การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะในการขนส่งน้ำยางสด ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Solving Field Latex Transportation Vehicle Routing Problem by Mathematical Model

สมศักดิ์ แก้วพลอย[1*], วรรณิดา สังยาหยา และ นุรอัยนี ดาโอะ
Somsak Kaewploy[1*], Wannida Sangyaya and Nur-ainee Da-oh

บทคัดย่อ

ในอดีตที่ผ่านมาไม่เคยมีวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำยางสดที่เป็นระบบ ทำให้ต้นทุนการขนส่งมีค่าสูงมาก การโปรแกรมเชิงเส้นสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ต้นทุนในการขนส่งลดต่ำลง งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม LINGO จำลองสถานการณ์การขนส่งน้ำยางสดในจังหวัดสตูล ของบริษัทรัตภูมิยางสดจำกัด ผลการจำลองสถานการณ์พบว่า สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ประมาณ 30% การใช้โปรแกรมเชิงเส้นจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำยางสด

คำสำคัญ: การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ, ตัวแบบทางคณิตศาสตร์, น้ำยางสด

Abstract

In the past there has never been any efficient routing method for field latex transportation. Therefore transportation cost is high. Linear programming can solve this problem efficiently. Hence cost reduction can be achieved. This research employ the commercial sofeware LINGO to simulate the field latex transportation in Satun province of Rattaphum Rubber company. Simulation results show that cost reduction of about 30% is achievable. The application is thus a promising method for field latex transportation routing.

Keyword: Vehicle routing problem, Mathematical model, Field latex

[1]โปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
[*]**Corresponding author, E-mail:** somsakkp@hotmail.com

บทนำ

การขนส่งสินค้าเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญในระบบโลจิสติกส์ และจัดเป็นต้นทุนที่สำคัญส่วนหนึ่งของสินค้าและวัตถุดิบ การลดต้นทุนค่าขนส่งโดยการวางแผนเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ถูกเลือกมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต และบริการ เพื่อลดต้นทุนรวมของสินค้า ทั้งนี้การลดต้นทุนการขนส่ง จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการขนส่ง เพื่อให้มีระยะทางการขนส่งรวมลดลง [1] ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องมีการกำหนดกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง และลดต้นทุนในการขนส่งให้มากที่สุด ทำให้ส่งผลดีต่อลูกค้า คือลูกค้าได้รับความพึงพอใจในการบริการ และตัวสินค้านั่นเอง

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem; VRP) [2] เป็นปัญหาหนึ่งของการจัดการโลจิสติกส์ (Logistic) ซึ่งเป็นปัญหาการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดในการเคลื่อนย้ายวัตถุ โดยการหาวิธีการวางแผนจัดลำดับและเส้นทางการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าหรือผู้บริโภคที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในการบริการ เป้าหมายสำคัญของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ คือการพยายามออกแบบกลุ่มของยานพาหนะทุกคันให้มีการเดินทางโดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า (Depot) ยานพาหนะจะวิ่งไปตามเส้นทางที่จะรับหรือส่งสินค้า โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่าง ๆ ด้วย เช่น ระยะเวลา จำนวนยานพาหนะ น้ำหนักในการบรรทุก หรือระยะทางในการขนส่ง เป็นต้น

ธุรกิจการรับซื้อน้ำยางสดเป็นธุรกิจหนึ่งที่มีการแข่งขันสูงในพื้นที่ภาคใต้ โดยปัจจุบันเกษตรกรชาวสวนยางเมื่อกรีดได้น้ำยางแล้วนิยมขายน้ำยางสดโดยตรงแทนที่จะผลิตเป็นยางแผ่นดิบหรือยางแผ่นรมควันเหมือนในอดีต เนื่องจากการขายน้ำยางสดช่วยให้เกษตรกรชาวสวนยางสามารถลดต้นทุนและเวลาได้มาก จึงเป็นแรงกระตุ้นให้ตลาดน้ำยางสดขยายตัวมากขึ้น บริษัทรัตภูมิยางสด จำกัด เป็นบริษัทหนึ่งที่ทำธุรกิจรับซื้อน้ำยางสดจากเกษตรกรชาวสวนยาง หรือผู้รวบรวมรายย่อย โดยตั้งอยู่ในพื้นที่ ตำบลฉลุง อำเภอเมือง จังหวัดสตูล จากการศึกษาข้อมูลพบว่าเกษตรกรชาวสวนยาง และผู้รวบรวมรายย่อยแต่ละราย นำน้ำยางสดมาส่งเพื่อจำหน่ายที่บริษัทฯ จึงทำให้เกษตรกรชาวสวนยางและผู้รวบรวมรายย่อยแต่ละราย ต้องมียานพาหนะสำหรับการขนส่งน้ำยางสดมายังบริษัทฯ และเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ดังนั้นบริษัทรัตภูมิยางสด มีแนวทางในการลดต้นทุนการขนส่งของเกษตรกรชาวสวนยาง โดยใช้วิธีการนำยานพาหนะของบริษัทฯ ไปรับซื้อน้ำยางสดจากเกษตรกรหรือผู้รวบรวมรายย่อยโดยตรง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยงานวิจัยนี้จะเป็นการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับผู้รับซื้อน้ำยางสด โดยประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบผลการทดลองกับการขนส่งแบบปัจจุบัน เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการตัดสินใจต่อไป

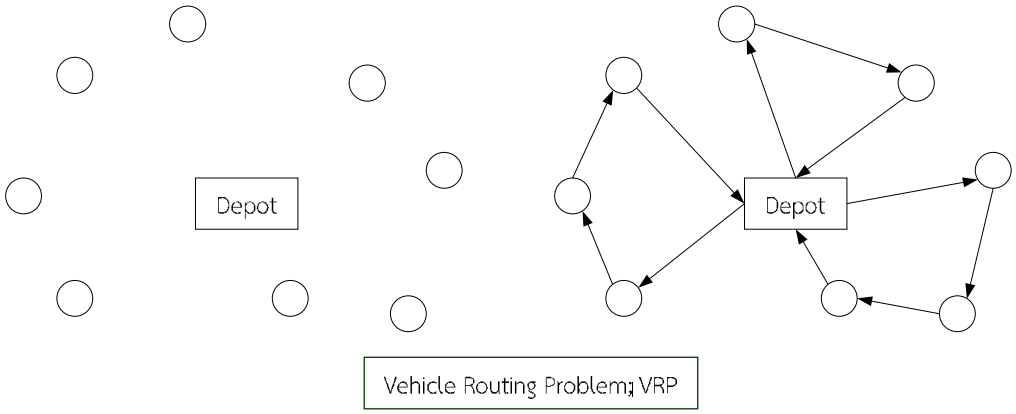
การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1. ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem; VRP)

เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าระหว่างจุดกระจายสินค้า (Depot) ไปยังลูกค้าซึ่งใช้พาหนะในการขนส่งให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด [3] โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่าง ๆ ด้วย เช่น เวลา จำนวนยานพาหนะ ระยะทาง เป็นต้น ปัญหา VRP ถูกกล่าวถึงครั้งแรก โดย Danzing และ Ramser เมื่อปี ค.ศ.1959 [4] ปัจจุบันได้มีการพัฒนาปัญหา VRP ออกเป็นหลายรูปแบบ ซึ่งบทความวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะปัญหาของบริษัทรัตภูมิยางสด ซึ่งจัดเป็นปัญหา VRP ชนิดพื้นฐาน คือเงื่อนไขเฉพาะการจำกัดน้ำหนักที่บรรทุกเท่านั้น (Capacitated Vehicle Routing Problem; CVRP) ลักษณะของปัญหา VRP ดังแสดงในรูปที่ 1

สำหรับตัวแปรสำคัญที่ใช้ในปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งจะประกอบไปด้วย (1) กลุ่มลูกค้า (Set of Customer) คือลูกค้าแต่ละรายจะถูกกำหนดให้อยู่กระจายในจุด (Node) ต่าง ๆ กัน และมีความต้องการรับหรือส่งสินค้าในจำนวนต่าง ๆ กัน (2) ยานพาหนะ (Vehicle) คือรถ เรือ เครื่องบิน หรือยาพาหนะอื่นใดที่ใช้ในการให้บริการแก่ลูกค้า ในการรับ-ส่งสินค้าระหว่างลูกค้าและคลังสินค้า (3) คลังสินค้า (Depot) คือสถานที่เก็บสินค้า โรงงาน หรือศูนย์กระจายสินค้า เป็นสถานที่ให้เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการเดินทาง และ (4) เที่ยวรถ (Rout) คือเส้นทางการเดินรถที่มีการกำหนดว่าจะให้พาหนะคันใดเดินทางไปยังลูกค้ารายใดบ้าง และเดินทางตามลำดับ

ก่อนหลังอย่างไร



รูปที่ 1 ลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

2. วิธีการแก้ปัญหา VRP

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนั้น จัดเป็นปัญหาการตัดสินใจแบบไม่ต่อเนื่อง (Discreat Decision Problem) เนื่องจากคำตอบที่ต้องการนั้นมักจะอยู่ในรูป จำนวนเต็ม (Integer) เท่านั้น หรือมีค่าเป็นไปได้เพียง 0 หรือ 1 คือพาหนะคันนี้จะเดินทางไป (x=1) หรือไม่เดินทางไป (x=0) ในเส้นทางนี้เท่านั้น วิธีการแก้ปัญหา VRP สามารถแบ่งตามประเภทของคำตอบได้ดังนี้ (1) วิธีหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) เป็นการเปรียบเทียบคำตอบทุกคำตอบเท่าที่จะเป็นไปได้ แล้วจึงเลือกคำตอบที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาเพียงคำตอบเดียว เช่น วิธี Complet Enumeration วิธี Branch-and-Bound [5] วิธี Branch-and-Cut [6] วิธี Column Generation [7] ซึ่งจะเหมาะกับปัญหาที่มีขนาดเล็ก และจะใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่สูงมากเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ (2) วิธีหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด (Near Optimal Solution) การใช้วิธี Herustic และ Metaheuristic เป็นวิธีที่ใช้สามัญสำนึกของมนุษย์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาอย่างง่าย โดยคำตอบที่ได้นั้นอาจจะไม่ใช้คำตอบที่ดีที่สุด แต่ก็นับเป็นคำตอบที่ดีเพียงพอและยอมรับได้ และใช้เวลาในการคำนวณไม่มากนัก (3) โปรแกรม LINGO เป็น Sofeware หนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจรูปแบบต่าง ๆ ทั้งปัญหาเชิงเส้นตรง (Linear Programming) ปัญหาที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear Programming) และปัญหาที่ต้องการคำตอบเป็นจำนวนเต็ม (Integer Programming) โปรแกรมนี้คิดค้นโดยบริษัท LINDO System ประเทศสหรัฐอเมริกา การใช้งานโปรแกรมจะเริ่มจากการกำหนดตัวแปรและดัชนี (Variable and Index) การกำหนดค่าให้ตัวแปรต่าง ๆ การสร้างสมการในการคำนวณ และการสร้างสมการเป้าหมาย ซึ่งสามารถเขียนตัวแบบจำลองปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathtermatic Model) ลงในโปรแกรมโดยตรง หรือแปลงปัญหาเป็นแบบ Set Partitioning [8] ก่อนเขียนในโปรแกรมก็ได้ โดยคำตอบที่ได้จากโปรแกรม LINGO เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution)

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.1 ดัชนี

i, j ใช้แทนลำดับของคลังสินค้าและลูกค้า โดยกำหนดให้คลังสินค้ามี i, j = 0 ลูกค้าอื่น ๆ จะมี i, j = 1, 2, ..., n

k ใช้แทนพาหนะคันที่ 1, 2, ..., k

3.2 ตัวแปร

C_{ij} ระยะทางระหว่างลูกค้า หรือคลังสินค้าลำดับที่ i ไปยัง j

n จำนวนลูกค้าและคลังสินค้าทั้งหมด

q_i ความต้องการสินค้าของลูกค้าลำดับที่ i

Q ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของพาหนะ

x_{ij}^{k} = 1 ถ้ายานพาหนะ k ขนส่งสินค้าระหว่าง i ไป j

= 0 ในกรณีอื่น ๆ

3.3 สมการวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize } Z = \sum_{k=1}^{m}\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} C_{ij}\, x_{ij}^{k} \quad (1)$$

3.4 สมการขอบข่าย

$$\sum_{i=0}^{n}\sum_{k=1}^{k} x_{ij}^{k} = 1 \quad \forall j \in \{1, 2, \ldots, n\} \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^{n}\sum_{k=1}^{k} x_{ij}^{k} = 1 \quad \forall j \in \{1, 2, \ldots, n\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^{n} x_{ij}^{k} - \sum_{i=0}^{n} x_{ji}^{k} = 0 \quad \forall j,k \quad (4)$$

$$\sum_{j=0}^{n} q_j \left(\sum_{i=0}^{n} x_{ij}^{k} \right) \leq Q \quad \forall k \in \{1, 2, \ldots, k\} \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{0j}^{k} \leq 1 \quad \forall k \in \{1, 2, \ldots, k\} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{i0}^{k} \leq 1 \quad \forall k \in \{1, 2, \ldots, k\} \quad (7)$$

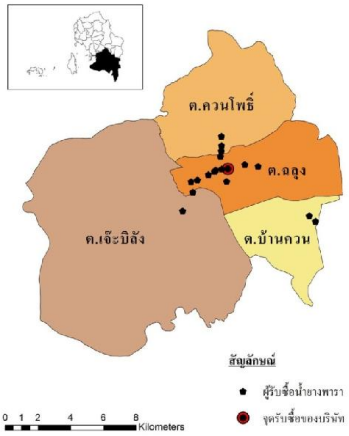
$$x_{ij}^{k} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, k \quad (8)$$

สมการที่ (1) คือผลรวมของระยะทางที่พาหนะทุกคันวิ่งไปยังลูกค้าทุกจุดมีค่าน้อยที่สุด สมการที่ (2) และ (3) คือการประกันว่าลูกค้าแต่ละรายจะได้รับบริการจากยานพาหนะเพียงคันเดียว ซึ่งหมายความว่าจะมีพาหนะเดินทางไปยังลูกค้าแต่ละรายได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น สมการที่ (4) ควบคุมให้จำนวนพาหนะที่วิ่งเข้าไปต้องเท่ากับที่วิ่งออก สมการที่ (5) กำหนดให้ยานพาหนะขนส่งสินค้าทุกคันสามารถบรรทุกสินค้าได้ไม่เกินข้อจำกัด สมการที่ (6) และ (7) ประกันว่ายานพาหนะขนส่งแต่ละคันถูกใช้ได้เพียงเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเท่านั้น สมการที่ (8) กำหนดให้สมาชิกในเซตของตัวแปรสำหรับการตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 เท่านั้น

วิธีการวิจัยและผลการคำนวณ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษารูปแบบการขนส่งน้ำยางสดของบริษัทรัตภูมิยางสด จำกัด และผู้ขายน้ำยาง จากการเก็บข้อมูลพบว่า มีจำนวนผู้ขายน้ำยางสดทั้งหมด 17 ราย ที่นำน้ำยางสดมาขายยังบริษัท โดยผู้ขายนำน้ำยางสดไปขายที่บริษัท ซึ่งผู้ขายน้ำยางแต่ละรายจะต้องมีรถบรรทุกน้ำยาง ในการนำยางไปขายที่บริษัท โดยมีระยะทางการขนส่งไป-กลับเท่ากัน การหาระยะทางของผู้ขายยางแต่ละรายและตลาดกลางยางพารา ใช้เครื่อง GPS รุ่น Garmin eTrex 20 บันทึกจุดของผู้ขายแต่ละราย ด้วยโปรแกรม Arc View ดังแสดงในรูปที่ 2 รวบรวมปริมาณยางพาราที่ส่งขายให้กับตลาดกลางยางพาราสงขลา คำนวณหาระยะทางระหว่างผู้ขายแต่ละราย โดยใช้วิธีวัดระยะทางจากโปรแกรม Google Maps



รูปที่ 2 ตำแหน่งพิกัดของผู้ขายน้ำยางและบริษัทรัตภูมิ จำกัด

2) สมมติฐานและลักษณะของปัญหา

1) การจำลองตัวแบบของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำยางสดของบริษัทรัตภูมิ จำกัด โดยทราบตำแหน่งที่ตั้งของบริษัท กลุ่มของผู้ขายน้ำยางสด

2) ปริมาณน้ำยางสดของผู้ขายแต่ละรายจะแบ่งออกเป็นโหนด (Node) หลาย ๆ โหนด ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 17 โหนด

3) การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการจัดเส้นทางการขนส่ง โดยรถขนส่งจะต้องเดินทางจากบริษัทไปรับน้ำยางจากผู้ขาย ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ ซึ่งมีน้ำหนักบรรทุก 6,000 กิโลกรัม

4) ไม่มีข้อกำหนดเรื่องเวลาที่ต้องรับ-ส่ง (No Time Window) หรือลำดับก่อนหลังในการรับ-ส่งน้ำยางพารา

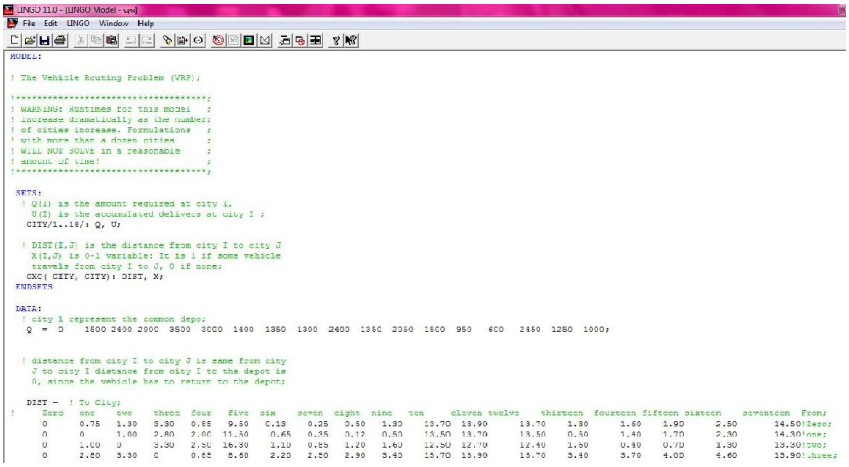
5) มีจำนวนรถขนส่งเพียงพอต่อการขนส่งเสมอและรถขนส่งมีความสามารถในการบรรทุกน้ำยางในปริมาณความจุที่กำหนด

6) ปริมาณน้ำยางที่บริษัทไปรับยังผู้ขายนั้นเป็นจำนวนที่ทราบค่าแน่นอน

7) ไม่มีข้อจำกัดเรื่องระยะทางสูงสุดที่วิ่งได้ในแต่ละเส้นทาง

3. การจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม LINGO

เมื่อได้ข้อมูลนำเข้าครบแล้ว จึงทำการแปลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เป็นคำสั่งในโปรแกรม LINGO แล้วจึงนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาป้อนเข้าสู่โปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมคำนวณการจัดเส้นทางใหม่ที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไข ดังแสดงในรูปที่ 3 หลังจากใช้เวลาในการประมวลผลนาน 30 วินาที จึงได้คำตอบออกมา ดังแสงในตารางที่ 1



รูปที่ 3 การใช้โปรแกรม LINGO ในการคำนวณ

ตารางที่ 1 การจัดเส้นทางการขนส่งที่คำนวณได้จากโปรแกรม LINGO

เส้นทางที่	เส้นทาง	น้ำหนักบรรทุก (กก.)	ระยะทาง (กม.)
1	0 – 4 – 3 - 0	5,500	5.00
2	0 – 5 – 0	3,000	19.00
3	0 – 6 – 1 – 2 – 0	5,300	3.08
4	0 – 7 – 14 – 15 – 16 – 0	5,650	4.90
5	0 – 8 – 13 – 9 – 0	4,650	2.23
6	0 – 11 – 10 – 12 – 17 – 0	5,900	31.94
	รวม	30,000	66.15

ตารางที่ 1 พบว่าจำนวนเส้นทางการขนส่งน้ำยางสดเท่ากับ 6 เส้นทาง หรือเท่ากับ 6 เที่ยว เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิงที่กิโลเมตรละ 4 บาท จะได้ว่าระยะทางของการขนส่งน้ำยางสดเท่ากับ 66.15 กิโลเมตร ดังนั้นต้นทุนการขนส่งรวมเท่ากับ 264.4 บาท/วัน หรือ 7,938 บาท/เดือน

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและประยุกต์ใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และประมวลผลโดยใช้โปรแกรม LINGO ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (VRP) ภายใต้เงื่อนไขปริมาณการผลิตของผู้ขายแต่ละรายแน่นอน และขนาดการบรรทุกจำกัด เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าน้ำมันในการขนส่งของบริษัทรัตภูมิยางสดจำกัด ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตน้ำยางสดและระยะทางของผู้ขายแต่ละราย โดยศึกษาเฉพาะผู้ขายที่มีปริมาณการผลิตที่แน่นอนทุกวัน รวมทั้งสิ้น 17 ราย จากนั้นจึงจัดรูปแบบปัญหาให้เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และใช้โปรแกรม LINGO ทำการประมวลผล

ผลที่ได้จากโปรแกรม LINGO ทำให้สามารถลดเส้นทางการขนส่งลงได้ ซึ่งจากเดิมมีเส้นทางการขนส่ง 17 เที่ยวต่อวัน ลดลงเหลือ 6 เส้นทางต่อวัน และทำให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งจากเดิม 219.75 กิโลเมตรต่อวัน เหลือเพียง 66.15 กิโลเมตรต่อวัน และหากเราเปรียบเทียบต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งพบว่า การจัดเส้นทางใหม่ที่ได้จากโปรแกรม LINGO จะประหยัดค่าน้ำมันได้เดือนละ 614.40 บาทต่อวัน หรือคิดเป็นต้นทุนที่สามารถลดลงได้มากถึง 30.10% จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และใช้โปรแกรม

LINGO ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ สามารถลดระยะทางการขนส่งและค่าใช้จ่ายลดลงได้จริง ทำให้บริษัทรัตภูมิยางสด จำกัด มีผลกำไรมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะ

ในความเป็นจริงนั้นผู้ขายมักจะมีปริมาณการผลิตน้ำยางสดไม่แน่นอนอยู่ตลอดเวลา ทำให้การนำเส้นทางการขนส่งที่คำนวณไว้ไปใช้เป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ อย่างไรก็ตามผู้ที่สนใจอาจศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้รูปแบบปัญหาสำหรับผู้ขายที่มีปริมาณการผลิตไม่แน่นอน และอาจใช้เทคนิคอื่น ๆ ในการแก้ปัญหา เช่น Simulation, Heuristics และ Metaheuristics เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดเส้นทางได้ตรงตามความต้องการและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทรัตภูมิยางสด จำกัด ที่อนุญาตให้เปิดเผยข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณพนักงานเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบคุณโปรแกรมวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

[1] ธารชุดา พันธ์นิกุล กนกอร โรหิดะ และ รุ่งฤดี บัวศรียอด. (2554). การลดต้นทุนในการจัดเส้นทางการขนส่งด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา : โรงงานอุบลอควาริส จ.อุบลราชธานี. ใน **การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2554**. 8-9 กันยายน 2554. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 60-64.

[2] ณกร อินทร์พยุง. (2548). **การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[3] Bell, J.E., and Mcmullen, P.R. (2004). **Ant Colony Optimization Techniques for the Vehicle Routing Problem**. Advanced Engineering Informatics. 18 : 41-48.

[4] Dantzing, G.B. and Ramser, J.H. (1959). **The Truck Dispatching Problem**. Management Science. 6 (80).

[5] Fischetti, M., Toth, P. and Vigo, D. (1994). **A Branch and Bound Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem on Directed Graphs**. Operation Research. 42 (5) : 846-859.

[6] Lysgaard, J., Letchford, A.N. and Eglese, R.W. (2004). **A New Branch and Cut Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem**. Math Program. 100 : 423-445.

[7] Choi, E. and Tcha, D. (2007). **A Column Generation Approach to the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem**. Computer & Operation Research.

[8] Baldacci, R., Christofides, N. and Mingozzi, A. (2007). **An Exact Algorithm for the Vehicle Routing Problem Based on the Set Partitioning Formulation with Additional Cuts**. Mathematical Programming.