามารถ} \\ & \text{ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดโดยที่ } D_j - s_{ik} - t_{ij} \geq 0 \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$\ell_{ik} = \begin{cases} \gamma_j (s_{ik} + t_{ij} - D_j) & \text{ถ้าเรือ } j \text{ ที่เข้ามาจอดในท่าเรือ } i \text{ เป็นลำดับที่ } k \\ & \text{และได้รับบริการจากท่าเรือโดยที่ } s_{ik} + t_{ij} - D_j \geq 0 \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

2.3.1.4 กำหนดโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของการคำนวณค่าใช้จ่ายของท่าเรือดังนี้

$$Min \quad \sum_{i\in B}\sum_{k\in V} y_{ik} - \sum_{j\in V}\alpha_j A_j + \sum_{i\in B}\sum_{j\in V}\sum_{k\in V} c_{ij}x_{ijk} - \sum_{i\in B}\sum_{k\in V} e_{ik} + \sum_{i\in B}\sum_{k\in V}\ell_{ik}, \qquad (2.1)$$

Subject to

$$\sum_{i\in B}\sum_{k\in V} x_{ijk} = 1 \ \forall j \in V, \qquad (2.2)$$

$$\sum_{j\in V} x_{ijk} + z_{ik} = 1 \ \forall i \in B, k \in V, \qquad (2.3)$$

$$z_{ik} \geq z_{i,k-1} \ \forall i \in B, k \in v \setminus \{1\}, \qquad (2.4)$$

$$s_{ik} \geq \sum_{j\in V} A_j x_{ijk} \ \forall i \in B, k \in V, \qquad (2.5)$$

$$s_{i1} \geq S_i - S_i z_{i1} \ \forall i \in B, \qquad (2.6)$$

$$s_{ik} \geq s_{i,k-1} + \sum_{j\in V} t_{ij}x_{ij,k-1} - Mz_{ik} \ \forall i \in B, k \in V, \qquad (2.7)$$

$$y_{ik} \geq \alpha_j s_{ik} + Mx_{ijk} - M \ \forall i \in B, k \in V, j \in V, \qquad (2.8)$$

$$e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \leq \beta_j D_j x_{ijk} - \beta_j s_{ik} - \beta_j t_{ij} x_{ijk} - Mx_{ijk} + M(1 - z_{ik})$$

$$\forall i \in B, k \in V, j \in V, \qquad (2.9)$$

$$\ell_{ik} \geq -\gamma_j D_j x_{ijk} + \gamma_j s_{ik} + \gamma_j t_{ij} x_{ijk} + Mx_{ijk} - M$$

$$\forall i \in B, k \in V, j \in V, \qquad (2.10)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \ \forall i \in B, k \in V, j \in V \qquad (2.11)$$

$$z_{ik} \in \{0,1\} \ \forall i \in B, k \in V, \qquad (2.12)$$

$$s_{ik} \geq 0 \ \forall i \in B, k \in V, \qquad (2.13)$$

$$y_{ik} \geq 0 \ \forall i \in B, k \in V, \qquad (2.14)$$

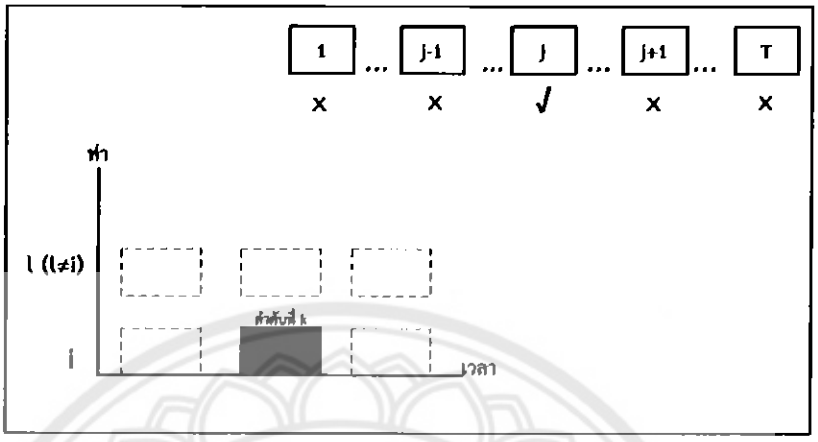
$$\ell_{ik} \geq 0 \ \forall i \in B, k \in V, \qquad (2.15)$$

$$e_{ik} \geq 0 \ \forall i \in B, k \in V, \qquad (2.16)$$

และกำหนดให้ M คือค่ามากมายมหาศาล

ก. เงื่อนไขที่ 2.2 $\sum_{i\in B}\sum_{k\in V} x_{ijk} = 1 \; \forall j \in V,$

หมายถึง เรือหนึ่งลำสามารถเข้าจอดในท่าเทียบเรือได้เพียง 1 ท่า 1 ลำดับ



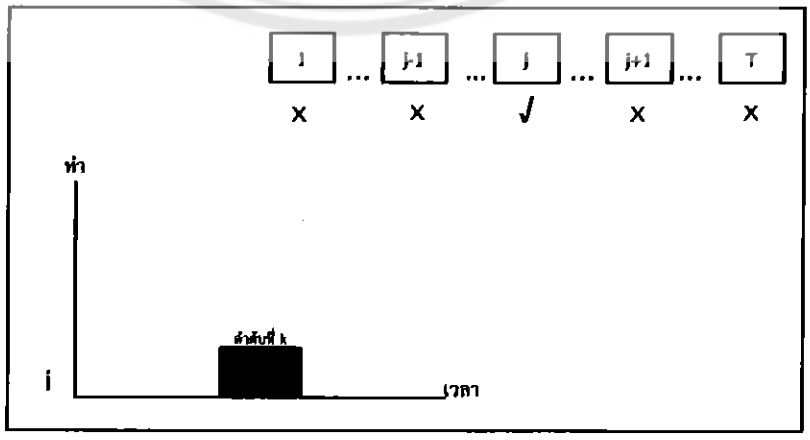
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.2

จากรูปที่ 2.2 เมื่อเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะได้ว่า $x_{ijk} = 1$

ข. เงื่อนไขที่ 2.3 $\sum_{j\in V} x_{ijk} + z_{ik} = 1 \; \forall i \in B, k \in V,$

สามารถแยกออกมาได้สองกรณีดังนี้

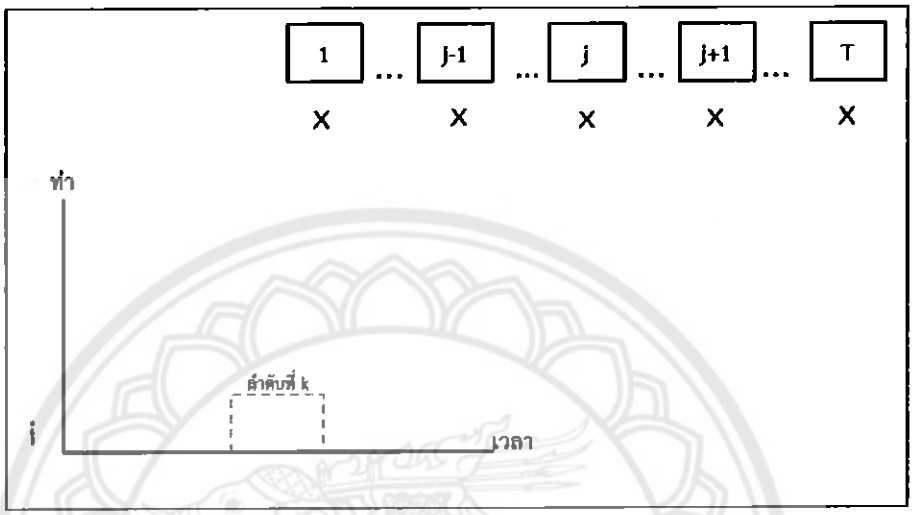
กรณีที่ 1 เมื่อเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $x_{ijk} = 1$ และค่า $z_{ik} = 0$



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.3 กรณีที่ 1

จากรูปที่ 2.16 เมื่อ $\sum_{j\in V} x_{ijk} + z_{ik} = 1$ จะได้ว่า 1+0 = 1

กรณีที่ 2 เมื่อไม่มีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $x_{ijk} = 0$ และค่า $z_{ik} = 1$



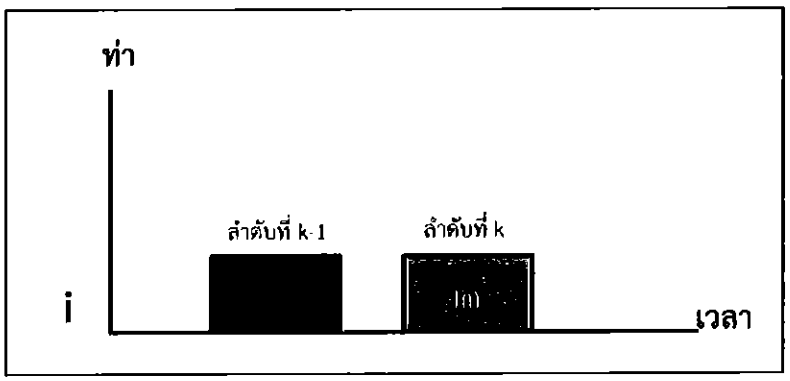
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.3 กรณีที่ 2

จากรูปที่ 2.17 เมื่อ $\sum_{j\in V} x_{ijk} + z_{ik} = 1$ จะได้ว่า 0+1 = 1

ค. เงื่อนไขที่ 2.4 $z_{ik} \geq z_{i,k-1}\ \forall i \in B, k \in v \setminus \{1\}$,

หมายถึง เรือลำดับที่ k ไม่สามารถเข้ามาจอดเทียบท่าก่อนเรือลำดับที่ $k-1$ ได้เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นจึงขออธิบายโดยแยกเป็นกรณีที่เป็นไปได้ และกรณีที่เป็นไปไม่ได้

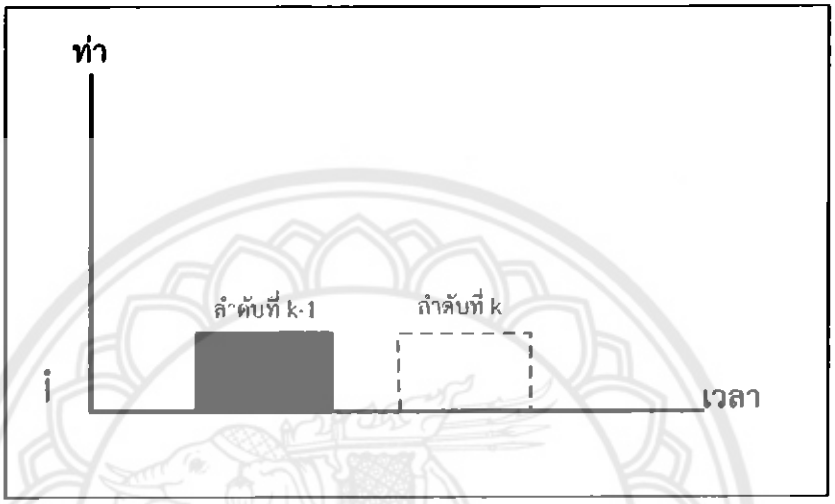
กรณีที่ 1 กรณีที่เป็นไปได้แบบที่ 1



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.4 กรณีที่เป็นไปได้แบบที่ 1

จากรูปที่ 2.18 มีเรือ n เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $z_{ik}=0$ และมีเรือ m เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ $k-1$ จะทำให้ค่า $z_{i,k-1}=0$ เมื่อ $z_{ik} \geq z_{i,k-1}$ ซึ่งเป็นจริงดังเงื่อนไขที่ 2.4

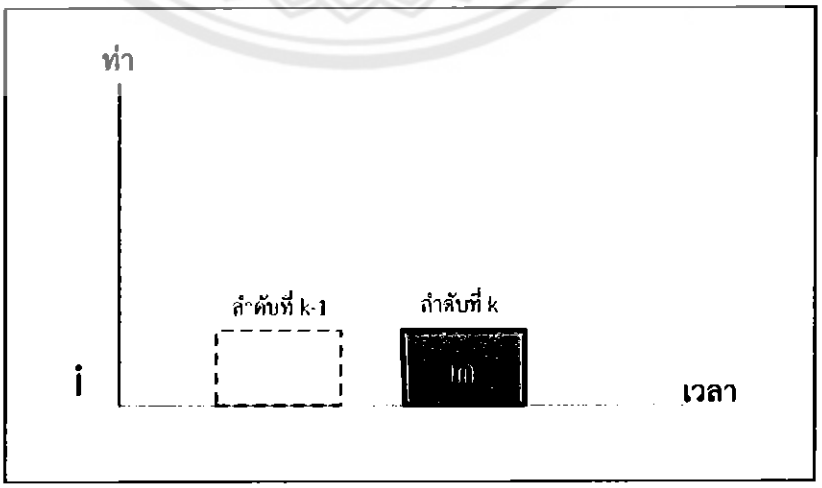
กรณีที่ 2 กรณีที่เป็นไปได้แบบที่ 2



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.4 กรณีที่เป็นไปได้แบบที่ 2

จากรูปที่ 2.19 ไม่มีเรือเข้ามาจอดในท่าที่ i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $z_{ik}=1$ และมีเรือ m เข้ามาจอดในท่า i ลำดับที่ $k-1$ จะทำให้ค่า $z_{i,k-1}=0$ เมื่อ $z_{ik} \geq z_{i,k-1}$ ซึ่งเป็นจริงดังเงื่อนไขที่ 2.4

กรณีที่ 3 กรณีที่เป็นไปไม่ได้



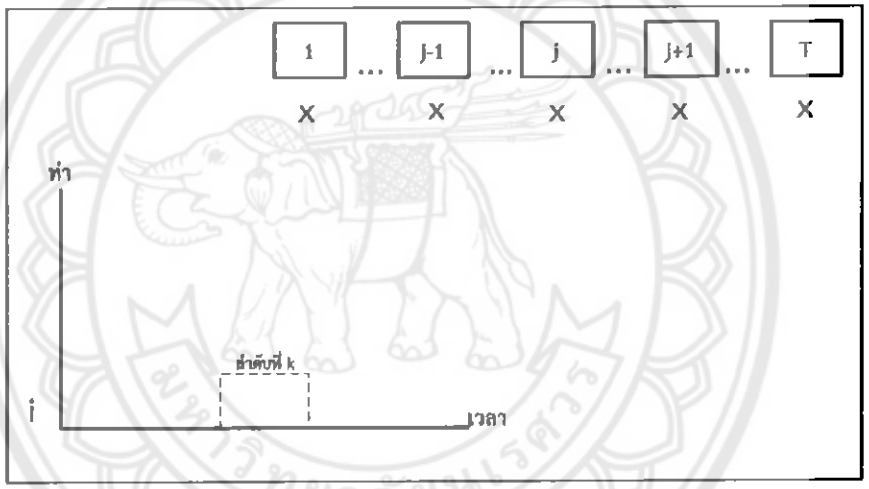
รูปที่ 2.20 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.4 กรณีที่เป็นไปไม่ได้

จากรูปที่ 2.20 มีเรือ n เข้ามาจอดในท่าที่ i เป็นลำดับที่ k แต่ไม่มีเรือเข้ามาจอดในลำดับที่ $k-1$ จะได้ว่า $z_{ik} \le z_{i,k-1}$ ซึ่งเป็นการละเมิดเงื่อนไขที่ 2.4

ง. เงื่อนไขที่ 2.5 $s_{ik} \ge \sum_{j \in V} A_j x_{ijk} \quad \forall i \in B, k \in V,$

หมายถึง เวลาเริ่มให้บริการของท่าเรือ i ที่ให้บริการกับเรือที่เข้ามาจอดเป็นลำดับที่ k จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับเวลาการมาถึงของเรือหมายเลข j ที่เข้ามาเทียบท่าในท่า i เป็นลำดับที่ k

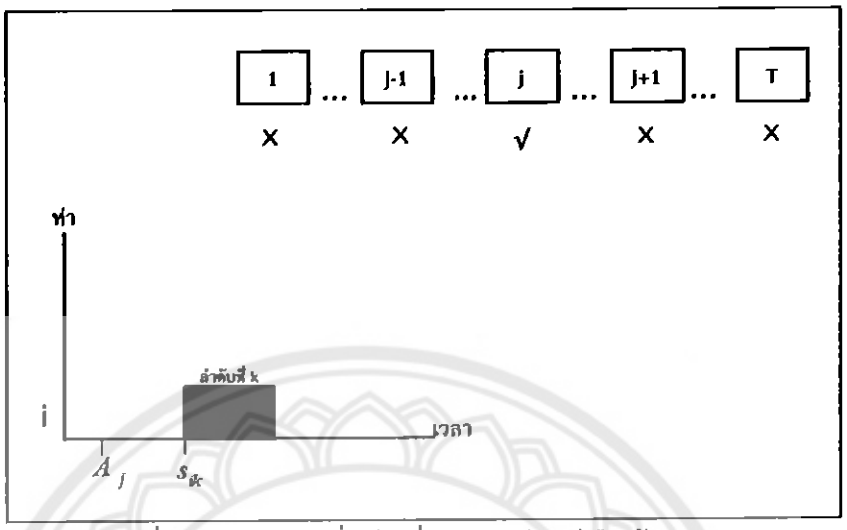
กรณีที่ 1 ไม่มีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $\sum_{j \in V} A_j x_{ijk} = 0$



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.5 กรณี 1 ไม่มีเรือเข้ามาเทียบท่า

จากรูปที่ 2.21 เมื่อ $s_{ik} \ge \sum_{j \in V} A_j x_{ijk}$ จะได้ว่า $s_{ik} \ge 0$

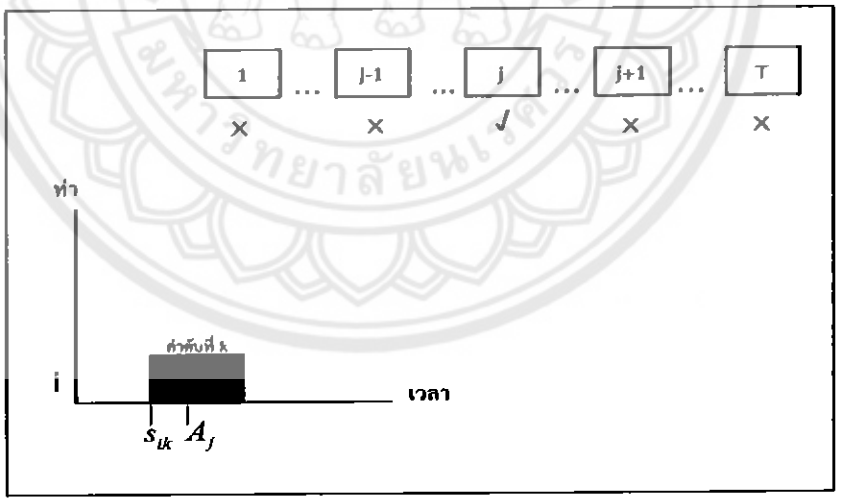
กรณีที่ 2 มีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่าที่ i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $x_{ijk}=1$ และ $x_{ihk}=0\ \forall h \in V$ และ $h \neq j$



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.5 กรณี 2 มีเรือเข้ามาจอด

จากรูปที่ 2.22 จะทำให้ $s_{ik} \geq A_j$

กรณีที่ 3 กรณีที่เป็นไปไม่ได้เพราะจะละเมิดเงื่อนไขที่ 2.5



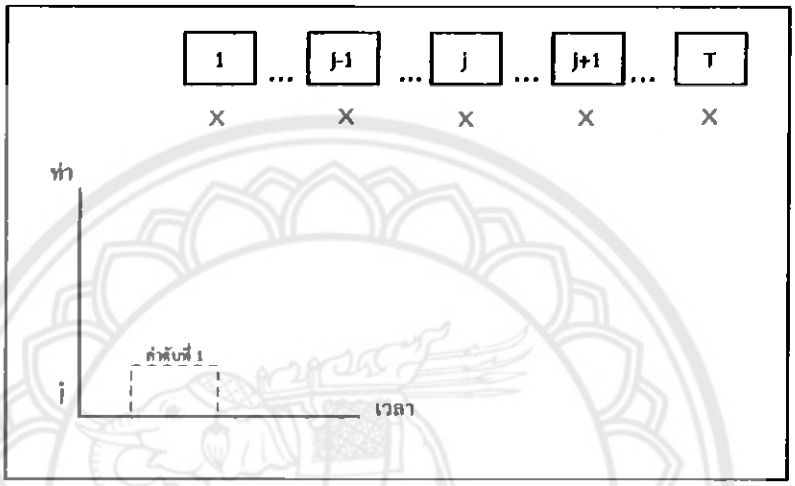
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.5 กรณี 3

จากรูปที่ 2.23จะได้ว่า $s_{ik} < A_j$

จ. เงื่อนไขที่ 2.6 $s_{i1} \geq S_i - S_i z_{i1} \; \forall i \in B,$

หมายถึง เวลาเริ่มให้บริการของท่าเรือ i ที่ให้บริการกับเรือที่เข้ามาจอดเทียบท่าเป็นลำดับที่ 1 ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ เวลาที่ท่าเรือ i เริ่มทำงานในช่วงเวลาการวางแผน

กรณีที่ 1 ไม่มีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ 1 จะทำให้ค่า $z_{i1} = 1$



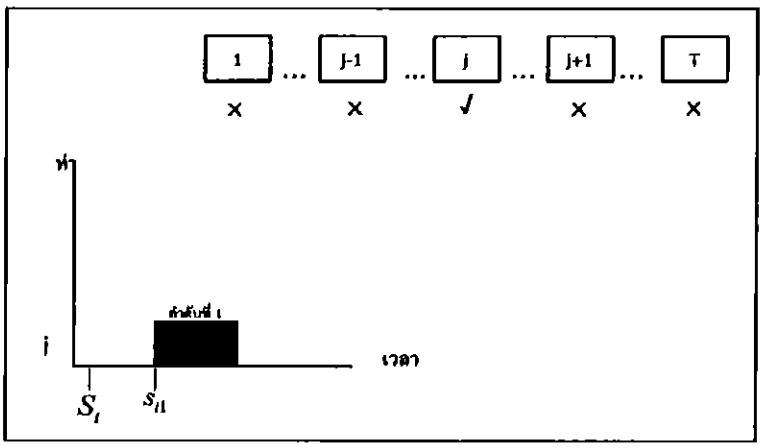
รูปที่ 2.24 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.6 กรณี 1 ไม่มีเรือเข้ามาจอด

เมื่อ $s_{i1} \geq S_i - S_i z_{i1}$

จะได้ว่า $s_{i1} \geq S_i - S_i(1)$

$s_{i1} \geq 0$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ 2.6

กรณีที่ 2 มีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $z_{i1} = 0$



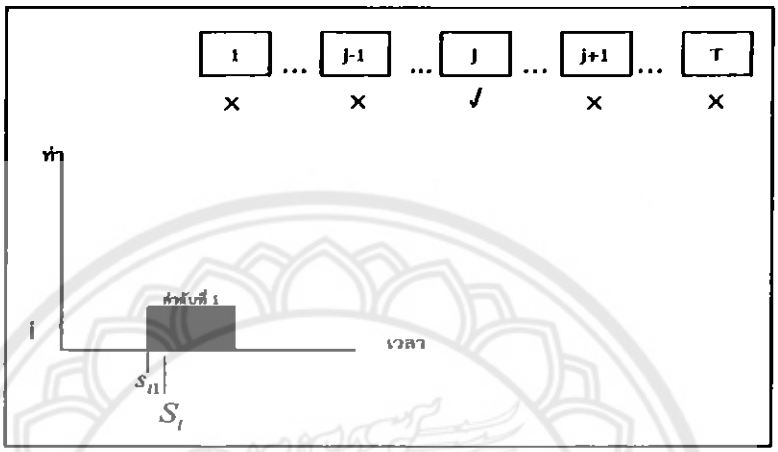
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.6 กรณี 2 มีเรือเข้ามาจอด

เมื่อ $s_{i1} \geq S_i - S_i z_{i1}$

จะได้ว่า $s_{i1} \geq S_i - S_i(0)$

$s_{i1} \geq S_i$ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ 2.6

กรณีที่ 3 กรณีที่เป็นไปไม่ได้เพราะละเมิดเงื่อนไขที่ 2.6



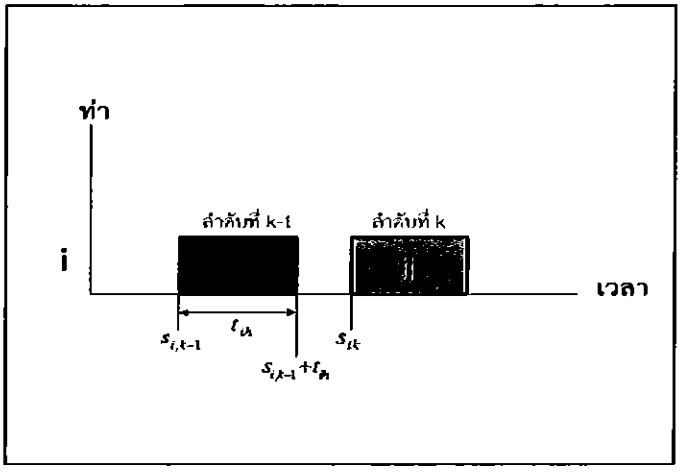
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.6 กรณีที่ 3

จากรูปที่ 2.26 จะได้ว่า $s_{i1} < S_i$

ฉ. เงื่อนไขที่ 2.7 $s_{ik} \geq s_{i,k-1} + \sum_{j \in V} t_{ij} x_{ij,k-1} - M_{ik} z_{ik} \quad \forall i \in B, k \in V,$

หมายถึงเวลาเริ่มให้บริการของท่าเรือ i ที่ให้บริการกับเรือที่เข้ามาจอดเป็นลำดับที่ k ต้องมากกว่าหรือเท่ากับเวลาที่ท่าเรือ i เริ่มให้บริการกับเรือที่เข้ามาจอดเป็นลำดับที่ $k-1$

กรณีที่ 1 ถ้ามีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $z_{ik} = 0$



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.7 กรณีที่ 1

จากรูป 2.27 เมื่อ $s_{ik} \geq s_{i,k-1} + \sum_{j \in V} t_{ij} x_{ij,k-1} - M_{ik} z_{ik}$

จะได้ว่า $s_{ik} \geq s_{i,k-1} + \sum_{j \in V} t_{ij} x_{ij,k-1} - M_{ik}(0)$

$$s_{ik} \geq s_{i,k-1} + \sum_{j \in V} t_{ij} x_{ij,k-1}$$

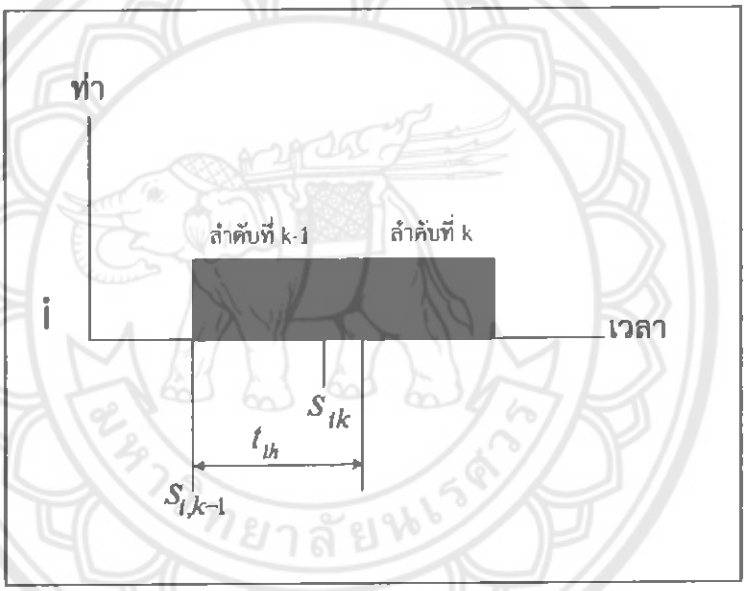
เนื่องจากมีเรือ h มาจอดเป็นลำดับที่ $k-1$ ในท่า i จะทำให้ค่า $x_{ih,k-1} = 1$

เมื่อ $s_{ik} \geq s_{i,k-1} + t_{ih} x_{ih,k-1}$

จะได้ว่า $s_{ik} \geq s_{i,k-1} + t_{ih}(1)$

$$s_{ik} \geq s_{i,k-1} + t_{ih}$$

กรณีที่ 2 กรณีที่เป็นไปไม่ได้เพราะละเมิดเงื่อนไขที่ 2.7



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.7 ในกรณีที่เป็นไปไม่ได้

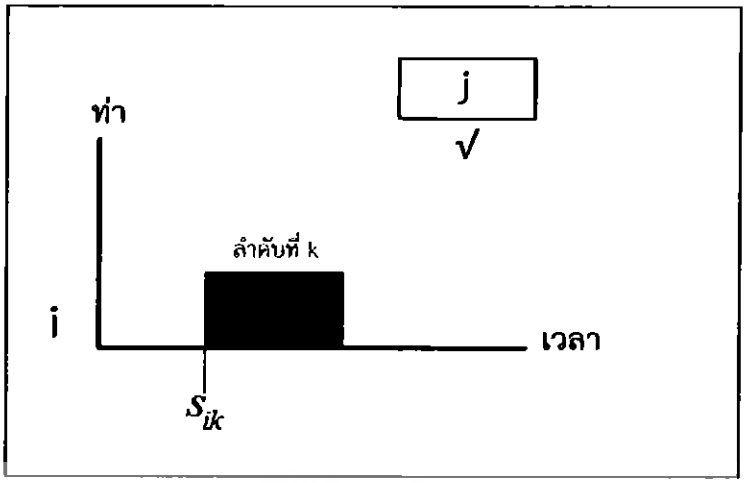
จากรูปที่ 2.28 จะเห็นได้ว่าเรือลำดับที่ k เริ่มรับบริการจากท่า i ในขณะที่เรือลำดับที่ $k-1$ ยังรับบริการไม่เสร็จ ซึ่งไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ 2.7

ช. เงื่อนไขที่ 2.8 $y_{ik} \geq \alpha_j s_{ik} + M x_{ijk} - M \quad \forall i \in B, k \in V, j \in V,$

เป็นการกำหนดความหมายของตัวแปร y_{ik} ซึ่งหมายถึงค่าใช้จ่ายที่เริ่มดำเนินงานตั้งแต่เวลาที่ศูนย์จนถึงเวลาที่เริ่มต้นดำเนินงาน

กรณีที่ 1 ถ้าเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $x_{ijk} = 1$

I5909170
ม5330
2554



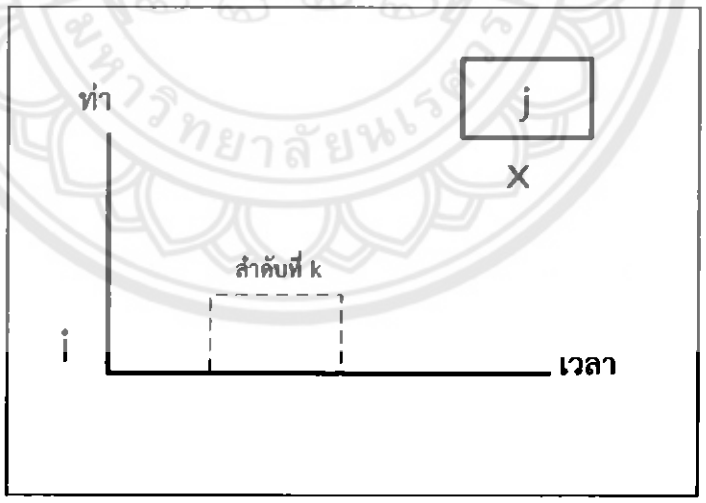
รูปที่ 2.29 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.8

จากรูปที่ 2.29 เมื่อ $y_{ik} \geq \alpha_j s_{ik} + Mx_{ijk} - M$

จะได้ว่า $y_{ik} \geq \alpha_j s_{ik} + M(1) - M$

$$y_{ik} \geq \alpha_j s_{ik}$$

กรณีที่ 2 ถ้าไม่มีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $x_{ijk} = 0$



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.8

จากรูป 2.30 เมื่อ $y_{ik} \geq \alpha_j s_{ik} + Mx_{ijk} - M$

จะได้ว่า $y_{ik} \geq \alpha_j s_{ik} + M(0) - M$

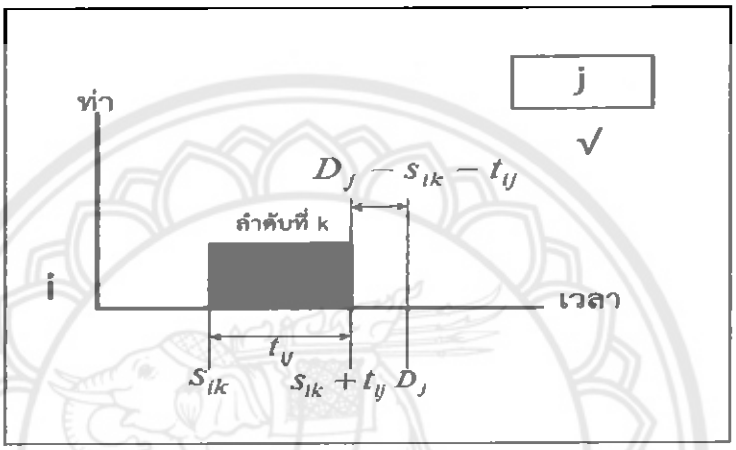
$$y_{ik} \geq -M$$

$$y_{ik} \geq -\infty$$

ช. เงื่อนไขที่ 2.9 $e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le \beta_j D_j x_{ijk} - \beta_j s_{ik} - \beta_j t_{ij} x_{ijk} - M x_{ijk} + M(1 - z_{ik})$

$\forall i \in B, k \in V, j \in V,$

เมื่อ e_{ik} คือ ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด ถ้ามีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $x_{ijk} = 1$ และ $z_{ik} = 0$ และดำเนินงานขนถ่ายเสร็จสิ้นก่อนเวลาที่ตกลงกันไว้



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.9

จากรูปที่ 2.31

เมื่อ $e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le \beta_j D_j x_{ijk} - \beta_j s_{ik} - \beta_j t_{ij} x_{ijk} - M x_{ijk} + M(1 - z_{ik})$

จะได้ว่า $e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le \beta_j D_j (1) - \beta_j s_{ik} - \beta_j t_{ij} (1) - M(1) + M(1 - 0)$

$$e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le \beta_j D_j - \beta_j s_{ik} - \beta_j t_{ij}$$

$$e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le \beta_j (D_j - s_{ik} - t_{ij})$$

$$e_{ik} \le \beta_j (D_j - s_{ik} - t_{ij}) + \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik}$$

ถ้า e_{ik} เป็นมีค่าบวกแล้ว จะทำให้ ℓ_{ik} มีค่าเป็นศูนย์

จะได้ว่า $e_{ik} \le \beta_j (D_j - s_{ik} - t_{ij})$

ซึ่งหมายความว่าเมื่อเรือ j มาจอดในท่า i และรับบริการเสร็จสิ้นก่อนเวลาที่ตกลงกันไว้จะทำให้ท่าเรือ i ได้รับผลประโยชน์จากการดำเนินงานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดเท่ากับ $\beta_j (D_j - s_{ik} - t_{ij})$ ถ้าไม่มีเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k แต่เมื่อมีเรือหมายเลข h เข้ามาจอดในท่า i เป็นลำดับที่ k จะได้ว่า $x_{ijk} = 0, x_{ihk} = 1$ และ $z_{ik} = 0$

เมื่อ $e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le \beta_j D_j x_{ijk} - \beta_j s_{ik} - \beta_j t_{ij} x_{ijk} - M x_{ijk} + M(1 - z_{ik})$

จะได้ว่า $e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le \beta_j D_j(0) - \beta_j s_{ik} - \beta_j t_{ij}(0) - M(0) + M(1-0)$

$$e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le -\beta_j s_{ik} + M$$

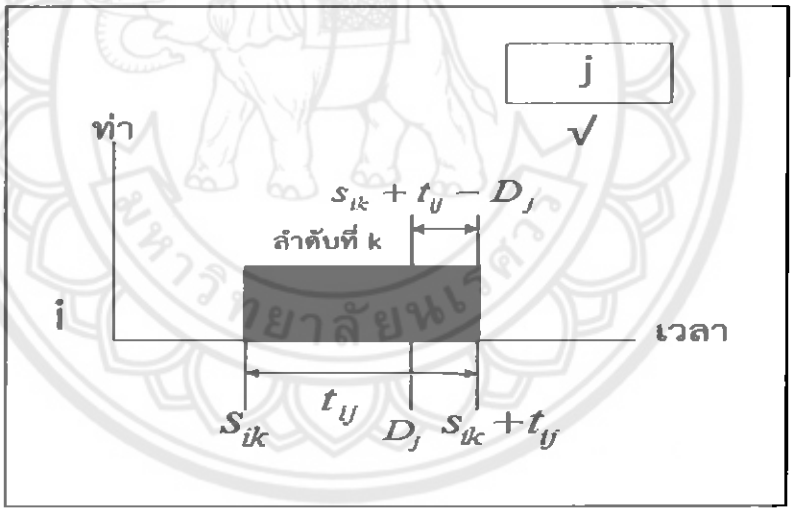
$$e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \le +\infty$$

ฌ. เงื่อนไขที่ 2.10 $\ell_{ik} \ge -\gamma_j D_j x_{ijk} + \gamma_j s_{ik} + \gamma_j t_{ij} x_{ijk} + M x_{ijk} - M$

$\forall i \in B, k \in V, j \in V,$

เมื่อ ℓ_{ik} คือ ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้า

กรณีที่ 1 ถ้าเรือหมายเลข j เข้ามาจอดในท่าเรือ i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $x_{ijk} = 1$ และดำเนินงานขนถ่ายเสร็จช้ากว่าเวลาที่ตกลงไว้



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างเงื่อนไขที่ 2.10

จากรูปที่ 2.35

เมื่อ $\ell_{ik} \ge -\gamma_j D_j x_{ijk} + \gamma_j s_{ik} + \gamma_j t_{ij} x_{ijk} + M x_{ijk} - M$

จะได้ว่า $\ell_{ik} \ge -\gamma_j D_j(1) + \gamma_j s_{ik} + \gamma_j t_{ij}(1) + M(1) - M$

$$\ell_{ik} \ge -\gamma_j D_j + \gamma_j s_{ik} + \gamma_j t_{ij}$$

$$\ell_{ik} \ge \gamma_j (s_{ik} + t_{ij} - D_j)$$

ซึ่งหมายความว่าเมื่อเรือ j มาจอดในท่า i และรับบริการเสร็จช้ากว่าเวลาที่กำหนดจะทำให้ท่าเรือ i ต้องเสียค่าปรับจากการดำเนินงานเสร็จช้ากว่าเวลาที่กำหนดเท่ากับ $\gamma_j (s_{ik} + t_{ij} - D_j)$

กรณีที่ 2 ถ้าเรือหมายเลข j ไม่ได้เข้ามาจอดในท่าเรือ i เป็นลำดับที่ k จะทำให้ค่า $x_{ijk}=0$

เมื่อ $\ell_{ik} \geq -\gamma_j D_j x_{ijk} + \gamma_j s_{ik} + \gamma_j t_{ij} x_{ijk} + M x_{ijk} - M$

จะได้ว่า $\ell_{ik} \geq -\gamma_j D_j(0) + \gamma_j s_{ik} + \gamma_j t_{ij}(0) + M(0) - M$

$\ell_{ik} \geq -M$

$\ell_{ik} \geq -\infty$

และจากเงื่อนไขที่ 2.15 ดังนั้น $\ell_{ik} \geq 0$

ซึ่งหมายความว่าถ้าไม่มีเรือ j เข้ามาจอดเทียบท่า i เป็นลำดับที่ k ท่าเรือ i ก็จะไม่ต้องเสียค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จช้ากว่าเวลาที่กำหนด

2.4 การวิจัยการดำเนินงาน

การวิจัยดำเนินงานใช้หลักการ วิธีการทางคณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์เพื่อหาวิธีการอย่างมีหลักการในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น โดยกำหนดแนวทางของปัญหาจุดประสงค์วิธีการดำเนินงานการตัดสินใจจะบกพร่องน้อยที่สุด และส่งผลต่อองค์กรได้ดีที่สุดจึงถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อนำมาใช้ดัดแปลงแก้ปัญหาทางสังคมที่ซับซ้อนมากขึ้นทุกวัน

2.4.1 ความหมายของการวิจัยการดำเนินงาน

คำว่า การวิจัยการดำเนินงานได้มีการสรุปความหมาย และให้นิยามต่างๆ กัน โดยสมาคมการวิจัยการดำเนินงานของอังกฤษได้ให้นิยามว่า "การวิจัยการดำเนินงาน" คือ การประยุกต์วิธีการวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเพื่อจัดการระบบของ คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และการเงินในวงการอุตสาหกรรม วงการธุรกิจ และหน่วยงานรัฐบาลให้ดีขึ้นสมาคมการวิจัยการดำเนินงานของสหรัฐ ได้ให้นิยามคล้ายคลึงกับของอังกฤษดังนี้ "การวิจัยการดำเนินงาน" คือ หลักเกณฑ์การตัดสินใจที่จะวางแผนระบบคน และเครื่องจักรให้ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่มีทรัพยากรจำกัดการวิจัยดำเนินงานอาจกล่าวได้ว่าเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับการปฏิบัติงานในระบบองค์การต่างๆ ว่าควรจะดำเนินงานอย่างไรแก้ปัญหาการร่วมมือกันระหว่างองค์การ และปัญหาของงานต่างๆในองค์การอย่างไร นอกจากนี้ยังนำไปใช้อันมากในวงการธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ โรงพยาบาล ฯลฯ หน้าที่อันดับแรกของการวิจัยดำเนินงาน คือ พยายามแก้ไขข้อขัดข้องระหว่างองค์ประกอบขององค์การให้เป็นผลดีที่สุดสำหรับองค์การ ดังนั้นการหาแนวปฏิบัติที่ให้ผลดีที่สุดจึงเป็นหัวใจหลักของการวิจัยดำเนินงาน

การวิจัยดำเนินงาน โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นการใช้ประโยชน์ของวิธีการเป็นหลักการเป็นเทคนิค และเป็นเครื่องมือสำหรับแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับระบบการทำงาน โดยใช้กับโครงข่ายงานภายใต้การควบคุมให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานั้นๆ การวิจัยดำเนินงานเป็นวิธีทาง

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือตรรกวิทยาอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งฝ่ายบริหารใช้แก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ให้ลุล่วงไปด้วยดีด้วยเหตุและผล การวิจัยดำเนินงานเป็นการใช้ประโยชน์ของวิธีการอย่างมีหลักเกณฑ์โดยทีมงานที่มีความรู้ความสามารถในสาขาวิชาการต่างๆ กันในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมระบบของคน และเครื่องจักรกลเพื่อจะได้แนวทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุดตามความมุ่งหมายขององค์การเป็นส่วนรวมการวิจัยดำเนินงานใช้วิธีการที่เตรียมการไว้แล้วหรือวิธีการที่มีหลักเกณฑ์ และทีมงานที่มีบุคคลจากสาขาวิชาการต่างๆ เพื่อจัดรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของระบบ เพื่อใช้วิเคราะห์หาข้อมูลเป็นตัวเลขไปช่วยในการตัดสินใจ และเป็นการแสดงออกถึงปัญหาใหม่ๆ ในแนวทางเพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ขั้นตอนของการวิจัยการดำเนินงานมีขั้นตอนดังนี้

2.4.2 การจัดตั้งปัญหา

2.4.2.1 กำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน

2.4.2.2 กำหนดแนวทางเลือกที่เป็นไปได้ของปัญหา

2.4.2.3 กำหนดข้อจำกัด ขอบข่าย และสิ่งต่างๆ ของปัญหา

2.4.3 การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์

การสร้างตัวแบบแทนระบบปัญหา ตัวแบบที่สร้างขึ้นมาจะขึ้นอยู่กับการกำหนดปัญหาและเป็นแบบเชิงปริมาณ ฟังก์ชันเป้าหมาย และข้อจำกัดของปัญหาเขียนอยู่ในรูปตัวแปรตัดสินใจ

2.4.4 การคำนวณหาผลลัพธ์

คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของตัวแบบ ซึ่งในบางตัวแบบอาจจะมีขั้นตอนการคำนวณที่วนซ้ำหลายรอบกว่าจะได้ผลลัพธ์ รวมทั้งมีความซับซ้อนในขั้นตอนการคำนวณ เช่น โปรแกรม LINDO โปรแกรม QM for Windows โปรแกรม Management Scientist และโปรแกรม Excel's Solver เป็นต้น

2.4.5 การทดสอบผลลัพธ์

เป็นการทดสอบผลลัพธ์ของตัวแบบ ความเป็นไปได้ ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ รวมทั้งทดสอบข้อมูลที่ใช้ในตัวแบบด้วย เนื่องจากการจะบอกว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นมีคุณภาพดีเพียงใดนั้น จะไม่สามารถประเมินได้จนกว่าจะมีการทดสอบ ทั้งนี้ อาจจะทดลองใช้ในส่วนเล็กๆ ก่อนเพื่อหาข้อบกพร่องของตัวแบบ และข้อมูลนำเข้าต่างๆ และทำการแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์ จากนั้นจึงค่อยนำไปใช้ในปัญหาที่เกิดขึ้นจริงอย่างเต็มรูปแบบ

2.4.6 การนำผลลัพธ์ไปใช้แก้ปัญหา

นำผลลัพธ์ไปใช้ในการปฏิบัติการ และควบคุมดูแลให้เป็นไปตามแนวทางที่เหมาะสมตลอดจนปรับเปลี่ยนแก้ไขถ้ามีความจำเป็น ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ต้องเกี่ยวข้องกับบุคคลอื่นที่อยู่ในขอบข่ายของปัญหา จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือในการปฏิบัติตามแนวทางของผลลัพธ์ของตัวแบบ ซึ่งบ่อยครั้งที่เกิดปัญหาขึ้นเนื่องจากบุคคลดังกล่าวไม่เข้าใจ ไม่ยอมรับ ต่อต้าน หรือไม่เห็นความสำคัญ ทำให้การนำผลลัพธ์ไปแก้ปัญหาไม่สามารถบรรลุตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ได้ (สุทธิมา,2552)

2.4.7 เทคนิคหรือวิธีการวิจัยการดำเนินงานที่สำคัญ

2.4.7.1 โปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) หรือเรียกว่า LP เทคนิคของโปรแกรมเชิงเส้นตรงจะใช้ในการแก้ปัญหาเบื้องต้นที่ว่าถ้าเรามี ทรัพยากรจำกัดอยู่จำนวนหนึ่ง เราจะหาทางที่จะใช้ทรัพยากรเหล่านี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การแก้ปัญหาด้วย LP นี้มีวิธีการที่จะทำได้หลายทางแต่วิธีที่ใช้มากและแพร่หลายที่สุด คือวิธีที่เรียกว่า Simplex ซึ่งมีหลักของการหาคำตอบด้วยการการทำซ้ำๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่จะให้ประโยชน์สูงสุดตามความต้องการ Transportation problem หรือ ปัญหาการขนส่งเป็นปัญหาที่จะใช้แก้ด้วย LP แต่ปัญหาของ TP นี้เป็น LP ที่มีรูปแบบพิเศษต่างจาก LP ธรรมดาเช่น ใช้วิธีการที่เรียกว่า stepping stone ในการแก้ปัญหา

2.4.7.2 โปรแกรมที่ไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Programming) หรือเรียกว่า NLP เป็นการทำโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาที่มีลักษณะเดียวกันกับ LP แต่ต่างกันตรงที่ว่าใน LP นั้นความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างกำหนดไว้ในลักษณะของเส้นตรง แต่ในปัญหาบางอย่างไม่สามารถจะรักษาความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงได้ตลอด ในกรณีเช่นนี้จำเป็นจะต้องใช้ NLP ส่วนโปรแกรมจะเป็นเส้นโค้งชนิดใดเป็นเรื่องที่จะต้องศึกษาให้ละเอียดอีกครั้ง

2.4.7.3 โปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ชนิดหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้สำหรับการวางแผนปฏิบัติการอย่างมีประสิทธิผล เทคนิคนี้นำมาใช้เพื่อแปลงปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัดเช่น วัตถุดิบ คน แรงงาน เครื่องจักร เวลา สถานที่ เทคโนโลยี และพลังงาน เพื่อให้เกิด

ประโยชน์มากที่สุด โดยอาศัยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ที่มีความสัมพันธ์ต่างๆ แบบเชิงเส้นทั้งหมดเป็นการทำโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาที่มีลักษณะเดียวกันกับ LP ต่างกันแต่ว่าในโปรแกรมชนิดนี้จะต้องมีข้อกำหนดว่าค่าของตัวแปรการตัดสินใจในคำตอบที่ดีที่สุดจะต้องเป็นเลขจำนวนเต็ม

2.5 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์

การสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาระบบการขนส่งในอุตสาหกรรมท่าเรือนั้น มีความยุ่งยากซับซ้อน จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างแบบจำลอง การวิจัยการดำเนินงานส่วนมากถ้าหากเป็นปัญหาที่ใหญ่มากๆ ไม่สามารถใช้การคำนวณด้วยมือมาช่วยได้ เพราะจะเสียเวลาในการคิดด้วยมือ จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณเพื่อความแม่นยำ และได้คำตอบที่รวดเร็วดังนี้

2.5.1 โปรแกรม Microsoft Excel

โปรแกรม Microsoft Excel หรือเรียกว่า Excel เป็นโปรแกรมประเภทสเปรดชีตเหมาะสำหรับการจัดการเกี่ยวกับการคำนวณหาผลลัพธ์ การสร้างกราฟ แผนภูมิ สามารถจัดการเกี่ยวกับตารางข้อมูลได้ Excel มีฟังก์ชันในการคำนวณให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้มากมาย จึงทำให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์คำนวณค่าตัวเลขต่างๆ ได้สะดวกซึ่งเป็นระบบที่ใช้ง่ายสะดวก และมีประสิทธิภาพสามารถใช้กับงานด้านงบประมาณงานทางด้านบัญชี การวิเคราะห์ข้อมูลงานแผนงานโครงการงานฐานข้อมูลการจัดทำรายงานแบบต่างๆ และการนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟแบบต่างๆ เป็นต้น

2.5.1.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ Microsoft Excel

ก. ความสามารถด้านการคำนวณ โปรแกรม Microsoft Excel สามารถป้อนสูตรการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร เป็นต้น

ข. ความสามารถด้านใช้ฟังก์ชั่น เช่น ฟังก์ชั่นเกี่ยวกับตัวอักษร ตัวเลข วันที่ ฟังก์ชั่นเกี่ยวกับการเงิน หรือเกี่ยวกับการตัดสินใจ

ค. ความสามารถในการสร้างกราฟ โปรแกรม Microsoft Excel สามารถนำข้อมูลที่ป้อนลงในตารางมาสร้างเป็นกราฟได้ทันที

ง. ความสามารถในการตกแต่งตารางข้อมูล โปรแกรม Microsoft Excel สามารถตกแต่งตารางข้อมูลหรือกราฟ ข้อมูลด้วยภาพ สี และรูปแบบตัวอักษรต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสวยงามและทำให้แยกแยะข้อมูลได้ง่ายขึ้น

จ. ความสามารถในการเรียงลำดับข้อมูลโปรแกรม Microsoft Excel สามารถคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่ต้องการมาวิเคราะห์ได้

ฉ. ความสามารถในการพิมพ์งานออกทางเครื่องพิมพ์โปรแกรม Microsoft Excel สามารถพิมพ์งานทั้งข้อมูล และรูปภาพหรือกราฟออกทางเครื่องพิมพ์ได้ทันที ซึ่งทำให้ง่ายต่อการสร้างรายงาน

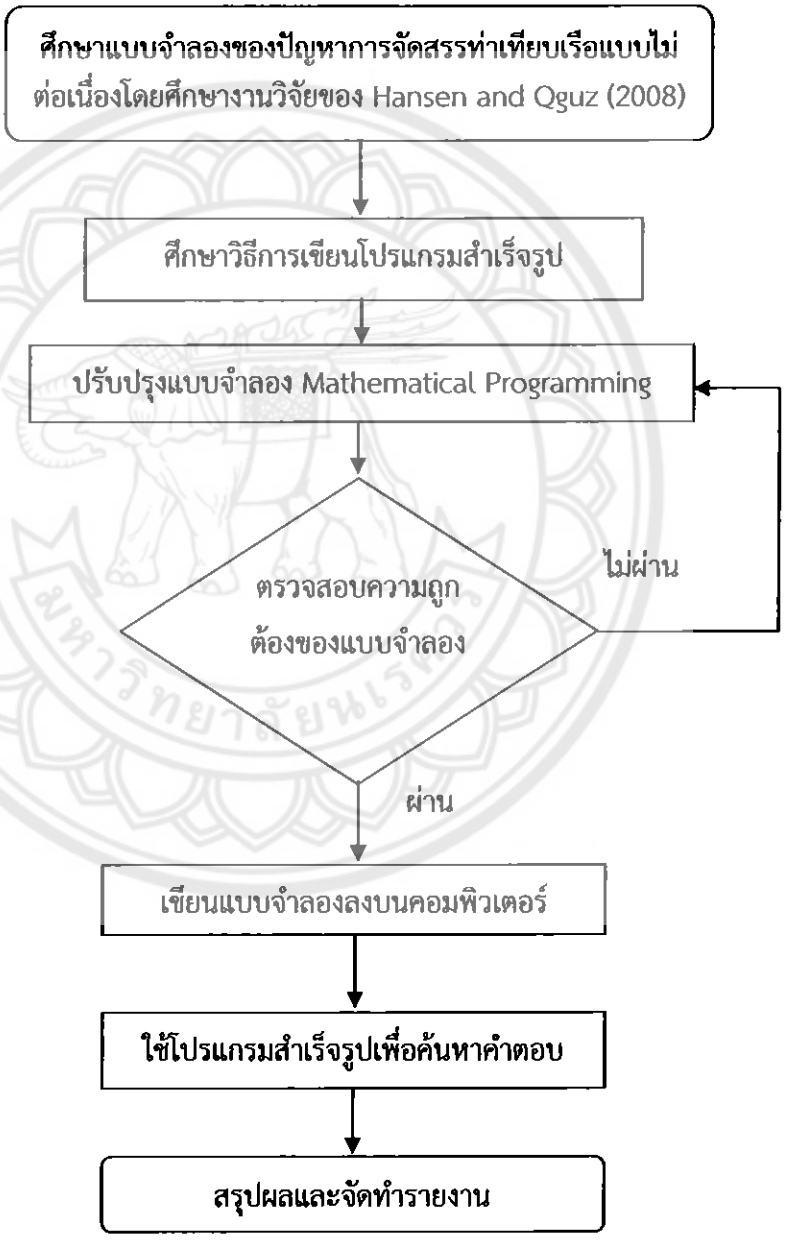
ช. ความสามารถในการแปลงข้อมูลในตารางให้เป็นเว็บเพจเพื่อนำไปแสดงในโฮมเพจ

2.5.2 โปรแกรมสร้างแบบจำลองสำเร็จรูป

เนื่องจากแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาระบบการขนส่งในอุตสาหกรรมท่าเรือนั้น เมื่อนำไปใช้แล้วนั้นมีความซับซ้อนมากขึ้น โปรแกรมสร้างแบบจำลองสำเร็จรูปจึงเป็นทางเลือกในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาในเชิงธุรกิจให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โปรแกรมสร้างแบบจำลองสำเร็จรูปเป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาการตัดสินใจทางธุรกิจ โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ที่ช่วยเขียนโปรแกรมทั้ง linear และ Non-linear ได้ดีในการแก้ปัญหาและวิเคราะห์การแก้ปัญหาโปรแกรมจะทำให้ได้คำตอบที่ดี ซึ่งบรรลุวัตถุประสงค์โดยใช้ต้นทุนต่ำไม่สิ้นเปลืองสะดวกสบาย ซึ่งปัญหาเหล่านั้นจะมีประสิทธิภาพเพราะใช้ข้อมูลจากสิ่งที่ให้มาเช่น เงิน เวลา เป็นต้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

หลังจากที่ได้มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 และบทที่ 2 แล้ว และเพื่อทำให้การศึกษาแบบจำลองสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น จึงต้องมีการดำเนินงานที่เป็นลำดับขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง

3.1 ศึกษาแบบจำลองของปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องโดยศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008)

ศึกษาแบบจำลองปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องโดยศึกษาจากงานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008)

3.2 ศึกษาข้อมูลการเขียนโปรแกรมสำเร็จรูป

3.2.1 ศึกษาฟังก์ชั่นการทำงาน การกำหนดค่าต่างๆ

3.2.2 ศึกษาวิธีการทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูป

3.3 ปรับปรุงแบบจำลอง Mathematical Programming

ปรับปรุงแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์จากการศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

3.3.1 ท่าเทียบเรือ 1 ท่าสามารถให้บริการเรือได้เพียง 1 ลำเท่านั้น ณ เวลาใดๆ

3.3.2 ไม่มีการพิจารณาเงื่อนไขในเรื่องข้อจำกัดของธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่และข้อจำกัดด้านเทคนิคของเรือ เช่น เรือสามารถเทียบท่าได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความลึกของน้ำ

3.3.3 ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายขึ้นอยู่กับตำแหน่งในการเทียบท่าของเรือ

3.3.4 เวลาการขนถ่ายเป็นเวลาทั้งหมดที่ใช้ขนถ่ายสินค้าสำหรับเรือแต่ละลำ แต่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของสินค้าและจำนวนตู้คอนเทนเนอร์

3.3.5 ไม่มีการพิจารณาเงื่อนไขจากปัญหาพื้นที่เก็บตู้คอนเทนเนอร์และพื้นที่ชายฝั่ง

3.3.6 เรือทุกลำไม่จำเป็นต้องเดินทางมาถึงท่าเรือพร้อมกันและท่าเรือจะสามารถให้บริการเรือได้ก็ต่อเมื่อ เรือลำนั้นได้เดินทางมาถึงท่าเรือแล้วเท่านั้น

3.3.7 เมื่อท่าเรือให้บริการเรือลำปัจจุบันเสร็จสิ้น ท่าเรือสามารถให้บริการเรือลำถัดไปได้ทันทีโดยไม่มีการหยุดชะงักของท่าเรือ

3.3.8 ถ้าหากเครนกำลังให้บริการกับเรือลำปัจจุบันอยู่ เนื่องจากการขนถ่ายยังไม่เสร็จสิ้น เครนตัวนั้นไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปให้บริการเรือลำอื่นได้และเครนตัวอื่นก็ไม่สามารถเข้ามาให้บริการเรือลำดังกล่าวได้เช่นกัน

3.3.9 เวลาในการขนถ่ายของเรือจะขึ้นอยู่กับจำนวณของเครน

3.3.10 เครนทุกตัวมีประสิทธิภาพในการขนถ่ายเท่ากัน

3.3.11 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนถ่ายไม่เกี่ยวข้องกับเวลาในการขนถ่าย เช่น ถึงเวลาการขนถ่ายจะลดลงครึ่งหนึ่งเนื่องจากการเพิ่มจำนวนเครนในการขนถ่ายให้กับเรือลำนั้น แต่ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนถ่ายของเรือลำดังกล่าวจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.4 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

3.5 เขียนแบบจำลองลงบนคอมพิวเตอร์

ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปแล้วนำแบบจำลองการ โปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ศึกษามาเขียนบนโปรแกรม

3.6 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อค้นหาคำตอบ

ประมวลผลคำตอบของแบบจำลองที่ได้รับการเพิ่มเงื่อนไขเข้าไปในแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์

3.7 สรุปผลและนำเสนอผลงาน

นำผลลัพธ์จากแบบจำลองทั้งสองแบบจำลอง มาวิเคราะห์ พิจารณาคำตอบว่าเป็นไปได้ และเหมาะสมหรือไม่ แล้วจึงนำคำตอบของทั้งสองแบบจำลองมาเปรียบเทียบกัน แล้วจึงสรุปผล จัดทำรายงาน และนำเสนอ

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

จากผลงานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) ในการนำแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาการจัดสรรการเทียบท่าของเรือแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการจัดลำดับการเข้าเทียบท่าของเรือแต่ละลำ ที่จะเข้ามาในระบบการเทียบท่าของท่าเรือ โดยจะมีการกำหนดเวลาที่เรือจะมาเทียบท่า ท่าเทียบเรือที่เรือจะต้องมาจอด และเรือหนึ่งลำสามารถจอดได้เพียงหนึ่งท่าเท่านั้น

กลุ่มของผู้วิจัยจึงได้นำแบบจำลองของ Hansen and Qguz (2008) มาเขียนลง บนโปรแกรมสำเร็จรูป และได้ทำการประมวลผลโปรแกรม โดยมีการกำหนดโจทย์ของปัญหารวมถึงขนาดของปัญหา ก่อนจะพิจารณาปัญหาใหม่ โดยมีการเพิ่มจำนวนเครนให้กับเรือ เพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ น้อยที่สุด

4.1 กำหนดโจทย์ปัญหา

4.1.1 ข้อตกลงเบื้องต้นในการปรับปรุงแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

ข้อตกลงในการปรับปรุงแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์จากการศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

4.1.1.1 ท่าเทียบเรือ 1 ท่าสามารถให้บริการเรือได้เพียง 1 ลำเท่านั้น ณ เวลาใดๆ

4.1.1.2 ไม่มีการพิจารณาเงื่อนไขในเรื่องข้อจำกัดของธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่และข้อจำกัดด้านเทคนิคของเรือ เช่น เรือสามารถเทียบท่าได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความลึกของน้ำ

4.1.1.3 ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายขึ้นอยู่กับตำแหน่งในการเทียบท่าของเรือ

4.1.1.4 เวลาการขนถ่ายเป็นเวลาทั้งหมดที่ใช้ขนถ่ายสินค้าสำหรับเรือแต่ละลำ แต่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของสินค้าและจำนวนตู้คอนเทนเนอร์

4.1.1.5 ไม่มีการพิจารณาเงื่อนไขจากปัญหาพื้นที่เก็บตู้คอนเทนเนอร์และพื้นที่ชายฝั่ง

4.1.1.6 เรือทุกลำไม่จำเป็นต้องเดินทางมาถึงท่าเรือพร้อมกันและท่าเรือจะสามารถให้บริการเรือได้ ก็ต่อเมื่อเรือลำนั้นได้เดินทางมาถึงท่าเรือแล้วเท่านั้น

4.1.1.7 เมื่อท่าเรือให้บริการเรือลำปัจจุบันเสร็จสิ้น ท่าเรือสามารถให้บริการเรือลำถัดไปได้ทันที โดยไม่มีการหยุดชะงักของท่าเรือ

4.1.1.8 ถ้าหากเครนกำลังให้บริการกับเรือลำปัจจุบันอยู่ เนื่องจากการขนถ่ายยังไม่เสร็จสิ้น เครนตัวนั้นไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปให้บริการเรือลำอื่นได้และเครนตัวอื่นก็ไม่สามารถเข้ามาให้บริการเรือลำดังกล่าวได้เช่นกัน

4.1.1.9 เวลาในการขนถ่ายของเรือจะขึ้นอยู่กับจำนวณของเครน

4.1.1.10 เครนทุกตัวมีประสิทธิภาพในการขนถ่ายเท่ากัน

4.1.1.11 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนถ่ายไม่เกี่ยวข้องกับเวลาในการขนถ่าย เช่น ถึงเวลาการขนถ่ายจะลดลงครึ่งหนึ่งเนื่องจากการเพิ่มจำนวนเครนในการขนถ่ายให้กับเรือลำนั้น แต่ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนถ่ายของเรือลำดังกล่าวจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4.1.2 เงื่อนไขในการกำหนดโจทย์ปัญหา

4.1.2.1 เวลาในการมาถึงของเรือในแต่ละท่า มีการกำหนดโจทย์แบบสุ่ม

4.1.2.2 เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน มีการกำหนดโจทย์แบบสุ่ม

4.1.2.3 เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินการเสร็จสิ้น มีการกำหนดโจทย์แบบสุ่ม

4.1.2.4 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอยของเรือแต่ละลำ มีการกำหนดโจทย์แบบสุ่ม

4.1.2.5 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน มีการกำหนดโจทย์แบบสุ่ม

4.1.2.6 ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จสิ้นก่อนกำหนด มีการกำหนดโจทย์แบบสุ่ม และค่าของผลประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินงานเสร็จสิ้นก่อนกำหนด จะต้องมีค่าน้อยกว่าค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้าเสมอ

4.1.2.7 ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า มีการกำหนดโจทย์แบบสุ่ม และมีค่ามากกว่าผลประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินงานเสร็จสิ้นก่อนกำหนด

4.1.3 โจทย์ปัญหาแบ่งเป็น 3 ขนาด

4.1.3.1 ปัญหาขนาดเล็กมีท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7,8,9 ลำ

4.1.3.2 ปัญหาขนาดกลางมีท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7,8,9,10 ลำ และ 5 ท่า เรือ 10,15 ลำ ตามลำดับ

4.1.3.3 ปัญหาขนาดใหญ่มีท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20,25 ลำ

4.2 ผลการประมวลผลของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008)

แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์โดย Hansen and Oguz (2008) มีสมการเป้าประสงค์ซึ่งจะประกอบด้วยผลรวมของเวลาการรอคอย ผลรวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ผลรวมของผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด และผลรวมของค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า ซึ่งกลุ่มของผู้วิจัยได้ทำการประกาศความหมายและตัวแปรที่ใช้สำหรับแบบจำลองนี้เรียบร้อยแล้วในบทที่ 2

4.2.1 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาตร์ของ Hansen and Qguz (2008)

$$Min \quad \sum_{i\in B}\sum_{k\in V} y_{ik} - \sum_{j\in V}\alpha_j A_j + \sum_{i\in B}\sum_{j\in V}\sum_{k\in V} c_{ij}x_{ijk} - \sum_{i\in B}\sum_{k\in V} e_{ik} + \sum_{i\in B}\sum_{k\in V}\ell_{ik}, \quad (4.1)$$

Subject to

$$\sum_{i\in B}\sum_{k\in V} x_{ijk} = 1 \ \forall j \in V, \quad (4.2)$$

$$\sum_{j\in V} x_{ijk} + z_{ik} = 1 \ \forall i \in B, k \in V, \quad (4.3)$$

$$z_{ik} \geq z_{i,k-1} \ \forall i \in B, k \in v \setminus \{1\}, \quad (4.4)$$

$$s_{ik} \geq \sum_{j\in V} A_j x_{ijk} \ \forall i \in B, k \in V, \quad (4.5)$$

$$s_{i1} \geq S_i - S_i z_{i1} \ \forall i \in B, \quad (4.6)$$

$$s_{ik} \geq s_{i,k-1} + \sum_{j\in V} t_{ij}x_{ij,k-1} - Mz_{ik} \ \forall i \in B, k \in V, \quad (4.7)$$

$$y_{ik} \geq \alpha_j s_{ik} + Mx_{ijk} - M \ \forall i \in B, k \in V, j \in V, \quad (4.8)$$

$$e_{ik} - \frac{\beta_j}{\gamma_j}\ell_{ik} \leq \beta_j D_j x_{ijk} - \beta_j s_{ik} - \beta_j t_{ij} x_{ijk} - Mx_{ijk} + M(1 - z_{ik})$$

$$\forall i \in B, k \in V, j \in V, \quad (4.9)$$

$$\ell_{ik} \geq -\gamma_j D_j x_{ijk} + \gamma_j s_{ik} + \gamma_j t_{ij} x_{ijk} + Mx_{ijk} - M$$

$$\forall i \in B, k \in V, j \in V, \quad (4.10)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \ \forall i \in B, k \in V, j \in V \quad (4.11)$$

$$z_{ik} \in \{0,1\} \ \forall i \in B, k \in V, \quad (4.12)$$

$$s_{ik} \geq 0 \ \forall i \in B, k \in V, \quad (4.13)$$

$$y_{ik} \geq 0 \ \forall i \in B, k \in V, \quad (4.14)$$

$$\ell_{ik} \geq 0 \ \forall i \in B, k \in V, \quad (4.15)$$

$$e_{ik} \geq 0 \ \forall i \in B, k \in V, \quad (4.16)$$

และกำหนดให้ M คือค่ามากมายมหาศาล

ในการหาคำตอบของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008) จะทำการเขียนลงบนโปรแกรมสำเร็จรูป ใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งและโซฟเวอร์แบบที่สองในการหาคำตอบ โดยได้คำตอบตามขนาดของปัญหาดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

เมื่อ โจทย์แบบที่หนึ่ง คือ โจทย์ที่ได้ทำการกำหนดค่าใช้จ่ายต่างๆ ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินงานขนถ่ายเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด และค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนด มีค่าใช้จ่ายไม่เท่ากันในท่าเดียวกัน และโจทย์แบบที่สอง คือ โจทย์ที่ได้ทำการกำหนดให้ค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินงานขนถ่ายเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด และค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนด มีค่าใช้จ่ายเท่ากันในท่าเดียวกัน

ตารางที่ 4.1 คำตอบของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008)

ปัญหา	ท่า	เรือ	โจทย์แบบที่ 1				โจทย์แบบที่ 2			
			โซฟเวอร์แบบที่ 1		โซฟเวอร์แบบที่ 2		โซฟเวอร์แบบที่ 1		โซฟเวอร์แบบที่ 2	
			objective	เวลา (วินาที)	objective	เวลา (วินาที)	objective	เวลา (วินาที)	objective	เวลา (วินาที)
ขนาดเล็ก	3	7	36	677.607	36	235.296	-17	402.81	-17	411
	3	8	93	5943.5	93	5328.92	-22	5672.41	-22	5563.45
	3	9	**141	33234.9	84.99999999	63453.8	out of memory	3810.29	-31.00000001	67918.3
ขนาดกลาง	4	7	20	1905.01	20	1436.64	-17	1732.94	-17	1278.99
	4	8	out of memory	4282.52	60	19358.5	out of memory	2248.26	-22	22080.1
	4	9	out of memory	2666.46	**69.99999963	43902.7	out of memory	27421.4	**-31	33185.3
	4	10	out of memory	3297.17	**91.99999992	37743.6	out of memory	3204.79	out of memory	52573.7

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) คำตอบของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008)

ปัญหา	ท่า	เรือ	โจทย์แบบที่ 1				โจทย์แบบที่ 2			
			โซฟเวอร์แบบที่ 1		โซฟเวอร์แบบที่ 2		โซฟเวอร์แบบที่ 1		โซฟเวอร์แบบที่ 2	
			objective	เวลา (วินาที)	objective	เวลา (วินาที)	objective	เวลา (วินาที)	objective	เวลา (วินาที)
ขนาดกลาง	5	10	out of memory	2623.92	**11	62033.9	out of memory	21154.2	out of memory	97870.7
	5	15	out of memory	61344.9	out of memory	89896.5	out of memory	54462.8	**-15.00000002	100617
ขนาดใหญ่	10	20	*89	46597.6	**27.99999996	53075.4	*-107	47745.4	*-112	49987.2
	10	25	*264.99999995	48143.7	*98	53285.1	*-33.99999841	82978.2	-48.00000002	55014.3

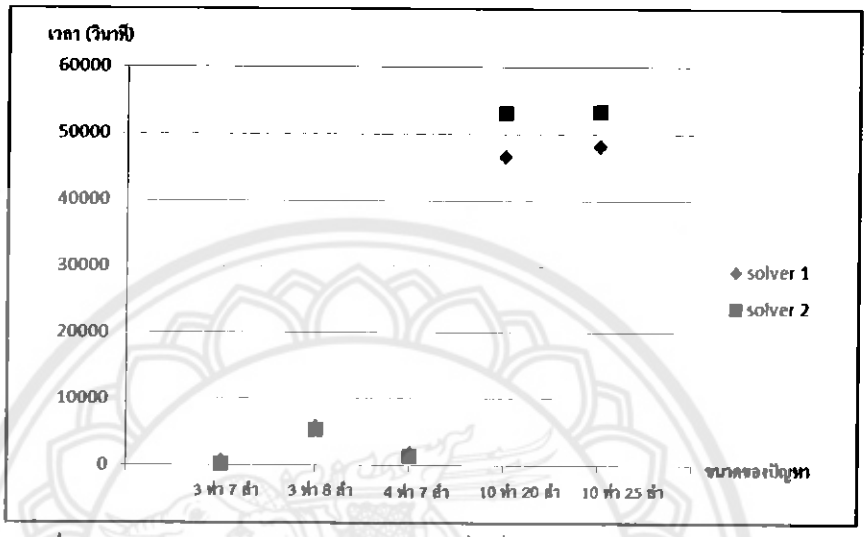
หมายเหตุ * หยุดที่ 12 ชั่วโมง

** หยุดที่ 24 ชั่วโมง

เมื่อค่า objective ที่มีค่าติดลบ คือ ค่าใช้จ่ายที่ท่าเรือได้รับผลประโยชน์จากการดำเนินเสร็จสิ้นก่อนกำหนด และ ค่า objective ที่มีค่าบวก คือ ค่าใช้จ่ายที่ท่าเรือต้องจ่ายเมื่อดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนด

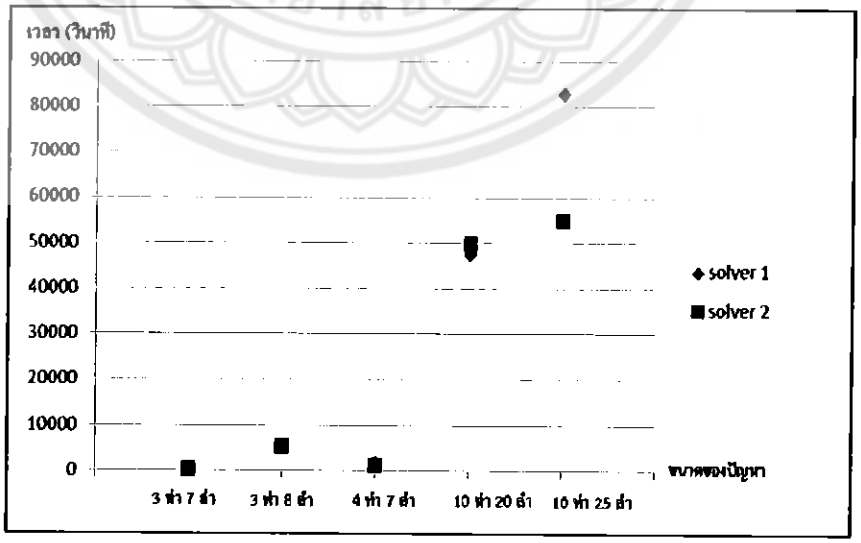
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ผลการประมวลผลของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008)

4.2.2.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของปัญหา ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหาแบบที่หนึ่ง โดยใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งและโซฟเวอร์แบบที่สองในการประมวลผล



รูปที่ 4.1 กราฟเทียบเวลาของโจทย์แบบที่หนึ่ง โดยใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่ง และโซฟเวอร์แบบที่สอง ในการประมวลผล

4.2.2.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของปัญหา ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหาแบบที่สอง โดยใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งและโซฟเวอร์แบบที่สองในการประมวลผล



รูปที่ 4.2 กราฟเทียบเวลาของโจทย์แบบที่สอง โดยใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่ง และโซฟเวอร์แบบที่สอง ในการประมวลผล

จากหัวข้อที่ 4.2.2.1 และ 4.2.2.2 นั้น จะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้แสดงการเปรียบเทียบเวลาของปัญหาโจทย์แบบที่หนึ่งและโจทย์แบบที่สอง โดยใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งและโซฟเวอร์แบบที่สอง ในการประมวลผลนั้น จะเห็นได้ถึงความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในแต่ละขนาดของโจทย์ปัญหา รวมทั้งการใช้โซฟเวอร์ที่ใช้ประมวลผล จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโซฟเวอร์ทั้งสองแบบ จะเห็นได้ว่าโซฟเวอร์แบบที่สองจะใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าโซฟเวอร์แบบที่หนึ่งในบางปัญหา และโซฟเวอร์แบบที่หนึ่งจะมีข้อเสีย คือ ไม่สามารถหาคำตอบได้ในบางปัญหา จะให้คำตอบเป็น out of memory ฉะนั้นจากการเปรียบเทียบทำให้ทราบว่า โซฟเวอร์แบบที่สองน่าจะมีความสามารถในการหาคำตอบได้ดีกว่า โซฟเวอร์แบบที่หนึ่ง

4.3 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ โดยการเพิ่มจำนวนเครนให้กับเรือ เพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง

จากผลการประมวลผลของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Oguz (2008) ถึงแม้ว่าจะได้ผลออกมาเป็นแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นตรง และสามารถหาคำตอบได้ แต่เมื่อได้ทำการเพิ่มเงื่อนไขเข้าไปในแบบจำลอง โดยการเพิ่มจำนวนเครนเข้าไปแล้ว ไม่สามารถทำให้แบบจำลองเป็นแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นตรงเหมือนเดิมได้ กลุ่มของผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างแบบจำลองใหม่ขึ้นมา ซึ่งเป็นแบบจำลองการโปรแกรมไม่เป็นเส้นตรง เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ได้เพิ่มเข้าไปในแบบจำลอง

4.3.1 การพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

ซึ่งในหัวข้อต่อไปจะเป็นการประกาศความหมายตัวแปรที่ใช้สำหรับแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ ที่ได้ทำการพัฒนาทั้งสี่แบบดังต่อไปนี้

4.3.1.1 ดัชนี (Indexed)

i คือ หมายเลขของท่าเรือโดยที่ $i = 1,2,...,I$

j คือ หมายเลขของเรือโดยที่ $j = 1,2,...,T$

t คือ เวลาโดยที่ $t = 1,2,...,TT$

4.3.1.2 Parameters

TT คือ เวลาการมาถึงของเรือ j

A_j คือ เวลาการมาถึงของเรือ j

α_j คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอยของเรือ j

t_{ij} คือ เวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่าเรือ i

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเรือ j ในท่าเรือ i

D_j คือ เวลาที่ตกลงกันไว้ว่าต้องดำเนินงานขนถ่ายให้เสร็จสิ้นของเรือ j

β_j คือ ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานขนถ่ายเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด

γ_j คือ ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนด

AC คือ จำนวนเครนที่สามารถเป็นไปได้

4.3.1.3 ตัวแปรการตัดสินใจ

$$x_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ามีเรือ } j \text{ มาจอดในท่าเรือ } i \text{ ในเวลา } t \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$S_j = \begin{cases} 1 & \text{เวลาเริ่มทำงานของเรือ } j \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเรือ } j \text{ เข้ามาจอดในท่าเรือ } i \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$E_j = \begin{cases} D_j - s_j + \sum_{i \in B} T_{ij} & \text{ถ้าเรือ } j \text{ เสร็จก่อนกำหนด} \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$L_j = \begin{cases} s_j + \sum_{i \in B} T_{ij} - D_j & \text{ถ้าเรือ } j \text{ เข้ามาจอดในท่าเรือ } i \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

NC_j คือ จำนวนเครนที่กำหนดให้เรือ j ใช้

T_{ij} คือ เวลาที่เรือ j ใช้ในท่าเรือ i

4.3.2 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่หนึ่ง

$$Min \sum_{j\in V}\alpha_j(S_j - A_j) + \sum_{i\in B}\sum_{j\in V} c_{ij}y_{ij} \quad (4.17)$$

Subject to

$$\sum_{i\in B} x_{ijt} \le 1 \quad ,\forall\, t \in Time, j \in V \quad (4.18)$$

$$\sum_{j\in V} x_{ijt} \le 1 \quad ,\forall t \in Time, i \in B \quad (4.19)$$

$$\sum_{i\in B}\sum_{j\in V} NC_j x_{ijt} \le AC \quad ,\forall t \in Time \quad (4.20)$$

$$S_j \ge A_j \quad ,\forall j \in V \quad (4.21)$$

$$\sum_{i\in B} y_{ij} = 1 \quad ,\forall j \in V \quad (4.22)$$

$$x_{ijt} = y_{ij} \quad ,\forall i \in B, j \in V, t \in Time \quad (4.23)$$

$$T_{ij} = \frac{t_{ij}}{NC_j} \quad ,\forall i \in B, j \in V, t \in Time \quad (4.24)$$

$$\sum_{k=0}^{T_{ij}-1} x_{ij(s_j+k)} = T_{ij}y_{ij} \quad ,\forall i \in B, j \in V \quad (4.25)$$

$$S_j \in I \quad (4.26)$$

$$T_{ij} \in I \quad (4.27)$$

ก. เงื่อนไขที่ 4.18 $\sum_{i\in B} x_{ijt} \le 1 \quad ,\forall\, t \in Time, j \in V$

หมายถึง ณ เวลา t ใดๆ เรือ 1 ลำจะจอดได้ไม่เกิน 1 ท่า

ข. เงื่อนไขที่ 4.19 $\sum_{j\in V} x_{ijt} \le 1 \quad ,\forall t \in Time, i \in B$

หมายถึง ณ เวลา t ใดๆ ที่ท่าเรือ i จะมีเรือมาจอดเกิน 1 ลำไม่ได้

ค. เงื่อนไขที่ 4.20 $\sum_{i\in B}\sum_{j\in V} NC_j x_{ijt} \le AC \quad ,\forall t \in Time$

หมายถึง ณ เวลา t จะมีจำนวนเครนที่เรือใช้มากกว่าจำนวนเครนที่ท่าเรือมีไม่ได้

ง. เงื่อนไขที่ 4.21 $S_j \ge A_j \quad ,\forall j \in V$

หมายถึง เวลาเริ่มต้นการดำเนินงานของเรือ j จะต้องมากกว่าเวลาการมาถึงของเรือ j

จ. เงื่อนไขที่ 4.22 $\sum_{i \in B} y_{ij} = 1 \quad , \forall j \in V$

หมายถึง จะเป็นการกำหนดค่าของ y_{ij} คือ ถ้ามีเรือ j มาจอดในท่า i จะทำให้ $y_{ij} = 1$

ฉ. เงื่อนไขที่ 4.23 $x_{ijt} = y_{ij} \quad , \forall i \in B, j \in V, t \in Time$

เป็นการกำหนดค่า x_{ijt} เมื่อเรือ j จอดในท่า i

กรณี 1 เรือ j จอดในท่า i ในเวลา t จะทำให้ค่า $x_{ijt} = 1$ และ $y_{ij} = 1$ จะได้ว่า $x_{ijt} = y_{ij}$

กรณี 2 เรือ j ไม่ได้จอดในท่า i ในเวลา t จะทำให้ค่า $x_{ijt} = 0$ และ $y_{ij} = 0$ จะได้ว่า $x_{ijt} = y_{ij}$

ช. เงื่อนไขที่ 4.24 $T_{ij} = \frac{t_{ij}}{NC_j} \quad , \forall i \in B, j \in V, t \in Time$

หมายถึง เวลาในการดำเนินงานทั้งหมดของเรือ j ในท่า i เท่ากับเวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i หารด้วยจำนวนเครนที่กำหนดให้เรือ j

ซ. เงื่อนไขที่ 4.25 $\sum_{k=0}^{T_{ij}-1} x_{ij(s_j+k)} = T_{ij} y_{ij} \quad , \forall i \in B, j \in V$

จะเป็นการกำหนดขึ้น เพื่อบังคับให้เวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i เรียงต่อกัน ในเวลาเริ่มต้นดำเนินงาน จนถึงเวลาดำเนินงานเสร็จสิ้น และเมื่อได้ทำการหาคำตอบจากแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ทำการพัฒนาครั้งที่หนึ่งแล้ว เมื่อได้ทำการประมวลผลโปรแกรมสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยเลือกใช้ไม่ยอมให้ ตัวแปรการตัดสินใจเป็นดัชนี ได้จึงต้องทำการออกแบบปรับปรุงใหม่อีกครั้งหนึ่ง

4.3.3 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สอง

จากการพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ครั้งที่หนึ่ง ได้ทำการปรับปรุงใหม่ โดยการย้ายตัวแปรการตัดสินใจ S_j จากเงื่อนไขที่ 4.25 จากเดิมที่เป็นดัชนีให้ไปอยู่ในข้อกำหนดของการเขียนเงื่อนไขสามารถปรับปรุงใหม่ได้ดังนี้

$$x_{ijt} \geq x_{ij,t+1} \quad , \forall S_j \leq t \leq TT \qquad (4.28)$$

ก. เงื่อนไขที่ 4.28 $x_{ijt} \geq x_{ij,t+1} \quad , \forall S_j \leq t \leq TT$

เป็นการกำหนดขึ้น เพื่อบังคับให้เวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i เรียงต่อกัน ในเวลาเริ่มต้นดำเนินงาน จนถึงเวลาดำเนินงานเสร็จสิ้น

และเมื่อทำการประมวลผล แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ทำการพัฒนาครั้งที่สอง เนื่องจากพอได้ทำการประมวลผลอีกครั้ง โปรแกรมสำเร็จรูปไม่ยอมให้ ตัวแปรการตัดสินใจ S_j ไปอยู่ในข้อกำหนดของการเขียนเงื่อนไขได้ จึงต้องทำการออกแบบปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง

4.3.4 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สาม

จากการพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตรครั้งที่สองกลุ่มของผู้วิจัยได้ทำการ เพิ่มเติมสมการเป้าประสงค์และปรับปรุงเงื่อนไขดังนี้

4.3.4.1 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สาม

$$Min \sum_{j\in V}\alpha_j(S_j - A_j)+\sum_{i\in B}\sum_{j\in V}c_{ij}y_{ij}-\sum_{j\in V}\beta_j E_j+\sum_{j\in V}\gamma_j L_j \qquad (4.29)$$

$$x_{ijt} \le y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t \in Time \qquad (4.30)$$

$$T_{ij} = \left\lceil \frac{ti_{ij}}{NC_j} \right\rceil y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t \in Time \qquad (4.31)$$

$$\sum_{t\in Time} x_{ijt} = T_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V \qquad (4.32)$$

$$\sum_{t=A_j}^{TT} t x_{ijt} = T_{ij}S_j + \frac{T_{ij}(T_{ij}-1)}{2} \quad \forall i \in B, j \in V \qquad (4.33)$$

$$L_j = \max\left((S_j + \sum_{i\in B} T_{ij} - D_j), 0\right) \quad , \forall j \in V \qquad (4.34)$$

$$E_j = \max\left((D_j - S_j + \sum_{i\in B} T_{ij}), 0\right) \quad , \forall j \in V \qquad (4.35)$$

ก. เงื่อนไขที่ 4.30 $x_{ijt} \le y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t \in Time$

เป็นการกำหนดค่า x_{ijt} เมื่อเรือ j จอดในท่า i

กรณี 1 เรือ j จอดในท่า i ในเวลา t จะทำให้ค่า $x_{ijt}=1$ และ $y_{ij}=1$ จะได้ว่า $x_{ijt} = y_{ij}$

กรณี 2 เรือ j ไม่ได้จอดในท่า i ในเวลา t จะทำให้ค่า $x_{ijt}=0$ และ $y_{ij}=0$ จะได้ว่า $x_{ijt} = y_{ij}$

ข. เงื่อนไขที่ 4.31 $T_{ij} = \left\lceil \frac{ti_{ij}}{NC_j} \right\rceil y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V$

เวลาในการดำเนินงานจริงทั้งหมดของเรือ j ในท่า i จะเท่ากับจำนวนเต็มที่เกิดจากการปัดค่าขึ้นของเวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i หารด้วยจำนวนเครนที่กำหนดให้เรือ j เมื่อเรือ j จอดในท่าที่ i

ค. เงื่อนไขที่ 4.32 $\sum_{t \in Time} x_{ijt} = T_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V$

หมายถึง ผลรวมของเวลา t เมื่อเรือ j มาจอดในท่า i ในเวลา t จะเท่ากับเวลาในการดำเนินงานทั้งหมดของเรือ j ที่ทำในท่า i

ง. เงื่อนไขที่ 4.33 $\sum_{t=A_j}^{TT} t x_{ijt} = T_{ij} S_j + \frac{T_{ij}(T_{ij}-1)}{2} \quad \forall i \in B, j \in V$

เป็นการกำหนดขึ้น เพื่อบังคับให้เวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i เรียงต่อกัน และเงื่อนไขนี้ได้ใช้หลักการของอนุกรม $1+2+...+n = \frac{n(n+1)}{2}$ เข้ามาช่วยในการสร้างเงื่อนไขด้วย

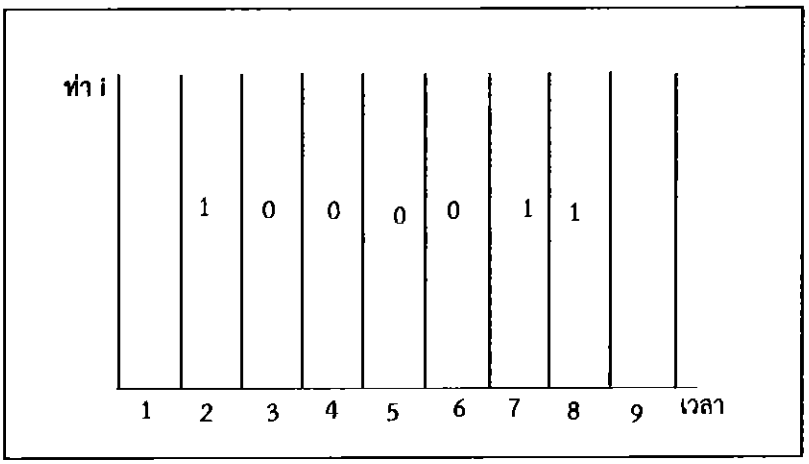
จ. เงื่อนไขที่ 4.34 $L_j = \max\left((S_j + \sum_{i \in B} T_{ij} - D_j), 0\right) \quad , \forall j \in V$

เมื่อกำหนดให้ L_j คือ ค่าปรับที่เกิดจากการดำเนินงานเสร็จล่าช้า ถ้าเรือ j ดำเนินงานเสร็จล่าช้าจะทำให้ L_j มีค่าเท่ากับ $S_j + \sum_{i \in B} T_{ij} - D_j$

ฉ. เงื่อนไขที่ 4.35 $E_j = \max\left((D_j - S_j + \sum_{i \in B} T_{ij}), 0\right) \quad , \forall j \in V$

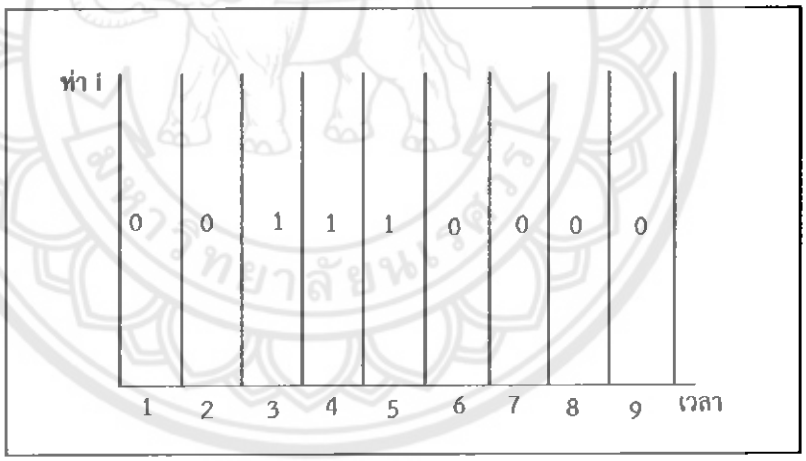
เมื่อกำหนดให้ E_j คือ ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด ถ้าเรือ j ดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนดจะทำให้ E_j มีค่าเท่ากับ $D_j - S_j + \sum_{i \in B} T_{ij}$

แต่จากการทำการประมวลผล แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สาม เมื่อได้ทำการประมวลผลแล้ว ถึงแม้ว่าโปรแกรมสำเร็จรูปจะยอมให้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์สามารถประมวลผลได้ แต่ผลการประมวลผลที่ได้นั้นก็ยังมีความผิดพลาด คือ เวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i ยังไม่เรียงต่อกัน ในกรณีที่เรือ j ใช้เวลาในการดำเนินงานเท่ากับ 3 หน่วยดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงเวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i ยังไม่เรียงต่อกัน ในกรณีที่เรือ j ใช้เวลาในการดำเนินงานเท่ากับ 3 เมื่อหมายเลข 1 คือ เวลาที่มีเรือ j เข้ารับบริการและหมายเลข 0 เวลาที่เรือ j ไม่ได้รับบริการ

ซึ่งในความเป็นจริงถ้าเรือ j ใช้เวลาในการดำเนินงานเท่ากับ 3 หน่วยแล้ว การประมวลผลควรจะออกมาเป็นดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงเวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i ที่เรียงต่อกัน ในกรณีที่เรือ j ใช้เวลาในการดำเนินงานเท่ากับ 3 เมื่อหมายเลข 1 คือ เวลาที่มีเรือ j เข้ารับบริการ และหมายเลข 0 เวลาที่เรือ j ไม่ได้รับบริการ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องทำการเพิ่มเงื่อนไข 4.36 และเงื่อนไขที่ 4.37 เข้ามาเพื่อบังคับเวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่า i เรียงต่อกันเมื่อเวลาในการดำเนินงานของเรือ j มากกว่า 1 $(t_{ij} > 1)$

4.3.4 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่

จากการพัฒนาแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ครั้งที่สาม กลุ่มของผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มเงื่อนไขเพิ่มเติมเข้าไปโดยมีเงื่อนไขเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

$$(x_{ijt} - x_{ijt-1}) \geq (1 - |S_j - t| M) y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t \in Time \qquad (4.36)$$

$$(x_{ijt} - x_{ijt-1}) \leq (-1 + |t - (S_j + T_{ij})| M) y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t \in Time \qquad (4.37)$$

และกำหนดให้ M คือ ค่ามากมายมหาศาล

ก. เงื่อนไขที่ 4.36 $(x_{ijt} - x_{ijt-1}) \geq (1 - |S_j - t| M) y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t \in Time$

$(x_{ijt} - x_{ijt-1}) \geq (1 - |S_j - t| M) y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t > 1$

ถ้า $y_{ij} = 0$ จะได้ว่า $x_{ijt} - x_{ijt-1} \geq 0$

ถ้า $y_{ij} = 1$ จะได้ว่า $x_{ijt} - x_{ijt-1} \geq 1 - |S_j - t| M$

ถ้า $t \neq S_j$ จะได้ว่า $x_{ijt} - x_{ijt-1} \geq -M + 1$

ถ้า $t = S_j$ ทำให้ $|S_j - t| = 0$ จะได้ $x_{ijt} - x_{ijt-1} \geq 1$

แสดงว่า x_{ijt-1} จะมีค่าเป็น 0 และ x_{ijt} จะมีค่าเป็น 1

ข. เงื่อนไขที่ 4.37 $(x_{ijt} - x_{ijt-1}) \leq (-1 + |t - (S_j + T_{ij})| M) y_{ij} \; \forall i \in B, j \in V, t \in Time$

ถ้า $y_{ij} = 0$ จะได้ว่า $x_{ijt} - x_{ijt-1} \leq 0$

เมื่อรวมกับเงื่อนไขที่ 4.36 $x_{ijt} - x_{ijt-1} \geq 0$ ในกรณีที่ $y_{ij} = 0$

จะได้ว่า $x_{ijt} - x_{ijt-1} = 0$

ถ้า $y_{ij} = 1$ จะมีกรณีย่อยอีก 2 กรณีคือ

เมื่อ $t \neq S_j + T_{ij}$ จะทำให้ $|t - (S_j + T_{ij})| \geq 1$

$\therefore$ จะได้ว่า $x_{ijt} - x_{ijt-1} \leq -1 + M$

เมื่อ $t = S_j + T_{ij}$ จะทำให้ $|t - (S_j + T_{ij})| = 0$

$\therefore$ จะได้ว่า $x_{ijt} - x_{ijt-1} \leq -1$

แสดงว่า x_{ijt} จะต้องมีค่าเท่ากับ 0 และ x_{ijt-1} จะต้องมีค่าเท่ากับ 1

จากการทำการประมวลผล แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่เมื่อได้ทำการประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปเรียบร้อยแล้ว สามารถหาคำตอบได้

4.4 ผลการรันโปรแกรมของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ โดยการเพิ่มจำนวนเครนให้กับเรือ เพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง

จากการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสร้างแบบจำลองที่สามารถทำการประมวลผลและได้คำตอบ คือ แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่ ซึ่งสามารถประกาศเงื่อนไขและตัวแปรการตัดสินใจที่ใช้ในแบบจำลองอีกครั้งดังนี้

4.4.1 ดัชนี (Indexed)

i คือ หมายเลขของท่าเรือโดยที่ $i = 1, 2, ..., I$

j คือ หมายเลขของเรือโดยที่ $j = 1, 2, ..., T$

t คือ เวลาโดยที่ $t = 1, 2, ..., TT$

4.4.2 Parameters

TT คือ เวลาการมาถึงของเรือ j

A_j คือ เวลาการมาถึงของเรือ j

α_j คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอยของเรือ j

t_{ij} คือ เวลาในการดำเนินงานของเรือ j ในท่าเรือ i

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเรือ j ในท่าเรือ i

D_j คือ เวลาที่ตกลงกันไว้ว่าต้องดำเนินงานขนถ่ายให้เสร็จสิ้นของเรือ j

β_j คือ ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานขนถ่ายเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด

γ_j คือ ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนด

AC คือ จำนวนเครนที่สามารถเป็นไปได้

4.4.3 ตัวแปรการตัดสินใจ

$$x_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ามีเรือ } j \text{ มาจอดในท่าเรือ } i \text{ ในเวลา } t \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$S_j = \begin{cases} 1 & \text{เวลาเริ่มทำงานของเรือ } j \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเรือ } j \text{ เข้ามาจอดในท่าเรือ } i \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$E_j = \begin{cases} D_j - s_j + \sum_{j \in B} T_{ij} & \text{ถ้าเรือ } j \text{ เสร็จก่อนกำหนด} \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

$$L_j = \begin{cases} s_j + \sum_{j \in B} T_{ij} - D_j & \text{ถ้าเรือ } j \text{ เข้ามาจอดในท่าเรือ } i \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีเรือ} \end{cases}$$

NC_j คือ จำนวนเครนที่กำหนดให้เรือ j ใช้

T_{ij} คือ เวลาที่เรือ j ใช้ในท่าเรือ i

4.4.4 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่

$$Min \sum_{j \in V} \alpha_j (S_j - A_j) + \sum_{i \in B} \sum_{j \in V} c_{ij} y_{ij} - \sum_{j \in V} \beta_j E_j + \sum_{j \in V} \gamma_j L_j \qquad (4.38)$$

Subject to

$$\sum_{i \in B} x_{ijt} \le 1 \quad , \forall\, t \in Time, j \in V \qquad (4.39)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ijt} \le 1 \quad , \forall t \in Time, i \in B \qquad (4.40)$$

$$\sum_{i \in B} \sum_{j \in V} NC_j x_{ijt} \le AC \quad , \forall t \in Time \qquad (4.41)$$

$$S_j \ge A_j \quad , \forall j \in V \qquad (4.42)$$

$$\sum_{i \in B} y_{ij} = 1 \quad , \forall j \in V \qquad (4.43)$$

$$x_{ijt} \le y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t \in Time \qquad (4.44)$$

$$T_{ij} = \left\lceil \frac{ti_{ij}}{NC_j} \right\rceil y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V \qquad (4.45)$$

$$\sum_{t \in Time} x_{ijt} = T_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V \qquad (4.46)$$

$$\sum_{t=A_j}^{TT} t x_{ijt} = T_{ij} s_j + \frac{T_{ij}(T_{ij}-1)}{2} \quad \forall i \in B, j \in V \tag{4.47}$$

$$L_j = \max\left((s_j + \sum_{i \in B} T_{ij} - D_j), 0 \right) \quad , \forall j \in V \tag{4.48}$$

$$E_j = \max\left((D_j - s_j + \sum_{i \in B} T_{ij}), 0 \right) \quad , \forall j \in V \tag{4.49}$$

$$(x_{ijt} - x_{ijt-1}) \geq (1 - |s_j - t| M) y_{ij} \quad \forall i \in B, j \in V, t \in Time, t > 1 \tag{4.50}$$

$$(x_{ijt} - x_{ijt-1}) \leq (-1 + |t - (s_j + T_{ij})| M) y_{ij} \ \forall i \in B, j \in V, t \in Time \tag{4.51}$$

$$x_{ijt} \in \{0,1\} \ \forall i \in B, j \in V, t \in Time \tag{4.52}$$

$$T_{ij} \geq 0 \ \forall i \in B, j \in V \tag{4.53}$$

$$s_j \geq 0 \ \forall j \in V \tag{4.54}$$

$$y_j \geq 0 \ \forall j \in V \tag{4.55}$$

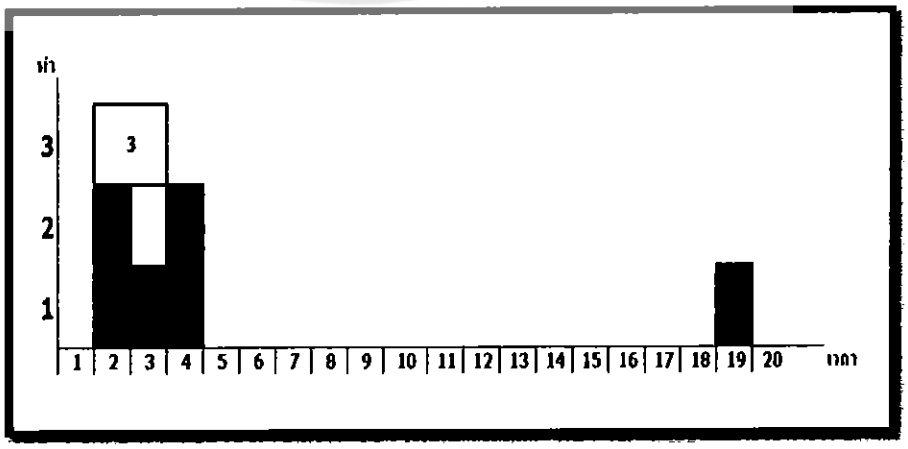
$$E_j \geq 0 \ \forall j \in V \tag{4.56}$$

$$L_j \geq 0 \ \forall j \in V \tag{4.57}$$

$$NC_j \geq 0 \ \forall j \in V \tag{4.58}$$

และกำหนดให้ M คือค่ามากมายมหาศาล

เมื่อได้ทำการประมวลผลโดยเลือกโจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก คือ ท่าเรือ 3 ท่าเรือ 5 ลำ โดยโปรแกรมสำเร็จรูปเรียบร้อยแล้ว สามารถทำการประมวลผลหาคำตอบ ดำเนินการวางแผนการจัดสรรการเทียบท่า และสามารถทำการจัดสรรจำนวนเครนให้กับเรือแต่ละลำได้ดังรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.2 ดังนี้

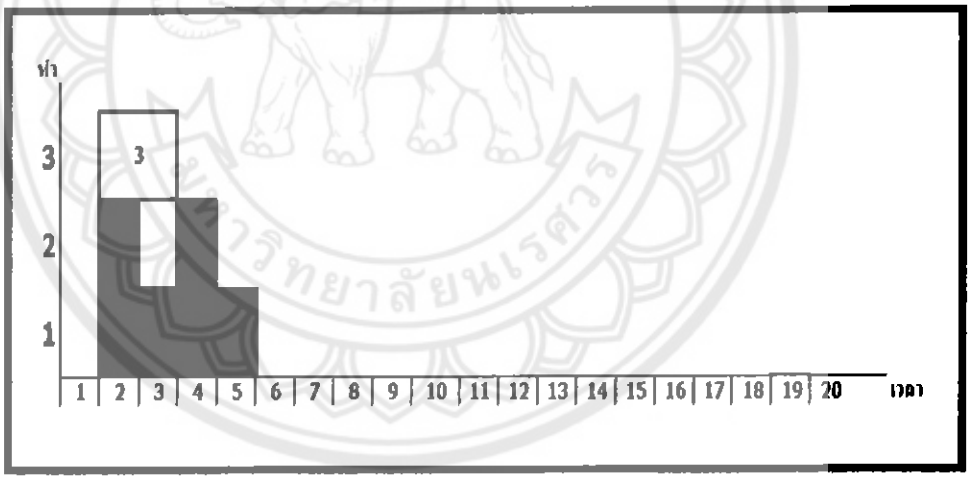


รูปที่ 4.5 แสดงการเข้าจอดเทียบท่าของเรือทุกลำ

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนเครนที่ถูกกำหนดให้เรือแต่ละลำ

หมายเลขเรือ	จำนวนเครนที่ถูกกำหนดให้เรือแต่ละลำ
1	4
2	1
3	2
4	6
5	3

จากการประมวลผลได้คำตอบเป็น Locally optimal solution ค่า objective มีค่าเท่ากับ 93.99999989 หน่วยและใช้เวลาทั้งหมด 28403.288 วินาทีในการประมวลผล จากนั้นจึงนำคำตอบที่ได้จากการประมวลผล มาตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ ซึ่งหลังจากการตรวจสอบพบว่าคำตอบที่ได้นั้นเป็นคำตอบที่ถูกต้อง จากนั้นจึงทำการปรับปรุงคำตอบที่ได้ใหม่ อีกครั้ง เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด โดยจัดเรียงลำดับการเข้าจอดเทียบท่าของเรือหมายเลข 4 ใหม่ คือ ให้เข้าจอดเทียบท่าในช่วงเวลาที่ 5 ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการเข้าจอดเทียบท่าของเรือหมายเลข 4

จากนั้นจึงทำการคำนวณผล ได้คำตอบเท่ากับ 52 หน่วย ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการประมวลผล โดยโปรแกรมสำเร็จรูป

4.4.5 สรุปผลจากการประมวลผลแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่

จากการพัฒนาแบบจำลองโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ครั้งที่สี่ ถึงแม้ว่าจะสามารถหาผลลัพธ์ได้ในปัญหาขนาดเล็ก แต่เนื่องจากแบบจำลองเป็นแบบจำลองที่ไม่เป็นเส้นตรง คำตอบที่ได้จึงเป็นคำตอบที่ดีที่สุดในบริเวณใกล้เคียง (Locally optimal solution) เท่านั้น ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้และใช้เวลาในการประมวลผลหาคำตอบมาก ซึ่งโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองการวางแผนเชิงคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่องและมีการกำหนดจำนวนเครนให้กับเรือเท่านั้น ในการนำไปใช้งานจริงควรนำคำตอบที่ได้ ไปปรับปรุงอีกครั้งเพื่อให้มีความเหมาะสมมากขึ้น และอาจทำให้ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดลดลงอีกด้วย

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้ได้ศึกษางานวิจัยของ Hansen and Qguz (2008) เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด ผู้จัดทำจึงได้กำหนดขนาดของปัญหาขึ้นมา 3 ขนาดด้วยกัน และทำการกำหนดเงื่อนไขของขนาดของปัญหาที่ต้องการพิจารณา เพื่อความหลากหลายของปัญหา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประมวลผล และใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งและโซฟเวอร์แบบที่สองในการประมวลผลเพื่อหาคำตอบ แต่ทว่าเมื่อทำการประมวลผลของแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008) ถึงแม้ว่าจะได้ผลออกมาเป็นแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นตรง และสามารถหาคำตอบได้ แต่เมื่อได้ทำการเพิ่มเงื่อนไขเข้าไปในแบบจำลอง โดยการเพิ่มจำนวนเครนเข้าไปแล้ว ไม่สามารถทำให้แบบจำลองเป็นแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นตรงเหมือนเดิมได้ กลุ่มของผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างแบบจำลองใหม่ขึ้นมา ซึ่งเป็นแบบจำลองการโปรแกรมไม่เป็นเส้นตรง เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ได้เพิ่มเข้าไปในแบบจำลอง

5.1 สรุปผล

5.1.1 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008)

จากแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008) ได้ทำการประมวลผลโดยใช้โซฟเวอร์ 2 แบบ คือ โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งและโซฟเวอร์แบบที่สอง ซึ่งจากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแล้ว จะเห็นได้ว่าโซฟเวอร์แบบที่สองจะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าโซฟเวอร์แบบที่หนึ่งในขนาดของปัญหาขนาดเล็ก แต่ในขนาดของปัญหาขนาดใหญ่โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งจะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าโซฟเวอร์แบบที่สอง แต่ในบางปัญหา เช่น ปัญหาขนาดกลาง เมื่อทำการประมวลผลแล้วได้คำตอบออกมาเป็น out of memory เมื่อทำการประมวลผลโดยใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งในการหาคำตอบ

และจากการกำหนดปัญหาให้มีหลายขนาด ทำให้ทราบว่าขนาดของปัญหามีผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผล อีกทั้งการกำหนดค่าใช้จ่ายต่างๆ คือ ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานขนถ่ายเสร็จก่อนกำหนด และค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้ากว่ากำหนด มีผลต่อสมการเป้าประสงค์ คือ ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในการดำเนินงาน อีกทั้งคำตอบที่ได้ในบางปัญหาอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด เนื่องจากบางปัญหาใช้เวลาในการประมวลผลนาน กลุ่มของผู้วิจัยจึงต้องตั้งเวลาให้โปรแกรมสำเร็จรูปแสดงผล เมื่อถึงเวลาที่กำหนด

5.1.2 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ โดยการเพิ่มจำนวนเครนให้กับเรือ เพื่อช่วยในการวางแผนการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง

กลุ่มของผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างแบบจำลองใหม่ขึ้นมา ซึ่งเป็นแบบจำลองการโปรแกรมไม่เป็นเส้นตรง เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ได้เพิ่มเข้าไปในแบบจำลอง ซึ่งได้ทำการพัฒนาปรับปรุงเงื่อนไขที่ทำการพิจารณาทั้งหมดถึง 4 ครั้งดังนี้

5.1.2.1 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่หนึ่ง

จากการหาคำตอบจากแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่หนึ่ง เมื่อได้ทำการประมวลผล โปรแกรมสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยเลือกใช้ไม่ยอมให้ ตัวแปรการตัดสินใจเป็นดัชนี ได้จึงต้องทำการออกแบบปรับปรุงใหม่อีกครั้งหนึ่ง

5.1.2.2 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สอง

จากการทำการประมวลผลแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สอง เนื่องจากพอได้ทำการประมวลผลอีกครั้ง โปรแกรมสำเร็จรูปไม่ยอมให้ ตัวแปรการตัดสินใจ S_j ไปอยู่ในข้อกำหนดของการเขียนเงื่อนไขได้ จึงต้องทำการออกแบบปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง

5.1.2.3 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สาม

จากการทำการประมวลผลแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สาม เมื่อได้ทำการประมวลผลแล้ว ถึงแม้ว่าโปรแกรมสำเร็จรูปจะยอมให้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์แบบที่สามประมวลผลได้ แต่ผลการประมวลผลที่ได้นั้นก็ยังมีความผิดพลาดในบางจุดจึงต้องทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

5.1.2.4 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่

จากการทำการประมวลผลแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่ เมื่อได้ทำการประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปเรียบร้อยแล้ว สามารถหาคำตอบได้และเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการประมวลผลแบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ของ Hansen and Qguz (2008) อาจไม่สามารถหาคำตอบได้ โดยที่ใช้โซฟเวอร์แบบที่หนึ่งในการหาคำตอบ แต่หากใช้โซฟเวอร์แบบที่สองในการประมวลผลก็อาจสามารถหาคำตอบได้ แม้ว่าจะใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าในบางปัญหา

5.2.2 วิธีการจัดสรรท่าเทียบเรือแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ถ้าเป็นแบบจำลองการโปรแกรมไม่เป็นเส้นตรง อาจไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ แต่จะได้คำตอบที่เป็น local optimal แทน และอาจไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ ถึงแม้ว่าแบบจำลองนั้นจะถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

ชมพูนุช สังคะทิพย์, ภาวิณี อ่วมเจริญ. (2552). **การใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติกส์ในการจัดลำดับการเทียบท่าของเรือ.** วิทยานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

รองศาสตราจารย์สุทธิมา ชำนาญเวช.(2552).**การวิจัยดำเนินงาน** Operation research. กรุงเทพฯ: บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด.

กรมเจ้าท่า.**ความรู้เรื่องท่าเรือและเรือ.**สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2554, จาก http://www.md.go.th/marine_knowledge/e-harbour.php

มารีนเนอร์ไทยดอทคอม.สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2554, จาก http://www.marinerthai.com/sara/view.php?No=1006

Christian Bierwirth , Frank Meisel. A survey of berth allocation and quay crane scheduling problems in container terminals Birth Allocation Problem , Europian Journal of Operational Research 2009 : (615-617)

F.Meisel, Seaside Operations Planning in Container Terminals,Contributions to Management Science, Physica-Verlag Berlin Heidelerg 2009

Kim, K.H., Park. Y.M. (2004), A crane scheduling method for port container terminals, European Journal of Operational Research 156, 752-768

Pierre Hansen, Ceyda Oguz.(2008). Variable neighborhood search for minimum cost berth Allocation. European Journal of Operational Research 191 (2008), 636– 649.

ภาคผนวก ก
โจทย์ปัญหาท่าเรือขนาดเล็ก กลาง ใหญ่

1.1 โจทย์ปัญหาการเทียบท่าของเรือแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้แบบจำลองโปรแกรมการเชิงคณิตศาสตร์ของ Hensen and Que (2008)

1.1.1 โจทย์ปัญหาแบบที่ 1

1.1.1.1 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.1 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	5	5	3	5
7	5	4	2	3	4

ตารางที่ ก.1 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5

ตารางที่ ก.1 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 36 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 667.607 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 36 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 235.296 วินาที

1.1.1.2 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.2 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	6	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	4	3	2	4

ตารางที่ ก.2 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6

ตารางที่ ก.2 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 93 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 5943.5 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 93 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 5328.92 วินาที

1.1.1.3 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.3 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	5	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	4	3	2	4
9	4	7	5	1	3

ตารางที่ ก.3 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8	9
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9	7
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6	7

ตารางที่ ก.3 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7	7
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5	7
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2	7

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ **141 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 33234.9 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 84.99999999 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 63453.8 วินาที

1.1.1.4 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.4 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	5	5	3	5
7	5	4	2	3	4

ตารางที่ ก.4 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5
ท่าที่ 4	3	4	4	5	5	6	7

ตารางที่ ก.4 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4
ท่าที่ 4	1	2	3	2	4	5	7

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 20 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 1905.01 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 20 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 1436.64 วินาที

1.1.1.5 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.5 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	5	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	4	3	2	4

ตารางที่ ก.5 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6
ท่าที่ 4	3	4	4	5	5	6	7	7

ตารางที่ ก.5 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2
ท่าที่ 4	1	2	3	2	4	5	7	7

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 4282.52 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 60 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 19358.5 วินาที

1.1.1.6 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.6 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	8	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	8	3	2	4
9	6	9	4	1	2

ตารางที่ ก.6 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8	4
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9	4
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6	4
ท่าที่ 4	3	4	4	5	5	6	7	7	4

ตารางที่ ก.6 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7	4
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5	4
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2	4
ท่าที่ 4	1	2	3	2	4	5	7	7	4

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 2666.46 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ **69.99999963 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 43902.7 วินาที

1.1.1.7 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.7 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	8	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	4	3	2	4
9	6	9	4	1	2
10	4	10	5	1	3

ตารางที่ ก.7 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9	เรือหมายเลข 10
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8	4	5
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9	4	5
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6	4	5
ท่าที่ 4	3	4	4	5	5	6	7	7	4	5

ตารางที่ ก.7 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9	เรือหมายเลข 10
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7	4	3
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5	4	3
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2	4	3
ท่าที่ 4	1	2	3	2	4	5	7	7	4	3

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 3297.17 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ **91.99999992 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 37743.6 วินาที

1.1.1.8 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.8 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	8	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	4	3	2	4
9	6	9	4	1	2
10	4	10	5	1	3

ตารางที่ ก.8 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9	เรือหมายเลข 10
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8	4	5
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9	4	5
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6	4	5
ท่าที่ 4	3	4	4	5	5	6	7	7	4	5
ท่าที่ 5	4	3	4	3	2	3	2	3	2	4

ตารางที่ ก.8 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9	เรือหมายเลข 10
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7	4	3
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5	4	3
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2	4	3
ท่าที่ 4	1	2	3	2	4	5	7	7	4	3
ท่าที่ 5	1	2	1	2	2	3	2	5	7	3

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 2623.92 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ **11 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 62033.9 วินาที

1.1.1.9 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 15 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.9 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 15 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	8	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	4	3	2	4
9	6	9	4	1	2
10	4	10	5	1	3
11	2	7	1	3	4
12	2	8	2	3	5
13	3	9	2	3	5
14	3	12	3	3	5
15	4	9	4	3	7

ตารางที่ ก.9 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 15 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8	4	5	3	4	2	5	6
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9	4	5	3	5	6	2	7
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6	4	5	4	5	3	2	4
ท่าที่ 4	3	4	4	5	5	6	7	7	4	5	4	5	6	8	3
ท่าที่ 5	4	3	4	3	2	3	2	3	2	4	5	7	4	9	3

ตารางที่ ก.9 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 15 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7	4	3	7	6	5	4	3
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5	4	3	3	4	5	6	7
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2	4	3	5	5	5	5	5
ท่าที่ 4	1	2	3	2	4	5	7	7	4	3	6	6	6	6	6
ท่าที่ 5	1	2	1	2	2	3	2	5	7	3	7	7	7	7	7

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 61344.9 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 89896.5 วินาที

1.1.1.10 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.10 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	8	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	4	3	2	4
9	6	9	4	2	2
10	4	10	5	1	3
11	2	7	1	1	5
12	2	7	2	1	5
13	3	9	2	1	5
14	3	12	4	2	5
15	5	12	3	2	5
16	5	10	5	2	5
17	1	6	4	3	5
18	1	5	6	3	5
19	7	9	5	3	5
20	4	10	2	4	5

ตารางที่ ก.10 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8	4	5	2	3	2	3	4	5	7	8	4	5
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9	4	5	3	3	4	2	3	1	5	9	4	5
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6	4	5	2	4	3	5	4	4	5	6	4	5
ท่าที่ 4	3	4	4	5	5	6	7	7	4	5	3	4	4	5	5	6	7	6	4	5
ท่าที่ 5	4	3	4	3	2	3	2	3	2	4	3	4	3	5	6	7	5	8	9	3
ท่าที่ 6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	6	5	6	5	7	6	7	6	5	4
ท่าที่ 7	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
ท่าที่ 8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ท่าที่ 9	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
ท่าที่ 10	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3

ตารางที่ ก.10 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7	4	3	4	3	2	2	3	4	6	1	2	3
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5	4	3	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1
ท่าที่ 4	1	2	3	2	4	5	7	7	4	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	3
ท่าที่ 5	1	2	1	2	2	3	2	5	7	3	2	5	4	3	4	5	4	5	3	2
ท่าที่ 6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
ท่าที่ 7	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
ท่าที่ 8	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
ท่าที่ 9	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
ท่าที่ 10	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 2623.92 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ **11 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 62033.9 วินาที

1.1.1.11 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.11 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6
6	7	8	5	3	5
7	5	4	2	3	4
8	3	4	3	2	4
9	6	9	4	2	2
10	4	10	5	1	3
11	2	7	1	1	5
12	2	7	2	1	5
13	3	9	2	1	5
14	3	12	4	2	5
15	5	12	3	2	5
16	5	10	5	2	5
17	1	6	4	3	5
18	1	5	6	3	5
19	7	9	5	3	5
20	4	10	2	4	5
21	4	7	3	4	5
22	9	12	4	3	4
23	7	10	5	3	4
24	1	12	5	2	4
25	2	15	5	4	5

ตารางที่ ก.11 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน (ต่อ)	เรือหมายเลข																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4	5	7	8	4	5	2	3	2	3	4	5	7	8	4	5
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3	1	5	9	4	5	3	3	4	2	3	1	5	9	4	5
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4	4	5	6	4	5	2	4	3	5	4	4	5	6	4	5
ท่าที่ 4	3	4	4	5	5	6	7	7	4	5	3	4	4	5	5	6	7	6	4	5
ท่าที่ 5	4	3	4	3	2	3	2	3	2	4	3	4	3	5	6	7	5	8	9	3
ท่าที่ 6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	6	5	6	5	7	6	7	6	5	4
ท่าที่ 7	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
ท่าที่ 8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
ท่าที่ 9	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
ท่าที่ 10	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3

ตารางที่ ก.11 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข				
	21	22	23	24	25
ท่าที่ 1	2	3	4	5	6
ท่าที่ 2	3	3	4	5	6
ท่าที่ 3	2	4	3	5	7
ท่าที่ 4	6	3	5	2	7
ท่าที่ 5	4	7	2	3	5
ท่าที่ 6	5	4	3	3	3
ท่าที่ 7	5	5	5	5	5
ท่าที่ 8	4	4	4	6	6
ท่าที่ 9	3	3	3	3	3
ท่าที่ 10	6	6	6	6	6

ตารางที่ ก.11 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (ต่อ)	เรือหมายเลข																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1	4	5	7	4	3	4	3	2	2	3	4	6	1	2	3
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5	4	6	5	4	3	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4	3	4	2	4	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1
ท่าที่ 4	1	2	3	2	4	5	7	7	4	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	3
ท่าที่ 5	1	2	1	2	2	3	2	5	7	3	2	5	4	3	4	5	4	5	3	2
ท่าที่ 6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
ท่าที่ 7	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
ท่าที่ 8	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
ท่าที่ 9	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
ท่าที่ 10	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.11 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข				
	21	22	23	24	25
ท่าที่ 1	4	5	3	2	1
ท่าที่ 2	5	5	6	3	4
ท่าที่ 3	2	2	2	2	8
ท่าที่ 4	3	3	2	2	2
ท่าที่ 5	1	2	3	1	2
ท่าที่ 6	1	1	1	1	1
ท่าที่ 7	3	3	3	3	3
ท่าที่ 8	5	5	5	5	5
ท่าที่ 9	5	5	5	5	5
ท่าที่ 10	2	2	2	2	2

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ *264.99999995 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 48143.7 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ *98 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 53285.1 วินาที

1.1.2 โจทย์ปัญหาแบบที่ 2

1.1.2.1 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.12 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3

ตารางที่ ก.12 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ ก.12 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ -17 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 402.81 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ -17 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 411 วินาที

1.1.2.2 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.13 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3

ตารางที่ ก.13 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ ก.13 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ -22 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 5672.41 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ -22 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 5563.45 วินาที

1.1.2.3 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.14 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3
9	2	17	9	2	3

ตารางที่ ก.14 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4

ตารางที่ ก.14 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 3810.29 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ -31.00000001 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 67918.3 วินาที

1.1.2.4 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.15 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3

ตารางที่ ก.15 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 4	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.15 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 7 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	4	4	4	4	4	4	4

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 20 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 1905.01 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ 20 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 1436.64 วินาที

1.1.2.5 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.16 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3

ตารางที่ ก.16 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 4	5	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.16 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 8 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	4	4	4	4	4	4	4	4

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 2248.26 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ -22 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 22080.1 วินาที

1.1.2.6 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.17 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3
9	2	17	9	2	3

ตารางที่ ก.17 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 4	5	5	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.17 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 9 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 27421.4 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ **-31 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 33185.3 วินาที

1.1.2.7 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.18 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3
9	2	17	9	2	3
10	2	19	10	2	3

ตารางที่ ก.18 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9	เรือหมายเลข 10
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.18 โจทย์ท่าเรือ 4 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9	เรือหมายเลข 10
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 3204.79 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 52573.7 วินาที

1.1.2.8 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.19 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3
9	2	17	9	2	3
10	2	19	10	2	3

ตารางที่ ก.19 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9	เรือหมายเลข 10
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ท่าที่ 5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.19 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 10 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5	เรือหมายเลข 6	เรือหมายเลข 7	เรือหมายเลข 8	เรือหมายเลข 9	เรือหมายเลข 10
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 2623.92 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ **11 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 62033.9 วินาที

1.1.2.9 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 15 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.20 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 15 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3
9	2	17	9	2	3
10	2	19	10	2	3
11	2	3	1	2	3
12	2	7	2	2	3
13	2	9	3	2	3
14	2	11	4	2	3
15	2	13	5	2	3

ตารางที่ ก.20 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 15 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ท่าที่ 5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.20 โจทย์ท่าเรือ 5 ท่า เรือ 15 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 61344.9 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 89896.5 วินาที

1.1.2.10 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.21 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3
9	2	17	9	2	3
10	2	19	10	2	3
11	2	3	1	2	3
12	2	7	2	2	3
13	2	9	3	2	3
14	2	11	4	2	3
15	2	13	5	2	3
16	2	7	1	2	3
17	2	7	1	2	3
18	2	7	1	2	3
19	2	9	1	2	3
20	2	9	2	2	3

ตารางที่ ก.21 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

ตารางที่ ก.21 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 20 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้คำตอบเป็น out of memory ใช้เวลาในการประมวลผล 2623.92 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ **11 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 62033.9 วินาที

1.1.2.11 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.22 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	3	1	2	3
2	2	5	2	2	3
3	2	7	3	2	3
4	2	9	4	2	3
5	2	11	5	2	3
6	2	13	6	2	3
7	2	12	7	2	3
8	2	15	8	2	3
9	2	17	9	2	3
10	2	19	10	2	3
11	2	3	1	2	3
12	2	7	2	2	3
13	2	9	3	2	3
14	2	11	4	2	3
15	2	13	5	2	3
16	2	7	6	2	3
17	2	7	1	2	3
18	2	7	1	2	3
19	2	9	1	2	3
20	2	9	1	2	3
21	2	9	2	2	3
22	2	9	2	2	3
23	2	12	2	2	3
24	2	12	2	2	3
25	2	15	2	2	3

ตารางที่ ก.22 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน (ต่อ)	เรือหมายเลข																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ท่าที่ 5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ท่าที่ 6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ท่าที่ 10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.22 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข				
	21	22	23	24	25
ท่าที่ 1	2	2	2	2	2
ท่าที่ 2	3	3	3	3	3
ท่าที่ 3	4	4	4	4	4
ท่าที่ 4	5	5	5	5	5
ท่าที่ 5	5	5	5	5	5
ท่าที่ 6	2	2	2	2	2
ท่าที่ 7	3	3	3	3	3
ท่าที่ 8	4	4	4	4	4
ท่าที่ 9	5	5	5	5	5
ท่าที่ 10	5	5	5	5	5

ตารางที่ ก.22 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (ต่อ)	เรือหมายเลข																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

ตารางที่ ก.22 โจทย์ท่าเรือ 10 ท่า เรือ 25 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข				
	21	22	23	24	25
ท่าที่ 1	1	1	1	1	1
ท่าที่ 2	2	2	2	2	2
ท่าที่ 3	3	3	3	3	3
ท่าที่ 4	4	4	4	4	4
ท่าที่ 5	2	2	2	2	2
ท่าที่ 6	1	1	1	1	1
ท่าที่ 7	2	2	2	2	2
ท่าที่ 8	3	3	3	3	3
ท่าที่ 9	4	4	4	4	4
ท่าที่ 10	2	2	2	2	2

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 1 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ *264.99999995 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 48143.7 วินาที และการประมวลผลโดยโซฟเวอร์แบบที่ 2 ได้ค่า objective มีค่าเท่ากับ *98 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 53285.1 วินาที

2.1 โจทย์ปัญหาการเทียบท่าของเรือแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้แบบจำลองโปรแกรมการเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาครั้งที่สี่

2.1.1 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 5 ลำ กำหนดให้

ตารางที่ ก.23 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 5 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เรือ	เวลาการมาถึงของเรือ	เวลาที่ตกลงว่าต้องดำเนินงานเสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายจากการรอคอย	ผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานเสร็จก่อนกำหนด	ค่าปรับจากการดำเนินงานล่าช้า
1	2	5	1	2	3
2	2	6	2	2	3
3	3	7	2	3	4
4	3	8	3	3	5
5	4	9	4	4	6

ตารางที่ ก.23 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 5 ลำ กำหนดให้ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5
ท่าที่ 1	2	3	2	3	4
ท่าที่ 2	3	3	4	2	3
ท่าที่ 3	2	4	3	5	4

ตารางที่ ก.23 โจทย์ท่าเรือ 3 ท่า เรือ 5 ลำ กำหนดให้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	เรือหมายเลข 1	เรือหมายเลข 2	เรือหมายเลข 3	เรือหมายเลข 4	เรือหมายเลข 5
ท่าที่ 1	5	4	3	2	1
ท่าที่ 2	1	2	3	4	5
ท่าที่ 3	2	2	3	3	4

กำหนดให้ M มีค่าเท่ากับ 500

จากการประมวลผลได้คำตอบเป็น Locally optimal solution มีค่า objective เท่ากับ 93.99999989 หน่วย ใช้เวลาในการประมวลผล 28403.288 วินาที