



ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีกรอบเวลาสำหรับใช้ในการวางแผนการให้บริการขนส่ง สำหรับผู้สูงอายุ: กรณีศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Solving a Vehicle Routing Problem with Time Window for Transportation Service Planning for Elderly People: A Case Study of Hatyai District Songkhla Province

อาลาวี ลาเตะ^{1*}, เสกสรร สุธรรมานนท์¹, นิกอร์ ศิริวงศ์ไพศาล¹, มุฮัมมัด เต๊ะยอ²
Alawee Lateh^{1*}, Sakesun Suthammanon¹, Nikorn Sirivongpisal¹, Muhamad Tehyo²

(Received: July 4, 2018; Revised: October 10, 2018; Accepted: November 15, 2018)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอรูปแบบการให้บริการขนส่งสำหรับผู้สูงอายุ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะวางแผนการขนส่งจากบ้านไปโรงพยาบาล (Home to Hospital Transport Planning, HHTP) ซึ่งเป็นรูปแบบการให้บริการแบบประตูถึงประตูโดยรถบริการจะไปรับผู้รับบริการถึงที่และไปส่งยังโรงพยาบาล โดยไม่จำเป็นต้องใช้รถยนต์ส่วนตัวจึงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและลดความยุ่งยากในการหาที่จอดรถรวมทั้งลดการจราจรติดขัด ในงานวิจัยนี้ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีกรอบเวลา (VRPTW) ใช้โปรแกรม ArcGIS 10.2 ในการแก้ปัญหาโดยประชากรผู้สูงอายุในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลหาดใหญ่ จำนวนกว่า 150,000 ครั้งต่อปี เป็นกรณีศึกษา ซึ่งผลจากงานวิจัยพบว่าสามารถลดระยะทางการขนส่งโดยรวมจากสภาพการเดินทางปัจจุบัน 2,619,334.80 กม./ปี เป็น 657,000 กม./ปี หรือลดลงร้อยละ 65.64 และผู้วิจัยได้เปรียบเทียบรูปแบบการขนส่งรูปแบบต่างๆที่มีอยู่ในปัจจุบันกับ HHTP เพื่อนำเสนอความแตกต่างด้านรูปแบบให้บริการ ตารางเวลา การครอบคลุมรวมถึงอัตราค่าโดยสารเป็นต้น

คำสำคัญ: VRPTW บริการแบบประตูถึงประตู การวางแผนการขนส่ง ผู้สูงอายุ

Abstract

In this paper, we provide some insights to this problem called Home to Hospital Transport Planning (HHTP) for Elderly who need to go to the hospital without personal car. In other word, Door to Door service with timetable is employed to reduce transportation cost. The case study is Hatyai District, Songkhla Province, Thailand. The number of elderly people visiting the hospital for doctor appointment by themselves are almost 150,000 trips per year. In this view point we use an algorithm with standard VRPTW problem in ArcGIS 10.2 software to solve this problem. The result shows that the distance can be decrease 65.64 percent from 2,619,334.80 km./year to 657,000 km./year, and we compare the various types of transportation currently in Hatyai District with HHTP to shows different types of services, schedules, coverage, and fares.

Keywords: VRPTW, Door to Door Service, Transport Planning, Elder

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

¹ Faculty of Engineering, Prince of Songkhla University

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

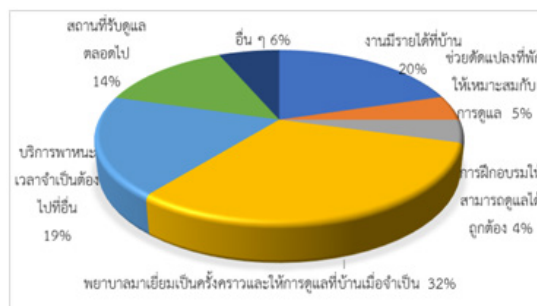
² Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

บทนำ

การเดินทางเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับคนทุกเพศทุกวัย ผู้สูงอายุเองก็มีความจำเป็นต้องเดินทางด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น การโรงพยาบาลเมื่อเจ็บป่วย ไปซื้อของ หรือไปศาสนสถาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อคนเรามีอายุมากขึ้นย่อมประสบความลำบากในการเดินทางดังนั้นย่อมต้องการความช่วยเหลือจากบุคคลอื่น บุตรหลานหรือญาติ แม้แต่ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่กับบุตรหลานก็ประสบปัญหาไม่แตกต่างกัน เนื่องจากบุตรหลานต้องออกไปทำงานหาเลี้ยงครอบครัว

ในปัจจุบันรถโดยสารสาธารณะยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ในอำเภอหาดใหญ่ซึ่งส่วนใหญ่จะผ่านเฉพาะเส้นทางสายหลักเท่านั้นแต่ในเทศบาลจะมีรถตุ๊กๆ ซึ่งเป็นรถโดยสารขนาดเล็กคอยให้บริการรับ-ส่งผู้โดยสารส่งผลให้สภาพการเดินทางในปัจจุบันของผู้สูงอายุจำเป็นต้องพึ่งพาคนในครอบครัวหรือบุคคลอื่นรวมไปถึงอาศัยรถโดยสารสาธารณะ ซึ่งมีความลำบากต่อการเข้าถึงหรือการเดินทางไปยังโรงพยาบาลของผู้สูงอายุ ในกรณีที่บ้านไม่ติดกับถนนสายหลักที่มีรถโดยสารสาธารณะผ่านซึ่งผู้สูงอายุจึงจำเป็นต้องมีส่วนตัว เมื่อพิจารณาถึงเหตุผลที่ผู้สูงอายุมีส่วนตัวในการเดินทางมีงานวิจัยของ Suen & Sen (1999) ที่ศึกษาพฤติกรรมการเดินทางของคนอเมริกันพบว่าคนอเมริกันไม่มีทางเลือกในการเดินทางอื่นที่เหมาะสมกว่าการเดินทางโดยรถยนต์ส่วนตัว เนื่องจากบริการขนส่งสาธารณะที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นรูปแบบการขนส่งแบบเดิมๆ ได้แก่ รถเมล์ รถแท็กซี่ เป็นต้น ซึ่งผู้สูงอายุยังขาดความมั่นใจในตัวเองที่จะใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะ ทั้งนี้เพราะยังไม่มียานพาหนะที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุเพื่อรองรับสังคมผู้สูงอายุที่จำเป็นต้องมีการจัดการให้มีบริการต่างๆ สำหรับผู้สูงอายุ เพื่อความสะดวกในการเดินทางและเพื่อความยั่งยืนในการพัฒนาเมืองและสามารถเชื่อมโยงกับระบบเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้สูงอายุในการใช้บริการระบบขนส่งมวลชนในประเทศไทย ประกอบด้วย ปัญหาความสามารถในการเข้าถึงบริการขนส่งสาธารณะ (Accessibility) ปัญหาด้านความปลอดภัย การขาดสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้สูงอายุ ปัญหาด้านความไม่ตรงต่อเวลา ปัญหาเรื่องความถี่ของบริการขนส่งสาธารณะ ปัญหาด้านข้อมูลข่าวสารของระบบขนส่งสาธารณะ ปัญหาด้านการให้บริการ อุปสรรคในการขึ้น-ลงระบบขนส่งสาธารณะ ปัญหาเส้นทางไม่ครอบคลุม ปริมาณผู้โดยสารหนาแน่น ไม่มีการเชื่อมโยงระหว่างบริการขนส่งสาธารณะรูปแบบต่างๆ และปัญหาเรื่องความสะดวก เป็นต้น

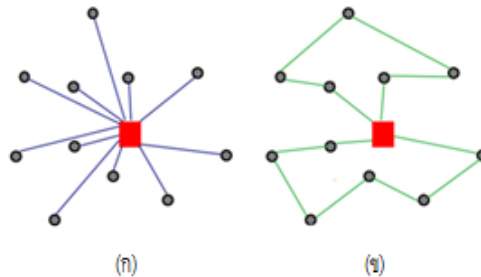
ข้อมูลจากการทำแบบสอบถามผู้สูงอายุที่เข้าร่วมกิจกรรมของศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านผู้สูงอายุ วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สงขลา (Warahat, 2015) พบว่าความคาดหวังของผู้สูงอายุในการบริการจากรัฐอันดับที่ 3 รองจากความต้องการการดูแลจากพยาบาลเมื่อเจ็บป่วยและอาชีพที่สร้างรายได้ที่บ้านได้ คือ ต้องการพาหนะสำหรับการเดินทางที่สะดวก ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (National Statistical Office, 2016) ในปี พ.ศ. 2558 โดยทำแบบสอบถามผู้สูงอายุในภาคใต้จำนวน 30,796 คน จำแนกเป็นเพศชาย 5,313 คน และเพศหญิง 25,483 คน ซึ่งเป็นผู้อยู่อาศัยในเขตเทศบาล 6,444 คน และนอกเขตเทศบาล 24,352 คน ด้วยคำถามลักษณะเดียวกันซึ่งคำตอบจากการสำรวจอันดับที่ 3 คือ ต้องการพาหนะสำหรับการเดินทางเวลาจำเป็นต้องเดินทางไปอื่น โดยคำตอบบ่งชี้ว่า 1



ภาพที่ 1 ความต้องการความช่วยเหลือ หรือสวัสดิการจากรัฐที่ไม่ใช่เงิน (National Statistical Office, 2016)



ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem, VRP) คือ การที่ผู้ขนส่งต้องออกแบบเส้นทางขนส่งสินค้าให้ผู้รับบริการ โดยปัญหาที่ท้าทาย คือ หากผู้รับบริการมีจำนวนมาก ผู้ขนส่งจะต้องคำนวณหาคำตอบว่าจะใช้พาหนะขนส่งจำนวนเท่าไรและควรจัดลำดับการขนส่งอย่างไร เส้นทางแต่ละเส้นทางประกอบด้วยลูกค้ารายใดบ้าง โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุดและสามารถให้บริการครบตามปริมาณอุปสงค์ทั้งหมดภายใต้ข้อจำกัดบางประการ โดยปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งถูกศึกษาอย่างเป็นทางการครั้งแรกในงานวิจัยของ Dantzing & Ramser (1959) นำเสนอการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem, TSP) จากนั้นก็ได้มีการนำปัญหานี้ไปใช้อย่างกว้างขวางจนมีงานวิจัยหรือบทความวิจัยที่ตีพิมพ์เกี่ยวกับปัญหา TSP โดยลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งเริ่มแรกนั้นจะระบุข้อจำกัดด้านปริมาณความจุของพาหนะขนส่งสินค้า โดยเรียกปัญหานี้ว่า Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) ซึ่งสามารถอธิบายลักษณะของปัญหาได้เบื้องต้น คือ จำนวนผู้รับบริการทุกรายจะต้องได้รับการบริการส่งสินค้า โดยพาหนะจากศูนย์กระจายสินค้าดังภาพที่ 2 (ก) ซึ่งพาหนะทั้งหมดต้องมีขนาดความจุสินค้าเท่ากัน อุปสงค์ของผู้รับบริการแต่ละรายก็มีปริมาณที่ต่างกันไป และที่สำคัญขนาดความจุสินค้าของพาหนะมีขีดจำกัด ดังนั้นการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง คือ การออกแบบเส้นทางเพื่อตอบสนอง อุปสงค์แก่ผู้รับบริการได้ทั้งหมด โดยให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุดบนข้อจำกัดที่สำคัญ คือ อุปสงค์ของผู้รับบริการทั้งหมดบนเส้นทางหนึ่งๆ จะต้องไม่เกินขนาดความจุสินค้าของพาหนะ โดยต้นทุนต่ำสุดที่เกิดขึ้นในที่นี้อาจหมายถึงการให้เกิดค่าใช้จ่ายการขนส่งต่ำที่สุด ซึ่งอาจรวมถึงการใช้จำนวนพาหนะให้น้อยที่สุด การใช้เชื้อเพลิงให้น้อยที่สุด หรือการเดินทางโดยใช้ระยะทางขนส่งให้น้อยที่สุด หรือการใช้เวลาการเดินทางในการขนส่งให้น้อยที่สุด ภายหลังได้มีการนำวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการพัฒนาวิธีการเพื่อแก้ปัญหา VRP โดยปัญหา VRP ที่ได้รับความนิยมได้มีการเพิ่มข้อจำกัดต่างๆ เข้าไป (Solomon, 1983) ได้นำเสนอปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งกรณีที่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาในการรับส่ง (Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRPTW) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของลูกค้าแต่ละรายว่าจะรับสินค้าได้ภายในเวลาใดๆ (Nasser, 2010)



ภาพที่ 2 (ก) สภาพการเดินทางปัจจุบัน (ข) ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในลักษณะเดียวกับปัญหา VRPTW จากการศึกษาของ Belfiore & Yoshizaka (2009) ศึกษาปัญหาที่มียานพาหนะหลายชนิด การขนส่งแบบคลังเดียว การขนส่งแบบแบ่งส่งได้ (Split Delivery) ให้ลูกค้าผู้ค้าปลีกในบราซิล 519 ร้านค้า งานวิจัยนี้นำเสนอการแก้ปัญหาด้วยวิธีการกระจายค้นหา (Scatter Search) และดำเนินการแก้ปัญหาโดยเปรียบเทียบเส้นทางที่ครอบคลุมสถานการณ์จริงของบริษัท ผลที่ได้พบว่าวิธีดังกล่าวสามารถเพิ่มกำไรของบริษัท เนื่องจากสามารถลดต้นทุนการกระจายสินค้าและจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Sealee, Wijitpongsa, & puangyam (2017) ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่มของห้างหุ้นส่วนจำกัด รัตมี 2015 ซึ่งเป็นวิสาหกิจขนาดเล็ก ทำการผลิตและจัดส่งน้ำดื่มให้กับลูกค้าแต่ละร้านทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่งมากเกินไปจนความจำเป็น โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) และใช้ Open Solver เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์หาคำตอบใน Microsoft Excel

พบว่าการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่ม โดยแบ่งเส้นทางขนส่งออกเป็น 2 เส้นทาง มีความเหมาะสมที่สุด มีระยะทางรวมสั้นที่สุดเท่ากับ 72.26 กิโลเมตร และรถขนส่งสามารถบรรทุกและขนส่งน้ำดื่มได้เพียงพอในแต่ละเที่ยวที่ทำการจัดส่งได้ และเมื่อเทียบผลการจัดเส้นทางที่ได้กับการดำเนินงานในปัจจุบัน พบว่ามีระยะทาง 180.50 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 59.97 Ketsarapong & Choo-ngern (2015) ศึกษาการจัดเส้นทางขนส่งของบริษัทแปรรูปอาหารขนาดย่อม ซึ่งพบว่ามีต้นทุนการขนส่งที่สูงมาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำ ซึ่งแบ่งพื้นที่ในการกระจายสินค้าเป็น 3 เขต คือ กรุงเทพมหานคร (DC1) ปทุมธานี (DC2) และนครนายก (DC3) ไปยังลูกค้าทั้งหมด 25 ราย มีนโยบายแบ่งพื้นที่รับผิดชอบดังนี้ DC1 รับผิดชอบลูกค้า 7 ราย DC2 รับผิดชอบลูกค้า 6 ราย และ DC3 รับผิดชอบลูกค้า 12 ราย เมื่อใช้ตัวแบบปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (VRP) พบว่า ต้นทุนลดลงจากเดิม 133,877.10 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 42.08 Letchford (1996) ศึกษาการคัดเลือกผู้ประกอบการ เพื่อจัดสรรเครือข่ายของรถขนส่งในเมืองแมนเชสเตอร์ ซึ่งมีจำนวนผู้ประกอบการมากกว่า 30 รายในพื้นที่รวมถึงขนาดของยานพาหนะที่แตกต่างกัน ครอบคลุมพื้นที่ 10 เมืองในแมนเชสเตอร์ จึงนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีโปรแกรมจำนวนเต็ม (Integer Programming) พบว่าประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก สำหรับโครงการ GMPTE (Greater Manchester Public Transport Executive) และเมืองอื่นๆ ในยุโรปที่นำไปใช้ก็ประสบความสำเร็จเช่นกัน Chaiwuttisak, et al. (2018) ศึกษากระบวนการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าและออกแบบเส้นทางขนส่งประเภทวัสดุก่อสร้างซึ่งมีขนาด รูปทรง และน้ำหนักที่แตกต่างกัน โดยใช้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง โดยคำนวณหาต้นทุนและเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งบริษัทจำหน่ายวัสดุก่อสร้างแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมาและได้นำเสนออัลกอริทึมที่พัฒนามาจากวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทางที่มีหลากหลายเส้นทางจากการศึกษาพบว่าเส้นทางเดินรถที่จัดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมมีระยะทางขนส่งน้อยกว่าวิธีการดำเนินการในปัจจุบันถึง 32.99% และมีค่าใช้จ่ายที่ลดลงไปได้ถึง 45.23% Chanasit & Yaovasuwanchai (2013) ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ภายในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า สามารถลดระยะทางในการเดินรถขนส่งสินค้า โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มลูกค้า โดยใช้วิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Heuristics, NNH) นำมาสร้างรูปแบบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem, TSP) และปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem, VRP) ผ่านโปรแกรมวีบีเอ (Visual Basic for Applications, VBA) สามารถลดระยะทางในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าคิดเป็นร้อยละ 11.79 Sodsoon, Kornvirat, & Sodsoon (2014) ศึกษาเส้นทางขนส่งสำหรับการจัดเส้นทางภายในรอบเวลาหยุดโดยวิธีซิมูเลตแอล- เนลลิง กรณีที่มีคลังสินค้ากลางแห่งเดียว ลูกค้ามีหลายราย ลูกค้าแต่ละรายตั้งอยู่กระจัดกระจายทั่วไป และมีความต้องการสินค้าที่ไม่เท่ากัน แต่ทราบจำนวนสินค้าที่ต้องการและช่วงเวลาการรับสินค้าที่แน่นอน Supakdee, Nanthasamroeng, & Pitakaso (2015) ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อลดต้นทุนการเดินทางไปทำการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ ทางกายภาพตามโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในเขตจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 316 แห่ง ของหน่วยซ่อมบำรุงสังกัด สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดอุบลราชธานีโดยทำการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการจัดกลุ่มผู้รับบริการก่อน จากนั้นจึงกำหนดที่ตั้งของศูนย์ประสานงานซ่อมบำรุงแล้วจึงจัดเส้นทางเดินรถไปทำการซ่อมบำรุงในแต่ละกลุ่มเป็นขั้นตอนสุดท้าย ในขั้นตอนการจัดกลุ่มได้ใช้วิธีการกวาดมุม (Sweep Algorithm) ซึ่งสามารถจัดกลุ่มสถานพยาบาลออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 79 แห่ง จากนั้นจึงทำการหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์ประสานงานซ่อมบำรุงโดยใช้วิธีคำนวณจากระยะทางและภาระงานในการซ่อมบำรุงแต่ละแห่ง สำหรับจัดเส้นทางเดินรถในแต่ละกลุ่มได้ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ผลการวิจัยพบว่า วิธีโมติไฟลัลกอริทึมแบบประหยัดสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าวิธีปัจจุบัน 42.31% วิธีการจัดกลุ่มตามอำเภอ 8.33% และวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด 3.20% Klinplub & Yaovasuwanchai (2017) ศึกษาเกี่ยวกับผู้ให้บริการขนส่งสินค้าให้กับโรงงานผลิตไอศกรีมในการจัดส่งสินค้า



ไปยังร้านสะดวกซื้อ 3,953 สาขาเนื่องจากสาขามีจำนวนมากกรณีศึกษาจึงเลือกศึกษาเฉพาะกะทำงานกลางคืนและรอบวันทำงานรอบแรก คือ วันจันทร์ พุธ ศุกร์ เพราะมีปริมาณสาขาจัดส่งมากที่สุดโดยมีรถทั้งหมด 37 คันที่ต้องส่งสินค้า 40 สาขาขั้นต่ำต่อคันตามที่โรงงานกำหนดให้และทำงานไม่เกิน 8 ชั่วโมง เนื่องจากสินค้าที่ส่งเป็นสินค้าขนาดเล็กทำให้ในบริษัทกรณีศึกษาจะบรรทุกไม่เต็มตู้รถขนส่ง จากลักษณะปัญหาดังกล่าวพบว่าเป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขายหลายคน (Multiple Traveling Salesmen Problem, MTSP) คล้ายคลึงกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem, VRP) แตกต่างในเรื่องของความไม่จำกัด จึงได้ทำการศึกษาแบบจำลอง Assignment-Based และ Flow-Based มาปรับปรุงต่อยอดให้สามารถแก้ไขปัญหของบริษัทกรณีศึกษาได้ ด้วยการเพิ่ม 2 เงื่อนไขคือ 1) กำหนดจำนวนสาขาของร้านสะดวกซื้อที่รถบรรทุกแต่ละคันจะต้องไปส่ง 2) รถแต่ละคันวิ่งไม่เกิน 8 ชั่วโมง ลำดับต่อมาผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ ด้วยปัญหาทดสอบจำนวน 27 ปัญหา ผลการทดสอบพบว่าแบบจำลอง Flow-Based มีประสิทธิภาพดีกว่าและเหมาะสมกับกรณีศึกษามากกว่า

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อนำเสนอรูปแบบการวางแผนการให้บริการขนส่งผู้สูงอายุที่เหมาะสม โดยใช้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีกรอบเวลา โดยพิจารณาถึงจำนวนผู้ใช้บริการให้ครอบคลุมมากที่สุด เส้นทางเดินรถ จำนวนรถบริการที่เหมาะสม และประหยัดต้นทุนการขนส่ง

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดในการวางแผนการขนส่งสำหรับผู้สูงอายุ โดยพิจารณาจากระยะทางจากบ้านไปยังโรงพยาบาลและความถี่ในการไปโรงพยาบาลโดยใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2559 ในการวิเคราะห์ระยะทางรวมทั้งหมด โดยใช้ทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งกรณีที่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาในการรับส่ง (Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRPTW) ในการหาแนวทางเพื่อให้ได้ระยะทางรวมน้อยที่สุดและครอบคลุมประชากรมากที่สุด

1. ประชากร

ประชากรผู้สูงอายุในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 46,452 คน

2. ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะผู้สูงอายุที่มารับบริการที่โรงพยาบาลหาดใหญ่และเป็นผู้สูงอายุที่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เท่านั้น ไม่นับรวมผู้สูงอายุที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกาย ผู้สูงอายุที่นอนติดเตียง หรือใช้รถเข็น (Wheelchair) เป็นต้น

3. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้สูงอายุที่มารับบริการที่โรงพยาบาลหาดใหญ่ รวมถึงสภาพการเดินทางของผู้สูงอายุ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงพยาบาลหาดใหญ่และผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยและสถาบันที่ดูแลเกี่ยวกับผู้สูงอายุ ในส่วนของข้อมูลที่อยู่จะใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์สารสนเทศแปลงข้อมูลจากที่อยู่เป็นละติจูด-ลองจิจูด (Geocoding) ด้วยโปรแกรม ArcGIS และแอปพลิเคชัน HandyGPS ใช้เพื่อระบุตำแหน่งของผู้สูงอายุแต่ละรายและประเมินความแม่นยำด้วย Google Map ส่วนข้อมูลระยะทางใช้โครงข่ายถนน (Road Network) ในโปรแกรม ArcGIS

4. การทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบการวางแผนการขนส่ง

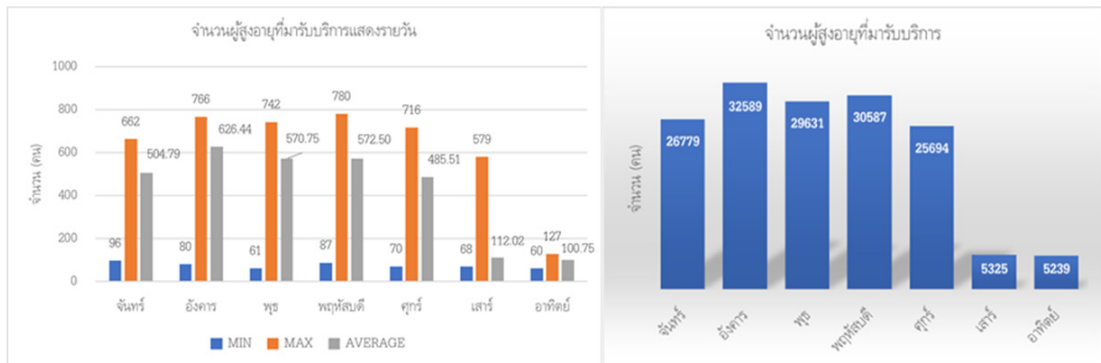
การออกแบบการเดินทางสำหรับผู้สูงอายุโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความสะดวกสบายในการเดินทาง เป็นการเดินทางที่สามารถเข้าถึงง่าย อาศัยหลักการบริการแบบประตูถึงประตู (Door to Door Service) ในการออกแบบแผนในงานวิจัยนี้ และเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการเดินทางที่เป็นจริง

5. การใช้ปัญหาการจัดเส้นทางพาหนะ (VRP) เพื่อปรับปรุงและหาคำตอบของปัญหาโดยใช้โปรแกรม ArcGIS ในการหาคำตอบที่เหมาะสมกับปัญหานี้โดยใช้ฟังก์ชัน Network Analysis ใน ArcGIS เพื่อทำการวิเคราะห์เส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem) เพื่อหาคำตอบที่ใช้ต้นทุนการขนส่งน้อยที่สุด

6. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผล ของคำตอบที่ได้กับสภาพการเดินทางในปัจจุบันของผู้สูงอายุ

ผลการวิจัย

1. ผลจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลสภาพปัจจุบันของลักษณะการเดินทางของผู้สูงอายุจากบ้านไปยังโรงพยาบาลพบว่า จากข้อมูล พ.ศ. 2558 ในอำเภอหาดใหญ่มีจำนวนผู้สูงอายุจำนวน 46,452 คน และจำนวนความถี่ในการมาโรงพยาบาลในพื้นที่จำนวน 155,911 ครั้งต่อปี โดยภาพที่ 3 แสดงจำนวนผู้สูงอายุที่เข้ารับบริการที่โรงพยาบาลหาดใหญ่ ความถี่ในการเข้ารับบริการแต่ละวัน ซึ่งเมื่อพิจารณาระยะทางไป-กลับในแต่ละตำบลโดยสามารถคำนวณเฉลี่ยทั้งปีแล้วพบว่าแต่ละปีจะใช้ระยะทางไป-กลับรวมประมาณ 2,619,334.80 กิโลเมตรต่อปีดังภาพที่ 2 (ก) โดยระยะทางเฉลี่ยในแต่ละตำบลแสดงในตารางที่ 1



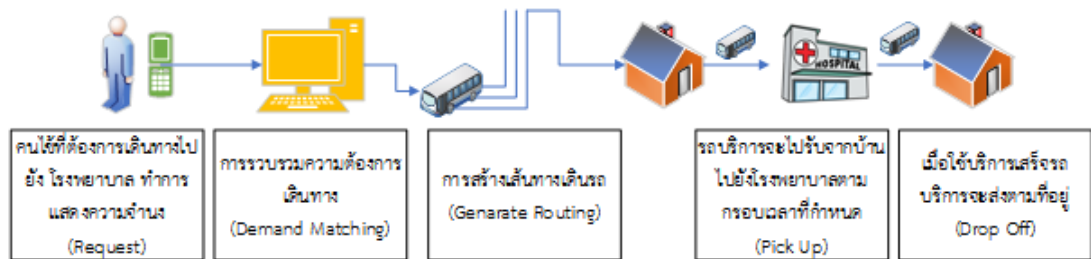
ภาพที่ 3 สถิติการมารับบริการของผู้ป่วยนอกที่โรงพยาบาลจำแนกตามวันทำการโดย (ก) แสดงจำนวนน้อยที่สุด มากที่สุด และจำนวนเฉลี่ยในแต่ละวัน (ข) แสดงจำนวนผู้สูงอายุทั้งปี (ข้อมูลปี พ.ศ. 2559)

ตารางที่ 1 ระยะทางเฉลี่ยจากโรงพยาบาลไปยังแต่ละตำบล

ลำดับ	ตำบล	ไป-กลับ (กิโลเมตร)	ลำดับ	ตำบล	ไป-กลับ (กิโลเมตร)
1	คลองอู่ตะเภา	13.2	8	ทุ่งใหญ่	30.2
2	ควนลัง	24	9	น้ำน้อย	40.4
3	คอหงส์	14	10	บ้านพรุ	36.8
4	คูเต่า	39	11	พะตง	68.2
5	ฉลุง	59.4	12	หาดใหญ่	6
6	ท่าข้าม	35.2	13	คลองแห	10.4
7	ทุ่งตำเสา	62.4			



2. การวางแผนการเดินทางสำหรับผู้สูงอายุ (Transport Planning for Elderly)



ภาพที่ 4 แผนสำหรับการให้บริการขนส่งสำหรับผู้สูงอายุ

จากภาพที่ 4 สามารถอธิบายขั้นตอนในการวางแผนการให้บริการขนส่งสำหรับผู้สูงอายุดังต่อไปนี้

- 1) ผู้สูงอายุที่ต้องการใช้บริการต้องแสดงความจำนงในการใช้บริการ (Request) โดยการระบุวันเวลาที่ต้องการไปยังโรงพยาบาลและรายละเอียดอื่นๆ (หากมี)
- 2) ระบบจะรวบรวมความต้องการเดินทาง (Demand) แล้วทำการจับคู่เพื่อนร่วมทางโดยใช้ทฤษฎีการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา (VRPTW) เพื่อกำหนดเส้นทางเดินรถแต่ละคัน (Generate Routing) โดยการกำหนดเส้นทางนั้นจะกำหนดช่วงของจำนวนคนเป็นค่าสูงสุดต่ำสุดของวันเป็นหลักเพื่อให้การวางแผนสะดวกต่อผู้ให้บริการมากขึ้น
- 3) พนักงานขับรถจะไปรับผู้โดยสารมายังโรงพยาบาล (Pick Up)
- 4) หลังจากทำการภารกิจเสร็จที่โรงพยาบาลพนักงานขับรถจะขับรถไปส่งตามเส้นทางที่กำหนดไว้ข้างต้น (Drop Off) และสิ้นสุดการทำงาน

3. การจัดเส้นทางเดินรถโดยมีกรอบเวลา (VRP with Time Window)

การอธิบายปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งในเชิงคณิตศาสตร์นั้น สามารถกำหนดปัญหาการจัดเส้นทางในรูปแบบของกราฟ $G = (V, C)$ ซึ่ง C คือกลุ่มของผู้โดยสารซึ่งเท่ากับ $\{1, 2, \dots, n\}$ เป็นเซตที่ประกอบไปด้วยสมาชิกของจุดต่างๆ บนเส้นทางขนส่ง และ V คือรถโดยสาร และโรงพยาบาลจะกำหนดเป็นจุด 0 (จุดรถออก) และ $n+1$ (จุดรถกลับ) โดยกำหนดให้ $A = \{(i, j) : i, j \in N\}$ เป็นเซตของเส้นทางระหว่างผู้ให้บริการ i กับผู้ให้บริการ j โดยมีสัมประสิทธิ์ C_{ij} แทนต้นทุนการขนส่งของพาหนะเดินทางจากจุดให้บริการ i ไปยังจุดผู้ให้บริการ j โดยจุดมุ่งหมายในการแก้ปัญหา คือ การออกแบบเส้นทางที่ใช้ต้นทุนต่ำที่สุด โดย พาหนะ $k = \{1, 2, \dots, m\}$ ที่มีความจุโดยสารปริมาณจำกัด โดยใช้ q แทนปริมาณความจุของพาหนะแต่ละคัน โดยที่แต่ละรอบในการส่งผู้โดยสารนั้น ความต้องการเดินทางในแต่ละผู้ให้บริการ (หน่วย) ตำแหน่งที่ i ให้เป็น d_i โดยในเส้นทางที่ออกแบบนั้น ความต้องการเดินทางของผู้ให้บริการทั้งหมดในแต่ละคันของพาหนะนั้นจะต้องไม่เกินค่า q และรถขนส่งจะต้องออกเดินทางไปและกลับมาที่จุดเดียวกันคือโรงพยาบาลเท่านั้น

โดยกำหนดแบบจำลองปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ VRPTW ไว้ดังนี้

$$\text{Min} \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_{ij} X_{ik} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in N} X_{ik} = 1 \quad \forall i \in C \quad (2)$$

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in N} X_{ijk} \leq q \quad \forall k \in V \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} X_{0jk} = 1 \quad \forall k \in V \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} X_{ihk} - \sum_{j \in N} X_{hjk} = 0 \quad \forall h \in C, \forall k \in V \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} X_{i,n+1,k} = 1 \quad \forall k \in V \quad (6)$$

$$S_{ik} + t_{ij} - K(1 - X_{ijk}) \leq S_{jk} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V \quad (7)$$

$$a_i \leq S_{ik} \leq b_i \quad \forall i \in N, \forall k \in V \quad (8)$$

$$X_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V \quad (9)$$

เมื่อ t_{ij} = ระยะเวลาการขนส่งจากจุดขนส่ง i ไป j รวมถึงเวลาในการบริการในแต่ละจุดรับส่ง
 S_{ik} = เวลาที่ผู้ให้บริการ i ด้วยรถคันที่ k
 X_{ijk} = ตัวแปรตัดสินใจที่มีค่า $\{0, 1\}$ มีค่า 1 จากจุด i ไปยังจุด j โดยรถคันที่ k
 a_i = เวลาเร็วที่สุดที่สามารถรับผู้ให้บริการได้ที่ตำแหน่งที่ i
 b_i = เวลาช้าที่สุดที่สามารถรับผู้ให้บริการได้ที่ตำแหน่งที่ i

โดยสมการเป้าหมายสมการที่ (1) เพื่อให้ต้นทุนการขนส่งให้น้อยที่สุด สมการที่ (2) ผู้ให้บริการแต่ละคนจะถูกให้บริการแค่ 1 ครั้ง สมการที่ (3) รถแต่ละคันไม่สามารถบรรทุกผู้โดยสารเกินกว่าจำนวนที่นั่งที่กำหนด สมการที่ (4) เพื่อบังคับให้รถทุกคันต้องเริ่มออกจากจุดที่ 0 คือ โรงพยาบาลเสมอ สมการที่ (5) หลังจากไปรับผู้โดยสารคนหนึ่งแล้วรถต้องออกไปรับผู้โดยสารอีกคนต่อทันที สมการที่ (6) หลังจากรับผู้โดยสารจนเต็มจำนวนที่นั่งแล้วจะต้องกลับมายังจุด $n+1$ คือ โรงพยาบาลเสมอ สมการที่ (7) รถคันที่ k ไม่สามารถไปรับผู้โดยสาร j ก่อนเวลา $S_{ik} + t_{ij}$ ถ้ารถวิ่งจาก i ไป j โดย K คือตัวเลขที่มีค่ามาก (Large Scalar) สมการที่ (8) เพื่อรับประกันระบบจะทำงานภายในกรอบเวลาที่กำหนดของแต่ละจุดผู้ให้บริการและสมการที่ (9) ค่าของ X_{ijk} ต้องเป็นค่า 0,1 เท่านั้น และ q a_i b_i d_i และ C_{ij} เป็นตัวเลขศูนย์และจำนวนเต็มบวกเท่านั้น

การจัดเส้นทางเดินรถโดยมีกรอบเวลา (VRP with Time Window) ด้วยฟังก์ชัน Network Analysis ในโปรแกรม ArcGIS 10.2 ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการป้อนข้อมูลพื้นฐาน (Data Attributes Input)

เป็นขั้นตอนแรกที่มีความจำเป็นต่อการประมวลผล โดยการกรอกข้อมูลพื้นฐานตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการประมวลผลทั้งระบบโดยข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้

3.1.1. ข้อมูลของผู้ให้บริการ (Attributes for Order) ประกอบด้วย

- (1) ชื่อ ที่อยู่ และข้อมูลการไปยังโรงพยาบาล เช่น วันที่ คลินิกที่นัดกับหมอ เป็นต้น
- (2) ชื่อสถานที่ไปคือโรงพยาบาล (Depot)
- (3) พิกัดละติจูด ลองจิจูด
- (4) เวลาในการให้บริการ (Service Time)
- (5) ปริมาณการเดินทาง (Demand Capacity)
- (6) กรอบเวลาในการเริ่มและสิ้นสุดของการไปบริการ (Time Start-Time End)



โดยข้อมูลประชากรผู้สูงอายุที่รับบริการเป็นข้อมูลรายวัน ยกตัวอย่างสำหรับบางรายของข้อมูล วันที่ 4 เดือนเมษายน 2559 มีผู้สูงอายุที่มารับบริการที่โรงพยาบาล ทั้งหมด 232 ราย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลนำเข้า (Data Attributes Input) ประชากรผู้สูงอายุที่รับบริการเป็นการแสดงข้อมูลบางรายของวันที่ 4 เดือนเมษายน 2559 ซึ่งมีผู้สูงอายุทั้งอำเภอหาดใหญ่ มารับบริการที่โรงพยาบาลทั้งหมด 232 ราย

Object	Home address	Tambon	Demand	Service Time (min)	Latitude	Longitude	Time Start1	Time End1
37	1 ม.3	คลองอู่ตะเภา	1	3	7.051447	100.450273	6:00:00	8:30:00
41	1 ม.6	ควนลัง	2	3	6.959533	100.422896	6:00:00	8:30:00
87	110/119 ม.5	คอหงส์	3	3	6.975082	100.473525	6:00:00	8:30:00
128	1/4 ม.8	คูเต่า	1	3	7.083494	100.480848	6:00:00	8:30:00
143	33/4 ม.5	จตุรัส	1	3	6.990873	100.37553	6:00:00	8:30:00
150	112/1 ม.5	ท่าข้าม	1	3	7.0635145	100.5671485	6:00:00	8:30:00
162	128 ม.3	ทุ่งตำเสา	1	3	6.980998	100.338657	6:00:00	8:30:00
176	12 ม.4	ทุ่งใหญ่	1	3	6.996148	100.509571	6:00:00	8:30:00
187	16 ม.9	น้ำน้อย	1	3	7.083494	100.480848	6:00:00	8:30:00
215	60/1 ถ.ชุมแสง	บ้านพรุ	2	3	6.955088	100.474199	6:00:00	8:30:00
222	15 ถ.กาญจนวนิช ม.8	พะตง	1	3	6.835462	100.45289	6:00:00	8:30:00

3.1.2. ข้อมูลของผู้ให้บริการ (Attributes for Depot) ประกอบด้วย

- (1) ชื่อ ที่อยู่ของโรงพยาบาล (Depot)
- (2) พิกัดละติจูด ลองจิจูด
- (3) กรอบเวลาในการเริ่มและสิ้นสุดของการให้บริการ (Time Start -Time End) ซึ่งรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3

รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลของผู้ให้บริการ (Attributes for Depot)

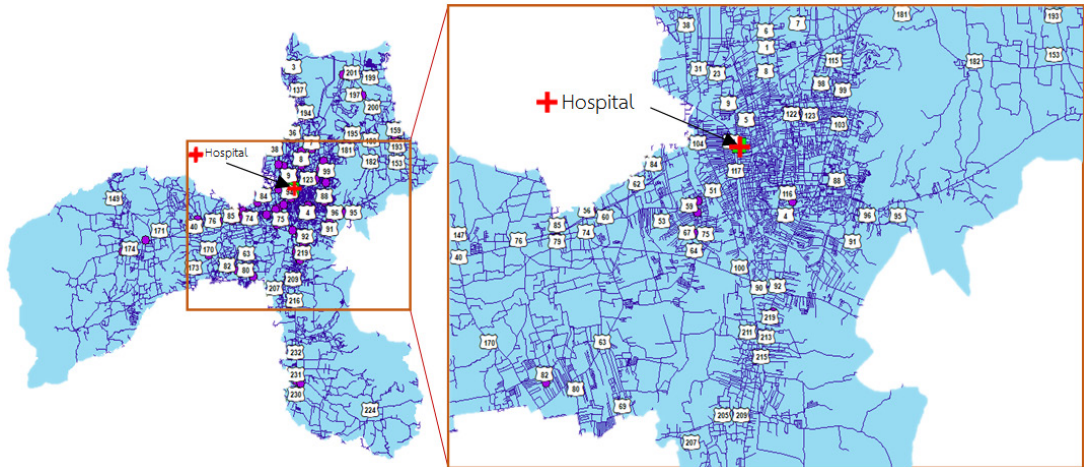
Object id	Name	Address	Latitude	Longitude	TimeStart1	TimeEnd1
1	Hatyai Hospital	182 Rattakarn Road Hatyai	7.0168275	100.4674387	6:00:00	16:00:00

3.1.3. ข้อมูลรถให้บริการ (Routes) ประกอบด้วย

- (1) ความจุของรถแต่ละคัน (Capacity)
- (2) จุดที่เริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการวิ่งรถ (Start-End Depot)
- (3) กรอบเวลาในการเริ่มและสิ้นสุดของการให้บริการ (Time Start-Time End Service Time)
- (4) เวลาที่รถสามารถออกก่อนเวลาหรือออกช้ากว่าเวลาที่กำหนดได้ (Earliest-Latest start)

3.1.4. ข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network) ประกอบด้วยเส้นสีน้ำเงิน คือ ข้อมูลเส้นทางหลวง ทางหลวงชนบท ทางชุมชน และเส้นทางอื่นๆ บนแผนที่ ป้ายสีขาวระบุตัวเลข คือ จุดที่ผู้ให้บริการแต่ละที่อยู่หลัง

จากทำการใส่ข้อมูลดังกล่าวในหน้าต่างของฐานข้อมูลและสัญลักษณ์สีแดงคือโรงพยาบาล แล้วโปรแกรมจะแสดงข้อมูลแต่ละจุดของผู้รับบริการในหน้าต่างแสดงผลดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ข้อมูลของประชากรผู้สูงอายุในอำเภอหาดใหญ่มารับบริการที่โรงพยาบาลยกตัวอย่างข้อมูลวันที่วันที่ 4 เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 (Demand Points) และข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network)

3.2 การวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลโครงข่ายถนน (Road Network) นำมาเชื่อมกับเลย์เออร์ของข้อมูลของประชากร (Demand Points) และข้อมูลของศูนย์บริการ (Depot) จากนั้นตั้งค่าการทำงานของโปรแกรมตามที่ผู้วิจัยได้วางแผนไว้ โดยใช้เกณฑ์ของลักษณะยานพาหนะดังนี้

Number of depots: 1, Number of customers: 232

Vehicle capacities: 13 seats/vehicles

Number of vehicles: 18 outsourcing NGV fuel vehicles

Fixed cost 200 bath/Round (C_f)

Distance cost 2.37 bath/km ($C_r + C_m$)

Earliest start and Latest start 6 a.m.,

จากนั้นทำการประมวลผลแล้วได้คำตอบของการจัดเส้นทางเดินรถโดยมีกรอบเวลา (VRP with Time Window) โดยใช้ข้อมูลของประชากรผู้สูงอายุในอำเภอหาดใหญ่มารับบริการที่โรงพยาบาลวันที่ วันที่ 4 เดือนเมษายน 2559 โดยเส้นสีแดงแสดงถึงเส้นทางที่ได้จัดเส้นทางตามที่กำหนดเงื่อนไขต่างๆ ข้างต้น ดังตารางที่ 4 และภาพที่ 6

ตารางที่ 4 แสดงเส้นทางของรถบริการแต่ละคันในการวิ่งรับผู้รับบริการประชากรผู้สูงอายุในอำเภอหาดใหญ่มารับบริการที่โรงพยาบาลวันที่ 4 เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ตามลำดับ

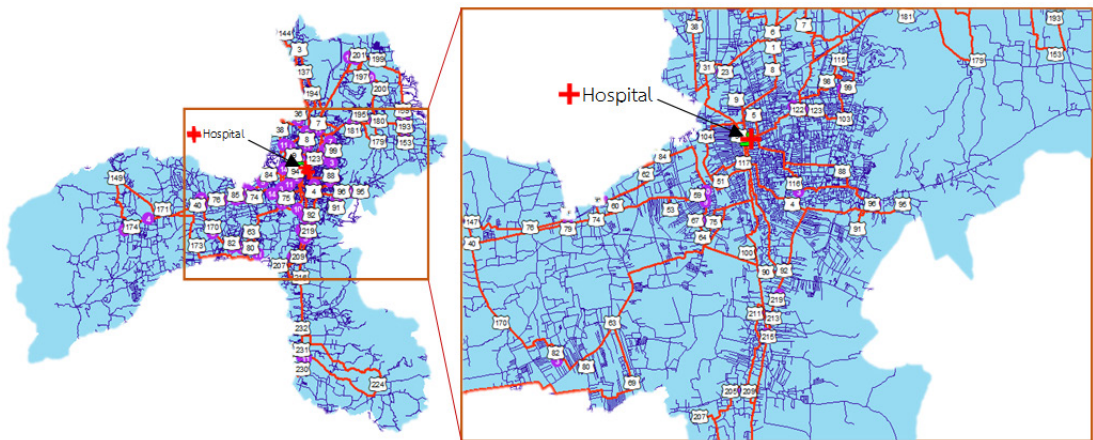
เส้นทางที่	ลำดับการรับผู้ให้บริการ	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	ต้นทุน (บาท)	จำนวนผู้โดยสาร
1	H-94-65-52-33-25-18-12-10-9-2-5-H	5.965	214.14	12
2	H-77-46-45-44-43-42-67-55-58-208-51-H	10.684	225.32	11
3	H-123-103-101-113-99-115-111-98-98-122-112-120-118-H	14.819	235.12	13
4	H-27-23-13-140-139-21-6-34-1-17-16-11-8-H	12.331	229.22	13
5	H-116-106-175-96-93-125-119-114-108-10-5102-88-86-H	13.634	232.31	13



ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงเส้นทางของรถบริการแต่ละคันในการวิ่งรับผู้รับบริการประชากรผู้สูงอายุในอำเภอหาดใหญ่มารับบริการที่โรงพยาบาลวันที่ 4 เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ตามลำดับ

เส้นทางที่	ลำดับการรับผู้รับบริการ	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	ต้นทุน (บาท)	จำนวนผู้โดยสาร
6	H-22-20-19-15-14-7-36-38-37-31-30-29-28-H	21.857	251.80	13
7	H-92-89-107-90-87-83-77-66-100-64-49-48-47-H	15.152	235.91	13
8	H-71-84-81-78-72-57-50-62-56-74-61-60-53-H	19.1	245.27	13
9	H-214-215-213-219-212-2218-217-210-206-202-127-121-110-H	17.213	240.79	13
10	H-188-187-186-184-141-138-136-134-177-35-32-26-24-H	26.856	263.65	13
11	H-211-205-204-207-203-216-209-126-91-95-124-176- 4-H	39.298	293.14	13
12	H-144-130-129-3-196-135-133-137-132-131-194-192-128-H	34.17	280.98	13
13	H-181-178-189-190-195-179-180-200-197-198-201-183-185-H	41.906	299.32	13
14	H-80-39-82-170-143-147-54-76-73-85-79-70-68-H	34.364	281.44	13
15	H-169-163-167-171-162-161-173-172-168-69-63-41-H	53.172	326.02	12
16	H-153-152-151-193-191-158-159-157-156-155-154-150-199-H	42.299	300.25	13
17	H-228-223-231-221-226-227-222-230-225-229-224-232-220-H	66.783	358.28	13
18	H-117-59-40-149-148-146-145-142-166-164-160-174-104-H	53.013	325.64	13

จากตารางที่ 4 ข้างต้นแสดงถึงเส้นทางการเดินทางจากจุดที่ H นั้น คือ โรงพยาบาล ไปยังจุดต่างๆ ซึ่งหมายถึงตำแหน่งของผู้รับบริการแต่ละคนแล้วกลับมายังจุดที่ H โรงพยาบาลอีกครั้งผลรวมระยะทางของข้อมูลวันที่ 4 เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ได้ 522.62 กิโลเมตร ต้นทุน 4,838.60 บาท



ภาพที่ 6 ผลคำตอบของการจัดเส้นทางเดินรถโดยมีกรอบเวลา (VRPTW) ของประชากรผู้สูงอายุในอำเภอหาดใหญ่มารับบริการที่โรงพยาบาลวันที่ 4 เดือนเมษายน พ.ศ. 2559

4. วิเคราะห์และประเมินสภาพของการเดินทางในปัจจุบัน ประกอบด้วย (1) การเข้าถึงรถบริการสาธารณะในปัจจุบัน รูปแบบการมาโรงพยาบาลในปัจจุบัน (2) ระยะทางรวมต่อปี (3) ต้นทุนการขนส่งต่อปีคำนวณจากสมการที่ 10 จากนั้นเปรียบเทียบรูปแบบการเดินทางในปัจจุบันกับรูปแบบการเดินทางที่นำเสนอ โดยพิจารณาทางเลือกในการให้บริการ โดยการสร้างรูปแบบ (Model) ในการขนส่งที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแบบการจัดเส้นทางเดินรถโดยมีกรอบเวลา (VRP with Time Window) โดยมีตัววัดคือ ระยะทางรวม (Total Distance) และต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost) โดยต้นทุนในงานวิจัยนี้จะคิดทั้งค่าเชื้อเพลิงและค่าบำรุงรักษาได้ดังนี้

4.1 การคำนวณต้นทุนการขนส่งของสภาพปัจจุบัน

$$\text{Transportation Cost} = [(C_g + C_m) \times d] \quad (10)$$

เมื่อ C_g = ค่าเชื้อเพลิงเบนซิน (บาทต่อกิโลเมตร)
 C_m = ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อกิโลเมตร)
 d = ระยะทาง (กิโลเมตร)

ในการคำนวณคิดจากค่าเชื้อเพลิงเบนซิน (C_g) ที่อัตรา 4.14 บาทต่อกิโลเมตร (คำนวณจากราคาน้ำมันเบนซิน 29 บาท/ลิตรและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันของรถตู้ 7 กม./ลิตร) ค่าบำรุงรักษา (C_m) ประกอบด้วยค่าสารหล่อลื่น TOYOTA 5w-40 SN 4L ราคา 1,902 บาทต่อ 4 ลิตร ทำการเปลี่ยนครั้งละ 4 ลิตรทุกๆ 10,000 กิโลเมตร คิดเป็น 0.19 บาทต่อกิโลเมตร และค่ายางรถยนต์ YOKOHAMA Decibel E70 ราคา 3,200 บาทต่อเส้น มีอายุการใช้งาน 40,000 กิโลเมตรต่อ 4 เส้น ต้นทุนราคายางรวม 0.32 บาทต่อกิโลเมตร ต้นทุนรวม ($C_g + C_m$) 4.65 บาทต่อกิโลเมตร โดยค่าแรงจะไม่คิดเพราะเป็นคนที่มารับ-ส่งนั้นถือเป็นบุคคลในครอบครัวหรือญาติ เป็นมูลค่าที่ไม่สามารถประเมินได้ โดยระยะทางรวมเฉลี่ยจากการเดินทางแบบต่างคนต่างมาได้ โดยใช้จุดศูนย์กลางของตำบลนั้นๆ แล้วนำมาคูณกับความถี่ของแต่ละตำบลได้ 2,619,334.80 กม./ปี

$$\text{Transportation Cost} = [(4.14 + 0.19) \times 2,619,334.80]$$

$$\text{Transportation Cost} = 12,179,906.82 \text{ บาทต่อปี}$$

จากการทดลองแล้วเมื่อคำนวณรวมของระยะทางต่อปีจะได้ 657,000 กม./ปี และผลการคำนวณต้นทุนการขนส่งจากรูปแบบการเดินทางที่นำเสนอดังสมการที่ (11) ดังนี้

4.2 การคำนวณต้นทุนการขนส่งของ HHTP

$$\text{Transportation Cost} = [(C_g + C_m) \times d] + (C_f \times R) \quad (11)$$

เมื่อ C_g = ค่าเชื้อเพลิงเบนซิน (บาทต่อกิโลเมตร)
 C_m = ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อกิโลเมตร)
 d = ระยะทาง (กิโลเมตร)
 C_f = ค่าแรงพนักงานขับรถ (บาทต่อรอบ)
 R = จำนวนเที่ยว (รอบ)

ในการคำนวณคิดจากค่าเชื้อเพลิง NGV ที่อัตรา 1.86 บาทต่อกิโลเมตร (คำนวณจากราคา NGV 13 บาท/ลิตรและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันของรถตู้ 7 กิโลเมตร/ลิตร) ค่าบำรุงรักษา (C_m) ประกอบด้วยค่าสารหล่อลื่น TOYOTA 5w-40 SN 4L ราคา 1,902 บาทต่อ 4 ลิตร ทำการเปลี่ยนครั้งละ 4 ลิตรทุกๆ 10,000 กิโลเมตร คิดเป็น 0.19 บาทต่อกิโลเมตร และค่ายางรถยนต์ YOKOHAMA Decibel E70 ราคา 3,200 บาทต่อเส้น มีอายุการใช้งาน 40,000 กิโลเมตรต่อ 4 เส้น คิดเป็น 0.32 บาทต่อกิโลเมตร ต้นทุนรวม ($C_g + C_m$) 2.37 บาทต่อกิโลเมตร ค่าแรงพนักงานขับรถ (C_f) 200 บาทต่อรอบ



$$\text{Transportation Cost} = [(1.86 + 0.32 + 0.19) \times 657,000] + [200 \times 36 \times 365]$$

$$\text{Transportation Cost} = 4,185,090.00 \text{ บาทต่อปี}$$

หากคิดเป็นค่าโดยสารเฉลี่ยเป็นรายคนไป-กลับ โดยการนำต้นทุนการขนส่งหารด้วยความถี่ต่อปี 155,911 ครั้งต่อปี แล้วจะเท่ากับ 26 บาทต่อคนต่อรอบ และเทียบกับค่าใช้จ่ายในการเดินทางของสภาพปัจจุบัน เฉลี่ยตามอัตราค่าโดยสารรถขนส่งสาธารณะและค่าน้ำมันรถส่วนตัวสำหรับผู้ที่ใช้รถมาโรงพยาบาลเองโดยเฉลี่ยค่าใช้จ่ายขาไปและขากลับ โดยการคำนวณจากต้นทุนการขนส่งหารด้วยความถี่ (155,911 ครั้งต่อปี) เป็นจำนวนทั้งหมด 12,179,906 บาทต่อปี เฉลี่ยคนละ 78 บาทต่อครั้ง ประหยัดต้นทุนการขนส่งโดยรวมลดลงเหลือ 4,185,090 บาทต่อปี หรือลดลงร้อยละ 65.64 สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลเฉลี่ยของจำนวนผู้มารับบริการในรอบหนึ่งปี แล้วนำมาคิดแบบรายวันเพื่อทำการวางแผนการขนส่งนี้ซึ่งจำนวนเฉลี่ยของผู้มารับบริการต่อวันประมาณ 450 คน

4.3 การเปรียบเทียบรูปแบบการเดินทางชนิดต่างๆ ที่ให้บริการอยู่

ผู้วิจัยได้รวบรวมรูปแบบการเดินทางในปัจจุบันเพื่อเปรียบเทียบกับนำเสนอรูปแบบการให้บริการสำหรับผู้สูงอายุ โดยจะเรียกว่าการวางแผนการขนส่งจากบ้านไปยังโรงพยาบาล (HHTP) ให้เห็นได้ชัดขึ้นโดยมีเกณฑ์ต่างๆ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการขนส่งสาธารณะต่างๆ ในอำเภอหาดใหญ่ และ HHTP

	ตุ๊กตุ๊ก	สองแถว	รถตู้	แท็กซี่	HHTP
ตารางเวลาเดินรถ	ไม่มี	ไม่แน่นอน	มีแต่ขึ้นกับจำนวนผู้โดยสาร	ไม่มี	มีตารางเวลาที่แน่นอน
การเข้าถึง	เฉพาะไม่กี่เทศบาล หาดใหญ่	เฉพาะเส้นทาง สายหลัก	เฉพาะเส้นทางที่กรมการขนส่ง ทางบกกำหนด	ง่าย	ง่ายมาก
ราคา	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	สูงมาก	ปานกลาง
Door to Door Service	✗	✗	✗	✓	✓

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบันจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน เช่น ระยะทางที่ได้ของ HHTP เมื่อเทียบกับสภาพปัจจุบันลดลงถึงร้อยละ 65.64 ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อหาแนวทางการวางแผนการขนส่งสำหรับผู้สูงอายุและครอบคลุมให้มากที่สุดโดยระยะทางที่สั้นที่สุดและต้นทุนที่น้อยที่สุด เนื่องจากรูปแบบการเดินทางเปลี่ยนไปเป็นเดินทางร่วมกันในเส้นทางนั้นๆ ซึ่งแตกต่างจากสภาพการเดินทางมายังโรงพยาบาลแบบต่างคนต่างไปในปัจจุบันอย่างสิ้นเชิง ถือเป็นการนำเสนอรูปแบบใหม่ๆ และผลพลอยได้จากบริการดังกล่าวยังสอดคล้องกับนโยบายลดการใช้พลังงานของภาครัฐ รวมไปถึงสามารถลดปัญหาการจราจรติดขัดในบริเวณโรงพยาบาลอีกด้วยและลดต้นทุนการขนส่ง รวมไปถึงความสะดวกในการเข้าถึงบริการโดยการไปรับและส่งผู้รับบริการถึงหน้าบ้าน (Door to Door Service)

สรุป

จากผลการศึกษาการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีรอบเวลาสำหรับใช้ในการวางแผนการให้บริการขนส่งสำหรับผู้สูงอายุ กรณีศึกษาอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สามารถสรุปได้ว่าสภาพการเดินทางในปัจจุบันของผู้สูงอายุจะเดินทางมายังโรงพยาบาลเองหรือกับบุคคลในครอบครัวโดยเฉลี่ย 450 คนต่อวัน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง จากนั้นผู้วิจัยจึง

นำเสนอรูปแบบการเดินทางแบบใหม่ที่เรียกว่า HHTP โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีกรอบเวลา (VRPTW) และใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (ArcGIS 10.2) เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถลดระยะทางจาก 2,619,334.80 กม./ปี เป็น 657,000 กม./ปี และสามารถลดต้นทุนการขนส่งจาก 12,187,914.50 บาทต่อปี เป็น 4,072,756.14 บาทต่อปี หรือลดลงร้อยละ 65.64 โดย HHTP จะมาแทนที่สภาพการเดินทางในปัจจุบันเพื่อให้การเดินทางของผู้สูงอายุมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นเพราะ HHTP เป็นบริการแบบประตูถึงประตู (Door to Door Service)

ข้อเสนอแนะ

การนำวิจัยใช้ประโยชน์

1. นำเสนอเป็นการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานโดยหน่วยงานภาครัฐ เช่น องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เช่น อบต. อบจ. หรือสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด เป็นต้น
2. ประชาสัมพันธ์ให้บริษัทเอกชนที่สนใจพิจารณาลงทุน
3. นำเสนอให้กับชมรมผู้สูงอายุเพื่อพิจารณาการเดินทางไปโรงพยาบาลแบบทางเดียวกันไปด้วยกัน (Carpooling)
4. เชิญชวนพนักงานขับรถตู้ ที่ บขส หาดใหญ่ที่ว่างจากการเดินทาง เพื่อมารวมกลุ่มกันเพื่อให้บริการ อีกทั้งยังเป็น การหารายได้เสริมอีกด้วย

การศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

1. งานวิจัยนี้ใช้วิธีการจัดเส้นทางโดยใช้อัลกอริทึม VRPTW หากงานวิจัยในครั้งต่อไปนำเสนอให้มีการเปรียบเทียบโดยใช้อัลกอริทึมอื่นๆ เช่น Dial-a-Ride Problem หรือ Pickup and Delivery Problem เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีข้างต้น
2. ควรคำนวณความคุ้มค่าในการลงทุนโดยใช้ NPV, IRR, PB MARR เป็นต้น เพื่อให้องค์กรภาครัฐหรือเอกชนที่สนใจนำไปใช้ประโยชน์สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่เขตเมืองหรือชนบทที่สนใจลงทุนกับรูปแบบการขนส่งที่ผู้วิจัยได้นำเสนอไว้
3. ในงานวิจัยนี้เสนอจำนวนบรรด 13 ที่นั่ง รวมคนขับ 1 คน หากมีบางกรณีที่ผู้สูงอายุต้องการคนติดตามมาโรงพยาบาลด้วยหรือจำเป็นที่จะต้องมีคนดูแลอยู่บนรถด้วยควรปรับปรุงปัญหาให้สอดคล้องกับกรณีข้างต้นเพื่อเวลานำไปใช้จริงจะได้ผลที่เป็นที่ประทับใจสำหรับลูกค้ากลุ่มที่กำลังมาข้างต้นมากขึ้น

รายการอ้างอิง (References)

- Belfiore, P., & Yoshizaka, H. (2009). Scatter search for a real-life heterogeneous fleet vehicle routing problem with time windows and split deliveries in Brazil. *European Journal of Operation research*, 750-758.
- Chaiwuttisak, P., Sukka, K., Sawasdee, C., Daengsai, W., Buathong, S., & Warachan, B. (2018). Vehicle Routing Problem for Construction Materials. *The Journal of KMUTNB*, 28(2), 427-438.
- Chanasit, C., & Yaovasuwanchai, S. (2013). Development on Vehicle Routing Problem: A Case Study of a Transportation Service Provider. *WMS Journal of Management*, 2(1), 55-69.
- Dantzing, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Ketsarapong, P., & Choo-ngern, A. (2015). Transportations management of SME food processing. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 39-55.



- Klinplub, N., & Yaovasuwanhai, S. (2017). Mathematical Modeling of Vehicle Routes with Unlimited Capacity: A Case Study of a Frozen Food Transporter. *Thai Journal of Operations Research*, 12-25.
- Letchford, A. N. (1996). Allocation of School Bus Contracts by Integer Programming. *The Journal of the Operational Research Society*, 47(3), 369-372.
- Nasser, E.-S. A. (2010). Vehicle routing with time windows: An overview of exact, heuristic and metaheuristic methods. *Journal of King Saud University (Science)*, 22, 123-131.
- National Statistical Office. (2016). Retrieved 2017, from http://service.nso.go.th/nso/web/survey/survey_pop.html
- Sealee, P., Wijitpongsa, W., & Puangyam, H. (2017). The Case Study of "Ratsamee 2015 Limited Partnership": A Vehicle Routing Problem Solved using Linear Programming. *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, 10(1), 48-59.
- Sodsoon, S., Kornvirat, S., & Sodsoon, N. (2014). Simulated annealing (SA) to vehicle routing problems with soft time windows. *KKU Engineering Journal*, 41(4), 449-461.
- Solomon, M. M. (1983). Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints. *The Journal of the Operational Research Society*, 35(2), 254-265.
- Suen, S. L., & Sen, L. (1999). Mobility Options for Seniors. *Transportation in Aging Society: A Decade of Experience*, (97-113). Bethesda, Maryland.
- Supakdee, K., Nanthasamroeng, N., & Pitakaso, R. (2015). Solving a Vehicle Routing Problem for Medical Equipment Maintenance by Saving Algorithms : A Case Study of Ubon Ratchathani Provincial Health Office. *Princess of Naradhiwas University journal*, 23-35.
- Warahat, J. (2015). *Excellence center of elderly*. (Boromarajonani College of Nursing, Songkhla). Retrieved April 22, 2017, from <http://www.bcnsk.ac.th/elderly/>