



N3

การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
(Logistics)

กรณีศึกษา: การหาตำแหน่งที่ตั้งสิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธี P-Median CASE STUDY: OPTIMAL FACILITY LOCATION USING THE P-MEDIAN METHOD

ศิวพร คุณภาพดีเลิศ¹ และรพี อดมทรัพย์^{2*}

Siwaporn Kunnapapdeelert¹ and Rapee Udomsub^{2*}

^{1,2}คณะการจัดการโลจิสติกส์และการคมนาคมขนส่ง สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2}The Faculty of Logistics and Transportation Management, Panyapiwat Institute of Management

*Corresponding Author, E-mail: rapeeudo@pim.ac.th

บทคัดย่อ

การเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมเป็นกุญแจสำคัญในการสร้างความสำเร็จให้กับธุรกิจ โดยเฉพาะในยุคปัจจุบันที่มีการแข่งขันสูง การวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะของพื้นที่ เป้าหมายกลุ่มลูกค้า และงบประมาณ จะช่วยให้เราสามารถตัดสินใจเลือกสถานที่ตั้งที่ตอบสนองความต้องการของธุรกิจได้อย่างตรงจุด นอกจากนี้ การเลือกสถานที่ตั้งที่ดี ยังช่วยลดต้นทุนในการขนส่งและโลจิสติกส์ เพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้บริการ

บทความนี้ได้นำเสนอภาพรวมของปัญหา P-median ซึ่งเป็นหลักการที่สำคัญในการตัดสินใจเลือกสถานที่ตั้ง โดยพิจารณาวัตถุประสงค์ ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังมีการอธิบายตัวอย่างการประยุกต์ใช้จริงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจหลักการและนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง ปัญหา P-median

ABSTRACT

Choosing an appropriate location is a key factor in ensuring the success of a business, especially in today's highly competitive environment. Analyzing various relevant factors, such as the characteristics of the area, target customer groups, and budget, can help us make well-informed decisions in selecting a location that meets the business's needs effectively. Moreover, a good location choice can reduce transportation and logistics costs while enhancing convenience for customers.

This article presents an overview of the P-median problem, which serves as a critical principle for location decision-making. It examines objectives, relevant variables, and the development of mathematical models used for analysis. Additionally, it provides examples of practical applications and related research to help readers understand the principles and apply them effectively to solve real-world problems.

Keywords: Facility Location Selection Problem, P-median problem

บทนำ

การเลือกสถานที่ตั้งเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญสำหรับภาคธุรกิจและองค์กรที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตัวอย่างเช่น การกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้า ที่สามารถรองรับความต้องการของลูกค้าได้อย่างครอบคลุมสูงสุด พร้อมทั้งมีส่วนช่วยลดต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ การเลือกทำเลที่ตั้งส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสำเร็จของธุรกิจ ไม่ว่าจะเป็นกรณีของการตั้งโรงงาน ตั้งคลังสินค้า ตั้งศูนย์บริการลูกค้า หรือแม้กระทั่งการตั้งสถานพยาบาลแห่งใหม่

ปัจจุบัน ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งต้องเผชิญกับความท้าทายในเรื่องการจัดหาตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุนการให้บริการลูกค้า โดยมีวัตถุประสงค์หลักที่หลากหลาย เช่น การสร้างตลาดของห้างสรรพสินค้า ทำเลที่ตั้งต้องอยู่ใกล้กับศูนย์กลางของประชาชนที่มีศักยภาพในการซื้อสินค้า การย้ายสถานที่ตั้งของร้านเดิมไปเปิดยังทำเลที่ตั้งใหม่ หรือต้องมีการเปิดร้านสาขาเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยขยายส่วนแบ่งทางการตลาด การสร้างศูนย์บริการลูกค้าที่สามารถออกให้บริการลูกค้าได้มากที่สุดภายใต้ระยะทางหรือเวลาที่กำหนดไว้ โดยให้ผลรวมของค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด

ในการแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง P-Median problems ถือเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์พื้นฐานที่นำมาใช้สำหรับวิเคราะห์และแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเลือกสถานที่ตั้งในหลายสาขาวิชา เช่น เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เพื่อตอบโจทย์หน่วยงานทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน

บทความนี้มีเป้าหมายเพื่ออธิบายหลักการพื้นฐานของ P-median problem พร้อมทั้งแสดงถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทของปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งในภาคธุรกิจและองค์กรต่าง ๆ

บททวนวรรณกรรม

จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน (2554) กล่าวถึง ปัญหาการเลือกตำแหน่งจุดสถานที่ตั้งเพื่อการให้บริการที่เหมาะสม (Facility Location Selection Problem) โดยทำการพิจารณา ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 5 ประเภท

1. ปัญหาหระยะทางรวมน้อยที่สุด (Minimax Facility Location Problem) เป็นสถานที่ตั้งที่ช่วยให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวมมีค่าน้อยที่สุด ค่าใช้จ่ายในการขนส่งในที่นี้หมายถึง ระยะทางรวมจากจุดต้นทางถึงจุดปลายทาง หรือ เวลารวมที่ใช้ในการเดินทางจากจุดต้นทางไปจนถึงจุดปลายทาง โดยมีข้อมูลที่ต้องใช้ในการกำหนดค่าในสมการคำนวณคือ 1) ปริมาณสินค้าหรือบริการของลูกค้าแต่ละจุด 2) ระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละจุดกับสถานที่ให้บริการที่มีอยู่ 3) ชีตความสามารถของทุกสถานที่ให้บริการที่เรามีอยู่

2. ปัญหาการครอบคลุมความต้องการของลูกค้า (Covering Problem) เป็นการเลือกสถานที่ตั้งของจุดให้บริการเพื่อให้ลูกค้าสามารถได้รับการบริการภายในเวลาที่กำหนด แบ่งย่อยออกเป็น 2 ประเภท

2.1 ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าทุกคนด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด (Set Covering Problem) เพื่อเลือกสถานที่ตั้งให้บริการที่มีจำนวนจุดให้บริการหรือมีต้นทุนการสร้างสถานที่ให้น้อยที่สุด แต่ยังสามารถครอบคลุมกลุ่มลูกค้าทั้งหมด ในปัญหานี้ข้อมูลที่ต้องมีเพื่อใช้ในการคำนวณคือ 1) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานที่ให้บริการ 2) ระยะทางที่ใกล้ที่สุด หรือระยะทางที่นานที่สุดที่ยอมรับได้ จากสถานที่ให้บริการไปถึงยังลูกค้า 3) จำนวนเซตระยะทางของตำแหน่งจุดให้บริการที่อยู่ห่างจากลูกค้าแต่ละจุด เป็นระยะทางที่ยอมรับได้

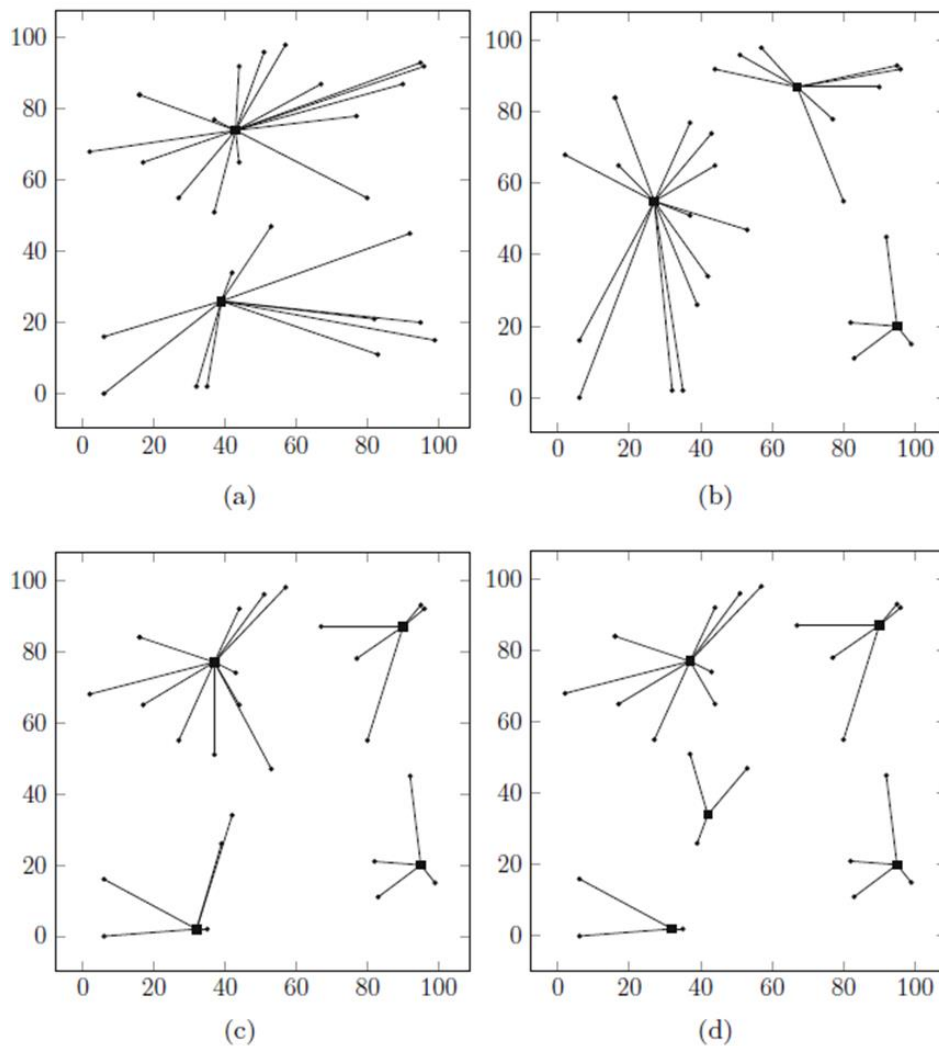
2.2 ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด (Maximal Covering Problem) เป็นการตั้งจุดให้บริการให้อยู่ใกล้กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ เป็นการเลือกตั้งจุดให้บริการจำนวน p แห่ง เพื่อให้ลูกค้าที่ไม่ถูกครอบคลุมการบริการมีจำนวนน้อยที่สุด มีเป้าหมายคล้ายกับปัญหา 2.1 แต่มีการจำกัดจำนวนจุดสถานที่ให้บริการ

3. ปัญหาหระยะทางไกลที่น้อยที่สุด (Minimax Facility Location Problem) เป็นการเลือกจุดให้บริการ p แห่ง เพื่อให้ลูกค้าที่อยู่ไกลที่สุดได้อยู่ใกล้กับจุดให้บริการมากที่สุด โดยทั่วไปจะมีการเรียกชื่อปัญหาแบบนี้ว่า ปัญหา P-center โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมที่ต้องใช้ในการคำนวณคือ ระยะทางไกลที่สุดระหว่างลูกค้ากับสถานที่ให้บริการที่อยู่ใกล้ที่สุด วิธีการนี้เป็นการทำให้ระยะทางไกลที่สุดมีค่าน้อยที่สุด เป็นปัญหาที่หาคำตอบที่ดีที่สุดได้ค่อนข้างยาก จึงมีนักวิชาการหลายท่านทำการพัฒนารูปแบบสมการและวิธีการเพิ่มขึ้น เพื่อให้สามารถหาคำตอบที่เป็นไปได้ในเวลาที่รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

4. ปัญหาสถานที่ให้บริการที่ไม่ประสงค์ (Obnoxious Facility Location Problem) กรณีของสถานที่ให้บริการที่ไม่พึงประสงค์หากเลือกสถานที่ตั้งอยู่ใกล้กับผู้ใช้บริการ จะส่งผลกระทบต่อสุขอนามัยของผู้ที่อยู่โดยรอบได้ เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของเตาเผาขยะ บ่อบำบัดน้ำเสีย โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ สถานที่ตั้งควรอยู่ในระยะห่างที่พอเหมาะที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้บริการ แต่ก็ไม่ควรอยู่ห่างมากเกินไปเพราะจะมีต้นทุนการขนส่งที่สูง วัตถุประสงค์ของในการเลือกสถานที่ตั้งของวิธีการนี้คล้ายคลึงกับปัญหา 1-3 แต่มีเป้าหมายในทิศทางตรงกันข้ามกัน

5. ปัญหาอื่น ๆ ที่มีการขยายผลจากปัญหาทั้ง 4 ประเภทที่กล่าวมา เช่น การขายสินค้าที่มีความหลากหลายของประเภทสินค้า (Multicommodity) การส่งมอบสินค้าที่มีหลายระดับ (Multi-level) เช่น สินค้าชนิดเดียวกัน มีบางส่วนส่งไปยังลูกค้าโดยตรง และมีส่วนส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้าก่อน แล้วค่อยมีการกระจายสินค้าให้กับลูกค้า

P-median problem เป็นปัญหาในเชิงการตัดสินใจเพื่อกำหนดตำแหน่งสถานที่ตั้งจำนวน p แห่งบนเครือข่าย (Network) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนรวมที่เกิดขึ้น ต้นทุนหมายถึง ระยะทาง หรือ เวลาที่ต้องใช้จากการเดินทางระหว่างจุดความต้องการ (ลูกค้า, ผู้ป่วย, จุดที่เกิดอุบัติเหตุ) และจุดให้บริการ (ศูนย์บริการ, ร้านสะดวกซื้อ, ห้างสรรพสินค้า, โรงพยาบาล, สถานีดับเพลิง)



ภาพที่ 1: P-median กรณีกำหนดจุด p ที่แตกต่างกัน (a) $p = 2$ (b) $p = 3$ (c) $p = 4$ (d) $p = 5$

ภาพที่ 1 แสดงจุดความต้องการ (ลูกค้า) มีทั้งหมด 29 ตำแหน่ง ในภาพ a – c จะมีการเปิดจุดให้บริการ (ร้านค้า) ในจำนวนที่ต่างกัน ในภาพ a เปิดจุดให้บริการลูกค้า 2 จุด ภาพ b เปิดจุดให้บริการลูกค้า 3 จุด ภาพ c เปิดจุดให้บริการลูกค้า 4 จุด และภาพ d เปิดจุดให้บริการลูกค้า 5 จุด โดยทั้ง 4 ภาพมีตำแหน่งจุดความต้องการ (ลูกค้า) อยู่ในตำแหน่งเหมือนกัน แตกต่างกันที่มีการเปิดจุดให้บริการลูกค้าจำนวนไม่เท่ากัน โดยมีข้อกำหนดคือลูกค้าแต่ละรายรับบริการจากร้านค้าได้เพียงแห่งเดียว (Laporte et al., 2019)

ปัญหา P-median เขียนในรูปโปรแกรมเชิงจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming: ILP) ได้ดังนี้:
สมการวัตถุประสงค์: Minimize

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_j^c x_{ij} \quad (1)$$

Subject to
$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad \forall i \in I, j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} y_i = p \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (5)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I. \quad (6)$$

อธิบายตัวแปรที่ใช้ในสมการเพื่อแก้ปัญหา:

ตัวแปร

d_j หมายถึง ความต้องการ (demand) ของลูกค้า j เช่น ความต้องการจำนวนสินค้า ความต้องการที่จะได้รับการบริการ หรือ ปริมาณการขนส่งสินค้า ลูกค้าแต่ละคนจะมีความต้องการสินค้าหรือการบริการที่แตกต่างกันไป

c_{ij} หมายถึง ต้นทุนในการให้บริการ จากจุดให้บริการ i ไปยังลูกค้า j เช่น ระยะทาง หรือเวลาที่ต้องใช้ในการเดินทาง สามารถมองเป็นค่าใช้จ่ายได้คือ ค่าน้ำมัน ค่าขนส่ง ที่ผันแปรตามระยะ และเวลาที่ใช้

x_{ij} ใช้กำหนดว่าลูกค้าแต่ละคนจะใช้บริการจากจุดให้บริการใด มีค่าเป็น 1 ถ้าลูกค้า j ได้รับบริการจากจุดให้บริการ i มีค่าเป็น 0 ถ้าลูกค้า j ไม่ได้รับบริการจากจุดให้บริการ i เพื่อบอกถึง ความสำคัญของลูกค้าแต่ละคนในการคำนวณต้นทุนรวม เช่นลูกค้าคนใดต้องการสินค้าปริมาณมาก ตำแหน่งของลูกค้าคนนี้มีน้ำหนักมากขึ้นในการพิจารณา

y_i ใช้ในการตัดสินใจว่าตำแหน่ง i ตำแหน่งใดควรเป็นจุดให้บริการ มีค่าเป็น 1 ถ้าตำแหน่ง i ถูกเลือกให้เป็นจุดให้บริการ มีค่าเป็น 0 ถ้าตำแหน่ง i ไม่ถูกเลือก

ข้อกำหนดและเงื่อนไข

เงื่อนไขที่ 1 สมการ (2) ลูกค้าแต่ละคน j ต้องได้รับการบริการจากจุดให้บริการ i เพียงจุดเดียว

เงื่อนไขที่ 2 สมการ (3) ลูกค้าจะใช้บริการจากจุดให้บริการ i ได้ก็ต่อเมื่อ i ถูกเลือกให้เป็นจุดบริการ ถ้าตำแหน่ง i ไม่ได้ถูกเลือกเป็นจุดให้บริการ (ค่า $y_i = 0$) ลูกค้า j จะไม่สามารถใช้จุดให้บริการนั้นได้ (ค่า $x_{ij} = 0$)

เงื่อนไขที่ 3 สมการ (4) ต้องเลือกตำแหน่งจุดให้บริการจำนวน p แห่งเท่านั้น เช่น ถ้า $p = 3$ ต้องเลือกจุดให้บริการ 3 จุดจากจุดที่มีทั้งหมด

เงื่อนไขที่ 4 และ เงื่อนไขที่ 5 สมการ(5) และ สมการ (6) ตัวแปร x_{ij} และ y_i เป็นค่าทางเลือก (Binary) มีค่าได้เพียง 0 หรือ 1 เท่านั้น

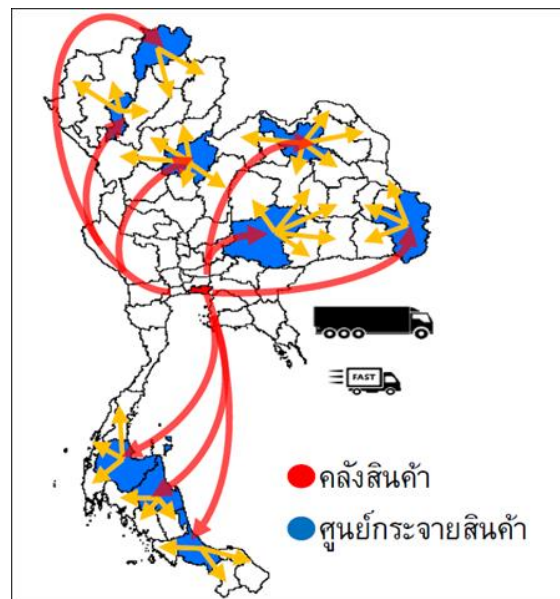
เป้าหมายของปัญหา

เป้าหมายของสมการ (1) คือ การลดต้นทุนรวมให้ได้ต่ำที่สุด โดยทำการคำนวณจาก ปริมาณความต้องการ (d_j) คูณกับ ต้นทุน (c_{ij}) และคูณกับตัวแปร x_{ij} (ลูกค้าคนไหนถูกให้บริการจากจุดให้บริการใด)

การแก้ปัญหา P-median จะช่วยหาตำแหน่งที่ตั้งของจุดให้บริการจำนวน p จุดที่เหมาะสม เพื่อให้ลูกค้าสามารถมาใช้บริการได้ในระยะทางใกล้ที่สุด และมีต้นทุนรวมในการดำเนินงานน้อยสุด โดยใช้ตัวแปร y_i เพื่อเลือกตำแหน่งจุดให้บริการ และตัวแปร x_{ij} จัดสรรว่าลูกค้าแต่ละรายจะได้รับบริการจากจุดให้บริการได้เพียงแห่งเดียว

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน

การจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า: กรณีศึกษา บริษัท ไพรชณีย์ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด เป็นบริษัทในเครือของบริษัท ไพรชณีย์ไทย จำกัด ให้บริการขนส่งในกลุ่มยาและเวชภัณฑ์เป็นส่วนใหญ่ เดิมมีคลังสินค้า 1 แห่งตั้งอยู่ที่จังหวัดสมุทรปราการ และมีศูนย์กระจายสินค้าอยู่ 9 แห่งกระจายอยู่ทั่วประเทศ ดังภาพที่ 2 บริษัทมีแนวคิดในการปรับปรุงการให้บริการควบคู่ไปกับการหาแนวทางลดต้นทุนการขนส่ง ได้ทำการศึกษาเพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม พิจารณาจากสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าเดิมและสถานที่ตั้งใหม่รวมกันแล้วจำนวน 25 แห่ง การศึกษาในครั้งนี้ได้ผลสรุปว่าควรมีการเพิ่มศูนย์กระจายสินค้าจากเดิมมี 9 แห่ง ให้เป็น 12 แห่ง เป็นการปรับเปลี่ยนสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าเดิม และมีการสร้างศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่เพิ่ม ผลที่ได้แสดงตามตารางที่ 1 (วลัยลักษณ์ อัครธีรวงศ์ และ สิวินีย์ ปงลังกา, 2563)



ภาพที่ 2: รูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์

ตารางที่ 1: พื้นที่การให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งจากตัวแบบคณิตศาสตร์

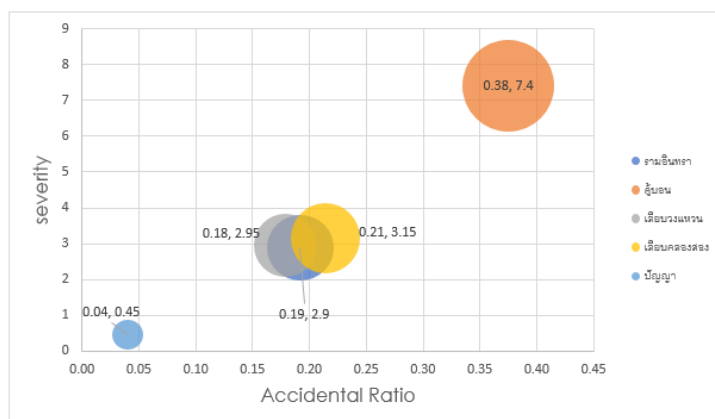
ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า	สมุทรปราการ กรุงเทพฯ นนทบุรี นครปฐม สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ราชบุรี เพชรบุรี
สมุทรปราการ	ประจวบคีรีขันธ์ ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด
1. DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่
2. DC พะเยา	พะเยา เชียงราย แม่ฮ่องสอน
3. DC แพร่	แพร่ ลำปาง น่าน
4. DC พิษณุโลก	พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ สุโขทัย กำแพงเพชร ตาก
5. DC อุดรธานี	อุดรธานี หนองบัวลำภู เลย หนองคาย บึงกาฬ
6. DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์
7. DC อุตรดิตถ์	อุตรดิตถ์ หนองบัวลำภู เลย หนองคาย บึงกาฬ
8. DC มหาสารคาม	มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร กาฬสินธุ์ ขอนแก่น
9. DC สกลนคร	สกลนคร นครพนม มุกดาหาร
10. DC ศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี อำนาจเจริญ
11. DC สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ พังงา ภูเก็ต ระนอง ชุมพร
12. DC สงขลา	สงขลา พัทลุง ตรัง สตูล ยะลา ปัตตานี นราธิวาส

การหาตำแหน่งจุดจอตลอดปฏิบัติการฉุกเฉินทางการแพทย์: ได้มีการวิเคราะห์หาตำแหน่งจุดจอตลอดรถกู้ชีพที่เหมาะสมตามช่วงเวลาในพื้นที่เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร เนื่องจากในพื้นที่นี้มีอุบัติเหตุทาง

ถนนเกิดขึ้นค่อนข้างบ่อยครั้ง ตำแหน่งของจุดจอตรถกู้ชีพที่เหมาะสมจะช่วยลดความเสี่ยงจากการเสียชีวิตและการเกิดความพิการในกรณีที่มีการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง โดยใช้ข้อมูลความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุตามช่วงเวลาคือ เช้า กลางวัน และ เย็น มีเงื่อนไขในของรถกู้ภัยอยู่ที่จำนวน 1 หรือ 2 คัน ทำการถ่วงน้ำหนัก (w_i) จากข้อมูลความรุนแรงที่ได้รับจากเจ้าหน้าที่กู้ภัย ในจุดที่มีผู้ได้รับบาดเจ็บที่มีอาการสาหัสต้องได้รับการขอรถกู้ชีพขั้นสูง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 3 ผลการศึกษาช่วยระบุจุดจอตรถกู้ชีพที่เหมาะสมตามแต่ละช่วงเวลา ในกรณีที่มีรถกู้ชีพ 1 คัน มีระยะห่างจากจุดเกิดอุบัติเหตุในทั้ง 3 ช่วงเวลาสูงสุดที่ 7 กิโลเมตร และกรณีที่มีรถกู้ชีพ 2 คัน มีระยะห่างจากจุดเกิดอุบัติเหตุทั้ง 3 ช่วงเวลา อยู่ที่ 5 กิโลเมตร (สรวิศ ชีระประเสริฐ และ สราวุธ จันทร์สุวรรณ, 2562)

ตารางที่ 2: อัตราส่วนร้อยละ ความรุนแรง และปริมาณการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละพื้นที่

พื้นที่	การกระจายตัวของอุบัติเหตุ (ร้อยละ)	ความรุนแรง	ปริมาณการเกิดอุบัติเหตุ
คูบอน	38.00	7.40	84
เลียบคลองสอง	21.00	3.15	48
รามอินทรา	19.00	2.90	43
เลียบวงแหวน	18.00	2.95	40
ปัญญา	4.00	0.45	9



ภาพที่ 3: การถ่วงน้ำหนักระหว่างความถี่และความรุนแรง

การเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการที่ไม่ประสงค์: มีการประยุกต์และพัฒนาแบบจำลองด้วยวิธีการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง เพื่อกำหนดสถานที่ตั้งของเตาเผาขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ซึ่งมีโรงพยาบาลชุมชนอยู่ 109 แห่ง เพื่อหาต้นทุนรวมน้อยสุดจากค่าขนส่งและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องเตาเผาขยะติดเชื้อ จัดเป็นปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนปัญหาหนึ่งและเป็นปัญหาเอ็นพีฮาร์ด (NP-Hard) โดยนำข้อมูลคือ จำนวนปริมาณของขยะติดเชื้อประมาณ 104,487 กิโลกรัม/เดือน

ขนาดของเตาเผาขยะที่มีอัตราการเผาขยะสูงสุดที่แตกต่างกัน กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามตารางที่ 3 ความถี่ในการเข้ารับขยะติดเชื้อเพื่อนำไปกำจัดในแต่ละโรงพยาบาล อัตราค่าใช้จ่ายในการบริการ/ครั้ง ตามตารางที่ 4 อัตราค่าขนส่ง/กิโลเมตร มาพัฒนาเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ มีวิธีการคล้ายคลึงกับวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ที่ต้องหาค่าเริ่มต้น มีการกลายพันธุ์ (Mutation) เกิดการแลกเปลี่ยนยีน (Recombination) และทำการคัดเลือก (Selection) ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Lingo เพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ ได้ตำแหน่งที่ตั้งสำหรับการสร้างเตาเผาขยะ 2 แห่ง คือที่โรงพยาบาลหนองหาน ใช้เตาเผาขยะติดเชื้อแบบที่ 2 และที่โรงพยาบาลโกสุมพิสัย ใช้เตาเผาขยะติดเชื้อแบบที่ 2 เช่นกัน การเลือกสถานที่ตั้งและเลือกชนิดเตาเผาขยะตามที่ระบุ ช่วยให้มีต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมน้อยสุด (ฐิติวรดา ศรีสุวรรณดี และ สมบัติสินธุเชาวน์, 2565)

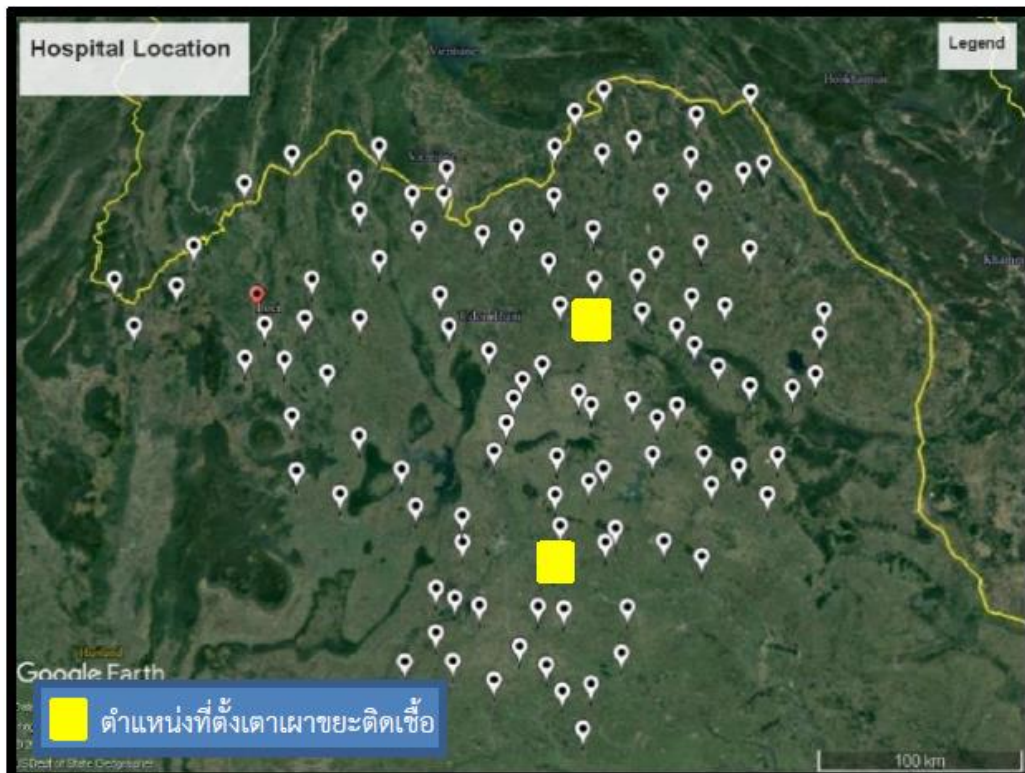
การระบุตำแหน่งของสถานที่ไม่พึงประสงค์โดยคำนึงถึงผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญแตกต่างกัน จะมีการกำหนดน้ำหนักให้กับผู้ใช้บริการแต่ละรายไม่เท่ากัน เพื่อให้ผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญน้อยกว่าตั้งอยู่ห่างจากจุดให้บริการที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด สำหรับผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญสูงคือมีปริมาณการขนส่งจำนวนมาก จุดให้บริการที่ไม่พึงประสงค์จะอยู่ในระยะที่ใกล้ที่สุดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขอนามัยของผู้ใช้บริการ เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งโดยรวม กรณีศึกษาี้ เลือกใช้วิธีการใหม่มาช่วยหาคำตอบที่เหมาะสม กรณีที่มีจุดความต้องการของผู้ใช้บริการที่มากถึง 1,000 จุด ได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลาที่รวดเร็วโดยใช้ซอฟต์แวร์ SNOPT (kalczynski et al., 2020)

ตารางที่ 3: ข้อมูลเตาเผาขยะติดเชื้อที่พิจารณา

ข้อมูล	เตาเผาขยะติดเชื้อ		
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
ราคา (บาท)	1,995,000	3,745,000	10,165,000
อัตราการเผาสูงสุด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	100	300	600
อายุการใช้งาน (ปี)	10	10	10

ตารางที่ 4: ค่าใช้จ่ายในการเผาขยะติดเชื้อ/ชั่วโมง

ลักษณะของเตาเผาขยะติดเชื้อแต่ละแบบ	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3
ค่าบำรุงเตา (บาท/ชั่วโมง)	53	90	128
ค่าสาธารณูปโภค (บาท/ชั่วโมง)	107	135	183
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการเผา (บาท/ชั่วโมง)	210	329	607
ต้นทุนในการดำเนินการเผาขยะติดเชื้อ (บาท/ชั่วโมง)	370	554	918
ค่าเสื่อมราคา (บาท/เดือน)	16,397	30,781	83,548
ค่าจ้างพนักงาน (บาท/เดือน)	31,500	31,500	31,500
ค่าใช้จ่ายคงที่ในการดำเนินการของเตาเผา(บาท/เดือน)	47,897	62,281	115,048



ภาพที่ 3: ตำแหน่งที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อ

การจัดตั้งสถานีชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า:

ประเทศจีนมีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้พื้นฐานของ P-median problem เพื่อช่วยแก้ปัญหาการกำหนดจุดตั้งสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ตามระยะการเดินทาง เพื่อช่วยลดความไม่สะดวกของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า (Tian et al. 2020)

ประเทศตุรกีศึกษาโดยประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหา P-median ในแต่ละพื้นที่ตามปริมาณการจราจรที่มีความแตกต่างกัน เพื่อคัดเลือกตำแหน่งของสถานีชาร์จ พร้อมทั้งกำหนดกำลังไฟสำหรับการชาร์จและจำนวนของหัวชาร์จที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละพื้นที่ (Celik and Ok, 2024)

ปัญหาระยะทางไกลที่น้อยที่สุด: เป็นปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดระยะทางระหว่างสถานที่ให้บริการที่เปิด p แห่ง กับลูกค้าที่อยู่ไกลที่สุด นักวิจัยหลายท่านได้พัฒนาวิธีในการหาคำตอบที่เป็นไป เช่น วิธีการค้นหาคำตอบในบริเวณใกล้เคียง (Local Search) วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) วิธีการค้นหาคำตอบแบบประสาน (Harmony Search) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีอาณานิคมผึ้ง (Bee Colony Algorithm) วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization) และการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) ในตัวอย่างของกรณีศึกษาี้ หากต้องการหาคำตอบที่เป็นค่าดีที่สุด (Optimization) จำนวนลูกค้าและสถานที่ให้บริการมีจะจำกัดอยู่มากที่สุดเพียง 300×30 เท่านั้น หากเลือกการหาคำตอบที่เป็นไปได้ (Heuristic) จะสามารถแก้ปัญหาที่มีจำนวนลูกค้า

และสถานที่ให้บริการได้มากที่สุดถึง 5000×1000 ในการแก้ปัญหาระยะทางไกลที่น้อยที่สุดจึงนิยมแก้ปัญหาโดยการหาคำตอบที่เป็นไปได้ เนื่องจากในสถานการณ์จริงจำนวนลูกค้าและสถานที่ให้บริการจะมีข้อมูลอยู่เป็นจำนวนมาก การหาค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจึงไม่สามารถหาคำตอบได้ภายในเวลาที่กำหนด หรือภายในเวลาที่ยอมรับได้ จากการทดสอบประสิทธิภาพวิธีการหาคำตอบที่เป็นไปได้ที่เลือกใช้เปรียบเทียบกับวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้โปรแกรม AIMMS พบว่าวิธีการหาคำตอบที่เป็นไปได้มีความแตกต่างจากคำตอบที่ดีที่สุด 17% สำหรับปัญหาที่มีจำนวนลูกค้าและสถานที่ให้บริการขนาด 300×30 แต่ได้ผลของคำตอบที่เร็วกว่า (สุภาลิน และคณะ, 2559)

สรุป

แนวทางการแก้ปัญหา P-median ในเชิงปฏิบัติสามารถทำได้โดยเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์และข้อจำกัดของการเลือกสถานที่ตั้งให้ชัดเจน เช่น การลดต้นทุน การเพิ่มความครอบคลุม หรือการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า และระบุข้อจำกัดต่างๆ เช่น งบประมาณ พื้นที่ หรือกฎระเบียบ จากนั้นจึงดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาทิ ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งที่มีศักยภาพ ความต้องการของลูกค้า ต้นทุนการขนส่ง และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง แล้วเลือกแบบจำลอง P-median ที่เหมาะสมกับปัญหา โดยพิจารณาจากวัตถุประสงค์ ข้อจำกัด และลักษณะของข้อมูล หลังจากที่ได้ผลลัพธ์จากการคำนวณแล้วจึงดำเนินการประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง และปรับปรุงแก้ไขหากจำเป็น

จะเห็นได้ว่า P-median problem สามารถช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายด้านโลจิสติกส์ ช่วยเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าจากการเข้าถึงการบริการที่รวดเร็ว ดังเช่น การหาสถานที่ตั้งของสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าทำให้เกิดความสะดวกสบายและยังเป็นปัจจัยให้คนตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ช่วยลดปัญหา PM 2.5 ที่มาจากการปล่อยไอเสียของรถยนต์เครื่องสันดาปภายใน ช่วยประกอบการตัดสินใจในการวางแผนกลยุทธ์ระยะยาวขององค์กรจากการเลือกสถานที่ตั้งของจุดให้บริการในด้านต่าง ๆ

P-median problem มีข้อจำกัดตรงที่มีความซับซ้อนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หากข้อมูลของจุดความต้องการ (ลูกค้า) และจุดให้บริการมีเป็นจำนวนมาก การทำงานของแบบจำลองต้องการข้อมูลที่แม่นยำและสมบูรณ์ เช่น ข้อมูลระยะทาง ข้อมูลต้นทุนค่าใช้จ่าย หรือข้อมูลความต้องการของผู้ใช้บริการ

P-median problem เป็นเครื่องมือเบื้องต้นที่ช่วยแก้ปัญหาในการเลือกทำเลที่ตั้ง หรือจุดให้บริการที่สามารถช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการได้ การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในภาคธุรกิจของประเทศไทยยังคงเป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับการศึกษาในอนาคต หากได้รวบรวมปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์เข้ารวมอยู่ในแบบจำลองด้วย

เอกสารอ้างอิง

- จันทร์ศิริ สิงห์เลื่อน. (2554). การเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด. *วิศวกรรมสาร มก*, 24(78), 107-122.
- จิตติวรดา ศรีสุวรรณดี และ สมบัติ สินธุเชาวน์. (2565). การประยุกต์ใช้วิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสำหรับการแก้ปัญหาการเลือกขนาดและเลือกสถานที่ตั้งเตาเผาขยะติดเชื้อสำหรับโรงพยาบาลชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 22(4), 106-120.
- วลัยลักษณ์ อัครวิวงศ์ และ สิวินัย ปงลังกา. (2563). การเลือกตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า: กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดีสทริบิวชั่น จำกัด. *วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 5(1), 10-24.
- สรวิศ ธีรประเสริฐ และ สราวุธ จันทร์สุวรรณ. (2562). การวิเคราะห์หาตำแหน่งจุดจอดยานพาหนะกัญญาที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร. *วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 4(1), 37-48.
- สุภาสิน ศรีณย์วงศ์, สิทธิพงษ์ ด้านตระกูล, & จุลิน ลิคะสิริ. (2559). ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาพีเซนเตอร์ โดย การพัฒนาขอบเขตบน. *Thai Journal of Operations Research: TJOR*, 4(1), 26-37.
- Celik, S., & Ok, S. (2024). Electric vehicle charging stations: Model, algorithm, simulation, location, and capacity planning. *Heliyon*, 10(7), E29153.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29153>
- Kalczynski, P., Suzuki, A., & Drezner, Z. (2020). *Obnoxious facility location: The case of weighted demand points*. arXivLabs. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.04386>
- Laporte, G., Nickel, S., & Saldanha, F. d. G. (2019). *Location science* (2nd ed.). Springer Nature.
- Tian, D., Yan, H., Duan, X., Cao, Y., Zhou, J., Hao, W., Long, K., & Gu, J. (2020). Optimal location for electric vehicles charging stations based on P-Median model. In Sun, X., Wang, J., Bertino, E. (Eds.), *Artificial Intelligence and Security (ICAIS 2020)* (pp. 278-289). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8086-4_26