

**การวางแผนจัดผู้คอนเทนเนอร์ลงเรือบรรทุกสินค้า: กรณีศึกษา
บริษัทให้บริการขนส่งทางเรือแห่งหนึ่งในประเทศไทย**

ปณิดา สารพิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการโลจิสติกส์)

คณะสถิติประยุกต์

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

2558

การวางแผนจัดผู้คอนเทนเนอร์ลงเรือบรรทุกสินค้า: กรณีศึกษา
บริษัทให้บริการขนส่งทางเรือแห่งหนึ่งในประเทศไทย
ปนัดดา สาระพิทักษ์
คณะสถิติประยุกต์

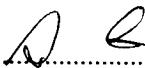
รองศาสตราจารย์..........อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.กาญจน์ภา อมรัชกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการ โลจิสติกส์)

อาจารย์..........ประธานกรรมการ
(ดร.ศิริกา คุษฎีโหนด)

รองศาสตราจารย์..........กรรมการ
(ดร.กาญจน์ภา อมรัชกุล)

อาจารย์...............กรรมการ
(ดร.สรารุท จันทรสุวรรณ)

อาจารย์..........กรรมการ
(ดร.ระวี สุวรรณเดชไชย)

อาจารย์..........คณบดี
(ดร.ศิริกา คุษฎีโหนด)

มิถุนายน 2559

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์

การวางแผนจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือบรรทุกสินค้า: กรณีศึกษา
บริษัทให้บริการขนส่งทางเรือแห่งหนึ่งในประเทศไทย

ชื่อผู้เขียน

นางสาวปนัดดา สาระพิทักษ์

ชื่อปริญญา

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการโลจิสติกส์)

ปีการศึกษา

2558

บทความนี้กล่าวถึงกรณีศึกษาการวางแผนการจัดส่งสินค้าทางเรือด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละสัปดาห์ ที่ออกจากท่าเรือสิงคโปร์เพื่อไปส่งท่าเรือในยุโรป 7 ท่าเรือ เส้นทางเดินเรือมีทั้งหมด 4 เส้นทางแบบเครือข่าย ปัญหาการจัดส่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันส่วนมากเกิดจากตู้คอนเทนเนอร์บางส่วนไม่สามารถส่งไปยังท่าเรือในยุโรปภายในระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนด เนื่องจากเรือแม่ที่ออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือที่ลูกค้าต้องการนั้นบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์จนเต็มจำนวนที่บริษัทสามารถใช้ได้ ดังนั้นบริษัทจึงต้องจัดตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นไปยังเรือแม่ของเส้นทางอื่นที่ยังสามารถบรรทุกได้ และใช้วิธีการลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ท่าเรือหนึ่งเพื่อรอให้เรือแม่ที่จะวิ่งไปยังท่าเรือที่ลูกค้าต้องการมาขึ้นตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นไปส่ง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของบริษัทเพิ่มสูงขึ้น และก่อให้เกิดความไม่น่าเชื่อถือต่อบริษัทเมื่อเกิดการจัดส่งที่ล่าช้า นอกจากนี้อาจต้องจ่ายค่าเสียหายให้แก่ลูกค้าหรืออาจให้ส่วนลดเมื่อลูกค้ามาใช้บริการในครั้งต่อไป แต่ในระยะยาวอาจส่งผลให้เสียลูกค้ารายนั้นไป ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะหาจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะจัดสรรไปยังเรือแม่ที่ออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือที่ยุโรปในทั้ง 4 เส้นทาง เพื่อให้ได้กำไรที่สูงสุดและส่งตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดได้ตามเวลาที่ลูกค้าต้องการ ในการเดินเรือนั้นสามารถเปลี่ยนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์ไปยังเรือแม่ลำอื่นที่ทำเรือหนึ่งได้ โดยที่จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกไปในเรือทั้ง 4 ลำต้องไม่เกินข้อกำหนดที่บริษัทสามารถใช้ได้ และจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ของลูกค้าที่ทำเรือสิงคโปร์ต้องถูกจัดส่งให้หมดภายในสัปดาห์นั้น

ABSTRACT

Title of Thesis	Container Planning Allocate to Vessels: A Case Study of the Shipping Services Company in Thailand
Author	MissPanadda Sarapitak
Degree	Master of Science (Logistics Management)
Year	2015

This paper discusses how to ship containers in each week from a port in Singapore to seven ports in Europe along four established routes in the network. Under the current shipping plan, some containers reach their final destination late, because the main vessel at Singapore needs to wait until it is full, causing the departure delays. To alleviate the problem, the company tries to send containers to the main vessels along the other routes. The containers would be offloaded and waited to be transfer to the main vessels at the transshipment port. If these containers wait too long, the company incurs additional costs from handling delays; this consequently reduces the reliability of the shipping company. In this study, we formulate a mathematical model, in which the number of containers to be shipped via each route is determined in order to maximize profit, while reaching the destination without any delays. In the model, we also determine the number of transferred containers at the transshipment port. Other constraints are the vessel capacity and delivery deadline.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.ดร.กาญจน์ภา อมรัชกุล ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์ ที่ได้สละเวลาให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อชี้แนะ รวมทั้งแนวคิดในการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการวิจัย จนทำให้ได้รูปเล่มโครงงานวิจัยที่สมบูรณ์เล่มนี้ขึ้นมา

ขอขอบพระคุณท่าน ดร.ศิวิกา คุษฎีโหนด ดร.สราวุธ จันทร์สุวรรณ และ ดร.ระวี สุวรรณ เดโชไชย ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ สละเวลาพิจารณาตรวจสอบ วิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และให้คำแนะนำแนวคิดที่ดีและเป็นประโยชน์ ทำให้ผลการศึกษารั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณภาสุรี วาดเขียน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำวิทยานิพนธ์ สนับสนุนและเอื้อเฟื้อข้อมูลประกอบการวิเคราะห์เป็นอย่างดีมาโดยตลอด รวมทั้งข้อคิดและ ข้อเสนอแนะที่ดี จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ

ขอขอบคุณสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ที่ได้มอบทุนส่งเสริมการศึกษาประเภทที่ 1 ทำให้ผู้เขียนได้มีโอกาสเข้ารับการศึกษาระดับปริญญาโทของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ สาขาการจัดการ โลจิสติกส์ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ด้านต่างๆให้แก่ผู้เขียน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะสถิติประยุกต์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาร่วมรุ่นทุกคน สำหรับกำลังใจที่มีให้เสมอมา พร้อมทั้งมิตรภาพที่แสนอบอุ่นตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

สุดท้ายผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณยายของผู้เขียนที่เป็นผู้ช่วยสนับสนุน กระตุ้น และเป็นแรงใจที่สำคัญของผู้เขียนทำให้ผู้เขียนแรงผลักดัน จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ ประสบผลสำเร็จดังที่ตั้งใจ ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการทำโครงงานวิจัยนี้ ย่อมเป็นผลมาจากความ กรุณาของทุกท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ใน โอกาสนี้

ปณัลดา สาระพิทักษ์

พฤษภาคม 2559

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(10)
สัญลักษณ์และคำย่อ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	9
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	9
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
1.5 ขั้นตอนการวิจัย	10
1.6 แผนการดำเนินงาน	11
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	12
2.1 การจัดตู้คอนเทนเนอร์	12
2.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	16
2.3 ทบทวนวรรณกรรม	17

บทที่ 3 กระบวนการส่งสินค้า	23
3.1 การส่งตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทการศึกษา	23
3.2 เครือข่ายเส้นทางเดินเรือจากสิงคโปร์ไปยุโรป	24
3.3 การจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทการศึกษา	25
บทที่ 4 ตัวแบบและผลการวิจัย	27
4.1 ศึกษาปัญหาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	27
4.2 การย้ายตู้คอนเทนเนอร์เพื่อเปลี่ยนเส้นทาง	29
4.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	31
4.4 ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์	35
4.5 การจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทาง	36
4.6 การลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือในยุโรป	39
4.7 การจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือจากผลเฉลยของตัวแบบในระยะเวลา 1 เดือน	41
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	49
5.1 บทสรุป	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก การหาผลลัพธ์โดยใช้ Excel Solver	53
ประวัติผู้เขียน	69

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ปริมาณการขนส่งสินค้าเข้าประเทศไทย	2
1.2 ปริมาณการขนส่งสินค้าออกประเทศไทย	2
1.3 จำนวนเรือที่เข้าเทียบท่าที่ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือสงขลา ท่าเรือภูเก็ต	8
4.1 ค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร ค่าใช้จ่ายผันแปรสำหรับผู้คอนเทนเนอร์ ที่ส่งออกไปยังยุโรปและสัดส่วนของ Booking	28
4.2 ค่าบริการ ค่าใช้จ่าย จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ และเวลาที่ต้องส่งสำหรับแต่ละท่าเรือ	28
4.3 จำนวนตู้ที่บรรทุกได้ในแต่ละเส้นทาง และระยะเวลาที่เรือเมื่อออกจาก ท่าเรือสิงคโปร์มาถึงท่าเรือในยุโรป	28
4.4 ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่ง ไปยังท่าเรือหนึ่ง	35
4.5 ตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดไปในเรือของแต่ละเส้นทางในสัปดาห์ที่ 1	42
4.6 ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่ง ไปยังท่าเรือหนึ่งในสัปดาห์ที่ 1	42
4.7 ตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดไปในเรือของแต่ละเส้นทางในสัปดาห์ที่ 2	43
4.8 ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่ง ไปยังท่าเรือหนึ่งในสัปดาห์ที่ 2	44
4.9 ตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดไปในเรือของแต่ละเส้นทางในสัปดาห์ที่ 3	45
4.10 ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่ง ไปยังท่าเรือหนึ่งในสัปดาห์ที่ 3	45
4.11 ตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดไปในเรือของแต่ละเส้นทางในสัปดาห์ที่ 4	47
4.12 ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่ง ไปยังท่าเรือหนึ่งในสัปดาห์ที่ 4	47

2ก	สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างเซลล์วัตถุประสงค์	56
3ก	สูตรที่ใช้หาจำนวนตู้ที่ลงไว้ที่ทำเรือทั้ง 4 ทำเรือเพื่อเปลี่ยนเส้นทาง	58
3ข	สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งทั้ง 7 ทำเรือ	59
3ค	สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านความสมดุลของตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกที่ทำเรือ	60
3ง	สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านเวลาที่ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือได้	61
3จ	สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทาง ของเรือที่มาถึงทำเรือเป็นลำแรก	63
3ฉ	สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทาง ของเรือที่มาถึงลำสุดท้าย	64
3ช	สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ทำเรือที่ออกจากทำเรือเริ่มต้น	65
3ซ	สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านข้อกำหนดที่ต้องจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือของทั้ง 4 เส้นทาง	66

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 เรือบรรทุกสินค้าแบบเทกอง	3
1.2 เรือบรรทุกสินค้าเทกองเหลว	4
1.3 เรือบรรทุกก๊าซ	4
1.4 เรือบรรทุกสินค้าแช่เย็น/แช่แข็ง	5
1.5 เรือบรรทุกสินค้าระบบล้อเลื่อน	6
1.6 เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์	6
2.1 Dry Container	13
2.2 Refrigerator Container	13
2.3 Garment Container	14
2.4 Open Top Container	14
2.5 Flat-Rack Container	14
2.6 ระบบการจัดเรียง Bay Row Tier System	16
2.7 ขั้นตอนย่อยในการแก้ปัญหา	17
3.1 เครือข่ายเส้นทางเดินเรือของเรือแม่ทั้ง 4 เส้นทาง	25
4.1 การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เรือแม่ของเส้นทาง 1	37
4.2 การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เรือแม่ของเส้นทาง 2	38
4.3 การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เรือแม่ของเส้นทาง 3	39
4.4 การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เรือแม่ของเส้นทาง 4	39
1ก สร้างเซลล์สำหรับตัวแปรตัดสินใจ	54
2ก การสร้างเซลล์วัตถุประสงค์	55
2ข สูตรที่ใช้หาจำนวนตู้ที่ลงไว้ที่ท่าเรือทั้ง 4 ท่าเรือเพื่อเปลี่ยนเส้นทาง	55
3ก การสร้างข้อจำกัดด้านจำนวนตู้ที่บริษัทสามารถจัดให้บรรทุกในเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทาง	58
3ข การสร้างข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งทั้ง 7 ท่าเรือ	59

3ค	การสร้างข้อจำกัดด้านความสมดุลของผู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกท่าเรือ	60
3ง	การสร้างข้อจำกัดด้านเวลาที่ไม่สามารถลงผู้คอนเทนเนอร์ สำหรับส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือได้	61
3จ	การสร้างข้อจำกัดด้านการลงผู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทางของเรือที่มาถึงท่าเรือเป็นลำแรก	62
3ฉ	การสร้างข้อจำกัดด้านการลงผู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทางของเรือที่มาถึงลำสุดท้าย	64
3ช	การสร้างข้อจำกัดด้านผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือ ที่ออกจากท่าเรือเริ่มต้น	65
3ซ	การสร้างข้อจำกัดด้านข้อกำหนดที่ต้องจัดผู้ลงเรือของทั้ง 4 เส้นทาง	66
4ก	การกำหนดเซลล์เป้าหมายและเซลล์ค่าตัดแปรตัดสินใจ	67
4ข	การใส่สมการหรืออสมการข้อจำกัด	68

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์

ความหมาย

$\rightarrow$
(i, j)

เดินเรือไป
เดินเรือจากท่าเรือ i ไปยังท่าเรือ j

คำย่อ

TEU

Twenty-Foot คือ หน่วยนับสินค้าที่บรรจุในตู้
คอนเทนเนอร์ความยาว 20 ฟุต

DWT

Dead Weight Tonnage คือ น้ำหนักรวมของ
สินค้า วัสดุคงคลังและเชื้อเพลิงที่เรือบรรทุกไป

LNG

Liquified Natural Gas

LPG

Liquified Petroleum Gas

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

1.1.1 การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ

การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศสามารถทำการขนส่งได้หลายทาง ทั้งทางบกซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของเส้นทางที่ต้องเชื่อมต่อกัน และยังมีการขนส่งทางน้ำ ทางอากาศที่นำมาใช้ในการขนส่ง ทั้งนี้การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศทั่วโลกใช้การขนส่งทางทะเลถึงร้อยละ 90-95 ทั้งนี้เพราะสามารถขนส่งสินค้าได้ในระยะไกลเป็นจำนวนมาก และมีอัตราค่าขนส่งถูกกว่าเมื่อเทียบกับการขนส่งประเภทอื่นๆ สำหรับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศของไทย จากสถิติของกรมศุลกากร กระทรวงการคลัง จากปี พ.ศ. 2552-2556 มีปริมาณสินค้าเข้าออกประเทศไทย และคิดเป็นสัดส่วนแสดงในตารางที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าการขนส่งสินค้าทั้งนำเข้าและส่งออกของประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้การขนส่งทางเรือ รองลงมาใช้การขนส่งทางรถยนต์ ทางเครื่องบิน ทางรถไฟ และทางไปรษณีย์ภัณฑ์และอื่น ๆ ตามลำดับ

1.1.2 เรือขนส่งสินค้าทางทะเล

เรือขนส่งสินค้าทางทะเลมีหลายประเภท ซึ่งผู้ประกอบการที่ต้องส่งสินค้าออกนอกประเทศจะต้องเลือกใช้เรือให้เหมาะสมกับสินค้าที่จะจัดส่ง หรือเลือกผู้ให้บริการการขนส่งทางเรือที่เหมาะสม มีศักยภาพในการดูแลสินค้าและจัดส่งสินค้าได้ตามที่ต้องการ เรือขนส่งสินค้าสามารถแบ่งตามประเภทการใช้งานได้ดังนี้

1.1.2.1 เรือบรรทุกสินค้าเทกอง (Bulk Cargo Ship) คือเรือที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าเพียงชนิดเดียวเป็นจำนวนมาก ตัวเรือมีความแข็งแรงในการรับน้ำหนักของสินค้าในปริมาณมาก โดยสินค้าจะถูกวางหรือเทกองในห้องระวางสินค้า โดยทั่วไปแล้วสินค้าที่บรรทุกจะเป็นสินค้าแห้ง สินค้าเทกองโดยทั่วไปจะถูกแบ่งประเภทได้ดังนี้ สินค้าแร่ต่างๆ เมล็ดพืช ถ่านหิน ฟอสเฟต บ็อกไซต์และอลูมินา

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการขนส่งสินค้าเข้าประเทศไทย

พ.ศ.	หน่วย	ประเภทการขนส่ง					รวม
		เรือ	รถยนต์	เครื่องบิน	รถไฟ	ไปรษณีย์ และอื่นๆ	
2552	พันตัน	90,702	12,142	206	24	0	103,075
	%	88.00	11.78	0.20	0.02	0.00	100.00
2553	พันตัน	96,263	12,730	265	14	1	109,273
	%	88.09	11.65	0.24	0.01	0.00	100.00
2554	พันตัน	92,965	12,689	282	13	2	105,951
	%	87.74	11.98	0.27	0.01	0.00	100.00
2555	พันตัน	92,976	12,194	319	8	1	105,498
	%	88.13	11.56	0.30	0.01	0.00	100.00
2556	พันตัน	87,391	12,723	282	7	1	100,404
	%	87.04	12.67	0.28	0.01	0.00	100.00

แหล่งที่มา: กระทรวงการคลัง. กรมศุลกากร, 2556.

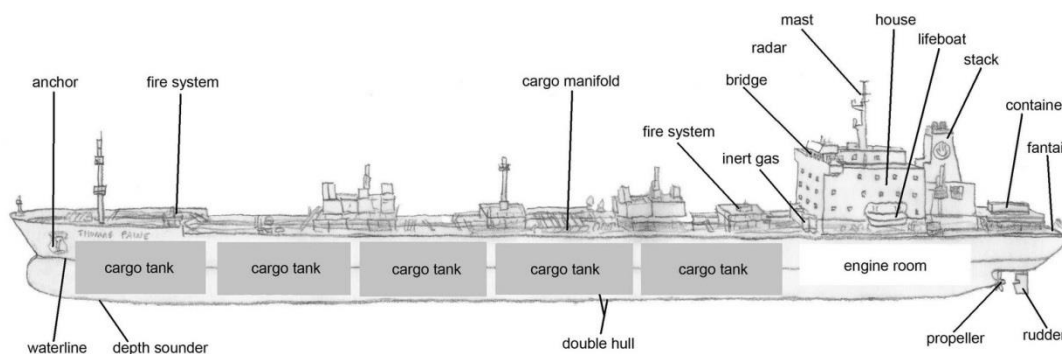
ตารางที่ 1.2 ปริมาณการขนส่งสินค้าออกประเทศไทย

พ.ศ.	หน่วย	ประเภทการขนส่ง					รวม
		เรือ	รถยนต์	เครื่องบิน	รถไฟ	ไปรษณีย์ และอื่นๆ	
2552	พันตัน	91,717	9,122	397	164	1	101,401
	%	90.45	9.00	0.39	0.16	0.00	100.00
2553	พันตัน	96,128	10,182	459	158	0	106,92
	%	89.90	9.52	0.43	0.15	0.00	100.00
2554	พันตัน	100,675	10,779	443	133	1	112,030
	%	89.86	9.62	0.40	0.12	0.00	100.00

ตารางที่ 1.2 (ต่อ)

พ.ศ.	หน่วย	ประเภทการขนส่ง					รวม
		เรือ	รถยนต์	เครื่องบิน	รถไฟ	ไปรษณีย์ และอื่นๆ	
2555	พันตัน	101,342	12,380	427	95	1	114,245
	%	88.71	10.84	0.37	0.08	0.00	100.00
2556	พันตัน	98,696	13,419	397	90	0	112,603
	%	87.60	11.92	0.35	0.08	0.00	100.00

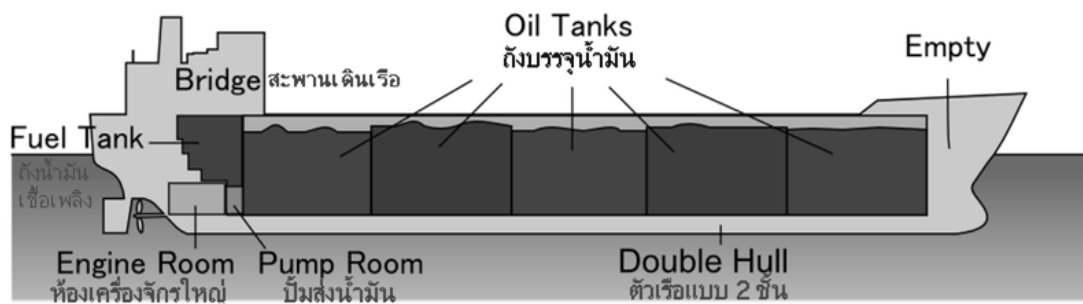
แหล่งที่มา: กระทรวงการคลัง. กรมศุลกากร, 2556.



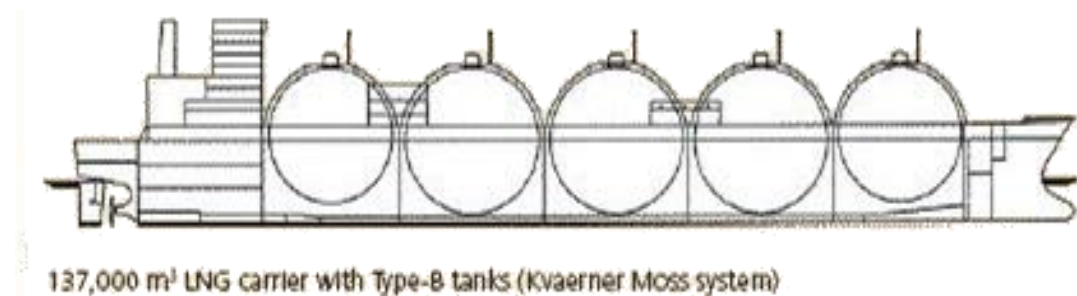
ภาพที่ 1.1 เรือบรรทุกสินค้าแบบเทกอง (Bulk Cargo Ship)

1.1.2.2 เรือบรรทุกสินค้าเทกองเหลว (Liquid Bulk Cargo Ship) คือเรือบรรทุกสินค้าเทกองแต่สินค้าที่บรรทุกมีลักษณะเหลว เป็นเรือที่ออกแบบพิเศษสำหรับบรรทุกสินค้าจำพวกน้ำมัน สารเคมี จึงเป็นเรือที่ค่อนข้างอันตรายและต้องการการควบคุมดูแลความปลอดภัยในการขนส่งและสูบน้ำสูง ตัวเรือจะแบ่งเป็นถังขนาดใหญ่แยกออกจากส่วนอื่น การขนถ่ายสินค้าในแต่ละถังจะใช้เครื่องสูบน้ำ (Pump) ในเรือและมีท่อจ่ายน้ำมันออกจากเรือ เรือน้ำมันส่วนใหญ่ที่ต้องเดินเรือผ่านมหาสมุทรกว้างใหญ่เป็นระยะเวลานาน จะมีห้องเรือแบบสองชั้น เพื่อความปลอดภัยและแข็งแรง เพราะมีความเสี่ยงต่ออันตรายต่าง ๆ ซึ่งขนาดของถังบรรจุน้ำมันจะมีหลายขนาด เช่น ถังขนาดมากกว่า 200,000 tons DTW หรือ ถังขนาดมากกว่า 350,000 tons DTW

1.1.2.3 เรือบรรทุกก๊าซ (Gas Carriers) เป็นเรือที่ใช้สำหรับบรรทุกก๊าซ ได้แก่ LNG และ LPG เรือประเภทนี้ต้องการการควบคุมดูแลความปลอดภัยในการขนส่งและสูบลำสูง การขนส่งจะต้องควบคุมทั้งอุณหภูมิและความดัน ก๊าซถูกเก็บในรูปของเหลวบรรจุภายในถัง โดยก๊าซจะถูกทำให้เป็นของเหลวภายใต้ความดันที่ต่ำ ก๊าซ LNG ต้องทำการลดอุณหภูมิ -160 องศาเซลเซียส และ ก๊าซ LPG ทำการลดอุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส ตัวถังบรรจุก๊าซ มี 2 ลักษณะคือเป็นทรงกลม และเป็นทรงกล่องสี่เหลี่ยม พลังของตัวถังจะแตกด้วยฉนวนกันความร้อน ทุกถังจะถูกสร้างให้มีความแข็งแรง ทนต่อแรงดัน อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 1.2 เรือบรรทุกสินค้าเหลว (Liquid Bulk Cargo Ship)



ภาพที่ 1.3 เรือบรรทุกก๊าซ (Gas Carriers)

1.1.2.4 เรือบรรทุกสินค้าแช่เย็น/แช่แข็ง (Reefer Cargo Ship) คือเรือที่บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ที่มีระบบทำความเย็น โดยผลิตภัณฑ์จะถูกจัดเก็บโดยการแช่เยือกแข็งในห้องเย็นของผู้ประกอบการ เมื่อจะขนส่งจะนำผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมาบรรจุในตู้คอนเทนเนอร์ที่มีระบบทำความเย็น ตัวตู้ทำจากฉนวนรอบด้านเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อน ตู้คอนเทนเนอร์เหล่านี้มีทั้งตู้ชนิด

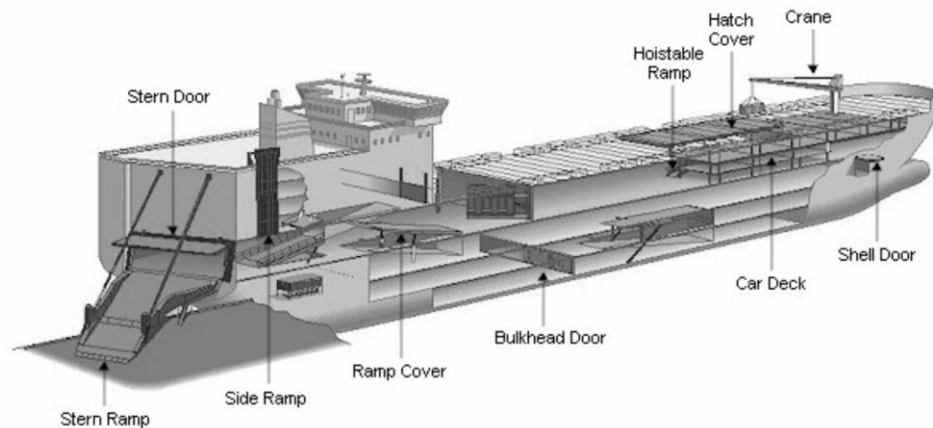
ติดตั้งเครื่องเย็นแบบใช้เครื่องทำความเย็นของเรือ (Porthole) และตู้ชนิดติดตั้งเครื่องทำความเย็นในตัว (Integrated Reefer Container) สามารถเก็บสินค้าโดยรักษาอุณหภูมิเมื่อส่งสินค้าไปในระยะทางไกลหลายพันกิโลเมตร และจะใช้ไฟฟ้าที่ผลิตโดยเครื่องทำไฟของเรือ



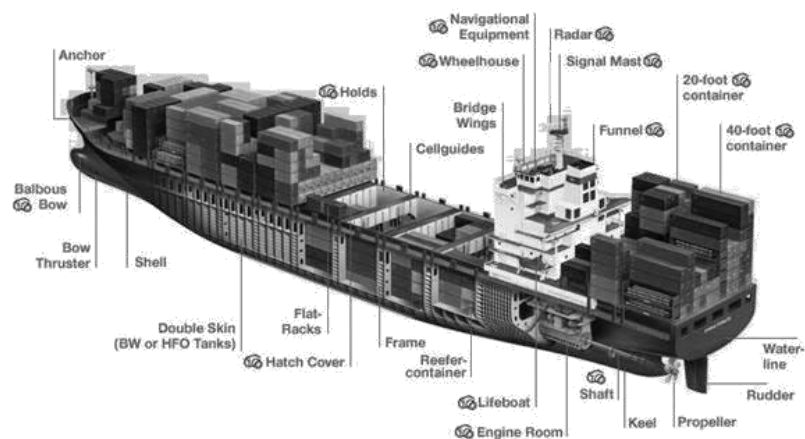
ภาพที่ 1.4 เรือบรรทุกสินค้าแช่เย็น/แช่แข็ง (Reefer Cargo Ship)

1.1.2.5 เรือบรรทุกสินค้าระบบล้อเลื่อน (Roll-On/Roll-Off Ships) คือเรือที่ทำการขนถ่ายสินค้าโดยใช้ระบบล้อเลื่อน ขนส่งสินค้าได้หลายประเภท วิธีการขนถ่ายสินค้าสะดวก มีความคล่องตัวสูง ลักษณะเรือจะมีสะพานทอดสู่ท่าเรือทางด้านท้ายเรือหรือหัวเรือ หรือที่ทั้งสองด้าน สินค้าที่ขนถ่ายโดยเรือประเภทนี้ ได้แก่ สินค้าบรรจุตู้ สินค้าทั่วไป สินค้าประเภทรถยนต์ หรือสินค้าที่สามารถวางบนล้อเลื่อนได้ เป็นต้น ภายในเรือมีระวางสินค้า (Cargo Hold) ที่มีลักษณะเปิดโล่งเหมือนลานจอดรถในอาคารใหญ่ๆ มีหลายชั้น แต่ละชั้นเชื่อมต่อกันด้วยสะพานขึ้นลงที่ปรับระดับได้ จะมีฝาระวางเรือ (Cargo Hatch) ที่ออกแบบมาทำหน้าที่เป็นสะพานขึ้นลงให้ล้อเลื่อนเข้าออกจากระวางเรือ เรือส่วนใหญ่จะมีสะพานที่ท้ายเรือ แต่บางลำก็มีที่หัวเรือหรือข้างเรือด้วย

1.1.2.6 เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ (Container Vessel) เป็นเรือที่ออกแบบมาสำหรับใช้ในการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์โดยเฉพาะ เรือส่วนใหญ่ในแต่ละลำจะมีที่ยกตู้ที่เรียกว่า Quay Cranes ประมาณ 1-4 ตัว การขนส่งประเภทนี้ดำเนินการโดยนำสินค้าบรรจุในตู้คอนเทนเนอร์เพื่อนำตู้คอนเทนเนอร์นั้นขึ้นเรือเพื่อไปส่งยังท่าเรือปลายทาง ต้องมีท่าเรือที่มีความพร้อมในด้านเทคโนโลยีของอุปกรณ์ขนถ่าย เรือประเภทนี้มีการลงทุนก่อสร้างค่อนข้างสูงเพราะต้องมีอุปกรณ์ต่างๆ ประจำเรือ และต้องมีการดูแลรักษาอุปกรณ์อย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 1.5 เรือบรรทุกสินค้าระบบล้อเลื่อน (Roll-On/Roll-Off Ships)



ภาพที่ 1.6 เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ (Container Vessel)

ปัจจุบันเรือประเภทนี้บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 2,700 TEU ซึ่งมีเรือที่สามารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ได้สูงสุดถึง 8,000 TEU ที่เรียกว่า SX Class ตัวเรือความยาวโดยเฉลี่ย 320x330 เมตร กินน้ำลึกประมาณ 13-14 เมตร วางตู้คอนเทนเนอร์ได้ถึง 20-22 แถว ทั้งนี้ในอนาคตกำลังมีการต่อเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปอีกซึ่งจะสามารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ได้ถึง 18,000 TEU ด้วยเหตุที่ว่าการใช้เรือขนาดใหญ่จะมีต้นทุนต่อระวางที่ถูกกว่าเรือขนาดเล็ก และทำให้ต้นทุนโดยรวมลดลง ดังนั้นผู้ประกอบการสามารถเสนอราคาค่าขนส่งต่อลูกค้าได้ถูกกว่าคู่แข่งที่ใช้เรือขนาดเล็ก เป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในธุรกิจเดินเรือของธุรกิจ แต่ทั้งนี้ผู้ประกอบการจะต้องมีการบริหารจัดการในการหาลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อไม่ให้เหลือระวางที่ว่าง นอกจากผู้ประกอบการสามารถเสนอราคาได้ต่ำกว่าคู่แข่งแล้ว จะต้องสามารถตอบ

สนองความต้องการของลูกค้าได้ด้วย เพื่อดึงดูดลูกค้าและให้เกิดความคุ้มค่าที่ลงทุนไป เมื่อผู้ประกอบการมีตู้คอนเทนเนอร์จำนวนมากที่ต้องจัดส่งไปยังที่ต่าง ๆ จากนั้นจะต้องมีการบริหารจัดการตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นให้ดี ทั้งทางด้านของการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ ตารางเดินเรือ เส้นทางเดินเรือ เพื่อให้การส่งตู้คอนเทนเนอร์จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเป็นไปอย่างราบรื่น และมีประสิทธิภาพ

1.1.3 ข้อดีของการขนส่งสินค้าด้วยเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์

การขนส่งสินค้าทางเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เป็นที่นิยมสำหรับการจัดส่งสินค้าระหว่างประเทศในระยะไกลเพราะมีข้อดีหลายประการดังนี้

1.1.3.1 อัตราค่าขนส่งถูกกว่าการขนส่งประเภทอื่นเนื่องจาก เรือสามารถบรรทุกส่งสินค้าได้ในปริมาณมาก ทำให้มีต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการขนส่งประเภทอื่น

1.1.3.2 ลดความเสียหายของสินค้า และ ป้องกันการโจรกรรมสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์

1.1.3.3 ง่ายต่อการตรวจเช็คและยกตู้คอนเทนเนอร์ขึ้น-ลงเรือได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับเรือบรรทุกสินค้าเทกอง

1.1.3.4 สามารถส่งสินค้าได้ในระยะไกล

1.1.3.5 บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ได้เป็นจำนวนมาก

1.1.3.6 ขนส่งสินค้าได้หลายชนิด โดยการเลือกใช้ตู้คอนเทนเนอร์ให้เหมาะสมกับสินค้า

ชายฝั่งทะเลของไทยทั้งอ่าวไทยและอันดามัน มีท่าเรือสินค้าทั้งหมดจำนวน 147 ท่าเรือ เป็นท่าเรือที่ตั้งอยู่ในอ่าวไทยจำนวน 136 ท่าเรือ และอันดามันจำนวน 11 ท่าเรือ ทั้งนี้เป็นท่าเรือหลักที่ใช้สำหรับรองรับเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์จำนวน 4 ท่าเรือ ได้แก่ ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือสงขลา ท่าเรือน้ำลึกภูเก็ต จากปริมาณสินค้าที่นำเข้าและส่งออกดังที่ได้กล่าวไว้ในตารางที่ 1, 2 ถือว่ามีปริมาณมากพอที่เรือสินค้าขนาดใหญ่จะคุ้มค่าที่เข้ามาเทียบท่าเป็นประจำ และด้วยโครงสร้างคมนาคมขนส่งของไทยทั้ง ทางถนน ทางน้ำ ทางอากาศ และทางราง ที่มีการเชื่อมต่อระหว่างท่าเรือกับเมืองต่างๆภายในประเทศและประเทศเพื่อนบ้าน ทำให้ประเทศไทยจะได้ประโยชน์หากใช้การขนส่งทางทะเลให้เป็นศูนย์กลางขนส่งเชื่อมโยงเส้นทางขนส่งระยะทางไกลระหว่างประเทศ ตารางที่ 1.3 แสดงจำนวนเรือสินค้าที่เข้าเทียบท่าที่ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือสงขลา ท่าเรือภูเก็ต ในปีพ.ศ. 2550-2557

ตารางที่ 1.3 จำนวนเรือที่เข้าเทียบท่าที่ ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือสงขลา ท่าเรือภูเก็ต

ปี พ.ศ.	ท่าเรือกรุงเทพ	ท่าเรือแหลมฉบัง	ท่าเรือสงขลา	ท่าเรือภูเก็ต
2550	2,885	6,645	700	167
2551	2,795	7,012	633	218
2552	2,541	6,288	658	202
2553	2,681	7,439	408	200
2554	2,991	8,562	420	174
2555	3,123	8,557	106	30
2556	3,353	7,621	529	82
2557	3,193	6,598	278	106

แหล่งที่มา: กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี. กองวิชาการและวางแผน, 2559.

ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศด้วยเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ จึงได้เขียนบทความเกี่ยวกับการศึกษาการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ในทุกๆ สัปดาห์ซึ่งมีเส้นทางเดินเรือทั้งหมดจำนวน 4 เส้นทางแบบเครือข่าย (Routing Network) เดินเรือออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือในยุโรปจำนวน 7 ท่าเรือ ของบริษัทให้บริการการขนส่งสินค้าทางเรือแห่งหนึ่งในประเทศไทยเพื่อใช้ในการส่งสินค้าของลูกค้าในประเทศไทย การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทแห่งนี้แบ่งการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ออกเป็น 2 ช่วง

ช่วงที่หนึ่ง บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ออกจากประเทศไทยโดยใช้เรือลูก (Feeder) บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์จากท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง และท่าเรือสงขลา ไปยังท่าเรือสิงคโปร์และลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ท่าเรือสิงคโปร์

ช่วงที่สอง บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือสิงคโปร์โดยแต่ละสัปดาห์จะมีเรือแม่ (Vessel) จำนวน 4 ลำเข้ามาเทียบท่าที่ท่าเรือสิงคโปร์เพื่อรับตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นไปยังท่าเรือในยุโรปทั้ง 7 ท่าเรือ ซึ่งเรือแม่แต่ละลำจะมีเส้นทางเดินเรือที่แตกต่างกันออกไปและเส้นทางเดินเรือทั้ง 4 เส้นทางนี้มีลักษณะแบบเครือข่าย นอกจากนี้เรือแม่แต่ละลำจะเข้ามาเทียบท่าที่ท่าเรือสิงคโปร์และท่าเรือในยุโรปทั้ง 7 ท่าเรือในเวลาต่างกันออกไป

การดำเนินการในปัจจุบันของบริษัทพบว่า ตู้คอนเทนเนอร์บางส่วนไม่สามารถส่งไปยังท่าเรือปลายทางที่ยุโรปได้ภายในระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ การแก้ปัญหาของบริษัทเพื่อให้สามารถ

จัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ได้เร็วขึ้น ยกตัวอย่างสถานการณ์เช่น มีตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งไปยังท่าเรือ 7 ซึ่งจะต้องจัดขึ้นเรือของเส้นทางที่ 3 เพราะเส้นทางนี้เดินเรือเข้าเทียบที่ท่าเรือ 7 แต่เรือลำนั้นถูกจัดตู้คอนเทนเนอร์เต็มเรือ จึงจัดตู้เหล่านั้นไปในเส้นทางที่ 2 เมื่อเรือมาเทียบท่าที่ท่าเรือ 2 จึงลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือ 7 ไว้ เมื่อเรือของเส้นทาง 3 มาเทียบท่าที่ท่าเรือ 2 ก็โหลดตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นขึ้นเรือเพื่อส่งที่ท่าเรือ 7 ทั้งนี้การโหลดตู้คอนเทนเนอร์แต่ละครั้งต้องพิจารณาถึงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือแม่แต่ละลำสามารถบรรทุกได้ด้วย ในบางครั้งเรือแม่ที่เข้ามาภายหลังก็ไม่สามารถรับตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นมาเพิ่มได้เพราะจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกในเรือแม่ลำนั้นเต็มจำนวนที่บริษัทสามารถใช้ได้ ทำให้การจัดส่งล่าช้าออกไปอีก ด้วยสาเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะจัดให้บรรทุกไปในเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทางที่ออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือในยุโรป เพื่อให้สามารถส่งตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดภายในระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนดและมีกำไรสูงสุด โดยจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกในเรือแม่ทั้ง 4 ลำต้องไม่เกินจำนวนที่บริษัทสามารถจัดให้บรรทุกได้ และสามารถย้ายตู้คอนเทนเนอร์ไปเส้นทางอื่นได้ นอกจากนี้ตู้คอนเทนเนอร์ของลูกค้าที่ทำเรือสิงคโปร์ต้องถูกส่งขึ้นเรือแม่ภายในสัปดาห์นั้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อนำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ในการหาจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เหมาะสมในการจัดลงเรือบรรทุกสินค้าสำหรับแต่ละเส้นทาง
- 2) เพื่อหาการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือทั้ง 7 ท่าเรือ ว่าตู้คอนเทนเนอร์ที่ลงไว้นั้นเป็นตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ลูกค้า หรือเป็นตู้คอนเทนเนอร์สำหรับลงไว้เพื่อรอเรือลำมาเทียบท่าและโหลดตู้คอนเทนเนอร์เพื่อส่งท่าเรืออื่น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1) งานวิจัยนี้นำข้อมูลการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ จากบริษัทให้บริการขนส่งทางเรือแห่งหนึ่งในประเทศไทย
- 2) การวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะการส่งตู้คอนเทนเนอร์ไปยังท่าเรือในยุโรปทั้ง 7 ท่าเรือ
- 3) ต้นทุนที่นำมาวิเคราะห์ ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร ค่าใช้จ่ายผันแปรสำหรับการส่งตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือเริ่มต้นไปยังยุโรป และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือต่างๆ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาใช้สำหรับการวางแผนการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นเรือบรรทุกสินค้า สำหรับบริษัทกรณีศึกษา หรือสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับบริษัทให้บริการขนส่งด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์รายอื่น

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

1) ศึกษาข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษาในด้านกระบวนการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ทางเรือไปยังยุโรปที่ผ่านมา เช่น จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องจัดส่งในท่าเรือ อัตราค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น เป็นต้น

- 2) ศึกษาเทคนิคและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมา
- 3) จำแนกกลุ่มข้อมูลให้เหมาะสมกับปัญหา
- 4) กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา สมมติฐาน
- 5) สร้างและพัฒนาตัวแบบเพื่อใช้วางแผนการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์
- 6) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ และทำการปรับปรุงตัวแบบ
- 7) สรุปผลการวิจัย และจัดทำข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม

1.6 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	มิถุนายน 2558 - พฤษภาคม 2559											
	2558							2559				
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลและกระบวนการจัดตั้ง สินค้า	←→											
2. ศึกษาเทคนิคและงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง			←→									
3. สร้างและพัฒนาตัวแบบเพื่อใช้ วางแผนการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์				←→								
4. ตรวจสอบและปรับปรุงตัวแบบ						←→						
5. สรุปผลการวิจัย							←→					
6. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์								←→				

ภาพที่ 1.7 แผนการดำเนินงาน

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดตู้คอนเทนเนอร์

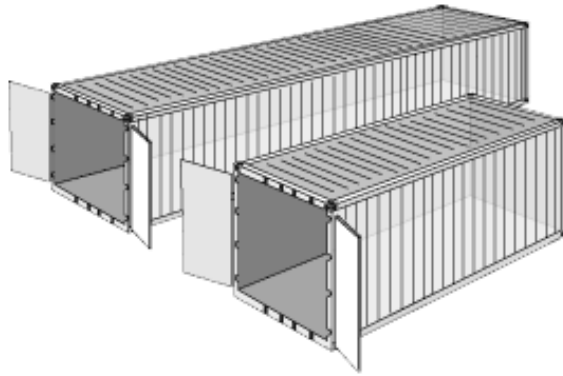
การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศด้วยเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์จัดว่าเป็นการขนส่งที่ผู้ส่งนิยมใช้มากที่สุดของการขนส่งทางเรือ สามารถขนส่งสินค้าได้หลายประเภทภายในเรือหนึ่งลำโดยจะเลือกใช้ตู้คอนเทนเนอร์ให้เหมาะกับสินค้าที่ต้องการส่ง ตู้คอนเทนเนอร์มีหลายประเภทซึ่งเหมาะสำหรับใช้บรรจุสินค้าที่แตกต่างกันออกไป ผู้ประกอบการจะต้องเลือกใช้ตู้คอนเทนเนอร์ให้เหมาะสม

2.1.1 ประเภทของตู้คอนเทนเนอร์

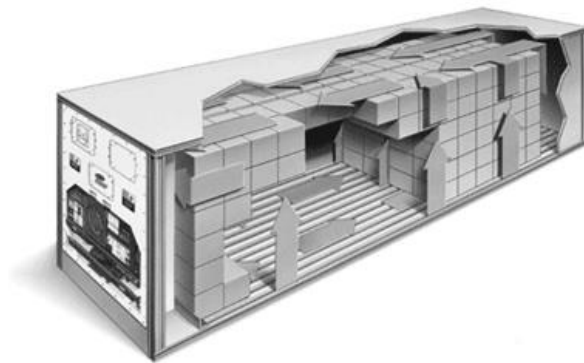
ตู้คอนเทนเนอร์แบ่งตามลักษณะของสินค้าที่บรรจุภายในตู้ได้ดังนี้

2.1.1.1 Dry Container คือตู้คอนเทนเนอร์ที่ใส่สินค้าทั่วไป ที่มีการบรรจุหีบห่อไม่ต้องการรักษาอุณหภูมิ มีลักษณะแห้ง ไม่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษการจัดเรียงสินค้าในตู้จะต้องมีที่กั้นไม่ให้สินค้าเลื่อนหรือขยับ ซึ่งอาจใช้ถุงกระดาษที่มีการเป่าลมมาวางอัดไว้ในช่องว่างของสินค้ากับตัวตู้ หรืออาจใช้ไม้มาปิดกั้นเป็นผนังหน้าตู้ เช่น น้ำตาลบรรจุถุง เครื่องนุ่งห่ม อุปกรณ์เครื่องจักรขนาดเล็ก เป็นต้น

2.1.1.2 Refrigerator Container เป็นตู้คอนเทนเนอร์ประเภทที่มีเครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิในตู้ สามารถปรับอุณหภูมิได้อย่างน้อย -18 องศาเซลเซียส โดยเครื่องทำความเย็นนี้อาจจะติดอยู่กับตัวตู้ หรือมีปลั๊กใช้กระแสไฟฟ้าเสียบจากนอกตู้ ภายในระบุนานทุกด้านเพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ด้านใน โดยจะต้องมีที่วัดอุณหภูมิแสดงให้เห็นสถานะของอุณหภูมิของตู้สินค้า สินค้าที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ เช่น ผักสด ผลไม้สด อาหารแช่แข็ง สารเคมี เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 Dry Container

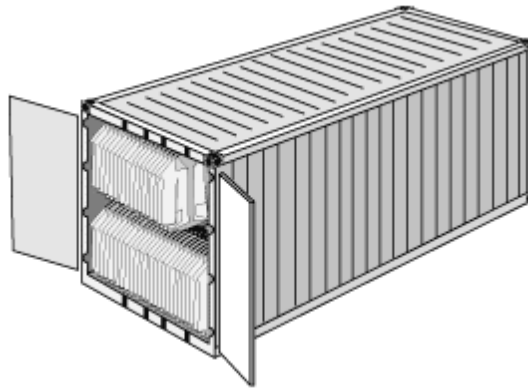


ภาพที่ 2.2 Refrigerator Container

2.1.1.3 Garment Container เป็นตู้สินค้าที่ออกแบบมาสำหรับการบรรจุเสื้อผ้า ภายในตู้จะมีราวสำหรับแขวนเสื้อ ซึ่งส่วนใหญ่มักจะใช้กับสินค้าที่เป็นแฟชั่น ซึ่งไม่ต้องการที่จะมีการพับ หรือบรรจุในกล่อง ที่จะมีผลทำให้เสื้อผ้ามีการยับหรือไม่สวยงาม

2.1.1.4 Open Top Container เป็นตู้ที่ออกแบบมาไม่ให้มีหลังคา ซึ่งส่วนใหญ่จะมีขนาด 40 ฟุต สำหรับใช้ในการวางสินค้าขนาดใหญ่ซึ่งไม่สามารถขนย้ายผ่านประตูตู้ได้ เช่น เครื่องจักร ที่ต้องขนย้ายโดยการยกส่วนบนของตู้แทน

2.1.1.5 Flat-Rack Container เป็นตู้พื้นราบมีลักษณะคล้ายตู้คอนเทนเนอร์ทั่วไป แต่ไม่มีผนังข้างและหลังคา สำหรับใส่สินค้าที่มีลักษณะเป็นพิเศษ เช่น เครื่องจักร แท่งหิน ประติมากรรม รถแทรกเตอร์



ภาพที่ 2.3 Garment Container



ภาพที่ 2.4 Open Top Container



ภาพที่ 2.5 Flat-Rack Container

2.1.2 การจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือ

เมื่อมีตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องจัดส่งแล้ว สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาก็คือการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือ ซึ่งจะมีคนที่ทำหน้าที่ดูแลในด้านนี้เรียกว่า Planner จะทำหน้าที่ถ่วงน้ำหนักเรือให้สมดุลกัน และจัดตำแหน่งการวางตู้คอนเทนเนอร์ ดังนี้

2.1.2.1 การถ่วงน้ำหนักเรือให้สมดุล จะกระจายน้ำหนักตู้ไปกว้างๆ เฉลี่ยๆกันไป ในแต่ละ Row แต่ละ Slot ตู้ที่อยู่บนเรือมีทั้งหมด 5-6 ชั้น น้ำหนักตู้แต่ละแถว Row ถ้าเป็นตู้ยาวที่ซ้อนกันน้ำหนักต้องไม่เกิน 120 ตัน ตู้สั้นที่ซ้อนกันน้ำหนักต้องไม่เกิน 75 ตัน เพราะถ้าน้ำหนักเกินอาจทำให้ตัวยึดโยงตู้ขาด ทั้งนี้จะวางตู้คอนเทนเนอร์ที่หนักมากไว้ในระวาง ส่วนตู้คอนเทนเนอร์ที่มีน้ำหนักเบาจะวางไว้บนฝาระวาง ซึ่งฝาระวางชั้น 1-2 จะใส่ตู้คอนเทนเนอร์ที่มีน้ำหนัก 18-30 ตันแล้วชั้น 3 ขึ้นไปจะวางตู้คอนเทนเนอร์ที่น้ำหนักน้อยกว่า 18 ตัน

2.1.2.2 การจัดตำแหน่งวางตู้คอนเทนเนอร์บนเรือ จะวางตู้คอนเทนเนอร์ตามเส้นทางเดินเรือ โดยจะต้องเอาตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือปลายทางอยู่ล่างสุดที่ท้องเรือ จะไม่วางไว้บนตู้ที่ต้องส่งท่าเรือต้นทางหรือท่าเรือที่ถึงก่อน เพื่อให้ตู้ที่จะลงในท่าเรือถัดไปยกตู้ลงเรือได้สะดวกที่สุด จะพยายามจัดให้มีการยกตู้ให้น้อยที่สุด เพราะจะเสียค่าใช้จ่ายในการรื้อตู้ และโดนใบเดือน ส่วนตู้บรรจุสินค้าอันตราย ตู้เย็น ตู้ฟรีซ เช่น เรือยอร์ช เฮลิคอปเตอร์ รถโดยสาร จะจัดให้อยู่ชั้นบน

2.1.3 การยึดตู้คอนเทนเนอร์

ปัจจุบันนี้เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์สามารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ได้ถึงพันๆตู้ ตั้งเรียงซ้อนกัน 5-6 ชั้นนับจากระวางเรือ มีการยึดตู้คอนเทนเนอร์โดยเรียกกระบวนการจัดเรียงว่า Bay Row Tier System เพื่อให้กลุ่มตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นมีความแน่นหนา ไม่เอียง หรือไม่หล่นลงทะเล เมื่อเจอแรงกระแทกจากพายุและคลื่นลมในทะเล ซึ่งการยึดตู้คอนเทนเนอร์มีหลักการดังนี้

2.1.3.1 ระหว่างตู้คอนเทนเนอร์ที่ซ้อนกันใน ROW จะใช้ Twist Lock ในการยึดตู้คอนเทนเนอร์

2.1.3.2 ระหว่าง Row แต่ละ Row ก็ใช้ Bridge Fitting ในการยึดตู้คอนเทนเนอร์

2.1.3.3 เมื่อซ้อนได้ 4 ชั้น ก็ใช้ตัวยึดทำให้เกิดกลุ่มก้อนคอนเทนเนอร์ยกขึ้นมายกที่จะไหลไปมาเวลาเรือโคลง แต่ถ้าเจอพายุใหญ่ๆ ก็อาจมีสิทธิที่เรือจะล่มสูง



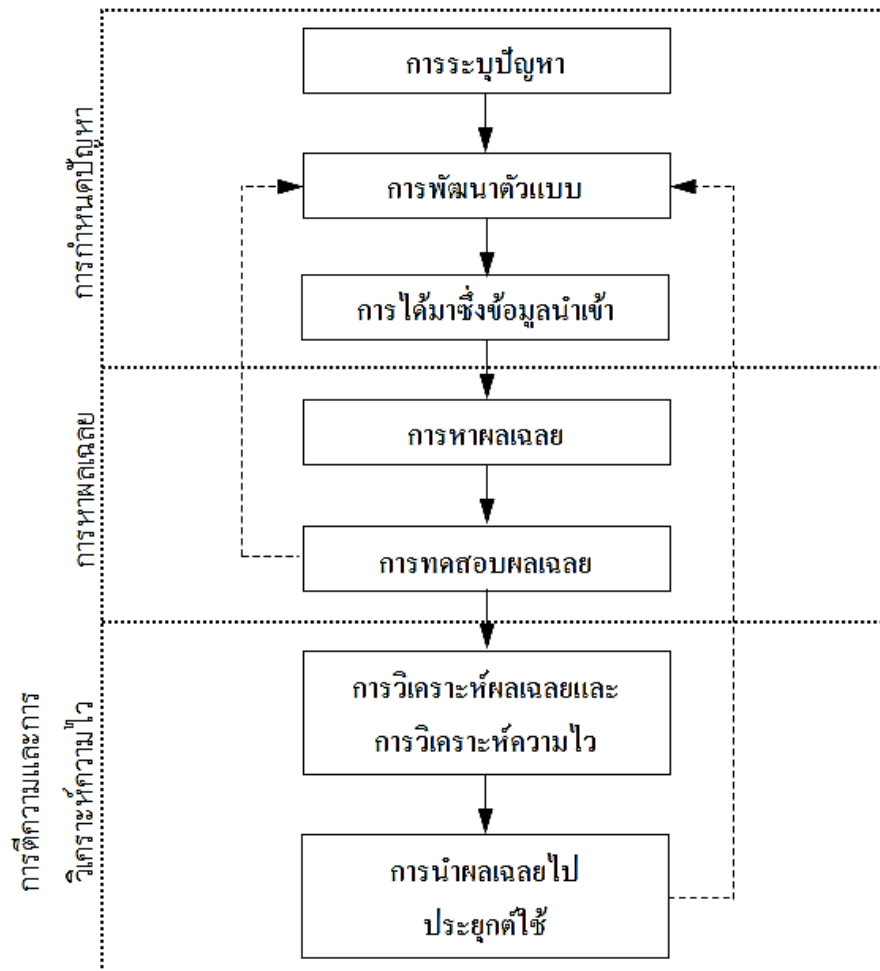
ภาพที่ 2.6 ระบบการจัดเรียง Bay Row Tier System

2.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ธีรวัฒน์ นาคะบุตร (2559) ได้กล่าวว่าการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เป็นการจำลองสถานการณ์จริงให้อยู่ในรูปของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ และใช้กฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ในการหาผลลัพธ์ของตัวแบบ เพื่อนำผลลัพธ์นั้นกลับไปวางแผนกับสถานการณ์นั้นๆ สำหรับกิจการที่ใช้เงินลงทุนจำนวนมาก เราไม่สามารถดำเนินกิจการแบบลองถูกลองผิดได้ การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เป็นตัวเลือกหนึ่งที่จะช่วยวิเคราะห์สถานการณ์ของผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น ยิ่งตัวแบบมีความสมบูรณ์ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ครบถ้วนและถูกต้องจะส่งผลให้ผลลัพธ์ ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ จึงช่วยให้การวางแผนการดำเนินการก่อนนำไปใช้จริง เป็นไปอย่างรอบคอบ ลดความเสี่ยง ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

จากสถานการณ์จริงของปัญหา การทำความเข้าใจปัญหาเป็นขั้นตอนแรกในการสร้างตัวแบบ เราต้องวิเคราะห์ให้ได้ว่าปัญหาคืออะไร อยากรู้ผลของอะไร สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหามีอะไรบ้าง แหล่งข้อมูลมาจากไหน กำหนดขอบเขตของปัญหา การสร้างตัวแบบต้องเริ่มสร้างจากที่ซับซ้อนน้อยที่สุดก่อน และเพิ่มความซับซ้อนไปเรื่อยๆ ต้องกำหนดตัวแปรที่อยากทราบ กำหนดค่าข้อมูลที่ใช้ กำหนดข้อสมมติที่ต้องการสร้าง และเขียนความสัมพันธ์ของสมการตัวแปร การหาผลลัพธ์ของตัวแบบ มีหลายวิธีต้องใช้ให้เหมาะสมกับตัวแบบที่สร้าง เช่น ใช้วิธีเกี่ยวกับพีชคณิต ใช้วิธีการเขียนกราฟ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น หลังจากได้ผลลัพธ์ของตัวแบบต้องทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าสอดคล้องกับข้อมูลจริงหรือไม่ ประเมินตัวแบบที่สร้างขึ้นว่าได้ครบตาม

วัตถุประสงค์หรือไม่ ผลลัพธ์ที่ได้ชี้ให้เห็นว่าสถานการณ์ที่สร้างเป็นต้นแบบนี้มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้จริงหรือไม่



ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนย่อยในการแก้ปัญหา
แหล่งที่มา: พิชราภรณ์ เนียมมณี, 2556.

2.3 ทบทวนวรรณกรรม

ปัญหาการขนส่งสินค้าทางทะเลโดยภาพรวมแล้วงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดเส้นทางเดินเรือและการจัดเรือไปในเส้นทางเดินเรือต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น Christiansen นำเสนอปัญหาการจัดเส้นทางเดินเรือและการจัดการสินค้าคงคลังสำหรับสินค้าประเภทเดียวใน

ธุรกิจการขนส่งในปี ค.ศ. 1999 ต่อมาในปี ค.ศ. 2007 Al-Khayal and Hwang ได้ศึกษาต่อในปัญหาการจัดเส้นทางเดินเรือและการจัดการสินค้าคงคลังสำหรับสินค้าหลายประเภทในธุรกิจการขนส่ง นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2009 Fagerholt ได้ศึกษาปัญหาของเรือเดินสมุทรเพื่อวางแผนการจัดสรรเรือไปในเส้นทางเดินเรือที่เหมาะสมเพื่อกำหนดเส้นทางเดินเรือ และกำหนดตารางการเดินเรือ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้กำไรสูงสุดหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุด

2.3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเส้นทางเดินเรือ

การวางแผนเส้นทางเดินเรือที่จะส่งผลกระทบต่อผลกำไรให้ของบริษัท ในระยะยาว ผู้วิจัยจึงเริ่มต้นจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเส้นทางเดินเรือ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Kjetil (2004) แสดงวิธีการแก้ปัญหาสำหรับการออกแบบเส้นทางเดินเรือที่ดีที่สุดในแต่ละสัปดาห์ โดยใช้ Integer Programming Model ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดโดยทำการสร้างเส้นทางทุกเส้นทางที่เป็นไปได้สำหรับเรือแต่ละลำ ทำการกำหนดค่าใช้จ่าย และระยะเวลาเดินเรือสำหรับแต่ละเส้นทาง มีข้อจำกัดของปัญหาคือ ต้องบริการลูกค้าในแต่ละพอร์ตได้ และระยะเวลาการเดินเรือในเส้นทางที่เลือกต้องไม่เกินหนึ่งสัปดาห์ งานวิจัยของ Al-Khayyala and Seung-June (2007) แสดงวิธีการออกแบบเครือข่ายเส้นทางของเรือเดินสมุทรที่บรรทุกผลิตภัณฑ์เหลวหลายกลุ่มผลิตภัณฑ์โดยใช้ Mixed-Integer Nonlinear Program Model ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด และทำการหาปริมาณของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่จะถูกบรรทุกออกจากท่าเรือผลิตไปยังท่าเรือปลายทาง ภายใต้ข้อจำกัดของอัตราการผลิตที่แน่นอน อัตราความต้องการของท่าเรือปลายทาง และความ สามารถการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในแต่ละพอร์ต ในการศึกษาเรื่องการออกแบบเครือข่ายการจัดส่งสินค้า การปรับใช้เรือและตู้คอนเทนเนอร์จะมีการศึกษาโดยแยกออกจากกัน ดังนั้น Koichi, Akio, Etsuko and Stratos (2007) ได้ทำการศึกษาการออกแบบเครือข่ายเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เปล่า โดยเรื่องของการปรับใช้เรือและตู้คอนเทนเนอร์จะทำการพิจารณาไปพร้อมๆ กันโดยใช้ Genetic Algorithm-Based Heuristic ในการแก้ปัญหานี้ ในความเป็นจริงความต้องการทางตลาดอาจจะมีค่าไม่แน่นอนทั้งนี้ Fuzzy Sets Theory มักจะถูกใช้ในการจัดการกับปัญหาความไม่แน่นอน ฉะนั้นงานวิจัยของ Tzung-Nan, Chia-Tzu, Jung-Yuan and Ming-Da (2010) จึงศึกษาการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดของเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ โดยใช้ Fuzzy Genetic Algorithm สำหรับวางแผนการเดินเรือ งานวิจัยของ Chaug-Ing and Yu-Ping (2007) ศึกษาการเดินเรือที่มีรูปแบบ Hub-and-Spoke Network ของผู้ให้บริการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อหาเส้นทางเดินเรือและขนาดของเรือที่ดีที่สุด นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความถี่ในการเล่นเรือที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละเส้นทาง โดยมี 2 วัตถุประสงค์คือ เพื่อให้ต้นทุนในการจัดส่งต่ำที่สุดและต้นทุน

สินค้าคงคลังต่ำที่สุด งานวิจัยของ Chen (2009) ศึกษาโครงสร้างเครือข่ายของการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่เหมาะสม ภายใต้การเปลี่ยนแปลงในด้านความต้องการและอัตราค่าระวาง ที่ผ่านมางานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้ค่าเฉลี่ยความต้องการในการวิเคราะห์ ซึ่งไม่สามารถที่จะจัดการกับปัญหาในทางปฏิบัติได้ เช่นการจัดตำแหน่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า การจัดสล็อตเรือ ขนาดของเรือและรูปทรงของตู้คอนเทนเนอร์ จึงใช้ Mixed Integer Non-Linear Programming Model ในการแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้กำไรสล็อตโดยเฉลี่ยสูงสุด ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าผลคำตอบสมจริงมากสำหรับปัญหาบนพื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงความต้องการขนส่งสินค้าและอัตราและมีประสิทธิภาพมากกว่าตัวแบบที่ใช้ค่าเฉลี่ย งานวิจัยของ Moura, Pato and Paixa (2002) กล่าวถึงพัฒนาการของอุตสาหกรรมการจัดส่งสินค้าเข้าสู่อนาคต ซึ่งการพัฒนาการของเทคโนโลยีจะถูกนำมาใช้ใน ตลาดนี้ นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจเช่น การออกแบบ Hub and Spoke Systems ส่งผลถึงการรวมสินค้าและการใช้งานของความสามารถของเรือที่เหมาะสม โดยนำเสนอ Integer Linear Programming เพื่อสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจของการจัดสรรเรือไปในเส้นทางที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ เครื่องมือที่ใช้คือ MS-Excel Solver

2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตารางเดินเรือ

ปัญหาของการจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรณีศึกษานี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับเวลาในการลงตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละท่าเรือและเวลาการมาถึงของเรือแต่ละลำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับตารางเดินเรือยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Bellmore, Bennington and Lubore (1971) ศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดขนาดของเรือบรรทุกน้ำมันและการกำหนดเส้นทางที่ดีที่สุดเพื่อให้สอดคล้องกับช่วงเวลาของการส่งมอบที่ถูกกำหนดของเรือบรรทุกน้ำมันที่บรรทุกน้ำมันเพียงชนิดเดียว สำหรับเรือบรรทุกน้ำมันเรือที่บรรทุกน้ำมันหลายชนิดที่มีอยู่ จะจัดตารางการเดินเรือใหม่ให้ยืดหยุ่นขึ้น นอกจากนี้การกำหนดวันส่งมอบจำเป็นในการกำหนดตารางการเดินเรือบรรทุกน้ำมัน ซึ่งหากหลายพอร์ตได้ถูกกำหนดให้ปล่อยสินค้าออก สิ่งที่เป็นคือการกำหนดปริมาณที่เหมาะสมที่จะออกจากแต่ละพอร์ต ฉะนั้นงานวิจัยของ Lawrence (1966) จึงนำเสนอวิธีการกำหนดวันส่งมอบและปริมาณสินค้าที่บรรทุกออกจากหลายพอร์ตจากโครงสร้างเส้นทางที่มีอยู่ งานวิจัย Marielle and Kjetil (2002) นำเสนอปัญหาการจัดตารางเวลาเดินเรือที่เกี่ยวข้องกับการหิยสินค้าและการส่งมอบสินค้าจำนวนมากให้ได้ตามหน้าต่างเวลาของแต่ละพอร์ต วัตถุประสงค์คือการกำหนดตารางเดินเรือมีประสิทธิภาพ เพื่อให้มีโอกาสน้อยที่เรือเข้าพอร์ตในช่วงสุดสัปดาห์ และกำหนดค่าใช้จ่ายสำหรับการเข้าท่าเรือในช่วงเวลาที่มีความเสี่ยง (เช่น ใกล้กับวันหยุดสุดสัปดาห์) งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าพอร์ตที่ปิดให้บริการในเวลากลางคืนและวันหยุดสุดสัปดาห์ หน้าต่างเวลาจะกว้าง ประเด็นก็คือว่าเวลา

การไหลลดสินค้า เวลาการออกของสินค้าอาจใช้เวลาหลายวัน นอกจากนี้การจัดตารางเวลาเรือมีความเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงเนื่องจากสภาพอากาศเลวร้ายในทะเลและการบริการที่คาดเดาไม่ได้ ซึ่งหมายความว่าเรือจะรออยู่ที่พอร์ตเป็นเวลานาน

2.3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์

ปัจจุบันการขนส่งสินค้าทางทะเลนิยมใช้เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่งเป็นส่วนใหญ่ มีงานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการเรือเดินสมุทรที่จัดส่งสินค้าด้วยระบบคอนเทนเนอร์ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Powell and Perakis ในปีค.ศ. 1997 Gelareh and Meng ในปีค.ศ. 2010 Meng and Wang ในปีค.ศ. 2010 Wang ในปีค.ศ. 2011 และ Zacharioudakis ในปีค.ศ. 2011 วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นการศึกษาปัญหาของเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยของ Krishan and Vickson (1991) ที่อธิบายสถานการณ์เส้นทางเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทจัดส่งสินค้าให้บริการเครือข่ายของพอร์ต ปัญหานี้ใช้ Mathematical Programming Model ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้กำไรสูงสุดสำหรับเรือหลายๆลำ เพื่อกำหนดลำดับของการเข้าพอร์ตที่ดีที่สุดสำหรับเรือแต่ละลำ กำหนดจำนวนการเดินทางของเรือแต่ละลำ และจำนวนของสินค้าที่ถูกขนส่งระหว่างสองพอร์ตสำหรับเรือแต่ละลำ รูปแบบของเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ชนิดต่างๆ ก่อนข้างแตกต่างจากปัญหาเส้นทางขนส่งและการจัดส่งสินค้า งานวิจัยของ Akio, Koichi and Stratos (2009) ออกแบบของเครือข่ายสายการเดินทางเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ ทำการตรวจสอบเครือข่ายบริการทั่วไปสองเครือข่าย คือเครือข่ายที่มีใช้เรือหลายขนาดที่แตกต่างกันและมีหลายพอร์ต อีกเครือข่ายคือ Hub-and-Spoke Network โดยใช้เรือขนาดใหญ่ ขั้นตอนการแก้ปัญหาทั้งหมดจะดำเนินการในสองขั้นตอนคือ การออกแบบเครือข่ายบริการและการกระจายตู้คอนเทนเนอร์ จากการทดลองตัวเลขที่หลากหลายสำหรับการบริการใน เอเชีย-ยุโรป และ เอเชีย-อเมริกาเหนือ พบว่าสถานการณ์ส่วนใหญ่ เครือข่ายที่มีหลายพอร์ตจะดีกว่าในแง่ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ในขณะที่เครือข่าย Hub-and-Spoke Network จะได้เปรียบมากสำหรับบริษัทขนส่งในการค้ายุโรป

การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศทั้งขาเข้าและขาออกของประเทศไทยใช้การขนส่งทางทะเลเป็นส่วนใหญ่ ปัญหาของการศึกษาครั้งนี้คือการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ไปยังท่าเรือในทวีปยุโรป ซึ่งตั้งแต่ศตวรรษที่ 20 เส้นทางเดินเรือในเชิงพาณิชย์ได้เปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่ด้วยภาวะโลกร้อนเส้นทางเดินเรือทะเลเหนือได้เปิดขึ้นเป็นเส้นทางการค้าสินค้าระหว่างเอเชียและยุโรปที่เป็นไปได้ งานวิจัยของ Jerome and Christophe (2009) จึงศึกษาตรวจสอบความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐกิจของการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เส้นทางเดินเรือทะเลเหนือ โดยการนำมาใช้กับรูปแบบตารางระหว่างเซี่ยงไฮ้ และอัมสเตอร์ดัม สามารถที่จะวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายหลักต่างๆ ในเรือ

ขายการขนส่งในภูมิภาคเอเชีย-ยุโรปรวมทั้งเส้นทางเดินเรือทะเลเหนือ ดังนั้นถือเป็นโอกาสสำหรับผู้ประกอบการให้บริการขนส่งทางเรือในการเติบโตของธุรกิจ และพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานควบคู่ไปกับการลดต้นทุนเพื่อให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้

ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือที่ในจำนวนที่เหมาะสมจะสร้างกำไรที่เพิ่มขึ้นให้แก่กิจการ ปัญหาของงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาหาการกำหนดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เหมาะสมสำหรับลงเรือแต่ละลำ จึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดสินค้าลงเรือครั้งนี้ งานวิจัยของ Saurabh, Kjetil and Marielle (2015) ศึกษาปัญหาของเรือบรรทุกสินค้า โดยกำหนดปริมาณของสินค้าที่จะจัดลงเรือที่ทำเรือต่างๆ ให้สอดคล้องกันระหว่างท่าเรือเริ่มต้นและท่าเรือปลายทาง กำหนดเส้นทางเดินเรือและกำหนดเรือที่จะให้เดินเรือในเส้นทางนั้นๆ กำหนดเวลาการเดินทาง โดยการสร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นตรงผสมจำนวนเต็ม เพื่อให้ต้นทุนต่ำสุด โดยพิจารณาข้อจำกัดของสินค้าคงคลังที่อยู่ท่าเรือไม่เกินที่กำหนด และต้องไม่เกิดสินค้าค้างส่งที่ทำเรือต่างๆ ทั้งนี้จะพิจารณาค่าเฉลี่ยของเวลาการแล่นเรือแต่ละลำในระหว่างสองท่าเรือ และการเดินเรือจะต้องอยู่ภายในเวลาที่กำหนด งานวิจัยของ Rana and Vickson (1988) ศึกษาปัญหาการเดินทางเรือเข้าท่าเรือแสดงการหาจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ถูกขนส่งระหว่างท่าเรือ และจำนวนครั้งของการเดินเรือในช่วงเวลาที่เข้าท่าเรือ โดยสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุดของเรือบรรทุกสินค้าตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าท่าเรือ นั้นหมายถึงการหาดำดับการเข้าจอดในท่าเรือ นอกจากนี้ตัวแบบนี้ได้ใช้ในการประเมินว่าควรจะเข้าเรือบรรทุกสินค้าตู้คอนเทนเนอร์เข้าท่าเรือหรือไม่ สำหรับกิจการเดินเรือการวางแผนระยะยาวมันเป็นสิ่งสำคัญสำหรับเจ้าของเรือในการตัดสินใจขนาดของเรือที่จะจัดซื้อ เพราะการที่มีเรือขนาดเหมาะสมในระยะยาวสามารถให้ผลกำไรสูงสุด งานวิจัยของ Özen and Güler (2001) จึงประยุกต์ใช้ทฤษฎีการจัดการสินค้าคงคลังในการหาขนาดของเรือที่เหมาะสม การกำหนดขนาดของเรือที่เหมาะสมมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือต้นทุนต่ำที่สุด ฟังก์ชันนี้ขึ้นอยู่กับตัวแปรความจุของเรือ และมีพารามิเตอร์ต่อไปนี้ จำนวนของสินค้าที่ถูกขนส่งระหว่างสองพอร์ตในหนึ่งหน่วยเวลา ระยะห่างระหว่างสองพอร์ต เวลาในการรวมสินค้า เวลาการขนถ่ายครั้งต่อเรือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน การถือครองค่าใช้จ่ายต่อชิ้นต่อหน่วยของเวลา ในส่วนที่สองของบทความหลังจากได้ขนาดของเรือที่เหมาะสมแล้ว การกำหนดปริมาณการไหลลงเรือที่เหมาะสม เป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการวางแผนระยะสั้น ในมุมมองของการปฏิบัติการทางเรือ การขนส่งทางทะเลขึ้นอยู่กับจำนวน ชนิดและความเร็วของเรือจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์

การศึกษาปัญหาการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษาทำให้ทราบว่าปัญหาของการขนส่งมีดังนี้ ข้อกำหนดเกี่ยวกับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทสามารถจัดไปในเรือแม่ของแต่ละเส้นทาง ข้อกำหนดเกี่ยวกับเวลาที่บริษัทต้องส่งตู้คอนเทนเนอร์ให้ได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด และตู้คอน

เนอร์ที่ทำเรือเริ่มต้นทั้งหมดต้องถูกจัดขึ้นเรือออกจากท่าเรือเริ่มต้นภายในสัปดาห์นั้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการกำหนดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ดีที่สุดที่จะจัดไปในแต่ละเส้นทาง จึงสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบไม่เชิงเส้น มาใช้ในปัญหาการขนส่งนี้ เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด ทั้งนี้ยังสามารถทำการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ไปเรือลำอื่นได้เมื่อตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นถูกบรรทุกออกจากท่าเรือเริ่มต้น ผลคำตอบที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจัดส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่ถูกบรรทุกไปในแต่ละเส้นทาง และจะทราบถึงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ลงไว้ที่ทั้ง 7 ท่าเรือด้วย โดยคำตอบที่ได้นี้จะช่วยสนับสนุนการดำเนินงานของบริษัทเพื่อให้การจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดถูกส่งภายในระยะเวลาที่กำหนดในแต่ละสัปดาห์ และมีกำไรที่สูงสุด

บทที่ 3

กระบวนการส่งสินค้า

3.1 การส่งตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทให้บริการขนส่งสินค้าทางเรือแห่งหนึ่งในประเทศไทย ซึ่งมีกลุ่มบริษัทในเครืออยู่ทั่วโลก ทั้งนี้บริษัทจะรับผิดชอบดูแลการส่งสินค้าของลูกค้าในประเทศไทยไปยังต่างประเทศ ในกรณีศึกษานี้ศึกษาเฉพาะการส่งตู้คอนเทนเนอร์ของลูกค้าในประเทศไทยเพื่อจัดส่งไปยังท่าเรือในยุโรป 7 ท่าเรือ ได้แก่ ท่าเรือปารีส ท่าเรือรอตเตอร์ดัม ท่าเรือเฟลิกซ์สโตน ท่าเรือฮัมบูร์ก ท่าเรือแอนต์เวิร์ป ท่าเรืออัลเจีราส และท่าเรือเลอาฟวร์ ตู้คอนเทนเนอร์จะถูกแยกออกเป็น 7 กลุ่มตามท่าเรือปลายทางที่ต้องส่ง

การส่งตู้คอนเทนเนอร์ไปยังยุโรปของบริษัทแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

3.1.1 การส่งตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือของไทยไปยังท่าเรือสิงคโปร์

การส่งตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือของไทยไปยังท่าเรือสิงคโปร์ใช้เรือลูก (Feeder) บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง และท่าเรือสงขลา ไปยังท่าเรือสิงคโปร์และโหนดตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดลงเพื่อรอโหลดขึ้นเรือแม่ บริษัทกรณีศึกษาจะจัดการในเรื่องของการจองระวางเรือลูก และการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือ ซึ่งการส่งตู้คอนเทนเนอร์มาที่ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือแหลมฉบัง และท่าเรือสงขลา มีอยู่ 2 รูปแบบคือ ลูกค้าเป็นผู้ส่งตู้คอนเทนเนอร์มาที่ท่าเรือ และบริษัทไปรับตู้คอนเทนเนอร์มาจากบริษัทของลูกค้าเพื่อนำมาส่งที่ท่าเรือ

3.1.2 การส่งตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือในยุโรปทั้ง 7 ท่าเรือ

บริษัทจะรับผิดชอบในการจัดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้ง 7 กลุ่มของลูกค้าในประเทศไทยไปในแต่ละเส้นทาง ยกตัวอย่างเช่น จัดตู้คอนเทนเนอร์จำนวน 135 TEU สำหรับเรือของเส้นทางที่ 1 ออกจากท่าเรือสิงคโปร์เป็นตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ท่าเรือปารีส รอตเตอร์ดัม เฟลิกซ์สโตน ฮัมบูร์ก แอนต์เวิร์ป จำนวน 1, 53, 42, 24, 15 TEU และไม่ได้บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่ง

ทำเรืออัลเจีราส และ เลออาฟวร์ ทั้งนี้บริษัทแม่จะกำหนดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงสุดที่บริษัท ภูมิศึกษาสามารถจะจัดลงเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทางได้ กำหนดวันที่เรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทางที่เข้ามาเทียบท่าที่ทำเรือสิงคโปร์ จอระวางเรือเพื่อใช้สำหรับบริษัทในเครือและกำหนดเส้นทางเดินเรือ โดยเรือแต่ละลำที่เข้ามาเทียบท่าที่ทำเรือสิงคโปร์จะรับตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทในเครือที่อยู่แถบ เอเชีย

3.2 เครือข่ายเส้นทางเดินเรือจากสิงคโปร์ไปยุโรป

การเดินเรือจากสิงคโปร์ไปยุโรป มี 4 เส้นทางแบบเครือข่าย เรือจะเข้ามาเทียบท่าที่ทำเรือ สิงคโปร์ในทุกสัปดาห์ เครือข่ายเส้นทางเดินเรือแสดงดังรูปที่ 1 โดยที่ 0, 1, ..., 7 แทนท่าเรือ สิงคโปร์ ท่าเรือปเรอูซ ท่าเรือรอตเทอร์ดาม ท่าเรือเฟลิกซ์สโตว ท่าเรือฮัมบูร์ก ท่าเรือแอนต์เวิร์ป ท่าเรืออัลเจีราส ท่าเรือเลออาฟวร์ ตามลำดับ การเดินเรือของทั้ง 4 เส้นทางมีรายละเอียดดังนี้

เส้นทางที่ 1 เรือแม่ 1 จะมาถึงท่าเรือสิงคโปร์เป็นลำดับแรก

$$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5$$

เส้นทางที่ 2 เรือแม่ 2 จะมาถึงท่าเรือสิงคโปร์เป็นลำดับที่สาม

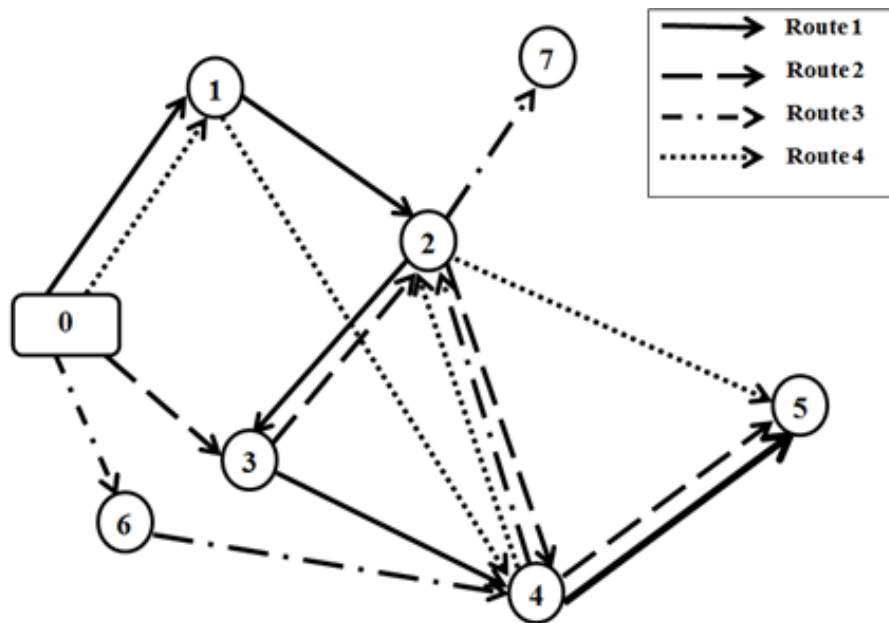
$$0 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 5$$

เส้นทางที่ 3 เรือแม่ 3 จะมาถึงท่าเรือสิงคโปร์เป็นลำดับที่สอง

$$0 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 7$$

เส้นทางที่ 4 เรือแม่ 4 จะมาถึงท่าเรือสิงคโปร์เป็นลำดับที่สี่

$$0 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 5$$



ภาพที่ 3.1 เครือข่ายเส้นทางเดินเรือของเรือแม่ทั้ง 4 เส้นทาง

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่า ท่าเรือ 0 มีเพียงการเดินเรือที่บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือเพียงอย่างเดียว ท่าเรือ 1, 2, 3, 4 และ 6 มีการเดินเรือที่บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เข้ามายังท่าเรือ และการเดินเรือที่บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือ ท่าเรือ 5 และ 7 มีเพียงการเดินเรือที่บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เข้ามายังท่าเรือเพียงอย่างเดียว

3.3 การจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรณีศึกษา

การจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทจะจัดตามเส้นทางเดินเรือ โดยจะแบ่งกลุ่มตู้คอนเทนเนอร์ตามท่าเรือที่ต้องจัดส่งจำนวน 7 กลุ่ม ดังนี้ ผู้สำหรับส่งที่ท่าเรือปิเรอซ ผู้สำหรับส่งที่ท่าเรือรอตเตอร์ดาม ผู้สำหรับส่งที่ท่าเรือเฟลิกซ์สโตว ผู้สำหรับส่งที่ท่าเรือฮัมบูร์ก ผู้สำหรับส่งที่ท่าเรือแอนต์เวิร์ป ผู้สำหรับส่งที่ท่าเรืออัลเจีราส ผู้สำหรับส่งที่ท่าเรือเลอาฟวร์ ยกตัวอย่างเช่น ที่ท่าเรือสิงคโปร์มีตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ท่าเรือเลอาฟวร์จำนวน 10 TEU บริษัทจะจัดตู้คอนเทนเนอร์จำนวน 10 TEU นี้ไปยังเรือแม่ที่เดินเรือเข้าเทียบท่าที่ท่าเรือเลอาฟวร์ ซึ่งคือเส้นทางที่ 3 แต่ในบางครั้งตู้คอนเทนเนอร์เหล่านี้ไม่สามารถจัดขึ้นเรือแม่ของเส้นทางที่ 3 ได้ อันเนื่องมาจากเรือแม่ของเส้นทางที่ 3 ถูกจัดให้บรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เต็มจำนวนที่บริษัทกรณีศึกษาสามารถจัดให้บรรทุกได้ จึงต้องจัดตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นไปอยู่ในเรือแม่ของเส้นทางอื่น เช่น เส้นทางที่ 1 (ที่ไม่

มีการเดินเรือเข้าเทียบท่าที่ท่าเรือเลออาฟวร์) แล้วลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ท่าเรือรอตเทอร์ดาม เมื่อเรือแม่ของเส้นทางที่ 3 มาถึงก็ทำการขึ้นตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นเพื่อไปส่งยังท่าเรือเลออาฟวร์

บทที่ 4

ตัวแบบและผลการวิจัย

4.1 ศึกษาปัญหาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

4.1.1 ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การศึกษาการดำเนินงานบริษัทกรณีศึกษาพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น มีปัญหาด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ออกจากท่าเรือในประเทศไทยและจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะส่งยังท่าเรือปลายทางในยุโรปในแต่ละสัปดาห์มีจำนวนที่ไม่คงที่ บริษัทจึงต้องทำการวางแผนจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือในทุกสัปดาห์ นอกจากนี้การส่งตู้คอนเทนเนอร์ไปยังท่าเรือต่างๆ ภายในระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญของกรณีศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้ ศึกษากระบวนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ตั้งแต่การรับตู้คอนเทนเนอร์ของลูกค้า จนถึงการส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือปลายทาง ศึกษารายได้และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ศึกษาถึงปัจจัยทั้งด้านต้นทุน ระยะเวลาในการเดินเรือไปยังแต่ละท่าเรือ การลงตู้คอนเทนเนอร์เพื่อส่งผู้ให้ลูกค้าที่ทำเรือต่างๆ ที่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนด รวมไปถึงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือแต่ละลำสามารถบรรทุกได้

4.1.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร (a) ค่าใช้จ่ายผันแปรสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ที่ส่งออกไปยังยุโรป (c) และสัดส่วนของ Booking ต่อจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมด (f)

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลอัตราค่าบริการที่คิดกับลูกค้าโดยพิจารณาจากท่าเรือที่ลูกค้าต้องการให้ไปส่ง (p_i) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือในยุโรปทั้ง 7 ท่าเรือ (b_i) จำนวนตู้คอนเทนเนอร์โดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ที่ต้องส่งให้ลูกค้าในแต่ละท่าเรือ (d_i) และเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้ากำหนดให้ไปส่งสำหรับแต่ละท่าเรือ (t_i)

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงสุดที่บริษัทสามารถจัดลงเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทาง (s_k เมื่อ $k = 1, 2, 3, 4$ แทนเส้นทาง 1, 2, 3, 4) และแสดงระยะเวลาของการเดินเรือจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังทั้ง 7 ท่าเรือของ 4 เส้นทาง ซึ่งจะเห็นถึงลำดับการเทียบท่าที่ทำเรือต่างๆ ของ

ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร ค่าใช้จ่ายผันแปรสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ที่ส่งออกไปยังยุโรป และสัดส่วนของ Booking

a (\$/booking)	72.55
c (\$/TEU)	801.03
f (Booking/TEU)	0.48

ตารางที่ 4.2 ค่าบริการ ค่าใช้จ่าย จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ และเวลาที่ต้องส่งสำหรับแต่ละท่าเรือ

i	p_i (\$/TEU)	b_i (\$/TEU)	d_i (TEU)	t_i (วัน)
1	5003	208.14	1	30
2	1943	252.72	83	35
3	1784	264.73	76	25
4	1610	274.58	50	30
5	2042	202	31	40
6	1362	207.81	1	30
7	2661	233.3	19	40

ตารางที่ 4.3 จำนวนตู้ที่บรรทุกได้ในแต่ละเส้นทาง และระยะเวลาที่เรือแม่ออกจากท่าเรือสิงคโปร์ มาถึงท่าเรือในยุโรป

เส้นทาง (k)	S_k (TEU)	ท่าเรือ(วัน)						
		1	2	3	4	5	6	7
$k = 1$	200	13	20	22	25	28	-	-
$k = 2$	145	-	31	29	34	37	-	-
$k = 3$	25	-	32	-	29	-	24	35
$k = 4$	88	24	36	-	33	39	-	-

ทั้ง 4 เส้นทางดังนี้ ที่ท่าเรือ 1 เรือแม่ของเส้นทาง 1 เดินทางเข้าเทียบท่าก่อนเรือแม่ของเส้นทาง 4 และเรือแม่ของเส้นทาง 2, 3 ไม่มีการเดินทางเข้ามายังเทียบท่าที่ท่าเรือ 1 สำหรับท่าเรือ 2, 3, ..., 7 ก็

พิจารณาในแบบเดียวกัน การที่ทำเรือหนึ่งมีเรือแม่เข้าเทียบท่ามากกว่า 1 ลำ และเรือเหล่านั้นยังต้องเดินเรือไปท่าเรืออื่นต่อ ทำให้บริษัทสามารถเปลี่ยนเส้นทางของตู้คอนเทนเนอร์ได้ดังนี้ ตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกจากเรือของเส้นทางที่เข้าท่าเรือก่อนสามารถลงตู้คอนเทนเนอร์เพื่อเปลี่ยนเส้นทางไว้ที่ทำเรือนั้น เมื่อเรือแม่ลำที่จะเดินเรือไปยังท่าเรือที่ต้องส่งตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นเข้ามาเทียบท่าก็โหลดตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นเพื่อจัดส่งต่อไป ตัวอย่างเช่น ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือ 7 ที่บรรทุกในเรือแม่ของเส้นทาง 1 สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือ 7 ไว้ที่ทำเรือ 4 เมื่อเรือของเส้นทาง 4 เข้าเทียบท่าก็นำตู้คอนเทนเนอร์เหล่านั้นขึ้นเรือเพื่อนำไปส่งยังท่าเรือ 7

4.2 การย้ายตู้คอนเทนเนอร์เพื่อเปลี่ยนเส้นทาง

จากตารางที่ 4.3 ทำให้เห็นว่าสามารถลงตู้คอนเทนเนอร์เพื่อเปลี่ยนเส้นทางได้ที่ทำเรือ 1, 2, 3 และ 4 ทำให้เห็นถึงการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เข้าท่าเรือและออกท่าเรือทั้ง 4 ท่าเรือได้ดังนี้

4.2.1 ท่าเรือ 1 เรือเข้าเทียบท่าจำนวน 2 ลำ

4.2.1.1 เรือของเส้นทาง 1 มาถึงท่าเรือเป็นลำแรก ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือเส้นทาง 1 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 1 ต้องมีจำนวนอย่างมากที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ 1 เนื่องจากอาจมีการลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ทำเรือ 1 เพื่อรอโหลดขึ้นเรือของเส้นทาง 4

4.2.1.2 เรือของเส้นทาง 4 มาถึงท่าเรือเป็นลำดับสุดท้าย ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือเส้นทาง 4 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 1 ต้องมีจำนวนอย่างน้อยที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ 1 เนื่องจากอาจมีการรับตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือแม่เส้นทาง 1 ลงไว้ที่ทำเรือ 1

4.2.2 ท่าเรือ 2 เรือเข้าเทียบท่าจำนวน 4 ลำ

4.2.2.1 เรือของเส้นทาง 1 มาถึงท่าเรือเป็นลำแรก ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือเส้นทางที่ 1 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 2 ต้องมีจำนวนอย่างมากที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ 2 เนื่องจากอาจมีการลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ทำเรือ 2 เพื่อรอโหลดขึ้นเรือของเส้นทาง 2, 3 หรือ 4 ที่เข้ามาถึงในภายหลัง

4.2.2.2 เรือของเส้นทาง 2 และ 3 มาถึงท่าเรือเป็นลำดับที่สองและสาม ตามลำดับ ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือทั้งสองเส้นทาง จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจาก

ทำเรือ 2 อาจมีจำนวนมากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้าก็ได้ เนื่องจากอาจมีทั้งการลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ท่าเรือหรือรับตู้คอนเทนเนอร์ของเรือแม่ลำก่อนหน้าเพิ่มก็ได้

4.2.2.3 เรือของเส้นทาง 4 มาถึงท่าเรือเป็นลำสุดท้าย ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือเส้นทาง 4 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 2 ต้องมีจำนวนอย่างน้อยที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ 2 เนื่องจากอาจมีการรับตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือแม่เส้นทาง 1, 2, หรือ 3 ลงไว้ที่ท่าเรือ 2

4.2.3 ท่าเรือ 3 เรือเข้าเทียบท่าจำนวน 2 ลำ

4.2.3.1 เรือของเส้นทาง 1 มาถึงท่าเรือเป็นลำแรก ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือเส้นทาง 1 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 3 ต้องมีจำนวนอย่างมากที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ 3 เนื่องจากอาจมีการลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ท่าเรือ 3 เพื่อรอขึ้นเรือแม่ของเส้นทาง 2

4.2.3.2 เรือของเส้นทาง 2 มาถึงท่าเรือเป็นลำสุดท้าย ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือเส้นทาง 2 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 3 ต้องมีจำนวนอย่างน้อยที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ 3 เนื่องจากอาจมีการรับตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือแม่เส้นทาง 1 ลงไว้ที่ท่าเรือ 3

4.2.4 ท่าเรือ 4 เรือเข้าเทียบท่าจำนวน 4 ลำ

4.2.4.1 เรือของเส้นทาง 1 มาถึงท่าเรือเป็นลำแรก ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือเส้นทาง 1 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 4 ต้องมีจำนวนอย่างมากที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ 4 เนื่องจากอาจมีการลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ท่าเรือ 4 เพื่อรอขึ้นเรือแม่ของเส้นทาง 2, 3 หรือ 4

4.2.4.2 เรือของเส้นทาง 2 มาถึงท่าเรือเป็นลำสุดท้าย ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือเส้นทาง 2 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 4 ต้องมีจำนวนอย่างน้อยที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ 4 เนื่องจากอาจมีการรับตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือของเส้นทาง 1 ลงไว้ที่ท่าเรือ 3

4.2.4.3 เรือของเส้นทาง 3 และ 4 มาถึงท่าเรือเป็นลำดับที่สองและสาม ตามลำดับ ดังนั้นการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ของเรือทั้งสองเส้นทาง จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 4 อาจมีจำนวนมากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้าก็ได้

เนื่องจากอาจมีทั้งการลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ท่าเรือหรือรับตู้คอนเทนเนอร์ของเรือแม่ลำก่อนหน้าเพิ่มก็ได้

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่ถูกจำกัดการให้ตู้คอนเทนเนอร์ไปถึงท่าเรือปลายทางพบว่าเรือของเส้นทาง 2 ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ท่าเรือ 3 และ 4 ได้เนื่องจากระยะเวลาที่เรือแม่มาถึงท่าเรือนั้นมากกว่าระยะเวลาที่ถูกจำกัด เช่นเดียวกับเรือแม่ของเส้นทาง 4 ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ท่าเรือ 2 และ 4 ได้

4.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาเพื่อกำหนดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะจัดให้บรรทุกลงเรือในแต่ละเส้นทาง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ดัชนี (Index)

- i, j ดัชนีของท่าเรือ $i, j = 0, 1, \dots, 7$ แทนท่าเรือ สิงคโปร์ ปิเรอูช รอตเทอร์ดาม เฟลิกซ์สโตร์ อัมบูร์ก แอนต์เวิร์ป อัลเจียร์ และ เลออาฟวร์
- m ดัชนีของตู้คอนเทนเนอร์ที่จะส่งที่ท่าเรือ $m = 1, 2, \dots, 7$ แทนท่าเรือ ปิเรอูช รอตเทอร์ดาม เฟลิกซ์สโตร์ อัมบูร์ก แอนต์เวิร์ป อัลเจียร์ และ เลออาฟวร์
- k ดัชนีของเส้นทางเดินเรือ $k = 1, 2, 3, 4$ แทนเส้นทาง 1, 2, 3, 4

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

- $x_{m,ij}^k$ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ (TEU) สำหรับส่งที่ท่าเรือ m ที่บรรทุกจากท่าเรือ i ไปยังท่าเรือ j โดยใช้เส้นทาง k

พารามิเตอร์ (Parameter)

- s_k จำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงสุดที่บริษัทสามารถจัดลงเรือแม่ของเส้นทาง k (TEU)
- d_i จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งที่ท่าเรือ i (TEU)
- p_i ค่าบริการที่คิดกับลูกค้าสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ที่ไปส่งที่ท่าเรือ i (\$/TEU)
- b_i ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ท่าเรือ i (\$/TEU)
- a ค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร (\$/booking)
- c ค่าใช้จ่ายผันแปรสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งออกไปยังยุโรป (\$/TEU)

f สัดส่วนของ booking ต่อจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมด (booking/TEU)

ข้อมูลพารามิเตอร์แสดงในตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\begin{aligned}
 \text{Max Profit} = & \{ (p_1 - b_1)d_1 + (p_2 - b_2)d_2 + \\
 & (p_3 - b_3)d_3 + (p_4 - b_4)d_4 + (p_5 - b_5)d_5 + \\
 & (p_6 - b_6)d_6 + (p_7 - b_7)d_7 \} \\
 & - \{ c \sum_{m=1}^7 (x_{m,01}^1 + x_{m,03}^2 + x_{m,06}^3 + x_{m,01}^4) \} \\
 & - \{ a(f) \sum_{m=1}^7 (x_{m,01}^1 + x_{m,03}^2 + x_{m,06}^3 + x_{m,01}^4) \} \\
 & - \{ b_1 \sum_{m=1}^7 \text{Max}(0, x_{m,14}^4 - x_{m,01}^4) + \\
 & b_2 [\sum_{m=1}^7 \text{Max}(0, x_{m,24}^2 - x_{m,32}^2) + \sum_{m=1}^7 \text{Max}(0, x_{m,27}^3 - x_{m,42}^3) + \\
 & \sum_{m=1}^7 \text{Max}(0, x_{m,25}^4 - x_{m,42}^4)] + \\
 & b_3 \sum_{m=1}^7 \text{Max}(0, x_{m,32}^2 - x_{m,03}^2) + \\
 & b_4 [\sum_{m=1}^7 \text{Max}(0, x_{m,42}^3 - x_{m,64}^3) + \sum_{m=1}^7 \text{Max}(0, x_{m,42}^4 - x_{m,14}^4) + \\
 & \sum_{m=1}^7 \text{Max}(0, x_{m,45}^2 - x_{m,24}^2)] \} \quad (1)
 \end{aligned}$$

ข้อจำกัด (Constraint)

$$x_{m,01}^1 + x_{m,03}^2 + x_{m,06}^3 + x_{m,01}^4 = d_m \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (2)$$

$$x_{1,01}^1 + x_{1,01}^4 = d_1 \quad (3)$$

$$x_{2,12}^1 + x_{2,32}^2 + x_{2,42}^3 + x_{2,42}^4 = d_2 \quad (4)$$

$$x_{3,23}^1 + x_{3,03}^2 = d_3 \quad (5)$$

$$x_{4,34}^1 + x_{4,24}^2 + x_{4,64}^3 + x_{4,14}^4 = d_4 \quad (6)$$

$$x_{5,45}^1 + x_{5,45}^2 + x_{5,25}^4 = d_5 \quad (7)$$

$$x_{6,06}^3 = d_6 \quad (8)$$

$$x_{7,27}^3 = d_7 \quad (9)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,01}^1 \leq s_1 \quad (10)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,12}^1 \leq s_1 \quad (11)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,23}^1 \leq s_1 \quad (12)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,34}^1 \leq s_1 \quad (13)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,45}^1 \leq s_1 \quad (14)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,03}^2 \leq s_2 \quad (15)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,32}^2 \leq s_2 \quad (16)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,24}^2 \leq s_2 \quad (17)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,45}^2 \leq s_2 \quad (18)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,06}^3 \leq s_3 \quad (19)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,64}^3 \leq s_3 \quad (20)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,42}^3 \leq s_3 \quad (21)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,27}^3 \leq s_3 \quad (22)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,01}^4 \leq s_4 \quad (23)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,14}^4 \leq s_4 \quad (24)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,42}^4 \leq s_4 \quad (25)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,25}^4 \leq s_4 \quad (26)$$

$$\sum_{m=1}^7 [(x_{m,01}^1 + x_{m,01}^4) - (x_{m,12}^1 + x_{m,14}^4 + d_1)] = 0 \quad (27)$$

$$\sum_{m=1}^7 [(x_{m,12}^1 + x_{m,32}^2 + x_{m,42}^3 + x_{m,42}^4) - (x_{m,23}^1 + x_{m,24}^2 + x_{m,27}^3 + x_{m,25}^4 + d_2)] = 0 \quad (28)$$

$$\sum_{m=1}^7 [(x_{m,23}^1 + x_{m,03}^2) - (x_{m,34}^1 + x_{m,32}^4 + d_3)] = 0 \quad (29)$$

$$\sum_{m=1}^7 [(x_{m,34}^1 + x_{m,24}^2 + x_{m,64}^3 + x_{m,14}^4) - (x_{m,45}^1 + x_{m,45}^2 + x_{m,42}^3 + x_{m,42}^4 + d_4)] = 0 \quad (30)$$

$$\sum_{m=1}^7 [x_{m,06}^3 - (x_{m,64}^3 + d_6)] = 0 \quad (31)$$

$$x_{2,42}^4 = 0 \quad (32)$$

$$x_{3,03}^2 = 0 \quad (33)$$

$$x_{4,24}^2 = 0 \quad (34)$$

$$x_{4,14}^4 = 0 \quad (35)$$

$$x_{m,01}^1 - x_{m,12}^1 \geq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (36)$$

$$x_{m,12}^1 - x_{m,23}^1 \geq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (37)$$

$$x_{m,23}^1 - x_{m,34}^1 \geq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (38)$$

$$x_{m,34}^1 - x_{m,45}^1 \geq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (39)$$

$$x_{m,01}^4 - x_{m,14}^4 \leq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (40)$$

$$x_{m,42}^4 - x_{m,25}^4 \leq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (41)$$

$$x_{m,03}^2 - x_{m,32}^2 \leq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (42)$$

$$x_{m,24}^2 - x_{m,45}^2 \leq 0 \quad \forall m = 1, 2, \dots, 7 \quad (43)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,01}^1 \geq 1 \quad (44)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,03}^2 \geq 1 \quad (45)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,06}^3 \geq 1 \quad (46)$$

$$\sum_{m=1}^7 x_{m,01}^4 \geq 1 \quad (47)$$

จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว สมการที่ (1) แสดงถึงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบซึ่งเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบไม่เชิงเส้น เพื่อหาจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะจัดให้บรรทุกในเรือของแต่ละเส้นทางเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด ทั้งนี้ภายใต้ความต้องการเพื่อลดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ส่งไปถึงท่าเรือปลายทางล่าช้า สมการวัตถุประสงค์ประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลักดังนี้ ส่วนแรกคือรายได้หักด้วยค่าใช้จ่ายสำหรับการส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ทั้ง 7 ท่าเรือ ส่วนที่สองคือค่าใช้จ่ายผันแปรในการส่งตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือสิงคโปร์ ส่วนที่สามคือค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร และส่วนที่สี่คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนเส้นทางที่ทำเรือ 1, 2, 3 และ 4 มีสมการข้อจำกัดดังนี้ สมการที่ (2) แสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่ทำเรือเริ่มต้น (ท่าเรือสิงคโปร์) สมการที่ (3)-(9) แสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งที่ทำเรือ 1, 2, ..., 7 ตามลำดับ สมการที่ (10)-(14) แสดงข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทสามารถจัดให้บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 1 สมการที่ (15)-(18) แสดงข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทสามารถจัดให้บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 2 สมการที่ (19)-(22) แสดงข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทสามารถจัดให้บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 3 สมการที่ (23)-(26) แสดงข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทสามารถจัดให้บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 4 สมการที่ (27) แสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่บรรทุกเข้ามาท่าเรือ 1 หักด้วยตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งท่าเรือที่ 1 มีจำนวนเท่ากับตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 1 ในลักษณะเดียวกันสมการที่ (28)-(31) สำหรับการส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 2, 3, 4 และ 6 ตามลำดับ สมการที่ (32) แสดงข้อจำกัดที่ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือ 2 ที่บรรทุกมาในเรือแม่เส้นทาง 4 อันเนื่องมาจากเวลาที่เรือมาถึงท่าเรือ 2 มากกว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนด ในลักษณะเดียวกันสมการ (33) สำหรับตู้ที่บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 2 เพื่อลงตู้ที่ทำเรือ 3 สมการที่ (34) สำหรับตู้ที่บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 2 เพื่อลงตู้ที่ทำเรือ 4 สมการที่ (35) สำหรับตู้ที่บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 4 เพื่อลงตู้ที่ทำเรือ 4 สมการที่ (36)-(39) แสดงถึงการย้ายตู้คอนเทนเนอร์จากเรือแม่ของเส้นทาง 1 ไปเรือลำอื่น โดยสมการที่ (36) แสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 1 จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกจากท่าเรือ 1 ต้องอย่างมากที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามาท่าเรือ 1 อันเนื่องจากการอาจมีการลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้ที่ท่าเรือ 1 เพื่อรอจัดให้ขึ้นเรือแม่ของเส้นทางอื่นที่มาถึงในภายหลัง ในลักษณะเดียวกันสมการที่

(37)-(39) แสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกในเรือแม่เส้นทาง 1 สำหรับการลงตู้ไว้ที่ท่าเรือ 2, 3, 4 ตามลำดับ สมการที่ (40), (41) แสดงถึงการขึ้นตู้คอนเทนเนอร์มาเรือแม่ของเส้นทาง 4 ที่เรือลำอื่นมาลงไว้ที่ท่าเรือ 1, 2 โดยจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกออกต้องอย่างน้อยที่สุดเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้ามายังท่าเรือ อันเนื่องมาจากเรือแม่ของเส้นทาง 4 ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์ไว้สำหรับส่งที่ท่าเรือ 1, 2 ได้ ทำได้เพียงการรับตู้คอนเทนเนอร์ของเส้นทางอื่นเข้ามา ในลักษณะเดียวกันสมการที่ (42), (43) แสดงถึงการขึ้นตู้คอนเทนเนอร์มาเรือแม่ของเส้นทาง 2 ที่เรือลำอื่นลงไว้ที่ท่าเรือที่ 3, 4 สมการที่ (44)-(47) แสดงข้อกำหนดว่าจะต้องจัดตู้คอนเทนเนอร์ออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทาง

4.4 ผลการวิจัยที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะจัดให้บรรทุกไปในเรือของทั้ง 4 เส้นทาง เพื่อส่งไปยังท่าเรือในยุโรปที่ลูกค้าต้องการให้ไปส่งขึ้นตอนเริ่มจากการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบไม่เชิงเส้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กำไรสูงที่สุดและส่งตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดได้ภายในระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ ทำการประมวลผลคำตอบด้วย Excel Solver โดยใช้ Solving Method: GRG Nonlinear ผลคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากตัวแบบมีได้หลายคำตอบ ทั้งนี้จะยกมาแสดง 1 คำตอบ ดังตารางที่ 7 ซึ่งแสดงถึงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ทั้ง 7 ท่าเรือที่จะจัดให้บรรทุกในเรือของทั้ง 4 เส้นทางจากท่าเรือหนึ่งไปยังท่าเรือหนึ่ง จากจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะจัดให้บรรทุกไปในเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทางดังในตารางที่ 7 ทำให้บริษัทได้กำไรเท่ากับ 213,276.02 \$/สัปดาห์ และตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดสามารถจัดส่งได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด

ตารางที่ 4.4 ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่งไปยังท่าเรือหนึ่ง

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ท่าเรือ i ไปท่าเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
1	(0,1)	0	48	76	44	31	0	1
	(1,2)	0	48	76	44	31	0	1
	(2,3)	0	0	76	44	31	0	1
	(3,4)	0	0	0	44	31	0	1
	(4,5)	0	0	0	0	31	0	0

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ท่าเรือ i ไปท่าเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
2	(0,3)	0	35	0	0	0	0	0
	(3,2)	0	35	0	0	0	0	0
	(2,4)	0	0	0	0	0	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	0	0	0
3	(0,6)	0	0	0	6	0	1	18
	(6,4)	0	0	0	6	0	0	18
	(4,2)	0	0	0	0	0	0	19
	(2,7)	0	0	0	0	0	0	19
4	(0,1)	1	0	0	0	0	0	0
	(1,4)	0	0	0	0	0	0	0
	(4,2)	0	0	0	0	0	0	0
	(2,5)	0	0	0	0	0	0	0

(หน่วย:TEU)

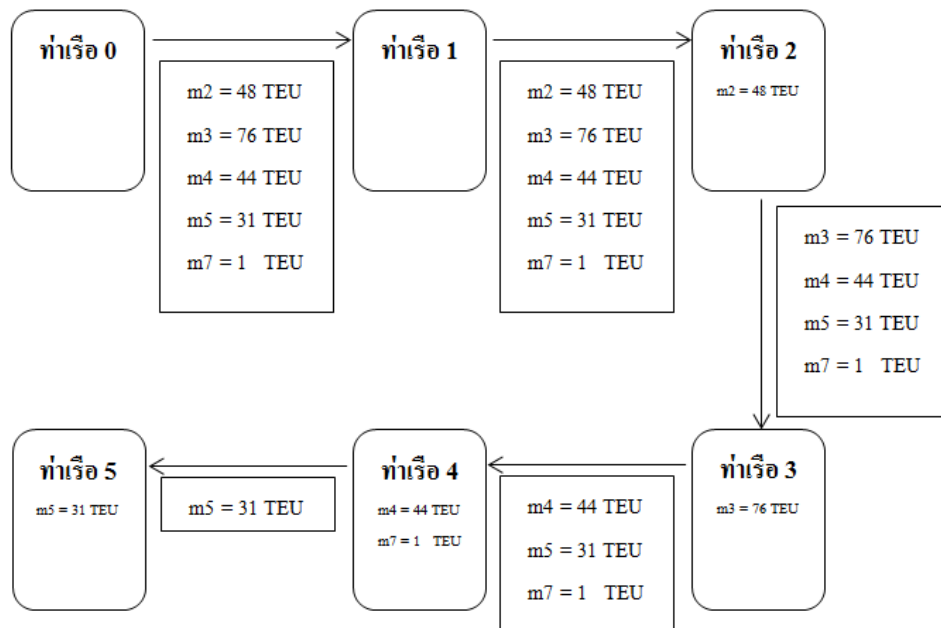
4.5 การจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทาง

จากตารางที่ 4.4 อธิบายการจัดตู้คอนเทนเนอร์และการเดินเรือเรือแม่ทั้ง 4 เส้นทางได้ดังนี้

4.5.1 เรือแม่ของเส้นทาง 1

เรือแม่ของเส้นทาง 1 จัดตู้คอนเทนเนอร์เพื่อบรรทุกออกจากท่าเรือสิงคโปร์ เป็นตู้สำหรับส่งที่ท่าเรือรอตเตอร์ดาม เฟลิกซ์สโตว์ ฮัมบูร์ก แอนต์เวิร์ป เลออาฟวร์ จำนวน 48, 76, 44, 31 และ 1 TEU ตามลำดับ ซึ่งเรือแม่ของเส้นทาง 1 ไม่มีการเดินเรือเข้าเทียบท่าท่าเรือเลออาฟวร์ดังนั้นตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเลออาฟวร์ จำนวน 1 TEU จะถูกนำลงไว้ที่ท่าเรือ 4 เพื่อรอเรือแม่ของเส้นทาง 3 มารับ การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เป็นดังนี้ เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือ 1 โดยไม่มีการลงตู้คอนเทนเนอร์ จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 2 โดยลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 2 จำนวน 48 TEU จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 3 โดยลงตู้คอน

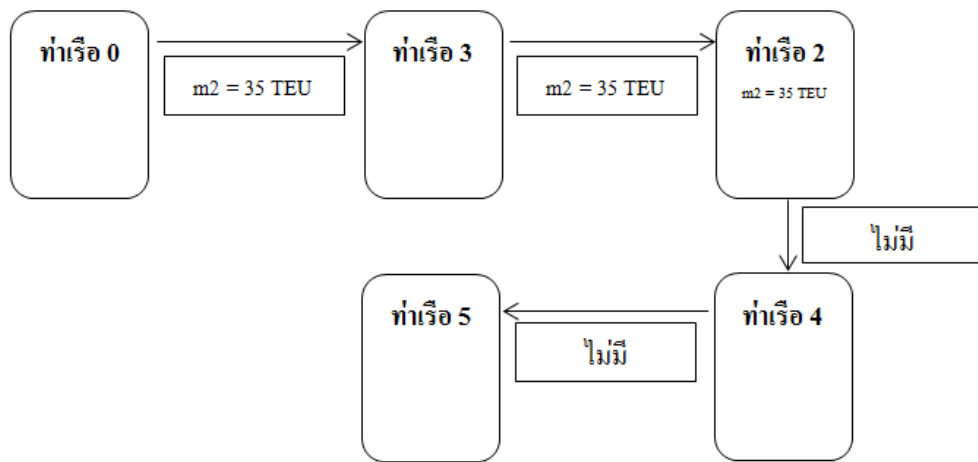
เทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 3 จำนวน 76 TEU จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 4 โดยลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 4 จำนวน 44 TEU และสำหรับส่งท่าเรือเรือ 7 จำนวน 1 TEU เพื่อลงไว้รอโหลดขึ้นเรือของเส้นทาง 3 สุดท้ายเดินเรือไปยังท่าเรือ 5 โดยลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 5 จำนวน 31 TEU แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การบรรจุตู้คอนเทนเนอร์เรือแม่ของเส้นทาง 1

4.5.2 เรือแม่ของเส้นทาง 2

เรือแม่ของเส้นทาง 2 จัดตู้คอนเทนเนอร์เพื่อบรรทุกออกจากท่าเรือสิงคโปร์ เป็นผู้สำหรับส่งที่ท่าเรือรอตเตอร์ดาม จำนวน 35 TEU การบรรจุตู้คอนเทนเนอร์เป็นดังนี้ เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือ 3 โดยไม่มีการลงตู้คอนเทนเนอร์ จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 2 โดยลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 2 จำนวน 35 TEU จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 4 โดยไม่มีการลงตู้คอนเทนเนอร์ สุดท้ายเดินเรือไปยังท่าเรือ 5 โดยไม่มีการลงตู้คอนเทนเนอร์ แสดงดังภาพที่ 4.2



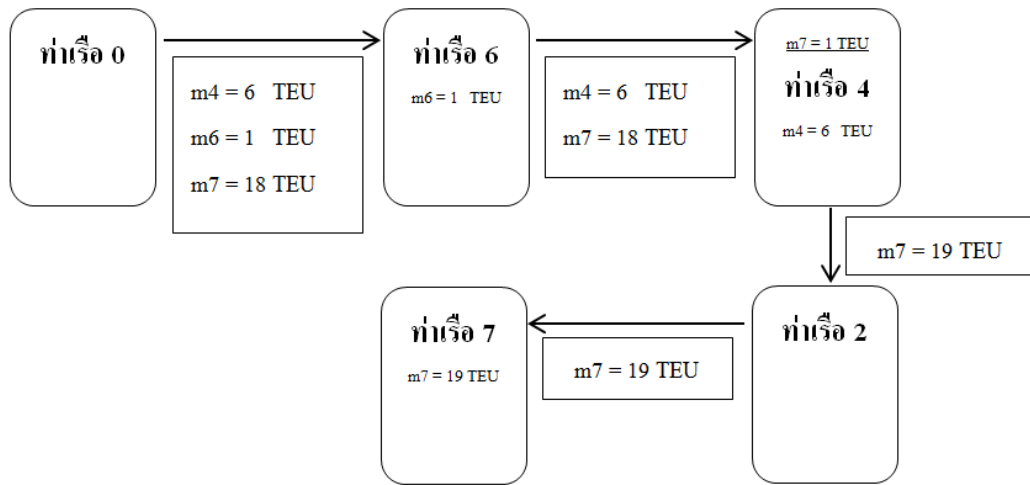
ภาพที่ 4.2 การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เรือแม่ของเส้นทาง 2

4.5.3 เรือแม่ของเส้นทาง 3

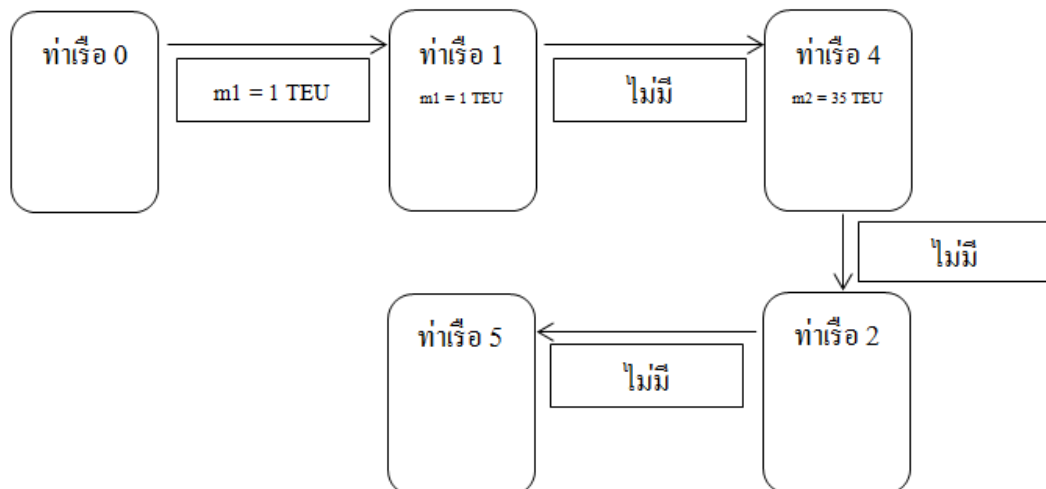
เรือแม่ของเส้นทาง 3 จัดตู้คอนเทนเนอร์เพื่อบรรทุกออกจากท่าเรือสิงคโปร์ เป็นผู้สำหรับส่งที่ทำเรือฮัมบูร์ก อัลเจีราส และ เลออาฟวร์ จำนวน 6, 1 และ 18 TEU ตามลำดับ การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เป็นดังนี้ เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือ 6 โดยลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 6 จำนวน 1 TEU จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 4 โดยลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 4 จำนวน 6 TEU และโหลดตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือ 7 ที่เส้นทาง 1 มาลงไว้จำนวน 4 TEU จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 2 โดยไม่มีการลงตู้คอนเทนเนอร์ สุดท้ายเดินเรือไปยังท่าเรือ 7 โดยลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 7 จำนวน 19 TEU แสดงดังภาพที่ 4.3

4.5.4 เรือแม่ของเส้นทาง 4

เรือแม่ของเส้นทาง 4 จัดตู้คอนเทนเนอร์เพื่อบรรทุกออกจากท่าเรือสิงคโปร์ เป็นผู้สำหรับส่งที่ทำเรือปรีอูช จำนวน 1 TEU การบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เป็นดังนี้ เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดออกจากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือ 1 โดยลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งท่าเรือเรือ 1 จำนวน 1 TEU จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 4 โดยไม่มีการลงตู้คอนเทนเนอร์ จากนั้นเดินเรือไปยังท่าเรือ 2 โดยไม่มีการลงตู้คอนเทนเนอร์ สุดท้ายเดินเรือไปยังท่าเรือ 5 โดยไม่มีการลงตู้คอนเทนเนอร์ แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 การบรรจุตู้คอนเทนเนอร์เรือแม่ของเส้นทาง 3



ภาพที่ 4.4 การบรรจุตู้คอนเทนเนอร์เรือแม่ของเส้นทาง 4

4.6 การลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือในยุโรป

ผลลัพธ์ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในตาราง 4.4 แสดงให้เห็นถึงการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือของเรือแม่ทั้ง 4 เส้นทางดังหัวข้อ 5.3 เมื่อพิจารณาการบรรจุทุกเข้าทำเรือทั้ง 7 ทำเรือจะเห็นการลงตู้คอนเทนเนอร์เพื่อส่งให้ลูกค้าและเปลี่ยนเส้นทางที่ทำเรือทั้ง 7 ทำเรือดังนี้

4.6.1 ทำเรือปิเรอูซ

ทำเรือปิเรอูซ ต้องส่งผู้คอนเทนเนอร์ให้ลูกค้าที่ทำเรือนี้จำนวน $d_1 = 1$ TEU ผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือปิเรอูซ ถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 4 จำนวน 1 TEU เพื่อส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือปิเรอูซ

4.6.2 ทำเรือรอตเทอร์ดาม

ทำเรือรอตเทอร์ดาม ต้องส่งผู้คอนเทนเนอร์ให้ลูกค้าที่ทำเรือนี้จำนวน $d_2 = 83$ TEU ผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือรอตเทอร์ดาม ถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 1 จำนวน 48 TEU และถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 2 จำนวน 35 TEU เพื่อส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือรอตเทอร์ดาม

4.6.3 ทำเรือเฟลิกซ์สโตน

ทำเรือเฟลิกซ์สโตน ต้องส่งผู้คอนเทนเนอร์ให้ลูกค้าที่ทำเรือนี้จำนวน $d_3 = 76$ TEU ผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือเฟลิกซ์สโตน ถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 1 จำนวน 76 TEU เพื่อส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือเฟลิกซ์สโตน

4.6.4 ทำเรือฮัมบูร์ก

ทำเรือฮัมบูร์ก ต้องส่งผู้คอนเทนเนอร์ให้ลูกค้าที่ทำเรือนี้จำนวน $d_4 = 50$ TEU ผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือฮัมบูร์ก ถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 1 จำนวน 44 TEU และถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 3 จำนวน 6 TEU เพื่อส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือฮัมบูร์ก

4.6.5 ทำเรือแอตเวิร์ป

ทำเรือแอตเวิร์ป ต้องส่งผู้คอนเทนเนอร์ให้ลูกค้าที่ทำเรือนี้จำนวน $d_5 = 31$ TEU ผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือแอตเวิร์ป ถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 1 จำนวน 31 TEU เพื่อส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือแอตเวิร์ป

4.6.6 ทำเรืออัลเจกiras

ทำเรืออัลเจกiras ต้องส่งผู้คอนเทนเนอร์ให้ลูกค้าที่ทำเรือนี้จำนวน $d_6 = 1$ TEU ผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรืออัลเจกiras ถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 3 จำนวน 1 TEU เพื่อส่งให้ลูกค้าที่ทำเรืออัลเจกiras

4.6.7 ทำเรือเลออาฟวร์

ทำเรือเลออาฟวร์ ต้องส่งตู้คอนเทนเนอร์ให้ลูกค้าที่ทำเรือนี้จำนวน $d_7 = 19$ TEU ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือเลออาฟวร์ถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 1 จำนวน 1 TEU เมื่อเรือแม่มาถึงท่าเรือฮัมบูร์กก็ลงตู้คอนเทนเนอร์จำนวน 1 TEU นี้ไว้ที่ท่าเรือฮัมบูร์กเพื่อรอขึ้นเรือของเส้นทาง 4 ที่มาถึงในภายหลัง และตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือเลออาฟวร์ถูกจัดให้บรรทุกในเรือของเส้นทาง 4 จำนวน 18 TEU เมื่อเรือมาถึงท่าเรือฮัมบูร์ก ก็ทำการขึ้นตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือเลออาฟวร์ที่เรือของเส้นทาง 1 ลงไว้ก่อนหน้านี้ ดังนั้นเรือของเส้นทาง 4 จึงบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งที่ทำเรือเลออาฟวร์ ออกจากท่าเรือฮัมบูร์กจำนวน 19 TEU เพื่อส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือเลออาฟวร์

4.7 การจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือจากผลเฉลยของตัวแบบในระยะเวลา 1 เดือน

หลังจากได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือของบริษัทกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ถึงส่วนได้ส่วนเสียที่บริษัทจะได้รับหากนำผลเฉลยจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้มาใช้ในการจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทแห่งนี้ โดยทำการเปรียบเทียบการจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทแห่งนี้จัด กับการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือโดยใช้ผลเฉลยของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ภายในระยะเวลา 1 เดือนซึ่งมีการจัดส่ง 4 รอบ ซึ่งเป็นสัปดาห์ละรอบ ทั้งนี้ในแต่ละสัปดาห์จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะต้องจัดส่งและจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทสามารถจัดลงเรือแต่ละลำมีจำนวนไม่เท่ากัน

4.7.1 สัปดาห์ที่ 1

ตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือเริ่มต้นที่ต้องจัดส่งทำเรือ รอตเทอร์ดาม เฟลิกซ์สโตว ฮัมบูร์ก แอนเวิร์ป และเลออาฟวร์ จำนวน 93, 83, 63, 27, 10 TEU ตามลำดับ โดยบริษัทกรณีศึกษาจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือทั้ง 4 เส้นทาง แสดงในตารางที่ 4.5 การจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรณีศึกษาในสัปดาห์ที่ 1 ไม่สามารถส่งตู้คอนเทนเนอร์ได้ตามระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ เป็นจำนวน 45 Booking รวมทั้งหมด 69 TEU

การจัดตู้คอนเทนเนอร์จากผลเฉลยของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในสัปดาห์ที่ 1 โดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกันกับการส่งตู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ที่ 1 ของบริษัท ตารางที่ 4.6 แสดงการจัดตู้คอนเทนเนอร์จากผลเฉลยลงเรือของทั้ง 4 เส้นทางนี้ มีการย้ายตู้ที่ทำเรือที่ 2 จำนวน 1 TEU จึงทำให้ในสัปดาห์ที่ 1 มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นมากกว่าการจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัท 252.72 \$ คิดเป็น 0.0067%

ของผลกำไรจากการจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัท ซึ่งถือว่ามีความเสี่ยงน้อยเมื่อเทียบกับกำไรที่เกิดขึ้น มีจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่สามารถส่งได้ตามที่ลูกค้าต้องการ รวม 26 TEU ลดลงจากการจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 43 TEU

ตารางที่ 4.5 ตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดไปในเรือของแต่ละเส้นทางในสัปดาห์ที่ 1

	ท่าเรือ1	ท่าเรือ2	ท่าเรือ3	ท่าเรือ4	ท่าเรือ5	ท่าเรือ6	ท่าเรือ7	รวม
เส้นทาง 1	0	30	56	37	19	0	0	142
เส้นทาง 2	0	48	27	24	6	0	0	105
เส้นทาง 3	0	14	0	2	0	0	10	26
เส้นทาง 4	0	1	0	0	2	0	0	2
รวม	0	93	83	63	27	0	10	276

(หน่วย: TEU)

ตารางที่ 4.6 ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่งไปยังท่าเรือหนึ่งในสัปดาห์ที่ 1

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ท่าเรือ i ไปท่าเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
1	(0,1)	0	0	83	30	0	0	1
	(1,2)	0	0	83	30	0	0	1
	(2,3)	0	0	83	30	0	0	0
	(3,4)	0	0	0	30	0	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	0	0	0
2	(0,3)	0	6	0	0	0	0	0
	(3,2)	0	6	0	0	0	0	0
	(2,4)	0	0	0	0	0	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	0	0	0
3	(0,6)	0	87	0	33	0	0	9
	(6,4)	0	87	0	33	0	0	9

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ท่าเรือ i ไปท่าเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
3	(2,7)	0	0	0	0	0	0	10
	(4,2)	0	87	0	0	0	0	9
	(0,1)	0	0	0	0	27	0	0
4	(1,4)	0	0	0	0	27	0	0
	(4,2)	0	0	0	0	27	0	0
	(2,5)	0	0	0	0	27	0	0

(หน่วย: TEU)

4.7.2 สัปดาห์ที่ 2

ผู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือเริ่มต้นที่ต้องส่งท่าเรือ รอตเทอร์ดาม เฟลิกซ์สโตน อัมบูร์ก แอนเวิร์ป และเลออาฟวร์ จำนวน 107, 110, 70, 34, 21 TEU ตามลำดับ โดยบริษัทกรณีศึกษาจัดผู้คอนเทนเนอร์ลงเรือของทั้ง 4 เส้นทาง แสดงในตารางที่ 4.7 การจัดผู้ของบริษัทยังในสัปดาห์ที่ 2 นี้ไม่สามารถจัดส่งผู้คอนเทนเนอร์ได้ตามระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ เป็นจำนวน 51 Booking รวมทั้งหมด 80 TEU

ตารางที่ 4.7 ผู้คอนเทนเนอร์ที่จัดไปในเรือของแต่ละเส้นทางในสัปดาห์ที่ 2

	ท่าเรือ1	ท่าเรือ2	ท่าเรือ3	ท่าเรือ4	ท่าเรือ5	ท่าเรือ6	ท่าเรือ7	รวม
เส้นทาง 1	0	82	68	2	8	0	10	170
เส้นทาง 2	0	0	242	1	7	0	0	50
เส้นทาง 3	0	2	0	7	0	0	11	20
เส้นทาง 4	0	23	0	60	19	0	0	102
รวม	0	107	110	70	34	0	21	342

(หน่วย: TEU)

การจัดตู้คอนเทนเนอร์จากผลเฉลยของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในสัปดาห์ที่ 2 โดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกันกับการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ที่ 2 ของบริษัท ตารางที่ 4.8 แสดงการจัดตู้คอนเทนเนอร์ไปในเรือทั้ง 4 เส้นทาง พบว่าไม่มีการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือในยุโรป และมีจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่สามารถส่งได้ตามที่ลูกค้าต้องการ รวม 35 TEU ลดลงจากการจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 45 TEU

ตารางที่ 4.8 ตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่งไปยังท่าเรือหนึ่งในสัปดาห์ที่ 2

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ท่าเรือ i ไปท่าเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
1	(0,1)	0	0	110	0	0	0	0
	(1,2)	0	0	110	0	0	0	0
	(2,3)	0	0	110	0	0	0	0
	(3,4)	0	0	0	0	0	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	0	0	0
2	(0,3)	0	107	0	0	0	0	0
	(3,2)	0	107	0	0	0	0	0
	(2,4)	0	0	0	0	0	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	0	0	0
	(0,6)	0	0	0	70	0	0	21
3	(6,4)	0	0	0	70	0	0	21
	(4,2)	0	0	0	0	0	0	21
	(2,7)	0	0	0	0	0	0	21
	(0,1)	0	0	0	0	34	0	0
4	(1,4)	0	0	0	0	34	0	0
	(4,2)	0	0	0	0	34	0	0
	(2,5)	0	0	0	0	34	0	0

(หน่วย: TEU)

4.7.3 สัปดาห์ที่ 3

ผู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือเริ่มต้นที่ต้องส่งทำเรือ ปีเรอูช รอตเทอร์ดาม เฟลิกซ์สโตน ฮัมบูร์ก และแอนเวิร์ป จำนวน 15, 44, 25, 19, 15 TEU ตามลำดับ โดยบริษัทกรณีสึกษาจัดผู้คอนเทนเนอร์ลงเรือทั้ง 4 เส้นทาง แสดงในตารางที่ 4.9 การจัดผู้ของบริษัทกรณีสึกษาในสัปดาห์ที่ 1 ไม่สามารถจัดส่งผู้คอนเทนเนอร์ได้ตามระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ เป็นจำนวน 15 Booking รวมทั้งหมด 29 TEU

การจัดผู้คอนเทนเนอร์จากผลเฉลยของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในสัปดาห์ที่ 3 โดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกันกับการส่งผู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ที่ 3 ของบริษัท ตารางที่ 4.10 แสดงการจัดผู้คอนเทนเนอร์ไปในเรือทั้ง 4 เส้นทาง พบว่าไม่มีการย้ายผู้ที่ทำเรือในยุโรป และมีจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่สามารถส่งได้ตามที่ลูกค้าต้องการ รวม 16 TEU ลดลงจากการจัดผู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรณีสึกษาจำนวน 13 TEU

ตารางที่ 4.9 ผู้คอนเทนเนอร์ที่จัดไปในเรือของแต่ละเส้นทางในสัปดาห์ที่ 3

	ทำเรือ 1	ทำเรือ 2	ทำเรือ 3	ทำเรือ 4	ทำเรือ 5	ทำเรือ 6	ทำเรือ 7	รวม
เส้นทาง 1	15	41	3	19	15	0	0	93
เส้นทาง 2	0	2	22	0	0	0	0	24
เส้นทาง 3	0	1	0	0	0	0	0	1
เส้นทาง 4	0	1	0	0	0	0	0	0
รวม	15	44	25	19	15	0	0	118

(หน่วย:TEU)

ตารางที่ 4.10 ผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ทำเรือที่บรรทุกจากทำเรือหนึ่งไปยังทำเรือหนึ่งในสัปดาห์ที่ 3

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ทำเรือ i ไปทำเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
1	(0,1)	15	12	25	19	9	0	0
	(1,2)	0	12	25	19	9	0	0
	(2,3)	0	0	25	19	9	0	0

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ท่าเรือ i ไปท่าเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
1	(3,4)	0	0	0	19	9	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	9	0	0
	(0,3)	0	24	0	0	6	0	0
2	(3,2)	0	24	0	0	6	0	0
	(2,4)	0	0	0	0	6	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	6	0	0
3	(0,6)	0	8	0	0	0	0	0
	(6,4)	0	8	0	0	0	0	0
	(4,2)	0	8	0	0	0	0	0
	(2,7)	0	0	0	0	0	0	0
4	(0,1)	0	0	0	0	0	0	0
	(1,4)	0	0	0	0	0	0	0
	(4,2)	0	0	0	0	0	0	0
	(2,5)	0	0	0	0	0	0	0

(หน่วย: TEU)

4.7.4 สัปดาห์ที่ 4

ผู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือเริ่มต้นที่ต้องส่งท่าเรือ รอตเทอร์ดาม เฟลิกซ์สโตว ฮัมบูร์ก และ แอนเวิร์ป จำนวน 93, 72, 63, 18 TEU ตามลำดับ โดยบริษัทกรีนศึกษาจัดผู้คอนเทนเนอร์ลงเรือของ ทั้ง 4 เส้นทาง แสดงในตารางที่ 4.11 การจัดผู้ของบริษัทในสัปดาห์ที่ 1 ไม่สามารถส่งผู้คอนเทนเนอร์ได้ตามระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ เป็นจำนวน 35 Booking รวมทั้งหมด 53 TEU

การจัดผู้คอนเทนเนอร์จากผลเฉลยของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในสัปดาห์ที่ 4 โดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกันกับการจัดส่งผู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ที่ 4 ของบริษัท ตารางที่ 4.12 แสดงการจัดผู้คอนเทนเนอร์ไปในเรือทั้ง 4 เส้นทาง พบว่าไม่มีการย้ายผู้ที่ทำเรือในยุโรป และมีจำนวนผู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่สามารถส่งได้ตามที่ลูกค้าต้องการรวม 31 TEU ลดลงจากการจัดผู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรีนศึกษาจำนวน 22 TEU

ตารางที่ 4.11 ผู้คอนเทนเนอร์ที่จัดไปในเรือของแต่ละเส้นทางในสัปดาห์ที่ 4

	ท่าเรือ 1	ท่าเรือ 2	ท่าเรือ 3	ท่าเรือ 4	ท่าเรือ 5	ท่าเรือ 6	ท่าเรือ 7	รวม
เส้นทาง 1	0	0	0	0	0	0	0	0
เส้นทาง 2	0	61	72	33	16	0	0	182
เส้นทาง 3	0	7	0	11	0	0	0	38
เส้นทาง 4	0	25	0	19	2	0	0	46
รวม	0	93	72	63	18	0	0	266

(หน่วย: TEU)

ตารางที่ 4.12 ผู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่บรรทุกจากท่าเรือหนึ่งไปยังท่าเรือหนึ่งในสัปดาห์ที่ 4

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ท่าเรือ i ไปท่าเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
1	(0,1)	0	0	72	60	0	0	0
	(1,2)	0	0	72	60	0	0	0
	(2,3)	0	0	72	60	0	0	0
	(3,4)	0	0	0	60	0	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	0	0	0
2	(0,3)	0	91	0	0	0	0	0
	(3,2)	0	91	0	0	0	0	0
	(2,4)	0	0	0	0	0	0	0
	(4,5)	0	0	0	0	0	0	0
	(0,6)	0	2	0	3	0	0	20
3	(6,4)	0	2	0	3	0	0	20
	(4,2)	0	2	0	0	0	0	20
	(2,7)	0	0	0	0	0	0	20
4	(0,1)	0	0	0	0	18	0	0
	(1,4)	0	0	0	0	18	0	0

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

เส้นทาง (k)	เดินเรือจาก ท่าเรือ i ไปท่าเรือ j	$x_{1,ij}^k$	$x_{2,ij}^k$	$x_{3,ij}^k$	$x_{4,ij}^k$	$x_{5,ij}^k$	$x_{6,ij}^k$	$x_{7,ij}^k$
4	(4,2)	0	0	0	0	18	0	0
	(2,5)	0	0	0	0	18	0	0

(หน่วย:TEU)

จากการเปรียบเทียบการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือของบริษัทกรีนศึกษา กับการจัดตู้คอนเทนเนอร์โดยใช้ผลเฉลยของตัวแบบในระยะเวลา 1 เดือน การจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรีนศึกษามีกำไร มากกว่าผลกำไรที่ได้จากการผลคำตอบของตัวแบบคิดเป็นเงิน 252.72 \$ ทั้งนี้ เพราะการจัดตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรีนศึกษาไม่ได้เกิดการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ระหว่างท่าเรือ เพื่อเปลี่ยนเส้นทาง แต่ทั้งนี้ทำให้เกิดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่สามารถส่งได้ตามระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ 231 TEU หรือคิดเป็น 23.05% ของปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ส่งทั้งหมด ซึ่งหากลูกค้าในส่วนนี้ทั้งหมดนี้มีความเร่งรีบและหากมีผู้ประกอบการรายอื่นที่สามารถส่งตู้คอนเทนเนอร์ได้ภายในระยะเวลาที่ลูกค้าต้องการ พวกเขาก็อาจเลือกไปใช้บริการผู้ให้บริการรายอื่น อาจส่งผลทำให้บริษัทเสีย Booking ไปเป็นจำนวน 46 Booking ในเดือนนั้น การจัดตู้คอนเทนเนอร์โดยใช้ผลเฉลยของตัวแบบช่วยลดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ให้สามารถจัดส่งได้ตามที่ลูกค้าต้องการจำนวน 123 TEU

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะจัดให้บรรทุกในเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทางที่ออกจากท่าเรือสิงคโปร์ในทุกๆ สัปดาห์ โดยเป็นเส้นทางเดินเรือเส้นทางแบบเรือข้าม การส่งตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดต้องไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด นอกจากนี้สามารถย้ายตู้คอนเทนเนอร์ไปยังเรือแม่ของเส้นทางอื่นได้ จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น หาคำตอบโดยใช้ Excel Solver ได้จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะจัดให้บรรทุกในเรือแม่ของแต่ละเส้นทาง แสดงในตารางที่ 4.4 ได้กำไรสูงสุดเท่ากับ 213,276.02 \$/สัปดาห์ ซึ่งตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของงานวิจัยนี้บริษัทกรมศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ของลูกค้าจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละสัปดาห์ได้ โดยทำการปรับตัวแบบในด้านของข้อมูลจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องจัดส่งในแต่ละสัปดาห์ที่ไม่เท่ากัน และเวลาที่ลูกค้ากำหนดให้ไปส่งในแต่ละท่าเรือเพื่อหาความสัมพันธ์ของเส้นทางเดินเรือกับท่าเรือในการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือต่างๆ อันเป็นผลมาจากข้อจำกัดทางด้านเวลา นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดให้บรรทุกในเรือแม่ของแต่ละเส้นทางในทุกๆ สัปดาห์ที่ได้จากตัวแบบที่เก็บไว้ มาวิเคราะห์หาจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทสามารถจัดให้บรรทุกในเรือแม่ของแต่ละเส้นทางเหมาะสมกับความต้องการของลูกค้าในอนาคต เพื่อทำการจองพื้นที่ในเรือของทั้ง 4 เส้นทางให้มีจำนวนที่เหมาะสม ทั้งนี้หากนำตัวแบบไปใช้กับปัญหาลายใหญ่ขึ้น เช่น การพิจารณาถึงการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ของลูกค้าในแถบเอเชียทั้งหมดของกลุ่มบริษัทในเครือ ในส่วนของระยะเวลาในการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ และการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ไปเส้นทางอื่น อาจจะทำให้การพัฒนาการเขียนโปรแกรมที่ช่วยในการคำนวณเพื่อหาท่าเรือและเส้นทางที่ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือได้ และเพื่อหาความสัมพันธ์ของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บรรทุกเข้าและบรรทุกออกของเรือแม่ในแต่ละเส้นทางที่ทำเรื่อนั้นๆ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบข้อจำกัดบางประการซึ่งขอเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงในการบริหารจัดการการจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1) ตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการวางแผนจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์จากท่าเรือสิงคโปร์ไปยังท่าเรือในยุโรป แต่ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้การสร้างด้านค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเส้นทางและข้อจำกัดด้านการเปลี่ยนเส้นทาง ต้องอาศัยความเข้าใจในการเขียนสมการ ถ้าผู้ใช้งานไม่เข้าใจในการเขียนตัวแบบอาจเกิดข้อผิดพลาดได้

2) ในการวิจัยนี้เป็นการวางแผนจัดส่งตู้คอนเทนเนอร์สำหรับแต่ละสัปดาห์ ดังนั้นต้องมีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้เป็นจริงสำหรับการสร้างตัวแบบเพื่อวางแผนการจัดส่งสำหรับสัปดาห์นั้นๆ

3) ในการวิจัยนี้ทำการประมวลผลตัวแบบด้วย Microsoft Excel Solver สามารถใช้กับตัวแบบที่มีตัวแปรตัดสินใจไม่เกิน 200 ตัวแปร และมีข้อจำกัดไม่เกิน 100 ข้อจำกัด หากนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้ไปปรับใช้กับไปใช้ขนาดงานที่ใหญ่ขึ้นต้องเช่นวางแผนจัดส่งลูกค้าในเอเชียทั้งหมด ต้องใช้การประมวลด้วยโปรแกรมอื่นที่สามารถใช้กับตัวแบบใหญ่ๆได้ เช่น AMPL

4) ควรทำการตกลงกับบริษัทแม่ในเครือ เรื่องการจอร์วางเรือของบริษัทให้เหมาะสมรองรับต่อความต้องการของลูกค้า และมีความยืดหยุ่นของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่บริษัทสามารถบรรจุได้ เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการย้ายตู้คอนเทนเนอร์

บรรณานุกรม

- กระทรวงการคลัง. กรมศุลกากร. 2556. การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ. ค้นวันที่ 12 กรกฎาคม 2558 จาก <http://vigportal.mot.go.th/portal/site/PortalMOT/stat/index2URL/>
- ธีรวัฒน์ นาคะบุตร. ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์. ค้นวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2559 จาก <http://home.npru.ac.th/teerawat>
- พัชรารักษ์ เนียมมณี. 2556. ตัวแบบการจัดสรรทรัพยากร. กรุงเทพฯ: โครงการส่งเสริมและพัฒนาเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- Akio, I.; Koichi, S. and Stratos, P. 2009. Multi-Port vs. Hub-and-Spoke Port Calls by Containerships. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**. 45 (September): 740–757.
- Al-Khayyala, F. and Seung-June, H. 2007. Inventory Constrained Maritime Routing and Scheduling for Multi-Commodity Liquid Bulk. **European Journal of Operational Research**. 176 (January): 106–130.
- Bellmore, M.; Bennington, G. and Lubore, S. 1971. A Multivehicle Tanker Scheduling Problem. **Transportation Science**. 5 (February): 36-47.
- Chaug-Ing, H. and Yu-Ping, H. 2007. Routing, Ship Size, and Sailing Frequency Decision-Making for a Maritime Hub-and-Spoke Container Network. **Mathematical and Computer Modelling**. 45 (April): 899–916.
- Chen, C. 2009. **The Container Shipping Network Design under Changing Demand and Freight Rates**. ค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2558 จาก <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/versions?doi=10.1.1.419.2923>
- Jerome, V. and Christophe, G. 2009. Container Shipping on The Northern Sea Route. **International Journal of Production Economics**. 122 (November): 107–117.
- Kjetil, F. 2004. Designing Optimal Routes in a Liner Shipping Problem. **Maritime Policy & Management**. 31 (August): 259-268.

- Koichi, S.; Akio, I.; Etsuko, N. and Stratos, P. 2007. The Container Shipping Network Design Problem with Empty Container Repositioning. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**. 43 (January): 39–59.
- Krishan, R. and Vickson, R. G. 1991. Routing Container Ships Using Lagrangean Relaxation and Decomposition. **Transportation Science**. 25 (August): 201-214
- Lawrence, E. B. 1966. Selecting Delivery Dates in The Tanker Scheduling Problem. **Management Science**. 12 (February): 224-235.
- Marielle, C. and Kjetil, F. 2002. Robust Ship Scheduling with Multiple Time Windows. **Naval Research Logistics**. 49 (August): 611–625.
- Moura, M. C.; Pato, M. V. and Paixa, A. C. 2002. Ship Assignment with Hub and Spoke Constraints. **Maritime Policy & Management**. 29 (December): 135-150.
- Nasser, E. A. 2010. Vehicle Routing with Time Windows: An Overview of Exact, Heuristic and Metaheuristic Methods. **Journal of King Saud University (Science)**. 22 (July): 123-131.
- Özen, S. and Güler, N. 2001. Determining Optimum Ship Capacity by Application of Inventory Theory in Freight Management. **Pomorski zbornik**. 39 (July): 249-266.
- Rana, K. and Vickson, R. G. 1988. A Model and Solution Algorithm for Optimal Routing of a Time-Chartered Containership. **Transportation Science**. 22 (May): 83–95.
- Saurabh, C.; Kjetil, F. and Marielle, C. 2015. Maritime Fleet Deployment in Ro-Ro Shipping under Inventory Constraints. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**. 189 (May): 362–375.
- Tzung-Nan, C.; Chia-Tzu, L.; Jung-Yuan, K. and Ming-Da, L. 2010. Planning the Route of Container Ships: A Fuzzy Genetic Approach. **Expert Systems with Applications**. 37 (April): 2948–2956.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

การหาผลลัพธ์โดยใช้ Excel Solver

การประมวลผลตัวแบบด้วย Microsoft Excel Solver สามารถใช้กับตัวแบบที่มีตัวแปรตัดสินใจไม่เกิน 200 ตัวแปร และมีข้อจำกัดไม่เกิน 100 ข้อจำกัด ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของงานวิจัยนี้ประมวลผลด้วย Microsoft Excel Solver ดังนี้

1) สร้างเซลล์สำหรับตัวแปรตัดสินใจ ตัวแบบของงานวิจัยนี้ผู้เขียนสร้างเซลล์สำหรับตัวแปรตัดสินใจแสดงในภาพที่ 1ก

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		1,(0,1)							
2		1,(1,2)							
3		1,(2,3)							
4		1,(3,4)							
5		1,(4,5)							
6		2,(0,3)							
7		2,(3,2)							
8		2,(2,4)							
9		2,(4,5)							
10		3,(0,6)							
11		3,(6,4)							
12		3,(4,2)							
13		3,(2,7)							
14		4,(0,1)							
15		4,(1,4)							
16		4,(4,2)							
17		4,(2,5)							
18									

เส้นทาง 4 จากท่าเรือ 2 ไปท่าเรือ 5 สำหรับส่งท่าเรือ 6

ภาพที่ 1ก สร้างเซลล์สำหรับตัวแปรตัดสินใจ

2) สร้างเซลล์วัตถุประสงค์ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนแรกคือรายได้หักด้วยค่าใช้จ่ายสำหรับการส่งตู้ทั้ง 7 ท่าเรือ ส่วนที่สองคือค่าใช้จ่ายผันแปร ส่วนที่สามคือค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร และส่วนที่สี่คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนเส้นทางที่ท่าเรือ 1, 2, 3 และ 4 แสดงในภาพที่ 2ก

กำไรที่เกิดขึ้นจากการส่งตู้ทั้ง 7 ท่าเรือ

จำนวนตู้ไว้ที่ท่าเรือทั้ง 4 เพื่อเปลี่ยนเส้นทาง

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
9					cost	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6	Port 7
10	profit @P.1	0		change @P.1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	profit @P.2	0		change @P.2	0	0	0	0	0	0	0	0
12	profit @P.3	0				0	0	0	0	0	0	0
13	profit @P.4	0				0	0	0	0	0	0	0
14	profit @P.5	0		change @P.3	0	0	0	0	0	0	0	0
15	profit @P.6	0		change @P.4	0	0	0	0	0	0	0	0
16	profit @P.7	0				0	0	0	0	0	0	0
17	variable cost	0										
18	booking cost	0										
19	total profit											

ค่าใช้จ่ายสำหรับตู้ที่ส่งท่าเรือสิงคโปร์

ค่าใช้จ่ายด้านเอกสาร

ค่าใช้จ่ายที่ตู้ไว้ที่ท่าเรือทั้ง 4 เพื่อเปลี่ยนเส้นทาง

ภาพที่ 2ก การสร้างเซลล์วัตถุประสงค์

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
9		cost	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6	Port 7
10	change @P.1	0	=MAX(0,C15-C14)	=MAX(0,D15-D14)	=MAX(0,E15-E14)	=MAX(0,F15-F14)	=MAX(0,G15-G14)	=MAX(0,H15-H14)	=MAX(0,I15-I14)
11	change @P.2	0	=MAX(0,C8-C7)	=MAX(0,D8-D7)	=MAX(0,E8-E7)	=MAX(0,F8-F7)	=MAX(0,G8-G7)	=MAX(0,H8-H7)	=MAX(0,I8-I7)
12			=MAX(0,C13-C12)	=MAX(0,D13-D12)	=MAX(0,E13-E12)	=MAX(0,F13-F12)	=MAX(0,G13-G12)	=MAX(0,H13-H12)	=MAX(0,I13-I12)
13			=MAX(0,C17-C16)	=MAX(0,D17-D16)	=MAX(0,E17-E16)	=MAX(0,F17-F16)	=MAX(0,G17-G16)	=MAX(0,H17-H16)	=MAX(0,I17-I16)
14	change @P.3	0	=MAX(0,C7-C6)	=MAX(0,D7-D6)	=MAX(0,E7-E6)	=MAX(0,F7-F6)	=MAX(0,G7-G6)	=MAX(0,H7-H6)	=MAX(0,I7-I6)
15	change @P.4	0	=MAX(0,C12-C11)	=MAX(0,D12-D11)	=MAX(0,E12-E11)	=MAX(0,F12-F11)	=MAX(0,G12-G11)	=MAX(0,H12-H11)	=MAX(0,I12-I11)
16			=MAX(0,C16-C15)	=MAX(0,D16-D15)	=MAX(0,E16-E15)	=MAX(0,F16-F15)	=MAX(0,G16-G15)	=MAX(0,H16-H15)	=MAX(0,I16-I15)
17			=MAX(0,C9-C8)	=MAX(0,D9-D8)	=MAX(0,E9-E8)	=MAX(0,F9-F8)	=MAX(0,G9-G8)	=MAX(0,H9-H8)	=MAX(0,I9-I8)

ภาพที่ 2ข สูตรที่ใช้หาจำนวนตู้ที่ลงไว้ที่ท่าเรือทั้ง 4 ท่าเรือเพื่อเปลี่ยนเส้นทาง

ตารางที่ 2ก สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างเซลล์วัตถุประสงค์

	เซลล์	สูตร
profit @P.1	K10	$=(L3-L4)*((SUM(C1:I1)+SUM(C14:I14))-(SUM(C2:I2)+SUM(C15:I15)))$
profit @P.2	K11	$=(M3-M4)*((SUM(C2:I2)+SUM(C7:I7)+SUM(C12:I12)+SUM(C16:I16))-(SUM(C3:I3)+SUM(C8:I8)+SUM(C13:I13)+SUM(C17:I17)))$
profit @P.3	K12	$=(N3-N4)*((SUM(C3:I3)+SUM(C6:I6))-(SUM(C4:I4)+SUM(C7:I7)))$
profit @P.4	K13	$=(O3-O4)*((SUM(C4:I4)+SUM(C8:I8)+SUM(C11:I11)+SUM(C15:I15))-(SUM(C5:I5)+SUM(C9:I9)+SUM(C12:I12)+SUM(C16:I16)))$
profit @P.5	K14	$=(P3-P4)*(SUM(C5:I5)+SUM(C9:I9)+SUM(C17:I17))$
profit @P.6	K15	$=(Q3-Q4)*(SUM(C10:I10)-SUM(C11:I11))$
profit @P.7	K16	$=(R3-R4)*SUM(C13:I13)$
variable cost	K18	$=801.03*(SUM(C1:I1)+SUM(C6:I6)+SUM(C10:I10)+SUM(C14:I14))$
booking cost	K19	$=72.55*0.4766*(SUM(C1:I1)+SUM(C6:I6)+SUM(C10:I10)+SUM(C14:I14))$
change @P.1	N10	$=L4*SUM(O10:U10)$
change @P.2	N11	$=M4*SUM(O11:U13)$
change @P.3	N14	$=N4*SUM(O14:U14)$
change @P.4	N15	$=O4*SUM(O15:U17)$
total profit	K20	$=K10+K11+K12+K13+K14+K15+K16-K18-K19-N10-N11-N14-N15$

3) สร้างชุดของสมการและอสมการข้อจำกัดได้ดังนี้

(1) ข้อจำกัดด้านจำนวนตู้ที่บริษัทสามารถจัดให้บริการในทุกในเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทาง แสดงดังภาพที่ 3ก และสูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านจำนวนตู้ที่บริษัทสามารถจัดให้บริการในทุกในเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทางแสดงดังตารางที่ 3ก

(2) ข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งท่าเรือปลายทางทั้ง 7 ท่าเรือ แสดงดังภาพที่ 3ข และสูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งท่าเรือปลายทางทั้ง 7 ท่าเรือ แสดงตารางที่ 3ข

(3) ข้อจำกัดด้านความสมดุลของผู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 และ 6 แสดงดังภาพที่ 3(ค) และสูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านความสมดุลของผู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกที่ทำเรือ แสดงตารางที่ 3ค

(4) ข้อจำกัดด้านเวลาที่ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือ 2, 3, 4 ได้ จากเรือของเส้นทาง 2 และ 4 อันเนื่องมาจากเวลาที่เรือมาถึงท่าเรือดังกล่าวมากกว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนด แสดงดังภาพที่ 3(ง) และสูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านเวลาที่ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือ 2, 3, 4 ได้ จากเรือของเส้นทาง 2 และ 4 แสดงตารางที่ 3ง

(5) ข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทาง ของเรือที่มาถึงท่าเรือเป็นลำแรก แสดงดังภาพที่ 3จ และสูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทาง ของเรือที่มาถึงท่าเรือเป็นลำแรกแสดงตารางที่ 3จ

(6) ข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทาง ของเรือที่มาถึงท่าเรือเป็นลำสุดท้าย แสดงดังภาพที่ 3ฉ และสูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทาง ของเรือที่มาถึงท่าเรือเป็นลำสุดท้ายแสดงตารางที่ 3ฉ

(7) ข้อจำกัดด้านตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่ออกจากท่าเรือเริ่มต้นแสดงดังภาพที่ 3ช และสูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่ออกจากท่าเรือเริ่มต้นแสดงตารางที่ 3ช

(8) ข้อจำกัดด้านข้อกำหนดที่ต้องจัดตู้ลงเรือของทั้ง 4 เส้นทาง แสดงดังภาพที่ 3ซ และสูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านข้อกำหนดที่ต้องจัดตู้ลงเรือของทั้ง 4 เส้นทาง แสดงตารางที่ 3ซ

แสดงเส้นทางเดินเรือ

แสดงเครื่องหมายของสมการ

	A	B	C	D	
21	Route 1,(0,1)	0 <=	200	เรือของเส้นทาง 1	
22	Route 1,(1,2)	0 <=	200		
23	Route 1,(2,3)	0 <=	200		
24	Route 1,(3,4)	0 <=	200		
25	Route 1,(4,5)	0 <=	200		
26	Route 2,(0,3)	0 <=	145	เรือของเส้นทาง 2	
27	Route 2,(3,2)	0 <=	145		
28	Route 2,(2,4)	0 <=	145		
29	Route 2,(4,5)	0 <=	145		
30	Route 3,(0,6)	0 <=	25	เรือของเส้นทาง 3	
31	Route 3,(6,4)	0 <=	25		
32	Route 3,(4,2)	0 <=	25		
33	Route 3,(2,7)	0 <=	25		
34	Route 4,(0,1)	0 <=	85	เรือของเส้นทาง 4	
35	Route 4,(1,4)	0 <=	85		
36	Route 4,(4,2)	0 <=	85		
37	Route 4,(2,5)	0 <=	85		

สูตร

ค่าตัวเลขจำนวนตู้

ที่สามารถบรรทุกทุกได้

สูตร

ค่าตัวเลขจำนวนตู้
ที่สามารถบรรทุกได้

ภาพที่ 3ก ข้อจำกัดด้านจำนวนตู้ที่บริษัทสามารถจัดให้บรรทุกในเรือแม่ของทั้ง 4 เส้นทาง

ตารางที่ 3ก สูตรที่ใช้หาจำนวนตู้ที่ลงไว้ที่ท่าเรือทั้ง 4 ท่าเรือเพื่อเปลี่ยนเส้นทาง

เซลล์	สูตร	เซลล์	สูตร
Route 1,(0,1) B21	=SUM(C1:I1)	Route 3,(0,6) B30	=SUM(C10:I10)
Route 1,(1,2) B22	=SUM(C2:I2)	Route 3,(6,4) B31	=SUM(C11:I11)
Route 1,(2,3) B23	=SUM(C3:I3)	Route 3,(4,2) B32	=SUM(C12:I12)
Route 1,(3,4) B24	=SUM(C4:I4)	Route 3,(2,7) B33	=SUM(C13:I13)
Route 1,(4,5) B25	=SUM(C5:I5)	Route 4,(0,1) B34	=SUM(C14:I14)
Route 2,(0,3) B26	=SUM(C6:I6)	Route 4,(1,4) B35	=SUM(C15:I15)
Route 2,(3,2) B27	=SUM(C7:I7)	Route 4,(4,2) B36	=SUM(C16:I16)
Route 2,(2,4) B28	=SUM(C8:I8)	Route 4,(2,5) B37	=SUM(C17:I17)
Route 2,(4,5) B29	=SUM(C9:I9)		

แสดงท่าเรือ แสดงเครื่องหมายของสมการ

	F	G	H	I
24	Port 1	0 =		1
25	Port 2	0 =		83
26	Port 3	0 =		76
27	Port 4	0 =		50
28	Port 5	0 =		31
29	Port 6	0 =		1
30	Port 7	0 =		19

สูตร ค่าตัวเลขจำนวนคู่
ที่ต้องส่งทั้ง 7 ท่าเรือ

ภาพที่ 3ข การสร้างข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งทั้ง 7 ท่าเรือ

ตารางที่ 3ข สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องส่งทั้ง 7 ท่าเรือ

	เซลล์	สูตร
Port 1	G24	=C1-C2+C14-C15
Port 2	G25	=(D2+D7+D12+D16)-(D3+D8+D13+D17)
Port 3	G26	=(E3+E6)-(E4+E7)
Port 4	G27	=(F4+F8+F15+F11)-(F5+F9+F12+F16)
Port 5	G28	=G5+G9+G17
Port 6	G29	=H10-H11
Port 7	G30	=I13

แสดงท่าเรือที่มีทั้งการเดินเรือเข้าและออก

แสดงเครื่องหมายของสมการ

	S	T	U	V
22 Port 1		1 =		0
23 Port 2		83 =		0
24 Port 3		76 =		0
25 Port 4		50 =		0
26 Port 6		1 =		0

สูตร

ค่าตัวเลขที่แสดงว่าจำนวนตู้ที่เข้าท่าเรือ
เท่ากับจำนวนตู้ที่ออกจากท่าเรือรวม
กับจำนวนตู้ที่ส่งลูกค้าในท่าเรือนั้น

ภาพที่ 3ค การสร้างข้อจำกัดด้านความสมดุลของผู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกท่าเรือ

ตารางที่ 3ค สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านความสมดุลของผู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกที่ท่าเรือ

เซลล์	สูตร
Port 1 T22	$\text{=(SUM(C2:I2)+SUM(C15:I15)+L2)-(SUM(C1:I1)+SUM(C14:I14))}$
Port 2 T23	$\text{=(SUM(C3:I3)+SUM(C8:I8)+SUM(C13:I13)+SUM(C17:I17)+M2)-}$ $\text{(SUM(C2:I2)+SUM(C7:I7)+SUM(C12:I12)+SUM(C16:I16))}$
Port 3 T24	$\text{=(SUM(C4:I4)+SUM(C7:I7)+N2)-(SUM(C3:I3)+SUM(C6:I6))}$
Port 4 T25	$\text{=(SUM(C5:I5)+SUM(C9:I9)+SUM(C12:I12)+SUM(C16:I16)+O2)-}$ $\text{(SUM(C4:I4)+SUM(C8:I8)+SUM(C11:I11)+SUM(C15:I15))}$
Port 6 T26	$\text{=(SUM(C11:I11)+Q2)-SUM(C10:I10)}$

แสดงการลงตู้ที่ทำเรือ 2,3,4 จากเรือของเส้นทาง 2,4

แสดงเครื่องหมายของสมการ

	K	L	M	N
24	Port2 from Route4	0 =		0
25	Port3 from Route2	0 =		0
26	Port4 from Route2	0 =		0
27	Port4 from Route4	0 =		0

สูตร

ค่าตัวเลขที่แสดงว่าไม่ให้มีการลงตู้ที่
ทำเรือนั้น

ภาพที่ 3ง ข้อจำกัดด้านเวลาที่ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือได้

ตารางที่ 3ง สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านเวลาที่ไม่สามารถลงตู้คอนเทนเนอร์
สำหรับส่งให้ลูกค้าที่ทำเรือได้

	เซลล์	สูตร
Port2 from Route4	L24	=D16
Port3 from Route2	L25	=E6
Port4 from Route2	L26	=F8
Port4 from Route4	L27	=F15

แสดงการลงตู้ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 จากเรือของเส้นทาง 1

แสดงเครื่องหมายของสมการ

	K	L	M	N
30	Port1,Route1,m1	0 >=	0	0
31	m2	0 >=	0	0
32	m3	0 >=	0	0
33	m4	0 >=	0	0
34	m5	0 >=	0	0
35	m6	0 >=	0	0
36	m7	0 >=	0	0
37	Port2,Route1,m1	0 >=	0	0
38	m2	0 >=	0	0
39	m3	0 >=	0	0
40	m4	0 >=	0	0
41	m5	0 >=	0	0
42	m6	0 >=	0	0
43	m7	0 >=	0	0
44	Port3,Route1,m1	0 >=	0	0
45	m2	0 >=	0	0
46	m3	0 >=	0	0
47	m4	0 >=	0	0
48	m5	0 >=	0	0
49	m6	0 >=	0	0
50	m7	0 >=	0	0
51	Port4,Route1,m1	0 >=	0	0
52	m2	0 >=	0	0
53	m3	0 >=	0	0
54	m4	0 >=	0	0
55	m5	0 >=	0	0
56	m6	0 >=	0	0
57	m7	0 >=	0	0

สูตร

ค่าตัวเลขที่แสดงว่าจำนวนตู้ที่บรรทุกออกต้อง
อย่างมากที่สุดเท่ากับจำนวนตู้ที่บรรทุกเข้า

ตู้ที่บรรทุกจากเรือของ
เส้นทาง 1 มายังท่าเรือ 1

ตู้ที่บรรทุกจากเรือของ
เส้นทาง 1 มายังท่าเรือ 2

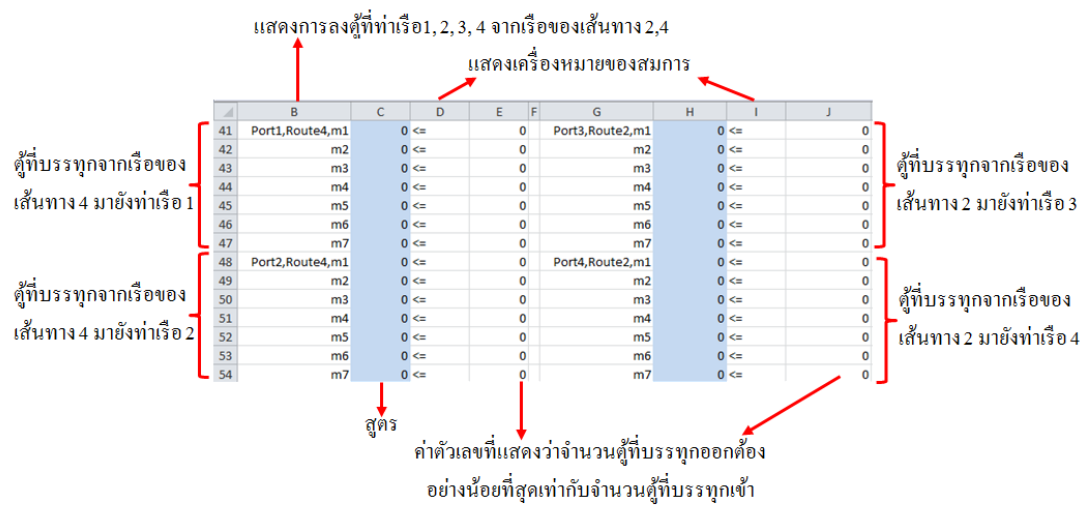
ตู้ที่บรรทุกจากเรือของ
เส้นทาง 1 มายังท่าเรือ 3

ตู้ที่บรรทุกจากเรือของ
เส้นทาง 1 มายังท่าเรือ 4

ภาพที่ 3จ การสร้างข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทาง ของเรือ
ที่มาถึงท่าเรือเป็นลำแรก

ตารางที่ 3จ สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ท่าเรือ 1, 2, 3, 4
เพื่อย้ายเส้นทาง ของเรือที่มาถึงท่าเรือเป็นลำแรก

	เซลล์	สูตร		เซลล์	สูตร
Port1,Route1,m1	L30	=C\$1-C\$2	Port3,Route1,m1	L44	=C\$3-C\$4
m2	L31	=D\$1-D\$2	m2	L45	=D\$3-D\$4
m3	L32	=E\$1-E\$2	m3	L46	=E\$3-E\$4
m4	L33	=F\$1-F\$2	m4	L47	=F\$3-F\$4
m5	L34	=G\$1-G\$2	m5	L48	=G\$3-G\$4
m6	L35	=H\$1-H\$2	m6	L49	=H\$3-H\$4
m7	L36	=I\$1-I\$2	m7	L50	=I\$3-I\$4
Port2,Route1,m1	L37	=C\$2-C\$3	Port4,Route1,m1	L51	=C\$4-C\$5
m2	L38	=D\$2-D\$3	m2	L52	=D\$4-D\$5
m3	L39	=E\$2-E\$3	m3	L53	=E\$4-E\$5
m4	L40	=F\$2-F\$3	m4	L54	=F\$4-F\$5
m5	L41	=G\$2-G\$3	m5	L55	=G\$4-G\$5
m6	L42	=H\$2-H\$3	m6	L56	=H\$4-H\$5
m7	L43	=I\$2-I\$3	m7	L57	=I\$4-I\$5



ภาพที่ 3น การสร้างข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทางของเรือที่มาถึงลำสุดท้าย

ตารางที่ 3น สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านการลงตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำเรือ 1, 2, 3, 4 เพื่อย้ายเส้นทางของเรือที่มาถึงลำสุดท้าย

	เซลล์	สูตร		เซลล์	สูตร
Port1,Route4,m1	C41	=\$C\$14-\$C\$15	Port3,Route2,m1	H41	=\$C\$6-\$C\$7
m2	C42	=\$D\$14-\$D\$15	m2	H42	=\$D\$6-\$D\$7
m3	C43	=\$E\$14-\$E\$15	m3	H43	=\$E\$6-\$E\$7
m4	C44	=\$F\$14-\$F\$15	m4	H44	=\$F\$6-\$F\$7
m5	C45	=\$G\$14-\$G\$15	m5	H45	=\$G\$6-\$G\$7
m6	C46	=\$H\$14-\$H\$15	m6	H46	=\$H\$6-\$H\$7
m7	C47	=\$I\$14-\$I\$15	m7	H47	=\$I\$6-\$I\$7
Port2,Route4,m1	C48	=\$C\$16-\$C\$17	Port4,Route2,m1	H48	=\$C\$8-\$C\$9
m2	C49	=\$D\$16-\$D\$17	m2	H49	=\$D\$8-\$D\$9
m3	C50	=\$E\$16-\$E\$17	m3	H50	=\$E\$8-\$E\$9
m4	C51	=\$F\$16-\$F\$17	m4	H51	=\$F\$8-\$F\$9
m5	C52	=\$G\$16-\$G\$17	m5	H52	=\$G\$8-\$G\$9

ตารางที่ 3ฉ (ต่อ)

	เซลล์	สูตร	เซลล์	สูตร
m6	C53	=\$H\$16-\$H\$17	m6	H53 = \$H\$8-\$H\$9
m7	C54	=\$I\$16-\$I\$17	m7	H54 = \$I\$8-\$I\$9

แสดงที่ท่าเรือ

แสดงเครื่องหมายของสมการ

	S	T	U	V
35 Port1			0 =	1
36 Port2			0 =	83
37 Port3			0 =	76
38 Port4			0 =	50
39 Port5			0 =	31
40 Port6			0 =	1
41 Port7			0 =	19

สูตร

ค่าตัวเลขจำนวนคู่สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือ

ภาพที่ 3ข การสร้างข้อจำกัดด้านตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่ออกจากท่าเรือเริ่มต้น

ตารางที่ 3ข สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านตู้คอนเทนเนอร์สำหรับส่งทั้ง 7 ท่าเรือที่ออกจากท่าเรือเริ่มต้น

	เซลล์	สูตร
Port1	T35	=\$C\$1+\$C\$6+\$C\$10+\$C\$14
Port2	T36	=\$D\$1+\$D\$6+\$D\$10+\$D\$14
Port3	T37	=\$E\$1+\$E\$6+\$E\$10+\$E\$14
Port4	T38	=\$F\$1+\$F\$6+\$F\$10+\$F\$14
Port5	T39	=\$G\$1+\$G\$6+\$G\$10+\$G\$14
Port6	T40	=\$H\$1+\$H\$6+\$H\$10+\$H\$14
Port7	T41	=\$I\$1+\$I\$6+\$I\$10+\$I\$14

แสดงเส้นทาง

แสดงเครื่องหมายของสมการ

	S	T	U	V
29 Route1			0 >=	1
30 Route2			0 >=	1
31 Route3			0 >=	1
32 Route4			0 >=	1

สูตร

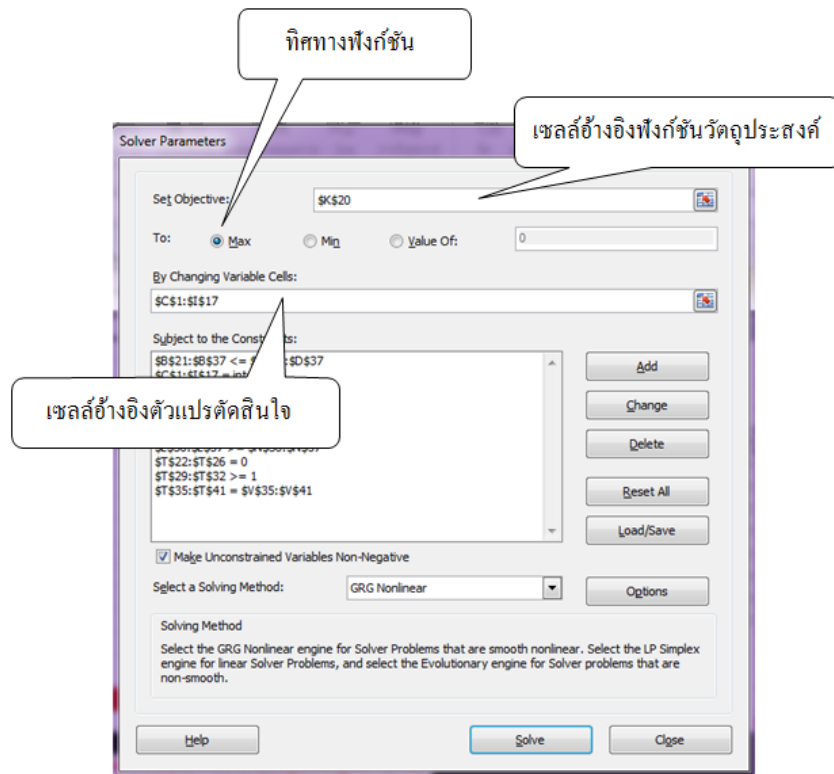
จำนวนตัวขึ้นค่าที่ต้องจัดให้บรรทุก
ในเรือของทั้ง 4 เส้นทาง

ภาพที่ 3ข การสร้างข้อจำกัดด้านข้อกำหนดที่ต้องจัดตู้ลงเรือของทั้ง 4 เส้นทาง

ตารางที่ 3ข สูตรที่ใช้ใน Excel ของการสร้างข้อจำกัดด้านข้อกำหนดที่ต้องจัดตู้ลงเรือของทั้ง 4 เส้นทาง

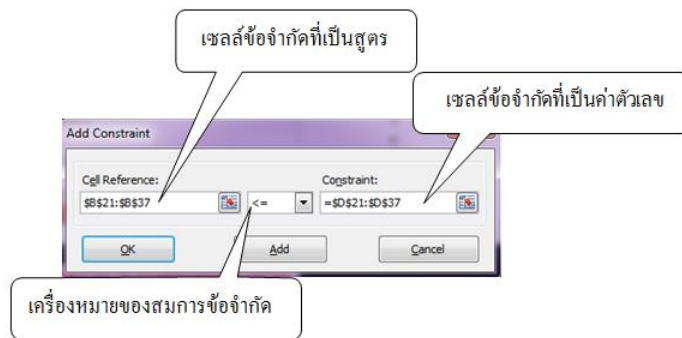
	เซลล์	สูตร
Route1	T29	=SUM(C1:I1)
Route2	T30	=SUM(C6:I6)
Route3	T31	=SUM(C10:I10)
Route4	T32	=SUM(C14:I14)

4) ใส่ข้อมูลใน Solver เพื่อประมวลผล โดยเลือก Data → Solve จะปรากฏหน้าจอตั้งภาพที่ 4ก ให้กำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 4ก การกำหนดเซลล์เป้าหมายและเซลล์ค่าตัดแปรตัดสินใจ

- (1) กำหนดเซลล์เป้าหมายในช่อง Set Objective ในตัวอย่างนี้เลือกเซลล์ K20 (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์) ในเซลล์ To เลือก Max เพราะฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นค่าสูงสุด
- (2) กำหนดเซลล์ค่าตัวแปรตัดสินใจ ในช่อง By Changing Variable Cells ในตัวอย่างนี้เลือก Column C-I แถว 1-17
- (3) กำหนดข้อจำกัด ให้คลิก Add จะปรากฏหน้าจอตั้งรูป ใส่ข้อจำกัดทางด้านซ้ายมือ (ฝั่งที่สูตรใน Excel) ใน Cell Reference ใส่เครื่องหมายสมการ หรือ อสมการ และใส่ข้อจำกัดทางด้านขวามือ (ฝั่งที่เป็นตัวเลข) ใน Constraint จากนั้นกด OK ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนครบข้อจำกัด
- (4) ที่ Select a Solving Method เลือก GRG Nonlinear เพราะตัวอย่างนี้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไม่เป็นเส้นตรง และเลือก Solve



ภาพที่ 4ข การใส่สมการหรือสมการข้อจำกัด

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ชื่อสกุล

นางสาวปนัดดา สาระพิทักษ์

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

เกียรตินิยมอันดับ 2

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีที่สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2555

ผลงานทางวิชาการ

ปนัดดา สาระพิทักษ์. 2559. การวางแผนจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือบรรทุกสินค้า: กรณีศึกษาบริษัทให้บริการขนส่งทางเรือแห่งหนึ่งในประเทศไทย. ใน การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2559. กรุงเทพมหานคร: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. หน้า 9-16.