

การบริหารรถขนส่งและเส้นทางเดินรถโดยใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น
กรณีศึกษาขนส่งสินค้าอันตรายประเภทของเหลว
Truck fleet and vehicle routing management by using the
concept of integer linear programming with a case study of
liquid product

ฐิติมา วงศ์อินตา^{1*}, อนิรุทธ์ ชันธะอาด², กิตติ เจริญสุข³

^{1*}อาจารย์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา

E-mail: t_wonginta@gmail.com

²อาจารย์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา

E-mail: anirutka@gmail.com

³นิสิตปริญญาโท, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา

E-mail: kitti.jaroensuk@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนรถที่เหมาะสมและการจัดเส้นทาง
การขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตสินค้าอันตรายประเภทของเหลวไปยังลูกค้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก
เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น ผู้วิจัยใช้ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการลูกค้า
ล่วงหน้า 8 เดือนมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความต้องการลูกค้าแต่ละราย จากนั้นจึงทำการ
วิเคราะห์จำนวนรถขนส่งที่เหมาะสมและระยะทางในการจัดส่งที่สั้นที่สุดโดยใช้วิธีการหาคำตอบ
ที่ดีที่สุด (Exact Method) มาใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางการจัดส่ง ผลการวิเคราะห์พบว่า การย้าย
รถบรรทุกสินค้าสำหรับขนส่งลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออกไปประจำการที่โรงงานในจังหวัดชลบุรี
ส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งรวมถึงระยะทางรวมจากโรงงานไปยังลูกค้าลดลง

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ, สินค้าของเหลว, การบริหารรถขนส่ง

ABSTRACT

The main objectives of this research are divided into 2 parts; finding the appropriate number of transportation trucks and improving the vehicle routing solution in transportation of liquid product in Chonburi, Thailand. Firstly, researchers analyze and calculate the average of customer demand based on the forecasting demand around 10 months. Then, the average of customer demand would be a significant factor to analyze the appropriate number of trucks and the Exact Method is implemented to optimize the total distance from a company case study to a number of customers. As a final result, it is revealed that moving the trucks, which would be enough to support customer demand in the eastern region, to Chonburi will decrease the total distance and the overall transportation cost.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Liquid product, Truck Fleet Management

1. บทนำ

การขนส่งนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อธุรกิจเกือบทุกประเภท โดยกิจกรรมการขนส่งเป็นส่วนสำคัญในการขนย้ายวัตถุดิบเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิต รวมทั้งการกระจายสินค้าสำเร็จรูปจากโรงงานไปยังลูกค้า อย่างไรก็ตามกิจกรรมการขนส่งนับเป็นกิจกรรมที่มีต้นทุนในสัดส่วนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกิจกรรมโลจิสติกส์อื่น ๆ ดังนั้นหากไม่มีการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพอาจจะทำให้องค์กรต้องแบกรับภาระต้นทุนการขนส่งสูงเกินความจำเป็น สำหรับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตสินค้าของเหลวอันตราย มีโรงงานผลิต 2 แห่ง ตั้งอยู่ที่อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี และแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี มีลูกค้ากระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ในอดีตที่ผ่านมาปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าส่วนใหญ่จะมาจากพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันตก โดยโรงงานที่จังหวัดสระบุรีจะเป็นผู้รับผิดชอบในการกระจายสินค้า ส่วนลูกค้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกนั้นมีจำนวนไม่มากส่วนใหญ่เป็นลูกค้าที่มีการขนส่งทางท่อต่อตรงจากโรงงานของบริษัทกรณีศึกษา ดังนั้นในส่วนการบริหารจัดการรถขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา จะมีกลุ่มรถขนส่งตั้งประจำอยู่ที่โรงงานจังหวัดสระบุรีเพียงแห่งเดียวเพื่อใช้ในการกระจายสินค้าไปทั่วประเทศ

ทั้งนี้ เนื่องจากกำลังการผลิตของโรงงานที่ตั้งอยู่ในจังหวัดชลบุรีเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นบริษัทกรณีศึกษา จึงได้มีการขยายฐานลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ท่าเรือแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ทั้งนี้กลุ่มลูกค้าในภาคตะวันออกจะมีทั้งกลุ่มลูกค้าที่ขนส่งทางท่อและขนส่งทางรถบรรทุก อย่างไรก็ตามในการขนส่งและกระจายสินค้าในพื้นที่ภาคตะวันออกนั้น

รถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งยังเป็นกลุ่มรถเดียวกันกับรถที่ประจำอยู่ที่โรงงานในจังหวัดสระบุรี กล่าวคือ เมื่อลูกค้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกมีความต้องการสินค้า รถบรรทุกสินค้าจะบรรทุกสินค้าจากโรงงานในจังหวัดสระบุรีเพื่อมาส่งให้ลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออก หรือเป็นรถบรรทุกที่วิ่งงานส่งสินค้าให้ลูกค้าในพื้นที่อื่น ๆ เสร็จแล้วจะวิ่งรถเปล่ามายังโรงงานในจังหวัดชลบุรี เพื่อรับสินค้าไปส่งให้กับลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออก เมื่อส่งสินค้าเสร็จแล้วคนขับรถจะตีรถเที่ยวเปล่ากลับมาที่โรงงานจังหวัดสระบุรีเพื่อรอรอบการขนส่งต่อไป

การดำเนินการในลักษณะดังกล่าว พบว่าบริษัทมีต้นทุนการขนส่งค่อนข้างสูงและการใช้งานรถบรรทุกยังไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าโดยการพิจารณาจัดกลุ่มรถให้ประจำโรงงานที่จังหวัดชลบุรีให้เพียงพอกับความต้องการลูกค้าและจัดรูปแบบเส้นทางขนส่งใหม่ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสามารถจัดส่งสินค้าให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าโดยจะทำการเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างการบริหารการขนส่งที่เป็นอยู่ปัจจุบันกับแบบใหม่ว่าแบบไหนมีความเหมาะสมกว่ากัน

2. แนวคิดและทฤษฎี

เนื่องจากผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะเพิ่มกลุ่มรถเพื่อประจำโรงงานของบริษัทกรณีศึกษา ในจังหวัดชลบุรี และพิจารณาเส้นทางการจัดส่งให้กับลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem) ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสามารถจัดกลุ่มตามลักษณะของปัญหาได้ดังนี้

- **วิธีการแม่นยำตรง (Exact method)** วิธีการนี้ใช้พื้นฐานจากหลักการโปรแกรมเชิงเส้น การโปรแกรมจำนวนเต็ม หรือวิธีการอื่นที่จะทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุด เช่น วิธีการตัดแบบระนาบ (Cutting plane method) วิธีbranch and bound (Branch and bound method) วิธีเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) อาทิ การนำเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นมาใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่มในจังหวัดเชียงราย (Chaiwongsakda, et al, 2015) หรือการนำเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นมาใช้ในการจัดสรรจำนวนพาเลทสินค้าชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์ก่อนการย้ายคลังสินค้า (Kantasa-ard, 2017)

- **วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics method)** เป็นวิธีการเมื่อดำเนินการเรียบร้อยแล้วจะได้ค่าที่ดี แต่อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าวิธีการแบบแม่นยำตรงและเหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ เช่น วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) วิธีการอาณานิคมมด (Ant colony optimization) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu search) วิธีการค้นหาเชิงลึก (Depth first search) วิธีการหาค่าประหยัด (Saving Heuristics algorithm) อาทิ การนำเทคนิคในการหาค่าประหยัดมาใช้คำนวณเส้นทางรถมัลติคัน สำหรับการขนส่งสินค้าในอุตสาหกรรมยานยนต์ (Wangrungruwichaisri,

2017) หรือการนำวิธีการฮิวริสติกส์มาใช้ในการหาระยะทางรวมที่ต่ำที่สุดสำหรับการให้บริการรับส่งของประเภทรถยก (ชนิษฐา, 2558) รวมถึงการนำหลักการค้นหาเชิงลึกมาประยุกต์ใช้กับการวางแผนเส้นทางที่เหมาะสมให้กับพนักงานขายในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักร (Patcharakak, 2014)

- **การจำลองแบบปัญหา (Simulation)** ใช้การจำลองแบบปัญหาส่วนใหญ่จะใช้กับปัญหาที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น เช่น ความต้องการไม่แน่นอน ระยะเวลาการให้บริการไม่แน่นอน อาทิ การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการสร้างแบบจำลองเส้นทาง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการขนส่งสินค้าประเภทน้ำมันหล่อลื่น (กาญจนา, 2558)

จากการทบทวนดังกล่าว ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการแม่นยำตรง (Exact Method) มาใช้ในการคำนวณหาเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม สำหรับการขนส่งสินค้าประเภทของเหลว รวมถึงการประยุกต์ใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) มาช่วยคำนวณระยะทางและปริมาตรสินค้าที่เหมาะสมในแต่ละเส้นทาง เนื่องจากปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหามิติขนาดเล็ก จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทางมีไม่เกิน 40 ราย (ปรุพท์, 2557) ดังนั้น การเลือกใช้วิธีแม่นยำตรง จะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดและใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหาที่สั้น โดยมีเงื่อนไขในเรื่องของความต้องการลูกค้าที่แน่นอน และมีข้อจำกัดในเรื่องของด้านเวลาอย่างเคร่งครัด (Soft time windows) มาเป็นตัวแปรในการกำหนดจุดที่มีการรับส่งสินค้า เนื่องจากลูกค้าแต่ละรายสามารถปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการรับสินค้าให้เร็วขึ้นได้ในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาที่มีความต้องการสินค้าเพิ่มสูงขึ้น

3. วิธีการวิจัย

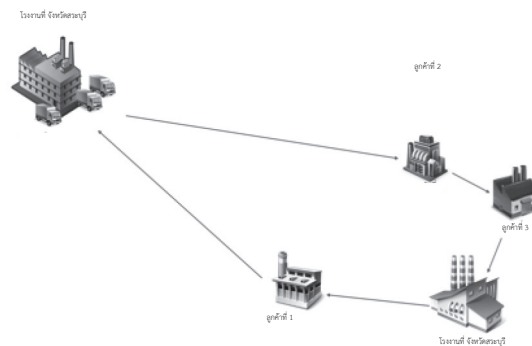
ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบวิธีการวิจัย โดยการวิจัยครั้งนี้จะเป็นการวิจัยข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยแบ่งขั้นตอนการทำวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ รวบรวมข้อมูลรูปแบบการขนส่งรูปแบบเดิม และข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลอง และพัฒนาแบบจำลองสำหรับการใช้ในการศึกษา โดยมีรายละเอียดในแต่ละประเด็นสรุปได้ดังนี้

3.1 รูปแบบการขนส่งในปัจจุบันและข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก คือ ข้อมูลรูปแบบการขนส่งในปัจจุบัน ข้อมูลพยากรณ์ความต้องการลูกค้า ข้อมูลระยะทางจากโรงงานของบริษัทกรณีศึกษา ไปยังลูกค้าในพื้นที่ชลบุรี และข้อมูลประเภทรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง

- ข้อมูลรูปแบบการขนส่งในปัจจุบัน

ในส่วนของข้อมูลรูปแบบการขนส่ง ซึ่งรถขนส่งจะวิ่งออกจากโรงงานในจังหวัดสระบุรีเป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่ารูปแบบการขนส่งดังกล่าวทำให้ระยะทางการขนส่งจาก บริษัทกรณีศึกษาไปยังลูกค้าเพิ่มสูงขึ้น และในส่วนของบริษัทสภาพการขนส่งนั้นก็ลดลงด้วย เนื่องจาก

ระยะทางจากบริษัทกรณีศึกษาสาขาสระบุรีมายังลูกค้าในพื้นที่ชลบุรีค่อนข้างไกล นอกจากนี้หากมีการเติมสินค้าที่โรงงานที่ชลบุรีเต็มคันรถและวิ่งไปส่งสินค้าที่ลูกค้าแค่รายเดียวแต่ลงสินค้าได้ไม่เต็ม ทำให้ต้องแบกน้ำหนักส่วนเกินกลับไปโรงงานสระบุรี และจากรูปแบบการขนส่งดังกล่าวอาจจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการขนส่งสินค้าสำหรับลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่นครอุตสาหกรรมแหลมฉบังและใกล้เคียงในจังหวัดชลบุรี เนื่องจากรถต้องวิ่งมาจากโรงงานในจังหวัดสระบุรี ส่งผลให้เวลาที่จะเดินทางไปพบลูกค้าในกรณีที่เกิดปัญหาสินค้าใกล้หมดใช้เวลานานขึ้น ซึ่งอาจจะกระทบกับความเชื่อมั่นของลูกค้าได้



รูปที่ 1 : รูปแบบการขนส่งปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา^[1] (Jaroensuk, 2017)

- ข้อมูลพยากรณ์ความต้องการลูกค้า

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลค่าพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี จำนวน 19 ราย ในช่วงเดือนพฤษภาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2560 มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้มาจากการเก็บข้อมูลความต้องการลูกค้าย้อนหลังและพยากรณ์โดยใช้ดัชนีฤดูกาล (Seasonal Index) อย่างไรก็ดี มีลูกค้าจำนวน 3 ราย (A02, A14 และ A18) ที่เปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากทางรถบรรทุกเป็นทางท่อ ดังนั้นในการวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งในครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลลูกค้าจำนวน 16 รายในการวิเคราะห์

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าล่วงหน้า (Jaroensuk, 2017)

ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการล่วงหน้า เดือนพฤษภาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2560 (กิโลกรัม/วัน)									
ที่	ลูกค้า	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	A01	3,207.6	3,349.2	3,390.3	3,315.7	3,351.7	3,352.6	3,340.0	3,348.1
2	A02	-	-	-	-	-	-	-	-
3	A03	3,426.7	3,764.2	3,692.3	3,627.7	3,694.8	3,671.6	3,664.7	3,677.0
4	A04	-	-	-	6,500.0	-	-	7,477.8	6,400.9
5	A05	11,352.3	12,271.8	12,118.9	11,914.3	12,101.7	12,045.0	12,020.3	12,055.7
6	A06	5,370.4	5,028.3	5,186.5	5,195.1	5,136.6	5,172.7	5,168.1	5,159.2
7	A07	2,103.5	2,278.5	2,257.0	2,213.0	2,249.5	2,239.8	2,234.1	2,241.1
8	A08	4,827.3	4,845.9	4,857.7	4,843.6	4,849.1	4,850.2	4,847.6	4,849.0
9	A09	10,422.7	10,697.9	10,846.2	10,655.6	10,733.2	10,745.0	10,711.3	10,729.8
10	A10	2,935.8	3,036.4	3,055.6	3,009.3	3,033.8	3,032.9	3,025.3	3,030.6
11	A11	9,477.8	9,324.6	9,114.2	9,305.5	9,248.1	9,222.6	9,258.7	9,243.1
12	A12	3,569.9	3,672.8	3,634.7	3,625.8	3,644.4	3,635.0	3,635.1	3,638.2
13	A13	3,877.1	3,886.1	3,918.3	3,893.8	3,899.4	3,903.8	3,899.0	3,900.8
14	A14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	A15	3,219.4	3,333.5	3,304.0	3,285.6	3,307.7	3,299.1	3,297.5	3,301.4
16	A16	5,220.6	5,040.5	5,142.2	5,134.5	5,105.7	5,127.5	5,122.6	5,118.6
17	A17	5,028.2	5,079.4	5,005.9	5,037.8	5,041.0	5,028.2	5,035.7	5,035.0
18	A18	-	-	-	-	-	-	-	-
19	A19	1,821.4	1,840.4	1,921.9	1,861.2	1,874.5	1,885.9	1,873.9	1,878.1

ทั้งนี้ลูกค้าแต่ละรายมีรอบ วัน เวลาในการจัดส่งไม่ตรงกัน ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาจัดกลุ่มลูกค้าจำนวน 16 รายออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

- **กลุ่มที่ 1** ลูกค้าที่สามารถเข้าส่งสินค้าได้เฉพาะวันจันทร์ พุธ และศุกร์ เท่านั้น ความต้องการรวมสินค้าต่อวันอยู่ที่ 26,589.8 กิโลกรัม ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กลุ่มลูกค้าที่สามารถส่งสินค้าได้เฉพาะวันจันทร์ พุธ และศุกร์ เท่านั้น

No.	Customer	ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อวัน	Customer working time
1	A01	3,207.6	Day (Mon, Wen, Fri)
2	A06	5,370.4	Day (Mon, Wen, Fri)
3	A08	4,827.3	Day (Mon, Wen, Fri)
4	A10	2,935.8	Day (Mon, Wen, Fri)
5	A16	5,220.6	Day (Mon, Wen, Fri)
6	A17	5,028.2	Day (Mon, Wen, Fri)
ความต้องการเฉลี่ยต่อวัน		26,589.8	

- **กลุ่มที่ 2** ลูกค้าที่สามารถเข้าส่งสินค้าได้เฉพาะวันอังคาร และพฤหัสบดี เท่านั้น ความต้องการสินค้ารวมต่อวันอยู่ที่ 24,816.1 กิโลกรัม ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กลุ่มลูกค้าที่สามารถส่งสินค้าได้เฉพาะ วันอังคาร และพฤหัสบดี เท่านั้น

No.	Customer	ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อวัน	Customer working time
1	A03	3,426.7	Day (Tues, Thurs)
2	A04	6,798.0	Day (Tues, Thurs)
3	A07	2,103.5	Day (Tues, Thurs)
4	A12	3,569.9	Day (Tues, Thurs)
5	A13	3,877.1	Day (Tues, Thurs)
6	A15	3,219.4	Day (Tues, Thurs)
7	A19	1,821.4	Day (Tues, Thurs)
ความต้องการเฉลี่ยต่อวัน		24,816.1	

- **กลุ่มที่ 3** ลูกค้าที่สามารถเข้าส่งสินค้าได้ทุกวัน ความต้องการสินค้ารวมต่อวันอยู่ที่ 31,252.9 กิโลกรัม ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลูกค้าที่สามารถส่งสินค้าได้ทุกวัน

No.	Customer	ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อวัน	Customer working time
1	A05	11,352.3	Day (Every Day)
2	A09	10,422.7	Day (Every Day)
3	A11	9,477.8	Day (Every Day)
	ความต้องการเฉลี่ยต่อวัน	31,252.9	

- **ข้อมูลระยะทางระหว่างบริษัทการศึกษา และลูกค้าในจังหวัดชลบุรี**

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะทางจากโรงงานจังหวัดสระบุรีมายังลูกค้าภาคตะวันออก และจากโรงงานในจังหวัดชลบุรีมายังลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออก เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งต่อไป

- **ข้อมูลประเภทรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง**

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลประเภทและขนาดรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ซึ่งมี 2 ประเภท คือ รถบรรทุกรับน้ำหนักบรรทุก 10 ตัน และรถ Trailer รับน้ำหนักบรรทุกได้ 20 ตัน ดังแสดงข้อมูลในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2 รถบรรทุกรับน้ำหนักได้ 10 ตัน



รูปที่ 3 รถบรรทุกรับน้ำหนักได้ 20 ตัน

3.2 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์หาเส้นทางในการขนส่งและปริมาตรการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณ ซึ่งเทคนิคดังกล่าวจะใช้คำนวณระยะทางและปริมาตรสินค้า ทั้งจากโรงงานที่จังหวัดสระบุรีไปยังลูกค้าภาคตะวันออก และจากโรงงานในจังหวัดชลบุรีไปยังลูกค้าภาคตะวันออกเช่นเดียวกัน ก่อนจะดำเนินการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้ดำเนินการรวบรวม ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าในพื้นที่จังหวัดชลบุรี และข้อมูลระยะทางจากจุดรวมรถไปยังลูกค้ามาสร้างสมการวัตถุประสงค์ สำหรับใช้คำนวณหาปริมาตรและระยะทางสำหรับขนส่งสินค้า โดยทั้ง 2 สมการนี้ จะต้องมีการกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ตัวแปรตัดสินใจ สมการวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขข้อจำกัด โดยมีรายละเอียดดังนี้

- สมการวัตถุประสงค์สำหรับการคำนวณหาปริมาตรสินค้า

ค่าพารามิเตอร์ (Parameters):

n = จำนวนลูกค้า

$MaxCust$ = จำนวนลูกค้าสูงสุดต่อรอบ

W_i = ปริมาตรสินค้าของลูกค้าแต่ละราย i (กำหนดให้ $i = 1, 2, 3, \dots, n$)

$MaxWeight$ = ปริมาตรน้ำหนักการขนส่งสินค้าสูงสุดต่อรอบ

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) :

$X_i = 1$ เลือกส่งสินค้าที่ลูกค้า i และบรรจุลงในเส้นทาง, 0 ไม่ส่งสินค้าให้กับลูกค้า i

สมการวัตถุประสงค์ (Objective function): ต้องการหาปริมาตรสินค้าในการขนส่งต่อรอบที่สูงที่สุด โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวัน (ข้อกำหนดในการขนส่งแต่ละวันขึ้นอยู่กับกลุ่มลูกค้าเป็นผู้กำหนด)

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n W_i X_i$$

เงื่อนไขข้อจำกัด (Constraints):

1) ผลรวมของปริมาตรในการขนส่งจะต้องมีค่า “น้อยกว่าหรือเท่ากับ” ปริมาตรการขนส่งสูงสุดต่อรอบ

$$\sum_{i=1}^n W_i X_i \leq \text{MaxWeight} \text{ (กำหนดให้ } i = 1, \dots, n)$$

2) จำนวนลูกค้าที่จะไปส่งสินค้าในแต่ละรอบจะต้องไม่เกินจำนวนลูกค้าที่สูงที่สุดใน 1 รอบ

$$\sum_{i=1}^n X_i \leq \text{MaxCust} \text{ (กำหนดให้ } i = 1, \dots, n)$$

3) สถานะในการเลือกรับสินค้าจากผู้จัดหาวัตถุดิบจะต้องมีค่าเป็นจริงหรือเท็จเท่านั้น

$$X_i \text{ is binary}$$

หลังจากที่ดำเนินการหาปริมาตรสินค้าต่อจำนวนเที่ยวรถ 1 เที่ยวเรียบร้อยแล้ว ทางผู้วิจัยจะดำเนินการนำจำนวนจุดรับส่งสินค้าของแต่ละเที่ยวรถมาจัดเรียงลำดับการขนส่งในสมการถัดไป เพื่อหาระยะทางที่เหมาะสมที่สุดในการรับสินค้าจากลูกค้าแต่ละราย ซึ่งมีรายละเอียดตามสมการถัดไป

- สมการวัตถุประสงค์สำหรับการคำนวณหาระยะทาง

ค่าพารามิเตอร์ (Parameters):

$$\begin{aligned} n &= \text{จำนวนลูกค้าทั้งหมด} \\ D_{ij} &= \text{ระยะทางจากลูกค้า } i \text{ ไปยังลูกค้า } j \\ S &= \text{จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง} \end{aligned}$$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) :

$Y_{ij} = 1$ เลือกเส้นทางการขนส่งจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j , 0 ไม่ได้เลือกเส้นทางดังกล่าว

สมการวัตถุประสงค์ (Objective function) : ต้องการหาระยะทางในการขนส่งต่อรอบที่สั้นที่สุด

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n D_{ij} Y_{ij}$$

เงื่อนไขข้อจำกัด (Constraints) :

1) การเดินทางออกจากลูกค้า i ใด ๆ ไปยังลูกค้า j ใด ๆ จะมีจุดเริ่มต้นเพียงจุดเดียวเท่านั้น

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = 1 \text{ (กำหนดให้ } i = 1, \dots, n)$$

2) การเดินทางจากลูกค้า i ใด ๆ ไปยังลูกค้า j จุดหมายปลายทางได้เพียงจุดเดียวเท่านั้น

$$\sum_{i=1}^n Y_{ij} = 1 \text{ (กำหนดให้ } j = 1, \dots, n)$$

3) ในการเดินทางแต่ละรอบจะมีได้เพียงเส้นทางเดียวที่ครอบคลุมทุกจุดรับส่งสินค้าจะไม่มี
การเกิดเส้นทางย่อย โดยในแต่ละเส้นจะต้องประกอบด้วยลูกค้าอย่างน้อย 1 ราย และโรงงานกระจาย
สินค้า

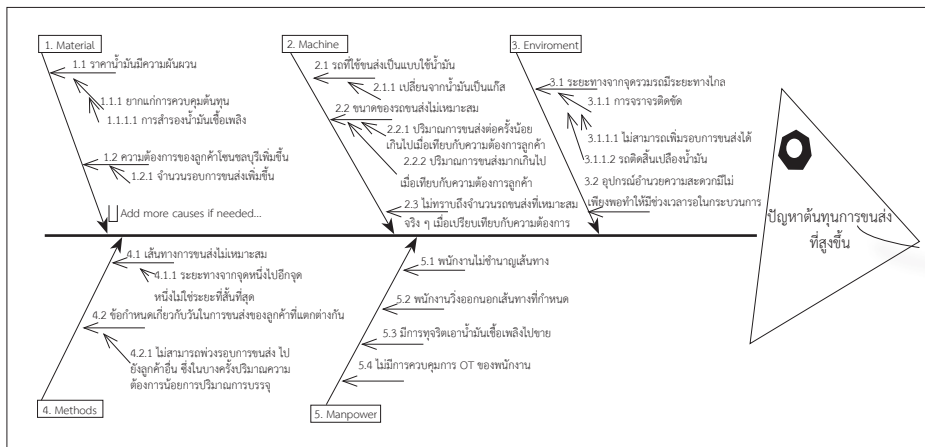
$$\sum_{i,j} Y_{ij} \leq |S|-1 ; S \subset n, 2 \leq |S| \leq n$$

จากสมการวัตถุประสงค์ทั้ง 2 สมการ ซึ่งประกอบด้วยการคำนวณปริมาตรสินค้าสูงสุดและ
การหาระยะทางรวมสั้นที่สุดนั้น ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค
โปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) ซึ่งจะประมวลผลแบบจำลองผ่านโปรแกรม
Microsoft Excel รวมถึงดำเนินการเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งและระยะทางในการจัดส่งก่อนและ
หลังการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน ซึ่งจะแสดงข้อมูลในผลการวิเคราะห์ข้อมูลในลำดับถัดไป

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากที่มาและความสำคัญของการวิจัยนี้ ที่บริษัทธนศึกษา มีโรงงานผลิตอยู่ 2 แห่ง คือ
ที่จังหวัดสระบุรีและจังหวัดชลบุรี โดยมีลูกค้ากระจายอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันตก ภาคเหนือ และ
ภาคตะวันออก ในขณะที่บริษัทธนศึกษาจัดเตรียมรถขนส่งไว้ประจำที่โรงงานจังหวัดสระบุรีเพียง
แห่งเดียว ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาว่าการบริหารกองรถดังกล่าวยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร อีกทั้งต้นทุน
การขนส่งของบริษัทธนศึกษามีสัดส่วนค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมา
ใช้วิเคราะห์หาแนวทางที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง

ในเบื้องต้น ผู้วิจัยร่วมกับทีมปฏิบัติการของบริษัทธนศึกษาได้ใช้แผนภูมิแกงปลาในการ
วิเคราะห์หาสาเหตุที่การบริหารรถขนส่งยังไม่เต็มประสิทธิภาพที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งของบริษัทธน
ศึกษาค่อนข้างสูง โดยมีรายละเอียดของแผนภูมิแกงปลาตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภูมิแก๊งปลาสำหรับวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการบริหารรถขนส่ง

นอกจากนี้ยังพบปัญหาในเรื่องของระยะทางจากจุดรวมรถของบริษัทกรณีศึกษาที่จังหวัดสระบุรีไปยังลูกค้าในพื้นที่ชลบุรีที่มีระยะทางที่ยาวเกินไป ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่จำเป็น และไม่สามารถเพิ่มรอบการขนส่งภายในวันนั้นได้ ในกรณีที่ลูกค้าต้องการสินค้าเพิ่มเติม ทำให้การใช้รถบรรทุกยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าจะจัดสรรรถบรรทุกประจำอยู่ที่โรงงานจังหวัดชลบุรี เพื่อรองรับความต้องการลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออกแทนการบริหารรถบรรทุก โดยให้รถบรรทุกประจำอยู่ที่โรงงานจังหวัดสระบุรีเพียงแห่งเดียว ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะพิจารณาหาจำนวนรถที่เหมาะสม ที่จะประจำอยู่ที่โรงงานจังหวัดชลบุรีเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออก และทำการจัดเส้นทางรถขนส่งใหม่เพื่อต้นทุนการขนส่งที่เหมาะสม

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ประมวลผลแบบจำลองโดยจะแสดงผลลัพธ์ของเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วยระยะทางและปริมาตรสินค้าจากจุดรวมรถไปยังลูกค้า โดยข้อมูลชุดแรกที่ได้จากการประมวลผลจะเป็นการนำเสนอเส้นทางก่อนการปรับปรุง โดยใช้รถบรรทุกจากโรงงานจังหวัดสระบุรีในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออก ผลการวิเคราะห์เส้นทางรถขนส่งและประเภทรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง สรุปได้ดังตารางที่ 5 โดยอัตราค่าขนส่งจะอยู่ที่ 23.5 บาท/กิโลเมตร ซึ่งเป็นอัตราค่าขนส่งที่ถูกกำหนดขึ้นโดยบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 5 ข้อมูลเส้นทางการขนส่งและประเภทรถที่ใช้รถบรรทุกที่ประจำที่โรงงานจังหวัดสระบุรี

วันจัดส่ง	กลุ่มลูกค้า	เส้นทาง	ระยะทางต่อเที่ยว (กม.)	ชนิดรถ	จำนวนรถ	ค่าขนส่ง (บาท/เที่ยว)
(Mon, Wen, Fri)	1	A16-A06-A01-A17	417.5	Trailer	1	9,811.3
		A08-A09	378.7	Truck	1	8,899.5
(Tues, Thurs)	2	A15-A07-A13	388.6	Truck	1	9,132.1
		A12-A19-A03-A04	428.7	Trailer	1	10,074.5
Day (Every Day)	3	A05	379.6	Truck	1	8,920.6
		A11-A09	402.4	Truck	1	9,456.4

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการจัดเส้นทางการขนส่งโดยกำหนดให้มีรถบรรทุกที่ประจำที่โรงงานในจังหวัดชลบุรี ผลการจัดเส้นทางดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า ระยะทางจากจุดรวมรถไปยังลูกค้าแต่ละรายมีระยะทางรวมที่ลดลง ซึ่งมีข้อสังเกต คือ เส้นทางในการรับขนส่งสินค้าทั้งจากโรงงานในจังหวัดสระบุรีและโรงงานในจังหวัดชลบุรีไปยังลูกค้าแต่ละกลุ่มนั้น เป็นเส้นทางชุดเดียวกัน แต่สิ่งที่ทำให้ระยะทางมีความแตกต่างกัน คือ โรงงานที่เป็นจุดรวมรถในการเดินทางไปยังลูกค้ารายต่าง ๆ

ตารางที่ 6 ข้อมูลเส้นทางการขนส่งและประเภทรถที่ใช้รถบรรทุกที่ประจำที่โรงงานในจังหวัดชลบุรี

วันที่	กลุ่มลูกค้า	เส้นทาง	ระยะทางต่อเที่ยว (กม.)	ค่าขนส่งต่อเที่ยว (บาท/เที่ยว)	ค่าขนส่งที่ประหยัดได้ (บาท/เที่ยว)
Mon,Wed, Fri	1	A16-A06-A01-A17	38.9	914.2	8,897
	1	A08-A09	58.9	1,384.2	7,515
Tue,Thu	2	A15-A07-A13	38.6	907.1	8,093
	2	A12-A19-A03-A04	101	2,373.5	7,842
Every Day	3	A05	208	4,888.0	4,127
	3	A11-A09	59.5	1,398.3	8,058

จากตารางที่ 6 ผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งทางตรงที่ประหยัดได้จากการย้ายรถบรรทุกขนส่งมาประจำที่โรงงานจังหวัดชลบุรี ผลการวิเคราะห์พบว่าจำนวนรถที่เหมาะสมที่จะย้ายมามีจำนวน 4 คัน แบ่งเป็นรถบรรทุก 2 คัน และรถเทรลเลอร์ 2 คัน โดยการย้ายรถมาประจำที่โรงงานจังหวัดชลบุรีดังกล่าวช่วยลดต้นทุนการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษาได้ประมาณ 568,127 บาท/เดือน ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าหลังจากย้ายรถบรรทุกมาประจำที่โรงงานในจังหวัดชลบุรี

วันที่	กลุ่มลูกค้า	เส้นทาง	ค่าขนส่งที่ประหยัดได้ (บาท/เที่ยว)	จำนวนเที่ยววิ่งเฉลี่ย (เที่ยว/เดือน)	ค่าขนส่งที่ประหยัดได้ (บาท/เดือน)
Mon,Wed, Fri	1	A16-A06-A01-A17	8,897	12	106,765
	1	A08-A09	7,515	12	90,184
Tue,Thu	2	A15-A07-A13	8,093	8	64,747
	2	A12-A19-A03-A04	7,842	8	62,736
Every Day	3	A05	4,127	20	82,532
	3	A11-A09	8,058	20	161,163
				รวม	568,127

กล่าวโดยสรุป การย้ายรถบรรทุกมาประจำที่โรงงานในจังหวัดชลบุรีบางส่วนช่วยให้ระยะทางจากจุดรวมรถไปยังลูกค้าแต่ละรายมีระยะทางรวมที่ลดลง ซึ่งส่งผลโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าแต่ละเที่ยวที่ลดลงตามไปด้วย หลังจากการย้ายจุดรวมรถบรรทุกมาอยู่ที่พื้นที่แหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี นอกจากนี้ปริมาณสินค้าที่ขนส่งแต่ละเที่ยวก็สามารถขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์ระยะทางและต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นผ่านแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา ส่งผลให้บริษัทกรณีศึกษา นำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับการขนส่งจริง โดยทางบริษัทกรณีศึกษา ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งในส่วนของระยะทางและค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เกิดขึ้น ซึ่งแบ่งแนวทางการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะเป็นการเก็บข้อมูลก่อนการนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ (อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 8) และส่วนที่สองจะเป็นการเก็บข้อมูลหลังการนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ (อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 9) โดยจะเป็นช่วงระยะเวลาเดียวกันกับผู้วิจัยดำเนินการพยากรณ์ข้อมูลลูกค้า

ตารางที่ 8 ข้อมูลการขนส่งตั้งแต่เดือน มกราคม-เมษายน 2560 (ก่อนการใช้แบบจำลอง)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง/เดือน	ต้นทุนค่าขนส่ง (บาท)	ระยะทาง (กม.)
มกราคม	835,872	127,840
กุมภาพันธ์	856,564	126,040
มีนาคม	922,820	137,160
เมษายน	731,702	109,021
ค่าเฉลี่ย	836,740	125,015

ตารางที่ 9 ข้อมูลการขนส่งตั้งแต่เดือน พฤษภาคม-ธันวาคม 2560 (หลังการใช้แบบจำลอง)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง/เดือน	ต้นทุนค่าขนส่ง (บาท)	ระยะทาง (กม.)
พฤษภาคม	572,430	109,051
มิถุนายน	613,500	107,235
กรกฎาคม	556,490	90,715
สิงหาคม	652,138	98,627
กันยายน	618,144	95,744
ตุลาคม	617,526	101,216
พฤศจิกายน	611,154	90,125
ธันวาคม	604,000	91,021
ค่าเฉลี่ย	605,673	97,967

จากข้อมูลในตารางดังกล่าวพบว่า ค่าเฉลี่ยในส่วนของระยะทางและต้นทุนค่าขนส่งรวมระหว่าง บริษัทกรณศึกษา และลูกค้า มีแนวโน้มที่ลดลง โดยในส่วนของระยะทางลดลงจาก 125,015 กิโลเมตรต่อเดือน เหลือเพียง 97,967 กิโลเมตรต่อเดือน หรือคิดเป็นระยะทางที่ลดลงร้อยละ 21.64 ในส่วนของต้นทุนค่าขนส่งลดลงจาก 836,740 บาทต่อเดือน เหลือเพียง 605,673 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็นต้นทุนค่าขนส่งที่ลดลงร้อยละ 27.62

5. บทสรุป

จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มตั้งแต่การศึกษาปัญหาในการขนส่งแบบเดิม การกำหนดกรอบแนวคิด ตลอดจนพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกระบวนการแก้ปัญหาทางผู้วิจัย พบว่าเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าและระยะทางจากจุดรวมรถไปจนถึงจุดส่งสินค้า รวมไปถึงปริมาณความต้องการของลูกค้ามีความเกี่ยวข้องกันกับจำนวนรถขนส่ง หากเราสามารถจัดจำนวนรถขนส่งและเส้นทางที่เหมาะสม เราก็จะสามารถหาระยะทางรวมที่ต่ำที่สุดและมีการจัดการขนส่งให้มีประสิทธิภาพสูงสุดได้ รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง จะเห็นได้จากการเปรียบเทียบระยะทางและค่าใช้จ่ายจากจุดรวมรถขนส่งจากเดิมในพื้นที่โรงงาน จังหวัดสระบุรี มาประจำที่โรงงานแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ทำให้ต้นทุนในการขนส่งรวมลดลงจากเดิม 745,722 บาท ต่อเดือน (อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 5) เหลือเพียง 177,595 บาทต่อเดือน (อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 6) หรือคิดเป็นร้อยละ 76 ของต้นทุนขนส่งรวมที่ลดลงเมื่อเทียบกับรูปแบบการขนส่งแบบเดิม

ทั้งนี้ ทางบริษัทกรณีศึกษา ได้มีการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองข้อมูลผ่านแบบจำลองเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นไปทดลองใช้จริงกับการขนส่งสินค้า ซึ่งหลังจากที่มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวกับเส้นทางการขนส่งสินค้าระหว่างโรงงานแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี กับลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออก พบว่าต้นทุนค่าขนส่งสินค้าโดยรวมลดลงร้อยละ 27.62 และระยะทางในภาพรวมสามารถลดลงร้อยละ 21.64 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวไม่เพียงแต่ทำให้ระยะทางและต้นทุนค่าขนส่งระหว่างโรงงานและลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออกลดลงเพียงอย่างเดียว แต่ยังส่งผลให้ระยะทางและต้นทุนค่าขนส่งรวมลดลงตามไปด้วย

อย่างไรก็ตาม ในส่วนของการวิเคราะห์ต้นทุนของงานวิจัยดังกล่าว จะนำเสนอเฉพาะในส่วน of ต้นทุนด้านการขนส่งเพียงอย่างเดียว หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่ดีขึ้น ควรจะมีการพิจารณาต้นทุนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการรับส่งสินค้าด้วย อาทิ ต้นทุนในการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในจุดรวมรถ ต้นทุนการบริหารทรัพยากรบุคคล รวมถึงต้นทุนในเรื่องของการจัดเก็บสินค้าคงคลังในกรณีที่เกิดความแปรปรวนของความต้องการลูกค้าที่สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา ลิ้มวัฒนากุล. (2558). การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าและการจัดการพื้นที่รถบรรทุก 4 ล้อ สำหรับขนส่งน้ำมันหล่อลื่น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- ชนิษฐา รัตนพงษ์พร. (2558). การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการรับ - ส่งของรถยก. เข้าถึงจาก: <http://www.east.spu.ac.th/journal/booksearch/upload/1486-12-3-7.pdf>. [เข้าถึงวันที่: 1 กันยายน 2560]
- ธัญภัฏ เมืองปิ่น และคณะ. (2558). กรอบแนวคิดการจัดเส้นทางสายตรวจรถจักรยานยนต์: กรณีศึกษา สถานีตำรวจภูธรเสม็ด จังหวัดชลบุรี. วารสารการขนส่งและโลจิสติกส์, 9(1), หน้า 30-42
- ปรุพห์ มะยะเฉียว. (2557). การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 6(1), หน้า 132-145
- Chaismithkul Chawanat (2016). Transport Routing Improvement of Milk-Run Transport project. B.Sc.Logistics Thesis. Faculty of Logistics Burapha University Chonburi.
- Chaiwongsakda N., Ananaue, P., Jeenaboonrueang, N., Winyangkul, S., Sinnarong, K., Jakkaew, T., Jaibal, W. & Srisawang, N. (2015). Vehicle Routing by Using a Saving Algorithm and the Traveling Salesman Problem: A Case Study of a Drinking Water Factory. Thai Journal of Operations Research, 3(1), 51-61
- Dorigo M., & Gambardella, L. M. (1997). Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem. IEEE Transactions On Evolutionary Computation, 1(1).
- Ferguson T. S. (2000). Linear programming: A concise introduction[Online]. Available from: <http://www.math.ucla.edu/~tom/LP.pdf>. [Access: September 1, 2017]
- George B.Dantzig (1998). Linear Programming and Extensions. 11. Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- Jaroensuk Kittti (2017). A Study Of Truck Fleet Management And Vehicle Routing: A Case Study Of Liquid Product. Faculty of Logistics. M.Sc.Logistics Thesis. Burapha University Chonburi
- Jay Heizer and Barry Render (2008). Operations Management, 9, Pearson International Education.



- Patcharalak(2014). Route with Local Search for Planning Salesman Travelling. Proceeding of the 7th National Conference on Technical Education of the King Mongkut's University of Technology North Bangkok: pp.185-192
- Kantasa-ard A.,(2017). Optimization of the Number of Relocated Automotive Spare-part Pallets using Linear Programming Model. Proceeding of the 3rd RMUTT Global Business and Economics International Conference (RTBEC) of the Rajamangala University of Technology Thanyaburi: pp.153-163
- Wangrungwichaisri Chutima (2017). The Implementation of Milk Run Delivery and Vehicle Routing: A Case Study of Automotive Parts Manufacturing. M.Sc.Logistics Thesis. Faculty of Logistics Burapha University Chonburi