

การประยุกต์ใช้วิธีการประหยัด เพื่อแก้ปัญหาคำสั่งเส้นทางยานพาหนะ ในรูปแบบที่มีการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน

An Application of Savings Algorithm to solve the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery

ยลพัชร์ อังกูรสิทธิ์

นักศึกษาระดับปริญญาโทบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Yollapatch Aungkoonsit

Graduate student at Faculty of Business Administration,

Panyapiwat Institute of Management

E-Mail: yollapatch.aungkoonsit@scb.co.th

ดร.ตันติกร พิชญ์พิบูล

อาจารย์ประจำคณะบริหารธุรกิจ, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Dr. Tantikorn Pichpibul

Lecturer of Business Administration Faculty, Panyapiwat Institute of Management

E-Mail: pichpibul@gmail.com ; tantikornpic@pim.ac.th

ดร.แคทลียา ธนาถนอมกุล

อาจารย์ประจำคณะบริหารธุรกิจ, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Dr. Kathaliya Thanathanomkul

Lecturer of Business Administration Faculty, Panyapiwat Institute of Management

E-Mail: kathaliya.t@gmail.com ; kathaliyatha@pim.ac.th

จิรวุฒิ หลอมประโคน

รองหัวหน้าสาขาการจัดการธุรกิจการค้าสมัยใหม่ คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Chirawut Lomprakhon

Deputy Head of Department of Modern Trade Business Management,

Panyapiwat Institute of Management

E-Mail: chirawutlom@pim.ac.th

ธันวิตา สิริวรภัทร พุทธพงษ์ศิริพร

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Thunwita Sirivorapat Puthongsiriporn

Assistant Dean for Planning and Development, Faculty of Business Administration

E-Mail: thunwitaput@pim.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการประหยัด เพื่อนำมาแก้ปัญหาคำสั่งเส้นทางยานพาหนะ ในรูปแบบที่มีการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการจัดการโลจิสติกส์ ในการลดต้นทุนการขนส่งสินค้า ที่นอกจากจะขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าแล้ว ยังมีการรับสินค้ากลับมายังคลังสินค้าด้วย ในการวิจัยนี้จะทำการพัฒนาวิธีการประหยัด โดยปรับปรุงขั้นตอนการรวมจุดส่งสินค้า ให้มีการพิจารณาการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน เพื่อใช้หาคำตอบในการค้นหาเส้นทางขนส่งสินค้าที่มีระยะทางขนส่งโดยรวมน้อยที่สุดของปัญหาการวิจัยศึกษา จำนวน 40 ปัญหา อีกทั้งยังนำคำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด จากผลการ

ทดลองพบว่าการใช้วิธีการประหยัดที่นำเสนอ สามารถให้คำตอบในเรื่องระยะทางการขนส่งสินค้าที่น้อยกว่าวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด มากถึง 22%

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ, การขนส่งสินค้า, วิธีการประหยัด

Abstract

This research has been devoted to application on savings algorithm towards vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery which is an important process in logistics management in which the clients require both pickup and delivery service at the same time. The savings algorithm is developed by modifying the linking process to simultaneously considering the pickup and delivery demands in order to find a feasible solution of vehicle routes and minimal transportation distances of 40 benchmark problems. In addition, the nearest neighbor algorithm is employed for feasible solution comparison. Our results exhibit that the distance obtained via the proposed savings algorithm is lower than that of the nearest neighbor algorithm for 22%.

Keywords: Vehicle routing problem, Transportation, Savings algorithm

บทนำ

การขนส่งและการกระจายสินค้าจากผู้ผลิตไปยังคลังสินค้าและลูกค้า นับว่าเป็นหัวใจสำคัญในการแข่งขันทางการค้าที่มีความรุนแรงมากขึ้นจากปัญหาเศรษฐกิจโลก เนื่องจากกิจกรรมดังกล่าวถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการการผลิตที่เกิดขึ้น โดยกระบวนการขนส่งสินค้าจะประกอบด้วย สถานีกระจายสินค้า, เส้นทางขนส่งสินค้า และลูกค้าตามลำดับ ดังนั้นขั้นตอนและกระบวนการขนส่งสินค้า จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีความถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพสูงเพื่อให้สอดคล้องกับการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการขนส่งสินค้า ซึ่งส่งผลให้องค์กรได้รับกำไรเพิ่มขึ้น (Braekers et al., 2016) จากความต้องการดังกล่าวทำให้การศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า ได้รับความนิยมน้อยอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบัน กระบวนการขนส่งและการกระจายสินค้าแบบย้อนกลับจากผู้ผลิตไปยังคลังสินค้าและลูกค้า โดยเป็นกระบวนการที่นอกจากจะขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าแล้ว ยังเป็นกระบวนการที่รับสินค้าที่ใช้แล้วกลับมาแยกคลังสินค้าของผู้ผลิตด้วย ทำให้ผู้ผลิตสามารถนำผลิตภัณฑ์หรือสินค้าที่ใช้แล้วกลับมาใช้ได้อีกครั้ง ส่งผลให้เกิดการลดต้นทุนและยังเป็นการขนส่งแบบอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จากการศึกษาข้อมูลของ Goksal et al. (2013) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ในการจัดการการขนส่งสินค้าด้วยวิธีย้อนกลับ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์น้ำอัดลมและน้ำดื่ม การขนส่ง

ถึงบรรจุภัณฑ์ธรรมชาติและผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นว่าการพัฒนาและการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ในรูปแบบที่มีการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน จึงมีความน่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อการขนส่งสินค้าเป็นอย่างมาก

อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัญหาดังกล่าวมีความซับซ้อน อีกทั้งยังมีข้อจำกัด และมีรูปแบบที่หลากหลายมากกว่าปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยปกติ ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาปัญหา โดยการนำวิธีการประหยัด มาพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบในการขนส่งสินค้าเพื่อหาเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยผลการทดลองที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด ซึ่งเป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้เปรียบเทียบในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า (รินฤดี อัครมณี, 2553; ชุสิทธิ์ ชนสิทธิ์, 2554)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการประหยัด และนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ในรูปแบบที่มีการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการพัฒนาวิธีการประหยัด กับวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ถือว่าเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในหลากหลายรูปแบบ

การวิเคราะห์หาเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ดีที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากคำสั่งซื้อจากลูกค้ามีปริมาณมาก แต่รถบรรทุกสินค้ามีจำกัด ก็เป็นหนึ่งในปัญหาที่ ผู้ปฏิบัติงานด้านโลจิสติกส์สามารถนำมาแก้ปัญหาให้ เส้นทางการขนส่งสินค้าสั้นลงได้ ซึ่งสะท้อนได้จากค่าน้ำมันที่ลดลง การบรรทุกสินค้าที่สามารถบรรจุได้เต็มคันรถ รวมถึงค่าแรงที่ลดลง ทำให้สามารถลดต้นทุนและลดระยะเวลาในการขนส่งสินค้าได้

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem, VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ เป็นหนึ่งในปัญหาที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาวิธีการในการหาคำตอบที่ดีที่สุดและรวดเร็ว โดยใช้วิธีการคิดและพัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem, TSP) โดยการขนส่งสินค้าให้ได้ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดที่สุด นั่นคือ การใช้รถบรรทุกสินค้าจำนวนน้อยที่สุด สินค้าบรรทุกเต็มคันมากที่สุด ห้ามบรรทุกสินค้าเกินความจุของรถบรรทุก และส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ครบถ้วน ทั้งนี้ ปัญหา VRP จะถูกพิจารณาเมื่อลูกค้าทำการสั่งซื้อสินค้าเรียบร้อยแล้ว บริษัทจะนำที่อยู่ของลูกค้ามาพิจารณาวางแผนในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมกับเงื่อนไขขนาดความจุของรถบรรทุก เพื่อที่จะทำการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใดก่อน และหลัง ซึ่งจากการค้นคว้างานวิจัยและบทความต่างๆ พบว่าภูมิหลังของปัญหา VRP มีดังต่อไปนี้

Dantzig and Ramser (1959) ได้นำเสนอการแก้ปัญหา TSP จากนั้นได้มีการนำปัญหาดังกล่าวไปหาวิธีแก้ปัญหากันอย่างกว้างขวาง จนทำให้มีงานวิจัยหรือบทความที่ตีพิมพ์เกี่ยวกับปัญหา TSP เป็นจำนวนมาก หลังจากนั้น Clarke and Wright (1964) ได้นำเสนอการแก้ปัญหา TSP ในกรณีที่จำนวนรถบรรทุกมีมากกว่า 1 คัน ซึ่งนับว่าเป็นครั้งแรกที่ปัญหา VRP ได้รับการยอมรับ หลังจากนั้นจึงได้มีนักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการพัฒนาวิธีการ เพื่อแก้ปัญหา VRP และได้มีการเพิ่มรูปแบบต่างๆ ตามปัญหากรณีศึกษาที่เกิดขึ้นจริง

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ในรูปแบบที่มีการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน (Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery, VRPSPD)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ในรูปแบบที่มีการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Min (1989) ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้กล่าวถึงปัญหาในการจัดเก็บและจัดส่งหนังสือจากห้องสมุดกลางไปสู่ห้องสมุดเครือข่าย จำนวน 22 แห่ง โดยจุดมุ่งหมายของปัญหานี้คือ การหาเส้นทางการขนส่งสินค้าที่สั้นที่สุด โดยมีเงื่อนไข (Jun and Kim, 2012) ดังต่อไปนี้

- ในแต่ละเส้นทางการรับ และส่งสินค้า จะต้องเริ่มและสิ้นสุดที่คลังสินค้าเดียวกัน
- ในการรับ และส่งสินค้า จะต้องเกิดขึ้นจากรถบรรทุกคันเดียวกัน และเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
- จำนวนสินค้าที่รับ และส่งทั้งหมด จะต้องเป็นไปตามที่ลูกค้ากำหนด และไม่เกินความจุของรถบรรทุก

การจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยวิธีการประหยัด

วิธีการประหยัดของ Clarke and Wright (1964) หรือวิธีการ CW เป็นหนึ่งในวิธีการที่ถูกนำมาใช้สำหรับการแก้ปัญหา VRP เนื่องจากมีความง่ายในการนำมาประยุกต์ใช้ โดยวิธีการดังกล่าวเป็นการรวมจุดส่งสินค้าต่างๆ เข้าไว้ในเส้นทางหลักแทนการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้าไป และกลับยังทุกๆ จุดส่งสินค้า ขั้นตอนหลักในการใช้วิธีการประหยัดคือ

ขั้นตอนที่ 1 สร้างเมตริกซ์ระยะทาง เพื่อระบุระยะทางระหว่างทุกๆ คู่ของจุดส่งสินค้า

ขั้นตอนที่ 2 สร้างเมตริกซ์ค่าประหยัด โดยคำนวณค่าประหยัดที่เกิดจากการรวมจุดส่งสินค้าแสดงดังสมการที่ 1

$$\text{Savings } S_{i,j} = C_{i,o} - C_{o,j} - C_{i,j} \quad (1)$$

โดย $S_{i,j}$ แทนค่าประหยัดของระยะทางในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และ j

$C_{i,o}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และ o (คลังสินค้า)

$C_{o,j}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้าระหว่างคลังสินค้า o และลูกค้า j

$C_{i,j}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และ ลูกค้า j

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อคำนวณค่าประหยัดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเรียงลำดับค่าจากมากไปน้อย

ขั้นตอนที่ 4 จับคู่จุดส่งสินค้าตามลำดับค่าประหยัดที่มากที่สุดก่อน จนถึงค่าประหยัดที่น้อยที่สุด

โดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการขนส่งสินค้า และห้ามขนส่งสินค้าเกินความจุของรถบรรทุก

ขั้นตอนที่ 5 นำคู่จุดส่งสินค้าที่เลือกจากขั้นตอนที่ 4 มาทำการกำหนดเส้นทางการขนส่งสินค้าให้กับรถบรรทุกแต่ละคัน และทำการจัดลำดับจุดส่งสินค้าในแต่ละเส้นทาง

การจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยวิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor, NN) เป็นการค้นหาคำตอบ เพื่อทำการจัดลำดับของเส้นทางขนส่งสินค้า โดยจะเริ่มต้นจากการเลือกจุดส่งสินค้าที่ใกล้ที่สุด จากคลังสินค้า หลังจากนั้นจึงเลือกจุดส่งที่อยู่ใกล้กับจุดส่งจุดล่าสุดมากที่สุด โดยทำซ้ำจนครบทุกจุดส่งสินค้า ซึ่งมีการพิจารณาไม่ให้อิทธิพลเกินความจุของรถบรรทุก ซึ่งหากเกินจะแบ่งวิธีการพิจารณาออกเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 แบบเน้นระยะทาง หากเกินความจุของรถบรรทุก จะพิจารณาใช้รถคันใหม่ทันที

กรณีที่ 2 แบบเน้นบรรทุกเต็มคัน หากเกินความจุของรถบรรทุก จะพิจารณาจุดส่งสินค้าที่ระยะทางใกล้รองลงมาเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่พบจุดส่งสินค้าที่สามารถบรรทุกสินค้าที่เหลืออยู่ จึงจะพิจารณาใช้รถคันใหม่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รีนฤติ อัครมณี (2553) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางการเดินทางรถให้กับกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยจัดเส้นทางจากคลังพัสดุกลาง (รังสิต) ไปยังคลังต่างๆ จำนวน 121 คลัง ด้วยวิธีการ NN และ CW มาพัฒนาให้สามารถรองรับเงื่อนไขเพิ่มเติมของปัญหา ซึ่งผลสรุปที่ได้มาทำให้สามารถลดต้นทุนค่าขนส่งลงได้ คิดเป็น 18.87%

ชุลีกร ชนะสิทธิ์ (2554) ได้พัฒนาการจัดเส้นทางการเดินทางรถขนส่งสินค้าจากคลังไปยังกลุ่มลูกค้าที่มีตำแหน่งกระจายกันอยู่ในบริเวณกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล โดยใช้วิธีการ NN มาสร้างรูปแบบการแก้ปัญหา TSP และปัญหา VRP ผ่านโปรแกรม Visual Basic for Applications ผลของการปรับปรุงพบว่าสามารถลดระยะทางการจัดส่งสินค้าได้ดีขึ้น คิดเป็น 11.79% และ 12.89% ตามลำดับ

ปภัสสร สุขชาบูรณ์ และคณะ (2554) ได้ทำการวิจัย การจัดเส้นทางรถรับโลหิต จากศูนย์

บริการโลหิตแห่งชาติ ให้กับโรงพยาบาลต่างๆ ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล ซึ่งแต่ละวันมีรถโรงพยาบาลมารับโลหิตวันละหลายเที่ยว แต่ละเที่ยวมีรถรับโลหิตไประหว่าง 1 – 300 ถัง ทำให้เกิดเที่ยวเปลืองมากทั้งขาไปและกลับ ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับจัดเส้นทางรถกระจายโลหิต โดยวิธีการ CW ผลวิเคราะห์นี้ทำให้ค่าขนส่ง ลดลงเป็นอย่างมาก

กนกวรรณ สุภักดี และคณะ (2558) ได้ทำการวิจัย เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเดินทาง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปทำการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ทางการแพทย์ ในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจำนวน 316 แห่งใน 25 อำเภอของจังหวัดอุบลราชธานี ด้วยวิธีการ CW เปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางวิธีปัจจุบัน พบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าวิธีปัจจุบัน 42.31%

จากการทบทวนทฤษฎี และผลงานวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงได้เลือกวิธีการ CW ซึ่งผ่านการพัฒนาวิธีการหาคำตอบ เพื่อให้เหมาะสมกับปัญหา VRPSPD จากนั้นจะนำผลลัพธ์ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับคำตอบของวิธีการ NN โดยใช้ปัญหากรณีศึกษาเดียวกัน ซึ่งรายละเอียดและขั้นตอนการทดลองจะได้แสดงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

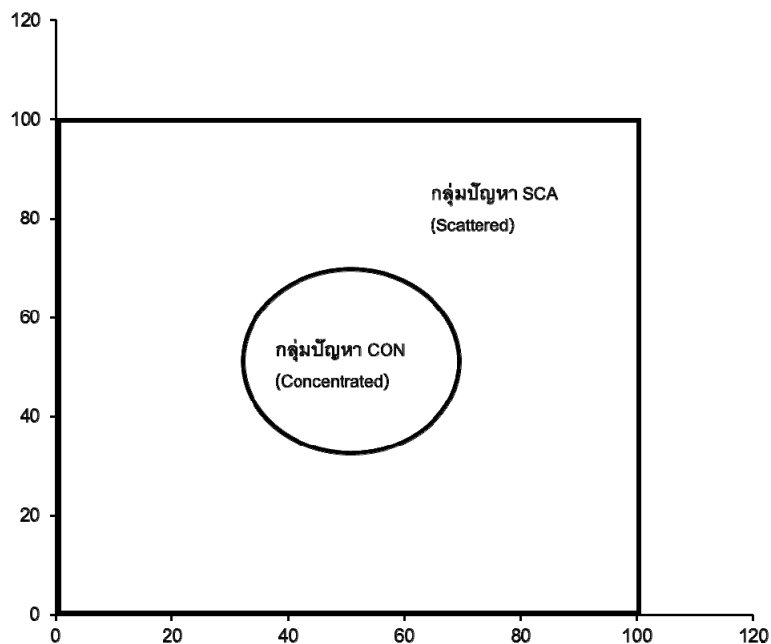
ปัญหากรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจาก Dethloff (2001) ซึ่งเป็นผู้คิดค้นปัญหาต้นแบบมาตรฐาน (Standard Benchmark Problems) เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาและเปรียบเทียบคำตอบที่ได้ของปัญหา VRPSPD ในระดับสากล โดยมีลูกค้าในทุกกลุ่มตัวอย่างเท่ากันที่ 50 ราย และมีการสุ่มเพื่อสร้างตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้าให้แตกต่างกันตามภูมิศาสตร์ แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่ม SCA (Scattered) ประกอบด้วยลูกค้าจากการสุ่มตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้าทั้ง 50 ราย ให้มีการกระจายตัวของลูกค้าแต่ละราย กระจายตัวกันในกรอบสี่เหลี่ยม มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่ม SCA3 (SCA3-0 ถึง SCA3-9) และกลุ่ม SCA8 (SCA8-0 ถึง SCA8-9)

2. กลุ่ม CON (Concentrated) ประกอบด้วยลูกค้าจำนวนครึ่งหนึ่งของลูกค้ากลุ่ม SCA และลูกค้าอีกครึ่งหนึ่งเป็นการสุ่มตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้าให้มีการ

กระจายตัวกันแคบกว่าเปรียบเสมือนกลุ่มลูกค้าในเมือง
มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่
กลุ่ม CON3 (CON3-0 ถึง CON3-9) และกลุ่ม CON8
(CON8-0 ถึง CON8-9)

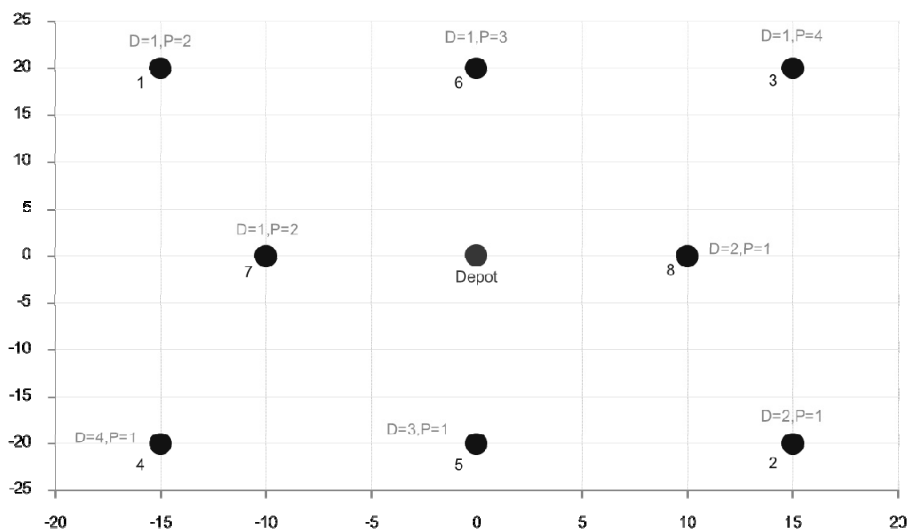


ภาพที่ 1: ลักษณะการกระจายตัวของลูกค้ากลุ่ม SCA และกลุ่ม CON

จำนวนสินค้าที่ต้องไปส่งและรับกลับจากลูกค้า
แต่ละรายของทุกกลุ่มตัวอย่าง เกิดขึ้นจากการสุ่ม โดย
ตัวเลข 3 และ 8 จากปัญหากลุ่ม SCA3, CON3 และ
ปัญหากลุ่ม SCA8, CON8 จะแทนจำนวนรถบรรทุกที่
สามารถใช้ได้ไม่เกิน 3 และ 8 คัน และความจุของรถ
บรรทุกแต่ละคันจะแตกต่างกันในแต่ละปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยวิธีการ CW

ในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการยกตัวอย่างการคำนวณ
จากปัญหาที่มีลูกค้าจำนวน 8 ราย และคลังสินค้า 1
แห่ง รวมถึงตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้า แสดงดังภาพที่ 2
เพื่อคำนวณหาระยะทางในการขนส่งสินค้าแต่ละจุดส่ง
สินค้า แสดงดังภาพที่ 3 และกำหนดให้ความจุของรถ
บรรทุก เท่ากับ 10 หน่วย



No	X	Y
0	0	0
1	-15	20
2	15	-20
3	12	20
4	-15	-20
5	0	-20
6	0	20
7	-10	0
8	10	0

No	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	-								
1	25.00	-							
2	25.00	50.00	-						
3	25.00	30.00	40.00	-					
4	25.00	40.00	30.00	50.00	-				
5	20.00	72.72	15.00	42.72	15.00	-			
6	20.00	15.00	42.72	15.00	42.72	40.00	-		
7	10.00	20.62	32.02	32.02	20.62	22.36	22.36	-	
8	10.00	32.02	20.63	20.63	32.02	22.36	22.36	20.00	-

Cost distance (C_{i,j})

ภาพที่ 3: ตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้า และระยะทางในการขนส่งแต่ละจุดส่งสินค้า

ตารางที่ 1 ค่าความประหยัด (Savings) จากการรวมจุดส่งสินค้า

ลำดับที่	คู่จุดส่งสินค้า	ค่าประหยัด	ลำดับที่	คู่จุดส่งสินค้า	ค่าประหยัด
1	1,2	0.00	15	3,5	2.28
2	1,3	20.00	16	3,6	30.00
3	1,4	10.00	17	3,7	2.98
4	1,5	2.28	18	3,8	14.38
5	1,6	30.00	19	4,5	30.00
6	1,7	14.38	20	4,6	2.28
7	1,8	2.98	21	4,7	14.38
8	2,3	10.00	22	4,8	2.98
9	2,4	20.00	23	5,6	0.00
10	2,5	30.00	24	5,7	7.64
11	2,6	2.28	25	5,8	7.64
12	2,7	2.98	26	6,7	7.64
13	2,8	14.38	27	6,8	7.64
14	3,4	0.00	28	7,8	0.00

จากปัญหาตัวอย่าง สามารถคำนวณค่าประหยัด (Savings) จากสมการที่ 1 แสดงดังตารางที่ 1

นำค่าประหยัดที่คำนวณได้มาเรียงลำดับใหม่ โดยเรียงลำดับจากค่าประหยัดมากที่สุดไปหาค่า

ประหยัดน้อยที่สุด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความประหยัดที่นำมาเรียงลำดับใหม่

ลำดับ	คู่จุดส่งสินค้า	ลำดับ	คู่จุดส่งสินค้า
1	1,6	8	2,8
2	2,5	9	3,8
3	3,6	10	4,7
4	4,5	11	1,4
5	1,3	12	2,3
6	2,4	13	5,7
7	1,7	14	5,8

ลำดับ	คู่จุดส่งสินค้า	ลำดับ	คู่จุดส่งสินค้า
15	6,7	22	2,5
16	6,8	23	3,5
17	1,8	24	4,6
18	2,7	25	1,2
19	3,7	26	3,4
20	4,8	27	5,6
21	1,5	28	7,8

การรวมจุดรับ และส่งสินค้า จะพิจารณาโดยรวมคู่จุดส่งสินค้าที่มีค่าประหยัดมากที่สุดก่อน หลังจากนั้นจึงจะพิจารณาคู่จุดส่งสินค้าที่มีค่าประหยัดรองลงมาต่อไป ทั้งนี้ในการเลือกคู่จุดส่งสินค้าดังกล่าวจะต้องพิจารณาใหม่ทุกครั้งเมื่อมีการเพิ่มคู่จุดส่งสินค้าใหม่เข้ามา เพื่อไม่ให้จำนวนสินค้าที่บรรทุกเกินจาก ความจุของรถที่ใช้ แต่เนื่องจากการรวมคู่จุดส่งสินค้า ด้วยวิธีการ CW แบบปกติ ไม่สามารถนำมาใช้กับปัญหา VRPSPD ได้ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการรวมคู่จุดส่งสินค้าขึ้นใหม่ ให้เหมาะสมกับปัญหานี้ โดยจะเพิ่มให้มีการพิจารณาปริมาณสินค้าในการรวมคู่จุดส่งสินค้า ทั้งการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน ไม่ให้เกิดความจุของรถบรรทุก 2 ชั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณปริมาณสินค้าที่ต้องส่งให้ลูกค้าทั้งหมด ราย เพื่อพิจารณาไม่ให้เกิดความจุของรถบรรทุก ดังแสดงในสมการที่ 2

$$\text{Loading } L_o = D_1 + D_2 + \dots + D_n \quad (2)$$

โดย L_o แทนปริมาณสินค้าที่ต้องบรรทุกจากคลังสินค้า o ไปส่งลูกค้า n ราย

D_1 แทนปริมาณสินค้าที่ต้องไปส่ง (Delivery) ให้ลูกค้า 1

D_2 แทนปริมาณสินค้าที่ต้องไปส่ง (Delivery) ให้ลูกค้า 2

D_n แทนปริมาณสินค้าที่ต้องไปส่ง (Delivery) ให้ลูกค้า n

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณปริมาณสินค้าที่ต้องส่งให้ลูกค้าที่เหลือ ณ จุดส่งสินค้าปัจจุบัน โดยความจุของ

รถบรรทุกแต่ละคันจะลดลงเมื่อมีการส่งสินค้า และจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการรับสินค้ากลับ ดังแสดงในสมการที่ 3

$$\text{Loading } L_i = L_o - D_i + P_i \quad (3)$$

โดย L_i แทนปริมาณสินค้าที่ต้องบรรทุกจากลูกค้า i ไปส่งลูกค้ารายถัดไป

L_o แทนปริมาณสินค้าที่ต้องบรรทุกจากคลังสินค้า o ไปส่งลูกค้ารายถัดไป

D_i แทนปริมาณสินค้าที่ต้องไปส่ง (Delivery) ให้ลูกค้า i

P_i แทนปริมาณสินค้าที่ต้องไปรับ (Pickup) จากลูกค้า i

โดยแสดงตัวอย่างการคำนวณของคู่จุดส่งสินค้า 1 และ 6 ซึ่งมีค่าประหยัดสูงสุด ดังนี้

$$\text{Loading } L_o = D_1 + D_6 = 1 + 1 = 2 \quad (4)$$

จากสมการที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสินค้าที่ต้องไปส่งลูกค้า 1 และ 6 นั้นไม่เกินความจุของรถบรรทุก แต่ยังคงต้องการคำนวณการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าใน 2 รูปแบบ ได้แก่

รูปแบบที่ 1 การขนส่งสินค้าจาก $0 \rightarrow 1 \rightarrow 6 \rightarrow 0$

$$\text{Loading } L_1 = L_o - D_1 + P_1 = 2 - 1 + 2 = 3 \quad (5)$$

$$\text{Loading } L_6 = L_1 - D_6 + P_6 = 3 - 1 + 3 = 5 \quad (6)$$

จากสมการที่ 5 และ 6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรถบรรทุกทำการส่งสินค้าให้ลูกค้า 6 และรับสินค้าจาก

ลูกค้า 6 กลับมาแล้ว จะมีปริมาณสินค้าที่ต้องขนกลับ คลังสินค้าทั้งหมด 5 ชิ้น ซึ่งไม่เกินความจุของรถบรรทุก

รูปแบบที่ 2 การขนส่งสินค้าจาก 0 -> 6 -> 1 -> 0

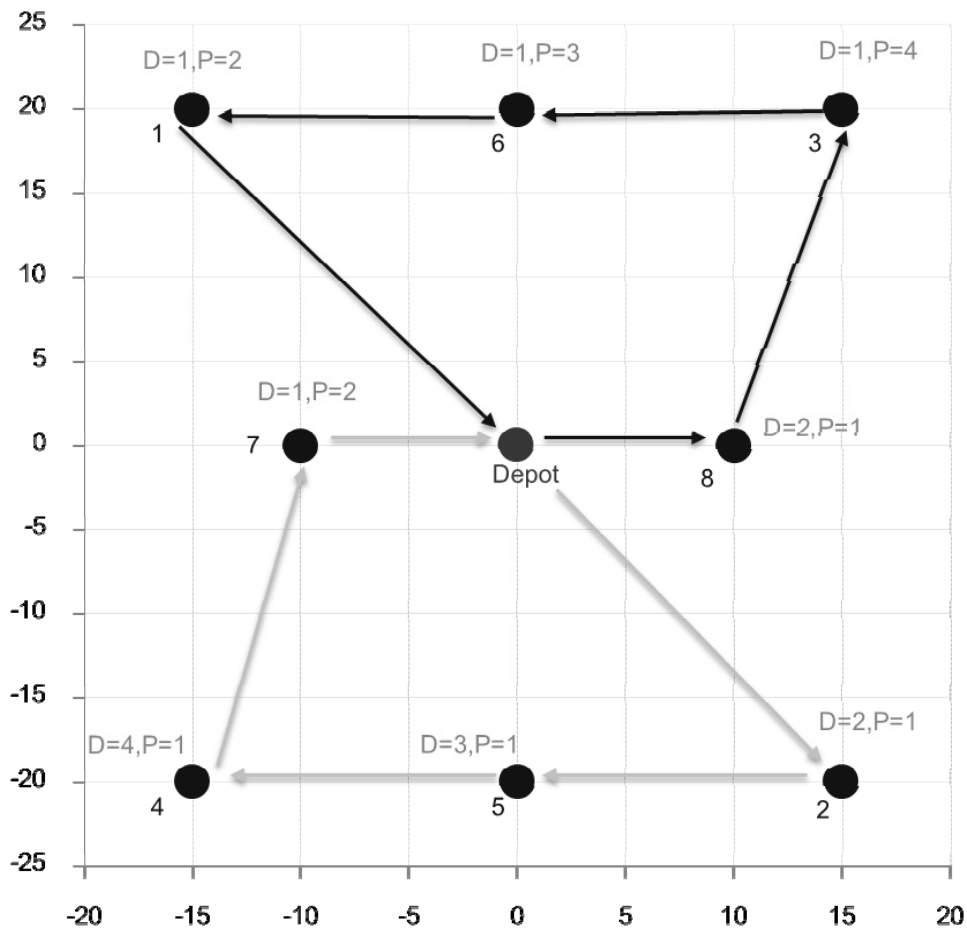
$$\text{Loading } L_6 = L_0 - D_6 + P_6 = 2 - 1 + 3 = 4 \quad (7)$$

$$\text{Loading } L_1 = L_6 + D_1 + P_1 = 4 - 1 + 2 = 5 \quad (8)$$

จากสมการที่ 7 และ 8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรถบรรทุกทำการส่งสินค้าให้ลูกค้า 1 และรับสินค้าจาก

ลูกค้า 1 กลับมาแล้ว จะมีปริมาณสินค้าที่ต้องขนกลับ คลังสินค้าทั้งหมด 5 ชิ้น ซึ่งไม่เกินความจุของรถบรรทุก จากการขนส่งสินค้าทั้ง 2 รูปแบบ ถ้ามีรูปแบบใดที่สามารถขนส่งสินค้าได้ คู่จุดส่งสินค้าดังกล่าวจึงจะถูกเลือกเพื่อสร้างเป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าต่อไป

หลังจากคำนวณจนถึงคู่จุดส่งสินค้าลำดับสุดท้ายแล้ว จึงสามารถสร้างเป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าได้ 2 เส้นทาง โดยใช้รถบรรทุกจำนวน 2 คัน มีเส้นทางการขนส่งสินค้าแสดงดังภาพที่ 4 และมีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 4: เส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการประหยัด

เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกคันแรก 0->8->3->6->1->0 เริ่มต้นจากคลังสินค้า 0 ไปยังลูกค้า 8 มีระยะทางเท่ากับ 10 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 3 มีระยะทางเท่ากับ 20.62 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 6 มีระยะทางเท่ากับ 15 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 1 มีระยะทางเท่ากับ 15 หน่วย หลังจากนั้นจึงวิ่งกลับคลังสินค้า มีระยะทางเท่ากับ 25 หน่วย ดังนั้นระยะทางรวมของเส้นทางนี้จึงเท่ากับ

$$10 + 20.62 + 15 + 15 + 25 = 85.62 \text{ หน่วย}$$

เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกคันที่สอง 0->2->5->4->7->0 รถวิ่งออกจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า 3 มีระยะทางเท่ากับ 25 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 5 มีระยะทางเท่ากับ 15 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 4 มีระยะทางเท่ากับ 15 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 7 มีระยะทางเท่ากับ 20.62 หน่วย หลังจากนั้นจึงวิ่งกลับคลังสินค้า มีระยะทางเท่ากับ 10 หน่วย

ดังนั้นระยะทางรวมของเส้นทางนี้จึงเท่ากับ $25 + 15 + 15 + 20.62 + 10 = 85.62$ หน่วย

ดังนั้นระยะทางรวมของการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการประหยัด สำหรับปัญหาตัวอย่างนี้จึงเท่ากับ $85.62 + 85.62 = 171.24$ หน่วย

การวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยวิธีการ NN

วิธีการนี้จะเริ่มจากการเลือกจุดส่งสินค้าที่มีระยะทางใกล้กับคลังสินค้ามากที่สุด จากนั้นจึงเลือกจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้จุดส่งสินค้าปัจจุบันมากที่สุด โดยทำซ้ำจนครบทุกจุดส่งสินค้า และจะแบ่งวิธีการพิจารณาไม่ให้ปริมาณสินค้าเกินความจุของรถบรรทุกออกเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 (NN1) หากจุดส่งสินค้าถัดไปมีปริมาณสินค้าเกินความจุของรถบรรทุก จะพิจารณาใช้รถคันใหม่ทันที โดยแสดงตัวอย่างการคำนวณจากปัญหาตัวอย่าง ดังนี้

เลือกจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้คลังสินค้ามากที่สุด คือ ลูกค้า 7 และทำการคำนวณปริมาณสินค้า

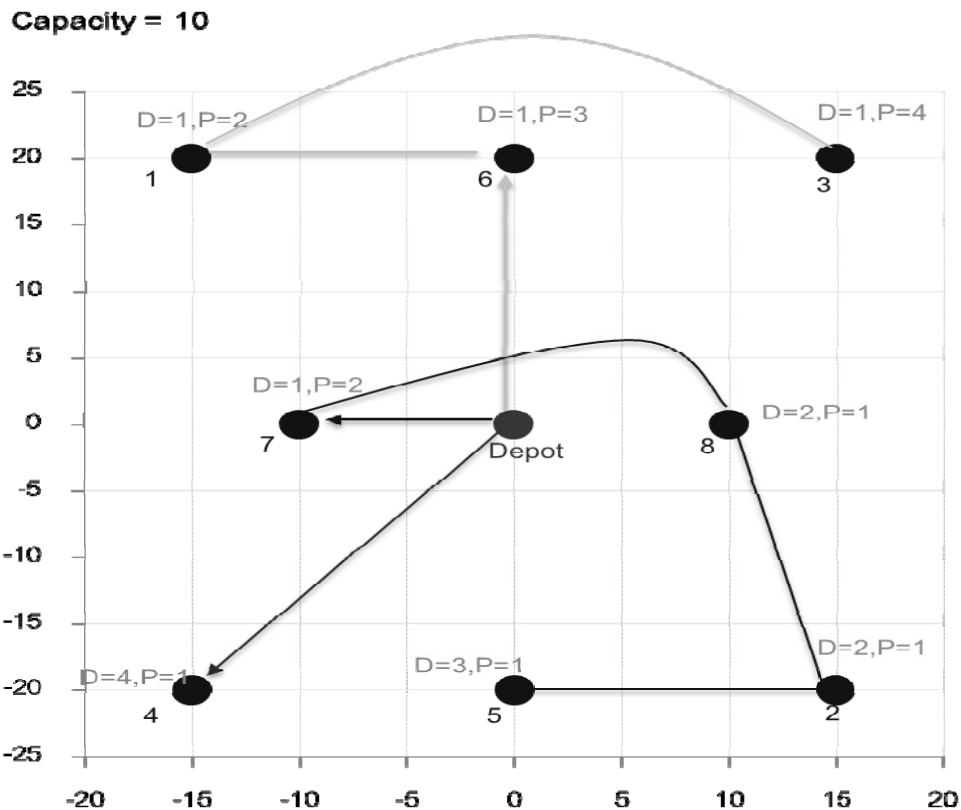
$$\text{Loading } L_0 = D_7 = 1 \quad (9)$$

จากสมการที่ 9 แสดงให้เห็นว่าสินค้าที่ต้องไปส่งลูกค้า 7 นั้นไม่เกินความจุของรถบรรทุก แต่ยังต้องทำการคำนวณการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า ดังนี้ การขนส่งสินค้าจาก $0 \rightarrow 7 \rightarrow 0$

$$\text{Loading } L_7 = L_0 - D_7 + P_7 = 1 - 1 + 2 = 2 \quad (10)$$

จากสมการที่ 10 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรถบรรทุกทำการส่งสินค้าให้ลูกค้า 7 และรับสินค้าจากลูกค้า 7 กลับมาแล้ว จะมีปริมาณสินค้าที่ต้องขนกลับคลังสินค้าทั้งหมด 2 ชิ้น ซึ่งไม่เกินความจุของรถบรรทุก

หลังจากคำนวณจนถึงจุดส่งสินค้าสุดท้ายแล้ว จึงสามารถสร้างเป็นเส้นทางขนส่งสินค้าได้ 3 เส้นทาง โดยใช้รถบรรทุกจำนวน 3 คัน มีเส้นทางขนส่งแสดงดังภาพที่ 5 และมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 5: เส้นทางขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด ในกรณีที่ 1

เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกคันแรก 0->7->8->2->5->0 เริ่มต้นจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า 7 มีระยะทางเท่ากับ 10 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 8 มีระยะทางเท่ากับ 20 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 2 มีระยะทางเท่ากับ 20.62 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 5 มีระยะทางเท่ากับ 15 หน่วย หลังจากนั้นจึงวิ่งกลับคลังสินค้า มีระยะทางเท่ากับ 20 หน่วย ดังนั้นระยะทางรวมของเส้นทางนี้จึงเท่ากับ

$$10 + 20 + 20.62 + 15 + 20 = 85.62 \text{ หน่วย}$$

เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกคันที่สอง 0->6->1->3->0 รถวิ่งออกจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า 6 มีระยะทางเท่ากับ 20 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 1 มีระยะทางเท่ากับ 15 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 3 มีระยะทางเท่ากับ 30 หน่วย หลังจากนั้นจึงวิ่งกลับคลังสินค้า มีระยะทางเท่ากับ 25 หน่วย ดังนั้นระยะทางรวมของเส้นทางนี้จึงเท่ากับ

$$20 + 15 + 30 + 25 = 90 \text{ หน่วย}$$

เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกคันที่สาม 0->4->0 รถวิ่งออกจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า 4 มีระยะทางเท่ากับ 25 หน่วย หลังจากนั้นจึงวิ่งกลับคลังสินค้า มีระยะทางเท่ากับ 25 หน่วย ดังนั้นระยะทางรวมของเส้นทางนี้จึงเท่ากับ 25 + 25 = 50 หน่วย

ดังนั้นระยะทางรวมของการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยใช้วิธีการ NN ในกรณีที่ 1 สำหรับปัญหาตัวอย่างนี้จึงเท่ากับ 85.62 + 90 + 50 = 225.62 หน่วย

กรณีที่ 2 (NN2) หากจุดส่งสินค้าถัดไปมีปริมาณสินค้าเกินความจุของรถบรรทุก จะพิจารณาจุดส่งสินค้าที่ระยะทางใกล้ที่สุดรองลงมาเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่พบจุดส่งสินค้าที่สามารถบรรทุกสินค้าได้เหลืออยู่ จึงจะพิจารณาใช้รถคันใหม่ โดยแสดงตัวอย่างการคำนวณจากปัญหาตัวอย่าง ดังนี้

เนื่องจากวิธีการ NN2 มีความแตกต่างจากวิธีการ NN1 ในส่วนของการพิจารณาจุดส่งสินค้าจุดต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างในการเลือกจุดส่งสินค้าจุดต่อไป จากการขนส่งสินค้า 0->7->8->2->5 ซึ่งจะพบว่าจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้ลูกค้า 5 มากที่สุด คือ ลูกค้า 4 หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณปริมาณสินค้า

$$\text{Loading } L_0 = D_7 + D_8 + D_2 + D_5 + D_4 = 1 + 2 + 2 + 3 + 1 = 9 \text{ (11)}$$

จากสมการที่ 11 แสดงให้เห็นว่าสินค้าที่ต้องไปส่งลูกค้า 4 นั้นเกินความจุของรถบรรทุก ซึ่งถ้าเป็นวิธีการ NN1 จะทำการสร้างเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่ทันที แต่ถ้าเป็นวิธีการ NN2 จะทำการเลือกจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้ลูกค้า 5 มากที่สุดรองลงมา คือ ลูกค้า 6 หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณปริมาณสินค้า

$$\text{Loading } L_0 = D_7 + D_8 + D_2 + D_5 + D_6 = 1 + 2 + 2 + 3 + 1 = 9 \text{ (12)}$$

จากสมการที่ 12 แสดงให้เห็นว่าสินค้าที่ต้องไปส่งลูกค้า 6 นั้นไม่เกินความจุของรถบรรทุก แต่ยังคงทำการคำนวณการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า ดังนี้

การขนส่งสินค้าจาก 0->7->8->2->5->6->0

$$\text{Loading } L_7 = L_0 + D_7 + P_7 = 9 - 1 + 2 = 10 \text{ (13)}$$

$$\text{Loading } L_8 = L_7 - D_8 + P_8 = 10 - 2 + 1 = 9 \text{ (14)}$$

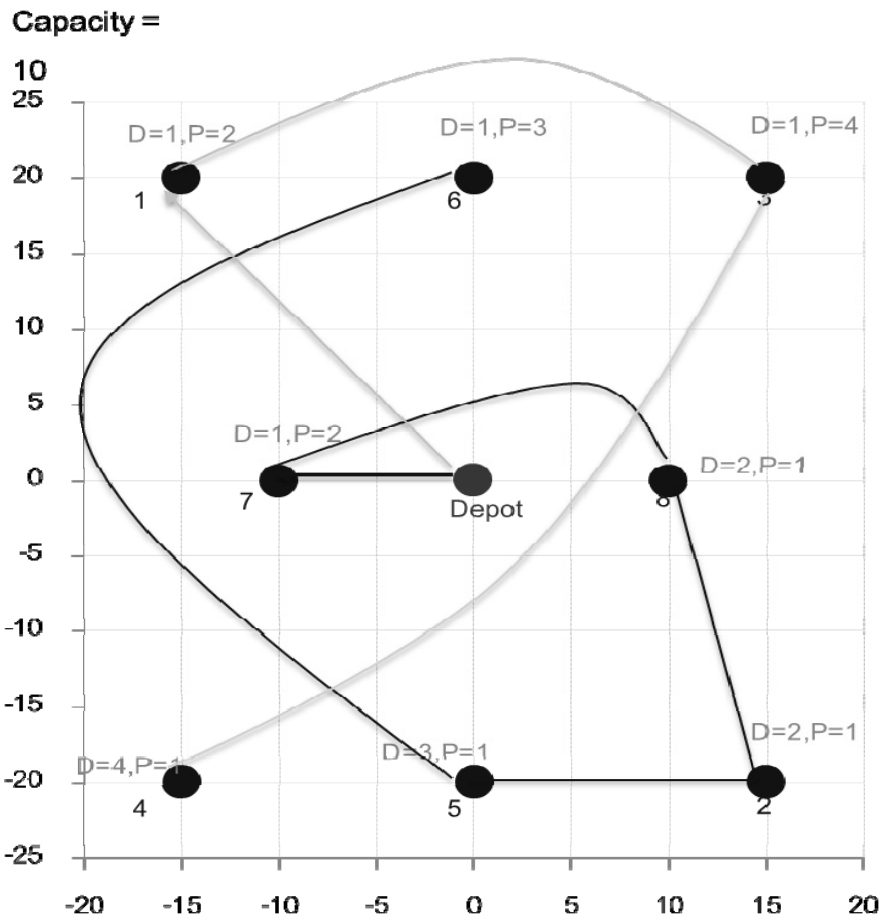
$$\text{Loading } L_2 = L_8 - D_2 + P_2 = 9 - 2 + 1 = 8 \text{ (15)}$$

$$\text{Loading } L_5 = L_2 - D_5 + P_5 = 8 - 3 + 1 = 6 \text{ (16)}$$

$$\text{Loading } L_6 = L_5 - D_6 + P_6 = 6 - 1 + 3 = 8 \text{ (17)}$$

จากสมการที่ 13 - 17 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรถบรรทุกทำการส่งสินค้าให้ลูกค้า 6 และรับสินค้าจากลูกค้า 6 กลับมาแล้ว จะมีปริมาณสินค้าที่ต้องขนกลับคลังสินค้าทั้งหมด 8 ชิ้น ซึ่งไม่เกินความจุของรถบรรทุก

หลังจากคำนวณจนถึงจุดส่งสินค้าสุดท้ายแล้ว จึงสามารถสร้างเป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าได้ 2 เส้นทาง โดยใช้รถบรรทุกจำนวน 2 คัน มีเส้นทางการขนส่งแสดงดังภาพที่ 6 และมีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 6: เส้นทางการขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด ในกรณีที่ 2

เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกคันแรก 0->7->8->2->5->6->0 เริ่มต้นจากคลังสินค้า ไปยังลูกค้า 7 มีระยะทางเท่ากับ 10 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 8 มีระยะทางเท่ากับ 20 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 2 มีระยะทางเท่ากับ 20.62 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 5 มีระยะทางเท่ากับ 15 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 6 มีระยะทางเท่ากับ 40 หน่วย หลังจากนั้นจึงวิ่งกลับคลังสินค้า มีระยะทางเท่ากับ 20 หน่วย ดังนั้นระยะทางรวมของเส้นทางนี้จึงเท่ากับ

$$10 + 20 + 20.62 + 15 + 40 + 20 = 125.62 \text{ หน่วย}$$

เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกคันที่สอง 0->1->3->4->0 รถวิ่งออกจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า 1 มีระยะทางเท่ากับ 25 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 3 มีระยะทางเท่ากับ 30 หน่วย แล้วจึงวิ่งไปยังลูกค้า 4 มีระยะทางเท่ากับ 50 หน่วย หลังจากนั้นจึงวิ่งกลับคลังสินค้า มีระยะทางเท่ากับ 25 หน่วย ดังนั้นระยะทางรวมของเส้นทางนี้จึงเท่ากับ

$$25 + 30 + 50 + 25 = 130 \text{ หน่วย}$$

ดังนั้นระยะทางรวมของการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยใช้วิธีการ NN2 สำหรับปัญหาตัวอย่างนี้จึงเท่ากับ $125.62 + 130 = 255.62$ หน่วย

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างปัญหาของ Dethloff (2001) มาทำการทดลองในการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าของปัญหา VRPSPD จำนวน 40 ปัญหา ประกอบด้วย 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม CON3 (CON3-0 ถึง CON3-9), CON8 (CON8-0 ถึง CON8-9), SCA3 (SCA3-0 ถึง SCA3-9) และ SCA8 (SCA8-0 ถึง SCA8-9) ซึ่งแต่ละปัญหาจะมีจำนวนลูกค้าที่เท่ากันคือ จำนวน 50 ราย โดยแต่ละรายจะมีทั้งความต้องการรับ และส่งสินค้า ในปริมาณที่แตกต่างกัน อีกทั้งแต่ละปัญหาก็จะมีปริมาณความจุของรถบรรทุกที่แตกต่างกันด้วย งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์หรือคำตอบที่คำนวณได้จากวิธีการ NN ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณีคือ NN1 และ NN2 กับวิธีการ CW โดยคำตอบที่ได้ในแต่ละวิธีการจะมีระยะทางที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิจัย และการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีการ CW, NN1 และ NN2

ปัญหา	ระยะทางรวม			ร้อยละความแตกต่างกับ CW	
	NN1	NN2	CW	NN1	NN2
CON3-0	787.827193	799.384324	639.814645	23.13	24.94
CON3-1	807.741970	751.704036	581.439156	38.92	29.28
CON3-2	696.164216	713.324378	531.597373	30.96	34.19
CON3-3	689.027133	849.822212	611.205255	12.73	39.04
CON3-4	776.908948	868.701692	619.937694	25.32	40.13
CON3-5	712.484195	896.683221	607.866013	17.21	47.51
CON3-6	662.776847	784.713018	521.918875	26.99	50.35
CON3-7	784.530952	992.977126	603.405408	30.02	64.56
CON3-8	679.712151	776.733676	542.449666	25.30	43.19
CON3-9	780.251235	854.898744	604.988856	28.97	41.31
CON8-0	1094.979393	1272.240843	857.173087	27.74	48.42
CON8-1	920.086999	1012.091781	762.254525	20.71	32.78
CON8-2	820.204603	1072.569986	734.839187	11.62	45.96
CON8-3	945.986552	1421.911232	818.718416	15.54	73.68
CON8-4	949.264061	1203.810913	802.000122	18.36	50.10
CON8-5	978.382182	1225.603329	766.020026	27.72	60.00
CON8-6	868.618598	1214.104377	704.057692	23.37	72.44
CON8-7	1147.426309	1356.329254	824.721138	39.13	64.46
CON8-8	891.633949	1102.274825	791.077888	12.71	39.34
CON8-9	1009.611819	1188.661204	829.915699	21.65	43.23
SCA3-0	768.497866	870.230410	684.722216	12.23	27.09
SCA3-1	884.686449	1015.222158	701.978704	26.03	44.62
SCA3-2	846.038800	941.213626	706.832888	19.69	33.16
SCA3-3	908.078909	1042.237100	726.465282	25.00	43.47
SCA3-4	949.115904	1114.111055	796.990385	19.09	39.79
SCA3-5	845.942300	1063.386534	730.245662	15.84	45.62
SCA3-6	802.704182	949.772307	715.415309	12.20	32.76
SCA3-7	961.804317	955.107996	688.551925	39.69	38.71
SCA3-8	1081.646342	1192.952150	746.346043	44.93	59.84
SCA3-9	876.345696	958.678628	704.939890	24.31	35.99
SCA8-0	1157.093658	1418.460446	1015.503264	13.94	39.68
SCA8-1	1310.219418	1626.899939	1129.425882	16.01	44.05

ตารางที่ 3 ผลการวิจัย และการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีการ CW, NN1 และ NN2 (ต่อ)

ปัญหา	ระยะทางรวม			ร้อยละความแตกต่างกับ CW	
	NN1	NN2	CW	NN1	NN2
SCA8-2	1211.986839	1522.299523	1079.299755	12.29	41.05
SCA8-3	1190.281198	1810.491411	1049.337146	13.43	72.54
SCA8-4	1305.601195	1691.296126	1112.025382	17.41	52.09
SCA8-5	1279.457054	1611.671669	1085.684412	17.85	48.45
SCA8-6	1292.582356	1597.562820	1003.490972	28.81	59.20
SCA8-7	1271.946974	1580.440561	1087.857400	16.92	45.28
SCA8-8	1335.662053	1830.878368	1120.167448	19.24	63.45
SCA8-9	1331.909843	1585.071697	1135.716244	17.27	39.57

จากผลการวิจัยในตารางที่ 3 พบว่า คำตอบที่ได้จากวิธีการ CW สามารถหาคำตอบได้ดีกว่าวิธีการ NN ทั้ง 2 กรณี (NN1 และ NN2) โดยพบว่าวิธีการ CW มีระยะทางรวมน้อยกว่าวิธีการ NN ในกรณี NN1 และ NN2 เฉลี่ยเท่ากับ 22.26% และ 46.28% ตามลำดับ โดยร้อยละความแตกต่างระหว่างวิธีการ NN ในกรณี NN1 และ NN2 กับวิธีการ CW สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 18 และสมการที่ 19

$$\text{ร้อยละความแตกต่างระหว่าง CW และ NN1} = \left(\frac{NN1-CW}{CW} \right) \times 100 \quad (18)$$

$$\text{ร้อยละความแตกต่างระหว่าง CW และ NN2} = \left(\frac{NN2-CW}{CW} \right) \times 100 \quad (19)$$

อภิปรายผล

จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา VRSPD พบว่าวิธีการประหยัดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ให้คำตอบได้ดีกว่าคำตอบจากงานวิจัยของ Dethloff (2001) ทำให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้พิจารณากับปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามวิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ ยังมีความจำเป็นต้องพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้หากเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ NN ทั้ง 2 กรณีจะพบว่ากรณี NN2 สามารถบริหารรถบรรทุกที่ใช้ได้ดีกว่า เพราะวิธีการนี้จะพยายามหาจุดส่งสินค้าที่สามารถบรรทุกได้ เพื่อให้ปริมาณสินค้าบรรทุกเต็มคันรถมากที่สุด แต่จะพบว่าระยะทางที่วิธีการนี้ใช้กลับมากกว่า เนื่องจากวิธีการนี้

มุ่งแต่จะหาจุดส่งสินค้าที่มีปริมาณความต้องการสินค้าให้เพียงพอกับพื้นที่ในรถบรรทุกที่เหลืออยู่ ซึ่งบ่อยครั้งที่จุดส่งสินค้าที่ถูกเลือกนั้นมิมีระยะทางไกลมากก็ตาม แต่หากพิจารณาจากผลการวิจัยของ CW และ NN2 ซึ่ง CW สามารถหาคำตอบได้ดีกว่านั้น จะสังเกตเห็นว่า ปริมาณความจุของรถบรรทุกไม่มีผลต่อการจัดเส้นทางมากเท่ากับระยะทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้า เพราะในการค้นหาเส้นทางของ NN2 นั้นจะพิจารณาเพียงแค่ตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดเพียงตำแหน่งเดียว แต่ CW จะพิจารณาจากทุกๆ ตำแหน่ง และเลือกคู่ลำดับที่มีค่าประหยัดมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อนำไปใช้สำหรับกรณีศึกษาจริงของบริษัทที่ทางลูกค้ามีความต้องการรับ และส่งสินค้าพร้อมกัน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางที่มีข้อจำกัดเพิ่มมากขึ้นได้ เช่น ข้อจำกัดด้านขนาดความสามารถในการบรรทุกของรถแต่ละคันที่อาจมีไม่เท่ากัน และข้อจำกัดด้านกรอบเวลาที่ลูกค้าในบางจุดส่งสินค้าจะมีความต้องการกะทันหันเป็นกรณีพิเศษ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้กับรูปแบบปัญหาที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง เป็นต้น โดยในการนำไปใช้งานจริงอาจมีตัวแปรที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติม อาทิเช่น ระยะทางในการขนส่งสินค้าแต่ละจุด ซึ่งอาจต้องคำนวณจากระยะทางจริง โดยการใช้ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการหาระยะทางจาก GPS ตลอดจนการคำนวณพื้นที่ในการบรรทุกสินค้า ซึ่งอาจต้องคำนวณเพิ่มเติมในส่วน

ของปริมาตรบรรทุก และน้ำหนักบรรทุก นอกเหนือจาก ปริมาณความจุในการบรรทุกอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ สุภักดี นั้ทพวงค์ นันท์สำเร็จ และระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2558). การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางในการซ่อมบำรุงเครื่องมือแพทย์ โดยวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด: กรณีศึกษา สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 7(2), 23-36.
- ชูลีกร ชนะสิทธิ์. (2554). *การพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางการเดินทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัทผู้ให้บริการด้านธุรกิจขนส่งสินค้า*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ปภััสสร สุชาบุรณ์ และสมชาย ปฐมศิริ. (2554). การจัดเส้นทางกระจายโลหิตในเขตกรุงเทพ และปริมณฑล: ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554* (หน้า 1543-1547).
- รีนฤดี อัครมณี. (2553). *การพัฒนาการจัดเส้นทางรถเดินรถของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Braekers, K., Ramaekers, K., & Nieuwenhuys, I. V. (2016). The vehicle routing problem: State of the art classification and review. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 300-313.
- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12, 568-581.
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6, 80-91.
- Dethloff, J. (2001). Vehicle routing and reverse logistics: the vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up. *OR Spektrum*, 23, 79-96.
- Goksal, F. P., Karaoglan, I., & Altiparmak, F. (2013). A hybrid discrete particle swarm optimization for vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery. *Computers & Industrial Engineering*, 65, 39-53.
- Jun, Y., & Kim, B. I. (2012). New best solutions to VRPSPD benchmark problems by a perturbation based algorithm. *Expert Systems with Applications*, 39, 5641-5648.
- Min, H. (1989). The multiple vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up points. *Transportation Research Part A*, 23, 377-386.