วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 28 ฉบับที่ 3 ก.ค.–ก.ย. 2561
The Journal of KMUTNB., Vol. 28, No. 3, Jul.–Sep. 2018

บทความวิจัย

การกำหนดที่ตั้งสถานีช่วยเหลือฉุกเฉินที่เหมาะสมบนทางหลวงโดยตัวแบบครอบคลุมความต้องการสูงสุด: กรณีศึกษาจังหวัดนครปฐม

วิศรุต ปองเสงี่ยม และ ชัยพร วงศ์พิศาล
ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อรอุไร แสงสว่าง*
ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0–3721–7300 ต่อ 7086 อีเมล: ornurai.s@fitm.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.04.003
รับเมื่อ 7 กรกฎาคม 2560 ตอบรับเมื่อ 5 กันยายน 2560 เผยแพร่ออนไลน์ 18 เมษายน 2561
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เสนอการกำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินบนทางหลวงเพื่อช่วยเหลือด้านการเดินทางและการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่จังหวัดนครปฐม โดยใช้ตัวแบบการเลือกทำเลที่ตั้งสำหรับปัญหาการเลือกที่ตั้งที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด (Maximal Covering Location Model; MCLP) ในการวิเคราะห์ได้กำหนดพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ จำนวนเส้นทางบนทางหลวงซึ่งกำหนดให้เป็นที่สถานีสำหรับกำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน จำนวน 17 เส้นทาง หรือ 30 พื้นที่ จำนวนประชากรในพื้นที่ที่มีทางหลวงผ่านจำนวน 74 เขต จำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ 74 เขต และระยะทางระหว่างพื้นที่สำหรับกำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินและพื้นที่ที่อยู่อาศัยสำหรับประชากร 74 เขตในจังหวัดนครปฐม เพื่อเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินบนทางหลวงที่ครอบคลุมความต้องการในพื้นที่ได้สูงสุด ในการทดลองได้เปรียบเทียบการครอบคลุมความต้องการ 2 ประเภท ได้แก่ การครอบคลุมตามประชากรที่อาศัยในพื้นที่และการครอบคลุมตามจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ โดยกำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดเล็กครอบคลุมในระยะ 10 กิโลเมตร จุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดกลางครอบคลุมในระยะ 15 กิโลเมตร และจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดใหญ่ครอบคลุมในระยะ 20 กิโลเมตร จากผลการทดลองพบว่า การกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 8 ตำแหน่ง ระยะทางครอบคลุมภายใน 20 กิโลเมตร ตามการครอบคลุมประชากรที่อาศัยในพื้นที่สามารถครอบคลุมประชากรได้สูงสุด ร้อยละ 99.39 และการกำหนดตำแหน่งตามจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่สามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่สูงสุด ร้อยละ 99.47

คำสำคัญ: การเลือกทำเลที่ตั้ง, ปัญหาการเลือกที่ตั้งที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด, ทางหลวง

การอ้างอิงบทความ: วิศรุต ปองเสงี่ยม ชัยพร วงศ์พิศาล และ อรอุไร แสงสว่าง, "การกำหนดที่ตั้งสถานีช่วยเหลือฉุกเฉินที่เหมาะสมบนทางหลวงโดยตัวแบบครอบคลุมความต้องการสูงสุด: กรณีศึกษาจังหวัดนครปฐม," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 28, ฉบับที่ 3, หน้า 493–502, ก.ค.–ก.ย. 2561.

Research Article

Locating the Optimal Emergency Services Stations on Highway Using Maximal Covering Location Model: Case Study Nakhon Pathom Province

Visarut Pongsangiam and Chaiporn Vongpisal*

Department of Materials Handling and Logistics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

Ornurai Sangsawang*

Department of Industrial Management, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus, Prachin Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0–3721–7300 Ext. 7086, E–mail: ornurai.s@fitm.kmutnb.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.04.003

Received 7 July 2017; Accepted 5 September 2017; Published online: 18 April 2018
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objective of this research is to locate emergency highway service stations for roadside and medical emergencies in Nakhon Pathom province by using the Maximal Covering Location Model (MCLP). The important parameters include the number of highway routes, 17 alternate routes in 30 zones, population in areas along the highway, the number of accidents and distances between the emergency service stations and the residential places in 74 districts. To determine the optimal emergency stations, two coverage demands are considered; population trends and the number of accidents in the area. Three types of service stations, classified by their coverages, are experimentally tested including small, medium, and large emergency service stations within 10 km, 15 km, and 20 km distances respectively. As a result, 8 emergency service stations are needed for the maximum population coverage of 99.39% within 20 km., which handles 99.47% of total accidents.

Keywords: Facility Location, Maximal Covering Location Problem, Highway

Please cite this article as: V. Pongsangiam, C. Vongpisal, and O. Sangsawang, "Locating the optimal emergency services stations on highway using maximal covering location model: Case study Nakhon Pathom province," *The Journal of KMUTNB*, vol. 28, no. 3, pp. 493–502, Jul.–Sep. 2018 (in Thai).

1. บทนำ

ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินระหว่างการเดินทางบนท้องถนน เช่น อุบัติเหตุ ความบกพร่องของเครื่องยนต์ รถเสีย ยางแตก น้ำมันหรือแบตเตอร์รี่หมดระหว่างทาง เพื่อความสะดวกในการบรรเทาเหตุฉุกเฉิน ลดปัญหาการจราจรและอาชญากรรม การติดต่อขอความช่วยเหลือฉุกเฉินในพื้นที่เป็นสิ่งสำคัญ จุดให้บริการช่วยเหลือฉุกเฉินทำหน้าที่ประสานงานการช่วยเหลือ เครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็น กล้องวงจรปิด จัดให้มีโทรศัพท์ฉุกเฉินกรณีที่ไม่สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ประสานงานรถลาก ตำรวจ และเจ้าหน้าที่การแพทย์ที่เกี่ยวข้องเพื่อความปลอดภัยในการเดินทาง

งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการกำหนดที่ตั้งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินบนทางหลวงในพื้นที่จังหวัดนครปฐมโดยเปรียบเทียบการกำหนดตำแหน่งตามจำนวนประชากรที่อาศัยในพื้นที่และการกำหนดตำแหน่งตามจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ 74 ตำบล โดยระยะครอบคลุมสำหรับจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ จุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดเล็กซึ่งสามารถทำหน้าที่ช่วยเหลือฉุกเฉินครอบคลุมระยะทาง 10 กิโลเมตร จุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดกลางครอบคลุมระยะทาง 15 กิโลเมตรและจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดใหญ่ซึ่งครอบคลุมระยะทาง 20 กิโลเมตร

ในการวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมนั้นหลักการเลือกทำเลที่ตั้งเป็นตัวแบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาดังกล่าวได้ หากมองสภาพปัญหาจะจัดอยู่ในปัญหาลักษณะ P-median ซึ่งจัดว่าเป็นปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-hard) [1] ซึ่งมีความซับซ้อนในการหาคำตอบที่เหมาะสม การแก้ปัญหาการครอบคลุมความต้องการสูงสุดสามารถทำได้โดยวิธีแม่นตรง (Exact Algorithms) และวิธีฮิวริสติก (Heuristic Algorithms) โดยวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกจะใช้เวลาในการหาคำตอบได้เร็วแต่ไม่ยืนยันว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการหาคำตอบโดยวิธีแม่นตรงเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด [2] โดยใช้แบบจำลองสำหรับตัวแบบปัญหาการครอบคลุม (Covering Model) [3] ซึ่งการกำหนดจุดบริการให้ครอบคลุมประชาชนทั้งหมดต้องใช้ต้นทุนสูง ดังนั้นวิธีตัวแบบปัญหาการครอบคลุมสูงสุดวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดที่ตั้งให้ครอบคลุมเป้าหมายมากที่สุดโดยจำกัดต้นทุนหรือจำนวนสถานี (P) จึงมีความเหมาะสมกับปัญหาในลักษณะนี้ ในอดีตถึงปัจจุบันได้มีการวิจัยด้านปัญหากำหนดสถานที่ตั้งที่ครอบคลุมสูงสุดอย่างแพร่หลาย โดย Church และ ReVelle [3] ได้พัฒนาวิธีการหาคำตอบสำหรับตัวแบบกำหนดสถานที่ตั้งที่ครอบคลุมสูงสุดในรูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Problems) และเสนอวิธี Greedy Adding with Substitution (GAS) เป็นวิธีฮิวริสติกในการแก้ปัญหาซึ่งทำให้การหาคำตอบได้รวดเร็วขึ้น ปัญหาการกำหนดสถานที่ตั้งที่ครอบคลุมสูงสุดเป็นปัญหา NP-hard ซึ่งเป็นปัญหาที่มีจำนวนตำแหน่งผู้รับบริการ (Demand Centers) และจำนวนสถานีที่ตั้ง (Facility Locations) ที่แน่นอน มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดจำนวนสถานีให้บริการครอบคลุมความต้องการได้สูงสุดโดยไม่จำเป็นต้องครอบคลุมความต้องการทั้งหมด ได้มีการประยุกต์ปัญหาการกำหนดสถานที่ตั้งที่ครอบคลุมสูงสุดเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น การกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานีตำรวจใน Dallas, Texas โดย Curtin *et al*. [4] มีวัตถุประสงค์ให้สามารถเดินทางไปถึงจุดเกิดเหตุทันเวลา ต่อมา Frade และ Ribeiro [5] ได้ประยุกต์การแก้ปัญหาการกำหนดสถานที่ตั้งที่ครอบคลุมสูงสุดสำหรับการกำหนดตำแหน่งสำหรับระบบการใช้จักรยานร่วมกัน (Bike - Sharing System) ในโปรตุเกส โดยกำหนดขนาดยานพาหนะ ความจุของสถานที่ที่รองรับจักรยาน และจำนวนจักรยานของแต่ละสถานี เพื่อครอบคลุมความต้องการและอยู่ในงบประมาณที่จัดสรรได้ นอกจากนี้มีการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าโดย Chung [6] การเลือกตำแหน่งที่ตั้งในระบบผลิต [7] เลือกที่ตั้งที่ทำการไปรษณีย์ [8] เลือกสถานีรถไฟความเร็วสูง [14] ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการวิจัยด้านการแพทย์ฉุกเฉินและอุบัติเหตุบนท้องถนนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Srikijakarn และ Chanta [13] ได้ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดตำแหน่งรถปฏิบัติการฉุกเฉินเพื่อให้ครอบคลุมจำนวนผู้รับบริการมากที่สุดในเมืองปราจีนบุรี ต่อมาได้แบ่งประเภทรถตามระดับความรุนแรงของผู้ป่วยและพิจาณาความน่าจะเป็นเมื่อรถฉุกเฉินจะไม่ว่าง

[11] Intarasiripong [15] ได้พัฒนาตัวแบบปัญหาการครอบคลุมสูงสุดเพื่อจัดสรรตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน ทำให้จำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินได้รับบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีได้เพิ่มขึ้น Carolina [9] ได้ประยุกต์ใช้ปัญหาทำเลที่ตั้งของการครอบคลุมเซต (Set Covering Location Problem) ร่วมกับปัญหาทำเลที่ตั้งของการครอบคลุมที่คาดหวังสูงสุด (Maximum Expected Coverage Location Problem) เพื่อกำหนดจำนวนที่ตั้งและจำนวนรถฉุกเฉินที่เหมาะสมสำหรับหน่วยบริการการแพทย์ฉุกเฉินให้ครอบคลุมอุบัติเหตุที่เกิดในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน Promothes [10] ได้เสนอระบบปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวง โดยตัวแบบการหาค่าที่เหมาะสม โดยพิจารณางบประมาณ ข้อมูลอุบัติเหตุในอดีตและประเภทถนน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนอุบัติเหตุให้มีค่าต่ำสุดโดยรวมโครงการปรับปรุงความปลอดภัยหลายโครงการเข้าด้วยกัน ได้แก่ การประเมินตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง การปรับปรุงสภาพถนน การจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวง เป็นต้น

ในงานวิจัยด้านการแพทย์ฉุกเฉินและอุบัติเหตุบนท้องถนนได้มีการประยุกต์ใช้วิธีต่างๆ เช่น ตัวแบบการหาค่าที่เหมาะสม และตัวแบบการครอบคลุมความต้องการสูงสุดโดยพิจารณาข้อมูลเหตุการณ์ฉุกเฉินในอดีตเป็นหลักเท่านั้นเพื่อรองรับการบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน แต่ยังไม่มีงานวิจัยกำหนดจุดบริการช่วยเหลือเพื่อบรรเทาเหตุฉุกเฉิน งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการกำหนดจุดบริการช่วยเหลือเพื่อลดปัญหาการจราจรและอุบัติเหตุระหว่างการเดินทาง

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน โดยใช้ตัวแบบการเลือกที่ตั้งที่ครอบคลุม และแบ่งความต้องการการครอบคลุมเป็น 2 ประเภท ได้แก่ จำนวนประชากรและจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ที่มีทางหลวงผ่านทั้ง 74 ตำบล กำหนดจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน (P) เท่ากับ 4, 6, 8, 10 แห่ง ตามลำดับ จากจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินที่เป็นไปได้ 30 สถานี บนทางหลวงเส้นทางหลัก โดยใช้ซอฟต์แวร์ CPLEX ในการหาคำตอบที่เหมาะสม

2. ตัวแบบการเลือกที่ตั้งที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด (Maximal Covering Location Model)

ปัญหาการกำหนดสถานที่ตั้งที่ครอบคลุมสูงสุด พัฒนาโดย Church และ ReVelle [3] เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งให้กับจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินจำนวน P แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์ให้ครอบคลุมความต้องการของประชากรหรือจำนวนอุบัติเหตุสูงสุด ซึ่งพิจารณาผลคูณระหว่างจำนวนความต้องการของประชากรในแต่ละพื้นที่ (w_i) และพื้นที่ที่อยู่ในระยะครอบคลุมในการให้บริการจากจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน (Z_i) ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจดังนี้

$X_j = 1$ เมื่อจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินที่ j ได้รับเลือก
$= 0$ อื่นๆ
$Z_i = 1$ ถ้าความต้องการของประชากรหรือจำนวนอุบัติเหตุที่ตำบล i ได้รับการครอบคลุมในระยะที่กำหนด
$= 0$ อื่นๆ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$Maximize \quad \sum_i w_i Z_i \tag{1}$$

$$Subject\ to \quad \sum_{j \in N_i} X_j \geq Z_i \quad ; \forall i \tag{2}$$

$$\sum_j X_j = P \tag{3}$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad ; \forall_j \tag{4}$$

$$Z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \tag{5}$$

วัตถุประสงค์ (1) เพื่อครอบคลุมความต้องการของประชากรหรือจุดเกิดเหตุในพื้นที่ให้มากที่สุด โดยเงื่อนไขที่ (2) ว่าประชากรหรือจุดเกิดเหตุในพื้นที่ที่ได้รับการครอบคลุมก็ต่อเมื่ออยู่ภายในระยะทางที่กำหนด (10, 15 และ 20 กิโลเมตร ตามลำดับ) เงื่อนไขที่ (3) กำหนดให้จำนวนหน่วยบริการเท่ากับ P แห่ง และเงื่อนไขที่ (4)–(5) เป็นการกำหนด

ค่าของตัวแปรตัดสินใจในการกำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน j และความต้องการเมื่อตำบล i ได้รับการครอบคลุมตามลำดับ

3. ขั้นตอนวิธีการหาคำตอบ

3.1 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

จังหวัดนครปฐมเป็นเส้นทางผ่านในการเดินทางไปยังภาคตะวันตกและภาคใต้ ดังนั้นการพัฒนาและปรับปรุงทางหลวงให้สามารถรองกับการเดินทางของประชากรจึงเป็นสิ่งจำเป็น จังหวัดนครปฐมแบ่งออกเป็น 7 อำเภอ ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์จะพิจารณาเฉพาะตำบลที่มีทางหลวงตัดผ่าน 74 ตำบล ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ จำนวนประชากรจากระบบสถิติทางการทะเบียน กรมการปกครอง [16] และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในพื้นที่ดังกล่าวจากศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยบนท้องถนน [17] และการรวบรวมข่าวอุบัติเหตุที่เกิดในช่วงเดือนมกราคม – ธันวาคม 2559 ได้กำหนดจุดให้บริการช่วยเหลือฉุกเฉินบนถนนทางหลวงโดยแบ่งถนนทั้ง 17 เส้นทางหลัก ตามระยะห่างระหว่างจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 10 กิโลเมตร โดยอ้างอิงจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ [12] จะได้สถานีทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด 30 สถานี และกำหนดให้จุดศูนย์กลางของส่วนถนนเป็นที่ตั้งของจุดให้บริการช่วยเหลือฉุกเฉิน ซึ่งระยะทางระหว่างพื้นที่ที่อยู่อาศัยของประชากรและจุดให้บริการช่วยเหลือฉุกเฉินใช้ระยะทางจาก Google Map

3.2 การทดลอง

ในการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม (Optimization) ได้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่อยู่อาศัยของประชากร (Demand Nodes) และจุดให้บริการช่วยเหลือฉุกเฉิน (Facilities) ที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขของระยะทางที่กำหนด (Covered) หากจุดให้บริการช่วยเหลือฉุกเฉินอยู่ไกลจากพื้นที่ที่พิจารณาจะถือว่าไม่ครอบคลุม (Uncovered)

การทดลองได้แบ่งการกำหนดตำแหน่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินตามการครอบคลุมประชากรที่อาศัยในพื้นที่และการกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินตามจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ โดยพิจารณาค่าระยะทางที่ครอบคลุม 3 ระยะ ได้แก่ 10, 15 และ 20 กิโลเมตร เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณในการปรับปรุงและผลกระทบของประชาชนในพื้นที่อันเนื่องมาจากระยะเวลาในการทำการปรับปรุงถนน [12] และได้กำหนดจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินได้แก่ 4, 6, 8, 10 แห่ง ตามลำดับ และได้ประมวลผลโดยซอฟต์แวร์ IBM ILOG CPLEX Optimization Studio v12.7 ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ Intel Core i5 - 520M 2.4GHz 8GB

4. ผลการวิจัย

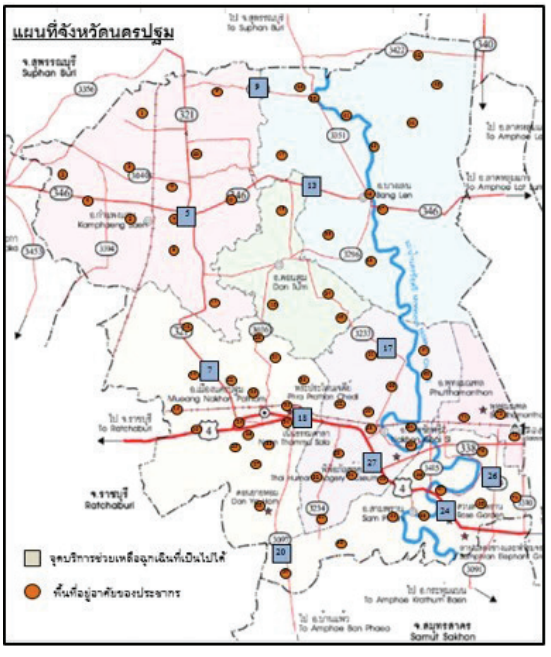
จากผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่ากรณีที่ 1 จำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินที่ครอบคลุมได้สูงสุด ภายในระยะทาง 10 กิโลเมตร โดยการกำหนดตำแหน่งการครอบคลุมทั้ง 2 ประเภท มีการครอบคลุมสูงสุดเมื่อ จำนวนจุดบริการเท่ากับ 10 ตำแหน่ง และตำแหน่งจุดบริการที่ตรงกัน จำนวน 6 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งจุดบริการที่ 5, 7, 18, 20, 24 และ 26 ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) และรูปที่ 1 (ข) ในการครอบคลุมประชากรที่อาศัยในพื้นที่สามารถครอบคลุมจำนวนประชากรในพื้นที่ได้ 80.29% ของจำนวนประชากรทั้งหมดและในการครอบคลุมตามสถานที่เกิดอุบัติเหตุสามารถครอบคลุมจำนวนประชากรในพื้นที่ได้ 73.16%

ในกรณีที่ 2 จำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินที่ครอบคลุมได้สูงสุดภายในระยะทาง 15 กิโลเมตร โดยการกำหนดตำแหน่งการครอบคลุมทั้ง 2 ประเภท มีการครอบคลุมสูงสุดเมื่อจำนวนจุดบริการเท่ากับ 10 ตำแหน่ง และการกำหนดตำแหน่งการครอบคลุมทั้ง 2 ประเภท มีตำแหน่งจุดบริการที่ตรงกัน จำนวน 7 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งจุดบริการที่ 3, 4, 12, 17, 19, 24 และ 28 ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก) และรูปที่ 2 (ข) ในการครอบคลุมประชากรที่อาศัยในพื้นที่สามารถครอบคลุมจำนวนประชากรในพื้นที่ได้ 97.97% ของจำนวนประชากรทั้งหมดและในการครอบคลุมตามจำนวนอุบัติเหตุสามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ได้ 98.42%

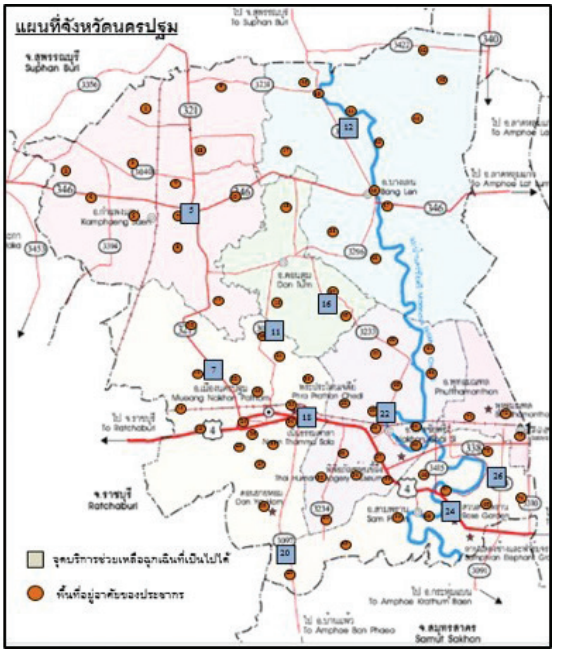
กรณีที่ 3 จำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินที่ครอบคลุมได้สูงสุดภายในระยะทาง 20 กิโลเมตร โดยการกำหนด

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน

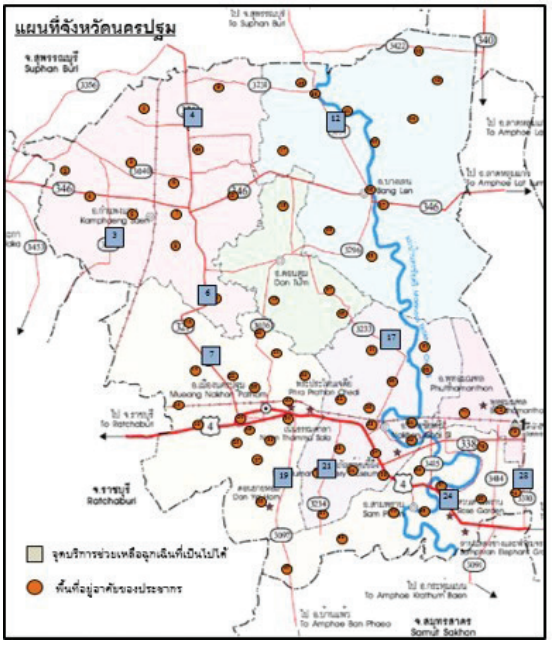
ระยะ (km)	P	กำหนดตำแหน่งตามความต้องการประชากร			กำหนดตำแหน่งตามจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่		
		% ครอบคลุม	ตำแหน่งจุดบริการ	เวลา (วินาที)	% ครอบคลุม	ตำแหน่งจุดบริการ	เวลา (วินาที)
10	4	51.03	7, 13, 18, 26	1.51	41.58	5, 7, 17, 29	1.54
	6	64.08	7, 13, 1,7 18, 23, 26	1.62	53.68	5, 7, 16, 17, 19, 29	1.70
	8	72.95	7, 9, 13, 17, 18, 24, 2,6 27	1.68	63.68	5, 7, 11, 16, 17, 18, 20, 29	1.49
	10	80.29	5, 7, 9, 13, 17, 18, 20, 24, 26, 27	1.92	73.16	5, 7, 11, 12, 16, 18, 20, 22, 24, 26	1.49
15	4	75.16	7, 12, 17, 29,	1.72	70.53	5, 8, 16, 29	1.46
	6	89.85	5, 7, 12, 17, 19, 29	1.76	86.84	5, 7, 12, 17, 19, 29	1.48
	8	95.64	4, 5, 7, 12, 17, 19, 24, 28	1.82	96.32	3, 4, 7, 12, 16, 19, 28, 29	1.56
	10	97.97	3, 4, 6, 7, 12, 17, 19, 21, 24, 28	1.71	98.42	3, 4, 8, 10, 11, 12, 17, 19, 24, 28	1.57
20	4	81.95	5, 8, 17, 25	1.49	84.21	5, 8, 17, 25	2.07
	6	93.93	5, 8, 12, 17, 21, 25	1.51	96.84	5, 8, 12, 17, 21, 25	1.49
	8	99.40	5, 8, 12, 17, 20, 24, 26, 27	1.62	99.47	5, 8, 12, 17, 20, 21, 24, 26	1.51
	10	99.40	1, 8, 9, 11, 12, 17, 20, 24, 26, 27	1.69	99.47	1, 8, 9, 11, 12, 17, 20, 21, 24, 26	1.62



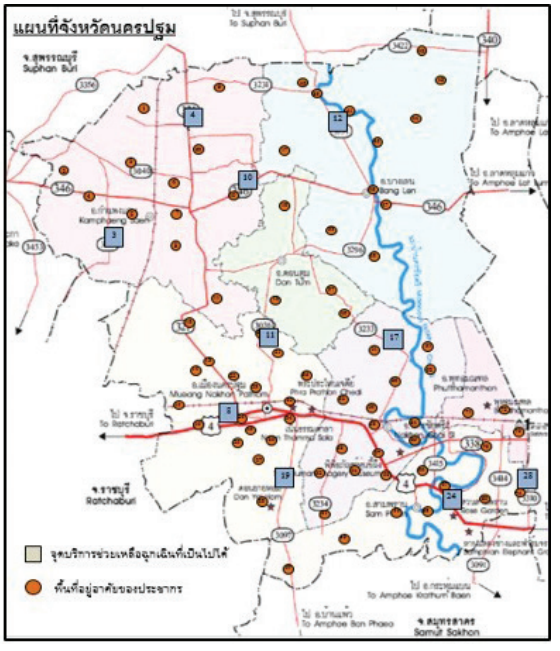
รูปที่ 1 (ก) d = 10 km P = 10 ครอบคลุมประชากร 80.29%



รูปที่ 1 (ข) d = 10 km P = 10 ครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ 73.16%



รูปที่ 2 (ก) d = 15 km P = 10 ครอบคลุมประชากร 97.97%

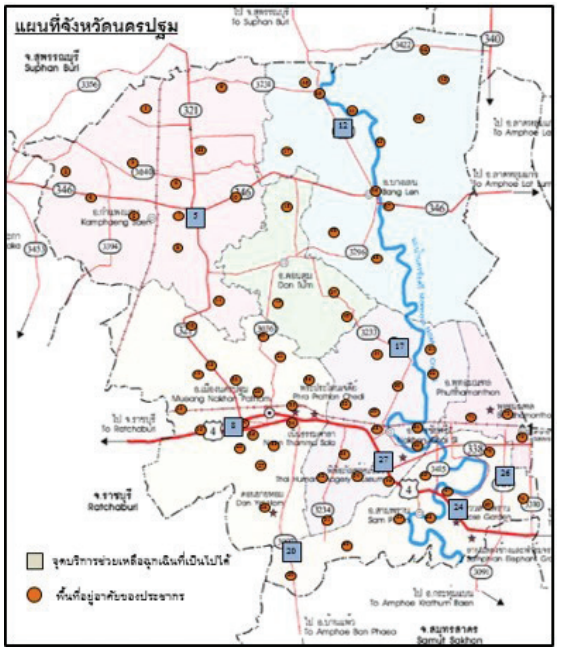


รูปที่ 2 (ข) d = 15 km P = 10 ครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ 98.42%

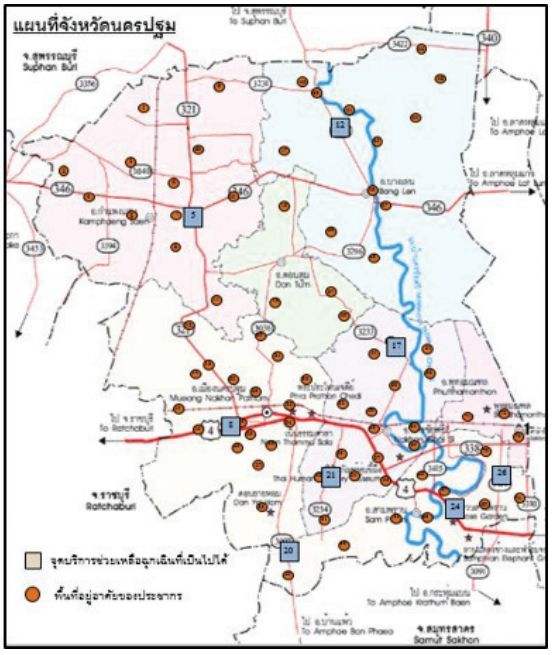
ตำแหน่งการครอบคลุมทั้ง 2 ประเภทมีการครอบคลุมสูงสุดเมื่อจำนวนจุดบริการเท่ากับ 8 และ 10 ตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อจำนวนจุดบริการเท่ากับ 8 ตำแหน่ง การกำหนดตำแหน่งการครอบคลุมทั้ง 2 ประเภท มีจุดบริการที่ได้ตรงกันจำนวน 7 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งจุดบริการที่ 5, 8, 12, 17, 20, 24 และ 26 ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) และรูปที่ 3 (ข) ในการครอบคลุมประชากรที่อาศัยในพื้นที่สามารถครอบคลุมจำนวนประชากรในพื้นที่ได้ 99.39 % ของจำนวนประชากรทั้งหมดและในการครอบคลุมตามจำนวนอุบัติเหตุสามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ได้ 99.47%

5. อภิปรายผลและสรุป

ในการวิจัยนี้ เป็นการแก้ปัญหาการเลือกที่ตั้งที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด สำหรับกำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินบนทางหลวงในพื้นที่จังหวัดนครปฐม จากเส้นทางบนทางหลวงซึ่งกำหนดให้เป็นที่สถานีสำหรับกำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินใน 30 พื้นที่ โดยพิจารณาความต้องการครอบคลุม 2 ประเภท ได้แก่ ความต้องการครอบคลุมสำหรับประชากรในพื้นที่ที่มีทางหลวงผ่านจำนวน 74 เขตในจังหวัดนครปฐม และความต้องการครอบคลุมตามจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ 74 เขตในจังหวัดนครปฐม ในการทดลองได้กำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดเล็กซึ่งสามารถครอบคลุมในระยะ 10 กิโลเมตร จุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดกลางซึ่งสามารถครอบคลุมในระยะ 15 กิโลเมตร และจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินขนาดใหญ่ที่ครอบคลุมในระยะ 20 กิโลเมตร โดยกำหนดจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 4, 6, 8 และ 10 แห่ง ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่ากรณีที่ระยะทางครอบคลุมภายใน 10 กิโลเมตร เมื่อจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 10 แห่ง สามารถครอบคลุมประชากรได้สูงสุด ร้อยละ 80.29 ในขณะที่ครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ ร้อยละ 73.16 โดยทั้ง 2 ประเภท มีการกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินตรงกัน 6 ตำแหน่ง จากจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 10 ตำแหน่ง



รูปที่ 3 (ก) d = 20 km P = 8 ครอบคลุมประชากร 99.39%



รูปที่ 3 (ข) d = 20 km P = 8 ครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ 99.47%

กรณีที่ระยะทางครอบคลุมภายใน 15 กิโลเมตร เมื่อจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 10 แห่ง สามารถครอบคลุมประชากรได้สูงสุด ร้อยละ 97.97 ในขณะที่ครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ ร้อยละ 98.42 โดยทั้ง 2 ประเภท มีการกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินตรงกัน 7 ตำแหน่ง จากจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 10 ตำแหน่ง และกรณีที่ระยะทางครอบคลุมภายใน 20 กิโลเมตร โดยมีจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 8 แห่ง และ10 แห่ง สามารถครอบคลุมประชากรได้สูงสุดได้เท่ากัน ร้อยละ 99.39 ในขณะที่ครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ ร้อยละ 99.47 โดยทั้ง 2 ประเภท มีการกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินตรงกัน 7 ตำแหน่ง จากจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 8 ตำแหน่ง และสำหรับจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 10 ตำแหน่ง พบว่าตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินที่ได้ตรงกัน 9 ตำแหน่ง

จากผลการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากการกำหนดตำแหน่งการครอบคลุมทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ การกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินตามการครอบคลุมประชากรและการกำหนดตำแหน่งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินครอบคลุมตามจำนวนอุบัติเหตุ พบว่าเมื่อระยะการครอบคลุมเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การครอบคลุมความต้องการจะเพิ่มขึ้น ในกรณีที่ 3 จำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินที่ครอบคลุมได้สูงสุดภายในระยะทาง 20 กิโลเมตร การกำหนดตำแหน่งการครอบคลุมทั้ง 2 ประเภท มีการครอบคลุมสูงสุดเมื่อจำนวนจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินเท่ากับ 8 และ 10 ตำแหน่ง ดังนั้นจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน 8 ตำแหน่ง จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งจุดบริการกว่าจำนวนจุดบริการ 10 ตำแหน่ง และพบว่าเมื่อระยะในการครอบคลุมเพิ่มขึ้น การกำหนดตำแหน่งของจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินทั้ง 2 ประเภท มีตำแหน่งของจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินที่ตรงกันเพิ่มขึ้น

งานวิจัยในอนาคตสามารถกำหนดน้ำหนักของค่าวัตถุประสงค์จากความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุพื้นที่ ระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุโดยใช้ข้อมูลในอดีตและพิจารณาค่าช่วง

เวลาที่แตกต่างกันเพื่อกำหนดที่ตั้งจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉินบนทางหลวง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับคำแนะนำการใช้ซอฟท์แวร์ IBM ILOG CPLEX Optimization Studio v12.7 จาก ผศ.ดร. สุนาริน จันทะ ผู้เป็นต้นแบบงานวิจัยด้านตัวแบบการเลือกทำเลที่ตั้ง

เอกสารอ้างอิง

[1] O. Kariv and S. L. Hakimi, "An algorithmic approach to network location problems part I: the p-centers," *SIAM Journal of Applied Mathematics*, vol. 37, no. 3, pp. 513–538, 1979.

[2] S. H. Owen and M. S. Daskin, "Strategic facility location: A review," *European Journal of Operational Research*, vol. 111, pp. 423–447, 1998.

[3] R. Church and C. ReVelle, "The Maximal covering location problem," *Papers of the Regional Science Association*, vol. 32, pp. 101–118, 1974.

[4] K. M. Curtin, K. Hayslett, and F. Qiu, "Determining optimal police patrol areas with maximal covering and backup covering location models," *Networks and Spatial Economics*, vol. 10, pp. 125–145, 2007.

[5] I. Frade and A. Ribeiro, "Bike- sharing stations: A maximal covering location approach," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 82, pp. 216–227, 2015.

[6] C. H. Chung, "Recent applications of the Maximal Covering Location Problem (MCLP) model," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 37, pp. 735–746, 1986.

[7] M. Daskin, P. C. Jones, and T. J. Lowe, "Rationalizing tool selection in a flexible manufacturing system for sheet metal products," *Operations Research*, vol. 38, pp. 1104–1115, 1990.

[8] F. R. Dwyer and J. R. Evans, "A branch and bound algorithm for the list selection problem in direct mail advertising," *Management Science*, vol. 27, pp. 658–667, 1981.

[9] C. Castañeda and J.G. Villegas, "Analyzing the response to traffic accidents in Medellín, Colombia with facility location models," *International Association of Traffic and Safety Sciences Research*, vol. 41, pp. 47–56, 2017.

[10] P. Saha and K. Ksaibati, "An optimization model for improving highway safety," *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 3, no. 6, pp. 549–558, 2016.

[11] P. Srikijakarn and S. Chanta, "Determining appropriate emergency medical service unit locations by considering severity of patient's condition: A case study in Muang District, Prachin Buri province," *The Journal of King Mongkut University of North Bangkok*, vol. 25, no. 2, pp. 243 – 254, 2015 (in Thai).

[12] S. Dejpirattanamongkol, S.Vananuvethapong, and A. Maiwattana, "Development of pavement management system for department of highways under budget," *Journal of Community Development Research*, vol. 2, no. 2, pp. 47–58, 2008 (in Thai).

[13] P. Srikijakarn and S. Chanta, "Determining appropriate emergency medical service unit locations in Muang District, Prachin Buri procince," in *Proceedings of the 13th Thai value Chain Management and Logistics*

Conference, 2013 (in Thai).

[14] T. Prampree, P. Rattanatanyakul, C. Khunikakorn, and S. Chanta,"Transport hub link location selection for high speed rail," in *Proceedings of the 13th OR-NET*, 2015 (in Thai).

[15] W. Intarasiripong, "The development of an EMS facility location model to minimize response time: a case study of Nakorn Ratchasima Province," M.S. thesis, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology, 2014 (in Thai).

[16] The Bureau of Registration Administration, Department of Provincial Administration, Official Statistics Registration Systems. Bangkok, Thailand [Online]. Available: http://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statTDD

[17] Technology Information Department, Road Accident Victims Protection Company Limited, Thai RSC Statistical Report, Bangkok, Thailand [Online]. Available: http://www.thairsc.com/