การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม

นคร ไชยวงศ์ศักดา[*1] ประเวช อนันเอื้อ[2] นิเวศ จีนะบุญเรือง[3] เสกสรรค์ วินยางค์กูล[4] ขวัญเรือน สินณรงค์[5]
ธนากร จักรแก้ว[6] วุฒิชัย ใจบาล[7] และ ณัฐวุฒิ ศรีสว่าง[8]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ที่ 9 ถนนพหลโยธิน ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เสนอการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำดื่ม โดยการแบ่งพื้นที่ในการให้บริการแล้วนำลูกค้าในแต่ละพื้นที่มาจัดเส้นทางโดยวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม หลังจากนั้นนำเส้นทางที่ได้มาจัดลำดับในการขนส่งใหม่โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้ปัญหามีขนาดที่เล็กลง สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel ได้ โดยตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายจะให้คำตอบที่ดีที่สุดคือระยะทางที่สั้นที่สุดในแต่ละเส้นทาง ซึ่งผลจากการศึกษาเส้นทางตัวอย่างจากโซนพื้นที่ที่ 1 จำนวน 6 เส้นทาง การจัดเส้นทางโดยตัวแบบปัญหาของพนักงานขายทำให้ระยะทางลดลงกว่าวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม 4.16 %

คำสำคัญ: การจัดเส้นทาง, การขนส่ง, ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย, เซฟวิ่งอัลกอริทึม

* Corresponding author. E-mail: nakorn_eak@hotmail.com
[1,2,3,4,5] อาจารย์ โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และการจัดการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[6,7,8] นักศึกษาปริญญาตรี โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และการจัดการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Vehicle Routing by Using a Saving Algorithm and the Traveling Salesman Problem: A Case Study of a Drinking Water Factory

Nakorn Chaiwongsakda[*1] Prawet Ananaue[2] Niwest Jeenaboonrueang[3] Seksan Winyangkul[4]
Kwanruan Sinnarong[5] Thanakorn Jakkaew[6] Wuttichai Jaibal[7] and Nattawut Srisawang[8]
Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University,
80 m.9 Bandu, Muang, Chiang Rai 57100

Abstract

This study proposes effective vehicle routing for drinking water transportation using both a saving algorithm and the traveling salesman problem (TSP). In this study, the service area for drinking water transportation is zoned and then routed by using a saving algorithm. Each modified route is subsequently rearranged by using linear programming for the TSP. This process helps to reduce the size of the problem and also can be conveniently completed by using the Solver in Microsoft Excel. The TSP, in addition, provides the best answer for the minimal distance in each route. The simulation results for the six sample routes in area zone 1 showed that using the TSP provides a superior outcome and also offers a distance reduction of 4.16%, better than the saving algorithm.

Keywords: vehicle routing, transportation, traveling salesman problem, saving algorithm

* Corresponding author. nakorn_eak@hotmail.com
[1,2,3,4,5] Lecturer in the Program of Logistics Engineering and Management, Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University
[6,7,8] Undergraduate student in the Program of Logistics Engineering and Management, Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจน้ำดื่มได้มีบทบาทและความสำคัญในการดำรงชีวิต ซึ่งเป็นผลมาจากการดูแลเอาใจใส่ต่อสุขภาพ ทำให้มีการบริโภคน้ำดื่มจากโรงงานผลิตน้ำดื่มมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีความสะดวก สะอาด และปลอดภัย ความต้องการบริโภคน้ำดื่มได้เพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรและรายได้ของครัวเรือน ส่งผลให้ผู้ประกอบการรายใหม่ๆที่มองเห็นโอกาสทางการตลาดเข้าสู่ธุรกิจน้ำดื่มเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะผู้ประกอบการขนาดเล็ก แม้อุตสาหกรรมน้ำดื่มจะขยายตัวค่อนข้างสูงแต่ทว่าธุรกิจนี้ประสบกับภาวะแข่งขันมากด้วยเช่นกัน ดังนั้นบริษัทต่างๆจะต้องมีการบริหารที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มีต้นทุนที่ต่ำ เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ซึ่งต้นทุนสำคัญอย่างหนึ่งของธุรกิจนี้คือต้นทุนในการขนส่งน้ำดื่มไปยังผู้บริโภค ซึ่งจะต้องมีการจัดเส้นทางการเดินรถให้มีต้นทุนที่ต่ำ ระยะทางที่สั้นและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้

2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การแบ่งพื้นที่การบริการ (Service Zoning) [1] หากต้องการให้ขนส่งสินค้าเป็นไปอย่างประหยัดที่สุด สิ่งที่ต้องทำคือ การใช้รถขนส่งจำนวนน้อยที่สุด แต่ส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ครบถ้วนทุกราย รถขนส่งแต่ละคันจึงควรวิ่งไปส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในแต่ละวัน ดังนั้นควรจัดให้ลูกค้าเกาะกลุ่มอยู่ใกล้ๆกัน โอกาสที่รถจะวิ่งส่งสินค้าได้หลายๆแห่งในเส้นทางเดียวกันก็จะเป็นไปได้มากขึ้น การจัดให้เส้นทางเดินรถไปส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าที่อยู่ห่างไกลกันมากอาจทำให้รถแต่ละคันส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าได้เพียงสองสามรายเป็นอย่างมาก ในแต่ละวันในทางปฏิบัติจึงจัดแบ่งพื้นที่บริการรวมออกเป็นพื้นที่บริการย่อยๆ โดยให้แต่ละพื้นที่ย่อยมีลูกค้าอยู่กันเป็นกลุ่มเป็นก้อน รถขนส่งเพียงคันเดียวหรือจำนวนไม่มากสามารถไปส่งสินค้าให้ลูกค้าในพื้นที่ย่อยนั้นได้หมดภายในหนึ่งวัน การจัดแบ่งพื้นที่บริการยังมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการคำนวณวิเคราะห์จัดลำดับการส่งสินค้าในแต่ละเส้นทางอีกด้วย เนื่องจากทำให้ปัญหาเดียวแต่มีขนาดใหญ่ ประกอบด้วยคำสั่งซื้อจำนวนมากต้องใช้เวลาในการคำนวณที่ยาวนานมาก กลายเป็นปัญหาการจัดลำดับการส่งสินค้าสำหรับแต่ละพื้นที่บริการย่อยหลายๆปัญหา ซึ่งทำให้การคำนวณวิเคราะห์ง่ายขึ้นและคำนวณได้อย่างรวดเร็วกว่ามาก

การจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing) เป็นปัญหาประจำของบริษัทขนส่ง ในแต่ละวันจะมีลูกค้าจำนวนหนึ่งมากบ้างน้อยบ้างต้องการให้นำสินค้าไปส่งให้ ปัญหาที่น่าท้าทายคือผู้จัดการจะต้องใช้รถขนส่งกี่คันและควรจะจัดลำดับการส่งสินค้าอย่างไร รถคันไหนควรไปส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ารายใดบ้าง และจะจัดลำดับการส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละรายอย่างไร ในทางคณิตศาสตร์แล้วถือว่าปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem) เป็นปัญหาที่ยากมากๆ ในการที่จะวิเคราะห์หาแผนการเดินรถที่ดีที่สุดในบรรดาแผนที่เป็นไปได้จำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากคำสั่งซื้อจากลูกค้าและรถส่งสินค้ามีจำนวนมาก ซึ่งแทบจะไม่มีโอกาสเลยที่จะจัดเส้นทางการเดินรถให้ประหยัดที่สุดอย่างดีที่สุดคงทำได้เพียงการวิเคราะห์ให้ได้แผนที่ค่อนข้างดีมาใช้ปฏิบัติเท่านั้น

ในกรณีที่มีลูกค้าจำนวนมาก การหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วเลือกเอาเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด เป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ เพราะจะต้องใช้เวลาในการคำนวณวิเคราะห์ยาวนานมากจนไม่ทันการณ์ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการอื่นๆ มาช่วยให้ได้คำตอบที่เร็ว ซึ่งมีวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดเส้นทางการเดินรถ ได้แก่ การจัดเส้นทางโดยค่าประมาณ (Approximation Methods) ซึ่งคำตอบของเส้นทางขนส่งที่ได้รับจากการใช้วิธีการนี้อาจจะไม่ดีที่สุดแต่จะได้คำตอบที่ดีพอใช้ ภายในระยะเวลาที่ไม่นานมาก นำไปใช้งานได้ทันเวลา วิธีการจัดเส้นทางโดยค่าประมาณนี้ยังมีหลากหลายวิธี คำตอบที่ได้รับจากแต่ละวิธีอาจจะมีคุณภาพแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะรายละเอียดของปัญหาแต่ละกรณี ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมและเข้าใจง่ายวิธีการหนึ่งคือวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm) ซึ่งเสนอโดย Clarke and Wright นักวิจัยในประเทศอังกฤษ ในปี ค.ศ. 1964 [2] ซึ่งได้พิจารณาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้าหลายราย และยานพาหนะมีความจุหลายขนาดส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียว งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอน

ให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้คือ ทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่ง และปริมาตรสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดยมีวิธีในการดำเนินงานดังนี้

1. เลือกจุดเริ่มต้นจากคลังสินค้าขึ้นมาหนึ่งปุ่มให้เป็นปุ่มที่หนึ่ง

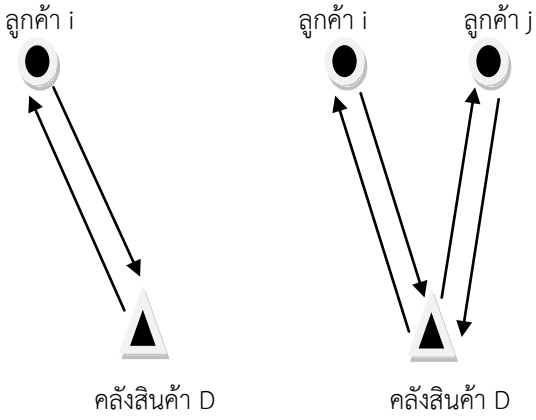
2. คำนวณค่าของระยะเวลา, ระยะทางหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ประหยัด (Saving Cost), $S_{ij} = C_{iD} + C_{Dj} - C_{ij}$ เมื่อ i , j คือลูกค้า และ D คือคลังสินค้า

3. เรียงลำดับค่า S_{ij} จากมากไปหาน้อย

4. สร้างเส้นทางของยานพาหนะโดยเชื่อมปุ่ม i และ j ที่มีค่า S_{ij} มากที่สุด

5. ทำซ้ำจนกว่าจะจัดเส้นทางได้ครบ โดยมีเงื่อนไขของข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะจะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ และต้องใช้เวลาในการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด

วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมเป็นทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในการจัดการปัญหาการขนส่งยานพาหนะ ใจความของทฤษฎีไม่ซับซ้อน คือ พิจารณาการส่งจากคลังสินค้า D



รูปที่ 1 การส่งสินค้า แบบ 1 เที่ยว ต่อ 1 ลูกค้า

จากรูปที่ 1 ถ้าใช้รถ 1 คัน วิ่งส่งสินค้าให้ลูกค้า 2 ราย (i และ j) ในเที่ยวเดียวกันระยะทางทั้งหมดจะลดลงเท่ากับ $S(i, j) = 2d(D, i) + 2d(D, j) - [d(D, i) + d(i, j) + d(D, j)] = d(D, i) + d(D, j) - d(i, j)$

ค่า Saving S(i, j) ที่ได้คือระยะทางที่สามารถลดได้ หากระยะทางระหว่างลูกค้าใด ทำให้เกิดค่า Saving สูงก็หมายความว่า สามารถลดระยะทางได้มาก

โปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) [3] เป็นเทคนิคที่รู้จักกันแพร่หลายและเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) ในหลายๆหน่วยงานได้ประยุกต์ใช้วิธีการทางโปรแกรมเชิงเส้น ในการแก้ปัญหาทางการจัดสรรปัจจัยหรือทรัพยากร (allocating resource) โดยที่ปัจจัยหรือทรัพยากรมีความหมายรวมถึงวัตถุดิบ กำลังคน เวลา สถานที่ เงิน หรือความรู้ความสามารถต่างๆ โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆเป็นแบบเชิงเส้น มีจุดหมายเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจให้เกิดผลตามแนวทางการดำเนินงานที่ดีที่สุด (optimal) เช่น กำไรสูงสุด ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด หรือแนวทางการดำเนินงานอื่นๆที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุดต่อระบบนั้นๆ โดยพิจารณาเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่กำหนด เช่น สภาวะตลาด การขาดแคลนวัตถุดิบ กำลังคน เงินทุน สถานที่ ความรู้ข้อกำหนดของกฎหมายและระเบียบต่างๆของสังคม นโยบายของฝ่ายบริหาร ขอบข่ายของธุรกิจที่ดำเนินอยู่และอื่นๆ เทคนิคทางการโปรแกรมเชิงเส้นนี้พัฒนามาจากผลความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีแนวคิดริเริ่มมาจากนักคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์หลายๆท่านซึ่งได้นำไปใช้ในทฤษฎีเกม รวมทั้งถูกพัฒนานำไปใช้ในทางการขนส่ง แก้ปัญหาทางโภชนาการ และแก้ปัญหาทางการวางแผนโครงงานในกองทัพ ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันในหลายๆวงการในการนำเทคนิคทางการโปรแกรมเชิงเส้นไปใช้ประโยชน์ในหลายๆด้าน เช่น ทางการเกษตร ทางเศรษฐศาสตร์ และการจัดการเกี่ยวกับการผลิตทางอุตสาหกรรม

โปรแกรมเชิงเส้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. มีสมการกำหนดเป้าหมาย (objective function) คือสมการแสดงความสัมพันธ์ของต้นทุน กำไร เพื่อให้กำหนดเป้าหมายสูงสุดหรือต่ำสุด

2. มีสมการแสดงขอบข่าย (constraints) ซึ่งแสดงข้อจำกัดต่างๆของปัจจัยหรือทรัพยากรในรูปสมการหรืออสมการโดยที่สมการต่างๆทั้งหมดเป็นสมการเชิงเส้น

ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (traveling salesman problem: TSP) [4] เป็นที่รู้จักกันในนามของปัญหาทีเอสพี (TSP) เป็นหนึ่งในปัญหาที่เป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานในการพัฒนาวิธีการในการหาคำตอบให้ดีและเร็ว โดยปัญหา TSP นี้ เป็นปัญหาที่ทำการตัดสินใจหาเส้นทางการเดินทางเมื่อมีเมืองหรือสถานที่ที่ต้องเดินทางไปจำนวน N เมืองหรือ N สถานที่ การเดินทางจะเดินทางจากเมืองใดเมืองหนึ่งในจำนวน N เมือง โดยเส้นทางการเดินทางนั้นๆจะต้องเดินทางผ่านเมืองทุกเมืองใน N และกลับมาที่เมืองที่ทำการเริ่มต้นในการเดินเหมือนการเดินวนรอบ โดยปัญหา TSP นี้ แยกย่อยออกเป็นปัญหาต่างๆอีกมากมาย ปัญหา TSP เป็นปัญหาที่ได้รับความนิยมจากนักวิจัย เริ่มต้นการพัฒนาปัญหา TSP เกิดขึ้นในช่วง คศ. 1800 โดยนักคณิตศาสตร์ชาวไอร์แลนด์ ชื่อ W.R.Hamilton และชาวอังกฤษชื่อ Thomas Kirkman ได้สร้างเกมที่ชื่อว่า Icosian ซึ่งเกมนี้ผู้เล่นจะต้องหาวงกลมฮามิโทเนียน (Hamitonian cycle) ช่วงปี คศ.1950-1960 ปัญหา TSP ได้รับความสนใจเป็นอย่างสูง และได้เริ่มมีการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์และ วิธีการแม่นตรง (exact method) ในการแก้ปัญหา Richard M. K(1972) ได้พิสูจน์ว่าเกมวงกลมฮามิโทเนียนเป็นปัญหาประเภท NP-complete ซึ่งทำให้ปัญหา TSP เป็นปัญหาจำพวกเดียวกันได้นั่นคือเป็นปัญหา NP-hard แสดงให้เห็นว่า TSP เป็นปัญหาที่ยากและยังไม่มีวิธีการที่ใช้เวลาแบบโพลีโนเมียลในการแก้ปัญหาได้ ดังนั้นมีนักวิจัยสนใจทั้งหาวิธีในการแก้ปัญหาแบบวิธีการที่ได้คำตอบที่ดีที่สุด เช่น วิธีการ branch and bound วิธีการ branch and cut, cutting plane algorithm เป็นต้น

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย

ดัชนี

i , j ลูกค้ารายที่ i หรือ j i , j = 1....k

พารามิเตอร์

C_{ij} ต้นทุนในการเดินทางจากลูกค้า i ไปลูกค้า j

k จำนวนลูกค้า

U จำนวนลูกค้าที่อยู่ในเส้นทาง

V จำนวนลูกค้าทั้งหมด

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ij} { 1 เมื่อมีการเดินทางจาก i ไป j
0 เมื่อไม่มีการเดินทางจาก i ไป j

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกรณีที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimization} \sum_{i \neq j} C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

สมการขอบข่าย

$$\sum_{j=1}^{k} X_{ij} = 1 \qquad \forall i = 1.....k \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{k} X_{ij} = 1 \qquad \forall j = 1.....k \quad (3)$$

$$\sum_{i,j \in S}^{k} X_{ij} \leq |U| - 1;\ U \subset V, 2 \leq |U| \leq k - 2 \quad (4)$$

สมการที่ (1) ต้นทุนการเดินทางจาก node i ไป node j

สมการที่ (2) การเดินทางออกจากเมือง i ใดๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 1 (เมืองใดเมืองหนึ่งเดินทางออกได้เพียงครั้งเดียว)

สมการที่ (3) มีการเดินทางเข้าเมือง i ได้เพียงครั้งเดียว

สมการที่ (4) เป็นสมการป้องกันการเกิดการเดินทางย่อย (sub tour) การเกิดการเดินทางย่อยหมายความว่า การเดินทางเริ่มต้นจากเมืองใดเมืองหนึ่งแต่เดินทางไม่ครบทำให้เกิดทัวร์ย่อยขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TSP [5] ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายและใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นในการจัดเส้นทางพาหนะของธุรกิจชานม ซึ่งช่วยในการลดต้นทุนพลังงานที่ใช้ของธุรกิจลง 18.15% เช่นเดียวกับ [6] ที่ได้ศึกษาเส้นทางการเดินทางของพนักงานขายโดยได้แบ่งชุดข้อมูลสำหรับภาคกลางและปริมณฑล ซึ่งจากการหาคำตอบการเดินทางโดยใช้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายและวิธีการค้นหาแนวลึกคำตอบที่ได้สั้นกว่าพนักงานขายเป็นคนกำหนดเอง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ [7] ที่ได้ทำการพัฒนาวิธีการในการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเมื่อมีข้อจำกัดทาง

ด้านเชื้อเพลิง ซึ่งโดยทั่วไป TSP จะมีข้อสมมติฐานที่ว่าไม่มีข้อจำกัดด้านความจุเชื้อเพลิงของยานพาหนะ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

จากปัญหาปัจจุบันของบริษัทที่มีรถในการขนส่งน้ำอยู่ 2 คัน ซึ่งทั้ง 2 คันจะส่งน้ำให้ทั้งในตัวเมืองเชียงรายที่มีลูกค้าอยู่ 76 รายและตำบลบ้านดู่ที่มีลูกค้าอยู่ 85 ราย ทำการส่งถังน้ำขนาด 10 ลิตรและ 20 ลิตร ให้กับลูกค้าที่เป็นบ้านเรือน โรงแรมและร้านค้าต่างๆ ทำการส่ง 6 วัน โดยรถคันที่ 1 ลูกค้าส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตตัวเมืองเชียงราย ส่วนรถคันที่ 2 จะมีลูกค้าส่วนใหญ่อยู่ในเขตตำบลบ้านดู่ ทำให้มีเส้นทางบางส่วนที่ซ้อนทับกัน มีระยะทางในการขนส่งที่มาก การแก้ปัญหาจะทำการรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์พนักงานของบริษัทถึงเส้นทางปัจจุบัน สถานที่ของลูกค้า ปริมาณการสั่งซื้อ จำนวนรถบรรทุก ความจุของรถบรรทุกแต่ละคัน และหาระยะทางในการเดินทางในแต่ละสถานที่ของลูกค้ารวมทั้งบริษัท เพื่อสร้างเป็นเมตริกซ์ระยะทาง ซึ่งจะใช้แผนที่จาก google map ช่วยในการหาระยะทางนี้ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดเส้นทางการเดินรถต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้ศึกษาข้อมูลจากบริษัทแล้วจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ โดยการแบ่งพื้นที่เป็น 2 โซนคือเขตตัวเมืองเชียงรายและเขตตำบลบ้านดู่ โดยการศึกษานี้จะจัดเส้นทางจากเขตตำบลบ้านดู่ ที่มีจุดของลูกค้าทั้งหมด 85 ราย เมื่อทำการรวมจุดของลูกค้าที่อยู่ติดกัน อยู่ในซอยเดียวกันและลูกค้าที่อยู่ในหมู่บ้านจัดสรรเดียวกันแล้ว จะเหลือจุดที่จะต้องเดินทางทั้งหมด 36 จุด ซึ่งจะถูกจัดเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม โดยจะเริ่มจากค่ามากที่สุดพิจารณาประกอบกับความสามารถในการบรรทุกได้ของรถคือ 1,600 กิโลกรัม ทำจนจัดเส้นทางได้ครบ แล้วนำเส้นทางแต่ละเส้นทางมาจัดใหม่โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง (ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย) ซึ่งจะหาคำตอบโดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel โดยเส้นทางที่ได้จากทั้ง 2 วิธีได้เส้นทาง 6 เส้นทาง ซึ่งจะใช้รถบรรทุก 1 คัน เดินทางวันละ 1 เส้นทาง ดังนี้

ตารางที่ 1 เส้นทางที่ได้จากการจัดเส้นทางวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม

เส้นทาง	ระยะทาง (เมตร)	น้ำหนัก (กก.)
1. บริษัท – 6 – 5 – 18 – 8 – 32 – 33 – 35 – 34 – 17 - บริษัท	10,620	1,540
2. บริษัท – 16 – 15 – 14 – 27 – 28 – 29 – 20 – 22 - บริษัท	6,550	1,140
3. บริษัท – 10 – 30 – 19 – 21 – 26 – 25 – 24 – 23 – 31 – บริษัท	7,960	1,520
4. บริษัท – 4 – 11 – 36 – 2 – บริษัท	2,167	1,460
5. บริษัท – 9 – 12 – บริษัท	6,300	1,600
6. บริษัท – 1 – 13 – 3 – 7 – บริษัท	7,940	1,480
รวม	41,537	8,740

ตารางที่ 2 เส้นทางที่ได้จากการจัดเส้นทางโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง (ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย)

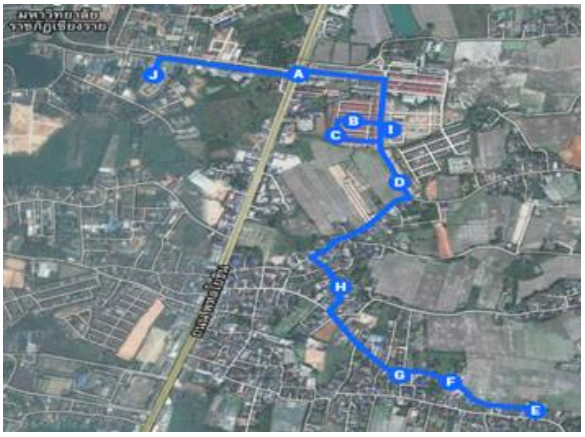
เส้นทาง	ระยะทาง (เมตร)	น้ำหนัก (กก.)
1. บริษัท – 6 – 5 – 18 – 8 – 32 – 33 – 35 – 34 - 17 - บริษัท	10,620	1,540
2. บริษัท – 16 – 15 – 14 – 29 – 28 – 20 – 27 – 22 - บริษัท	6,140	1,140
3. บริษัท – 10 – 30 – 19 – 24 – 25 – 26 – 21 – 31 – 23 – บริษัท	6,660	1,520
4. บริษัท – 36 – 4 – 11 – 2 – บริษัท	2,150	1,460
5. บริษัท – 9 – 12 - บริษัท	6,300	1,600
6. บริษัท – 1 – 13 – 3 – 7 – บริษัท	7,940	1,480
รวม	39,810	8,740

A=บริษัท (0) B=ลูกค้า 6 C=ลูกค้า 5 D=ลูกค้า18 E=ลูกค้า 8 F=ลูกค้า 32 G=ลูกค้า 33 H=ลูกค้า 35 I=ลูกค้า 34 J=ลูกค้า 17

รูปที่ 2 เส้นทางที่ได้จากตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเส้นทางที่ 1

A=บริษัท (0) B=ลูกค้า 16 C=ลูกค้า 15 D=ลูกค้า 14 E=ลูกค้า 29 F=ลูกค้า 28 G=ลูกค้า 20 H=ลูกค้า 27 I=ลูกค้า 22

รูปที่ 3 เส้นทางที่ได้จากตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเส้นทางที่ 2

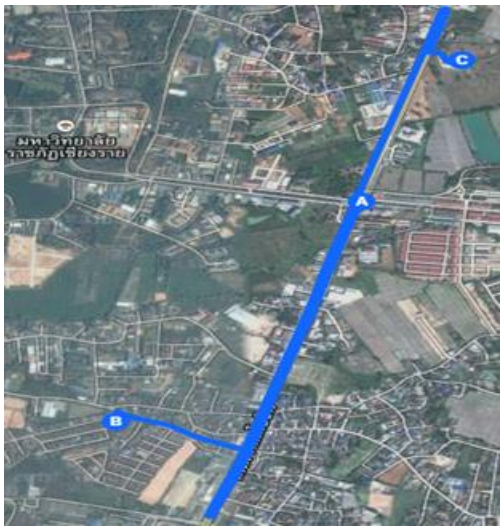


A= บริษัท (0) B=ลูกค้า 10 C=ลูกค้า 30 D=ลูกค้า 19 E=ลูกค้า 24 F=ลูกค้า 25 G=ลูกค้า 26 H=ลูกค้า 21 I=ลูกค้า 31 J=ลูกค้า 23

รูปที่ 4 เส้นทางที่ได้จากตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเส้นทางที่ 3

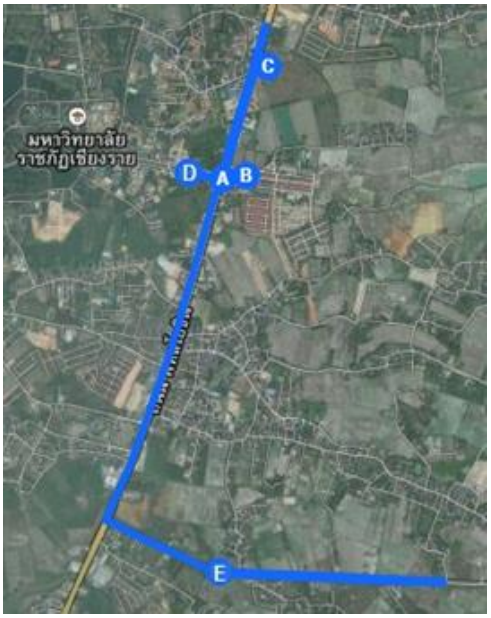
A=บริษัท (0) B=ลูกค้า 4 C=ลูกค้า 11 D=ลูกค้า 36 E=ลูกค้า 2

รูปที่ 5 เส้นทางที่ได้จากตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเส้นทางที่ 4



A=บริษัท (0) B=ลูกค้า 9 C=ลูกค้า 12

รูปที่ 6 เส้นทางที่ได้จากตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเส้นทางที่ 5



A=บริษัท (0) B=ลูกค้า 1 C=ลูกค้า 13 D=ลูกค้า 3 E=ลูกค้า 7

รูปที่ 7 เส้นทางที่ได้จากตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเส้นทางที่ 6

ตารางที่ 3 ระยะทางของเส้นทางที่ 2 ที่ได้จากการจัดเส้นทางวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมและโปรแกรมเชิงเส้นตรง (TSP)

เส้นทางจากเซฟวิ่งอัลกอริทึม	ระยะทาง (เมตร)	เส้นทางจาก TSP	ระยะทาง (เมตร)
บริษัท (0) - 16	2,000	บริษัท (0) - 16	2,000
16 - 15	190	16 - 15	190
15 - 14	120	15 - 14	120
14 - 27	850	14 - 29	850
27 - 28	400	29 - 28	130
28 - 29	130	28 - 20	100
29 - 20	160	20 - 27	350
20 - 22	1,500	27 - 22	1,200
22 - บริษัท (0)	1,200	22 - บริษัท (0)	1,200
รวม	6,550	รวม	6,140

ตารางที่ 4 ระยะทางของเส้นทางที่ 3 ที่ได้จากการจัดเส้นทางวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมและโปรแกรมเชิงเส้นตรง (TSP)

เส้นทางจากเซฟวิ่งอัลกอริทึม	ระยะทาง (เมตร)	เส้นทางจาก TSP	ระยะทาง (เมตร)
บริษัท (0) - 10	600	บริษัท (0) - 10	600
10 - 30	130	10 - 30	130
30 - 19	350	30 - 19	350
19 - 21	750	19 - 24	1,700
21 - 26	500	24 - 25	300
26 - 25	280	25 - 26	280
25 - 24	300	26 - 21	500
24 - 23	3,200	21 - 31	1,000
23 - 31	1,200	31 - 23	1,200
31 - บริษัท (0)	650	23 - บริษัท (0)	600
รวม	7,960	รวม	6,660

ตารางที่ 5 ระยะทางของเส้นทางที่ 4 ที่ได้จากการจัดเส้นทางวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมและโปรแกรมเชิงเส้นตรง (TSP)

เส้นทางจากเซฟวิ่งอัลกอริทึม	ระยะทาง (เมตร)	เส้นทางจาก TSP	ระยะทาง (เมตร)
บริษัท (0) - 4	1,100	บริษัท (0) - 36	600
4 - 11	400	36 - 4	550
11 - 36	87	4 - 11	400
36 - 2	280	11 - 2	300
2 - บริษัท (0)	300	2 - บริษัท (0)	300
รวม	2,167	รวม	2,150

ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง (ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย) ในการจัดเส้นทางจากเส้นทางที่ 4 ที่หาได้โดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมคือ บริษัท (0) – 4 – 11 – 36 – 2 – บริษัท (0) มีระยะทางรวม 2,167 กิโลเมตร น้ำหนักบรรทุก 1,460 กิโลกรัม จะมีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

ให้ X_{ij} แทนการเดินทางจากจุดหรือโหนด i ไปยังจุดหรือโหนด j

สมการเป้าหมาย

$$\text{Min } 1{,}100X_{0,4} + 1{,}100X_{4,0} + 700X_{0,11} + 700X_{11,0} + 600X_{0,36} + 600X_{36,0} + 300X_{0,2} + 300X_{2,0} + 400X_{4,11} + 400X_{11,4} + 550X_{4,36} + 550X_{36,4} + 800X_{4,2} + 800X_{2,4} + 87X_{11,36} + 87X_{36,11} + 300X_{11,2} + 300X_{2,11} + 280X_{36,2} + 280X_{2,36}$$

ข้อจำกัดที่ 1 แต่ละโหนดจะต้องมีเส้นทางเข้า 1 เส้นทาง

โหนด 0 $X_{4,0} + X_{11,0} + X_{36,0} + X_{2,0} = 1$

โหนด 2 $X_{0,2} + X_{4,2} + X_{11,2} + X_{36,2} = 1$

โหนด 4 $X_{0,4} + X_{11,4} + X_{36,4} + X_{2,4} = 1$

โหนด 11 $X_{0,11} + X_{4,11} + X_{36,11} + X_{2,11} = 1$

โหนด 36 $X_{0,36} + X_{4,36} + X_{11,36} + X_{2,36} = 1$

ข้อจำกัดที่ 2 แต่ละโหนดจะต้องมีเส้นทางออก 1 เส้นทาง

โหนด 0 $X_{0,4} + X_{0,11} + X_{0,36} + X_{0,2} = 1$

โหนด 2 $X_{2,0} + X_{2,4} + X_{2,11} + X_{2,36} = 1$

โหนด 4 $X_{4,0} + X_{4,11} + X_{4,36} + X_{4,2} = 1$

โหนด 11 $X_{11,0} + X_{11,4} + X_{11,36} + X_{11,2} = 1$

โหนด 36 $X_{36,0} + X_{36,4} + X_{36,11} + X_{36,2} = 1$

ข้อจำกัดที่ 3 ทุกnode สามารถผ่านได้ 1 ครั้ง ป้องกันการเกิดทัวร์ย่อยที่เป็นแบบไปกลับ เช่น เดินทางจากลูกค้า 1 ไปยังลูกค้า 2 แล้วลูกค้า 2 กลับมาหาลูกค้า 1

$X_{0,4} + X_{4,0} \leq 1$

$X_{0,11} + X_{11,0} \leq 1$

$X_{0,36} + X_{36,0} \leq 1$

$X_{0,2} + X_{2,0} \leq 1$

$X_{4,11} + X_{11,4} \leq 1$

$X_{4,36} + X_{36,4} \leq 1$

$X_{4,2} + X_{2,4} \leq 1$

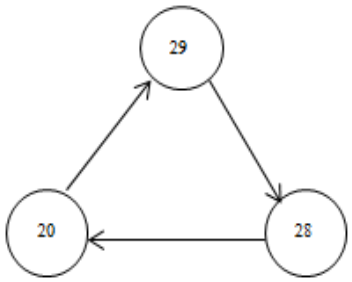
$X_{11,36} + X_{36,11} \leq 1$

$X_{11,2} + X_{2,11} \leq 1$

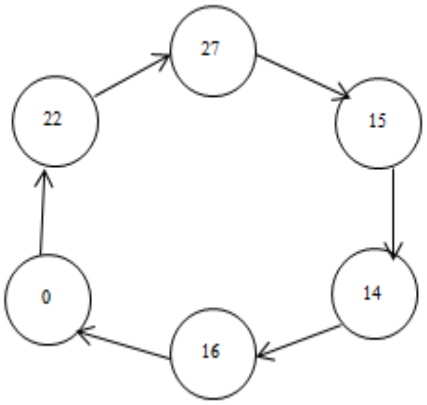
$X_{36,2} + X_{2,36} \leq 1$

เมื่อหาคำตอบโดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel จะได้เส้นทางที่ต้องผ่านซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 คือ $X_{36,0}$, $X_{0,2}$, $X_{11,4}$, $X_{4,36}$, $X_{2,11}$ ซึ่งจะสามารถจัดเส้นทางได้ คือ บริษัท (0) – 36 – 4 – 11 – 2 – บริษัท (0)

ในกรณีที่เกิดทัวร์ย่อยขึ้น จะต้องมีการเพิ่มข้อจำกัดเพิ่มดังตัวอย่างจากเส้นทางที่ 2 เมื่อหาคำตอบโดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel รอบแรก จะได้เส้นทางที่ต้องผ่านซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 คือ $X_{16,0}$, $X_{0,22}$, $X_{14,16}$, $X_{15,14}$, $X_{27,15}$, $X_{22,27}$, $X_{29,28}$, $X_{28,20}$, $X_{20,29}$ ซึ่งจะได้เส้นทาง 2 เส้นทาง คือ เส้นทางบริษัท (0) - 22 - 27 - 15 - 14 - 16 - บริษัท (0) และเส้นทางลูกค้า 29 - 28 – 20 - 29 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ตัวอย่างการเกิดทัวร์ย่อย



รูปที่ 8 ตัวอย่างการเกิดทัวร์ย่อย (ต่อ)

การกำจัดทัวร์ย่อยจะต้องทำการเพิ่มข้อจำกัดใหม่ดังนี้

$$X_{20,29} + X_{29,28} + X_{28,20} \leq 2$$

$$X_{29,20} + X_{28,29} + X_{20,28} \leq 2$$

หรือ

$$X_{0,22} + X_{22,27} + X_{27,15} + X_{15,14} + X_{14,16} + X_{16,0} \leq 5$$

$$X_{22,0} + X_{27,22} + X_{15,27} + X_{14,15} + X_{16,14} + X_{0,16} \leq 5$$

การหาคำตอบสุดท้ายจะต้องทำการเพิ่มข้อจำกัดจนกว่าจะได้คำตอบที่ไม่มีทัวร์ย่อย โดยการศึกษานี้เส้นทางที่ 2 จะมีการเพิ่มข้อจำกัด 5 ครั้ง และเส้นทางที่ 3 จะมีการเพิ่มข้อจำกัด 8 ครั้ง ในขณะที่เส้นทางที่ 1, 4, 5 และ 6 ไม่ต้องมีการเพิ่มข้อจำกัด

5. สรุปผล

การศึกษาการจัดเส้นทางในการขนส่ง โดยการแบ่งเขตพื้นที่ ทำให้ลูกค้ามีการจัดกลุ่มอยู่ใกล้ๆกัน จะช่วยให้ปัญหาในการจัดเส้นทางมีขนาดเล็กลง ทำให้การจัดโดยวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น และเมื่อนำเอาเส้นทางแต่ละเส้นทางมาจัดโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงที่ใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งจะได้ระยะทางที่สั้นที่สุดในแต่ละเส้นทาง ก็จะทำให้ได้ระยะทางในแต่ละเส้นทางสั้นลงหรืออย่างน้อยจะเท่ากับเส้นทางเดิม ซึ่งผลจากการศึกษาในครั้งนี้ มีเส้นทางที่มีระยะทางเท่าเดิม 3 เส้นทางและสั้นลง 3 เส้นทาง สามารถลดระยะทางในเส้นทางตัวอย่างได้จากเดิม 41,537 เมตร เหลือ 39,810 เมตร ลดลง 1,727 เมตร คิดเป็น 4.16% ซึ่งการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าต่างๆที่มีข้อจำกัดด้านน้ำหนักในการบรรทุกของยานพาหนะ ไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาในการขนส่ง และปริมาณความต้องการของลูกค้ามีค่าคงที่ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในกรณีที่ลูกค้ามีความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน ต้องการให้ส่งสินค้าก่อนกำหนด หรือยังไม่ต้องการให้ส่งสินค้า ทำให้เส้นทางที่จัดไว้นี้ไม่สามารถใช้ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงงานน้ำดื่มสาขาเชียงราย และคุณสายไหม ถาแก้ว ที่ได้ให้ข้อมูลในการศึกษาในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สมชาย ปฐมศิริ. คู่มือวิทยากรการจัดการการขนส่ง โครงการพัฒนาหลักสูตรและการฝึกอบรมโลจิสติกส์และซัพพลายเชน: สำนักงานอุดมศึกษาแห่งชาติ, 2551.

[2] G. Clarke and J.V. Wright , “Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points,” *Operations Research*, Vol. 12, pp. 568–581, 1964.

[3] วิจิตร ตัณฑสุทธ์ วันชัย ริจิรวนิช และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. *การการวิจัยดำเนินงาน ภาค DETERMINISTIC*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2554.

[4] ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. *เอกสารคำสอนวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสำหรับแก้ปัญหาการขนส่งโลจิสติกส์ บทที่ 5 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย*. คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2556.

[5] ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร. “การลดต้นทุนการขนส่ง โดยการจัดเส้นทางพาหนะที่เหมาะสม กรณีศึกษา ธุรกิจเครื่องดื่มชานม,” *วารสารปัญญาภิวัฒน์.*, ปีที่ 5 (ฉบับพิเศษ), หน้า 272-279, 2557.

[6] พัชรลักษณ์ รักธรรมจิรสุข. “การศึกษารูปแบบการจัดเส้นทางเพื่อทำการวางแผนการเดินทางของพนักงานขาย,” *การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 7*. 6 พฤศจิกายน. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระเจ้าเกล้าพระนครเหนือ: หน้า 185-192, 2557.

[7] ปุณยนุช ชัยเจริญธาดา อนันต์ มุ่งวัฒนา และศักเกษม สุจินตนารัตน์. “ปัญหาการจัดเส้นทางเมื่อมีข้อจำกัดด้านเชื้อเพลิง,” *การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2554*. 8-9 กันยายน. โรงแรม เอส ดี อเวนิว กรุงเทพฯ: หน้า 269-272, 2554.