การแก้ปัญหาการขนส่งระหว่างประเทศของไทยภายใต้การเกิดขึ้นของสองท่าเรือน้ำลึกใหม่ : ท่าเรือทวายและท่าเรือปากบารา

Optimizing The Transportation of International Container Cargoes of Thailand under The Appearances of Two New Deep Seaports : Dawei and Pakbara Ports

ศักรธร บุญทวียุวัฒน์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการแก้ปัญหาการขนส่งหลากหลายรูปแบบซึ่งจะเน้นไปที่การหาปริมาณสินค้าตู้คอนเทนเนอร์ที่เหมาะสมในแต่ละเส้นทางการขนส่งระหว่างประเทศซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเลือกรูปแบบการขนส่งภายในประเทศที่เหมาะสมระหว่างการขนส่งทางถนนและทางรถไฟด้วยเพื่อวัตถุประสงค์ในการลดผลรวมต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้นจากการขนส่งทางทะเลและการขนส่งภายในประเทศทั้งขาเข้าและขาออกของประเทศไทย แบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นถูกนำมาประยุกต์เพื่อคำนวณหาปริมาณสินค้าที่เหมาะสมในแต่ละเส้นทางดังกล่าว ท่าเรือน้ำลึกทวายและปากบาราถูกพิจารณาพร้อมทั้งท่าเรือคลังและท่าเรือสิงคโปร์เพื่อการเป็นทางเลือกร่วมกับการใช้บริการจากท่าเรือแหลมฉบังแทนที่จะเป็นการใช้ท่าเรือแหลมฉบังเพียงแห่งเดียวอย่างในปัจจุบันสำหรับบริษัทเดินเรือ ผลที่ได้จากแบบจำลองฯ ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจถึง 24,330 ตัวแปร และ 24,506 ข้อจำกัด พบว่าผลรวมของต้นทุนการขนส่งลดลงเพียง 0.09% เท่านั้น และท่าเรือปากบารามีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ดีกว่าท่าเรือทวายในเชิงเทคนิค

คำสำคัญ : การขนส่งหลากหลายรูปแบบ ท่าเรือน้ำทวาย ท่าเรือน้ำลึกปากบารา

Abstract

This paper presents the optimization of a multimodal transportation problem, which focuses on determining the optimal transportation flows in each international trade route involving the optimal transportation mode selection between rail and road as well. The objective of this paper is to minimize the sum of shipping and inland transportation costs both inbound and outbound of Thailand. Linear programming model was applied to solve the optimal cargo flows in each trade route. Dawei and Pakbara deep seaports were considered together with Port Klang and Singapore port in order to be the alternatives sharing with Laem Chabang port rather than using Laem Chabang port only at present for shipping companies. In total, the model consists of 24,330 decision variables and 24,506 constraints. It found that the sum of shipping and transportation costs was slightly reduced only 0.09% and Pakbara port was technically situated in the better geographic location than Dawei port.

Keywords : Multimodal Transportation, Dawei Deep Seaport , Pakbara Deep Seaport

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ตำแหน่งของประเทศไทยในแผนที่โลกตั้งอยู่ในภูมิศาสตร์ที่เหมาะสม เป็นชุมทางด้านเศรษฐกิจด้านการคมนาคมและขนส่งได้เป็นอย่างดี ตำแหน่งของประเทศไทยจะทวีความสำคัญมากยิ่งขึ้นถ้าประเทศไทยสามารถยกระดับตัวเองให้เป็นศูนย์กลางด้านโลจิสติกส์ของประชาคมอาเซียน (AEC) ได้ โดยหนึ่งในกลยุทธ์ที่สำคัญในการที่จะสถาปนาประเทศไทยให้เป็นศูนย์กลางดังกล่าวได้คือการพัฒนาท่าเรือน้ำลึกและนิคมอุตสาหกรรมทวายในประเทศพม่าซึ่งเป็นแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2556 – 2560 ในยุทธศาสตร์ที่ 2 : การส่งเสริมธุรกิจการค้าและบริการในพื้นที่เมืองชายแดนและกลยุทธ์ที่ 4 : การสนับสนุนการพัฒนาท่าเรือและนิคมอุตสาหกรรมทวาย [1]

ในปัจจุบันประเทศไทยมีท่าเรือแหลมฉบังซึ่งเป็นท่าเรือน้ำลึกหลักในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ขนาด 6,340 ไร่ มีความจุประมาณ 10.2 ล้านตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต (TEU) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีท่าเรือน้ำลึกเพื่อรองรับการขนส่งทางฝั่งทะเลอันดามันเลย ดังนั้นโครงการก่อสร้างท่าเรือน้ำลึกทวายและปากบาราซึ่งตั้งอยู่ในฝั่งทะเลดังกล่าวสามารถจะเพิ่มตัวเลขทางเศรษฐกิจได้อย่างมากต่อประเทศชาติ โดยในส่วนของโครงการทวายมีแนวคิดจากภาครัฐคือการสร้างถนนเชื่อมจากทวายตัดตรงสู่ท่าเรือแหลมฉบังเพื่อหวังที่จะเชื่อมมหาสมุทรอินเดียกับทะเลจีนใต้เข้าด้วยกัน ในขณะที่ท่าเรือปากบาราได้มีสมมติฐานว่าจะเข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนถ่ายสินค้าที่มาจากภายในประเทศโดยเฉพาะทางภาคกลาง และภาคเหนือเพื่อขนส่งต่อไปยังพื้นที่ในแถบยุโรป ตะวันออกกลาง และเอเชียใต้ที่ปัจจุบันต้องไปถ่ายสินค้าลงเรือขนาดใหญ่ที่ท่าเรือสิงคโปร์ ซึ่งหากท่าเรือปากบาราเกิดขึ้นมาจริงสินค้าต่างๆก็จะไม่จำเป็นต้องไปถ่ายที่ท่าเรือสิงค์โปร์อีกต่อไป

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการปรับปรุงการขนส่งระหว่างประเทศโดยการลดผลรวมต้นทุนการขนส่งทั้งขาเข้าและขาออกในประเทศไทย โดยการพิจารณาท่าเรือน้ำลึกที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายสินค้าเพื่อเข้าสู่ประเทศไทยที่เป็นไปได้มากที่สุด 5 ท่าเรือ โดย 2 ใน 5 ท่าเรือนั้นคือโครงการที่กำลังจะเกิดขึ้นอย่างท่าเรือทวายและปากบารา ในขณะที่อีก 2 ท่าเรือได้แก่ ท่าเรือสิงคโปร์ และท่าเรือคลัง ซึ่งเป็นท่าเรือประเทศเพื่อนบ้านได้ถูกนำมาพิจารณาด้วยร่วมกับท่าเรือแหลมฉบัง เพื่อพิจารณาถึงปริมาณสินค้าที่ผ่านท่าเรือทั้ง 5 ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อลดผลรวมต้นทุนการขนส่งทั้งขาเข้าและขาออกสำหรับประเทศไทย

งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการขนส่งหลากหลายรูปแบบ (a multimodal transportation problem) เริ่มต้นด้วย Min [2] พิจารณาปัญหาดังกล่าวในรูปแบบของการหาเส้นทางการขนส่งและรูปแบบการขนส่งระหว่างเครื่องบิน รถบรรทุกและเรือ เพื่อส่งสินค้าไปยังจุดหมายปลายทางในต่างประเทศ แบบจำลองการโปรแกรมการโปรแกรมเป้าหมาย (Goal Programming) เพื่อลดต้นทุน เวลาและปัจจัยความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการขนส่ง นอกจากนี้ Barnhart และ Ratliff [3] ได้พิจารณาถึงปัญหาของการหาเส้นทางการขนส่งที่มีผลรวมของต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุดในแต่ละรอบโดยการผสมผสานระหว่างรูปแบบการขนส่งทางรถบรรทุกและรถไฟ ผลรวมของต้นทุนการขนส่งประกอบด้วยการขนส่งและการเก็บรักษาสินค้า การแก้ปัญหาดำเนินการด้วยวิธีใช้เส้นทางการขนส่งที่สั้นที่สุดโดยการถ่วงน้ำหนักด้วยกระบวนการคำนวณ *b-matching* งานวิจัยต่อมาเป็นของ Boardman และคณะ [4] พิจารณาปัญหาของการหาเส้นทางการขนส่งที่มีต้นทุนและเวลาที่น้อยที่สุดเช่นกัน โดยผลลัพธ์ของเส้นทางการขนส่งเป็นการผสมผสานระหว่างรูปแบบการขนส่ง 4 ประเภทได้แก่ ทางรถบรรทุก ทางราง ทางอากาศ และทางเรือลำเลียง Crainic และ Rousseau [5] พิจารณาปัญหาเพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานและความล่าช้าโดยใช้วิธีการของ decomposition และ column generation ในขณะที่ Guelat และคณะ [6] ใช้กระบวนการคำนวณแบบฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาที่มีวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนการขนส่งและการเคลื่อนย้ายสินค้าโดยใช้กรณีศึกษาในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

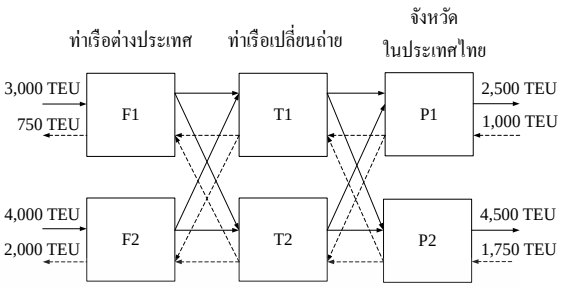
บราซิล Drissi-Kaitoumi [7] แนะนำกระบวนการคำนวณฮิวริสติกส์ที่หลากหลายโดยเป็นการพัฒนาวิธีการจาก Gurlat และคณะ [6] ต่อมา Haghani และ Oh [8] พิจารณาปัญหาการจัดการเพื่อบรรเทาภัยพิบัติ โดยจะเกี่ยวข้องกับปัญหาของปัญหาการขนส่งหลากหลายรูปแบบในลักษณะของปัญหาโครงข่ายการขนส่งหลากหลายรูปแบบ (the multimodal network flow problem) กับช่วงของเวลาที่ถูกจำกัด โดยกระบวนการคำนวณที่สามารถทำงานได้ดีกับปัญหาขนาดใหญ่ได้ถูกแนะนำในบทความนี้ ในขณะที่ Nijkamp [9] ได้ใช้วิธีที่แตกต่างออกไป เพื่อประมาณการคาดการณ์ปริมาณสินค้าที่ไหลไปในแต่ละรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมโดยใช้ แบบจำลอง discrete choice และ neural network

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming model) เพื่อแก้ปัญหาการขนส่งระหว่างประเทศของไทย ในกรณีที่มี 2 ท่าเรือใหม่ (ท่าเรือทวายและปากบารา) เข้ามาเป็นทางเลือกให้ผู้ประกอบการเดินเรือได้เลือกใช้บริการ นอกจากนี้ท่าเรือประเทศเพื่อนบ้านในปัจจุบันก็จะถูกนำมาพิจารณาเพื่อเป็นทางเลือกต่อผู้ประกอบการเดินเรือด้วยเช่นกัน แบบจำลองที่ใช้อยู่ในรูปแบบของการแก้ปัญหาการขนส่งหลากหลายรูปแบบทั่วไป ในบทความนี้จะเน้นในประเด็นเรื่องผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านต้นทุนการขนส่งของผู้ประกอบการภายใต้การเข้ามาของ 2 ท่าเรือใหม่และวิเคราะห์ร่วมกับ 2 ท่าเรือในประเทศเพื่อนบ้านที่จะมีผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจต่อประเทศไทย

2. ความสำคัญของปัญหา

งานวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการอธิบายผังไดอะแกรมโครงข่ายการขนส่งสินค้าขาเข้าและขาออกที่จะปรากฏในบทความนี้ตลอดทั้งบทความ ดังแสดงในรูปที่ 1

ในโครงข่ายที่แสดงในรูปที่ 1 จะประกอบด้วยท่าเรือต่างประเทศ ท่าเรือเปลี่ยนถ่าย และจังหวัดในประเทศไทย เช่น F1 และ F2 คือท่าเรือต่างประเทศ T1 และ T2 คือท่าเรือเปลี่ยนถ่าย และ P1 และ P2 แทนจังหวัดในประเทศไทย เส้นสีทึบแสดงการขนส่งสินค้าขาเข้าและเส้นประแสดงการขนส่งสินค้าขาออก



รูปที่ 1 โครงข่ายการขนส่งสำหรับสินค้าขาเข้าและขาออก

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าปริมาณสินค้าตู้คอนเทนเนอร์นำเข้ามีปริมาณรวมเท่ากับ 7,000 ตู้คอนเทนเนอร์ (TEU) (3,000 TEU จาก F1 และ 4,000 TEU จาก F2) ซึ่งเท่ากับผลรวมปริมาณสินค้าที่ลูกค้าในประเทศไทยได้รับเท่ากันที่ 7,000 TEU (2,500 TEU เข้าไปที่ P1 และ 4,500 TEU เข้าไปที่ P2) ในทางกลับกันในสินค้าขาออกปริมาณสินค้าที่ออกจากจังหวัดในประเทศไทย 2,750 TEU (P1 ส่งออก 1,000 TEU และ P2 ส่งออก 1,750 TEU) จะเท่ากับผลรวมของปริมาณสินค้าที่ได้รับในต่างประเทศที่ 2,750 TEU (F1 รับ 750 TEU และ F2 รับ 2,000 TEU) นอกจากนี้ การขนส่งภายในประเทศในบทความนี้จะใช้การขนส่งทางรถบรรทุกและทางรถไฟเป็นหลัก ซึ่งการขนส่งทางรถบรรทุกจะเลือกเส้นทางการขนส่งที่สั้นที่สุดที่สามารถขนส่งได้ ในขณะที่การขนส่งทางรถไฟนั้น สถานีรถไฟที่สามารถรองรับสินค้าตู้คอนเทนเนอร์ได้จะถูกเลือก

ปัญหาการขนส่งหลากหลายรูปแบบถูกพิจารณาในบทความนี้โดยจะมุ่งเน้นการหาปริมาณสินค้าที่ผ่านท่าที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละท่าทั้ง 5 ท่าเรือได้แก่ ท่าเรือทวาย ท่าเรือปากบารา ท่าเรือสิงคโปร์ ท่าเรือคลัง และท่าเรือแหลมฉบังที่สามารถลดผลรวมการขนส่งได้มากที่สุด ซึ่งทำให้ผลรวมต้นทุนการขนส่งลดลงเหลือต่ำกว่าการใช้บริการจากท่าเรือแหลมฉบังแห่งเดียว นอกจากนี้ปริมาณของสินค้าที่ผ่านท่าในแต่ละท่าสามารถบอกได้ถึงความสำคัญในตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของท่าเรือดังกล่าวได้อีกด้วย ปริมาณของยานพาหนะทั้งเรือเดินทะเล รถบรรทุกและรถไฟถูกสมมติให้ไม่มีข้อจำกัด และชนิดของสินค้าที่ใช้งานวิจัยนี้คือตู้คอนเทนเนอร์สั้น (TEU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการจะชี้ประเด็นในส่วนของความสำคัญในตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของท่าเรือเปลี่ยนถ่ายว่าถ้าในกรณีที่มียานพาหนะขนส่งพร้อมให้บริการอย่างเต็มศักยภาพตำแหน่งของท่าเรือแห่งใดจะดีกว่าโดยเฉพาะการเปรียบเทียบระหว่าง 2 ท่าเรือใหม่ที่กำลังจะเกิดขึ้น (ท่าเรือทวายและท่าเรือปากบารา)

ผลรวมต้นทุนการขนส่งประกอบด้วยต้นทุนการขนส่งทางทะเล (Sea Cost) ค่าภาระท่าเรือ (Port Cost) และค่าขนส่งภายในประเทศซึ่งได้รวมค่าเปลี่ยนถ่ายสินค้าเรียบร้อยแล้ว สำหรับกรณีศึกษาในบทความนี้ท่าเรือต่างประเทศจะประกอบไปด้วย 16 ท่าเรือหลักทั่วโลกซึ่งเป็นตัวแทนในแต่ละพื้นที่สำหรับท่าเรือในต่างประเทศ (F) ซึ่งเป็นทั้งจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางสำหรับสินค้าขาเข้าและสินค้าขาออกสำหรับประเทศไทยตามลำดับ ในขณะที่ท่าเรือเปลี่ยนถ่ายประกอบด้วย 5 ท่าเรือดังที่กล่าวไปในข้างต้น และ 76 จังหวัดเป็นจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางในประเทศไทยในกรณีของสินค้าขาออกและสินค้าขาเข้าตามลำดับ

สิบหกท่าเรือตัวแทนในแต่ละพื้นที่เพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุน และเวลาที่ใช้ในการขนส่ง มีดังนี้ ท่าเรือปูซาน (เอเชียตะวันออกเฉียงเหนือ) ท่าเรือเซี่ยงไฮ้ (พื้นที่ฝั่งจีนตะวันออก) ท่าเรือฮ่องกง (พื้นที่ฝั่งจีนตอนใต้) ท่าเรือมานิลา โฮจิมินห์ ท่าเรือคลัง สิงคโปร์ จาการ์ตา และมูอารา (เอเชียตะวันออกเฉียงใต้) ท่าเรือจาวาฮาร์ลัลเนรู (เอเชียใต้) ท่าเรือลอสแองเจลลิส (อเมริกาเหนือ) ท่าเรือซานโต๊ส (อเมริกาใต้) ท่าเรือดูไบ (ตะวันออกกลาง) ท่าเรือร๊อตเตอร์ดัม (ยุโรป) ท่าเรือเดอบัน (แอฟริกา) และ ท่าเรือเมลเบิร์น(โอเชียเนีย)

3. กระบวนการวิจัย

ในหัวข้อนี้ แบ่งเป็น 2 หัวข้อย่อย ซึ่งได้แก่การแสดงแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Model) และการอธิบายข้อมูลที่จะถูกใส่เข้าไปในแบบจำลองดังกล่าว

3.1 แบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้น

แบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้น ถูกประยุกต์ใช้เพื่อหาปริมาณสินค้าที่เหมาะสมที่ผ่านท่าเรือเปลี่ยนถ่ายทั้ง 5 ท่าเพื่อลดต้นทุนการขนส่งให้กับผู้ประกอบการทั้งในเส้นทางขาเข้าและขาออก โดยในช่วงแรกระบบการตั้งชื่อในแบบจำลองจะถูกนิยามดังนี้

การตั้งชื่อ (Nomenclature)

F : ท่าเรือในต่างประเทศ F = 1,2,.....,16 ;

T : ท่าเรือเปลี่ยนถ่าย T = 1,2,.....,5;

D : จังหวัดในประเทศไทย 76 จังหวัด d = 1,2,....,76;

M : รูปแบบการขนส่งที่ซึ่ง 1 และ 2 แทนการขนส่งรถบรรทุกและทางรถไฟตามลำดับ

พารามิเตอร์ (Parameter)

$PC_{F,T}$: ค่าผ่านท่าเรือ F และ T

$CH_{F,T}$: ค่าจัดการสินค้าที่ท่าเรือ F และ T

VC_{FT} : ค่าใช้จ่ายในการเดินเรือระหว่างท่าเรือ F และ T

α : ความประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) ของเรือเดินทะเลระหว่างท่าเรือต่างประเทศและท่าเรือเปลี่ยนถ่าย

SP_{FT} : ความเร็วของเรือระหว่างท่าเรือต่างประเทศและท่าเรือเปลี่ยนถ่าย

SP_{TD}^{m} : ความเร็วของรูปแบบการขนส่ง m ระหว่างท่าเรือเปลี่ยนถ่ายและจังหวัดในประเทศไทย

DT_{FT} : ระยะทางระหว่างท่าเรือต่างประเทศและท่าเรือเปลี่ยนถ่าย

DT_{TD}^{m} : ระยะทางระหว่างท่าเรือเปลี่ยนถ่ายและจังหวัดในประเทศไทยโดยการขนส่งรูปแบบ m

TS_{FT} : ต้นทุนการขนส่งทางทะเลระหว่างท่าเรือต่างประเทศและท่าเรือเปลี่ยนถ่าย สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$TS_{FT} = \alpha * VC_{FT} * \left(\frac{DT_{FT}}{24 * SP_{FT}}\right)$$

TP : ต้นทุนค่าธรรมเนียมที่ท่าเรือซึ่งประกอบด้วยค่าธรรมเนียมในการผ่านท่าและการจัดการสินค้า สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$TP_{F,T} = PC_{F,T} + CH_{F,T}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIC_{TD}^{m} : ผลรวมของต้นทุนการขนส่งภายในประเทศซึ่งรวมต้นทุนการขนส่งและการเคลื่อนย้ายสินค้าในพื้นที่ระหว่างท่าเรือเปลี่ยนถ่ายและจังหวัดในประเทศไทยโดยใช้รูปแบบการขนส่ง m

TC_{FTD} : ผลรวมต้นทุนการขนส่งทั้งระบบระหว่างท่าเรือต่างประเทศไปยังจังหวัดในประเทศไทยซึ่งรวมถึงต้นทุนการขนส่งทางทะเล ค่าธรรมเนียมท่าเรือ และค่าขนส่งภายในประเทศ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$TC_{FTD} = TS_{FT} + TP_{F,T} + TIC_{TD}^{m}$$

ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ (Decision Variable)

IM_{FTD}^{m} : ปริมาณสินค้าตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้าจากท่าเรือต่างประเทศ F ไปสู่จังหวัดในประเทศไทย D ผ่านท่าเรือเปลี่ยนถ่าย T โดยรูปแบบการขนส่งภายในประเทศ m (รถบรรทุกหรือรถไฟ)

EX_{DTF}^{m} : ปริมาณสินค้าตู้คอนเทนเนอร์ขาออกจากจังหวัดในประเทศไทย D ไปสู่ท่าเรือในต่างประเทศโดยผ่านท่าเรือเปลี่ยนถ่าย T โดยรูปแบบการขนส่งภายในประเทศ m (รถบรรทุกหรือรถไฟ)

Minimization

$$\sum_{F=1}^{16}\sum_{T=1}^{5}\sum_{m=1}^{2}\sum_{D=1}^{76} TC_{FTD} * IM_{FTD}^{m} + \sum_{D=1}^{76}\sum_{m=1}^{2}\sum_{T=1}^{5}\sum_{F=1}^{16} TC_{FTD} * EX_{DTF}^{m} \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{F=1}^{16}\sum_{T=1}^{5}\sum_{m=1}^{2} IM_{FTD}^{m} = Demand_{D} \quad \text{for all } D \quad (2)$$

$$\sum_{D=1}^{76}\sum_{T=1}^{5}\sum_{m=1}^{2} EX_{DTF}^{m} = Demand_{F} \quad \text{for all } F \quad (3)$$

$$\sum_{D=1}^{76}\sum_{T=1}^{5}\sum_{m=1}^{2} EX_{DTF}^{m} = Supply_{D} \quad \text{for all } D \quad (4)$$

$$\sum_{T=1}^{5}\sum_{m=1}^{2}\sum_{D=1}^{76} IM_{FTD}^{m} = Supply_{F} \quad (5)$$

$$IM_{FTD}^{m} \geq 0 \quad \text{for all } F,T,D,m \quad (6)$$

$$EX_{DTF}^{m} \geq 0 \quad \text{for all } D,T,F,m \quad (7)$$

สมการวัตถุประสงค์ที่ 1 มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดผลรวมต้นทุนการขนส่งให้มากที่สุดสำหรับสินค้าขาเข้าและขาออกในประเทศไทยด้วยปริมาณสินค้าผ่านท่าเรือเปลี่ยนถ่ายทั้ง 5 อย่างเหมาะสม สมการที่ 2 เป็นการกำหนดปริมาณสินค้าขาเข้าจากท่าเรือต่างประเทศทั้ง 16 ท่าเรือไปยัง 76 จังหวัดในประเทศไทย ในขณะที่สมการที่ 3 เป็นการกำหนดปริมาณสินค้าขาออกจาก 76 จังหวัดในประเทศ (D) ไทยไปยัง 16 ท่าเรือในต่างประเทศ (F) โดยปริมาณสินค้าในแต่ละเส้นทางที่ออกจากจุดเริ่มต้นต่างกัน (F) และ (D) ในสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับแต่ขนส่งไปที่จุดหมายปลายทางเดียวกัน ผลรวมของปริมาณการขนส่งทั้งหมดที่ผ่านจุดเปลี่ยนถ่าย (T) ต้องเท่ากับความต้องการของสินค้า ณ จุดปลายทาง (D) และ (F) ในสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ สมการที่ 4 และ 5 เป็นการกำหนดปริมาณสินค้าขาออก (จาก D ไปยัง F) และ สินค้าขาเข้า (จาก F ไปยัง D) ตามลำดับ โดยปริมาณการขนส่งในแต่ละเส้นทางที่ออกจากจุดเริ่มต้นเดียวกัน แต่มีจุดหมายปลายทางต่างกัน ผลรวมของปริมาณการขนส่งทั้งหมดที่ผ่านจุดเปลี่ยนถ่าย (T) ต้องเท่ากับปริมาณสินค้า ณ จุดเริ่มต้นเดียวกัน (D) และ (F) ตามลำดับ ในขณะที่สมการที่ 6 และ 7 เป็นผลลัพธ์ของปริมาณสินค้าขาเข้าและขาออกที่ผ่านท่าเรือเปลี่ยนถ่ายทั้ง 5 ท่าเรือต้องมีค่าไม่ติดลบ

การคำนวณต้นทุนการขนส่งทางเรือจะใช้สมมติฐานที่เรือใหญ่ขนาด 5,000 TEU มีอัตราการบรรทุกที่ 80% ค่าความเร็วของเรือ 20 น็อต ต้นทุนการเดินเรือรายวันซึ่งรวมถึงการพิจารณาเวลาที่เสียไปเนื่องจากการขนย้ายสินค้าเข้าหรือออกจากเรือ (Loading and Unloading Times) โดยจะอ้างอิงจาก Aversa และคณะ [10] สำหรับการขนส่งทางรถบรรทุกจะคำนวณต้นทุนการขนส่งจากอัตราการบริโภคน้ำมันอยู่ที่ 2.8 กิโลเมตรต่อลิตร ในส่วนของการขนส่งทางรถไฟใช้น้ำมันดีเซลที่อัตรา 3 กิโลเมตร/ลิตร ภายใต้สมมติฐาน 1 ขบวนบรรทุก 40 ตู้คอนเทนเนอร์ การบริโภคน้ำมันดีเซลใช้อัตราที่ 0.65 ดอลล่าร์สหรัฐต่อลิตรในบทความนี้

(11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 **ข้อมูลที่ใส่ในแบบจำลองฯ**

ข้อมูลที่ใส่ในแบบจำลองฯ นั้นนอกเหนือจาก 16 ท่าเรือต่างประเทศ 5 ท่าเรือเปลี่ยนถ่าย และ 76 จังหวัดในไทย ปริมาณสินค้าขาเข้าและขาออกอยู่บนพื้นฐานของปริมาณสินค้าตู้คอนเทนเนอร์ผ่านท่าเรือแหลมฉบังปี 2556 ไม่รวมตู้คอนเทนเนอร์เปล่า และตู้สินค้าที่เปลี่ยนถ่ายลำเรือ สำหรับข้อมูลจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทาง (O/D) ระหว่างทวีป ข้อมูลดังกล่าวได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Mitsui O.S.K. Lines ในขณะที่ข้อมูลสินค้าผ่านท่าระหว่างทวีปเอเชียด้วยกันได้มาจาก กระทรวงที่ดิน โครงสร้างและการคมนาคมของประเทศญี่ปุ่น ดังนั้น ปริมาณสินค้าขาเข้าและขาออกที่ท่าเรือแหลมฉบังแสดงดังตารางที่ 1 และเขตพื้นที่ในประเทศไทยแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การกระจายปริมาณสินค้าขาเข้าและขาออกที่ท่าเรือแหลมฉบังในการศึกษานี้ (TEU)

ท่าเรือหลัก	ปริมาณสินค้าขาเข้า	ปริมาณสินค้าขาออก
ปูซาน	342,113	453,577
เซี่ยงไฮ้	98,320	220,264
ฮ่องกง	515,467	497,810
มะนิลา	8,038	43,639
โฮจิมินห์	1,703	43,301
ท่าเรือคลัง	63,431	56,768
สิงคโปร์	62,953	56,946
จาการ์ตา	65,464	115,890
มูอารา	1,746	948
จาวาฮาร์ลัลเนรู	13,248	56,494
ลอสแองเจลลิส	238,889	703,069
ซานโต๊ส	60,908	17,844
ดูไบ	36,961	46,055
ร๊อตเตอร์ดัม	179,944	511,295
เดอบัน	7,471	34,195
เมลเบิร์น	80,247	111,128

โดยสรุปปริมาณสินค้าขาเข้าจะเท่ากับ 1,776,903 TEU ในขณะที่สินค้าขาออกจะเท่ากับ 2,969,223 TEU ดังนั้น ปริมาณสินค้าผ่านท่าเรือแหลมฉบังจะเท่ากับ 4,746,126 TEU ในส่วนของค่าธรรมเนียมผ่านท่าเรือและค่าจัดการสินค้าสำหรับท่าเรือแหลมฉบังในบทความนี้ใช้ 33.32 และ 38.19 ดอลล่าร์สหรัฐตามลำดับ ท่าเรือทวายและท่าเรือปากบาราถูกสมมติให้มีอัตราค่าภาระท่าเรือเท่ากับท่าเรือแหลมฉบัง ขณะที่ท่าเรือคลังก็มีอัตราดังกล่าวที่ไม่ต่างกันมาก ยกเว้นแต่ท่าเรือสิงคโปร์ที่มีอัตราค่าภาระท่าเรือรวม (ค่าผ่านท่าเรือและค่าจัดการสินค้า) สูงกว่าท่าเรือแหลมฉบังประมาณ 77.69% ค่าดำเนินการทางศุลกากรสำหรับท่าเรือในประเทศไทยและต่างประเทศถูกสมมติให้เท่ากัน

ตารางที่ 2 ปริมาณสินค้าขาเข้าและขาออกของเขตพื้นที่ในประเทศไทย (TEU)

พื้นที่ในประเทศไทย	ปริมาณสินค้าขาเข้า	ปริมาณสินค้าขาออก
เหนือ	68,867	104,724
ตะวันออกเฉียงเหนือ	218,461	339,768
ตะวันตก	43,161	74,973
กลาง	925,640	1,696,406
ตะวันออก	490,105	693,759
ใต้	30,668	59,592

4 . ผลการวิจัย

จากการประมวลผลในแบบจำลองฯ โดยใช้วิธี Branch and Bound algorithm ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) สำหรับใช้ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบไม่ต่อเนื่อง ผลที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองฯ แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้ ซึ่งเป็นปริมาณสินค้าทั้งขาเข้าและขาออกที่ผ่านท่าเรือทั้ง **5** ท่าเรือที่ทำให้ผลรวมของต้นทุนการขนส่งน้อยที่สุดที่ 690.37 ล้านดอลล่าร์สหรัฐ ในขณะที่ในกรณีที่ปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ผ่านท่าเรือแหลมฉบังแห่งเดียว (4,746,126 TEU) มีผลรวมต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 691.01 ล้านดอลล่าร์ สหรัฐ ซึ่งลดลงเพียง 0.09%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณสินค้าทั้งขาเข้าและขาออกที่ผ่านท่าเรือทั้ง **5** ท่าเรือ (TEU)

ทวาย	ปากบารา	สิงคโปร์	คลัง	แหลมฉบัง
16,331	38,270	2,415	6,116	4,682,994

จากผลการที่ได้จากแบบจำลองฯ สามารถอธิบายได้ว่าท่าเรือปากบารามีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ดีกว่าท่าเรือทวายในกรณีศึกษานี้ เนื่องจากมีปริมาณสินค้าที่ผ่านท่ามากกว่าท่าเรือทวายถึง 1.34 เท่า

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองฯ แสดงให้เห็นว่าการนำท่าเรือเปลี่ยนถ่ายทั้ง 4 มาช่วยแบ่งปันปริมาณสินค้าทั้งขาเข้าและขาออกในประเทศไทยจากท่าเรือแหลมฉบังนั้นสามารถช่วยลดต้นทุนการขนส่งได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (น้อยกว่า 0.1%) ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของท่าเรือแหลมฉบังยังคงเป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญที่สุดในด้านการเป็นประตูนำเข้าและส่งออกสินค้าของประเทศไทยแม้ว่าจะมีการสร้าง 2 ท่าเรือใหม่ขึ้นมา แม้ว่าในบทความนี้แสดงให้เห็นในเชิงเทคนิคของตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ว่าท่าเรือปากบารามีความสำคัญมากกว่าท่าเรือทวายเนื่องจากปริมาณสินค้าที่มีแนวโน้มที่จะผ่านท่าเรือดังกล่าวที่มากกว่าโดยภาพรวม อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอื่นๆ ในโลกของความเป็นจริง โครงการท่าเรือน้ำลึกทวายจะมีพื้นที่ใหญ่กว่าท่าเรือแหลมฉบัง มากถึง 10 เท่าส่งผลให้มีศักยภาพในการรับปริมาณสินค้าผ่านท่าได้มากกว่าท่าเรือแหลมฉบังอย่างน้อย 2 เท่า ในขณะที่ท่าเรือปากบาราสามารถรองรับตู้สินค้าได้ประมาณ 300,000 TEU ต่อปี ซึ่งจะเห็นว่ามีขนาดที่เล็กมากเมื่อเทียบกับท่าเรือทวาย และแหลมฉบัง หรือแม้แต่ท่าเรือมาบตาพุด ดังนั้นความคุ้มค่าในการลงทุนที่จะสร้างจะกลายเป็นประเด็นสำคัญว่าคุ้มค่าจริงหรือไม่ที่จะสร้าง อีกประเด็นหนึ่งเรื่องการคัดค้านจากประชาชนในพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งจะมีการทำลายสิ่งแวดล้อมอย่างแน่นอน ทำให้เกิดผลกระทบต่อการท่องเที่ยวบริเวณอันดามันตอนล่าง ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวระดับโลกของไทยในตอนนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Office of the Nation Economic and Social Development Board, “Strategic Plan : Logistics System Development of Thailand Vol.2 (2013-2017), 2013.

[2] H.Min, “International intermaodal choices via chance-con”, Bangkok, Logistics Thailand, 1991.

[3] C. Barnhart and H.D. Ratliff, “Modeling intermodal routing”, Journal of Business Logistics, Vol.14, pp.205-223, 1993.

[4] B.S. Boardman, E.M. Malstrom, D.P. Butler and M.H. Cole, “Computer assisted routing of intermodal shipments” Computers and Industrial Engineering, Vol.33, pp.311-314, 1997.

[5] T. Crainic, M. Florian and J. Leal, “ A model for the strategic planning of national freight transportation by rail” Transportation Science, Vol.24, pp. 1-24, 1990.

[6] J. Guelat, M.Florian and T.Crainic, “A multimode multiproduct network assignment model for strategic planning of freight flows” Transportation Science, Vol.24, pp. 25-39, 1990

[7] O. Drissi-Kaitouni, “Solution approaches for multimode multiproduct assignment problems” Transportation Research Part B, Vol.25, pp.317-327, 1991.

[8] A. Haghani and S.C. Oh, “Formulation and solution of a multi-commodity, multi-modal network flow model for disaster relief operation” Transportation Research Part A, Vol .30, pp.231-251, 1996.

[9] P. Nijkamp, A. Reggiani and W.F. Tsang, “Comparative modeling of interregional transport flows : applications to multimodal European freight transport” European Journal of Operational Research, Vol. 155, pp.584-602, 2004.

[10] R. Aversa, R.C. Botter, H.E. Haralambides and H.T.V. Yoshizaki, “A mixed integer programming model on the location of a hub port in the East Coast of South America” Maritime Economics & Logistics, Vol.7, pp.1-18, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้