

การกำหนดตำแหน่งฐานปล่อยรถบรรทุกโดยพิจารณาปริมาณสินค้าที่บรรทุก ทั้งเที่ยวไปและกลับ กรณีศึกษาผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์

สุรพงศ์ พงศ์ดำรงศักดิ์¹ สุนาริน จันทะ²

ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 129 หมู่ 21 ต.เนินหอม อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี 25230

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการกำหนดฐานการปล่อยรถบรรทุกที่เหมาะสมให้กับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งมีการขนส่งสินค้าทั้งเที่ยวไป (linehaul) และเที่ยวกลับ (backhaul) โดยอาศัยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากปัญหาที่ฐานปล่อยรถปัจจุบันตั้งอยู่ห่างจากตำแหน่งของลูกค้า ทางบริษัทกรณีศึกษาจึงต้องการหาตำแหน่งในการสร้างฐานปล่อยรถใหม่อีกแห่ง เพื่อลดระยะทางในการขนส่งทั้งหมด โดยมีทางเลือก 2 แห่ง ได้แก่ สระบุรี และชัยภูมิ ผู้วิจัยทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้เส้นทางการขนส่งรวมที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร โดยมีเงื่อนไขที่จะต้องจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าเที่ยวไปและจากนั้นจะต้องรับสินค้าใหม่กลับมายังจุดปล่อยรถในการขนส่งเที่ยวกลับ แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ 1) กรณียอมให้เปิดฐานปล่อยรถได้ทั้ง 2 ฐานที่สระบุรีและชัยภูมิ 2) กรณีเลือกฐานสระบุรีฐานเดียว 3) กรณีเลือกฐานชัยภูมิฐานเดียว

ทำการค้นหาคำตอบด้วยโปรแกรมการหาค่าที่เหมาะสม (OPL 12.4) พบว่า ในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ให้ผลลัพธ์เหมือนกัน คือ ควรสร้างฐานปล่อยรถแห่งใหม่ที่ฐานสระบุรีเพียงแห่งเดียว โดยต้นทุนการขนส่งรวมเท่ากับ 14,525,948 บาท เมื่อเทียบกับต้นทุนปัจจุบันที่ใช้ฐานปล่อยรถแห่งเดียวสามารถลดต้นทุนได้เท่ากับ 1,997,084 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 12.45% ในกรณีที่ 3 เมื่อจัดเส้นทางการขนส่งโดยปล่อยรถที่ฐานชัยภูมิอย่างเดียว มีต้นทุนการขนส่งรวมเท่ากับ 14,756,471 บาท โดยสามารถลดต้นทุนได้เท่ากับ 1,836,561 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 11.06% เมื่อเทียบกับต้นทุนปัจจุบัน ดังนั้น ทางบริษัทควรสร้างฐานปล่อยรถแห่งใหม่ที่สระบุรี เนื่องจากสามารถลดต้นทุนการขนส่งรวมได้มากที่สุดหากเปิดใช้ฐานแห่งนี้

คำสำคัญ: ปัญหาการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ การหาค่าที่เหมาะสม การขนส่งสินค้าเที่ยวกลับ

* Corresponding author. E-mail: sunarin.c@fitm.kmutnb.ac.th

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

**Determining the Optimal Location for Depot
by Considering the Loads on Linehaul and Backhaul:
A Case Study of a Logistics Service Provider**

Suraphong Phongdumrongsakda¹ and Sunarin Chanta^{*2}

Industrial Management Department, Faculty of Industrial Technology and Management,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok,
129 M.21 Noenhom, Muang, Prachinburi, Thailand 25230

Abstract

The research aimed to determine the optimal location for a depot for the firm under study here, where customer orders on both heading (linehaul) and returning (backhaul) trips, using a mathematical model. Since the existing depot of the case study firm was located far from customers, the firm would like to find a location to establish another depot in order to reduce the total transportation distance. The two candidates were at Saraburi and Chaiyaphum Provinces. We formulated the mathematical model with the objective of minimizing the total cost of transportation, which was composed of fixed cost and variable cost, under the constraints that the orders had to be delivered to the linehaul customers and then another load of goods had to be picked up and brought back to the depot on the backhaul trip. The experiments were conducted using 3 cases: 1) two candidate depots: at Saraburi and Chaiyaphum Provinces; 2) one candidate depot at Saraburi Province; and 3) one candidate at Chaiyaphumb Province.

We solved the problem using optimization software (OPL 12.4), and the results showed that cases 1 and 2 had the same result, suggested building a new depot at Saraburi Province with a total transportation cost of 14,525,948 baht. When comparing the result to the current transportation cost with one depot, the cost decreased by the amount of 1,997,084 baht or 12.45%. In case 3, building a new depot at Chaiyaphum Province incurred a total transportation cost of 14,756,471 baht, which represented a decrease in the amount of 1,836,561 baht or 11.06% as compared to the current cost. Therefore, the firm should build a new depot at Saraburi Province because the total transportation cost was reduced the most using this location.

Keywords: facility location problem, optimization, backhaul logistic

* Corresponding author. E-mail: sunarin.c@fitm.kmutnb.ac.th

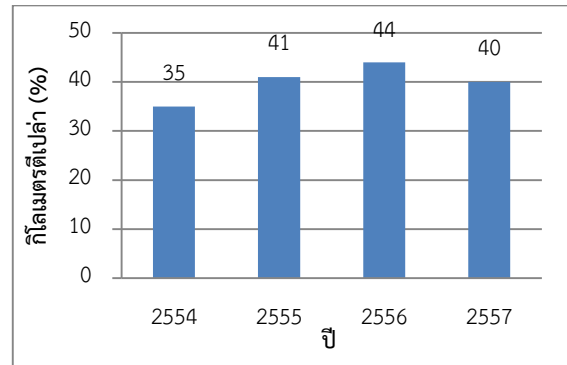
1 Graduate Student in Industrial Management Department, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus

2 Assistant Professor in Industrial Management Department, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus

1. บทนำ

การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากการเปิดเขตเสรีทางการค้าประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในปี 2558 ส่งผลให้การแข่งขันในภาคอุตสาหกรรมขนส่งทวีความรุนแรงมากขึ้น ผู้ให้บริการขนส่งทุกประเภทและทุกขนาดมีการตื่นตัวในการปรับมาตรฐานการให้บริการและเป้าหมายทางธุรกิจเพื่อรองรับและสอดคล้องกับภาคอุตสาหกรรมที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็วในขณะนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ให้บริการขนส่งทางบก ประเภทรถพ่วง รถบรรทุก รถเทเลอร์ ซึ่งถือว่าเป็นช่องทางการขนส่งหลักและมีเสถียรภาพมากที่สุดในเส้นทางโลจิสติกส์ของ AEC อุปสรรคของผู้ให้บริการขนส่งในขณะนี้คือปัญหาด้านทุนที่สวนทางกับสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบัน ทั้งราคาน้ำมัน ค่าแรง ค่าครองชีพที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ธุรกิจขนส่งไม่สามารถขึ้นค่าบริการได้ เนื่องจากจะส่งผลต่อราคาสินค้าในภาคการค้าปลีก อีกทั้งยังมีการควบคุมราคาของรัฐบาลอีกด้วย และผู้ให้บริการขนส่งยังเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรง ทำให้ต้องพยายามหากลยุทธ์อื่นๆ ให้สามารถแข่งขันในธุรกิจได้ โดยการรักษาระดับมาตรฐานการให้บริการเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ลูกค้าและรักษากลุ่มลูกค้าที่มีมูลค่าให้ใช้บริการของบริษัทอย่างต่อเนื่อง

บริษัทธนศึกษา เป็นผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทางบก โดยรถบรรทุกชนิดหัวลากกึ่งพ่วง รถบรรทุกสิบล้อ และรถบรรทุกหกล้อ บริษัทตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรม 304 ในจังหวัดปราจีนบุรี มีจำนวนรถบรรทุกให้บริการรวมทั้งสิ้น 141 คัน ให้บริการกลุ่มลูกค้าหลากหลายมากกว่า 10 ราย ซึ่งปริมาณงานมากกว่า 50% อยู่ในพื้นที่ให้บริการจังหวัดสระบุรี ลพบุรี และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้บริษัทประสบปัญหาการวิ่งรถไปกลับระหว่างบริษัทกับลูกค้าซึ่งอยู่คนละเส้นทาง บริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของระยะทางตีเปล่า เพราะรถบรรทุกแต่ละคันต้องกลับมาปิดงานและนำรถมาพักที่บริษัทเพื่อรอรับงานต่อไป ซึ่งคิดเป็นเงินมูลค่ากว่า 200,000 บาท/เดือน คิดเป็น 14.4% ของต้นทุนการวิ่งงานในแต่ละรอบงาน รูปที่ 1 แสดงข้อมูลต้นทุนสูญเสียเปล่าที่เกิดจากระยะทางตีเปล่า พบว่าในเวลา 4 ปี มีต้นทุนเสียเปล่าเพิ่มขึ้นทุกปี



รูปที่ 1 ต้นทุนสูญเสียเปล่าที่เกิดจากระยะทางตีเปล่า

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการลดต้นทุน ในส่วนที่เกิดจากระยะทางตีเปล่า (empty haul) โดยการขยายฐานปล่อยรถ (จุดพักรถ) ให้อยู่ในแนวเส้นทางที่มีการรับงาน โดยการเลือกสถานที่ตั้งใหม่จะพิจารณาให้เกิดต้นทุนในการขนส่งสินค้าทั้งระบบต่ำที่สุด ต้นทุนที่พิจารณาประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนคงที่ ซึ่งเกิดจากการก่อตั้งฐานปล่อยรถแห่งใหม่ และต้นทุนผันแปรซึ่งเกิดจากการเดินรถขนส่งสินค้า โดยในการจัดการขนส่งสินค้าจะต้องพิจารณาเงื่อนไขของลูกค้าและปริมาณการขนส่งสินค้าทั้งขาไป (linehaul) และขากลับ (backhaul) การแก้ปัญหาครั้งนี้ทำโดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และทำการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมผ่านโปรแกรมการหาค่าที่เหมาะสม OPL 12.4 คำตอบที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางการตัดสินใจเลือกฐานปล่อยรถแห่งใหม่ให้กับบริษัทธนศึกษา ในส่วนถัดไปของบทความมีรายละเอียด ดังนี้ ส่วนที่ 2 แสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 3 แสดงรายละเอียดการขนส่งสินค้าของบริษัทธนศึกษา ส่วนที่ 4 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ส่วนที่ 5 แสดงผลการวิจัย และส่วนที่ 6 แสดงบทสรุปของการวิจัย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุบลรัตน์ (2551) [1] ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง ซึ่งประกอบด้วยสามขั้นตอนหลัก โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ระยะทางของระบบน้อยที่สุด ในการหาผลเฉลยเบื้องต้นลูกค้าจะถูกแจกจ่ายไปยังคลังสินค้าที่ใกล้ที่สุดโดยวิธีใกล้เคียง

ไปนั้น (Arbitrary Nearest Neighbor Algorithm) จากนั้นเส้นทางของยานพาหนะในแต่ละคลังจะถูกสร้างขึ้นโดยการใช้อัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และเส้นทางนั้นๆจะถูกพัฒนาต่อมาโดยวิธีการเพิ่มเข้า (Insertion Algorithm) ในขั้นตอนสุดท้ายวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงผลเฉลยของระบบ ผลการคำนวณแสดงให้เห็นถึงการลดระยะทางรวมของระบบลงได้

ณัฐกาญจน์ และ วิภาวี (2553) [2] ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการขนส่งขึ้นส่วน ซึ่งกระบวนการขนส่งขึ้นส่วน มีการปรับปรุงจากการขนส่งขึ้นส่วน จากเดิมผู้ผลิตขึ้นส่วนจัดส่งขึ้นส่วนโดยตรงมายังโรงงาน เป็นการขนส่งขึ้นส่วนไปรับขึ้นส่วนของบริษัทผู้ผลิตขึ้นส่วนหลายรายด้วยรถขนส่งคันเดียวกัน โดยแบบจำลองนี้พัฒนาขึ้นเพื่อหาเส้นทางในการขนส่งที่ทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งและการจัดเก็บขึ้นส่วนน้อยสุด ซึ่งมีเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดขึ้นจากปัญหาจริงมีการทดลองแก้ปัญหา 10 ปัญหา โดยใช้โปรแกรม CPLEX จากปัญหาคำตัวอย่างทำให้ได้เส้นทางในการขนส่งขึ้นส่วนที่สามารถลดต้นทุนการจัดเก็บขึ้นส่วนลงได้ 62.5 บาท หรือคิดเป็น 8.7%

ปรีชญ์, นันทิ, และ วันชัย (2555) [3] ศึกษาการลดต้นทุนการขนส่งเงินสดจากศูนย์กระจายเงินสดจำนวน 3 แห่ง ไปยังจุดขนส่งที่เป็นสาขาและตู้ ATM จำนวน 4076 แห่ง ด้วยเทคนิคการจัดกลุ่มก่อน แล้วจัดเส้นทางการวิ่งที่หลัง (Cluster First–Route Second) ในขั้นตอนการจัดกลุ่มได้ใช้ปัจจัยเรื่องช่วงเวลาจัดส่ง (Time Window) เข้ามาพิจารณาในการจัดแบ่งจำนวนจุดขนส่งให้กับแต่ละศูนย์กระจายสินค้าด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาการจัดงาน (Assignment Problem) ส่วนการจัดเส้นทางวิ่งของรถขนส่งนั้นใช้วิธีการกวาดมุมแบบกลุ่ม (Group Sweep Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนาจากวิธีกวาดมุม (Sweep Algorithm) ร่วมกับวิธีการหาจุดที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Search) ในการวิจัยได้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่สามารถจัดกลุ่มและจัดเส้นทางวิ่งไว้ในตัวเดียวกัน โดยใช้โปรแกรม PHP เป็นตัวเชื่อมต่อกับโปรแกรมภาษา MySQL และโปรแกรม AMPL ให้สามารถใช้งานได้ง่าย รวมทั้งสามารถปรับเปลี่ยนค่าที่มีผลต่อการคำนวณต่างๆ ให้ยืดหยุ่น

กับการใช้งานจริง เช่น ความสามารถในการให้บริการในแต่ละศูนย์กระจายสินค้า ความเร็วเฉลี่ยของรถขนส่ง ช่วงเวลาในการจัดส่งสินค้าของแต่ละลูกค้า และความจุของรถขนส่ง ผลได้จากการวิจัยครั้งนี้สามารถลดจำนวนรถขนส่งได้ 11 คัน ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งของบริษัทได้ 5,852,910 บาท/ปี

Arcelus, Eiselt, และ Lin (2013) [4] ได้ทำการศึกษาเรื่องการขนส่งรถบรรทุกเที่ยวเปล่าในรูปแบบหลากหลายเพื่อลดเที่ยวเปล่าโดยบริษัทมีลูกค้าประมาณ 25,000 ราย มีรถเลออร์บริการ 750 คัน และมีรถของคนที่สามารถรับงานได้อีก 200 คัน ซึ่งสามารถเรียกได้ตามความต้องการ ปัจจุบันมีรถที่ฐานตลอดเวลา 150 คัน แต่ละคันมีน้ำหนักบรรทุก 45,000 ปอนด์และเพิ่มได้ถึง 65,000 ปอนด์เมื่อลูกค้าให้รับสินค้าจากจุด A ไป B รถจะรับสินค้าที่จุด A ที่ใกล้กับบริษัทและจะไปส่งสินค้าที่จุด B ที่ใกล้กับปลายทาง โดยพิจารณาการเชื่อมต่อของโครงข่ายโลจิสติกส์แบบจุดกลางเชื่อมกับแขนง (hub-and-spoke) และใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมในการหาเส้นทางที่ทำให้รถบรรทุกเที่ยวเปล่าว่างงานน้อยที่สุด โดยคำนึงถึง ระยะทาง ระยะทาง ปริมาณงาน และปริมาณรถที่ใช้ โดยผ่านฐานจำนวน 5 ฐานในแต่ละวัน ผลการวิจัย พบว่า สามารถลดระยะทางบรรทุกเที่ยวเปล่าลงได้ และยังสามารถใช้ประโยชน์จากรถได้เต็มประสิทธิภาพ

Vidovic (2005) [5] ได้ทำการศึกษาปัญหาของการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งโดยพิจารณาการขนส่งสินค้าเที่ยวกลับ (Vehicle Routing Problem with Backhauls: VRPB) โดยสินค้าจะถูกโหลดขึ้นรถบรรทุก ณ ศูนย์กระจายสินค้า (depot) เพื่อนำไปส่งให้กับลูกค้าปลายทาง จากนั้นรถบรรทุกจะต้องวิ่งไปรับสินค้าจากตัวแทนกลับมายังศูนย์กระจายสินค้า จะเห็นว่าการขนส่งในระบบโลจิสติกส์ของปัญหานี้ มีการส่งสินค้า (distribution/delivery) และรับสินค้ากลับมา (collect/pick up) โดนพิจารณาการบรรทุกที่มีความจุแตกต่างกัน ผู้วิจัยนำเสนอการใช้วิธี Matching Heuristics ในการแก้ปัญหา โดยใช้โปรแกรม VB Software ผลที่ได้สามารถได้เส้นทางจัดส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

Salhi, Wassan, และ Hajarat (2013) [6] ได้ศึกษาปัญหาของการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งโดยพิจารณาประเภทของรถที่มีความแตกต่างทั้งด้านต้นทุนคงที่และ

ต้นทุนผันแปร ร่วมกับการพิจารณาการขนส่งสินค้าเที่ยวกลับ (Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Backhauls: FSMVRPB) โดยพิจารณาจากกลุ่มลูกค้าที่มีคำสั่งซื้อแน่นอนเพื่อหาเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด โดยต้นทุนประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ทำการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์แบ่งกลุ่มย่อย (Set Partitioning Based Heuristics) ค้นหาคำตอบที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม CPLEX ผลลัพธ์ที่ได้แสดงเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

ในงานวิจัยนี้ใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการขนส่ง โดยพิจารณาการส่งสินค้า (delivery) ให้กับลูกค้า และการรับสินค้ากลับมา (pick up) ยังศูนย์กลางหรือสินค้าเที่ยวกลับ (backhaul) เช่นเดียวกับงานวิจัย [5, 6] โดยต้องการให้มีต้นทุนการขนส่งรวมต่ำที่สุด โดยต้นทุนการขนส่งรวมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร แตกต่างตรงที่ในงานวิจัยนี้เราต้องการทราบตำแหน่งที่เหมาะสมของฐานปล่อยรถแห่งใหม่ว่าควรตั้งอยู่ที่ใดเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากเส้นทางขนส่งสินค้าที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด และในการพิจารณาขนาดของรถบรรทุกจะพิจารณาตามปริมาณการขนส่งในแต่ละเส้นทาง

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.1 การกำหนดสัญลักษณ์

I = จำนวนจุดกระจายสินค้า

J = จำนวนลูกค้าปลายทาง โดยลูกค้าปลายทางจะรับสินค้าจากจุดกระจายสินค้าของบริษัทต้นทางของตนเท่านั้น

K = จำนวนลูกค้าเที่ยวกลับ

N = จำนวนทางเลือกฐานการปล่อยรถ

3.2 การกำหนดพารามิเตอร์

ต้นทุนผันแปร

C_{ni} = ต้นทุนค่าขนส่งสินค้า จากฐานปล่อยรถ n ไปยังจุดกระจายสินค้า i

C_{ij} = ต้นทุนค่าขนส่งเพื่อกระจายสินค้า จากจุดกระจายสินค้า i ไปยังลูกค้าปลายทาง j

C_{jk} = ต้นทุนค่าการเดินรถ จากลูกค้าปลายทาง j ไปรับสินค้าเที่ยวกลับจากลูกค้า k

C_{kn} = ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าเที่ยวกลับ จากลูกค้า k กลับไปยังฐานปล่อยรถ n

C_{jn} = ต้นทุนค่าการเดินรถ จากลูกค้าปลายทาง j กลับไปยังฐานปล่อยรถ n

ต้นทุนคงที่

F_n = ต้นทุนคงที่หากมีการเปิดฐานปล่อยรถ n โดยในที่นี้พิจารณาเฉพาะต้นทุนที่เกิดจากฐานปล่อยรถแห่งใหม่ที่สระบุรี และชัยภูมิ

ความต้องการสินค้า

D_j = ความต้องการสินค้าของลูกค้าปลายทาง j

B_k = ความต้องการสินค้าของลูกค้าเที่ยวกลับ k

3.3 การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ

ตัวแปรตัดสินใจในการเลือกฐานปล่อยรถ

$Y_n = 1$ หากมีการเปิดใช้ฐานปล่อยรถ n
 $= 0$ หากเป็นกรณีอื่น

ตัวแปรตัดสินใจในการกำหนดปริมาณการขนส่ง

X_{ni} = ปริมาณงาน (เที่ยว) ที่รับจากฐานปล่อยรถ n ไปยังจุดกระจายสินค้า i

X_{ij} = ปริมาณงาน (เที่ยว) ที่รับจากจุดกระจายสินค้า i ไปยังลูกค้าปลายทาง j

X_{jk} = ปริมาณรถที่วิ่งจากตำแหน่งลูกค้าปลายทาง j ไปรับสินค้าเที่ยวกลับจากลูกค้า k

X_{kn} = ปริมาณงาน (เที่ยว) ที่รับสินค้าเที่ยวกลับจากลูกค้า k กลับไปยังฐานปล่อยรถ n

X_{jn} = ปริมาณรถที่วิ่งจากตำแหน่งลูกค้าปลายทาง j กลับไปยังฐานปล่อยรถ n

3.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

Minimize

$$\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I C_{ni} X_{ni} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} X_{ij} + \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K C_{jk} X_{jk} + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N C_{kn} X_{kn} + \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N C_{jn} X_{jn} +$$

$$\sum_{n=1}^N F_n Y_n$$

ต้นทุนค่าขนส่งรวม แยกออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ต้นทุนผันแปร ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการเดินรถขนส่งใน 5 ส่วน ได้แก่ จากฐานปล่อยรถไปยังจุดกระจายสินค้า จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าปลายทาง จากลูกค้าปลายทางไปรับสินค้าเพื่อกลับ จากลูกค้าเพื่อกลับไปยังฐานปล่อยรถ และจากลูกค้าปลายทางไปยังฐานปล่อยรถ ส่วนที่ 2 ต้นทุนคงที่ ซึ่งเกิดจากค่าใช้จ่ายเมื่อมีการใช้ฐานปล่อยรถแห่งใหม่

Subject to

เงื่อนไข (Constraints)

ด้านความต้องการลูกค้า

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} \geq D_j, \forall j \quad (2)$$

รถบรรทุกสินค้าจะต้องมาส่งสินค้าในจำนวนไม่น้อยกว่าที่ลูกค้าปลายทางต้องการ

$$\sum_{j=1}^J X_{jk} \geq B_k, \forall k \quad (3)$$

รถบรรทุกสินค้าจะต้องไปรับสินค้าเพื่อกลับในจำนวนไม่น้อยกว่าที่ปริมาณงานที่ลูกค้าเพื่อกลับมีให้

ด้านปริมาณการขนส่ง

$$\sum_{n=1}^N X_{ni} = \sum_{j=1}^J X_{ij}, \forall i \quad (4)$$

ปริมาณงานที่เข้าสู่จุดกระจายสินค้าต้องเท่ากับปริมาณงานที่ออกจากจุดกระจายสินค้า

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{jk} + \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{jn}, \forall i \quad (5)$$

ปริมาณรถที่เข้าสู่ลูกค้าปลายทางต้องเท่ากับปริมาณงานที่ออกจากลูกค้าปลายทาง ซึ่งส่วนหนึ่งจะไปรับงานเพื่อกลับและอีกส่วนหนึ่งจะวิ่งกลับฐานปล่อยรถ

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{jk} = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N X_{kn} \quad (6)$$

ปริมาณงานที่เข้าสู่ลูกค้าเพื่อกลับต้องเท่ากับปริมาณงานที่ออกจากลูกค้าเพื่อกลับซึ่งจะกลับไปยังฐานปล่อยรถ

$$\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{jn} + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N X_{kn} = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I X_{ni} \quad (7)$$

ปริมาณงานที่เข้าฐานปล่อยรถต้องเท่ากับปริมาณงานที่ออกจากฐานปล่อยรถ โดยรถส่วนหนึ่งจะกลับฐานหลังจากส่งสินค้าให้กับลูกค้าปลายทาง และส่วนหนึ่งจะไปรับงานเพื่อกลับ

ด้านต้นทุนที่เกิดจากฐานปล่อยรถ

$$\sum_{j=1}^J X_{jn} + \sum_{k=1}^K X_{kn} \geq M Y_n, \forall n \quad (8)$$

หากมีปริมาณงานเข้าที่ฐานปล่อยรถ n จะก่อให้เกิดต้นทุน Y_n โดย M แทน ตัวเลขที่มีค่าสูงมาก

ด้านเครื่องหมายของตัวแปรตัดสินใจ

$$X_{ij} \geq 0, \forall i, j \quad (9)$$

$$Y_n \in \{0,1\}, \forall n \quad (10)$$

กำหนดให้ปริมาณการขนส่ง (เที่ยว) มีค่าเป็นศูนย์หรือจำนวนเต็มบวก และการเปิดใช้งานฐานปล่อยรถมีค่าเป็นศูนย์หรือหนึ่ง

4. บริษัทกรณีศึกษา

4.1 ข้อมูลทั่วไป

บริษัทกรณีศึกษาก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2553 เป็นบริษัทผู้ให้บริการขนส่งทางบกโดยรับบริการขนส่งสินค้าทั่วราชอาณาจักรมีลูกค้ามากกว่า 10 ราย และมีสัญญาให้บริการรับจ้างวิ่งงานขนส่ง ซึ่งมีรายได้จากการรับจ้างบริการมากกว่า 10 ล้านบาทต่อปี ทำการขนส่งสินค้าโดยใช้รถบรรทุกชนิดหัวลากกึ่งพ่วง ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาที่มีฐานปล่อยรถบรรทุกชนิดหัวลากกึ่งพ่วงอยู่ที่เขตนิคมอุตสาหกรรม 304 ในจังหวัดปราจีนบุรี

4.2 รูปแบบการขนส่ง

ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากบริษัทเปิดรับงานจากลูกค้า ปัจจุบันมี 3 บริษัท ได้แก่ A, B, และ C โดยแต่ละบริษัทประกอบธุรกิจแตกต่างกัน บริษัท A ผลิตและจำหน่ายสินค้าประเภทปูนซีเมนต์ บริษัท B ผลิตและจำหน่ายสินค้าประเภทไม้แปรรูป และบริษัท C ผลิตและจำหน่ายสินค้าประเภทกระดาษ โดยบริษัท A และ B อยู่ในกลุ่มที่ต้องทำการส่งสินค้าเที่ยวไป ส่วนบริษัท C อยู่ในกลุ่มที่ต้องทำการรับสินค้าเที่ยวกลับ

ในการส่งสินค้านั้นบริษัทกรณีศึกษาจะเริ่มเดินทางจากฐานปล่อยรถซึ่งตั้งอยู่ที่บริษัท C ในเขตจังหวัดปราจีนบุรี เพื่อไปรับสินค้า ณ จุดกระจายสินค้าของบริษัท A ในเขตจังหวัดสระบุรี และ บริษัท B ในเขตลพบุรี เพื่อจัดส่งไปยังลูกค้าปลายทางในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยบริษัท A มีลูกค้าปลายทาง 15 ราย และบริษัท B มีลูกค้าปลายทาง 10 ราย และเมื่อพนักงานจัดส่งวิ่งงานเสร็จ จะทำการพิจารณาทางเลือก 3 กรณี ได้แก่ 1) ดำเนินการทางานขากลับ (backhauling) โดยการนำไม้ท่อนกลับสู่บริษัท C, 2) ติเปลา่กลับที่ขึ้นสินค้าต้นทางเพื่อรับงานใหม่, 3) ติเปลา่กลับสำนักงานขนส่งเมื่อวิ่งงานครบ 3 เที่ยว เพื่อเคลียร์เอกสาร โดยบริษัท C มีผู้จัดหาไม้ท่อน (suppliers) 9 ราย รายละเอียดของตำแหน่ง (พิกัดภูมิศาสตร์) และปริมาณงาน (เที่ยว) ของทั้ง 3 บริษัท แสดงใน [7]

เนื่องจากปริมาณสินค้าเที่ยวกลับของบริษัท C มีแนวโน้มลดลง ดังนั้น ปริมาณรถติเปลา่กลับมายังฐานปล่อยรถจึงมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่ง ดังนั้นทางบริษัทจึงมีแนวคิดที่จะตั้งฐานปล่อยรถแห่งใหม่ ที่อยู่ในแนวของกลุ่มบริษัทลูกค้า เพื่อลดการเดินทางเที่ยวเปล่าที่เกิดขึ้น โดยบริษัทมีทางเลือก 2 แห่ง ได้แก่ ฐานปล่อยรถที่สระบุรี และฐานปล่อยรถที่ชัยภูมิ

5. ผลการวิจัย

5.1 การวางแผนการทดลอง

ผู้วิจัยวางแผนการทดลองออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ 1) กรณีที่ยอมให้เปิดใช้ฐานปล่อยรถทั้ง 3 แห่ง ได้แก่ ปราจีนบุรี สระบุรี และชัยภูมิ 2) กรณีปิดการใช้ฐานปล่อยรถที่ชัยภูมิ และ 3) กรณีปิดการใช้ฐานปล่อยรถที่สระบุรี โดยมีการกำหนดต้นทุนผันแปร (travelling cost) และต้นทุนคงที่ (fixed cost) ดังแสดงในตารางที่ 1 ต้นทุนผันแปรเกิดจากค่าเชื้อเพลิงและค่าซ่อมแซมที่เกี่ยวข้อง ส่วนต้นทุนคงที่ที่เกิดจากค่าเช่าสถานที่ ซึ่งจะแตกต่างกันตามตำแหน่งของสถานที่

ตารางที่ 1 ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร

รายการ	หน่วย
ต้นทุนผันแปร	10.3 บาท/กม.
ต้นทุนคงที่ฐานปล่อยรถสระบุรี	140,000 บาท
ต้นทุนคงที่ฐานปล่อยรถชัยภูมิ	70,000 บาท

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในหัวข้อที่ 3 เป็นแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้กับปัญหาการกำหนดที่ตั้งฐานปล่อยรถที่มีการพิจารณาปริมาณสินค้าที่รับส่งทั้งไปและกลับ โดยสำหรับกรณีศึกษานี้ การทดลองทั้ง 3 กรณี มีรายละเอียดการกำหนดค่าดัชนีและตัวแปรต่างๆ ดังนี้ จำนวนลูกค้าขาไปเท่ากับ 2 ราย ($i=1,2$) จำนวนลูกค้าปลายทางของบริษัท A เท่ากับ 15 ราย ($i=1;j=1,2,...,15$) และบริษัท B เท่ากับ 10 ราย ($i=2;j=1,2,...,10$) จำนวนลูกค้าเที่ยวกลับมี 9 แห่ง ($k=1,2,...,9$) ทางเลือกของฐานปล่อยรถมี 3 แห่ง ได้แก่ สระบุรี, ชัยภูมิ, และปราจีนบุรี ($m=1,2,3$) โดยในกรณีศึกษานี้บริษัทลูกค้าเที่ยวกลับตั้งอยู่ที่ฐานปล่อยรถเดิมในเขตปราจีนบุรี ดังนั้น ปรับสมการที่ (6) เป็นสมการที่ (6.1)

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{jk} = \sum_{k=1}^K X_{k3} \quad (6.1)$$

ซึ่งจะบังคับให้สินค้าเที่ยวกลับไปส่งที่ฐานปล่อยรถเดิมในจังหวัดปราจีนบุรี โดยไม่คิดต้นทุนคงที่ รายละเอียดเงื่อนไขของการทดลองทั้ง 3 กรณี แสดงในตารางที่ 2

รูปที่ 2 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าเที่ยวไปและกลับในปัจจุบัน ซึ่งฐานปล่อยรถมีแห่งเดียวตั้งอยู่ที่ปราจีนบุรี รูปที่ 3 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าเที่ยวไปและกลับ หากมีการเปิดใช้ฐานปล่อยรถแห่งใหม่ที่สระบุรีหรือชัยภูมิ โดยเส้นประแสดงถึงการตีรถเปล่า และเส้นทึบแสดงถึงการวิ่งรถโดยมีการบรรทุกสินค้า

ตารางที่ 2 การกำหนดเงื่อนไขของการทดลอง

กรณี	รายละเอียด	เงื่อนไข
1	ยอมให้เปิดฐานปล่อยรถทั้ง 2 แห่ง	(1) - (10)
2	ปิดการใช้ที่ชัยภูมิ	(1) - (10) และ $Y_2=0$
3	ปิดการใช้ที่สระบุรี	(1) - (10) และ $Y_1=0$

5.2 ผลการทดลอง

ทำการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาในข้อ 3 เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมการหาค่าที่เหมาะสม Optimization Programming Language (OPL) 12.4 (academic license) [8] ค้นหาคำตอบโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผล Intel Core i-5 CPU 2.3 GHz หน่วยความจำขนาด 6 GB โดยสามารถหาคำตอบที่เหมาะสม (optimal solution) ได้ภายในเวลาประมาณ 3 วินาที ผลการทดลองพบว่า ฐานปล่อยรถแห่งใหม่ควรสร้างขึ้นที่จังหวัดสระบุรี โดยมีต้นทุนรวม 14,525,948 บาท โดย

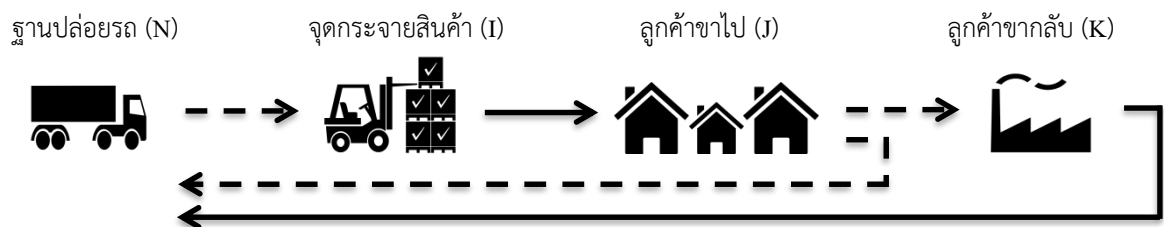
ลดลงจากรูปแบบการขนส่งปัจจุบัน 2,067,084 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 12.45 ทั้งนี้การสร้างฐานที่จังหวัดชัยภูมิแม้จะเสียค่าเช่าสถานที่น้อยกว่าแต่เสียค่าใช้จ่ายโดยรวมมากกว่า โดยการสร้างฐานปล่อยรถที่จังหวัดชัยภูมิทำให้ต้นทุนรวมลดลงเพียง 1,836,561 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 11.06 โดยการทดลองพบว่าผลการทดลองในกรณีที่ 1 และ 2 ได้ผลเหมือนกัน คือ ใช้งานฐานปล่อยรถเดิมที่ปราจีนบุรี ร่วมกับการเปิดใช้งานฐานปล่อยรถใหม่ที่สระบุรี ตารางที่ 3-4 แสดงรายละเอียดของต้นทุนรวมและต้นทุนที่ลดลงในแต่ละกรณี

ตารางที่ 3 ต้นทุนรวมในการทดลองแต่ละกรณี

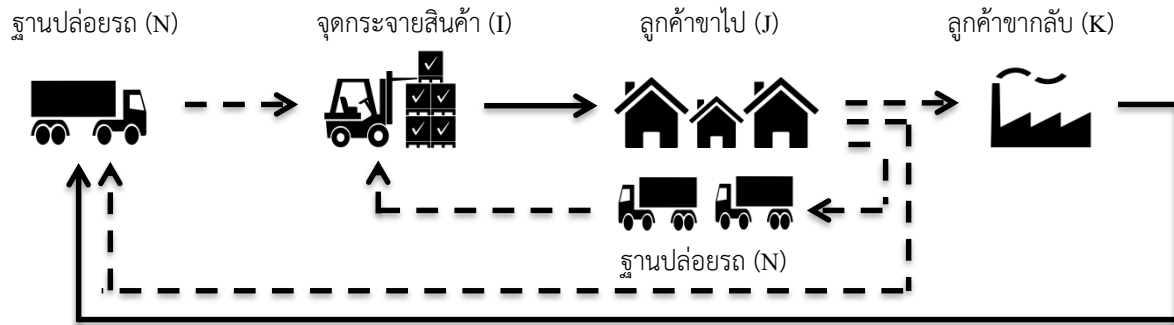
กรณี	ฐานปล่อยรถที่เปิดใช้งาน	ต้นทุนรวม (ล้านบาท)	เวลาประมวลผล (วินาที)
ปัจจุบัน	ปราจีนบุรี	16.5930	-
1	สระบุรี ปราจีนบุรี	14.5254	3.22
2	สระบุรี ปราจีนบุรี	14.5254	2.06
3	ชัยภูมิ ปราจีนบุรี	14.7564	1.31

ตารางที่ 4 ต้นทุนที่ลดลงในการทดลองแต่ละกรณี

กรณี	ฐานปล่อยรถที่เปิดใช้งาน	ต้นทุนที่ลดลง (ล้านบาท)	ร้อยละ
1	สระบุรี ปราจีนบุรี	2.0670	12.45%
2	สระบุรี ปราจีนบุรี	2.0670	12.45%
3	ชัยภูมิ ปราจีนบุรี	1.8365	11.06%



รูปที่ 2 เส้นทางการเดินรถในปัจจุบัน



รูปที่ 3 เส้นทางรถเดินเมื่อเปิดใช้ฐานปล่อยรถใหม่

6. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตำแหน่งฐานปล่อยรถที่เหมาะสม โดยต้องการให้มีต้นทุนในการขนส่งรวมต่ำที่สุด โดยต้นทุนในการขนส่งรวม ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปิดใช้งานฐานปล่อยรถ เช่น ค่าเช่าสถานที่ ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเดินรถขนส่ง ซึ่งจะแปรผันตามระยะทาง และค่าเชื้อเพลิง โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น พิจารณาการจัดการขนส่งสินค้าให้กับบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์ ซึ่งมีการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ โดยรถบรรทุกขนส่งจะต้องวิ่งไปปฏิบัติงานยังต้นทางของบริษัทที่เป็นลูกค้าและนำของไปส่งยังลูกค้าปลายทางของบริษัทนั้นๆ เมื่อเสร็จแล้วต้องวิ่งไปปฏิบัติงานลูกค้าเที่ยวกลับเพื่อกลับมาส่งยังฐานปล่อยรถเริ่มต้น ทำการแก้ปัญหาโดยใช้การหาค่าที่เหมาะสม ผลการทดลองพบว่า สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้มากกว่า ร้อยละ 12 หากมีการเปิดใช้ฐานปล่อยรถแห่งใหม่ ผลการศึกษานี้ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการขนส่งให้กับบริษัทกรณีศึกษา รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้กับงานที่มีการจัดการขนส่งสินค้าทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อุบลรัตน์ เจริญนาคม. การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.

[2] ณัฐกาญจน์ โพธิ์สัมฤทธิ์ และ วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ. “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทาง-พัสดุคงคลัง,” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 20(3), หน้า 544-551, 2553.

[3] ปรัชญ์ บุญแซม, นันทิ สุทธิการณนัย, และวันชัย รัตนวงษ์. “การจัดกลุ่มขนส่งสินค้าและการจัดเส้นทางรถขนส่งที่มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง: กรณีศึกษาการขนส่งเงินสด,” *UTCC Engineering Research Papers*. (9 May 2017) [Online] Available: <http://eprints.utcc.ac.th/1751/1/1751fulltext.pdf>.

[4] F.J. Arcelus, H.A. Eiselt, and Edward Y.H. Lin, “A Minimizing empty hauls in multi-day, multi-depot trucking,” *International Transactions in Operational Research*, Vol. 5(3), pp. 201-210, 2013.

[5] M. Vidovic, “Matching algorithm for the vehicle routing in containers Delivery and collecting problems,” *The 7th Balkan Conference on Operational Research (BACOR 05)*. May 25-28, Constanta, Romania, pp. 1-9, 2005.

[6] S. Salhi, N. Wassen, and M. Hajarat, “The Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Backhauls: Formulation and Set Partitioning-based Heuristics,” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 56, pp. 22-35, 2013.

[7] สุรพงศ์ พงศ์ดำรงศักดิ์. การลดต้นทุนในการจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา: บริษัทผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์. วิศวกรรมศาสตรมหา

บัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี, 2557.

[8] IBM ILOG CPLEX Optimization Studio. (9 May 2017) Software Details. [Online] Available: <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/ibm-ilog-cplex>