

# การออกแบบเส้นทางขนส่งหลายรูปแบบเพื่อการส่งออกผลไม้

## Designing The Multimodal Transport Route for Fruit Export

ศักรธร บุญทวีวัฒน์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบชุดเส้นทางขนส่งใหม่เพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้าประเภทคอนเทนเนอร์ ซึ่งต้นทุนการขนส่งนั้นมีสัดส่วนมากที่สุดในระบบโลจิสติกส์มากถึง 50% ของทั้งระบบฯ ชุดเส้นทางขนส่งใหม่จะถูกพิจารณาโดยรูปแบบของการขนส่งหลายรูปแบบระหว่างการขนส่งทางรถบรรทุกอย่างเดียว และการขนส่งทางเรือผสมผสานกับรถบรรทุกโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการแก้ไขปัญหาเชิงเส้น เพื่อหาชุดเส้นทางขนส่งใหม่ที่ประกอบด้วยปริมาณสินค้าที่เหมาะสมในแต่ละเส้นทาง ผลที่ได้จากแบบจำลองฯ พบว่าชุดเส้นทางขนส่งใหม่สามารถลดต้นทุนและเวลาที่ใช้ในการขนส่งได้ 17.52% และ 61% ตามลำดับ ผลการวิจัยที่ได้จากแบบจำลองฯ สามารถเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการการขนส่งและโลจิสติกส์ ในการลดต้นทุนการขนส่งภายในเวลาที่จำกัดเพื่อการส่งออกผลไม้ และสินค้าอื่นๆที่บรรจุลงในตู้คอนเทนเนอร์แช่เย็นได้อย่างมหาศาล ตลอดจนจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารระดับสูงของท่าเรือสุราษฎร์ธานีอีกด้วย

**คำสำคัญ :** การขนส่งหลายรูปแบบ การลดต้นทุนการขนส่ง แบบจำลองการแก้ไขปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น การส่งออกผลไม้ และ ท่าเรือสุราษฎร์ธานี

### Abstract

This paper presents a design of new routes set for minimizing container transportation cost which is the highest proportion in logistics cost system as much as 50% . The new routes set is considered as the multimodal transportation between trailer only and barge - trailer modes by utilizing the linear optimization model to determine the optimal routes set with cargo amount in each route. The results derived from the model found the new routes set can minimize cost and time for 17.52% and 61% respectively. The results derived from the model can be immensely beneficial to the transportation and logistics operators aspiring to reduce costs usage under time constraint for fruit export and other cargoes in reefer container through the chief executive of Surat Thani port as well.

**Keywords :** Multimodal Transportation, Cost Minimization , Linear Optimization Model, Fruit Export and Surat Thani Port

## 1. บทนำ

ระบบโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพมีความสำคัญต่อการส่งออกสินค้าจากไทยไปยังต่างประเทศ เนื่องจากกิจกรรมในระบบโลจิสติกส์มีความเกี่ยวข้องกับทุกๆ ฝ่าย ตั้งแต่ผู้ผลิต ผู้รวบรวม ผู้ส่งออก และผู้บริโภครวม ซึ่งกิจกรรมการขนส่งจะเข้าไปมีส่วนร่วมเพื่อเชื่อมต่อกับทุกๆ ฝ่ายในระบบโลจิสติกส์ ได้แก่ การเคลื่อนย้ายสินค้าจากแหล่งผู้ผลิตไปยังผู้รวบรวมซึ่งมีหน้าที่ในการจัดเก็บสินค้าและทำการส่งต่อไปให้กับผู้ส่งออก(ในบางกรณีผู้รวบรวมทำหน้าที่เป็นผู้ส่งออกด้วย) เพื่อส่งออกไปยังลูกค้าในต่างประเทศ ในสินค้าบางประเภท เช่น ผลไม้เป็นสินค้าที่เน่าเสียง่ายและมีระยะเวลาในการเก็บรักษาจำกัดระยะเวลาในการขนส่งตลอดจนการบริหารจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์ในทุกๆ ฝ่าย เริ่มตั้งแต่เกษตรกรขนส่งผลผลิตมาขายให้กับผู้รวบรวม ผู้รวบรวมจะรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรหลายราย เมื่อผู้รวบรวมรับผลผลิตมาแล้วจะทำการศึกษาคุณภาพ คัดเกรด ตรวจสอบบรรจุ ขนส่งไปท่าเรือภายในประเทศเพื่อการส่งออก และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการขนส่งทางเรือจากท่าส่งออกไปยังท่าเรือในประเทศปลายทาง ซึ่งเวลาที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมดนั้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการกำหนดคุณภาพและมูลค่าของผลไม้ที่ส่งมอบ ณ ประเทศปลายทาง ผู้ส่งออกต้องสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าด้วยการรักษาคุณภาพของผลไม้ให้อยู่ในสภาพที่ดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบโลจิสติกส์ทั้งระบบในการส่งออกสินค้า ต้นทุนการขนส่งมีส่วนที่ใหญ่มากที่สุดในต้นทุนของระบบโลจิสติกส์ทั้งระบบ โดยจากการวิเคราะห์ต้นทุนพบว่า ต้นทุนค่าขนส่งมีค่าประมาณ 35-50% ของระบบต้นทุนโลจิสติกส์ทั้งหมด [1] อัตราส่วนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับราคาน้ำมัน บางช่วงที่ราคาน้ำมันมีราคาแพงต้นทุนค่าขนส่งอาจขึ้นไปถึงระดับ 70-80% ของระบบต้นทุนโลจิสติกส์ทั้งหมด ต้นทุนที่รองลงมาได้แก่ ค่าบรรจุสินค้าเข้าสู่คอนเทนเนอร์ ค่าเก็บเกี่ยว ค่าคัดเกรด ค่าพิธีทางศุลกากร ค่าติดต่อสื่อสาร และค่าตรวจสอบ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง โดยประยุกต์หลักการการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) เพื่อหาทางเลือกใหม่สำหรับเส้นทางการขนส่งผลไม้ภายในประเทศเพื่อการส่งออก โดยกำหนดกรณีศึกษาคือการส่งออกมังคุดจากไทยไปยังจุดหมายปลายทางในต่างประเทศ โดยการวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดรวมถึงเส้นทางการขนส่งในปัจจุบัน และนำเสนอชุดเส้นทางการขนส่งใหม่เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้ส่งออกสำหรับการขนส่งที่ถูกกว่าภายในเวลาที่จำกัด

ในงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตได้มีการใช้แบบจำลองเชิงเส้นในการหาเส้นทางการขนส่งแบบใหม่อยู่หลายบทความ Hitchcock [2] และ Tzeng, et.al. [3] ได้ใช้การโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อลดต้นทุนการขนส่งให้ต่ำที่สุดภายใต้ขอบเขตของเวลา Leung et. al. [4] วางแผนการขนส่งสินค้าจากฮ่องกงไปจีนเพื่อให้ต้นทุนรวมการขนส่งต่ำสุดโดยการ ใช้การ โปรแกรมจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) เพื่อกำหนดเครือข่ายการขนส่งเพื่อลดต้นทุนการขนส่งให้ต่ำที่สุดโดยใช้ซอฟต์แวร์ Lindo ในการแก้ไขปัญหา แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสามารถใช้เทคนิคสมการทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลาย เช่น ในกรณีของการใช้วิธีของ Bender Decomposition [5], Dual accent [6], Cutting plane [7] และ Lagrangian relaxation [8]

ในบทความวิจัยนี้ เส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะถูกสร้างขึ้น โดยต้นทุนและเวลาที่ใช้ในการขนส่งจะถูกคำนวณในแต่ละเส้นทาง จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปคำนวณในแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้น โดยมีปัจจัยเวลาในแต่ละเส้นทางและเวลารวมทุกเส้นทาง ตลอดจนปริมาณสินค้าที่ถูกขนส่งจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทางเป็นข้อจำกัดหลัก เพื่อวิเคราะห์ถึงทางเลือกใหม่ของการขนส่งภายในประเทศที่เป็นไปได้เพิ่มขึ้น โดยมีเป้าหมายของการวางแผนการขนส่งคือ การลดต้นทุนการขนส่งรวมให้มากที่สุดในการส่งออกสินค้า

งานวิจัยนี้จะแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆที่ผ่านมาในอดีต เนื่องจากแบบจำลองฯที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นแบบจำลองเฉพาะสำหรับการลดต้นทุนเพื่อการส่งออกผลไม้ภายในเวลาที่จำกัดในแต่ละเส้นทาง และเวลารวมของทุกเส้นทาง รวมถึงข้อจำกัดในด้านความสามารถของยานพาหนะในการบรรทุกสินค้าทั้งรถบรรทุกและเรือซึ่งสามารถให้ผู้ประกอบการขนส่งและโลจิสติกส์สามารถนำไปใช้งานได้จริง

## 2. ความสำคัญของปัญหา

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการลดต้นทุนการขนส่งซึ่งเป็นต้นทุนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบโลจิสติกส์โดยกำหนดกรณีศึกษาคือการขนส่งผลไม้ ซึ่งในบทความวิจัยนี้ได้เลือกมังคุด เนื่องจากมังคุดเป็นผลไม้ที่มีมูลค่าการส่งออกอยู่ใน 5 อันดับแรกของผลไม้ไทยไปยัง ณ ประเทศปลายทาง โดยจะทำการศึกษาการส่งออกจากผู้รวบรวมและผู้ส่งออกในไทยที่มีแหล่งผลิตมังคุดที่มากที่สุดใน 5 อันดับแรกในฐานข้อมูลปี 2554 ได้แก่ จ.จันทบุรี (77,679 ตัน) จ.ตราด (20,896 ตัน) จ.ระยอง (12,547 ตัน) จ.นครศรีธรรมราช (8,922 ตัน) และจ.นราธิวาส (8,380 ตัน) ไปยังจุดหมายปลายทางในต่างประเทศที่รับปริมาณมังคุดจากไทยมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ จีน (52,133.50 ตัน) ฮองกง (25,964.51 ตัน) เวียดนาม (21,647.82 ตัน) เกาหลีใต้ (154.48 ตัน) และญี่ปุ่น (140.53 ตัน) การเลือกจุดหมายปลายทางในต่างประเทศนั้นยังคงใช้หลักการวิธีการขนส่งทางเรือเป็นหลักเพื่อใช้ในการส่งออก อย่างไรก็ตามการขนส่งมังคุดไปยังประเทศลาวและกัมพูชานั้นมีปริมาณมากถึง 4,542.69 ตัน และ 4,809 ตันตามลำดับ แต่ส่วนใหญ่เป็นการขนถ่ายข้ามชายแดน ในขณะที่การขนส่งมังคุดไปสหรัฐอเมริกาที่มีปริมาณที่ 285.72 ตัน แต่เป็นการขนส่งทางอากาศทั้งหมด การวิเคราะห์เส้นทางขนส่งของมังคุดจากแหล่งผลิตไปยังจุดหมายปลายทางในต่างประเทศในบทความวิจัยนี้จะพิจารณาในกรณีที่ผู้ส่งออกนั้นมีการบรรจุผลไม้ที่โรงบรรจุในสวนผลไม้ของตน หรือไปบรรจุที่ส่งในบริเวณใกล้กับสวนผลไม้

ในปัจจุบัน การขนส่งมังคุดจากแหล่งผลิตในภาคตะวันออกมักจะไม่ค่อยมีปัญหาเนื่องจากอยู่ใกล้กับท่าเรือ

แหลมฉบัง อย่างไรก็ตามการขนส่งจากทางภาคใต้นั้นมีระยะทางไกลมาก ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการขนส่ง ต้นทุนการขนส่งจากภาคใต้สูงกว่าแหล่งผลิตในภาคตะวันออกถึง 3 เท่า ดังนั้นเพื่อสนับสนุนผู้ส่งออกจากทางภาคใต้ให้มากขึ้น งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transport) โดยการพิจารณาเส้นทางขนส่งผสมผสานระหว่างทางรถบรรทุกและทางน้ำที่มีต้นทุนที่ต่ำ และอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของระยะเวลาในการเก็บรักษาผลไม้ที่ต้องการความสดของผลไม้เป็นหลัก

## 3. กระบวนการวิจัย

ในขั้นตอนแรก การเก็บข้อมูลทุติยภูมิด้านระยะทางในแต่ละจุดตั้งต้นและจุดหมายปลายทาง และข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์ผู้ส่งออกและผู้ประกอบการขนส่งด้านต้นทุน และเวลาที่ใช้ในการขนส่งมังคุดจะถูกดำเนินการในขั้นตอนถัดมา การออกแบบเส้นทางขนส่งใหม่ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะถูกดำเนินการเพื่อทำการเปรียบเทียบกับเส้นทางขนส่งในปัจจุบันซึ่งใช้การขนส่งทางรถบรรทุกและใช้บริการท่าเรือแหลมฉบังเป็นท่าเรือส่งออกเป็นหลัก ในขณะที่ท่าเรือส่งออกและท่าเรือที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายสินค้าในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเพิ่มเติม ได้แก่ ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือพระประแดง ท่าเรือมาบตาพุด และท่าเรือสุราษฎร์ธานี ซึ่งข้อจำกัดความลึกของท่าเทียบเรือในแต่ละท่าดังกล่าวในการรองรับขนาดเรือที่ใช้ในการเทียบท่าในงานวิจัยนี้จะถูกพิจารณา (ตารางที่ 1) โดยเฉพาะท่าเรือสุราษฎร์ธานีเป็นท่าเรือที่ถูกพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อรองรับการให้บริการการขนส่งทางเรือจากสินค้าจากทางภาคใต้ ซึ่งในปัจจุบันท่าเรือสุราษฎร์ธานีดำเนินการโดยบริษัท SCGROUP จำกัด โดยใช้ชื่อท่าเรือ “NP MARINE” มีเรือให้บริการขนาดใหญ่สุด 182 TEU ในปัจจุบันผู้ประกอบการกำลังอยู่ช่วงของการทำแผนพัฒนาระบบการขนส่งภายในท่าเรือเพื่อรองรับตู้คอนเทนเนอร์แช่เย็น ซึ่งถ้าการปรับปรุงระบบดังกล่าวเสร็จเรียบร้อย ผู้ส่งออกและผู้ประกอบการขนส่งทางภาคใต้จะมีทางเลือกที่เพิ่มมากขึ้นในการเชื่อมต่อกับท่าเรือแหลมฉบังเพื่อการส่งออกสินค้า จุดหมายปลายทางใน

ต่างประเทศของมั่งคุดที่ถูกใช้เป็นจุดอ้างอิงเพื่อใช้ในการคำนวณระยะทาง ได้แก่ ท่าเรือเซี่ยงไฮ้ (จีน) ท่าเรือฮ่องกง (ฮ่องกง) ท่าเรือดานัง (เวียดนาม) ท่าเรือปูซาน (เกาหลีใต้) และท่าเรือโยโกฮาม่า (ญี่ปุ่น) ดังแสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ท่าเรือเปลี่ยนถ่ายและท่าเรือส่งออกที่ถูกพิจารณาเพิ่มเติมในการออกแบบเส้นทางขนส่งใหม่

ท่าเรือเปลี่ยนถ่าย	ท่าเรือส่งออก
ท่าเรือกรุงเทพ (1,200 TEU)	ท่าเรือแหลมฉบัง (4,000 TEU)
ท่าเรือพระประแดง (1,200 TEU)	ท่าเรือกรุงเทพ (1,200 TEU)
ท่าเรือสุราษฎร์ธานี (182 TEU)	ท่าเรือพระประแดง (1,200 TEU)
	ท่าเรือมาตาพุด (4,000 TEU)



รูปที่ 1 ตำแหน่งของท่าเรือทั้งหมดในกรณีศึกษา

เส้นทางขนส่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะถูกสร้างขึ้นมากำหนดต้นทุนและเวลาที่ใช้ในการขนส่งในแต่ละเส้นทาง จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำเข้าสู่แบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้น ดังต่อไปนี้

$$\text{Min } \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K X_{ijr}^k C_{ijr}^k \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K X_{ijr}^k \leq O_i \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K X_{ijr}^k \geq D_j \quad \forall j \quad (3)$$

$$X_{ijr}^k \begin{cases} \geq 0; T_{ijr}^k \leq T_r \\ = 0; T_{ijr}^k \geq T_r \end{cases} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K X_{ijr}^k \begin{cases} \geq 0; \sum_{r=1}^R T_r \leq T_{Max} \\ = 0; \sum_{r=1}^R T_r \geq T_{Max} \end{cases} \quad (5)$$

$$X_{ijr}^k \leq K_{ijr} \quad \forall i, j, r, k \quad (6)$$

$$X_{ijtr}^n \geq 0 \quad \forall i, j, r, n \quad (7)$$

โดยที่

$i$  : จุดเริ่มต้นของเส้นทางขนส่ง

$j$  : จุดหมายปลายทางของเส้นทางขนส่ง

$I$  : จุดเริ่มต้นของเส้นทางขนส่งทั้งหมด

$J$  : จุดหมายปลายทางของเส้นทางขนส่งทั้งหมด

$r$  : เส้นทางขนส่ง

$R$  : ชุดของเส้นทางขนส่งทั้งหมด

$k$  : ขนาดของกลุ่มยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งภายในประเทศและระหว่างประเทศ

$K$  : กลุ่มยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งภายในประเทศและระหว่างประเทศ

$X_{ijr}^n$  : ปริมาณการขนส่งมั่งคุดจากจุดเริ่มต้น  $i$  ไปยังจุดหมายปลายทางในต่างประเทศ  $j$  โดยเส้นทางขนส่ง  $r$  โดยใช้ขนาดของกลุ่มยานพาหนะ  $k$

$C_{ijr}^n$  : ต้นทุนในการขนส่งมั่งคุดจากจุดเริ่มต้น  $i$  ไปยังจุดหมายปลายทางในต่างประเทศ  $j$  โดยเส้นทางขนส่ง  $r$  โดยใช้ขนาดของกลุ่มยานพาหนะ  $n$

$T_r$  : เวลาที่ใช้ในการขนส่งมั่งคุดในเส้นทาง  $r$

$T_{Max}$  : เวลารวมที่ใช้ในการขนส่งมั่งคุดทั้งหมด

$O_i$  : ปริมาณของมั่งคุดที่ถูกเคลื่อนย้ายจากจุด  $i$

$D_j$  : ปริมาณของมั่งคุดที่ถูกเคลื่อนย้ายไปสู่จุด  $j$

สมการวัตถุประสงค์ (1) มีจุดมุ่งหมายเพื่อการหาเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด โดยต้นทุนค่าขนส่งเท่ากับผลรวมของปริมาณการขนส่งหรือจำนวนตู้สินค้า (FEU = Forty-Foot Equivalent Unit) จาก  $i$  ไป  $j$  โดยใช้เส้นทางขนส่ง  $r$  และกลุ่มยานพาหนะ  $k$  โดยจำนวนรอบของยานพาหนะถูกคำนวณต้นทุนไว้แล้วเพื่อให้การขนส่งมั่งคุดไปสู่จุดหมายปลายทางในประเทศครบจำนวน ตั้งแต่สมการที่ (2)–(7) นั้นเป็นข้อจำกัด

(Constraint) ของแบบจำลองฯ โดยที่สมการที่ 2 เป็นการกำหนดค่าของปริมาณการขนส่งมั่งคุดในแต่ละเส้นทาง  $r$  ที่ออกจากจุดเริ่มต้นเดียวกันแต่มีจุดหมายปลายทางต่างกัน ผลรวมของปริมาณการขนส่งทั้งหมดจะต้องไม่เกินกว่าปริมาณของมั่งคุดที่ถูกปล่อยจากจุดเริ่มต้น  $i$  ในทางกลับกันในสมการที่ 3 ปริมาณการขนส่งในแต่ละเส้นทางที่ออกจากจุดเริ่มต้นต่างกัน แต่ขนส่งไปที่จุดหมายปลายทางเดียวกัน ผลรวมของปริมาณการขนส่งมั่งคุดต้องไม่น้อยกว่าความต้องการของสินค้าที่จุดหมายปลายทางในประเทศ  $j$  ข้อจำกัดด้านเวลาในการเดินทางจะถูกกำหนดเพื่อให้ไม่เกิน 2 สัปดาห์เพื่อรักษาคุณภาพของมั่งคุดดังแสดงในสมการที่ 4 ในส่วนของสมการที่ 5 เป็นการกำหนดขอบเขตของระยะเวลารวมในการขนส่งในทุกเส้นทางต้องมีค่าไม่เกินระยะเวลาสูงสุดที่กำหนดไว้ในขณะที่สมการที่ 6 แสดงปริมาณการขนส่งในแต่ละเส้นทางจะมีค่าไม่เกินความสามารถในการขนส่งสินค้าของกลุ่มยานพาหนะ และสมการที่ 7 แสดงปริมาณการขนส่งของมั่งคุดที่ถูกเลือกมาจะต้องมีค่าไม่ติดลบเสมอ

ต้นทุนที่ใช้ในการขนส่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของเรือคอนเทนเนอร์ โดยในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลในการคำนวณจาก Aversa et. al. [9] ผู้คอนเทนเนอร์ยาวขนาด 1 FEU จะถูกใช้ในการบรรจุมั่งคุดในงานวิจัยนี้ โดย 1 FEU สามารถบรรจุน้ำหนักมั่งคุดได้ 25 ตัน สำหรับค่าธรรมเนียมผ่านเข้าท่าเรือโดยรถบรรทุกและค่าธรรมเนียมในการยกขนสินค้าซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละท่าเรือ เช่นท่าเรือแหลมฉบังมีค่าธรรมเนียมในการผ่านเข้าท่าโดยรถบรรทุกเที่ยวละ 100 บาท ค่ายกขนสินค้าขึ้นเรือเท่ากับ 750 บาท ต่อตู้ต่อครั้ง ในขณะที่ท่าเรือกรุงเทพมีอัตราค่าธรรมเนียมในการผ่านเข้าท่าที่เท่ากับท่าเรือแหลมฉบัง แต่ค่าธรรมเนียมที่ใช้ในการยกขนสินค้าโดยเครนขึ้นเรือจะอยู่ที่ 1,360 บาทต่อตู้ต่อครั้ง ความเร็วเฉลี่ยในการขนส่งโดยรถบรรทุกจะใช้ที่ 70 กม./ชม ความเร็วของเรือเดินทะเลเฉลี่ยจะขึ้นอยู่กับขนาดของเรือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจาก Rodrigue [10]

#### 4. ผลการวิจัย

จำนวนเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการขนส่งมั่งคุดจากแหล่งผลิตทั้ง 5 แห่งในไทยไปสู่จุดหมายปลายทางในต่างประเทศทั้ง 5 ประเทศในรูปแบบคอนเทนเนอร์ยาวแช่เย็น (1 FEU) จำนวน 3,390 ผู้จะสามารถสร้างเส้นทางได้ทั้งหมด 500 เส้นทาง โดยเส้นทางปัจจุบันที่ผู้ประกอบการและผู้ส่งออกใช้ในการส่งออกมั่งคุดคือท่าเรือแหลมฉบังซึ่งสามารถสร้างเส้นทางการขนส่งได้ทั้งหมด 25 เส้นทาง ต้นทุนรวม 29.62 ล้านบาทและเวลาในการขนส่งรวม 135 วันจากข้อสมมติฐานที่ผู้ประกอบการมีกลุ่มรถบรรทุกในการขนส่ง 50 คันที่สามารถออกดำเนินการได้พร้อมกัน จากการคำนวณเส้นทางการขนส่งที่มีต้นทุนมากที่สุดได้แก่เส้นทางการขนส่งจากจันทบุรีไปยังท่าเรือเซียงไฮ้โดยผ่านท่าเรือแหลมฉบังด้วยจำนวน 1,067 ตู้ฯ โดยมีต้นทุนการขนส่งอยู่ที่ 6.97 ล้านบาท และเวลาในการขนส่งอยู่ที่ 9.59 วัน ซึ่งจะเห็นว่าจำนวนของตู้สินค้ายิ่งเยอะต้นทุนและเวลาที่ใช้ในการขนส่งจะเยอะตามไปด้วย

#### ตารางที่ 2 ผลการวิจัยที่ได้จากการปรับปรุงเส้นทาง

โครงการ	จำนวน เส้นทาง	ต้นทุนรวม (ล้านบาท)	เวลารวม (วัน)
ชุดเส้นทางปัจจุบัน	25	29.62	135
ชุดเส้นทางการ ขนส่งที่เหมาะสม	9	24.43	52.65

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิจัยที่ได้จากการปรับปรุงเส้นทางในแบบจำลองฯ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมลดลงเหลือ 9 เส้นทาง ต้นทุนรวมขนส่งลดลง 17.52% และเวลาในการขนส่งลดลงมากถึง 61% และเวลาในการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 14 วันตามข้อจำกัดในสมการที่ 4 ของแบบจำลองฯ ซึ่งเวลาในการขนส่งที่มากที่สุดอยู่ในเส้นทางการขนส่งจากจันทบุรีไปยังท่าเรือเซียงไฮ้โดยผ่านท่าเรือมาบตาพุดด้วยจำนวน 1,391 ตู้ฯ โดยมีต้นทุนการขนส่งอยู่ที่ 8.37 ล้านบาท และเวลาในการขนส่งอยู่ที่ 9.59 วัน นอกจากนี้ท่าเรือสุราษฎร์ธานีถูกเลือกเป็นท่าเรือที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายสินค้าในปริมาณการขนส่งที่ไม่มากจากจุดต้นทางในภาคใต้ โดย 3 ใน 9

เส้นทางนั้นใช้ท่าเรือสุราษฎร์ธานีในการเปลี่ยนถ่ายสินค้าเพื่อไปเปลี่ยนถ่ายสินค้าเพื่อขึ้นเรือใหญ่ที่ทำเรือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยเส้นทางแรกคือจากนครศรีธรรมราชไปยังท่าเรือช่องกงโดยใช้ท่าเรือมาบตาพุดเป็นท่าเรือส่งออกด้วยจำนวน 222 ตู้ ในขณะที่อีก 2 เส้นทางจุดต้นทางคือ นครศรีธรรมราชไปยังท่าเรือฉางและท่าเรือปูซานโดยผ่านท่าเรือมาบตาพุดทั้งคู่ด้วยจำนวน 229 และ 8 ตู้ ตามลำดับ

## 5. สรุปผลการวิจัย

จากผลที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงเส้นทางขนส่งโดยใช้การขนส่งหลายรูปแบบสามารถช่วยในการลดต้นทุนและเวลาที่ใช้ในการขนส่งได้ 17.52% และ 61% ตามลำดับ ท่าเรือสุราษฎร์ธานีสามารถเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเป็นทางเลือกสำหรับผู้ประกอบการขนส่งและผู้ส่งออกผลไม้ในภาคใต้ในการเชื่อมต่อระบบการขนส่งระหว่างภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อการส่งออกผลไม้และสินค้าอื่นๆที่บรรจุในตู้คอนเทนเนอร์แช่เย็น ซึ่งจะสามารถลดต้นทุนการขนส่งได้อย่างมาก ถ้าผู้บริหารระดับสูงของท่าเรือฯ สามารถพัฒนาท่าเรือในแง่ของสิ่งอำนวยความสะดวกในด้านปลั๊กไฟให้เพียงพอกับตู้ฯ และพื้นที่ภายในท่าในการวางตู้ฯ ในส่วนของแบบจำลองฯ ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงเส้นทางขนส่งในปัจจุบันเพื่อลดต้นทุนการขนส่งให้แก่ผู้ประกอบการขนส่งและผู้ส่งออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลตัวแปรอื่นๆ ในแบบจำลองฯ เช่น จำนวนของยานพาหนะ ความเร็วและขนาดของยานพาหนะ ฯลฯ สามารถปรับเปลี่ยนลงในแบบจำลองฯ ได้ง่ายในหลากหลายโครงการ ตลอดจนการกำหนดตัวแปรปริมาณสินค้า และจำนวนของยานพาหนะที่ใช้ให้เป็นตัวแปรการตัดสินใจ ก็สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อประยุกต์ใช้ในงานวิจัยในอนาคตได้ต่อไป

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] P.Pumpuang, "Transport Planning-Cost Saving Human Development Technology Management", Bangkok, Logistics Thailand, 2014. (in Thai)

- [2] F.L. Hitchcock, "The distribution of a product from several sources to numerous localities", *Journal of Mathematical Physics*, Vol.20, pp.224-230, 1941.
- [3] G.Tzeng, M.Hwang, and S.Ting, "Taipower's coal logistics system : allocation planning and bulk fleet deployment", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.25, pp.24-46, 1995.
- [4] S.C.H. Leung, Y. Wu and K.K. Lai, "An optimization model for a cross-border logistics problem: A case in Hong Kong", *Computer and Industrial Engineering*, Vol. 43, pp.393-405, 2002.
- [5] A.M. Costa, "A survey on benders decomposition applied to fixed-charge network design problems", *Computer and Operations Research*, Vol.32, pp.1429-1450, 2005.
- [6] A. Balakrishnan, T.L. Magnanti and R.T. Wong, "A dual-ascent procedure for large-scale uncapacitated network design", *Operations Research*, Vol.37, pp.716-740, 1989.
- [7] A. Balakrishnan, T.L., "LP extreme points and cuts for the fixed-charge network design problem", *Mathematical Programming*, Vol.39, pp. 263-284, 1987.
- [8] K.Holmberg and D. Yuan, "A Lagrangean approach to network design problems", *International Transactions in Operational Research*, Vol.5, pp.529-539, 1998.
- [9] R.Aversa, R.C. Botter, H.E. Haralambides and H.T.V. Yoshisaki "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.
- [10] J.P. Rodrigue, "The Geography of Transport System", 3<sup>rd</sup> ed., Routledge, New York, 2013.