

การกำหนดที่ตั้งจุดบริการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสมบนทางหลวงโดยตัวแบบครอบคลุมความต้องการสูงสุด: กรณีศึกษาจังหวัดตาก  
THE STUDY OF LOCATION ASSIGNMENT FOR EMERGENCY MEDICAL SERVICES STATIONS ON THE HIGHWAY USING  
MAXIMAL COVERING LOCATION PROBLEM MODEL: CASE STUDY TAK PROVINCE

กฤตินิ เจนสิราสุรชิต<sup>1\*</sup> และ ทรงยศ กิจธรรมเกษร<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ประเทศไทย

\*Corresponding author address: songyot@eng.ac.th

**บทคัดย่อ**

จุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินมีความสำคัญอย่างยิ่ง เป็นการช่วยเหลือและเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ประสบอุบัติเหตุ ด้วยระยะเวลาการตอบสนองในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุที่มีความรวดเร็ว และมีตำแหน่งที่ตั้งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่มีความเหมาะสมในพื้นที่ งานวิจัยนี้นำเสนอตำแหน่งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินโดยใช้วิธีการจัดสรรตำแหน่งที่สามารถครอบคลุมความต้องการของผู้ป่วยฉุกเฉินให้มากที่สุด (Maximal Covering Location Problem ;MCLP) จำนวนอุบัติเหตุ และระยะเวลาการตอบสนองของจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุ ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินบนถนนทางหลวงที่เหมาะสมและครอบคลุมความต้องการในพื้นที่สูงที่สุด จากกรณีศึกษาจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่จังหวัดตาก พบว่า จำนวนจุดบริการที่กรมทางหลวงมีการวางแผน อาจไม่เพียงพอต่อการเข้าถึงตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุได้ตามมาตรฐานของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ การเพิ่มหรือเพิ่มประสิทธิภาพจำนวนจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินมีความจำเป็นในการลดระยะเวลาในการเข้าช่วยเหลือ และบางกรณีควรพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งที่สามารถดำเนินงานร่วมกันหากมีผู้ประสบอุบัติเหตุจำนวนมาก

**คำสำคัญ:** การจัดสรรตำแหน่งที่สามารถครอบคลุมความต้องการให้มากที่สุด, จุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน, ทางหลวง,

**Abstract**

Emergency Medical Service (EMS) plays a significant role in reducing the death and injury. The EMS can save patient's lives from accidents with limited response time to reach the case. This study is to locate emergency medical service stations by using the Maximal Covering Location Model (MCLP). The number of accidents and the response time of the emergency medical service to reach the incident site are used. From a case study of the Emergency Medical Service position in Tak province, we find that the number of service points that the Department of Highways has planned may not be sufficient to reach the standard criteria. Increasing the number of emergency medical services is very imperative. Moreover, the location of the service point that can be operated together should be considered if there are many accidents.

**Keywords:** Maximal Covering Location Problem, Emergency Medical Service, Highway

**1. บทนำ**

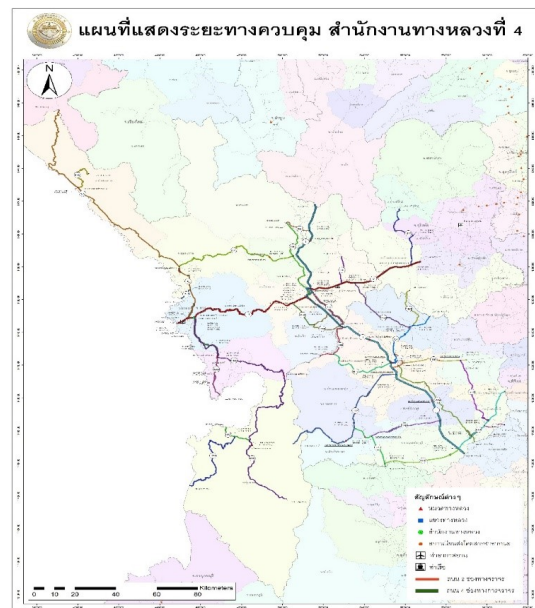
ในปัจจุบันเหตุการณ์ฉุกเฉินและอุบัติเหตุระหว่างการเดินทางบนทางหลวงแผ่นดินในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจำนวนมาก เนื่องจากมีสาเหตุมาจากภัยพิบัติทางธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ที่ส่งผลให้เกิดการเสียชีวิตและการบาดเจ็บต่อประชาชน และส่งผลกระทบต่อความเสียหายต่อประเทศในหลายๆด้าน รวมไปถึงคุณภาพชีวิตของประชาชนที่เป็นกลไกสำคัญในระบบต่างๆ ในการขับเคลื่อนและพัฒนาประเทศ โดยปัจจุบันหลายจังหวัดในประเทศไทยมีแนวโน้มเกิดอุบัติเหตุและทวีความรุนแรงมากขึ้นโดยเฉพาะจังหวัดที่อยู่ในแนวระเบียงเศรษฐกิจที่มีการขนส่งเข้าออกระหว่างชายแดนจำนวนมาก โดยจังหวัดตากถือเป็นอีกหนึ่งที่ตั้งอยู่บนแนวระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก/ตะวันตก

(East-West Economic Corridor : EWEC) ที่สามารถเชื่อมกับเขตพัฒนาเศรษฐกิจชายแดนจังหวัดเมียวดีของประเทศเมียนมาร์ซึ่งสภาพบริเวณชายแดนด้านแม่สอดมีการขนส่งผ่านเข้าออกจำนวนมาก และจังหวัดตากยังมีทางหลวงแผ่นดินผ่านหลายเส้น เช่น ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 สายกรุงเทพมหานคร-แม่สอด และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 12 สายกลางสะพานมิตรภาพที่แม่สอด ส่งผลให้ช่วงเทศกาลต่างๆ มีการจราจรที่หนาแน่นและอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่สูง ดังนั้นการบริหารจัดการระบบการให้บริการด้านสาธารณสุขและด้านความปลอดภัยจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการป้องกันการสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยคำนึงถึงความทั่วถึง เท่าเทียม และครอบคลุมการได้รับการช่วยเหลืออย่างมีประสิทธิภาพและทันต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน เพื่อป้องกันการสูญเสียที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที โดยระบบการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency

Medical Service หรือ EMS) เป็นส่วนที่สำคัญในระบบการให้บริการทางสาธารณสุขในปัจจุบัน โดยมุ่งหวังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพในการให้บริการดูแลประชาชนอย่างมีคุณภาพ โดยเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นผู้ป่วยฉุกเฉินส่วนใหญ่มีอาการเฉียบพลัน จะต้องได้รับการดูแลรักษาตั้งแต่จุดเกิดเหตุและได้รับการช่วยเหลือทางการแพทย์เบื้องต้นเพื่อให้มีความปลอดภัย ดังนั้น ระบบการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินจึงมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบการให้บริการด้านสาธารณสุข และมีการเฝ้าระวังติดตามการเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินอย่างใกล้ชิดและควรมีตำแหน่งจุดบริการที่ครอบคลุมและสามารถเข้าถึงและดูแลผู้ป่วยฉุกเฉินอย่างทั่วถึง จากการศึกษาที่ผ่านมาในการแก้ปัญหาการวางจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินและจุดจอดพาหนะฉุกเฉิน ได้มีการนำเสนอการแก้ปัญหาโดยนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อหาตำแหน่งจุดบริการที่เหมาะสม นัธธดนัย (2559) ได้พัฒนาแบบจำลองการแก้ปัญหาเพื่อจัดสรรตำแหน่งจุดบริการทางแพทย์ฉุกเฉินให้มีความเหมาะสมโดยคำนึงถึงอัตราในการรอดชีวิตที่สูงที่สุดในพื้นที่กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา [1] พลอยพรรณ (2557) พัฒนาแบบจำลองแก้ปัญหาตำแหน่งจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินเพื่อให้สามารถครอบคลุมจำนวนผู้ใช้บริการมากที่สุด โดยกำหนดเวลาการตอบสนองมาตรฐานที่เหมาะสมกับระดับความรุนแรงของอาการผู้ป่วย [2] แบบจำลองการแก้ปัญหาการจัดสรรตำแหน่งที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด Maximum Coverage Location Problem; MCLP ได้นำมาพัฒนาโดย วิศรุต ปองเสงี่ยม และ ชัยพร วงศ์พิศาล (2561) เพื่อเสนอการกำหนดตำแหน่งจุดช่วยเหลือฉุกเฉินบนทางหลวงเพื่อช่วยเหลือด้านการเดินทางและการแพทย์ฉุกเฉินโดยกรณีศึกษาจังหวัดนครปฐม [3] และ ในต่างประเทศได้มีการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองที่ใช้สำหรับการวางจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน Hossein Mojjaddadi R (2019) ได้พัฒนาแบบจำลอง Coverage Location Problem จัดสรรตำแหน่งศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉินในพื้นที่เมือโกตาจามันซาราในประเทศมาเลเซียที่มีผลกระทบอุทกภัยน้ำท่วมขังบ่อยครั้ง [4] Ibrahim B (2017) ได้พัฒนาแบบจำลอง Location Set Covering Problem (LSCP) นำระยะเวลาในการตอบสนองที่แตกต่างกันคือ 10 และ 15 นาทีมาวิเคราะห์และกำหนดจุดให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสม [5] Modular Capacitated Maximal Covering Location Problem (MCMCLP) ได้ถูกนำมาพัฒนาโดย Yin และ Mu (2012) สำหรับจัดสรรตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของจุดจอดรถพยาบาล ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและการเข้าถึงจุดเกิดเหตุ โดยจะสามารถครอบคลุมพื้นที่บริการให้ได้มาก [6] ดังนั้นการวางตำแหน่งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสม โดยครอบคลุมจำนวนผู้ที่ต้องการรับบริการมากที่สุด ถือเป็นการตัดสินใจเชิงกล

ยุทธที่สำคัญ เนื่องจากสามารถช่วยเหลือและดูแลผู้ป่วยฉุกเฉิน ณ จุดเกิดเหตุได้ทันทั่วถึง

งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการกำหนดจุดบริการช่วยเหลือและบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินบนทางหลวงในพื้นที่จังหวัดตากดังแสดงในรูปที่ 1 โดยใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสม (Covering Location Problem) โดยมีเป้าหมายเพื่อครอบคลุมจำนวนความต้องการของผู้ป่วยฉุกเฉินและจำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงให้มากที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของระยะเวลาในการตอบสนองเข้าถึงตัวผู้ป่วยและจุดเกิดเหตุ โดยใช้ระยะเวลาในการตอบสนองตามมาตรฐานของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ โดยผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตมีเกณฑ์มาตรฐานไม่ควรเกิน 8 นาที และสำหรับผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนอยู่ในช่วงเวลา 15 นาที และสำหรับผู้ป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรงไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง โดยคำนึงถึงภูมิประเทศสิ่งแวดล้อมตามความเหมาะสมและในสถานการณ์จริงหน่วยปฏิบัติการบัติจะต้องเข้าถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินให้เร็วที่สุดเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วยฉุกเฉิน



รูปที่ 1 แสดงพื้นที่ของจังหวัดตาก

ที่มา : สำนักงานบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง

## 2. กระบวนการและหลักการของระบบบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน

การเจ็บป่วยฉุกเฉินเป็นภาวะวิกฤตของชีวิต ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือรักษาอย่างทันทั่วถึง อาจจะทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตหรือเกิดความบกพร่องต่ออวัยวะสำคัญต่างๆของผู้ป่วย ดังนั้น การจัดการให้ผู้ป่วยฉุกเฉินได้รับการปฏิบัติการฉุกเฉินที่ได้มาตรฐานจนพ้นภาวะฉุกเฉินหรือได้รับการรักษาอย่างทันทั่วถึงที่ทันทั่วถึง จึงเป็นหลักการสำคัญในการพัฒนาระบบการแพทย์ฉุกเฉิน

โดยภายในงานศึกษานี้จะยึดหลักมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธี

ปฏิบัติเกี่ยวกับระบบการแพทย์ฉุกเฉิน ของสถาบันการแพทย์  
ฉุกเฉินแห่งชาติ [7] โดยจะมีหลักเกณฑ์และมาตรฐานเกี่ยวข้อง  
ดังต่อไปนี้

## 2.1. ระบบการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินตาม มาตรฐานของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ

กระบวนการหลักในการให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน  
ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลักได้แก่

เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Detection) คือผู้แจ้งเหตุหรือผู้พบ  
เหตุการณ์ฉุกเฉิน แจ้งต่อหน่วยงานฉุกเฉินด้วยหมายเลข 1669  
พร้อมข้อมูลรายละเอียดต่างๆของเหตุการณ์ฉุกเฉิน

ศูนย์แจ้งเหตุฉุกเฉิน (Response time) หน่วยงานรับ  
แจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินรับข้อมูลจากผู้แจ้งพร้อมจำแนกอาการและ  
เหตุการณ์รายละเอียดต่างๆของผู้ป่วยขั้นต้น พร้อมมอบหมาย  
หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินเข้าสู่พื้นที่ โดยหน่วยปฏิบัติการทางการแพทย์  
ฉุกเฉินประกอบด้วย 3 ระดับ ระดับที่ 1 หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉิน  
เบื้องต้น) First Responder; FR) เป็นอาสาสมัครที่ไม่ใช่บุคลากร  
ทางการแพทย์ โดยผ่านการฝึกอบรมการช่วยเหลือผู้ประสบ  
เหตุการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้นมี  
ความสามารถในการประเมินและการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ระดับ  
ที่ 2 หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินขั้นต้น) Basic Life Support; BLS)  
ประกอบด้วย หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินจำนวน 1 คน ซึ่งต้อง  
เป็นเวชกรฉุกเฉินระดับต้น (Emergency Medical Technician-  
Basic; EMT-B) คือบุคลากรที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นเวชกร  
ฉุกเฉินระดับต้น โดยผ่านการอบรมหลักสูตรเวชกรฉุกเฉินระดับต้น  
และระดับที่ 3 หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินขั้นสูง) Advance Life  
Support; ALS) ประกอบไปด้วยบุคลากรที่มีความสามารถทาง  
การแพทย์เฉพาะทาง เช่น แพทย์ พยาบาล หรือบุคลากรที่ผ่านการ  
อบรมเรื่องการช่วยชีวิตขั้นสูงและมีความสำคัญต่อระบบบริการ  
ทางแพทย์ฉุกเฉิน

ศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการ มอบหมายหน้าที่แก่หน่วย  
ปฏิบัติการฉุกเฉิน (Response) หน่วยงานรับแจ้งเหตุส่งหน่วย  
ปฏิบัติการฉุกเฉินเข้าสู่จุดเกิดเหตุ พร้อมติดต่อสถานพยาบาล โดย  
การเข้าสู่จุดเกิดเหตุจะคำนึงถึงระยะเวลาตอบสนองตามมาตรฐาน  
ของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ โดยจำแนกระดับของผู้ป่วย  
เป็น 3 ระดับดังต่อไปนี้ รหัสสีแดง หมายถึง “ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤติ ”  
มีเกณฑ์มาตรฐานของระยะเวลาการตอบสนองในการเข้าถึงตัว  
ผู้ป่วยไม่ควรเกิน 8 นาที รหัสสีเหลือง หมายถึง “ผู้ป่วยฉุกเฉิน  
เร่งด่วน ” มีเกณฑ์มาตรฐานของระยะเวลาการตอบสนองในการ  
เข้าถึงตัวผู้ป่วยไม่ควรเกิน 10 นาที รหัสสีเขียว หมายถึง “ผู้ป่วย  
ฉุกเฉินไม่รุนแรง มีเกณฑ์มาตรฐานของระยะเวลาการตอบสนองใน  
การเข้าถึงตัวผู้ป่วยไม่ควรเกิน 15 นาที หรือภายในไม่เกิน 2 ชั่วโมง  
ชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเข้าถึงตัวผู้ป่วยฉุกเฉิน (On Scene Care)

หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินจะประเมินสภาพผู้ป่วยและจัดความ  
ปลอดภัยสภาพแวดล้อมโดยรอบ และรักษาพยาบาลเบื้องต้นพร้อม  
ลำเลียงผู้ป่วยสู่สถานพยาบาล

หน่วยปฏิบัติการออกจากจุดเกิดเหตุ เพื่อลำเลียงขนย้ายและ  
ดูแลผู้ป่วยฉุกเฉินระหว่างการนำส่งสถานพยาบาล (Care in  
transit) การดูแลผู้ป่วยฉุกเฉินระหว่างลำเลียงต้องระวังไม่ให้ผู้ป่วย  
ฉุกเฉินเกิดการบาดเจ็บซ้ำ ผู้ลำเลียงควรผ่านการฝึกอบรมเทคนิค  
วิธีการอย่างถูกวิธี และประเมินสภาพผู้ป่วยเป็นระยะๆ ในระหว่าง  
การลำเลียงสู่สถานพยาบาล

หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินนำส่งผู้ป่วยสู่สถานพยาบาล (Transfer  
to definitive care) การนำส่งโรงพยาบาลมีผลต่อผู้ป่วยฉุกเฉิน  
เป็นอย่างมาก ควรคำนึงถึงความพร้อมของโรงพยาบาลและเวลาใน  
การนำส่ง เพื่อให้ผู้ป่วยฉุกเฉินเข้ารับการรักษาให้รวดเร็วที่สุด

## 2.2. ระยะเวลาในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการ ให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน

เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์และสะท้อนถึงประสิทธิภาพใน  
การให้บริการแพทย์ฉุกเฉิน โดยนำระยะเวลาการตอบสนองเข้าถึง  
จุดเกิดเหตุตามมาตรฐานของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ  
นำมาเป็นปัจจัยหลักในการวิเคราะห์ เนื่องจากมีสมมุติฐานที่  
สามารถยืนยันได้ว่า เมื่อหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินสามารถใช้เวลา  
ระยะเวลาในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินได้รวดเร็วจะส่งผลให้ผู้ป่วย  
ฉุกเฉินมีโอกาสในการรอดชีวิตที่สูงขึ้น [9] ดังนั้นจึงนำระยะเวลา  
การตอบสนองตามเกณฑ์มาตรฐานของระยะเวลาการตอบสนองใน  
การเข้าถึงตัวผู้ป่วย (ผู้ป่วยวิกฤติ) ไม่ควรเกิน 8 นาที และความเร็ว  
ของพาหนะฉุกเฉินตาม (มาตรฐานการป้องกันและแก้ปัญหาการ  
เกิดอุบัติเหตุของรถพยาบาลและความคุ้มครองอุบัติเหตุทางถนน  
กรณีการเกิดอุบัติเหตุของรถพยาบาล กระทรวงสาธารณสุข  
ปีงบประมาณ พ.ศ.2562) โดยความเร็วมาตรฐานตามการ  
กำหนดให้พาหนะฉุกเฉินมีความเร็วไม่เกิน 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง  
[10]

## 3. แบบจำลองการแก้ปัญหา

การศึกษานี้ นำแบบจำลองการแก้ปัญหา Maximal Covering  
Location Problem (MCLP) เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งจุดบริการ  
จากการกำหนดจำนวน  $P$  แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์ให้ครอบคลุม  
จำนวนอุบัติเหตุสูงสุด ซึ่งจะพิจารณาจากผลคูณระหว่างจำนวน  
อุบัติเหตุในพื้นที่ในความรับผิดชอบของจุดบริการทางการแพทย์  
ฉุกเฉิน ( $w_i$ ) และระยะครอบคลุมจุดอุบัติเหตุจากจุดให้บริการทาง  
การแพทย์ฉุกเฉิน ( $Y_i$ ) เพื่อแก้ปัญหาการวางตำแหน่งจุดบริการทาง  
การแพทย์ฉุกเฉินที่สามารถครอบคลุมความต้องการของผู้ป่วย  
ฉุกเฉินและจำนวนอุบัติเหตุให้มากที่สุด โดยคำนึงถึงระยะเวลาการ  
ตอบสนองในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุตามมาตรฐานของสถาบันทาง

การแพทย์ฉุกเฉิน โดยรายละเอียดในแบบจำลอง Maximal Covering Location Problem (MCLP) ดังต่อไปนี้ [8]

$$\text{Maximize } \sum_{i \in I} w_i Y_i \quad (1)$$

S.t.

$$Y_i - \sum_{i \in j} a_{ij} X_j \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i=j} X_j = P \quad (3)$$

$$Y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$X_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J - A \quad (5)$$

$$X_a = 1 \quad \forall a \in A \quad (6)$$

ดัชนี (Indexes)

i = จำนวนอุบัติเหตุที่ถูกครอบคลุม ณ ตำแหน่ง i โดยที่ i = 1,...,n

j = จุดให้บริการทางการแพทย์ตำแหน่งที่ j โดยที่ j = 1,...,n

a = จุดบริการหลักโรงพยาบาลตำแหน่งที่ a โดยที่ a = 1,...,n

พารามิเตอร์ (Parameters)

P = จำนวนจุดให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่ถูกกำหนด

$w_i$  = จำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ของ แต่ละจุดให้บริการ j

$a_{ij}$  = ระยะทางเข้าถึงจุดเกิดเหตุโดยคำนึงถึงความเร็วพาหนะ และระยะเวลาตอบสนองเข้าถึงจุดเกิดเหตุ

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

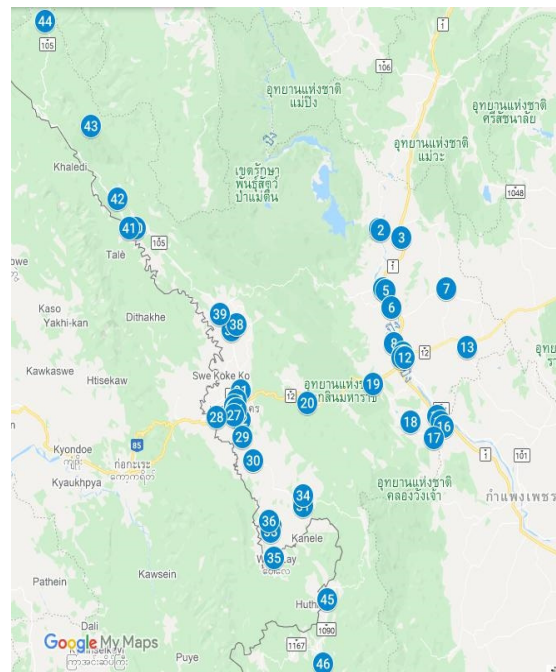
$X_j$  = จุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน {1 เมื่อมีจุดบริการช่วยเหลือฉุกเฉิน, 0 ไม่มีจุดบริการ}

$Y_i$  = จำนวนอุบัติเหตุที่ถูกครอบคลุมโดยจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินโดย {1 ถูกครอบคลุม, 0 ไม่ถูกครอบคลุม}

จากแบบจำลองการขึ้นต้น สมการวัตถุประสงค์ สมการที่ (1) การบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่สามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุให้ได้มากที่สุด สมการที่ (2) ผู้ใช้บริการจะต้องได้รับบริการจากจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่อยู่ในระยะทางที่กำหนดอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง สมการที่ (3) เป็นข้อจำกัดในการเลือกจำนวนตำแหน่งจุดบริการให้บริการให้เท่ากับแหล่งจุดบริการที่กำหนด (P แห่ง) สมการที่ (4) และสมการที่ (5) แสดงข้อจำกัดเชิงตัวแปรในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งและการจัดสรรบริการ และสมการที่ (6) แสดงข้อจำกัดจุดบริการที่เป็นโรงพยาบาลหลักหรือหน่วยปฏิบัติการระดับ ALS จะถูกเลือกเป็นจุดบริการอย่างแน่นอน เนื่องจากจุดบริการระดับ ALS สามารถดูแลและปฐมพยาบาลขั้นสูงให้แก่ผู้ป่วยฉุกเฉิน

#### 4. กรณีศึกษา

ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์จะพิจารณาจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดในพื้นที่จังหวัดตาก โดยรวบรวมข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุมาจากกรมทางหลวง ระบบสารสนเทศอุบัติเหตุบนทางหลวง (Highway Accident Information Management System: HAIMS) โดยนำจำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงทั้งหมด ในจังหวัดตากทั้งหมด 5 ปีย้อนหลังตั้งแต่ พ.ศ.2559-2563 เพื่อนำมาวิเคราะห์วางแผนตำแหน่งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน โดยตำแหน่งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินนำข้อมูลมาจากสถาบันทางการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ ซึ่งระดับของหน่วยปฏิบัติการที่นำมาพิจารณาทั้งหมด 3 ระดับ คือหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินระดับ ALS มีจำนวนทั้งหมด 10 จุด ซึ่งจุดบริการเป็นโรงพยาบาลหลักทั้งหมด หน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินระดับ BLS มีจำนวน 4 จุด และหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินระดับ FR จำนวน 32 จุด โดยจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่จังหวัดตากทั้งหมด 46 จุดจะแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3 แสดงตำแหน่งของจุดบริการทางการแพทย์ในพื้นที่จังหวัดตาก โดยข้อมูลจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินทั้งหมดนำข้อมูลมาจาก ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน (INFORMATION TECHNOLOGY FOR EMERGENCY MEDICAL SYSTEM; ITEMS)



รูปที่ 3 ตำแหน่งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่

ตารางที่ 1 จุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่จังหวัดตาก

ลำดับ	จุดบริการ	ระดับ	ลำดับ	จุดบริการ	ระดับ
1	ร.พ.สามเงา	ALS	24	ร.พ.นครแม่สอด อินเตอร์	ALS
2	มูลนิธิตากร่วมใจสงเคราะห์จุดสามเงา	FR	25	มูลนิธิพิทักษ์กาญจน์	BLS
3	อบต.วังหมัน	FR	26	สมาคมกู้ภัยนครแม่สอด	FR
4	อบต.ตากออก	FR	27	ร.พ.แม่สอด	ALS
5	ร.พ.บ้านตาก	ALS	28	อบต.ท่าสายลวด	FR
6	อบต.สมอโคน	FR	29	เทศบาลตำบลแม่กุ	BLS
7	อบต.โป่งแดง	FR	30	อบต.มทาว์น	FR
8	เทศบาลตำบลไม้งาม	FR	31	อบต.รวมไทยพัฒนา	FR
9	กู้ชีพ-กู้ภัย อบจ.ตาก	FR	32	ร.พ.พบพระ	ALS
10	ร.พ.สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช	ALS	33	เทศบาลตำบลพบพระ	FR
11	กู้ภัยตากร่วมใจสงเคราะห์	FR	34	อบต.คีรีราษฎร์	FR
12	กู้ชีพ-กู้ภัย เทศบาลเมืองตาก	FR	35	อบต.วาเลย์	FR
13	อบต.วังประจวบ	FR	36	อบต.พบพระ	FR
14	ร.พ.วังเจ้า	ALS	37	เทศบาลตำบลทุ่งหลวง	FR
15	เทศบาลตำบลวังเจ้า	FR	38	เทศบาลตำบลแม่จะเร	FR
16	สมาคมหลวงปู่ไต้ฮงกงศูนย์วัฒนธรรม	FR	39	ร.พ.แม่ระมาด	ALS
17	อบต.เซียงทอง	FR	40	มูลนิธิเพชรเกษมท่าสองยาง	FR
18	อบต.นาโบสถ์	FR	41	ร.พ.ท่าสองยาง	ALS
19	อบต.แม่ท้อ	FR	42	อบต.แม่อุสุ	FR
20	อบต.ด่านแม่ละเมา	FR	43	ร.พ.ส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านแม่ระเมิง	BLS
21	กู้ภัยตากร่วมใจสงเคราะห์จุดนครแม่สอด	FR	44	ร.พ.ส่งเสริมสุขภาพตำบลแม่จะหลวง	BLS
22	สมาคมกู้ชีพกู้ภัยพระธาตุผาแดง	FR	45	อบต.โมโกร	FR
23	อบต.แม่ปะ	FR	46	ร.พ.อุ้มผาง	ALS

ที่มา : ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน (Information Technology for Emergency Medical System; items)

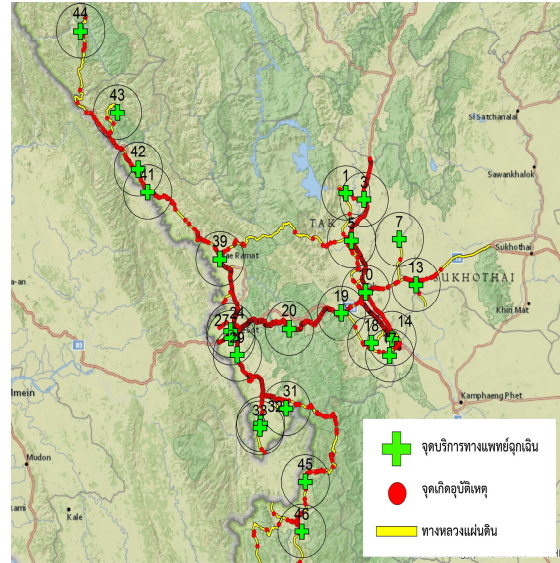
การจัดสรรตำแหน่งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินบนทางหลวง เพื่อให้ครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุมากที่สุดภายในระยะเวลาตอบสนองตามมาตรฐานไม่เกิน 8 นาที ด้วยความเร็วยานพาหนะไม่เกิน 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยนำตัวแบบแก้ปัญหาจัดสรรตำแหน่งที่เหมาะสมที่สามารถครอบคลุมความต้องการสูงสุด Maximal Covering Location Problem (MCLP) โดยกระบวนการในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองต้องมีการนำข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่บนทางหลวงและระยะทางเข้าถึงจุดเกิดเหตุในความเร็วที่กำหนด นำข้อมูลมาประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นทำการทดลองเพื่อหาความสามารถในการครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ให้ได้มากที่สุด โดยทำการเปรียบเทียบเมื่อความเร็วของพาหนะฉุกเฉินมีความเร็วที่แตกต่างกัน ด้วยความเร็ว 60, 80, และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งยังคงพิจารณาระยะเวลาการตอบสนองเข้าถึงจุดเกิดเหตุไม่เกิน 8 นาที การหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่มีอยู่แล้วภายในพื้นที่จังหวัดตาก

โดยคำนึงถึงตำแหน่งที่เหมาะสมและครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด ซึ่งพิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมและตำแหน่งควรพิจารณา นำออก รวมไปถึงตำแหน่งที่ทับซ้อนกันที่มีระยะใกล้กันมากเกินไป โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการครอบคลุมที่เพียงพอต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด พบว่าจำนวนจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่ครอบคลุมได้สูงที่สุด ภายในระยะทางในการเข้าถึงจุดเกิดเหตุโดยใช้ระยะเวลาในการตอบสนองไม่เกิน 8 นาที โดยสามารถครอบคลุมจุดเกิดอุบัติเหตุภายในรัศมี 10.67 กิโลเมตร ด้วยความเร็วพาหนะฉุกเฉินที่ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามมาตรการของกระทรวงสาธารณสุข จากการทดลองพบว่าจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินเท่ากับ 24 จุดดังแสดงในตารางที่ 3 แสดงรัศมีครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในรูปที่ 4 ซึ่งมีจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินหลักในระบบทั้งหมด 10 แห่ง คือโรงพยาบาลหลักในจังหวัดทั้ง 10 แห่ง (ซึ่งทั้งหมดเป็นหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินขั้นสูง (ADVANCE LIFE SUPPORT; ALS) ในการให้บริการดูแลผู้ป่วย

ฉุกเฉินแบบมีประสิทธิภาพสูงที่สุด จุดบริการระดับรองลงมาเป็นหน่วยปฏิบัติการฉุกเฉินขั้นต้น) Basic Life Support; BLS) จำนวน 3 จุด และจุดบริการระดับเบื้องต้น (First Responder; FR) ทั้งหมด 11 จุด โดยจุดบริการทั้ง 24 จุดสามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่ได้เทียบเท่ากับจุดบริการเดิมที่มีอยู่ในพื้นที่จังหวัดตากทั้งหมด 46 จุด

ตารางที่ 3 ผลการทดลองกำหนดจุดบริการทางแพทย์ฉุกเฉิน

ลำดับ	จุดบริการ	ระดับ
1	ร.พ. สามเงา	ALS
3	อบต.วังหมั่น	FR
5	ร.พ.บ้านตาก	ALS
7	อบต.โป่งแดง	FR
10	ร.พ.สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช	ALS
13	อบต.วังประจวบ	FR
14	ร.พ.บาลวังเจ้า	ALS
17	อบต.เชียงทอง	FR
18	อบต.นาโบสถ์	FR
19	อบต.แม่ท้อ	FR
20	อบต.ด่านแม่ละเมา	FR
24	ร.พ.นครแม่สอด อินเตอร์	ALS
27	ร.พ.แม่สอด	ALS
29	เทศบาลตำบลแม่กุ	BLS
31	อบต.รวมไทยพัฒนา	FR
32	ร.พ.พบพระ	ALS
33	เทศบาลตำบลพบพระ	FR
39	ร.พ.แม่ระมาด	ALS
41	ร.พ.ท่าสองยาง	ALS
42	อบต.แม่อุสุ	FR
43	ร.พ.ส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านแม่ระเมิง	BLS
44	ร.พ.ส่งเสริมสุขภาพตำบลแม่หวะหลวง	BLS
45	อบต.โมโกร	FR
46	ร.พ.อุ้มผาง	ALS



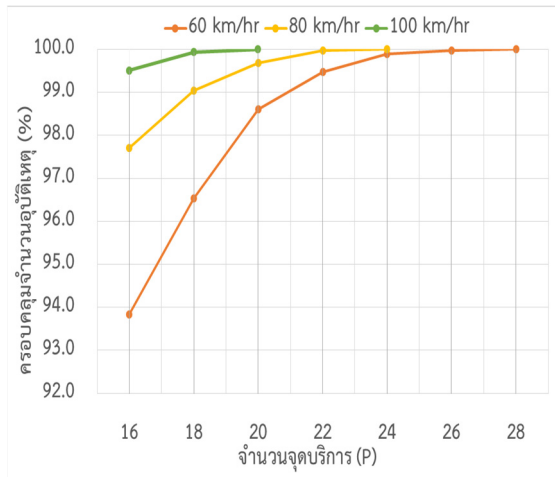
รูปที่ 4 แสดงรัศมีครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่

จากผลการวิเคราะห์เพิ่มและลดความเร็วเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของความเร็วพาหนะฉุกเฉินที่ต่างกัน ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุสูงสุดเมื่อจำนวนจุดบริการเท่ากับ 28 จุด ที่ความเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุสูงสุดเมื่อจำนวนจุดบริการเท่ากับ 24 จุด และที่ความเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุสูงสุดเมื่อจำนวนจุดบริการเท่ากับ 20 จุด โดยจากการเปรียบเทียบความเร็วที่ต่างกันพบว่า ความเร็วของพาหนะฉุกเฉินที่เข้าถึงจุดเกิดเหตุส่งผลต่อจำนวนจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินโดยตรง เนื่องจากความเร็วของพาหนะฉุกเฉินจะส่งผลกระทบต่อรัศมีในการครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุให้เพิ่มขึ้นและส่งผลให้จำนวนจุดบริการทางการแพทย์มีจำนวนลดลงดังแสดงในตารางที่ 4 และแสดงในรูปที่ 5 แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วของพาหนะฉุกเฉินที่ต่างกัน โดยคำนึงระยะเวลาการตอบสนองเข้าถึงจุดเกิดเหตุไม่เกิน 8 นาที

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วพาหนะฉุกเฉินที่ต่างกันกับจำนวนจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน

จำนวนจุดบริการ	ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			
	(P)	60	80	100
16		93.84%	97.71%	99.51%
18		96.54%	99.05%	99.93%
20		98.61%	99.69%	100.00%
22		99.48%	99.98%	
24		99.89%	100.00%	

จำนวนจุดบริการ (P)	ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
	60	80	100
26	99.98%		
28	100.00%		



รูปที่ 5 แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วของพาหนะฉุกเฉินที่แตกต่างกัน โดยคำนึงระยะเวลาการตอบสนองเข้าถึงจุดเกิดเหตุไม่เกิน 8 นาที

## 5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้เสนอการกำหนดจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินบนทางหลวงในพื้นที่จังหวัดตาก โดยใช้แบบจำลองการแก้ปัญหา MAXIMAL COVERING LOCATION PROBLEM (MCLP) กำหนดจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน โดยมีเป้าหมายเพื่อครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุให้มากที่สุดภายในระยะเวลาในการตอบสนองเข้าถึงจุดเกิดเหตุภายใน 8 นาทีตามมาตรฐาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและปรับปรุงจุดบริการทางการแพทย์บนทางหลวงจากผลการศึกษานำเสนอแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการกำหนดตำแหน่งจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉินอย่างเหมาะสมทั้งหมด 24 จุด ซึ่งสามารถลดจุดบริการได้ 22 จุด จากจุดบริการเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบันทั้งหมด 46 จุด โดยประสิทธิภาพของจุดบริการจากการศึกษามีความสามารถครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดในพื้นที่เท่าความสามารถในการครอบคลุมจำนวนจุดอุบัติเหตุของจุดบริการเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบัน และเมื่อจำนวนอุบัติเหตุในพื้นที่มากขึ้นสามารถนำจุดบริการที่พิจารณานำออก 22 จุด มาพิจารณาเพิ่มจำนวนจุดเพิ่มเติมกรณีสำรองในการรองรับการเกิดอุบัติเหตุที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วพาหนะฉุกเฉินที่แตกต่างกันเมื่อความเร็วพาหนะฉุกเฉินเพิ่มขึ้นสามารถลดจำนวนจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน โดยความเร็ว 60, 80, และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จำนวนจุดบริการที่ครอบคลุมสูงสุดเท่ากับ 20, 24 และ 28

จุดตามลำดับ โดยจากผลการศึกษาที่ควรนำไปประยุกต์ใช้ควรใช้ความเร็วพาหนะฉุกเฉินไม่เกิน 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากงานวิจัย นภัสวรรณ (2559) ศึกษาข้อมูลออกปฏิบัติการของหน่วยปฏิบัติการจากสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินพบว่าความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ที่ส่งผลให้หน่วยปฏิบัติการเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งที่สุดอยู่ในช่วง 81-100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [11] โดยในการวิเคราะห์สามารถนำความเร็วที่ต่ำกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นๆ เช่น ปรับใช้ความเร็วที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในเขตเทศบาลเมืองและเพิ่มจุดบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและเหมาะสมกับสภาพการจราจรมากขึ้น

โดยการศึกษาในอนาคตเป็นการนำแบบจำลองดังกล่าวไปวิเคราะห์เพิ่มจุดบริการและนำเสนอตำแหน่งจุดบริการเพิ่มเติมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการครอบคลุมจำนวนอุบัติเหตุได้ทั้งหมดในพื้นที่กรณีศึกษา และรวมไปถึงการวิเคราะห์จำนวนพาหนะฉุกเฉินที่มีอย่างจำกัดของแต่ละพื้นที่ในการเข้าถึงพื้นที่ตามระยะเวลาในการตอบสนองตามมาตรฐาน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ด้านการดำเนินการวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ได้ด้วยดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ

## 7. อ้างอิง

- [1] นภัทธ์นัย จันลาวงค์ (2559). การกำหนดที่ตั้งจุดบริการแพทย์ฉุกเฉินด้วยตัวแบบปัญหาอัตรการรอดชีวิตของผู้ป่วยสูงสุด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [2] พลอยพรรณ ศรีกิจการ และ สุนาริน จันทะ (2558). การกำหนดจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่เหมาะสมโดยพิจารณาระดับความรุนแรงของอาการผู้ป่วย: กรณีศึกษาอำเภอเมือง
- [3] วิศรุต ปองเสงี่ยม และ ชัยพร วงศ์พิศาล (2561). การกำหนดตำแหน่งจุดช่วยเหลือฉุกเฉินบนทางหลวงเพื่อช่วยด้านการเดินทางและการแพทย์ฉุกเฉิน: กรณีศึกษาจังหวัดนครปฐม. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 28 ฉบับที่ 3. หน้า 493-502
- [4] Rizeei, H. M., Pradhan, B., & Saharkhiz, M. A. (2019). Allocation of emergency response centres in response to pluvial flooding-prone demand points using integrated multiple layer perceptron and maximum coverage location problem models. International Journal of Disaster Risk Reduction, 38, 101205.

- [5] Badi I., Željko S., and Boris N. (2017) EMERGENCY MEDICAL SERVICE LOCATION PROBLEM: A CASE STUDY IN MISURATA, LIBYA. Transport & Logistics-The International Journal, Volume 17, Issue 43, pp. 30-35.
- [6] Yin, P., & Mu, L. (2012). Modular capacitated maximal covering location problem for the optimal siting of emergency vehicles. Applied Geography, 34, pp. 247-254.
- [7] กมลทิพย์ แซ่เล่า, และดร.วิภาดา วิจักขณาลัญญ์. (บ.ก.). (2557) สรุปภาพรวมการจัดทำมาตรฐาน หลักเกณฑ์ เกณฑ์ และวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับระบบการแพทย์ฉุกเฉิน. สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ(สพฉ.). จังหวัดนนทบุรี
- [8] Church, R. L. and ReVelle, C.S. (1974) The maximal covering location problem. Papers of the Regional Science Association 32, 101-118.
- [9] De Maio, V. J., Stiehl, I. G., Wells, G. A., Spaite, D. W., & Ontario Prehospital Advanced Life Support Study Group. (2003). Optimal defibrillation response intervals for maximum out-of-hospital cardiac arrest survival rates. Annals of emergency medicine, 42(2), 242-250.
- [10] กระทรวงสาธารณสุข (2561) มาตรฐานการป้องกันและแก้ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุของรถพยาบาลและความคุ้มครองอุบัติเหตุทางถนน กรณีการเกิดอุบัติเหตุของรถพยาบาล กระทรวงสาธารณสุข ปีงบประมาณ พ.ศ.2562. กระทรวงสาธารณสุข. จังหวัดนนทบุรี.
- [11] นภัสวรรณ พชรธนสาร (2559) สิ่งคุกคามต่อสุขภาพและอุบัติเหตุจากระหว่างปฏิบัติงานของคนขับรถปฏิบัติการณ์ฉุกเฉิน. วารสารควบคุมโรค 42(4), 304-314.