



การประยุกต์ใช้ ChatGPT และ Google Colab สร้างอัลกอริทึม คำนวณการจัดกลุ่ม และจัดลำดับเส้นทางตรวจสอบสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน: กรณีศึกษาของสำนักงาน สาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี

ณัฐกานต์ อีระทานันท์¹, พีรยศ ภมรศิลปธรรม^{2*}

¹ กลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภคและเภสัชสาธารณสุข สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี ปทุมธานี

² สาขาวิชาชีวการแพทย์และสารสนเทศศาสตร์ทางสุขภาพ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม

* ติดต่อผู้พิมพ์: pamonsinlapa_p@su.ac.th

บทคัดย่อ

การตรวจประเมินสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน (ขย.1) เป็นภารกิจในการกำกับดูแลคุณภาพและมาตรฐานของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด การวางแผนเส้นทางในปัจจุบันใช้ผู้ที่มีประสบการณ์หรือชำนาญเส้นทางเป็นหลัก การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเป็นความท้าทายอย่างหนึ่ง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการโดยสร้างอัลกอริทึมด้วย ChatGPT และคำนวณผ่าน Google Colab เพื่อจัดกลุ่ม และจัดลำดับเส้นทาง เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวางแผนเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีอยู่ในปัจจุบัน กับอัลกอริทึมทางคอมพิวเตอร์ที่มี 3 แบบ นำไปคำนวณระยะทางใน Google map เพื่อศึกษาระยะทางและระยะเวลาที่ใช้เดินทางสำหรับการตรวจสอบสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน งานวิจัยนี้เป็นการประเมินผลเชิงพัฒนา โดยนำเข้าสู่ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานที่ขายยาแผนปัจจุบันและคำนวณด้วยอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ เปรียบเทียบการจัดเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการศึกษา พบว่าวิธีการจัดเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญ จากจำนวน 145 แห่ง จัดกลุ่มได้ 41 กลุ่ม ใช้ระยะทางรวมทั้งหมด 2,755.01 กิโลเมตร ใช้เวลารวม 4,962.00 นาที หรือคิดเป็น 82.7 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการใช้อัลกอริทึมจัดกลุ่มใหม่ พบว่าอัลกอริทึม 3 แบบจัดกลุ่มได้ 21 กลุ่ม มีระยะทางรวม 1,313 กิโลเมตร 1,340 กิโลเมตร และ 1,359 กิโลเมตร ตามลำดับ และใช้ระยะเวลาลดลง คิดเป็นระยะทางและระยะเวลาที่ลดลง ร้อยละ 50 และในกรณีการจัดลำดับเส้นทางจากผู้เชี่ยวชาญ 41 กลุ่มเท่ากันและใช้อัลกอริทึม 3 แบบ พบว่ามีการจัดลำดับเส้นทางที่แตกต่างกัน และให้ผลลัพธ์ระยะทางรวมและระยะเวลารวมไม่แตกต่างกัน การพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้และนำมาทดสอบ 3 แบบ สามารถใช้จัดกลุ่มหรือใช้หาเส้นทางลำดับการเดินทางเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมได้ นำมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการวางแผนเส้นทางตรวจสอบประเมินสถานที่ขายยาแผนปัจจุบันหรือการตรวจประเมินในลักษณะอื่นในอนาคต และอาจประยุกต์ใช้สำหรับการวางแผนในหลายพื้นที่ในระดับภาค เขต หรือประเทศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: Google colab, ChatGPT, การวางแผนเส้นทาง, อัลกอริทึม, สถานที่

รับต้นฉบับ: 14 พฤศจิกายน 2567; แก้ไข: 10 มกราคม 2568; ตอรับตีพิมพ์: 13 มกราคม 2568

APPLICATION OF CHATGPT AND GOOGLE COLAB TO CREATE AN ALGORITHM FOR GROUPING AND ROUTING OPTIMIZATION FOR DRUGSTORE INSPECTION: A CASE STUDY OF THE PATHUM THANI PROVINCIAL PUBLIC HEALTH OFFICE

Nuttakan Teeratanun¹, Perayot Pamonsinlapatham^{2,*}

¹ Consumer Protection and Public Health Pharmacy Division, Provincial Public Health Office, Pathum Thani, Pathum Thani

² Department of Biomedical and Health Informatics, Faculty of Pharmacy, Silpakorn University, Sanam Chandra Palace Campus, Nakhonpathom

* Corresponding author: pamonsinlapa_p@su.ac.th

ABSTRACT

Evaluation of drugstore inspections is a task under the supervision of the Provincial Health Office to ensure the quality and standards of pharmaceutical services. The current route planning initially relies on experienced personnel familiar with the area. Therefore, improving or enhancing the efficiency of this process is a significant challenge. This study aimed to develop a method by creating an algorithm using ChatGPT and calculating it through Google Colab to perform clustering and route optimization. The performance of the current expert route planning method was compared with 3 computer-based algorithms. Once the routes were optimized, they were calculated through Google Maps to study the distance and travel time required to visit all locations. This research is a developmental evaluation, using geographic coordinates of the current drugstores and computing them with 3 algorithms, comparing them to expert route planning. The study found that the expert method, which clustered 145 drugstores into 41 groups, resulted in a total distance of 2,755.01 km and a total time of 4,962 minutes. When comparing this with the three algorithms, they produced 21 clusters with distances of 1,313 km, 1,340 km, and 1,359 km, respectively, with reduced travel times. This led to a reduction of 50% in both distance and time. For the case of route sequencing with experts in 41 groups, using the three algorithms yielded different results within each cluster, but the total distance and time remained relatively consistent. The development and testing of the three algorithms can be used for clustering or finding travel sequences, offering a potential future tool to enhance the efficiency of route planning for the inspection of drugstore locations or other similar evaluations. It may be applied for planning in many regional, district, or country-level areas, making work more efficient.

Keywords: Google colab, ChatGPT, route planning, algorithm, locations

Received: 14 November 2024; Revised: 10 January 2025; Accepted: 13 January 2025

บทนำ

ปัจจุบันสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน (ขย.1) หรือที่ประชาชนเรียกว่า “ร้านขายยา” มีแนวโน้มการขยายจำนวนและกระจายตัวเพิ่มขึ้นทั่วประเทศไทย เนื่องจากเป็นสถานประกอบการด้านสุขภาพแล้ว สถานที่ขายยาแผนปัจจุบันทำหน้าที่เป็นหน่วยบริการที่ให้ความรู้ด้านสุขภาพที่สำคัญกับประชาชนและตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ชุมชนที่ใกล้กับประชาชน นอกจากนี้ยังเป็นส่วนหนึ่งของระบบสุขภาพในการให้บริการรูปแบบใหม่ ๆ เช่น บริการเภสัชกรรมปฐมภูมิของประเทศไทย เพื่อให้ประชาชนได้รับบริการที่มีคุณภาพตามมาตรฐานวิชาชีพเภสัชกรรม ในกฎกระทรวงสาธารณสุข การขออนุญาตและการออกใบอนุญาตขายยาแผนปัจจุบัน พ.ศ. 2556 และเริ่มมีผลบังคับใช้ในปี 2557 สถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน (ขย.1) ทุกแห่งต้องตรวจประเมินตามวิธีปฏิบัติทางเภสัชกรรมชุมชน (Good Pharmacy Practice: GPP) โดยต้องได้รับการตรวจประเมินซ้ำทุก 2 ปีเพื่อต่ออายุใบอนุญาตการดำเนินการ^{1,2}

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี เป็นหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบการตรวจประเมินสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน (ขย.1) ในพื้นที่ มีจำนวนทั้งหมด 639 แห่ง มีภาระงานตรวจประเมิน 476 แห่ง สสจ.ปทุมธานี รับผิดชอบโดยตรง 145 แห่ง (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2565) โดยกระบวนการตรวจประเมินในปัจจุบันประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) การปักหมุดระบุตำแหน่งสถานที่บนระบบระบุพิกัดภูมิศาสตร์ (global positioning system: GPS) (2) การรวบรวมข้อมูลสถานที่ใส่ในระบบฐานข้อมูล (3) การจัดกลุ่มพื้นที่บริการ (service zoning) (4) การจัดลำดับสถานที่ที่ออกตรวจ และ (5) การดำเนินการออกตรวจสถานที่ที่ขออนุญาต

ในการปฏิบัติงานปัจจุบัน การจัดลำดับสถานที่ตรวจในขั้นตอนที่ 3 และ 4 ใช้ผู้เชี่ยวชาญในการดำเนินการ (รูปที่ 1) ทำให้เป็นจุดคอขวดและต้องใช้ประสบการณ์ส่วนบุคคลเป็นหลัก ประกอบกับยังไม่มีแนวปฏิบัติที่ชัดเจนด้วยการคำนวณหาลำดับสถานที่ให้ระยะทางโดยรวมสั้น

ที่สุดมีความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงอนุมานและใช้ประสบการณ์ส่วนบุคคล อาจเกิดความเสี่ยงด้านการปฏิบัติการที่ใช้เวลาในการทำงานมาก และการหาบุคลากรทดแทนในกรณีที่เกษียณอายุหรือมีการกิจจำเป็นอื่น ๆ ในการศึกษาครั้งนี้ มุ่งเน้นเรื่องการพัฒนาการดำเนินการโดยประยุกต์ใช้อัลกอริทึมทางคอมพิวเตอร์เปรียบเทียบผลกับการจัดเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญดำเนินการ ภายใต้เงื่อนไขการปฏิบัติงานปกติ ได้แก่ ช่วงเวลาเปิด-ปิดของสถานประกอบการ การขอใช้รถเดินทางของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด การออกตรวจโดยบุคลากรในสำนักงานสาธารณสุขวันละ 1 คน และระยะเวลาที่ใช้ในการออกตรวจช่วง 8.30-16.30 น. รวมไม่เกิน 8 ชั่วโมงทำงาน

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางที่สั้นที่สุด มีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกรณีปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะหลายคัน (Vehicle Routing Problem: VRP)³ และกรณีมีพาหนะ 1 คันอาจจะเรียกว่าปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP)⁴ ที่มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมหลายอย่างในการแก้ไขปัญหา ในปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีผ่านการประมวลผลคลาวด์ (Cloud computing) อาทิ Google Colab หรือ Google Colaboratory เป็นบริการ Software as a Service (SaaS) บนระบบคลาวด์จาก Google ทำให้ไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์⁵ ทำงานร่วมกับชุดคำสั่งภาษาต่าง ๆ ใน Google OR-Tools หรือ Operations Research Tools เป็นโปรแกรม open-source software ออกแบบโดยบริษัท Google ในศึกษานี้ใช้ภาษาไพทอน⁶ ที่มีการรวบรวมอัลกอริทึมในรูปแบบโอเพนซอร์ส ทำงานร่วมกับการใช้ ChatGPT และ Google Colab เพื่อพัฒนาการคำนวณและใช้อัลกอริทึมที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ เปิดโอกาสให้พัฒนาต่อยอดและนำมาใช้ได้เหมาะสมกับกรณีต่าง ๆ

การวางแผนเส้นทางการตรวจประเมินสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน ภายใต้บริบทการทำงานของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ผู้วิจัยพัฒนาการจัดลำดับโดยพิจารณาเลือกอัลกอริทึมที่มีการนำมาใช้ทดสอบ 3 แบบ ที่มีในชุดคำสั่งของ Google OR-Tools ได้แก่ อัลกอริทึมแบบประหยัด (saving algorithm)⁷ อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด (PATH_CHEAPEST_ARC algorithm)⁸ และอัลกอริทึมคริสโตไฟด์ (Christofides algorithm)^{9,10} มาประยุกต์ใช้ ผ่านชุดคำสั่งที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และนำไปทำงานบนแพลตฟอร์ม Google Colab โดยใช้ข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS) ของสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการจัดลำดับเส้นทางระหว่างการใช้ อัลกอริทึมทั้ง 3 แบบกับผู้เชี่ยวชาญร่วมกันนำผลที่ได้ไปคำนวณหาระยะทาง และระยะเวลาใน Google Maps¹¹ เพื่อแก้ปัญหาเส้นทางมีความแตกต่างหรือไม่ นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการทำงานสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลดิจิทัล และส่งเสริมให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพได้ เกิดการพัฒนากระบวนการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

วิธีการศึกษา

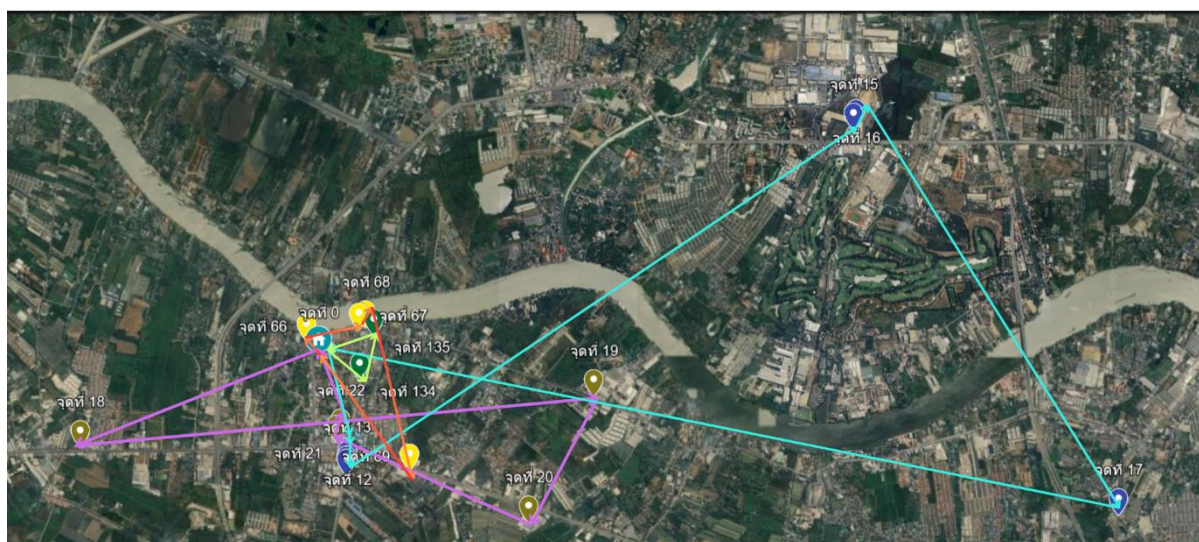
การประเมินผลเชิงพัฒนา (developmental evaluation) เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของการตรวจประเมินสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน (ขย.1) ในพื้นที่ครอบคลุมทั้ง 7 อำเภอจังหวัดปทุมธานี และระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่กรกฎาคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 จากการจัดกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 41 กลุ่ม สถานที่ขายยาแผนปัจจุบันรวม 145 แห่ง ภายใต้การดำเนินงานของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี แบ่งได้ดังนี้

1) การระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS)

ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) ของสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน ได้จากฐานข้อมูลของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด โดยส่งออก (export) ข้อมูลดังกล่าว ในรูปแบบนามสกุลซีเอสวี (*.csv file) นำมาใช้ในการนำเข้าคำนวณในชุดคำสั่งที่ได้พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยชื่อสถานที่ (รหัสแทน) และค่าละติจูดและค่าลองจิจูด

2) การสร้างโปรแกรมการคำนวณอัลกอริทึมจาก ChatGPT

ผู้วิจัยใช้ ChatGPT เพื่อช่วยเขียนคำสั่งหรือโค้ดสำหรับการคำนวณ โดยการเข้าใช้และเขียนคำถาม หรือ



รูปที่ 1 ตัวอย่างการจัดกลุ่มพื้นที่บริการ ตามพื้นที่สถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน (ขย.1) ของจังหวัดปทุมธานี อาจจะแบ่งเส้นทางการออกตรวจร้านได้หลายเส้นทาง (ตามสีเส้นทาง)

Prompt: เริ่มต้น คือ “เขียนโค้ดเพื่อทำงาน ใน Google Colab ให้จัดกลุ่มเส้นทางที่มีจำนวน มากกว่า 40 สถานที่ เพื่อจัดเส้นทางที่ควรจะต้องเดินทางสั้นที่สุด โดยอัลโบลัด GPS ของสถานที่เหล่านั้น และให้จัดกลุ่มการเดินทางภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน” ทำการสอบถามโดยให้ ChatGPT ปรับปรุงชุดคำสั่ง “เพิ่ม code โดยให้กำหนดการเดินทางไม่ควรเกิน 6 สถานที่ต่อ 1 วัน ให้เป็นตัวแปร จำนวนพาหนะ จำนวนจุดที่แวะ และความเร็วรถที่กำหนด และให้การคำนวณเร็วขึ้น” และนำโค้ดที่ได้ไปทดสอบและสั่งให้ทำงาน (run) บน Google Colab และปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของโค้ดดังกล่าวเพื่อให้สามารถทำงานได้ถูกต้องและตรงตามวัตถุประสงค์ และปรับเปลี่ยนเพื่อให้ชุดคำสั่งดึงอัลกอริทึมแบบประหยัด อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด และอัลกอริทึมคริสต์ไฟต์ โดยนำชุดคำสั่งจาก Google OR-Tools โดยพิจารณาเป้าหมาย คือ การจัดกลุ่มและระยะทางที่สั้นลงจากแนวทางเดิมของผู้เชี่ยวชาญ อัลกอริทึมแบบประหยัด มุ่งเน้นการรวมเส้นทางที่ทับซ้อนกันเพื่อประหยัดระยะทาง เหมาะสมในกรณีที่ต้องการปรับเปลี่ยนหรือจัดกลุ่มใหม่ได้ง่าย อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด ใช้หลักการเลือกจุดที่ถูกที่สุดในแต่ละขั้นตอน อาจจะใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุด อัลกอริทึมคริสต์ไฟต์ ออกแบบมาเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุด ไม่สร้างความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์มากเกินไป Google OR-Tools ใช้ภาษาไพทอน โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม ทำงานบนระบบคลาวด์ ผ่านแพลตฟอร์มสำหรับการเขียนและทำให้โค้ดทำงานบน Google Colab ได้ และแสดงผลลัพธ์หลังจากทำงานเสร็จสิ้น (รูปที่ 3)

3) การคำนวณโดยใช้งานผ่าน Google Colab

ผู้วิจัยสมัครใช้งานผลิตภัณฑ์ของกูเกิล (Google application) เมื่อมีบัญชีผู้ใช้งานแล้ว สามารถเข้าใช้งาน Google Colab ผ่านระบบคลาวด์ที่ <https://colab.google/>

ทำการลงชื่อเข้าใช้งาน (sign up) มีเงื่อนไขการใช้งานตามข้อตกลงของผลิตภัณฑ์ และเรียกใช้งานคำสั่งที่ได้พัฒนาขึ้น (รูปที่ 2) นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้อัลกอริทึมแบบประหยัด อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด และอัลกอริทึมคริสต์ไฟต์ โดยนำชุดคำสั่งจาก Google OR-Tools โดยพิจารณาเป้าหมาย คือ การจัดกลุ่มและระยะทางที่สั้นลงจากแนวทางเดิมของผู้เชี่ยวชาญ อัลกอริทึมแบบประหยัด มุ่งเน้นการรวมเส้นทางที่ทับซ้อนกันเพื่อประหยัดระยะทาง เหมาะสมในกรณีที่ต้องการปรับเปลี่ยนหรือจัดกลุ่มใหม่ได้ง่าย อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด ใช้หลักการเลือกจุดที่ถูกที่สุดในแต่ละขั้นตอน อาจจะใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุด อัลกอริทึมคริสต์ไฟต์ ออกแบบมาเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมที่สุด ไม่สร้างความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์มากเกินไป Google OR-Tools ใช้ภาษาไพทอน โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม ทำงานบนระบบคลาวด์ ผ่านแพลตฟอร์มสำหรับการเขียนและทำให้โค้ดทำงานบน Google Colab ได้ และแสดงผลลัพธ์หลังจากทำงานเสร็จสิ้น (รูปที่ 3)

```
!pip install ortools geopy pandas

import pandas as pd
import numpy as np
from geopy.distance import geodesic
from ortools.constraint_solver import routing_enums_pb2
from ortools.constraint_solver import pywrapcp

# ดึงข้อมูลไฟล์ CSV ของจุดพิกัดสถานที่ในพิกัดแผนที่: Name, Latitude, Longitude
from google.colab import files
uploaded = files.upload()

# โหลดข้อมูลจากไฟล์ CSV
df = pd.read_csv(list(uploaded.keys())[0])
locations = df[['Latitude', 'Longitude']].values

# ฟังก์ชันคำนวณระยะทางระหว่างสถานที่ (เก็บเป็นรูปแบบ distance matrix)
def calculate_distance_matrix(locations):
    distance_matrix = np.zeros((len(locations), len(locations)))
    for i in range(len(locations)):
        for j in range(i+1, len(locations)):
            distance = geodesic(locations[i], locations[j]).km
            distance_matrix[i][j] = distance
            distance_matrix[j][i] = distance
    return distance_matrix

# สร้างระยะทางเมทริกซ์
distance_matrix = calculate_distance_matrix(locations)

# ฟังก์ชันสำหรับ VRP
def create_data_model(distance_matrix, num_vehicles, max_time_per_day, max_stops_per_day):
    data = {}
    data['distance_matrix'] = distance_matrix
    data['num_vehicles'] = num_vehicles
    data['depot'] = 0 # จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด
    data['max_time_per_day'] = max_time_per_day * 60 # นาทีต่อวัน
    data['demands'] = [1] * len(locations)
```

รูปที่ 2 หน้าจอการทำงานของ Google Colab ในการนำคำสั่งที่พัฒนาเพื่อให้งานบนระบบคลาวด์


```

Accepting uninstall: absl-py
Found existing installation: absl-py 1.4.0
Uninstalling absl-py-1.4.0:
Successfully uninstalled absl-py-1.4.0
ERROR: pip's dependency resolver does not currently take into account all the packages that are installed. T
google-cloud-datastore 2.19.0 requires protobuf!=3.20.0,!>=3.20.1,!<4.21.0,!<4.21.1,!<4.21.2,!<4.21.3,!<4.21.4
google-cloud-firestore 2.16.1 requires protobuf!=3.20.0,!>=3.20.1,!<4.21.0,!<4.21.1,!<4.21.2,!<4.21.3,!<4.21.4
tensorboard 2.17.0 requires protobuf!=4.24.0,<5.0.0,>=3.19.6, but you have protobuf 5.26.1 which is incompat
tensorflow 2.17.0 requires protobuf!=4.21.0,!<4.21.1,!<4.21.2,!<4.21.3,!<4.21.4,!<4.21.5,<5.0.0dev,>=3.20.3,
tensorflow-metadata 1.16.1 requires protobuf<4.21,>=3.20.3; python_version < "3.11", but you have protobuf 5
Successfully installed absl-py-2.1.0 ortools-9.11.4210 protobuf-5.26.1
Choose Files Latitude_longitude.csv
• Latitude_longitude.csv(text/csv) - 3567 bytes, last modified: 10/19/2024 - 100% done
Saving Latitude_longitude.csv to Latitude_longitude.csv
Enter the number of vehicles: 30
Enter the maximum number of stops per day: 8
Enter the maximum hours of travel per day: 8
Enter the vehicle speed in km/h: 50

Day 1:
Total distance: 2.05 km
Total travel time: 2.46 minutes (approx.)
Number of stops: 5
0.0 (14.0, 175, 100.0, 15)
141.0 (14.0, 32, 100.0, 13)
69.0 (14.0, 1, 100.0, 13)
68.0 (14.0, 21, 100.0, 196)
67.0 (14.0, 9, 100.0, 2)
21.0 (14.0, 8, 100.0, 13)

Day 2:
Total distance: 5.03 km
Total travel time: 6.03 minutes (approx.)
Number of stops: 7
0.0 (14.0219375, 100.5344375)
140.0 (14.0, 34, 100.0, 1)
10.0 (14.0, 1, 100.0, 1)

```

รูปที่ 3 หน้าจอแสดงผลลัพธ์ของการทำงานบน Google Colab เมื่อชุดคำสั่งทำงานเรียบร้อยแล้ว

4) การหาระยะทางและระยะเวลาผ่าน Google map

นำการจัดกลุ่มที่ได้ และลำดับของสถานที่ต่าง ๆ โดยนำค่าพิกัด (ค่าละติจูดและลองจิจูด) ของสถานที่ขายยาที่จัดการโดยผู้เชี่ยวชาญ (ระบบเดิม) และที่ได้การจัดกลุ่มใหม่และลำดับใหม่จากการคำนวณผ่านอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ ไประบุใน Google Maps เพื่อเปรียบเทียบผลของการจัดลำดับเส้นทางด้วยอัลกอริทึมต่าง ๆ กับการจัดลำดับโดยผู้เชี่ยวชาญ บันทึกระยะเวลา และระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละเส้นทางของการเดินทาง อย่างไรก็ตามการคำนวณระยะเวลาและเวลาที่ได้อาจจะไม่ตรงกับเส้นทางที่มีอยู่ในปัจจุบันและเวลาเดินทางจริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บบันทึกสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยสถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายลักษณะของข้อมูล ระยะทางรวมและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ใช้การ

วิเคราะห์สถิติเชิงอนุมานเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางระหว่างรูปแบบผู้เชี่ยวชาญ กับอัลกอริทึม 3 แบบ ทั้งนี้โครงการวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (เลขที่ REC 66.0411-050-4007)

ผลการศึกษา

1) ข้อมูลพื้นฐานของสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน และกระบวนการปฏิบัติงาน

จากการทำงานตรวจประเมินสถานที่ขายยาแผนปัจจุบัน ในปัจจุบันที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก และในขั้นตอนที่ (2) การรวบรวมข้อมูลสถานที่ใส่ในระบบฐานข้อมูล (3) การจัดกลุ่มพื้นที่บริการ (service zoning) (4) การจัดลำดับสถานที่ออกตรวจ เป็นขั้นตอนที่เป็นการเตรียมการสำหรับออกตรวจ ใช้การปฏิบัติงานของ

ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 ท่าน มีภาระงานอื่น ๆ ในการปฏิบัติงานสำหรับงานคุ้มครองผู้บริโภค ทำให้การดำเนินการเป็นจุดคอขวดในการจัดกลุ่มพื้นที่ และการจัดลำดับสถานที่ออกตรวจ ด้วยพื้นที่ของจังหวัดปทุมธานี เป็นเขตปริมณฑล มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ทำให้มีชุมชน โรงเรียน ถนนที่มีการเพิ่มจำนวนขึ้น ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ผู้เชี่ยวชาญจัดกลุ่มพื้นที่บริการ แบ่งได้เป็น 41 กลุ่ม จาก 145 สถานที่ (ตารางที่ 1)

2) ผลลัพธ์การจัดกลุ่มเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญและอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ

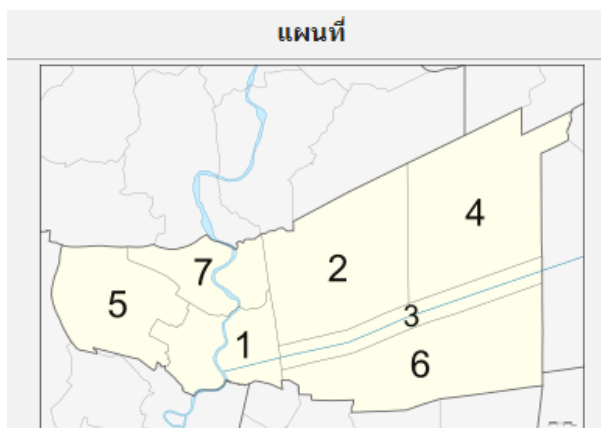
การคำนวณด้วยคำสั่งที่มีอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ สามารถแบ่งพื้นที่ออกเป็น 21 กลุ่ม ลดระยะทางและเวลาโดยรวมได้ประมาณร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับการแบ่งกลุ่มแบบเดิมที่แบ่งเป็น 41 กลุ่ม (รูปที่ 4) โดยอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ อัลกอริทึมคริสต์ไฟต์ อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด และ อัลกอริทึมแบบประหยัด พบว่าใช้ระยะทาง 1,313, 1,340 และ 1,359 กิโลเมตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (62.5 – 64.7 กิโลเมตร) ในขณะที่การแบ่งกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญ ใช้ระยะทางรวมทั้งหมด 2,755.01 กิโลเมตร ค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มเท่ากับ 67.2 กิโลเมตร

3) ผลลัพธ์การจัดรูปแบบการเดินทาง ใน 41 กลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญและอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ

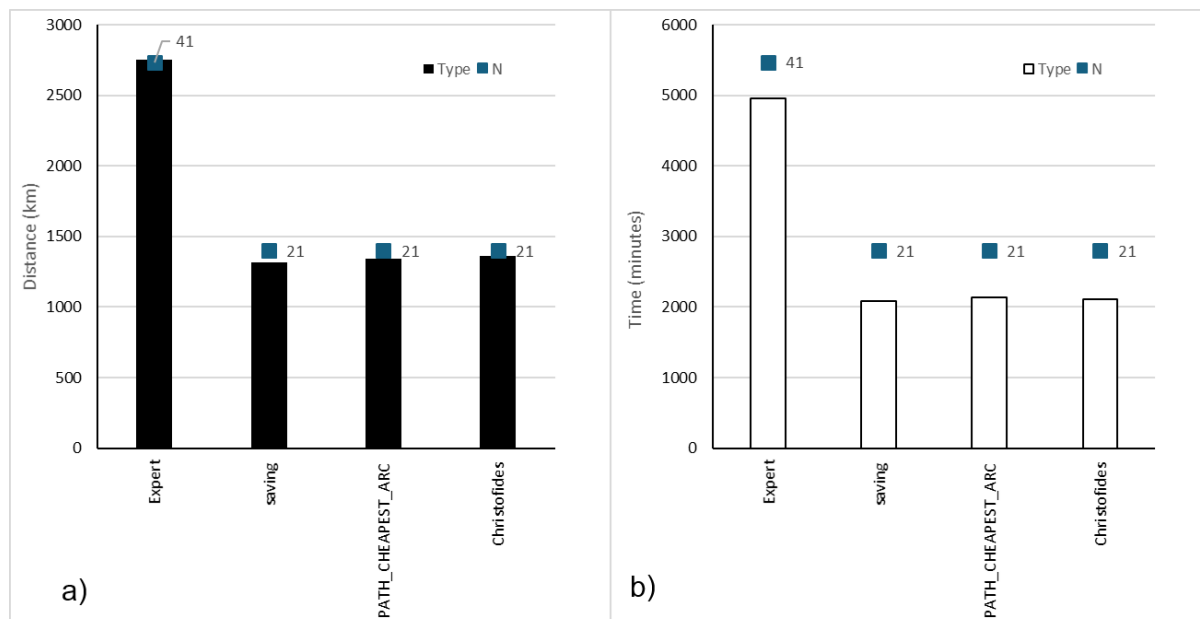
เมื่อมีการกำหนดให้มีจำนวนกลุ่มเท่าเดิม คือ 41 กลุ่ม วิธีการของผู้เชี่ยวชาญ มีระยะทางโดยรวมต่ำที่สุด โดยใช้ระยะทางในการเดินทางเพียง 2,755.01 กิโลเมตร ในขณะที่อัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ อัลกอริทึมคริสต์ไฟต์ อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด และ อัลกอริทึมแบบประหยัด ให้ผลรวมที่แตกต่าง ตั้งแต่ 21-44 กิโลเมตร (ตารางที่ 2) คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 0.76%, 1.52% และ 1.62% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยระยะทาง มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสูงสุดเพียง 1.08 กิโลเมตร หรือประมาณ 1.61%

ผลลัพธ์ด้านระยะเวลารวม พบว่าวิธีการผู้เชี่ยวชาญ ใช้ระยะเวลารวมต่ำที่สุด 4,962.00 นาที ส่วนอัลกอริทึมคริสต์ไฟต์ อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด และ อัลกอริทึมแบบประหยัดใช้ระยะเวลารวมเท่ากับ 5,057.00, 5,082.50 และ 5,085.50 นาที ตามลำดับ ผลรวมที่แตกต่าง มีค่าตั้งแต่ 95.0-123.5 นาที (ตารางที่ 2) คิดเป็นร้อยละที่แตกต่างจากผู้เชี่ยวชาญ 1.91%, 2.43% และ 2.49% ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำนวนสถานที่ขยายแผนปัจจุบันที่ออกตรวจแยกรายอำเภอ



เลข	อำเภอ	จำนวนสถานที่ขยายแผนปัจจุบัน (แห่ง) ข้อมูลปี 2565
1	เมืองปทุมธานี	24
2	คลองหลวง	59
3	ธัญบุรี	27
4	หนองเสือ	2
5	ลาดหลุมแก้ว	2
6	ลำลูกกา	30
7	สามโคก	1
รวม		145



รูปที่ 4 a) ผลลัพธ์การเดินทาง โดยแกน Y แสดงระยะทาง (km) แกน X แสดงอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ เทียบกับการจัดเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert) โดย N= จำนวนกลุ่มที่มีการจัดได้ (41 กลุ่มจากผู้เชี่ยวชาญ และ 21 กลุ่มจากอัลกอริทึม) b) ผลลัพธ์ด้านเวลาที่ใช้เดินทาง แกน Y แสดงเวลา (นาที)

ตารางที่ 2 ระยะทางและเวลาที่ใช้ ในรูปแบบเส้นทางการตรวจสอบที่ขยายแผนปัจจุบัน กรณีใช้อัลกอริทึมสำหรับจัดลำดับเส้นทาง จาก 41 กลุ่มที่เหมือนกันกับผู้เชี่ยวชาญ และวิธีคำนวณแบบต่าง ๆ

วิธีการจัดด้าน	ผู้เชี่ยวชาญ	อัลกอริทึมแบบ ประหยัด	อัลกอริทึมแบบ เส้นทางประหยัดที่สุด	อัลกอริทึมแบบ คริสต์โฟฟต์
ระยะทางรวม (km)	2,755.01	2,799.60	2,796.81	2,776.03
ค่าเฉลี่ยระยะทาง	67.20±25.07	68.28±24.89	68.21±25.16	67.71±25.03
ระยะเวลารวม (min)	4,962.00	5,085.50	5,082.50	5,057.00
ค่าเฉลี่ยระยะเวลา (min)	121.02±43.44	124.04±43.65	123.96±44.51	123.34±44.77

หมายเหตุ การคำนวณระยะทาง คิดจากเส้นทางที่ได้จากการเรียงลำดับด้วยอัลกอริทึมแบบต่าง ๆ และนำไปคำนวณผ่าน Google map เพื่อหาระยะทางที่เดินทางผ่านจุดต่าง ๆ และระยะเวลารวมที่ใช้ในการเดินทาง

4) พิจารณารูปแบบการจัดเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญและอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ

การจัดลำดับเส้นทาง ในจำนวน 41 กลุ่ม เมื่อนำรูปแบบการเดินทางมาพิจารณา (รูปที่ 5) กลุ่มที่ 8 แสดงให้เห็นความแตกต่างของระยะทางระหว่างวิธีการของผู้เชี่ยวชาญและอัลกอริทึมต่าง ๆ การจัดเส้นทางโดย

ผู้เชี่ยวชาญ มีระยะทางรวม 73.4 กิโลเมตร และใช้เวลาเดินทาง 128.5 นาที โดยการจัดเส้นทางโดยใช้อัลกอริทึมใช้ระยะทางมากกว่าการจัดเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นระยะทางประมาณ 15.2, 15.1, 15.2 กิโลเมตร และใช้ระยะเวลาเดินทางนานกว่าประมาณ 18.5, 17.0, 18.5 นาที ตามลำดับ เมื่อดูในเส้นทางการเดินทางในรูปแบบ

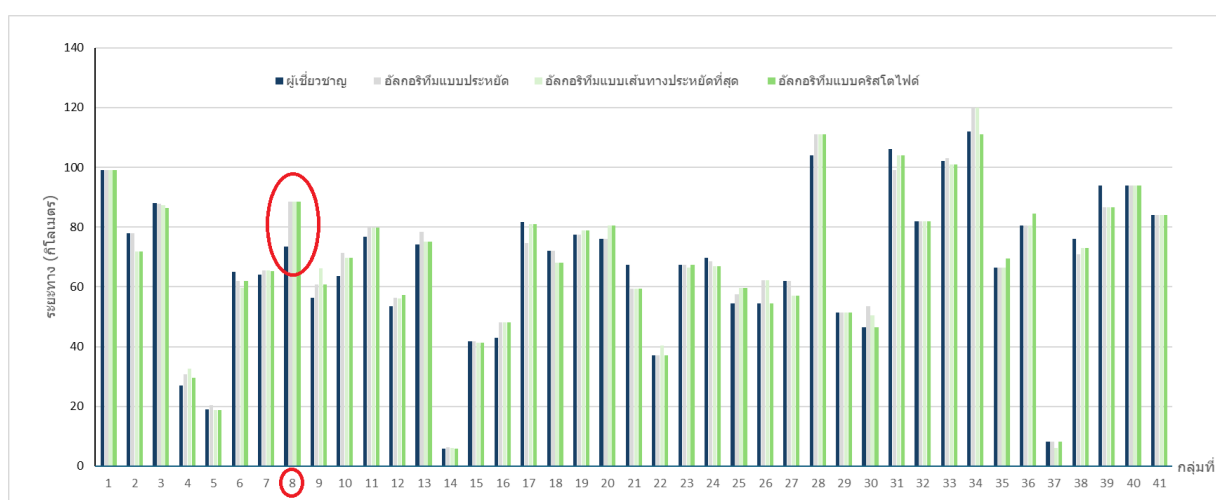
ของผู้เชี่ยวชาญ ที่เป็นรูปแบบ 0-1-2-3-4-5-0 พบว่า มีความแตกต่าง 2 ตำแหน่ง คือ (1) ที่จุดเริ่มต้นตำแหน่งแรก (การเดินทางจากจุดที่ 0 ไปยังจุดที่ 1) ผู้เชี่ยวชาญใช้ความรู้ และประสบการณ์ในพื้นที่ ในการเดินทางจากจุดที่ 0 ไปยังจุดที่ 1 เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด (21 กิโลเมตร) ส่วนการจัดเส้นทางโดยอัลกอริทึมแบบประหยัด และอัลกอริทึมคริสโตไฟต์ เป็นรูปแบบ (0-2-1-3-4-5-0) และอัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด มีลำดับการเดินทางเป็นรูปแบบ (0-2-1-3-5-4-0) และ (2) ที่ตำแหน่งถัดจากตำแหน่งแรก สำหรับเส้นทางจากอัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัด มีการแสดงลำดับการเดินทางที่แตกต่างโดยสลับตำแหน่งที่ 4 และ 5

อภิปรายผลการศึกษา

การใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ในระบบสาธารณสุขเป็นเรื่องที่มีประโยชน์ และมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายกรณี เช่น การจัดส่งยาและเวชภัณฑ์¹² การจัดรถรับส่งตัวอย่างเลือดหรือส่งส่งตรวจ¹³ การกระจายวัคซีนของโรงพยาบาล¹⁴ การเยี่ยมบ้านผู้ป่วย¹⁵ เป็นต้น การศึกษานี้ได้พัฒนาการใช้ อัลกอริทึมการจัดเส้นทางมาเปรียบเทียบกับวิธีการทำงาน

เดิมในการตรวจสอบสถานที่ขยายแผนปัจจุบัน เป็นภารกิจสำคัญหนึ่งของระบบสาธารณสุข สำหรับการควบคุมคุณภาพการดำเนินการของสถานที่ประกอบการด้านสุขภาพที่ให้บริการกับประชาชน และมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่และภาครัฐด้วยเทคโนโลยีปัจจุบัน สามารถนำมาใช้คำนวณการจัดกลุ่มและวางแผนเส้นทางได้อย่างรวดเร็ว และสามารถคำนวณระยะทางการเดินทาง รวมทั้งระยะเวลาการเดินทางในแต่ละเส้นทางได้ ส่งผลทำให้กระบวนการวางแผนการทำงานดีขึ้น และสามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็วมากขึ้น

การคำนวณด้วยอัลกอริทึมมีแนวทางการคำนวณที่แตกต่างกันตามทฤษฎีของการคำนวณ ได้แก่ อัลกอริทึมแบบประหยัด อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด เริ่มต้นจาก “จุดเริ่มต้น” ของเส้นทาง (ในการศึกษานี้คือสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี) เชื่อมต่อกับจุดอื่นที่สร้างส่วนของเส้นทางที่ถูกหรือสั้นที่สุด จากนั้นขยายเส้นทางโดยทำซ้ำบนจุดอื่นหรือจุดสุดท้ายที่เพิ่มในเส้นทาง และอัลกอริทึมคริสโตไฟต์ ใช้การจับคู่สูงสุด เพื่อสร้างเส้นทางโดยการสร้างการจับคู่ระหว่างจุดที่สูงที่สุด จากนั้นจึงรวมการจับคู่นั้นกับ Minimum Spanning Tree (MST) โดยขยายเส้นทางจนไม่สามารถแทรกคู่ระหว่างจุดลงไปได้



รูปที่ 5 กราฟแท่งแสดงระยะทางที่คำนวณได้ของการจัดลำดับเส้นทางจาก 41 กลุ่ม โดยเปรียบเทียบ (1) ผู้เชี่ยวชาญ (Expert) และอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ คือ (2) อัลกอริทึมแบบประหยัด (3) อัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด และ (4) อัลกอริทึมคริสโตไฟต์ วงกลมแดง (กลุ่มที่ 8) แสดงความแตกต่างของระยะทางที่พบว่าแตกต่างอย่างชัดเจน

โดยทั้ง 3 วิธีมีการนำไปใช้ในการจัดกลุ่มและวางแผนเส้นทางได้ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ ยังเป็นสิ่งที่จำเป็นจากการกำหนดพื้นที่การเดินทาง 41 กลุ่ม จะเห็นได้ว่าการคำนวณอาจไม่ได้ลดระยะทางและเวลา แต่สามารถให้ผลการคำนวณที่รวดเร็ว เพราะความเชี่ยวชาญของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่สามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนเส้นทาง และสถานการณ์ในการเดินทางจริง อาจมีปัจจัยที่กระทบต่อการวางแผนการเดินทาง เช่น สภาพจราจรในปัจจุบัน สภาพถนนในพื้นที่ เหตุการณ์สำคัญ ความหนาแน่นของการเดินทางในช่วงเวลาเฉพาะ อาทิ ช่วงเวลาเปิดเรียนที่นักเรียนเข้าและออก เขตที่ตั้งใกล้โรงพยาบาล การเข้าออกของรถโดยสารของโรงงาน เป็นต้น ผู้เชี่ยวชาญอาจรับรู้และนำมาปรับใช้ในการวางแผนเส้นทางได้ละเอียดมากกว่าการคำนวณ

ความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละอัลกอริทึม แสดงความแตกต่างในเรื่องจำนวนภายในแต่ละกลุ่มและลำดับที่นำมาจัดเส้นทาง (ข้อมูลไม่ได้แสดง) เนื่องจากการทำงานของอัลกอริทึมมีความแตกต่างกัน อัลกอริทึมแบบประหยัด เน้นลดระยะทางโดยการรวมเส้นทางที่มีความซ้ำซ้อนหรือเส้นทางทับซ้อนเข้าด้วยกัน เน้นจัดกลุ่มเส้นทางที่เหมาะสมในการรวมศูนย์กลางเส้นทาง ส่วนอัลกอริทึมแบบเส้นทางประหยัดที่สุด คำนวณเพื่อเลือกเส้นทางที่มีค่าต่ำที่สุดระหว่างจุดสองจุดในแต่ละขั้นตอน (Local Optimization) ไม่ได้คำนึงถึงภาพรวมของเส้นทางทั้งหมด ผลลัพธ์อาจซับซ้อนและไม่สมดุลในแง่จำนวนจุดในแต่ละเส้นทาง อัลกอริทึมคริสโตไฟด์สร้างเส้นทางที่ใกล้เคียงกับระยะทางรวมที่สั้นที่สุดโดยใช้ค่าอ้างอิง MST และจับคู่เพื่อสร้างเส้นทางที่สมดุลและลดระยะทางทั้งหมดให้น้อยที่สุดในการรวม

การใช้อัลกอริทึมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มและวางแผนเส้นทางมีประสิทธิภาพดีกว่าการจัดเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยสามารถคำนวณการจัดกลุ่มได้จากฟังก์ชันทางภูมิศาสตร์ของสถานที่ ลดจำนวนกลุ่ม (จาก 41 เหลือ 21 กลุ่ม) ส่งผลให้การเดินทางลดลง และ

เวลาที่ใช้เดินทางลดลง เมื่อนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานสามารถลดภาระงาน และลดเวลาการทำงานได้ดีขึ้น หากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการวางแผนการเดินทางที่มีภารกิจการตรวจสถานที่ หรือสำรวจสถานที่ต่าง ๆ อาจจะสามารถนำการคำนวณดังกล่าวไปใช้ประโยชน์จากการจัดกลุ่ม และการวางแผนเส้นทางได้ดี และถ้ามีการดำเนินการในหลายจังหวัด ระดับเขตหรือภูมิภาค รวมถึงในระดับประเทศ ในภาพรวมอาจส่งผลต่อค่าใช้จ่ายการเดินทาง การทำงานของบุคลากรที่รวดเร็ว การให้บริการของภาครัฐ ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งหากมีผู้เชี่ยวชาญพื้นที่ควรเป็นการผสมผสานระหว่างการใช้อัลกอริทึมเพื่อประมวลผลข้อมูลจำนวนมากด้วยระยะเวลาที่สั้น และการนำความรู้ความเข้าใจในบริบทของพื้นที่มาปรับใช้ จะช่วยเพิ่มความแม่นยำและเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดเส้นทางให้เข้ากับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น

สรุปผลการศึกษา

การใช้เทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพของงาน ได้แก่ การใช้ ChatGPT และการใช้การคำนวณด้วยอัลกอริทึมผ่านระบบคลาวด์ (Google Colab) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มและการวางแผนเส้นทางได้ผลลัพธ์การเดินทางและระยะเวลาที่ดีกว่าการจัดเส้นทางโดยผู้เชี่ยวชาญ ในกรณีที่นำมาใช้สำหรับการจัดลำดับเส้นทางเพียงอย่างเดียว เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์เพื่อจัดลำดับเส้นทางได้ โดยให้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกันกับผู้เชี่ยวชาญ

ข้อจำกัดของการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาภูมิศาสตร์จังหวัดปทุมธานี โดยใช้อัลกอริทึมจาก Google OR-Tools อาจไม่ครอบคลุมอัลกอริทึมหรือวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า นอกจากนี้การคำนวณนี้ยังไม่ได้ศึกษาถึงการเดินทางจริง ระยะเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานจริง ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพการจราจร

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Good pharmacy practice - joint FIP/WHO guidelines on good pharmacy practice: Standards for quality of pharmacy services. 2011. [cited 2024 Nov 15]. Available from: https://www.fip.org/files/fip/WHO/GPP%20guidelines%20FIP%20publication_final.pdf
2. The office of community pharmacy accreditation (Thailand). Announcement of the food and drug administration on the criteria, methods, and conditions for passing the assessment according to the community pharmacy practice guidelines. 2016. [cited 2024 Nov 15]. Available from: https://papc.pharmacycouncil.org/download_file.php?file=678004486C119599ED7D199F47DA043A&itemid=2000&h=3973
3. Phannikul T. A heuristic algorithm for solving the vehicle routing problem with simultaneous pick-up and delivery [Dissertation]. Ubon Ratchathani: Ratchathani University; 2008. (in Thai)
4. Laporte G. A concise guide to the traveling salesman problem. *J Oper Res Soc.* 2010;61(1):35-40.
5. Google. Google colabory-[Internet]. 2024 [cited 2024 Nov 8]. Available from: <https://colab.research.google.com>
6. Google. OR-Tools: Google's operations research tools [Internet]. 2024 [cited 2024 Nov 8]. Available from: <https://developers.google.com/optimization>
7. Sueni K. The routes transportation by comparison between using the saving algorithm and the nearest neighbor algorithm. *Econ Bus Adm J Thaksin Univ.* 2020;12(2):1-14. (in Thai)
8. Muriyatmoko D, Djunaidy A, Muklason A. Heuristics and metaheuristics for solving capacitated vehicle routing problem: An algorithm comparison, *Procedia Comput Sci.* 2024;234:494-501.
9. Genova K, Williamson DP. An experimental evaluation of the best-of-many Christofides' algorithm for the traveling salesman problem. *Algorithmica.* 2017;78(4):1109-30.
10. Christofides N. Worst-case analysis of a new heuristic for the travelling salesman problem. *Oper Res Forum.* 2022;3(1):20.
11. Google. Google map platform [Internet]. 2024 [cited 2024 Aug 10]. Available from: <https://developers.google.com/maps/>
12. Totrakool P. A heuristic search method for a vehicle routing problem in a medical supplies distribution system. [Dissertation]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2003. (in Thai)
13. Grasas A, Ramalhinho H, Pessoa LS, Resende MGC, Caballé I, Barba N. On the improvement of blood sample collection at clinical laboratories. *BMC Health Serv Res.* 2014;14(1):12.
14. Yu R, Yun L, Chen C, Tang Y, Fan H, Qin Y. Vehicle routing optimization for vaccine distribution considering reducing energy consumption. *Sustainability.* 2023; 15(2):1252.
15. Issabakhsh M, Hosseini-Motlagh S, Pishvae M, Saghaei M. A vehicle routing problem for modeling home healthcare: A case study. *Int J Transp Eng.* 2018;5(3): 211-28.