การกำหนดจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่เหมาะสม โดยพิจารณาระดับความรุนแรงของอาการผู้ป่วย: กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี

พลอยพรรณ ศรีกิจการ
นักศึกษา ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
สุนาริน จันทะ*
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-3721-7300 ต่อ 7086 อีเมล: sunarin.c@fitm.kmutnb.ac.th
รับเมื่อ 8 กรกฎาคม 2557 ตอบรับเมื่อ 22 ธันวาคม 2557 เผยแพร่ออนไลน์ 4 เมษายน 2558
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2014.12.001 © 2015 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีแนวโน้มการเรียกใช้บริการการแพทย์ฉุกเฉินผ่านหมายเลข 1669 เพิ่มขึ้นทุกปี ระยะเวลาตอบสนองมาตรฐานถูกกำหนดขึ้นเพื่อประกันคุณภาพของการให้บริการ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มี การกำหนดหลักเกณฑ์การวางตำแหน่งจุดจอดและการจัดสรรจำนวนรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่เหมาะสม และเป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ อันจะทำให้รถปฏิบัติการฉุกเฉินไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการได้อย่างทั่วถึงภายในระยะเวลาที่กำหนด งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการกำหนดตำแหน่งจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินเพื่อให้สามารถครอบคลุมจำนวนผู้ที่ต้องการรับบริการมากที่สุด ในการพิจารณาได้แบ่งประเภทรถปฏิบัติการฉุกเฉินและการกำหนดเวลาตอบสนองมาตรฐานสำหรับเดินทางไปยังที่เกิดเหตุให้เหมาะสมกับระดับความรุนแรงของอาการผู้เจ็บป่วย รวมถึงวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่ยานพาหนะจะไม่ว่างเพื่อทำการจัดสรรจำนวนรถปฏิบัติการฉุกเฉินให้เพียงพอกับความต้องการในแต่ละพื้นที่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ จัดการ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ ในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูลนำเข้า ปัญหาถูกนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกึ่งจำนวนเต็ม เพื่อค้นหาตำแหน่ง จอดที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่กรณีศึกษา ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี จากผลการทดลอง พบว่าการปรับปรุงจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอใหม่ สามารถให้บริการครอบคลุมจำนวนผู้ที่ต้องการรับบริการเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 8.6

คำสำคัญ: ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การอ้างอิงบทความ: พลอยพรรณ ศรีกิจการ และ สุนาริน จันทะ, "การกำหนดจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่เหมาะสม โดยพิจารณาระดับความรุนแรงของอาการผู้ป่วย: กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 25, ฉบับที่ 2, หน้า 243 - 254, พ.ค. - ส.ค. 2558. http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2014.12.001

Determining Appropriate Emergency Medical Service Unit Locations by Considering Severity of Patient's Condition: A Case Study in Muang District, Prachin Buri Province

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

Sunarin Chanta*
Assistant Professor, 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: snct@kmutnb.ac.th
Received 8 July 2014; Accepted 22 December 2014; Published online: 4 April 2015
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2014.12.001 © 2015 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The requests on emergency medical service via 1669 in Thailand are increasing every year. The standard response time is set to ensure the quality of service. However, an appropriate guideline for locating and allocating emergency medical service units is not set as a standard for the whole country, which leads to the inability to serve the needs of patients thoroughly within the time limit. In this research, a method of determining the locations of emergency medical service units was proposed in order to maximize the coverage of patient's demand. Different types of vehicles and standard response times were classified according to the severity of patient's condition. The probability of a vehicle being busy was analyzed for allocating enough number of vehicles in each area. The application of Geographic Information System was applied to analyze, manage, and display spatial data during data input process. The problem was formulated as a mixed integer mathematical model to find the optimal locations for the case study area: Muang District, Prachin Buri Province. Based on the experiments, the new locations suggested by the proposed model covered the patient's demand better than the current locations of 8.6%.

Keywords: Emergency Medical Service, Facility Location Problem, Geographic Information System

Please cite this article as: 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," *J. KMUTNB*, Vol. 25, No. 2, pp. 243 - 254, May. - Aug. 2015 (in Thai). http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2014.12.001

1. บทนำ

ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Services: EMS) การเลือกตำแหน่งจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่เหมาะสม โดยครอบคลุมจำนวนผู้ที่ต้องการรับบริการมากที่สุด ถือเป็นการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากสามารถช่วยเหลือผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน ณ จุดเกิดเหตุได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้การจัดทีมปฏิบัติการฉุกเฉินตามศักยภาพที่เหมาะสมกับภาวะฉุกเฉินของผู้เจ็บป่วย มีอุปกรณ์และเวชภัณฑ์ในการช่วยชีวิตฉุกเฉินที่พอเพียง ทันสมัยและพร้อมใช้งาน นับเป็นหัวใจหลักของการรักษาพยาบาลผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินอย่างถูกวิธีก่อนนำส่งโรงพยาบาล

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีแนวโน้มการเรียกใช้ระบบ EMS เพิ่มขึ้น โดยในปี 2556 พบว่าภาพรวมของประเทศมีอัตราการแจ้งเหตุฉุกเฉินผ่านหมายเลข 1669 จำนวน 911,543 ครั้งหรือคิดเป็นร้อยละ 74.27 [1] และสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติได้กำหนดให้ทีมปฏิบัติการฉุกเฉินต้องไปถึงที่เกิดเหตุภายในเวลา 8 นาทีหลังจากได้รับแจ้งเหตุ [2] แต่ประเทศไทยไม่มีการกำหนดหลักเกณฑ์การวางตำแหน่งจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ ทำให้การจัดการเขตพื้นที่ในการให้บริการยังขาดประสิทธิภาพอยู่ โดยไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการได้อย่างทั่วถึงภายในเวลาที่กำหนด นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเรื่องความสอดคล้องของการจัดทีมปฏิบัติการฉุกเฉินออกให้ความช่วยเหลือผู้เจ็บป่วยตามระดับความรุนแรง พบว่าร้อยละ 73.65 ของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินวิกฤตได้รับบริการจากทีมปฏิบัติการระดับสูง ร้อยละ 25.78 ของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนได้รับบริการจากทีมปฏิบัติการระดับกลางและพื้นฐาน และร้อยละ 83.18 ของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรงได้รับบริการจากทีมปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น [1] แสดงให้เห็นว่าการจัดทีมปฏิบัติการฉุกเฉินออกให้ความช่วยเหลือผู้เจ็บป่วยยังไม่สอดคล้องกับระดับความรุนแรงอยู่ ซึ่งหากการเข้าช่วยเหลือล่าช้า หรือการรักษาพยาบาลเบื้องต้นไม่ถูกต้อง เนื่องจากขาดอุปกรณ์และเวชภัณฑ์ที่เหมาะสม ล้วนแต่เป็นการซ้ำเติมผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินให้ได้รับบาดเจ็บและมีความเสี่ยงเกิดอาการแทรกซ้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่การเสียชีวิตหรือพิการโดยไม่จำเป็น

ดังนั้น เพื่อให้การวางแผนกำหนดตำแหน่งจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินมีมาตรฐานและเกิดประสิทธิภาพในทางปฏิบัติมากที่สุด ผู้วิจัยจึงนำเสนอการกำหนดตำแหน่งโดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พิจารณาแบ่งประเภทรถปฏิบัติการฉุกเฉินและระยะเวลาเดินทางไปยังที่เกิดเหตุหรือเวลาตอบสนอง (Response Time) ให้เหมาะสมกับระดับความรุนแรงของอาการผู้ป่วย รวมถึงวิเคราะห์ความน่าจะเป็น และพื้นที่ว่างในแต่ละจุดจอด เพื่อจัดสรรรถปฏิบัติการฉุกเฉินให้เหมาะสม ทำการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ในการจัดการ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ กรณีศึกษา ได้แก่ อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ที่เกี่ยวข้อง ในการพัฒนากำหนดหลักเกณฑ์การวางตำแหน่งจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่เป็นมาตรฐาน สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

ในการแก้ปัญหาการวางตำแหน่งจุดจอดรถพยาบาลนั้น มีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอรูปแบบทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการตัดสินใจเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม ตัวแบบพื้นฐานที่นิยมนำมาใช้คือ ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งให้ครอบคลุมจำนวนผู้รับบริการมากที่สุด (Maximal Covering Location Problem: MCLP) ซึ่งถูกพัฒนาโดย Church และ Revelle [3] ตัวแบบนี้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยในประเทศไทย ได้แก่ ถิรพันธ์และคณะ [4] ได้ใช้แบบจำลอง MCLP ในการหาจำนวนจุดจอดรถของหน่วยบริการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสมในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อให้สามารถครอบคลุมจำนวนประชากรในพื้นที่ได้มากที่สุด ผลการวิจัยพบว่า หากกำหนดจำนวนจุดจอดรถเท่ากับ 3 จุดจอดเท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน จะสามารถให้บริการได้

21 ตำบล ครอบคลุมจำนวนประชากรร้อยละ 93.85 ของจำนวนประชากรในพื้นที่ทั้งหมด พลอยพรรณ และสุนาริน [5] ได้นำแบบจำลอง MCLP มาใช้ในปรับปรุงจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินให้เหมาะสม สำหรับพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดปราจีนบุรี โดยนำเงื่อนไขการกระจายจุดจอดในแต่ละพื้นที่เข้ามาพิจารณาเพิ่มเติม เพื่อให้ตำแหน่งจุดจอดรถสามารถครอบคลุมจำนวนผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินได้มากที่สุด ร่วมกับการประยุกต์ใช้ระบบ GIS ในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับตำแหน่งจุดจอดรถปัจจุบัน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อปรับปรุงและกำหนดจุดจอดรถใหม่ สามารถให้บริการครอบคลุมจำนวนผู้ป่วยฉุกเฉินเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 15.04

ต่อมามีการพัฒนาแบบจำลองให้มีความซับซ้อนมากขึ้น Daskin [6] พัฒนาแบบจำลอง Maximum Expected Covering Location Problem (MEXCLP) ซึ่งเป็นแบบจำลองแรกที่มีการวิเคราะห์ความน่าจะเป็น ซึ่งขยายผลจากตัวแบบพื้นฐาน MCLP โดยพิจารณาความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่หน่วยให้บริการจะสามารถให้บริการหรือไม่สามารถให้บริการได้เมื่อมีสายเรียกเข้าขอรับบริการ ภายใต้เงื่อนไขจำนวนสถานที่ให้บริการและหน่วยให้บริการมีจำกัด Yin และ Mu [7] ได้พัฒนาแบบจำลอง Modular Capacitated Maximal Covering Location Problem (MCMCLP) เพื่อใช้สำหรับการกำหนดที่ตั้งที่เหมาะสมของรถพยาบาล ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสามารถครอบคลุมพื้นที่บริการให้ได้มากที่สุด และในขณะเดียวกันสามารถลดระยะทางรวมระหว่างพื้นที่ที่อยู่นอกการครอบคลุมถึงที่ตั้งรถพยาบาลที่ใกล้ที่สุด จากนั้นทำการเปรียบเทียบ 2 สถานการณ์ ได้แก่ MCMCLP-Facility-Constraint (FC) มีเงื่อนไขจำกัดจำนวนจุดจอดรถพยาบาลที่สามารถจอดได้ในแต่ละพื้นที่ และ MCMCLP-Non-Facility-Constraint (NFC) ไม่จำกัดจำนวนจุดจอดรถพยาบาลในแต่ละพื้นที่ Tavakoli และ Lightner [8] นำเสนอแบบจำลอง Multiple Coverage, One-unit Facility Location, Equipment-Emplacement Technique (MOFLEET) มาปรับใช้ในการค้นหาตำแหน่งของรถพยาบาลในพื้นที่กรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้จำนวนประชากรที่อยู่นอกพื้นที่ครอบคลุมน้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขของจำนวนรถพยาบาลและจุดจอดรถพยาบาลที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยพิจารณาถึงจำนวนรถพยาบาลที่สามารถครอบคลุมในแต่ละพื้นที่ และโอกาสที่รถพยาบาลจะว่างหรือไม่ว่างให้บริการเมื่อมีสายเรียกเข้า McLay [9] ได้นำเสนอแบบจำลอง Maximum Expected Coverage Location Problem with Two Types of Servers (MEXCLP2) ซึ่งขยายผลจากแบบจำลอง MEXCLP เพื่อกำหนดที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับรถพยาบาล ในการพิจารณาได้จำแนกรถพยาบาลออกเป็น 2 ประเภท คือ Advanced Life Support (ALS) และ Basic Life Support (BLS) และนำทฤษฎีแถวคอยมาปรับใช้เพื่อหาความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลจะพร้อมให้บริการ Knight, Harper และ Smith [10] พัฒนาแบบจำลอง Maximal Expected Survival Location Model for Heterogeneous Patients (MESLMHP) ซึ่งขยายผลจากแบบจำลอง MEXCLP โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาที่ตั้งรถพยาบาลที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ป่วยมีโอกาสรอดชีวิตมากที่สุด โดยจำแนกผู้ป่วยตามระดับความรุนแรงของอาการป่วย และกำหนดระยะเวลาตอบสนองที่ต่างกัน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำมาปรับสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง โดยพิจารณาการคัดแยกประเภทผู้เจ็บป่วย [10] และรถปฏิบัติการฉุกเฉิน [9] ตามระดับความรุนแรง วิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่รถปฏิบัติการฉุกเฉินจะไม่สามารถให้บริการเมื่อมีสายเรียกเข้า [6], [8] และพิจารณาเงื่อนไขของความสามารถในการรองรับรถของแต่ละจุดจอดในแต่ละพื้นที่ [7] เพื่อให้แบบจำลองมีความสมจริงและเหมาะกับพื้นที่กรณีศึกษามากที่สุด

2. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ

2.1 ข้อตกลงเบื้องต้น

2.1.1 รถปฏิบัติการฉุกเฉินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือรถปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง (Advance Life Support:

ALS) และรถปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น (First Responder: FR) เพื่อให้การจัดรถปฏิบัติการฉุกเฉินออกให้ความช่วยเหลือสอดคล้องกับภาวะฉุกเฉินของผู้เจ็บป่วย ในงานวิจัยนี้กำหนดให้รถ ALS ออกให้บริการผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินวิกฤตในพื้นที่โซนสีแดง และผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนในพื้นที่โซนสีเหลือง เนื่องจากผู้เจ็บป่วยทั้ง 2 ประเภทจัดว่าเป็นผู้ป่วยที่ต้องให้การช่วยชีวิตขั้นสูง ซึ่งรถ ALS มีความสามารถในการปฐมพยาบาลขั้นสูง เช่น การใช้เครื่องกระตุ้นหัวใจด้วยไฟฟ้า การช่วยคลอด การให้สารละลายหรือยาทางเส้นเลือด โดยอยู่ภายใต้การควบคุมของแพทย์ประจำศูนย์สั่งการ ส่วนรถ FR ให้บริการผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรงในพื้นที่โซนสีเขียว และผู้เจ็บป่วยทั่วไปในพื้นที่โซนสีขาว ซึ่งผู้เจ็บป่วย 2 ประเภทนี้สามารถรอรับการช่วยเหลือได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หรือเดินทางไปรับบริการได้ด้วยตนเองได้ ดังนั้นจึงรับบริการโดยใช้รถ FR ซึ่งมีความสามารถในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น ได้แก่ การดาม การห้ามเลือด การช่วยฟื้นคืนชีพขั้นพื้นฐาน และการเคลื่อนย้ายที่ถูกวิธี โดยอยู่ภายใต้การควบคุมของแพทย์หรือพยาบาลประจำศูนย์รับแจ้งเหตุ [11]

2.1.2 กำหนดให้รถ ALS และรถ FR วิ่งด้วยความเร็วเท่ากันคือ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในเขตเทศบาลเมือง โดยคำนึงถึงความปลอดภัยและความเหมาะสมกับสภาพการจราจร ซึ่งอาจติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วนหรือเมื่อเข้าสู่เขตชุมชนหรือเขตโรงเรียน รวมทั้งสภาพถนน และสภาพอากาศ [12] โดยกำหนดให้รถปฏิบัติการฉุกเฉินต้องออกจากจุดจอดรถไปถึงที่เกิดเหตุภายใน 6 นาที (เขตรัศมีการครอบคลุม 6 กิโลเมตร) สำหรับผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินวิกฤติเนื่องจากผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤต เช่น ผู้ที่มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน หากหัวใจหยุดเต้นนานจะมีโอกาสเกิดความเสียหายต่อเนื้อสมองได้ การให้ความช่วยเหลืออย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้ป่วยมีโอกาสรอดชีวิตและมีการฟื้นตัวของสมองที่ดี [13] ส่วนผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินประเภทอื่นให้ไปถึงที่เกิดเหตุภายใน 8 นาที (เขตรัศมีการครอบคลุม 8 กิโลเมตร) ตามนโยบายของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ

2.1.3 ในการให้บริการ เมื่อมีสายเรียกเข้าขอรับบริการ ศูนย์สั่งการจะจัดส่งรถปฏิบัติการฉุกเฉินคันที่ว่าง (Available) และอยู่ใกล้จุดเกิดเหตุมากที่สุดออกไปให้บริการ โดยหากคันที่อยู่ใกล้ที่สุดไม่ว่าง (Busy) หรือกำลังให้บริการผู้ป่วยรายอื่นๆ อยู่ ทางศูนย์ฯจะจัดส่งรถปฏิบัติการที่อยู่ใกล้จุดเกิดเหตุในลำดับถัดไป ในกรณีที่รถปฏิบัติการทุกคันไม่ว่าง สายเรียกเข้านั้นจะไม่ได้รับบริการจากรถปฏิบัติการในพื้นที่ หรือในทางปฏิบัติคือ ทางศูนย์ฯ จะเรียกหน่วยบริการภายนอกพื้นที่ให้แทน

2.2 ดัชนี

I^1 = เซตของพื้นที่โซนสีแดงที่มีผู้ต้องการรับบริการ
I^2 = เซตของพื้นที่โซนสีเหลืองที่มีผู้ต้องการรับบริการ
I^3 = เซตของพื้นที่โซนสีเขียวที่มีผู้ต้องการรับบริการ
I^4 = เซตของพื้นที่โซนสีขาวที่มีผู้ต้องการรับบริการ
J = เซตของจุดจอดรถทางเลือก j

2.3 พารามิเตอร์

$Q^A = (1-\mu^A)(\mu^A)^{k_a-1}$ = ความน่าจะเป็นที่รถ ALS คันที่ k_a จะสามารถให้บริการ หากรถคันที่ k_a ถูกเรียกให้บริการ แสดงว่ารถคันที่ k_a เป็นรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่ว่างและอยู่ใกล้จุดเกิดเหตุที่สุด โดยรถคันที่ 1 คันที่ 2 จนถึงคันที่ k_a -1 ไม่ว่าง ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่รถคันที่ k_a จะถูกเรียกใช้บริการคำนวณได้จาก ความน่าจะเป็นที่รถคันที่ k_a จะว่าง $(1-\mu^A)$ × ความน่าจะเป็นที่รถในลำดับก่อนหน้าไม่ว่าง $(\mu^A)^{k_a-1}$ โดย μ^A = ความน่าจะเป็นที่รถ ALS จะไม่ว่าง

$Q^B = (1-\mu^B)(\mu^B)^{k_b-1}$ = ความน่าจะเป็นที่รถ FR คันที่ k_b จะสามารถให้บริการ หากรถคันที่ k_b ถูกเรียกให้บริการแสดงว่ารถคันที่ k_b เป็นรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่ว่างและอยู่ใกล้จุดเกิดเหตุที่สุด โดยรถคันที่ 1 คันที่ 2 จนถึงคันที่ k_b -1 ไม่ว่าง ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่รถคันที่ k_b จะถูกเรียกใช้บริการคำนวณได้จาก ความน่าจะเป็นที่รถคันที่ k_b จะว่าง $(1-\mu^B)$ × ความน่าจะเป็นที่รถในลำดับก่อนหน้าไม่ว่าง $(\mu^B)^{k_b-1}$ โดย μ^B = ความน่าจะเป็นที่รถ FR จะไม่ว่าง

C_{i_1} = จำนวนสายเรียกเข้าของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินวิกฤตในพื้นที่โซน i

C_{i_2} = จำนวนสายเรียกเข้าของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินเร่งด่วนในพื้นที่โซน i

C_{i_3} = จำนวนสายเรียกเข้าของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรงในพื้นที่โซน i

C_{i_4} = จำนวนสายเรียกเข้าของผู้เจ็บป่วยทั่วไปในพื้นที่โซน i

$D_{i_1 j}$ = 1 ถ้าระยะทางจากจุดจอดทางเลือก j ไปยังพื้นที่สีแดงโซน i สามารถให้บริการได้ภายในระยะเวลา 6 นาที (รัศมี 6 กิโลเมตรจากจุดจอดรถ); 0 กรณีอื่น

$D_{i_2 j}$ = 1 ถ้าระยะทางจากจุดจอดทางเลือก j ไปยังพื้นที่สีเหลืองโซน i สามารถให้บริการได้ภายในระยะเวลา 8 นาที (รัศมี 8 กิโลเมตรจากจุดจอดรถ); 0 กรณีอื่น

$D_{i_3 j}$ = 1 ถ้าระยะทางจากจุดจอดทางเลือก j ไปยังพื้นที่สีเขียวโซน i สามารถให้บริการได้ภายในระยะเวลา 8 นาที (รัศมี 8 กิโลเมตรจากจุดจอดรถ); 0 กรณีอื่น

$D_{i_4 j}$ = 1 ถ้าระยะทางจากจุดจอดทางเลือก j ไปยังพื้นที่สีขาวโซน i สามารถให้บริการได้ภายในระยะเวลา 8 นาที (รัศมี 8 กิโลเมตรจากจุดจอดรถ); 0 กรณีอื่น

N^A = จำนวนรถ ALS ทั้งหมด

N^B = จำนวนรถ FR ทั้งหมด

N^p = จำนวนจุดจอดรถทั้งหมด

h = จำนวนสูงสุดของรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่กำหนดให้ตั้งขึ้นในแต่ละจุดจอด

2.4 ตัวแปรตัดสินใจ

x_j^A = รถ ALS ที่ถูกตั้งขึ้นบนจุดจอดทางเลือก j

x_j^B = รถ FR ที่ถูกตั้งขึ้นบนจุดจอดทางเลือก j

p_j = 1 ถ้าจุดจอดรถที่ถูกเลือกให้ตั้งขึ้น; 0 กรณีอื่น

$y_{i_1 k_a}$ = 1 ถ้าพื้นที่สีแดงโซน i ถูกให้บริการครอบคลุมพื้นที่โดยรถ ALS คันที่ k_a ($k_a = 1,...,K^A$); 0 กรณีอื่น

$y_{i_2 k_a}$ = 1 ถ้าพื้นที่สีเหลืองโซน i ถูกให้บริการครอบคลุมพื้นที่โดยรถ ALS คันที่ k_a ($k_a = 1,...,K^A$); 0 กรณีอื่น

$y_{i_3 k_b}$ = 1 ถ้าพื้นที่สีเขียวโซน i ถูกให้บริการครอบคลุมพื้นที่โดยรถ FR คันที่ k_b ($k_b = 1,...,K^B$); 0 กรณีอื่น

$y_{i_4 k_b}$ = 1 ถ้าพื้นที่สีขาวโซน i ถูกให้บริการครอบคลุมพื้นที่โดยรถ FR คันที่ k_b ($k_b = 1,...,K^B$); 0 กรณีอื่น

2.5 สมการทางคณิตศาสตร์

Maximize

$$\sum_{i_1 \in I^1} \sum_{i_2 \in I^2} \sum_{k_a \in K^A} Q^A \left(c_{i_1} y_{i_1 k_a} + c_{i_2} y_{i_2 k_a} \right) + \sum_{i_3 \in I^3} \sum_{i_4 \in I^4} \sum_{k_b \in K^B} Q^B \left(c_{i_3} y_{i_3 k_b} + c_{i_4} y_{i_4 k_b} \right) \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{j \in J} x_j^A D_{i_1 j} \geq \sum_{k_a \in K^A} y_{i_1 k_a}, \forall i_1 \in I^1 \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_j^A D_{i_2 j} \geq \sum_{k_a \in K^A} y_{i_2 k_a}, \forall i_2 \in I^2 \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} x_j^B D_{i_3 j} \geq \sum_{k_b \in K^B} y_{i_3 k_b}, \forall i_3 \in I^3 \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} x_j^B D_{i_4 j} \geq \sum_{k_b \in K^B} y_{i_4 k_b}, \forall i_4 \in I^4 \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J} x_j^A = N^A \quad (6)$$

$$\sum_{j \in J} x_j^B = N^B \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} p_j = N^p \quad (8)$$

$$x_j^A + x_j^B \leq h p_j, \forall j \in J \quad (9)$$

$$\sum_{k_a \in K^A} y_{i_1 k_a} \leq 1, \forall i_1 \in I^1 \quad (10)$$

$$\sum_{k_a \in K^A} y_{i_2 k_a} \leq 1, \forall i_2 \in I^2 \quad (11)$$

$$\sum_{k_b \in K^B} y_{i_3 k_b} \leq 1, \forall i_3 \in I^3 \quad (12)$$

$$\sum_{k_b \in K^B} y_{i_4 k_b} \le 1, \forall i_4 \in I^4 \quad (13)$$

$$y_{i_1 k_a} = \{0,1\}, \forall i_1 \in I^1, \forall k_a \in K^A \quad (14)$$

$$y_{i_2 k_a} = \{0,1\}, \forall i_2 \in I^2, \forall k_a \in K^A \quad (15)$$

$$y_{i_3 k_b} = \{0,1\}, \forall i_3 \in I^3, \forall k_b \in K^B \quad (16)$$

$$y_{i_4 k_b} = \{0,1\}, \forall i_4 \in I^4, \forall k_b \in K^B \quad (17)$$

$$p_j = \{0,1\}, \forall j \in J \quad (18)$$

$$x_j^A, x_j^B \ge 0 \text{ and integer}, \forall j \in J \quad (19)$$

โดยสูตรคำนวณค่าความน่าจะเป็นของรถปฏิบัติการฉุกเฉินได้จาก Daskin [6] แต่ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาโดยการแบ่งประเภทรถปฏิบัติการฉุกเฉินเพื่อให้บริการผู้เจ็บป่วยตามระดับความรุนแรง นั่นคือ $\mu^A = \phi^A \gamma^{1,2} \frac{1}{24} \frac{1}{N^A}$ และ $\mu^B = \phi^B \gamma^{3,4} \frac{1}{24} \frac{1}{N^B}$ โดยที่ ϕ^A = เวลาในการให้บริการ (Service Time) ของรถ ALS เฉลี่ยต่อสายเรียกเข้า (ชั่วโมง) และ $\gamma^{1,2}$ จำนวนสายเรียกเข้าของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินวิกฤตและเร่งด่วนเฉลี่ยต่อวัน ในทำนองเดียวกัน ϕ^B = เวลาในการให้บริการ (Service Time) ของรถ FR เฉลี่ยต่อสายเรียกเข้า (ชั่วโมง) และ $\gamma^{3,4}$ = จำนวนสายเรียกเข้าของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรงและทั่วไปเฉลี่ยต่อวัน

ในสมการวัตถุประสงค์ (1) เพื่อต้องการครอบคลุมผู้ที่ต้องการรับบริการให้ได้มากที่สุด ในขณะที่ สมการที่ (2)-(5) เป็นเงื่อนไขรับประกันว่าโซนที่ถูกครอบคลุมจะได้รับการให้บริการจากรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่ตั้งอยู่ภายในระยะบริการที่กำหนด สมการที่ (6) เป็นเงื่อนไขบังคับให้ตั้งรถ ALS เท่ากับจำนวนที่มีอยู่ในพื้นที่ เช่นเดียวกับสมการที่ (7) แสดงเงื่อนไขให้ตั้งรถ FR เท่ากับจำนวนที่มีอยู่ในพื้นที่ สมการที่ (8) แสดงเงื่อนไขบังคับให้จุดจอดรถทั้งหมดที่จะถูกตั้งต้องเท่ากับจำนวนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สมการที่ (9) เป็นเงื่อนไขบังคับว่าจำนวนสูงสุดของรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่จะถูกตั้งขึ้นในแต่ละจุดจอดต้องไม่เกินจำนวนที่กำหนด สมการที่ (10) - (13) เป็นเงื่อนไขการกระจายรถปฏิบัติการฉุกเฉินในแต่ละพื้นที่ โดยแต่ละโซนจะได้รับบริการจากรถปฏิบัติการฉุกเฉินไม่เกิน 1 คัน หรือในกรณีที่มีมากกว่า 1 คัน ให้เลือกรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่สามารถครอบคลุมได้มากที่สุดเท่านั้น สมการที่ (14)-(18) เป็นเงื่อนไขบังคับเชิงตัวเลข ซึ่งกำหนดให้ค่าของตัวแปรตัดสินใจ $y_{i_1 k_a}, y_{i_2 k_a}, y_{i_3 k_b}, y_{i_4 k_b}$ และ p_j ต้องเป็นจำนวนเต็ม 0 หรือ 1 เท่านั้น และสุดท้ายสมการที่ (19) เป็นเงื่อนไขบังคับเชิงตัวเลข ซึ่งกำหนดให้ค่าของตัวแปรตัดสินใจ x_j^A และ x_j^B ต้องเป็นจำนวนเต็มบวก หรือ 0 เท่านั้น

3. กรณีศึกษา

3.1 พื้นที่กรณีศึกษา

อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 451.896 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยประชากร 107,709 คน [14] จากข้อมูลการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินผ่านหมายเลข 1669 ในช่วงเดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2555 เฉพาะพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งได้จากระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน (Information Technology for Emergency Medical System: ITEMS) ของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ พบว่ามีสายเรียกขอรับบริการทั้งสิ้น 3,685 สาย จำนวนรถปฏิบัติการฉุกเฉินปัจจุบันคือ 15 คัน แบ่งเป็นรถ ALS จำนวน 8 คัน และรถ FR จำนวน 7 คัน

3.2 การประยุกต์ใช้ระบบ GIS ในการจัดการข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินผ่านหมายเลข 1669 โดยมีขั้นตอนการเตรียมข้อมูล ดังนี้

3.2.1 การหาค่าพิกัดกริด ข้อมูลตำแหน่งของสถานที่เกิดเหตุ ที่ได้จากการจดบันทึกของเจ้าหน้าที่ที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินนั้น อยู่ในรูปแบบที่อยู่ ดังนั้น จึงต้องทำการแปลงข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Google Earth ในการระบุตำแหน่งและหาค่าพิกัดกริด (Universal Transverse Mercator: UTM) ของจุดเกิดเหตุและตำแหน่งจุดจอดรถ

ปฏิบัติการฉุกเฉิน ซึ่งค่าพิกัดมี 2 ค่าคือ พิกัดทางเหนือ (Northing: N) และพิกัดทางตะวันออก (Easting: E) จากนั้นบันทึกข้อมูลพิกัดกริดในโปรแกรม Microsoft Excel

3.2.2 การนำเข้าและแสดงผลข้อมูล นำแผนที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี อัตราส่วน 1:50,000 ซึ่งได้จากกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย และค่าพิกัดกริดจากไฟล์ที่ได้บันทึกไว้ในโปรแกรม Microsoft Excel มาสร้างชั้นข้อมูล GIS แบบจุด (Point) เพื่อระบุตำแหน่งจุดจอดรถ และแสดงการกระจายตัวของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน โดยแบ่งประเภทตามระดับความรุนแรง ได้แก่ ผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินวิกฤต (ใช้สัญลักษณ์สีแดง) ผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินเร่งด่วน (ใช้สัญลักษณ์สีเหลือง) ผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรง (ใช้สัญลักษณ์สีเขียว) และผู้ป่วยทั่วไป (ใช้สัญลักษณ์สีขาว) ซึ่งจากข้อมูลสามารถระบุจุดเกิดเหตุได้ 3,615 สาย จากทั้งหมด 3,685 สาย เนื่องจากข้อมูลผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินจำนวน 70 สายมีรายละเอียดไม่เพียงพอในการระบุตำแหน่งสถานที่เกิดเหตุ

3.2.3 การจัดกลุ่มสายเรียกเข้า ทำการจัดกลุ่มสายเรียกเข้า โดยแบ่งพื้นที่ของการเรียกใช้บริการออกเป็น 96 โซน ประกอบด้วยโซนที่มีสายเรียกเข้า 59 โซน และโซนที่ไม่มีสายเรียกเข้า 37 โซน แทนด้วยสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 3×3 ตารางกิโลเมตร สายเรียกเข้าที่อยู่ในพื้นที่สี่เหลี่ยมเดียวกันหรือโซนเดียวกันจะถือเป็นพื้นที่รับบริการเดียวกัน

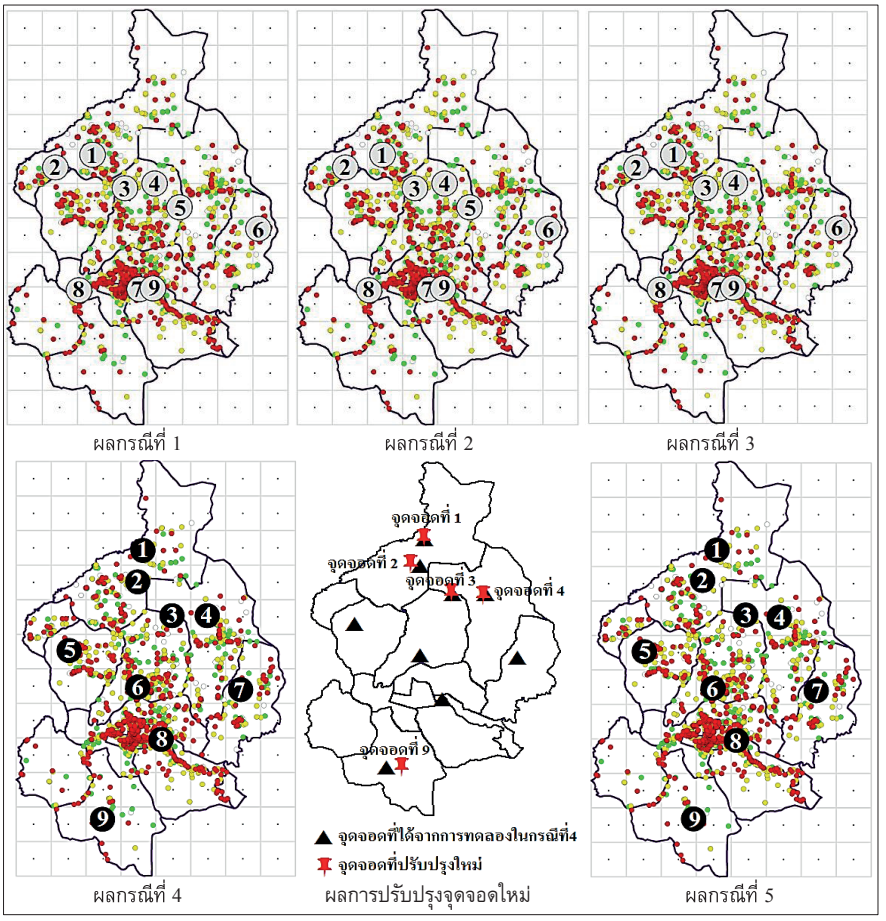
3.2.4 การหาระยะทาง การคำนวณหาระยะทางจากจุดจอดรถถึงพื้นที่รับบริการในแต่ละโซนเป็นแบบยุคลิด (Euclidean Distance) คือจะวัดจากจุดจอดรถถึงจุดกึ่งกลางของแต่ละโซน ซึ่งหากรถปฏิบัติการฉุกเฉินสามารถตอบสนองได้ภายในระยะเวลาที่กำหนดหลังจากได้รับแจ้งเหตุ จะถือว่าพื้นที่นั้นอยู่ในการครอบคลุม (Covered) แต่หากตอบสนองได้ช้ากว่านี้ถือว่าพื้นที่นั้นอยู่นอกการครอบคลุม (Uncovered)

3.3 การทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะพิจารณาเฉพาะพื้นที่บริการที่มีสายเรียกเข้า 59 โซน และพิจารณาทางเลือกใหม่ของตำแหน่งจุดจอดรถเฉพาะในพื้นที่ที่มีสายเรียกเข้า 59 จุดจอดร่วมกับจุดจอดรถที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 9 จุดจอด รวมเป็น 68 จุดจอด ภายใต้ข้อจำกัดคือ จำนวนจุดจอดรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่จะตั้งขึ้นใหม่ ต้องเท่ากับปัจจุบัน คือ 9 จุดจอด รวมทั้งจำนวนรถปฏิบัติการฉุกเฉินต้องเท่ากับปัจจุบันด้วย คือ 15 คัน แบ่งเป็นรถ ALS จำนวน 8 คัน และรถ FR จำนวน 7 คัน จากนั้นทำการทดลองเพื่อหาความสามารถในการครอบคลุมผู้ที่ต้องการรับบริการให้ได้มากที่สุดใน 5 กรณี โดยแต่ละกรณีมีเงื่อนไขการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการทดลองแต่ละกรณีในการหาความสามารถในการครอบคลุมการให้บริการ

กรณีที่	คำอธิบาย	หมายเหตุ
1	ความสามารถในการครอบคลุมจากตำแหน่งจุดจอดรถปัจจุบัน	โดยที่ $J = \{1,\ldots,9\}$
2	กำหนดให้จอดเฉพาะตำแหน่งจุดจอดรถปัจจุบัน แต่สามารถปรับประเภทของรถได้ โดยจำนวนรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่จะจอดในแต่ละจุดจะต้องไม่เกินจำนวนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	กำหนดค่าของเมตริกซ์ h ในเงื่อนไขที่ (9) ให้ไม่เกินจำนวนที่สามารถจอดได้ในปัจจุบัน โดยที่ $J = \{1,\ldots,9\}$
3	กำหนดให้จอดเฉพาะตำแหน่งจุดจอดรถปัจจุบัน แต่สามารถปรับประเภทของรถได้ โดยจำนวนรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่จะจอดในแต่ละจุดจะต้องไม่เกิน 3 คัน ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่จุดจอดสามารถรองรับได้	กำหนดค่าของเมตริกซ์ h ในเงื่อนไขที่ (9) ให้ไม่เกิน 3 โดยที่ $J = \{1,\ldots,9\}$
4	กำหนดให้จอดได้ในพื้นที่ที่มีสายเรียกเข้า 59 จุดจอด ร่วมกับจุดจอดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 9 จุดจอด รวมเป็น 68 จุดจอด โดยจำนวนรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่จะจอดในแต่ละจุดจะต้องไม่เกินปริมาณสูงสุดที่จุดจอดสามารถรองรับได้	กำหนดค่าของเมตริกซ์ h ในเงื่อนไขที่ (9) ให้ไม่เกิน 3 โดยที่ $J = \{1,\ldots,68\}$
5	นำจุดจอดที่ได้จากกรณีที่ 4 มาทำการสำรวจพื้นที่ว่าสามารถจอดได้จริงหรือไม่โดยใช้โปรแกรม Google Map หากมีสภาพพื้นที่ไม่เหมาะสม เช่น อยู่ในเขตป่าไม้ หรือแม่น้ำ ให้ทำการปรับปรุงโดยเลื่อนไปจอดในพื้นที่ใกล้เคียงที่เหมาะสม จากนั้นคำนวณหาความสามารถในการครอบคลุมจากตำแหน่งจุดจอดรถที่ปรับปรุงใหม่	โดยที่ $J = \{1,\ldots,68\}$



รูปที่ 1 แผนที่แสดงการกระจายตัวของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน และตำแหน่งจุดจอดรถทั้ง 5 กรณี

4. ผลการวิจัย

ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อค้นหาคำตอบที่เหมาะสมตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างไว้ในหัวข้อ 3 ผ่านโปรแกรม ILOG CPLEX Version 12.4 (Academic Initiative Program) ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ขนาด 2.30 GHz และหน่วยความจำ (RAM) ขนาด 8.00 GB ซึ่งในการประมวลผลเพื่อหาความสามารถในการครอบคลุมผู้รับบริการในกรณีที่ 1 ใช้เวลา 2.49 วินาที กรณีที่ 2 ใช้เวลา 3.30 วินาที กรณีที่ 3 ใช้เวลา 4.04 วินาที กรณีที่ 4 ใช้เวลา 4.83 วินาที และกรณีที่ 5 ใช้เวลา 3.08 วินาที โดยรูปที่ 1 แสดงตำแหน่งจุดจอดรถทั้ง 5 กรณี ซึ่งได้การทดลอง และตารางที่ 2 แสดงการครอบคลุมผู้รับบริการ จำแนกตามประเภทของผู้ป่วย

ตารางที่ 2 สรุปผลการครอบคลุมจำนวนผู้รับบริการ

กรณี	จุดจอด	รถ (คัน)	จำนวนการครอบคลุม (ราย)				
			1*	2*	3*	4*	รวม
1	9	15	1,038	870	1,106	290	3,304
2	9	15	1,152	949	1,137	295	3,533
3	8	15	1,161	955	1,147	298	3,561
4	9	15	1,177	970	1,167	301	3,615
5	9	15	1,177	970	1,167	301	3,615

หมายเหตุ: 1* = ผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤต 2* = ผู้ป่วยฉุกเฉินเร่งด่วน
3* = ป่วยฉุกเฉินไม่รุนแรง 4* = ผู้ป่วยทั่วไป

จากสายเรียกเข้าทั้งสิ้น 3,615 สาย พบว่า จุดจอดปัจจุบัน (กรณีที่ 1) สามารถครอบคลุมจำนวนผู้รับบริการได้ 3,304 สาย หรือคิดเป็นร้อยละ 91.4 หากทำการปรับประเภทของรถปฏิบัติการในแต่ละจุดจอดให้เหมาะสม (กรณีที่ 2) สามารถครอบคลุมจำนวนผู้รับบริการได้มากขึ้นเป็น 3,533 สายหรือคิดเป็นร้อยละ 97.7 หากกำหนดพื้นที่จอดเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน โดยให้จอดได้ไม่เกินความจุของพื้นที่สูงสุด (กรณีที่ 3) จะสามารถสามารถครอบคลุมได้3,561 สายหรือคิดเป็นร้อยละ 98.5 หากกำหนดให้จอดได้ในบริเวณที่มีสายเรียกเข้า (กรณีที่ 4-5) จะสามารถครอบคลุมผู้รับบริการได้ทั้งหมด 3,615 สายหรือคิดเป็นร้อยละ 100 หรือเพิ่มจากกรณีของจุดจอดปัจจุบันร้อยละ 8.6 โดยตำแหน่งจุดจอดในแต่ละกรณีแสดงไว้ในตารางที่ 3 - 4

ตารางที่ 3 แสดงตำแหน่งจุดจอดรถปัจจุบันและการจัดสรรรถปฏิบัติการฉุกเฉินในแต่ละจุดจอด

จุดที่	จุดจอดรถที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	ผลกรณีที่ 1		ผลกรณีที่ 2		ผลกรณีที่ 3	
		ALS	FR	ALS	FR	ALS	FR
1	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ต.เนินหอม	-	1	1	-	1	1
2	บ้านหนองชะอม ต.โคกไม้ลาย	1	-	-	1	1	1
3	แยกศาลสมเด็จพระนเรศวรมหาราช ต.บ้านพระ	-	2	-	2	2	-
4	บ้านหัวเขา ต.บ้านพระ	2	-	1	1	1	1
5	องค์การบริหารส่วนตำบลดงขี้เหล็ก	-	1	1	-	-	-
6	หมู่บ้านทุ่งตะลุมพุก ต.โนนห้อม	-	2	1	1	1	1
7	ข้างวัดแก้วพิจิตร ต.หน้าเมือง	3	-	2	1	-	1
8	อนุสาวรีย์สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ต.รอบเมือง	-	1	1	-	1	1
9	โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร ต.ท่างาม	2	-	1	1	1	1
รวม		8	7	8	7	8	7

ตารางที่ 4 แสดงตำแหน่งจุดจอดรถใหม่และการจัดสรรรถปฏิบัติการฉุกเฉินที่เหมาะสมในแต่ละจุดจอด

จุดที่	ผลกรณีที่ 4		ผลกรณีที่ 5				
	UTM (จุดจอดรถใหม่)		UTM (จุดที่มีการปรับปรุง)		ตำแหน่งจุดจอดรถที่ปรับปรุงใหม่	ALS	FR
	Easting	Northing	Easting	Northing			
1	757173.31	1571522.97	757058.55	1571679.52	พื้นที่ว่างติดกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2020 ต.เนินหอม	-	1
2	756720.03	1568803.25	755825.91	1569029.86	พื้นที่ว่างติดกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3077 ต.เนินหอม	1	-
3	759666.38	1565856.89	759513.79	1566034.90	บริเวณร้านอาหารปลายเขื่อน ข้างอ่างเก็บน้ำค่ายจักรพงษ์ ต.บ้านพระ	-	2
4	762688.29	1565856.89	762401.63	1565840.46	บริเวณพื้นที่ว่างติดถนน ต.ดงขี้เหล็ก	1	-
5	750827.31	1562834.98	-	-	พื้นที่ชุมชนใน ต.ไม้เค็ด	1	1
6	756720.03	1559661.98	-	-	พื้นที่ชุมชนใน ต.บ้านพระ	1	1
7	765559.10	1559435.34	-	-	พื้นที่ชุมชนใน ต.โนนห้อม	1	1
8	758729.83	1555123.84	-	-	โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร ต.ท่างาม	2	1
9	753698.12	1548178.73	755058.11	1548291.43	บริเวณพื้นที่ว่างติดถนน ซึ่งเป็นเส้นทางออกสู่ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3293 ต.บางเดชะ	1	-
รวม						8	7

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนเลือกตำแหน่งจุดจอดที่เหมาะสมของรถปฏิบัติการฉุกเฉิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ความสามารถในการครอบคลุมจำนวนผู้ที่ต้องการรับบริการมากที่สุด จำลองสภาพการให้และรับบริการจริงโดยพิจารณาความน่าจะเป็นที่รถปฏิบัติฉุกเฉินจะไม่ว่างเมื่อมีสายเรียกขอใช้บริการ และแบ่งประเภทของผู้ป่วยออกเป็น 4 ประเภทตามระดับความรุนแรงของอาการ กำหนดเวลาตอบสนองและรถปฏิบัติการฉุกเฉินสำหรับให้บริการผู้ป่วยแต่ละประเภทแตกต่างกันตามระดับความรุนแรงของอาการผู้ป่วย จากผลการทดลองพบว่า การเลือกประเภทของรถปฏิบัติการฉุกเฉินในแต่ละจุดจอดให้เหมาะสมกับประเภทผู้ป่วย (กรณีที่ 2 และ 3) และการเลือกสถานที่จอดให้เหมาะสมกับปริมาณสายเรียกใช้บริการ (กรณีที่ 4-5) สามารถเพิ่มความสามารถในการครอบคลุมได้เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการครอบคลุมจากจุดจอดปัจจุบัน ทั้งนี้ในการนำนโยบายที่ได้จากแบบจำลองไปปรับใช้ขึ้นอยู่กับงบประมาณของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หากมีงบประมาณจำกัดสามารถปรับปรุงการประสิทธิภาพของการให้บริการโดยการปรับปรุงที่ตัวรถปฏิบัติการฉุกเฉินเพียงอย่างเดียว หากไม่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณสามารถปรับปรุงตำแหน่งของจุดจอดรถเพิ่มเติม ซึ่งหากทำร่วมกันทั้งสองส่วนจะสามารถครอบคลุมผู้รับบริการได้ทั่วทั้งพื้นที่ นอกจากนั้นในการปฏิบัติงานจริง หากจะให้ได้ผลลัพธ์ตามที่แบบจำลองนำเสนอนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงาน ได้แก่ การประสานงานของศูนย์รับแจ้งเหตุและสั่งการที่รวดเร็วและถูกต้อง จำนวนทรัพยากรบุคคล และจำนวนอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่พร้อมและเพียงพอ เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.) สัญญาหมายเลข 38/2554 รหัสโครงการ SCH-NR2011-212 และทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

[1] National Emergency Medicine, “Annual report for 2013,” Nonta Buri, 2013, (in Thai).

[2] Thai EMS Info, (2014, April 18). *Vision of the new secretary general of National Emergency Medicine*, Doctor Anucha, the direction on 5k (5ค) Policy. [Online]. Available: http://www.thaiemsinfo.com

[3] R. Church and C. ReVelle, “The Maximal Covering Location Problem,” *Papers of the Regional Science Association*, vol. 32, pp. 101-118, 1974.

[4] T. Kungwansura, et al., “Determining appropriate number of emergency medical service unit locations for the Muang District, Nakhon Ratchasima Province,” in *Proceedings of the 2010 IE Network Conference*, October, 2010 (in Thai).

[5] 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*, November, 2013 (in Thai).

[6] M. S. Daskin, “A maximum expected covering location model: formulation, properties and heuristic solution,” *Transportation Science*, vol. 17, pp. 48-70, 1983.

[7] P. Yin and L. Mu, “Modular capacitated maximal covering location problem for the optimal siting of emergency vehicles,” *Applied Geography*,

vol. 34, pp. 247-254, 2012.

[8] A. Tarakoli and C. Lightner, "Implementing a mathematical model for locating EMS vehicles in Fayetteville, NC," *Computer & Operations Research*, vol. 31, pp. 1549-1563, 2004.

[9] L.A. McLay, "A maximum expected covering location model with two types of servers," *IIE Transactions*, vol. 41, no. 8, pp. 730-741, 2009.

[10] V.A. Knight, P.R. Harper, and L. Smith, "Ambulance allocation for maximal survival with heterogeneous outcome measures," *Omega*, vol. 40, pp. 918-926, 2012.

[11] National Emergency Medicine, "Manual of work operation for classifying and prioritizing medical service at emergency room by the standard of the national emergency medicine," Nonta Buri, 2013 (in Thai).

[12] Thailand Accident Research Center, (2014, May 1). *Speed and safety driving*. [Online]. Available: http://www.tarc.or.th

[13] Alogoma District Services Administration Board, (2014, March 23). *Response Time*. [Online]. Available: http://www.adsab.on.ca

[14] National Statistical Office, Ministry of Information and Communication, (2014, December 12). *The 2010 Population Census*. [Online]. Available: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/districtList/S010107/th/17.html