



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิจัยการใช้สื่อสังคมออนไลน์สำหรับการจัดการทรัพยากรสำหรับการแพทย์ฉุกเฉิน  
The Research of Using Social Media Analysis of Emergency Resources  
Allocation

ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย

Professor Dr. Chen-Yang Cheng

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากกองทุนวิจัยฯ ภายใต้บันทึกข้อตกลงความร่วมมือ  
ประจำปีงบประมาณ 2561  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิจัยการใช้สื่อสังคมออนไลน์สำหรับการจัดการทรัพยากรสำหรับการแพทย์ฉุกเฉิน  
The Research of Using Social Media Analysis of Emergency Resources  
Allocation

ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย

Professor Dr. Chen-Yang Cheng

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากกองทุนวิจัยฯ ภายใต้บันทึกข้อตกลงความร่วมมือ  
ประจำปีงบประมาณ 2561  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การวิจัยการใช้สื่อสังคมออนไลน์สำหรับการจัดการทรัพยากรสำหรับการแพทย์ฉุกเฉิน  
The Research of Using Social Media Analysis of Emergency Resources  
Allocation

แหล่งเงิน กองทุนวิจัยภายใต้บันทึกข้อตกลงความร่วมมือ

ประจำปีงบประมาณ 2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 260,000 บาท  
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 มกราคม 2561 ถึง 31 ธันวาคม 2561

ชื่อ-สกุล ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
และผู้ร่วมโครงการวิจัย Prof. Dr. Chen-Yang Chen Industrial Engineering and Management  
National Taipei University of Technology

### บทคัดย่อ

การลดระยะเวลาในการตอบสนองเป็นแนวคิดพื้นฐานของการบริหารจัดการจุดจอตลอดฉุกเฉิน เพื่อให้การเสียชีวิตและพิการของผู้ป่วยลดลงมากที่สุด เวลาในการตอบสนองของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังนั้นการบริหารจัดการแบบทันทีทันใดจึงมีความจำเป็นเพื่อกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินที่มีระยะเวลาการตอบสนองที่น้อย หรือที่เรียกว่า ระบบการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินแบบไดนามิก การกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินแบบไดนามิกเป็นการเคลื่อนตำแหน่งของจุดจอตลอดฉุกเฉินจากพื้นที่ที่มีความต้องการน้อย ไปยังพื้นที่ที่มีความต้องการสูงในแต่ช่วงเวลาของวัน ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการบริหารจัดการระดับปฏิบัติการ แต่อย่างไรก็ตามการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินแบบไดนามิกสำหรับการบริหารจัดการแบบทันทีทันใดนั้นจำเป็นต้องมีเปลี่ยนตำแหน่งของจุดจอตลอดฉุกเฉินบ่อยครั้ง ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงและภาระงานที่สูงแก่พนักงานขับรถฉุกเฉิน ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้แบบจำลองครอบคลุมที่พิจารณาข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์โดยแบบจำลองดังกล่าวถูกพัฒนาเพื่อการระบบการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน นอกจากนี้ยังได้พิจารณาข้อมูลแบบทันทีทันใดจากสื่อสังคมออนไลน์ (ทวิตเตอร์) ที่ทำให้จุดจอตลอดฉุกเฉินใช้ระยะเวลาตอบสนองที่ต่ำและประหยัดค่าใช้จ่ายในช่วงเหตุการณ์วิกฤตและเหตุการณ์ภัยพิบัติ และยังได้นำเสนอผลลัพธ์ที่เกิดจากการใช้แบบจำลองในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของพื้นที่กรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ: ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ แผนภูมิควบคุม แบบจำลองครอบคลุม การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

Research Title: THE RESEARCH OF USING SOCIAL MEDIA ANALYSIS OF EMERGENCY  
RESOURCES ALLOCATION

Researcher: Chumpol Yuangyai, Chen-Yang Chen

Faculty: Engineering Department: Industrial Engineering

---

## ABSTRACT

Response time reduction is a fundamental aspect of ambulance location management. To minimize patient mortality and disability, the response time of emergency medical services is critical. Therefore, real-time management is required to determine the location of an ambulance with a low response time or called or a dynamic allocation system. Dynamic allocation is moving the ambulance bases from low demand areas to high-demand areas that is useful in the operational level. However, the dynamic allocation model for real-time management requires re-allocation of ambulances, resulting in high costs and heavy workloads for the ambulance crews. This paper focuses on a covering model based on social media analysis. The model was used for developing an ambulance reallocation system. In addition to dynamic allocation, the proposed model considers real-time data from a social media application (Twitter) to minimize the response time and cost during emergencies and disasters. Twitter has been used in various ways to communicate during and manage emergencies. In this paper, we formulate the Maximal Covering Location Problem (MCLP), develop a solution procedure based on social media (Twitter application) and show the effect of the approach on the optimal solution by comparing it with the classical approach and also demonstrate our approach on Bangkok EMS.

**Keywords:** Emergency medical service Social media information Control chart Covering model Sensitivity analysis

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข และ นายสุรียพงศ์ นิลสังข์ ที่ให้การช่วยเหลือและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยเป็นอย่างดี รวมถึง ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสนับสนุนให้ นายสุรียพงศ์ นิลสังข์ ได้มีโอกาสทำงานร่วมวิจัยกับ Prof. Dr. Chen-Yang Chen ณ National Taipei University of Technology ณ ประเทศไต้หวัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

และ “ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนวิจัยภายใต้บันทึกข้อตกลงความร่วมมือ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง .....	VI
สารบัญภาพ .....	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ</b> .....	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย .....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	5
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b> .....	<b>6</b>
2.1 การบริการการแพทย์ฉุกเฉิน.....	8
2.2. แบบจำลองความครอบคลุม .....	10
2.3 วิธีการหาคำตอบจากแบบจำลองครอบคลุม.....	21
2.4 บทสรุปจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	23
<b>บทที่ 3 วิธีการที่นำเสนอและกรอบการวิจัย</b> .....	<b>25</b>
3.1 กรอบแนวความคิดในการทำงานวิจัย .....	25
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b> .....	29
4.1 การรวบรวมข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ที่เกี่ยวกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน .....	30
4.2 บูรณาการวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูล ในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูล .....	32
4.3 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้กำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินใหม่.....	33
4.4 การหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการเปรียบเทียบผลลัพธ์ .....	35
4.5 การประยุกต์ใช้ในการวางแผนการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ด้วยข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร .....	36
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b> .....	47
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	47
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	48
<b>บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย</b> .....	49
<b>เอกสารอ้างอิง</b> .....	50
<b>ภาคผนวก</b> .....	60
ภาคผนวก ก การนำเสนอผลงานการวิจัยระดับวารสาร ต่างประเทศ .....	60
<b>ประวัตินักวิจัย</b> .....	82

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองครอบคลุม.....	19
2.2 สรุปรงานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบจำลองครอบคลุมพื้นที่จากค่าความคาดหวังในการครอบคลุมสูงสุด MEXCLP .....	20
4.1: ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการทวิตเหตุการณ์ฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา และค่าพิสัยบน ค่าพิสัยล่าง.....	42
4.2 ผลการจำลองสถานการณ์และช่วงเวลาที่เกิดขึ้น.....	45
4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเพิ่ม-ลดลงของอัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวิตเตอร์กับระยะทางครอบคลุม จากการกำหนดจุดจอตระกูลฉุกเฉินใหม่.....	46



## สารบัญภาพ

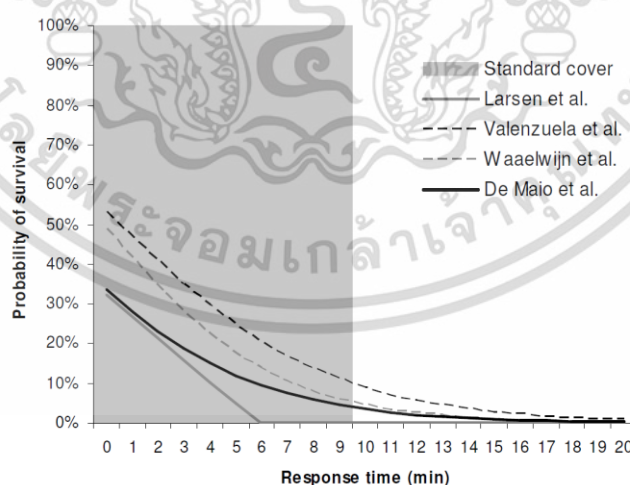
ภาพที่	หน้า
1.1 การเปรียบเทียบโอกาสในการรอดชีวิต (Probability of survival) และเวลาตอบสนองที่เวลามาตรฐานน้อยกว่า 9 นาที.....	1
2.1 กระบวนการทำงานการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน.....	8
2.2 แบบจำลองครอบคลุม LSCP กำหนดให้ D1 ถึง D15 เป็นจุดความต้องการ ซึ่ง L1 ถึง L4 คือจุดจอตรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ จะเห็นได้ว่าตำแหน่ง L1 และ L3 ครอบคลุมทุกจุดความต้องการในระยะทางที่กำหนด.....	12
2.3 ความแตกต่างระหว่างการกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉินแบบทันทีทันใดของงานวิจัยโดยทั่วไป และงานวิจัยที่นำเสนอ .....	24
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	28
4.1 ขั้นตอนสำหรับการนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานแบบทันทีทันใด.....	30
4.2 ขั้นตอนการปรับปรุงจุดจอตรถฉุกเฉินเมื่อเกิดช่วงเวลาที่ติดปกติ .....	35
4.3 เขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ตั้งโรงพยาบาลของรัฐและโรงพยาบาลภายใต้สังกัดการแพทย์กรุงเทพมหานคร.....	37
4.4 ระยะเวลาการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2559 ในช่วงตั้งแต่การรับแจ้งเหตุจนถึงจุดเกิดเหตุ.....	38
4.5 (a) ตำแหน่งจุดจอตรถฉุกเฉินของกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน มีด้วยกัน 49 จุดจอตและพื้นที่การออกปฏิบัติงานของแต่ละจุดจอต (b) เปอร์เซ็นต์การออกปฏิบัติงานต่อจำนวนจุดจอตที่ออกปฏิบัติงาน ในช่วงระยะเวลา 3 ปี พ.ศ. 2557-2559.....	39
4.6 ความน่าจะเป็นในการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินของทั้ง 56 พื้นที่ของกรุงเทพมหานคร.....	39
4.7 ข้อมูลการจัดอันดับการจราจรประจำปี 2559 (traffic index 2016) .....	40
4.8 (a) แผนภูมิควบคุม C ของจำนวนครั้งในการทวิตในแต่ละช่วงเวลา และ (b) ตัวอย่างการเกิดความผิดปกติของจำนวนครั้งในการทวิตของเหตุการณ์ฉุกเฉิน ในช่วงเวลาที่ 9:00-10:00 น. ....	43
4.9 (a) แผนที่พื้นที่กรุงเทพและตำแหน่งจุดจอตรถฉุกเฉินด้วยแบบจำลอง MCLP ซึ่งมีด้วยกัน 9 จุดจอต และ (b) ตำแหน่งจุดจอตรถฉุกเฉินด้วยแบบจำลอง MCLP-LF ที่นำเสนอ ซึ่งมีด้วยกัน 9 จุดจอตและพื้นที่หมายเลข 36 ถูกบังคับเลือก.....	44

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (Introduction and motivation)

สมรรถนะของการตอบสนองในเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Emergency response performance) ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency medical service: EMS) นั้นมีความสำคัญมาก ในการลดอัตราการเสียชีวิตและความพิการในผู้ป่วยฉุกเฉิน [Lim and Braunl 2011, Duncan et al. 2012] จากการศึกษาของ Erkut et al. ในปี 2007 พบว่าอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉินมีความสัมพันธ์ผกผันกับเวลาการตอบสนอง (Response time) ของรถฉุกเฉิน ดังรูปที่ 1.1 กล่าวคือเมื่อเวลาตอบสนองมีค่ามากขึ้นโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉินจะลดลง ซึ่งระยะเวลาการตอบสนองสามารถคำนวณได้จากช่วงเวลาที่รถฉุกเฉินจนถึงการเข้าไปยังพื้นที่เกิดเหตุของรถฉุกเฉิน [Sanchez-Mangas et al. 2010] เพราะฉะนั้นการลดระยะเวลาการตอบสนองนั้นจะช่วยเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตและลดโอกาสพิการในผู้ป่วยฉุกเฉิน [Shariat-Mohaymany et al. 2012]



รูปที่ 1.1 การเปรียบเทียบโอกาสในการรอดชีวิต (Probability of survival) และเวลาตอบสนองที่เวลามาตรฐานน้อยกว่า 9 นาที [Erkut et al. 2007]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากมาตรฐานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Common EMS standard) ได้กำหนดไว้ว่าร้อยละ 90 ของเวลาตอบสนองในพื้นที่เมืองจะต้องไม่มากกว่า 9 นาที [De Maio et al 2003] จากรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าที่เวลาตอบสนองที่เวลามาตรฐาน (พื้นที่สีเทา) จะมีโอกาสการรอดชีวิตเฉลี่ยอยู่ที่ 10% แต่ถ้าสามารถลดเวลาตอบสนองให้เป็นศูนย์หรือตอบสนองได้ทันที โอกาสในการรอดชีวิตจะเพิ่มเป็น 40% ซึ่งเป็นค่าที่สูง แต่ในความเป็นจริงการลดระยะเวลาการตอบสนองของรถฉุกเฉินให้เป็นไปตามมาตรฐานนั้นเป็นเรื่องยากและมีความท้าทายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองที่มีขนาดใหญ่และประชากรแออัด ยกตัวอย่างเช่น ระบบบริการการแพทย์ของกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ซึ่งจากการเก็บข้อมูลระยะเวลาการตอบสนอง ตั้งแต่ปี 2557-2559 พบว่าร้อยละ 99 ของระยะเวลาตอบสนองมีค่ามากกว่า 10 นาที [ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน: ITEMS 2559] ซึ่งเกินกว่าเวลามาตรฐานและอาจส่งผลกระทบต่อโอกาสรอดชีวิตของผู้ป่วยได้ เพราะฉะนั้นการลดระยะเวลาการตอบสนองของรถฉุกเฉินจึงมีความสำคัญ เพื่อเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดระยะเวลาการตอบสนองของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินพบว่าเกิดจาก 2 ปัญหาหลัก ได้แก่ ปัญหาการจัดสรรพื้นที่ปฏิบัติงานที่ครอบคลุม (Coverage problem) และปัญหาการเดินทางเข้าสู่พื้นที่เกิดเหตุ (Traveling to scene problem) [Pinto et al. 2015] ซึ่งทั้งสองปัญหานี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉิน (Ambulance deployment) ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

การกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉินของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินมีความสำคัญเป็นอย่างมาก [Pinto et al. 2015] เนื่องจากการกำหนดจุดจอตรถที่เหมาะสมต่อความต้องการ จะทำให้ผู้ป่วยฉุกเฉินได้รับการรักษาพยาบาลที่รวดเร็ว เพราะฉะนั้นการนำเอาการจัดการข้อมูลแบบทันทีทันใด (Real-time data) เช่น ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ (Social media information) มาประยุกต์ใช้กับการกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉิน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นใหม่และสามารถตอบสนองได้อย่างทันทีต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินที่สำคัญ จึงมีความน่าสนใจ จากการศึกษาวิจัยไม่พบว่ามีผู้นำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉิน

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉินเพื่อลดปัญหาการจัดสรรพื้นที่ปฏิบัติงานที่ครอบคลุมและลดปัญหาการเดินทางสู่พื้นที่เกิดเหตุในสถานการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งเรียกว่า แบบจำลองครอบคลุม (Covering model) ถูกนำเสนอครั้งแรกในปี 1971 นำเสนอโดย Toregas et al. เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองการกำหนดพื้นที่ครอบคลุม (Location Set Covering Problem: LSCP) [Toregas et al. 1971] ซึ่งเป็นการกำหนดจุดจุดที่น้อยที่สุดที่ครอบคลุมพื้นที่ในการปฏิบัติงานทั้งหมด ต่อมาในปี 1974 Church and ReVelle ได้เสนอแบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด (Maximal Covering Location Problem: MCLP) ซึ่งเป็นการกำหนดจุดจุดที่ครอบคลุมจุดความต้องการ (Demand point) ให้มากที่สุด โดยมีจำนวนจุดจุดจำกัด แบบจำลอง LSCP และ MCLP ถูกใช้ในการวางแผนระยะยาวหรือในระดับกลยุทธ์ เนื่องจากความไม่สมจริงของแบบจำลองที่ทุกจุดจุดพร้อมจะออกปฏิบัติงานเสมอ ต่อมาได้มีการนำเสนอแบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมค่าความคาดหวังของความต้องการสูงสุด (Maximum Expected Covering Location Problem: MEXCLP) นำเสนอโดย Daskin ในปี 1983 ซึ่งคำนึงถึงความไม่พร้อมของรถฉุกเฉินที่ให้บริการ (Uncertainty of ambulance availability) [Qiang Su et al. 2015]

จากการศึกษาแบบจำลองการกำหนดจุดจุดรถฉุกเฉินส่วนใหญ่จะคำนึงถึงปัจจัยจุดความต้องการการใช้บริการของผู้ป่วย (Demand point) และจำนวนรถฉุกเฉินที่ให้บริการ (Number of ambulance) [X. Li et al. 2011] เป็นปัจจัยหลัก แต่ขาดการศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ เช่น ความต้องการการรับบริการที่ไม่แน่นอน (Demand uncertainty) [Bozena Mielczarek. 2014] สภาพการจราจร (Traffic Conditions) [Pinto et al. 2015] เหตุการณ์ภัยพิบัติหรือเหตุการณ์ขนาดใหญ่ (Disaster event) และจำนวนของผู้ป่วยในสถานที่เกิดเหตุเดียวกัน [Aboueljine et. al., 2013, Talarico et al. 2015] เป็นต้น ในการกำหนดจุดจุดรถฉุกเฉินที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดความล่าช้าและความยากในการกำหนดจุดจุดรถฉุกเฉินที่เหมาะสม และบางงานวิจัยมีการศึกษาความน่าจะเป็นในการรอดชีวิตของผู้ป่วย [Erkut et al. 2007, Knight et al. 2012] เข้าร่วมกับแบบจำลองครอบคลุม แต่ยังไม่พบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดจุดจุดรถฉุกเฉินด้วยข้อมูลแบบทันทีทันใดด้วยสื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการวิเคราะห์สภาพการจราจรติดขัด และโอกาสในการรอดชีวิต จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการตอบสนองแบบทันทีทันใดของรถฉุกเฉิน และสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์การจราจรติดขัด

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย (Research objectives)

เป้าหมายของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาแนวคิดในการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

1.2.1 เพื่อบูรณาการวิธีการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินแบบพื้นที่ทันใด ด้วยข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน ที่คำนึงถึงสภาพการจราจรติดขัด และการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน

1.2.3 การนำไปประยุกต์ใช้จริงกับการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินพื้นที่กรุงเทพมหานคร

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษากระบวนการทำงาน การวางแผนกำหนดจุดจอตลอด ของรถพยาบาลฉุกเฉิน (Emergency ambulance service) เท่านั้น

1.3.2 การเก็บข้อมูลการให้บริการ ข้อมูลตำแหน่งของจุดจอตลอดฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ข้อมูลสภาพการจราจร ข้อมูลการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน และข้อมูลความต้องการของผู้ป่วย ภายในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

## 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการเกี่ยวกับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในส่วนการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน เพื่อให้เกิดความเข้าใจปัญหาเวลาการตอบสนองมากกว่าเวลามาตรฐานที่กำหนด

1.4.2 รวบรวมข้อมูลจากระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินและข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูล ที่เป็นสัญญาณที่จุดจอตลอดฉุกเฉินในปัจจุบันจำเป็นต้องปรับปรุงจุดจอตลอดฉุกเฉินที่ใหม่

1.4.3 บูรณาการวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูล เพื่อใช้เป็นวิธีการในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูล ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณของความจำเป็นในการปรับปรุงจุดจอตลอดฉุกเฉิน

1.4.4 เมื่อตรวจพบความผิดปกติของข้อมูล ดำเนินการกำหนดจุดจอตระกูลเงินใหม่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.4.5 การหาคำตอบที่เหมาะสมของแบบจำลองครอบคลุม เพื่อกำหนดจุดจอตระกูลเงินใหม่ เมื่อตรวจพบช่วงเวลาผิดปกติ จากสื่อสังคมออนไลน์

1.4.6 นำวิธีการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการกำหนดจุดจอตระกูลเงิน ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Research Contributions)

ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1.5.1 การตอบสนองแบบทันทีทันใดของการกำหนดจุดจอตระกูลเงินจากการศึกษาเป็นการใช้ข้อมูลในอดีต (Historical data) เพื่อคาดเดาข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ ซึ่งเป็นช่องว่างของงานวิจัย แต่สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ จะนำเสนอวิธีการนำข้อมูลแบบทันทีทันใดจากสื่อสังคมออนไลน์ มาใช้ในการกำหนดจุดจอตระกูลเงิน เพื่อลดเวลาในการตอบสนองของรถฉุกเฉินเมื่อออกปฏิบัติการ ซึ่งจะทำให้วิธีการที่ได้นั้นใกล้เคียงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง สามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว และถูกตำแหน่งของความต้องการ

1.5.2 สภาพการจราจรติดขัดและเหตุการณ์ภัยพิบัติในการกำหนดจุดจอตระกูลเงิน เป็นปัจจัยที่มีการศึกษาวิจัยอย่างจำกัด แต่ทั้งสองปัญหาดังกล่าวเป็นปัจจัยที่ส่งผลอย่างมากต่อเวลาการตอบสนองและความพร้อมของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความเป็นในการรอดชีวิตกับการเกิดการจราจรติดขัดเมื่อมีเหตุการณ์ฉุกเฉิน

1.5.3 นำวิธีการที่นำเสนอไปใช้ในการกำหนดจุดจอตระกูลเงินของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อเพิ่มสมรรถนะการจัดการการกำหนดจุดจอตระกูลเงินแบบทันทีทันใด

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่ ลักษณะการปฏิบัติงานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน การออกปฏิบัติงานของรถฉุกเฉิน แบบจำลองครอบคลุม ทั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้แบบจำลองครอบคลุมในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน และการนำสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งนำไปสู่วิธีการที่นำเสนอและการกำหนดกรอบงานวิจัยในลำดับต่อไป

#### 2.1 การบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency medical service: EMS)

การบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เป็นส่วนหนึ่งของระบบการจัดการสุขภาพฉุกเฉิน เป็นหน่วยงานที่ให้บริการทางการแพทย์ก่อนนำส่งโรงพยาบาล (pre-hospital) มีหน้าที่ในการนำส่งผู้ป่วยและรักษาพยาบาลผู้ป่วยเบื้องต้นอย่างเหมาะสมในพื้นที่ที่ได้รับแจ้งเหตุและเตรียมพร้อมต่อเหตุการณ์ [Aboueljine et al. 2013], [Zhen et al. 2014], [Pinto et al. 2015] ด้วยรถพยาบาลที่จอดไว้ในจุดบริการที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปรถพยาบาลจะแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

- รถพยาบาลฉุกเฉิน หรือ รถฉุกเฉิน (Emergency ambulance service: EAS) ให้บริการแก่ผู้ป่วยที่ต้องการความช่วยเหลือฉุกเฉิน ภายนอกสถานพยาบาล และนำผู้ป่วยส่งสถานพยาบาลเพื่อให้ได้รับการรักษาอย่างรวดเร็ว

- รถพยาบาลไม่ฉุกเฉิน (Non-emergency ambulance transfer service: NEATS) ให้บริการแก่ผู้ป่วยที่ต้องการบริการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากสถานพยาบาลหนึ่งไปยังอีกสถานพยาบาลหนึ่ง

โดยในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะรถพยาบาลฉุกเฉิน หรือ รถฉุกเฉิน เพื่อให้บริการผู้ป่วยประเภทฉุกเฉินและวิกฤต [Singer and Donoso. 2008] โดยจะคำนึงถึงการลดโอกาสการเสียชีวิต ป้องกันการพิการ และฟื้นฟูอาการบาดเจ็บของผู้ป่วย [Aringhieri, et. al. 2007] เพื่อนำส่งไปยังโรงพยาบาลเพื่อให้ได้รับการรักษาในขั้นต่อไป โดยมีกระบวนการทำงานของการบริการการแพทย์ฉุกเฉินและการส่งรถฉุกเฉินออกปฏิบัติงาน มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 กระบวนการทำงานของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

โดยทั่วไปกระบวนการทำงานของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน สามารถแบ่งได้ 5 กระบวนการตามประเภทของการปฏิบัติงานของรถฉุกเฉิน [Mistovich and Karren, 2014] ดังรูปที่ 2.1

1. ช่วงเวลาส่งรถฉุกเฉินออกปฏิบัติงาน (Dispatching time) เริ่มด้วยเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ผู้ป่วยหรือผู้พบเห็นจะโทรมาแจ้งมายังศูนย์บริการตอบรับทางโทรศัพท์ หรือ Call center ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เมื่อมีการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินเข้ามา เจ้าหน้าที่สื่อสาร (Emergency medical dispatcher: EMD) จะเป็นผู้รับแจ้งเหตุ ซึ่งจะสอบถามข้อมูล เช่น พื้นที่เกิดเหตุ สภาพที่เกิดเหตุ กลไกการบาดเจ็บ (Mechanism of injury: MOI) ลักษณะของการบาดเจ็บ (Nature of the illnesses: NOI) และจำนวนผู้ป่วยในที่เกิดเหตุ เพื่อจัดส่งรถฉุกเฉินตามความรุนแรงของอาการ เมื่รถฉุกเฉินที่ใกล้กับพื้นที่เกิดเหตุพร้อมปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่สื่อสารจะสั่งให้รถฉุกเฉินพร้อมด้วยเจ้าหน้าที่กู้ชีพ (Emergency medical technician: EMT) ตามระดับความรุนแรงของผู้ป่วยไปยังพื้นที่เกิดเหตุ

เจ้าหน้าที่กู้ชีพฉุกเฉิน แบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่

- บุคลากรด้านหน้า (First responder: FR) บุคลากรด้านหน้ามักจะเป็นคนแรกที่พบผู้ป่วย ซึ่งอาจจะเป็นเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ เช่น ตำรวจจราจร พนักงานดับเพลิง เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย หรืออาสาสมัครกู้ภัยต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้ด้านการช่วยเหลือผู้ป่วยฉุกเฉิน และรายงานข้อมูลให้หน่วยกู้ชีพทราบถ้าต้องการรถฉุกเฉิน

- เจ้าหน้าที่กู้ชีพขั้นพื้นฐาน (Emergency medical technician basic: EMT-B) มักจะไปกับพร้อมทั้งรถฉุกเฉิน โดยสามารถใช้อุปกรณ์ในการยึดตรึงผู้บาดเจ็บ (immobilization) และการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยด้วยวิธีต่างๆ ที่กระทำภายนอกร่างกายหรือที่เรียกว่าการช่วยเหลือระดับพื้นฐาน (Basic Life Support: BLS)

- เจ้าหน้าที่กู้ชีพขั้นกลาง (Emergency Medical Technician Intermediate: EMT-I) จะมีความสามารถมากกว่า EMT-B โดยสามารถทำการช่วยเหลือระดับสูง (Advance Life Support: ALS) ได้บางอย่าง เช่น การกระตุ้นหัวใจด้วยไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (Automated external defibrillator: AED) แต่ต้องได้รับการอนุมัติจากแพทย์เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

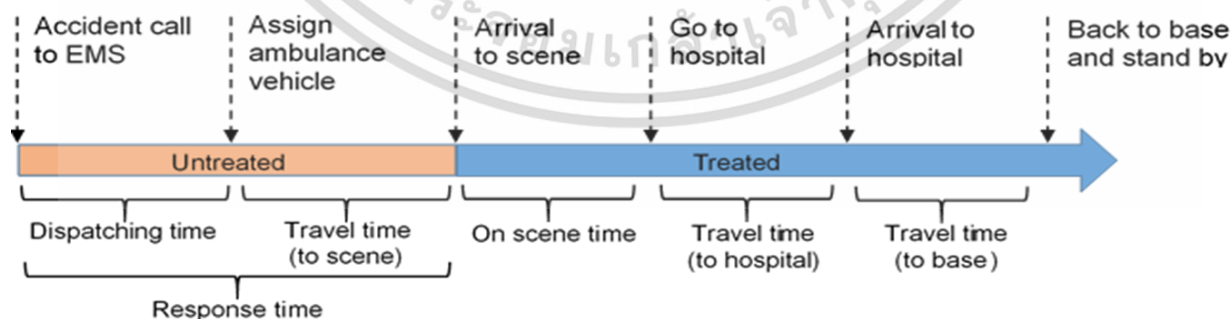
- เจ้าหน้าที่กู้ชีพขั้นสูง (Paramedic) สามารถให้การช่วยเหลือในระดับสูงที่สุด โดยจะสามารถให้การช่วยเหลือระดับสูง (ALS) ได้ในสภาวะแวดล้อมนอกโรงพยาบาล (pre-hospital care) เจ้าหน้าที่กู้ชีพขั้นสูงสามารถให้การรักษาผู้ป่วยโดยการให้น้ำเกลือ ให้ยาฉีดเข้ากล้ามเนื้อ และฉีดเข้าหลอดเลือดดำ การกระตุ้นหัวใจด้วยไฟฟ้า ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้ขั้นตอนของศูนย์บัญชาการที่มีหัวหน้าแพทย์ (Medical director)

2. ช่วงเวลาเดินทางของรถฉุกเฉินไปยังพื้นที่เกิดเหตุ (Travel time to scene) เมื่อรถฉุกเฉินในพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่เกิดเหตุได้รับคำสั่งจากเจ้าหน้าที่สื่อสาร จะยืนยันข้อมูลของพื้นที่เกิดเหตุและอาการของผู้ป่วยฉุกเฉิน และเดินทางออกจากจุดจอดรถฉุกเฉินไปยังพื้นที่เกิดเหตุ

3. ช่วงเวลาปฏิบัติงานในพื้นที่เกิดเหตุ (On scene time) เมื่อรถฉุกเฉินเข้าถึงยังพื้นที่เกิดเหตุ เจ้าหน้าที่กู้ชีพจะเข้าปฏิบัติงานทางการแพทย์แก่ผู้ป่วยฉุกเฉิน เมื่อปฏิบัติงานทางการแพทย์สำเร็จ จะเริ่มทำการนำผู้ป่วยขึ้นไปยังรถฉุกเฉิน เพื่อนำผู้ป่วยไปยังสถานพยาบาล

4. ช่วงเวลาเดินทางของรถฉุกเฉินไปยังสถานพยาบาล (Travel time to hospital) รถฉุกเฉินจะนำผู้ป่วยฉุกเฉินจากพื้นที่เกิดเหตุไปยังโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดหรือขึ้นอยู่กับอาการและความพร้อมของโรงพยาบาล

5. ช่วงเวลาเดินทางของรถฉุกเฉินไปยังจุดจอดรถฉุกเฉิน (Travel time to ambulance base) เมื่อรถฉุกเฉินไปถึงยังโรงพยาบาล เจ้าหน้าที่กู้ชีพจะนำผู้ป่วยลงจากรถฉุกเฉิน และส่งต่อให้กับแพทย์ พยาบาลของห้องฉุกเฉิน เพื่อรักษาพยาบาลขั้นสูงต่อไป หลังจากนั้นรถฉุกเฉินจะกลับไปยังจุดจอดรถฉุกเฉิน เพื่อรอรับคำสั่งออกปฏิบัติงานต่อไป



รูปที่ 2.1 กระบวนการทำงานการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับช่วงเวลาที่ 1 ช่วงเวลาส่งรถฉุกเฉินออกปฏิบัติงานและช่วงเวลาที่ 2 ช่วงเวลาเดินทางของรถฉุกเฉินไปยังพื้นที่เกิดเหตุ ถูกเรียกอีกชื่อว่า ช่วงเวลาตอบสนอง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความสำคัญมากสำหรับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวผู้ป่วยในที่เกิดเหตุไม่ได้รับการดูแลรักษาจากเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ (Medical personnel) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อโอกาสรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้การกำหนดจุดจอดฉุกเฉินที่ใกล้กับพื้นที่เกิดเหตุจะสามารถลดเวลาการตอบสนองลงได้

สำหรับการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ ได้แก่ ระดับกลยุทธ์ (Strategic level) คือการกำหนดตำแหน่งของจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยข้อมูลระยะยาวของอัตราการเติบโตของประชากรและอัตราความต้องการที่เพิ่ม (Expected rise in demand) ในการวางแผนการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน และระดับปฏิบัติการ (Operational level) เป็นการวางแผนระยะสั้น ได้แก่ การส่งรถฉุกเฉินออกไปปฏิบัติงาน (Ambulance dispatching) และการปรับตำแหน่งตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉิน (Redeployment) [Naoum-Sawaya and Elhedhli 2013] ในงานวิจัยครั้งนี้จึงมีแนวคิดในการบูรณาการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินในระดับปฏิบัติการ การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากการกำหนดจุดจอดที่เหมาะสมต่อความต้องการ จะทำให้ผู้ป่วยฉุกเฉินได้รับการรักษาพยาบาลที่รวดเร็ว เพราะฉะนั้นการนำเอาการจัดการข้อมูลแบบทันทีทันใด (Real-time data) เช่น การนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ (Social media information) มาประยุกต์ใช้กับการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นใหม่และสามารถตอบสนองได้อย่างทันทีต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินที่สำคัญ ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมาสื่อสังคมออนไลน์ถูกนำมาใช้ในการจัดการในเหตุการณ์วิกฤต [Palen and Liu 2007] เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์จากหลายสื่อออนไลน์ เช่น ยูทูบ (YouTube) เฟสบุ๊ก (Facebook) และทวิตเตอร์ (Twitter) [Lai and Turban 2008] สื่อสังคมออนไลน์ถูกนำมาใช้ในหลายๆ เหตุการณ์ทั้งในเหตุการณ์วิกฤตเพราะความสามารถในการแบ่งปันข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว [Boyd and Ellison, 2008; Hiltz et al. 2011; Palen et al. 2009] ตัวอย่างการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น Sutton 2009 ได้กล่าวถึงกรณีของผู้ประสบภัยในช่วงเหตุการณ์แผ่นดินไหวของประเทศเฮติใช้สื่อสังคมออนไลน์จากโทรศัพท์โดยการทวิตข้อมูลและรูปภาพเหตุการณ์เพื่อขอความช่วยเหลือจากโลกภายนอก ในปี 2013 ในเหตุการณ์น้ำท่วมในยุโรปได้มีการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการยืนยันตำแหน่งของตัวเอง และแจ้งข่าวสารเพิ่มเติมซึ่งเปรียบดั่ง “การตรวจจับจากสังคมออนไลน์ (Social sensor)” ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบเหตุการณ์ [Fuchs et al. 2013] และในปี 2014 ที่เหตุการณ์น้ำท่วมในประเทศไทย ได้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์ [Kaewikitipong et al. 2012] จะเห็นได้ว่าการนำสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการจัดการเหตุการณ์ฉุกเฉินเป็นจำนวนมาก จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ โดยจะนำเสนอข้อดีของการใช้ข้อมูลจากทวิตเตอร์ในการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินแบบทันทีทันใด

## 2.2 แบบจำลองความครอบคลุม (Covering model)

ในช่วง 40 ปีที่ผ่านมางานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการตอบสนองในเหตุการณ์ฉุกเฉินมีเพิ่มมากขึ้น นักวิจัยต่างศึกษาและพัฒนาการวางแผนการทำงานของรถฉุกเฉินอย่างหลากหลาย เช่น การศึกษาเกี่ยวกับการวางตำแหน่งของจุดจอด [Brotcorne et al. 2003, Sorensen and Church 2010] การศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางกะของพนักงานขับรถฉุกเฉิน [Goldberg J. 2004] การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการส่งรถฉุกเฉินไปยังพื้นที่ที่เกิดเหตุ [Schmid 2012, Lim et al. 2011] และการศึกษาเกี่ยวกับการปรับตำแหน่งจุดฉุกเฉินแบบพลวัต เมื่อรถฉุกเฉินไม่พร้อมให้บริการ [Green and Kolesar 2004] เป็นต้น

สำหรับวิธีการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับกัน เรียกว่า แบบจำลองความครอบคลุม (Covering model) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ถูกนำเสนอครั้งแรกในปี 1971 ซึ่งแบบจำลองโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะคือ การจุดบริการการแพทย์ฉุกเฉินหรือจุดจอตลอดฉุกเฉินที่ครอบคลุมตำแหน่งความต้องการภายในระยะทางมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้ โดยจะมีพารามิเตอร์และตัวแปรดังต่อไปนี้

$V$  = เซตของจุดความต้องการ

$W$  = เซตของตำแหน่งจุดจอตลอดฉุกเฉินที่เป็นไปได้

$W_i$  = เซตของตำแหน่งจุดจอตลอดฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ซึ่งครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายใน

ระยะมาตรฐาน  $r$

$i$  = ดัชนีของจุดความต้องการ  $i \in V$

$j$  = ดัชนีของตำแหน่งจุดจอตลอดฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $j \in W$

$t_{ij}$  = ระยะทางจากจุดความต้องการ  $i$  ไปยังจุดจอตลอดฉุกเฉิน  $j$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$r =$  เกณฑ์ระยะทางสำหรับจุดความต้องการที่พิจารณาว่าถูกรอบคลุม

$d_i =$  ขนาดจำนวนของจุดความต้องการ  $i$

$p =$  จำนวนจุดจอตฤกณุกเงินทั้งหมดที่เป็นไปได้ทั้งหมด

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดจอตฤกณุกเงินถูกกำหนดบนตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{อย่างอื่น} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดความต้องการ } i \text{ ถูกรอบคลุมอย่างน้อยหนึ่ง} \\ 0 & \text{อย่างอื่น} \end{cases}$$

### 2.2.1 แบบจำลองการกำหนดพื้นที่ครอบคลุม (Location Set Covering Problem: LSCP)

แบบจำลองการกำหนดพื้นที่ครอบคลุม เป็นแบบจำลองครอบคลุมแรกสำหรับการกำหนดจุดจอตฤกณุกเงิน นำเสนอโดย Toregas et al. 1971 ซึ่งมีการกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

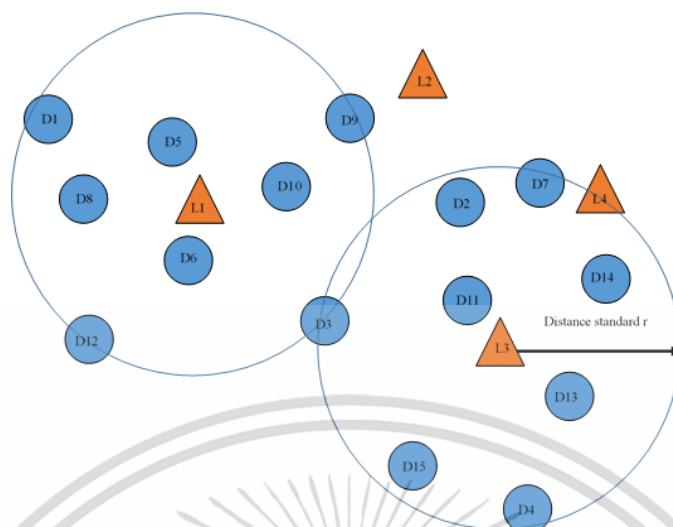
LSCP:

$$\text{Min } \sum_{j \in W} x_j \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in W_i} x_j \geq 1, \quad i \in V \quad (2)$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad j \in W \quad (3)$$

สำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่ (1) จำนวนจุดจอตฤกณุกเงินทั้งหมดที่น้อยที่สุด เงื่อนไข (2) ทุกจุดความต้องการจะถูกรอบคลุมด้วยจุดจอตฤกณุกเงินอย่างน้อยหนึ่งจุดจอต รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างแบบจำลอง เมื่อมีจุดจอตฤกณุกเงินที่เป็นไปได้ 4 จุดจอต และมี 15 จุดความต้องการ หนึ่งจุดความต้องการจะถูกรอบคลุมด้วยจุดจอตฤกณุกเงิน ภายในระยะทางมาตรฐาน  $r$  จากรูปจุดจอตฤกณุกเงินที่ 1 ( $L_1$ ) และจุดจอตฤกณุกเงินที่ 3 ( $L_3$ ) สามารถครอบคลุมทุกจุดความต้องการ



รูปที่ 2.2 แบบจำลองครอบคลุม LSCP กำหนดให้  $D_1$  ถึง  $D_{15}$  เป็นจุดความต้องการ ซึ่ง  $L_1$  ถึง  $L_4$  คือจุดจอตรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ จะเห็นได้ว่าตำแหน่ง  $L_1$  และ  $L_3$  ครอบคลุมทุกจุดความต้องการในระยะทางที่กำหนด

แบบจำลองครอบคลุม LSCP เป็นแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อนสามารถนำมาใช้ในการจัดการจริงของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินได้ เนื่องจากเป็นแบบจำลองเชิงกำหนดและใช้เพียงค่าคงที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการพิจารณาจำนวนทรัพยากรแบบไม่มีจำกัดและจุดจอตรถฉุกเฉินที่เกิดขึ้นสามารถบริการผู้ป่วยฉุกเฉินได้เสมอ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองครอบคลุม LSCP มีประโยชน์มากในการกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉินระดับกลยุทธ์ ได้มีการนำเอาแบบจำลองครอบคลุม LSCP ไปศึกษาเพิ่มเติม เช่น Shiah and Chen (2007) แบบจำลองการจัดการจำนวนรถฉุกเฉิน (Ambulance allocation Capacity Model: AACM) ซึ่งเป็นการบูรณาการแนวคิดการจัดการจำนวนรถฉุกเฉิน (Ambulance service capacity) ร่วมกับแบบจำลองครอบคลุม LSCP ศึกษาเงื่อนไขของถนนและการกระจายตัวของประชากร

2.2.2 แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด (Maximal Covering Location Problem: MCLP)

แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด ถูกนำเสนอโดย Church and ReVelle (1974) ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCLP:

$$\text{Max } \sum_{i \in V} d_i y_i \quad (4)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in W_i} x_j \geq y_i, \quad i \in V \quad (5)$$

$$\sum_{j \in W} x_j = p \quad (6)$$

$$x_j, y_i \in \{0, 1\}, \quad j \in W, i \in V \quad (7)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (4) จำนวนมากที่สุดของความต้องการที่ถูกครอบคลุม เงื่อนไขที่ (5) จุดความต้องการ  $i$  ต้องถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่งจุดจอตฤกเงินหรือมากกว่าภายในระยะทางมาตรฐาน เงื่อนไข (6) จำนวนจุดจอตฤกเงินทั้งหมดที่เป็นไปได้เท่ากับ  $p$  แบบจำลองครอบคลุม MCLP จะพิจารณาถึงขนาดของความต้องการซึ่งมันเหมือนกันเป็นค่าน้ำหนักของแต่ละชุดความต้องการในฟังก์ชันวัตถุประสงค์และแบบจำลองยังคำนึงถึงความน่าจะเป็นที่ดีที่สุดที่จะใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด [Brotcorne et al. 2003] ทำให้แบบจำลองสมจริงมากขึ้น

การศึกษาเพิ่มเติมของแบบจำลอง MCLP [Dessouky 2006, jia et al. 2007a and Jia et al. 2007b] ศึกษาระดับคุณภาพ (Quality level) และจำนวนจุดจอตฤกเงินในแต่ละระดับคุณภาพในพื้นที่ขนาดใหญ่ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน และยังมีการศึกษาถึงความแตกต่างของประเภทการให้บริการ เช่น แบบจำลองพื้นที่ครอบคลุมสำหรับประเภทฉุกเฉินทั้งสองประเภท (Backup Double Covering Model: BDCM) [Baser et al. 2008] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอื่นๆ เช่น Alsalloum and Rand 2003 และ Alsalloum and Rand 2006 เพิ่มเติมแบบจำลองครอบคลุม MCLP และพัฒนาเพื่อใช้กับตัวแบบโปรแกรมเป้าหมาย (Goal programming model) โดยเริ่มจากการกำหนดจุดจอตฤกเงินที่ทำให้ค่าความคาดหวังของความต้องการมากที่สุดและปรับจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละจุดจอตฤก Erkut et al. 2007 ได้นำเอาฟังก์ชันโอกาสในการรอดชีวิต (Survival function) เข้ามาในแบบจำลองครอบคลุม ซึ่งมีชื่อว่า แบบจำลองปัญหาพื้นที่ที่มีโอกาสรอดชีวิตมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด (Maximum Survival Location Problem: MSLP) ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาการตอบสนองต่ออัตราการรอดชีวิต และนำไปทดสอบในระบบจริงของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

### 2.2.3 แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมแบบสองระยะทางมาตรฐาน (Double Standard Model: DSM)

แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมแบบสองระยะทางมาตรฐาน นำเสนอโดย Gendreau et al. 1997 โดยกำหนดให้มี 2 ระยะทางมาตรฐาน  $r_1$  และ  $r_2$  ( $r_1 < r_2$ ) โดยมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

DSM:

$$\text{Max } \sum_{i \in V} d_i y_{i2} \quad (12)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in W_{i2}} x_j \geq 1, \quad i \in V \quad (13)$$

$$\sum_{i \in V} d_i y_{i1} \geq \alpha \sum_{i \in V} d_i \quad (14)$$

$$y_{i2} \leq y_{i1}, \quad i \in V \quad (15)$$

$$\sum_{j \in W_{i1}} x_j \geq y_{i1} + y_{i2}, \quad i \in V \quad (16)$$

$$\sum_{j \in W} x_j = p \quad (17)$$

$$x_j \leq p_j, \quad j \in W \quad (18)$$

$$y_{i1}, y_{i2} \in \{0, 1\}, \quad i \in V \quad (19)$$

$$x_j \text{ Integer}, \quad j \in W \quad (20)$$

เมื่อ  $y_{i1}$  และ  $y_{i2}$  เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดให้มี 2 ค่า ซึ่งจะเท่ากับ 1 เมื่อจุดความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่งจุดจอตฉุกเฉินและถูกครอบคลุมทั้งสองภายในระยะทางมาตรฐาน  $r_1$  ตามลำดับ  $W_{i1}$  และ  $W_{i2}$  แสดงเซตของจุดจอตฉุกเฉิน ที่สามารถครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะทาง  $r_1$  และ  $r_2$  ตามลำดับ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม DSM จำนวนความต้องการที่มากที่สุดที่ถูกครอบคลุมอย่างน้อยทั้งสองระยะทางภายในระยะ  $r_1$  เงื่อนไขที่ (13) และ (14) คือทุกความต้องการจะต้องถูกครอบคลุมภายในระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$r_2$  และสัดส่วน  $\alpha$  ของความต้องการทั้งหมดที่ถูกครอบคลุมภายในระยะ  $r_1$  เงื่อนไขที่ (15) จุดความต้องการจะไม่สามารถถูกครอบคลุมทั้งสองระยะ ถ้ามันไม่ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่งระยะ เงื่อนไขที่ (15) และ (16) เพื่อให้แน่ใจว่าจุดความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุมทั้งสองระยะ ถ้ามันถูกครอบคลุมโดยสองจุดจอตรถฉุกเฉินหรือมากกว่าในระยะทาง  $r_1$  เงื่อนไขที่ (17) และ (18) เป็นข้อจำกัดของจำนวนจุดจอตรถฉุกเฉิน ได้มีการนำแบบจำลองครอบคลุม DSM ไปศึกษาเพิ่มเติม Doerner et al. 2005 และ Doerner et al. 2008 ได้พัฒนาแบบจำลองบนพื้นฐานของแบบจำลองครอบคลุม DSM โดยเพิ่มส่วนของบทลงโทษ (Penalty terms) ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานหนักเกินไปของพนักงาน

2.2.4 แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมค่าความคาดหวังของความต้องการสูงสุด (Maximum Expected Covering Location Problem: MEXCLP)

แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมค่าความคาดหวังของความต้องการสูงสุด ซึ่งถูกนำเสนอโดย Daskin 1983 โดยมีการเพิ่มเกี่ยวกับฟังก์ชันการพร้อมปฏิบัติงานของรถฉุกเฉินในจุดจอตรถฉุกเฉิน (Busy function) โดยสมมติให้ทุกจุดจอตรถฉุกเฉินมีความน่าจะเป็นที่จะไม่พร้อมปฏิบัติงาน ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

MEXCLP:

$$\text{Max} \quad \sum_{i \in V} \sum_{k=1}^p d_i (1-q) q^{k-1} y_{ik} \quad (21)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in W_i} x_j \geq \sum_{k=1}^p y_{ik}, \quad i \in V \quad (22)$$

$$\sum_{j \in W} x_j \leq p \quad (23)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\}, \quad i \in V, k = 1, \dots, p \quad (24)$$

$$x_j \text{ Integer}, \quad j \in W \quad (25)$$

เมื่อ  $y_{ik}$  เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดให้มี 2 ค่า ซึ่งจะเท่ากับ 1 เมื่อจุดความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุมโดยอย่างน้อย  $k$  จุดจอตรถฉุกเฉิน สำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ค่าความคาดหวังสูงสุดของจำนวนความต้องการถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบคลุมด้วยจำนวนจุดจอตฤกณิกเงินที่มีอยู่จำกัด ด้านซ้ายมือของเงื่อนไข (22) แสดงจุดจอตฤกณิกเงินทั้งหมดที่ครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะทาง  $r$  สำหรับด้านขวามือ คือ จำนวนครั้งที่จุดความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุม ความเหมือนกันของ DSM และ MEXCLP คือ อนุญาตให้มากกว่าหนึ่งจุดจอตฤกณิกเงินอยู่บนพื้นที่เดียวกันได้ แบบจำลองครอบคลุม MEXCLP มีสมมติฐานที่แข็งแกร่งคือความเป็นอิสระกันของจุดจอตฤกณิกเงินและความน่าจะเป็นที่จะไม่พร้อมปฏิบัติงานมีค่าเท่ากัน แต่เป็นความเป็นจริงความต้องการมีไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่ จึงทำให้ความน่าจะเป็นที่จะไม่พร้อมปฏิบัติงานจะเปลี่ยนไปตามแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาเพิ่มเติม Rajagopalan et al. 2007 ได้พัฒนาการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก ประกอบไปด้วย ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) วิธีการการค้นหาแบบทาบู่ (Tabu search algorithm) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (simulated annealing algorithm) และวิธีการค้นหาแบบปีนเขา (hybridized hill climbing) ในการหาคำตอบของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) Sorensen and Church 2010 ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยเงื่อนไขความน่าเชื่อถือในพื้นที่ (Local reliability) ร่วมกับแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP โดยเพิ่มในส่วนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้วยประมาณค่าความน่าเชื่อถือในพื้นที่ Saydam and Aytug 2003 ได้เปลี่ยนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP เป็นแบบความสัมพันธ์ไม่เชิงเส้น (Nonlinear) เพื่อใช้ในการหาคำตอบด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

2.2.5 แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมด้วยค่าความน่าเชื่อถือของการครอบคลุม (Maximum Availability Location Problem: MALP)

แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมด้วยค่าความน่าเชื่อถือของการครอบคลุม ถูกนำเสนอโดย ReVelle and Hogan 1989 ซึ่งมีด้วยกันสองแบบคือ แบบจำลองครอบคลุม MALP-I สมมติให้จุดจอตฤกณิกเงินมีค่าความไม่พร้อมในการปฏิบัติงานเป็นค่า  $q$  แต่ในแบบจำลองครอบคลุม MALP-II ค่าความไม่พร้อมในการปฏิบัติงาน  $q_i$  มาจากอัตราส่วนของช่วงการแจ้งเหตุทั้งหมดจากจุดความต้องการ  $i$  ถึงค่าที่ยอมรับได้ของทุกจุดจอตฤกณิกเงิน  $W_i$  ซึ่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม MALP-I จำนวนความต้องการสูงสุดที่ถูกครอบคลุมโดยจุดจอตฤกณิกเงินภายในระยะทาง  $r$  ที่ค่าระดับความเชื่อมั่น  $\alpha$  จุดความต้องการ  $i$  จะที่ถูกครอบคลุมด้วยค่าความน่าเชื่อถือ  $\alpha$  ถ้า  $1 - q^{\sum_{j \in N_r} x_j} \geq \alpha$  ดังนั้นเพื่อให้บรรลุการครอบคลุมด้วยค่าความน่าเชื่อถือ  $\alpha$  จำนวนของจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดจอตลอดเงินที่ครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  จะต้องมีค่า  $\sum_{j \in W_i} x_j \geq \left\lceil \frac{\log(1-\alpha)}{\log q} \right\rceil = b$  ซึ่งมีแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์ดังนี้

MALP-I:

$$\text{Max } \sum_{i \in V} d_i y_{ib} \quad (26)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in W_i} x_j \geq \sum_{k=1}^b y_{ik}, \quad i \in V \quad (27)$$

$$y_{i,k+1} \leq y_{ik}, \quad i \in V, k = 1, \dots, b-1 \quad (28)$$

$$\sum_{j \in W} x_j = p \quad (29)$$

$$x_j, y_{ik} \in \{0, 1\}, j \in W, i \in V, k = 1, \dots, p \quad (30)$$

ฝั่งซ้ายมือของเงื่อนไขที่ (27) จุดจอตลอดเงินทั้งหมดที่ครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะทาง  $r$  และขวามือแสดงจำนวนครั้งของจุดความต้องการ  $i$  ที่ถูกครอบคลุม ซึ่งต้องมีค่าน้อยกว่า  $b$  นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเพิ่มเติมของ Galvao et al. 2005 แบบจำลองครอบคลุม MALP ไปบูรณาการร่วมกับแบบจำลอง hypercube queuing

จะเห็นได้ว่าแบบจำลองครอบคลุมมีด้วยกันหลายแบบจำลอง ซึ่งแต่ละแบบจำลองมีจุดเด่นที่ต่างกันไป ผู้วิจัยจึงได้สรุปแต่ละแบบจำลองครอบคลุมดังตารางที่ 2.1 ในวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการกำหนดจุดจอตลอดเงินร่วมกับการวิเคราะห์ปัญหาการจราจรติดขัดและโอกาสการรอดชีวิต จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการจราจรติดขัดและโอกาสในการรอดชีวิตมีลักษณะเป็นการกระจายตัวแบบความน่าจะเป็น ซึ่งมีลักษณะคล้ายความน่าจะเป็นที่จะไม่พร้อมในการปฏิบัติงาน (Busy function) ของแบบจำลองครอบคลุมพื้นที่จากค่าความคาดหวังในการครอบคลุมสูงสุด (Maximum Expected Covering Location Problem: MEXCLP) จึงได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานวิจัยในเรื่องดังกล่าวพบว่า หลังจากนำเสนอแบบจำลองของ Daskin ใน ปี ค.ศ. 1983 ได้มีการนำเอาแบบจำลองมาศึกษา เช่น Aytug and Saydam 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการนำแบบจำลอง MEXCLP ในการกำหนดจุดบริการสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithms) ในการหาคำตอบเมื่อคำนึงถึงความไม่พร้อมในจุดบริการ Chiyoshi et al. 2002 ได้นำศึกษาแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ร่วมกับแบบจำลอง hypercube queuing ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน และเวลาในการบริการ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับฟังก์ชันการรอดชีวิต (survival function) ร่วมกับแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน Erkut et al. 2007 ได้เสนอแบบจำลองครอบคลุมที่คำนึงถึงระยะครอบคลุมกับโอกาสการรอดชีวิตเพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินในระบบ EMS และ Knight et al. 2012 ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมถึงประเภทของผู้ป่วยที่แตกต่างกัน (heterogeneous patients) ซึ่งสามารถสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบจำลองครอบคลุมพื้นที่จากค่าความคาดหวังในการครอบคลุมสูงสุด MEXCLP ดังตารางที่ 2.2

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองครอบคลุมพื้นที่จากค่าความคาดหวังในการครอบคลุมสูงสุดของจุดจอดรถฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ยังไม่พบการนำปัจจัยทางการจราจรติดขัด (Traffic function) และโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วย (survival function) ร่วมกันในแบบจำลองครอบคลุม เพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองครอบคลุม

แบบจำลองครอบคลุม	จำนวนจุด จุดที่น้อย ที่สุด	จำนวน ความ ต้องการมาก ที่สุด	ค่าความ คาดหวังของ ความต้องการ มากที่สุด	จำนวนจุด จุดตรง ผูกเงินมี จำกัด	รูปแบบ สมการ เส้นตรง	การขยาย ระยะทาง มาตรฐาน	ความน่าจะเป็น ที่จะไม่พร้อม ปฏิบัติงาน	ค่าความ น่าเชื่อถือของ การครอบคลุม
Location Set Covering Problem (LSCP)	✓				✓			
Maximal Covering Location Problem (MCLP)		✓		✓	✓			
Double Standard Model (DSM)		✓		✓	✓	✓		
Maximum Expected Covering Location Problem (MEXCLP)			✓	✓			✓	
Maximum Availability Location Problem (MEXCLP)		✓		✓	✓			✓

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองครอบคลุมพื้นที่จากค่าความคาดหวังในการครอบคลุมสูงสุด MEXCLP

ผู้วิจัย	ฟังก์ชันความ ไม่พร้อมใน การปฏิบัติ	ฟังก์ชันโอกาสใน การรอดชีวิต	ฟังก์ชันสภาพ การจราจร	การแบ่ง ช่วงเวลา	อื่นๆ
Mark S. Daskin (1983)	✓				
Aytug and Saydam (2002)	✓				Lange-scale
Chiyoshi, Galvao, and Morabito (2002)	✓				Hypercube queuing model
Saydam and aytug (2003)	✓				Accurate estimation
Galvao, Chiyoshi, and Morabito (2005)	✓				Towards unified formulation
Erkut, Ingolfsson, and Erdogan (2007)		✓			
Rajagopalan et al. (2007)	✓				Experimental design
Sorensen and Church (2010)	✓				Local reliability
Knight, Harper, and Smith (2012)		✓			Heterogeneous patients
Van den Berg and Aardal (2015)	✓			✓	Penalty of relocation
Van den Berg, Kommer, and Zuzakova (2016)	✓				Linear formulation
Our model	✓	✓	✓	✓	

## 2.3 วิธีการหาคำตอบจากแบบจำลองครอบคลุม

ในส่วนนี้จะนำเสนอวิธีการหาคำตอบในการกำหนดจุดจุดตรรกะ ซึ่งได้แก่ การหาคำตอบด้วยวิธีการฮิวริสติก (Heuristic method) นิยมใช้ในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ (Large scale) การหาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation method) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบคำตอบที่ได้รับจากวิธีการฮิวริสติก หรือการผสมเข้ากับวิธีการอื่นๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคำตอบ และการหาคำตอบแบบทางตรง (Exact method) ใช้กับการหาคำตอบของปัญหาขนาดเล็ก (Small size problem) สำหรับรายละเอียดจะนำเสนอต่อไป

### 2.3.1 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก

สำหรับวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่จะนำเสนอเป็นวิธีการหาคำตอบที่นิยมใช้ในการกำหนดจุดจุดตรรกะ ประกอบด้วย การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) และการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบหาญ

#### 1. การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm)

การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการที่ถูกใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับวิธีการแบบฮิวริสติก ด้วยความสามารถในการค้นหาคำตอบที่มีดี GA จึงถูกใช้ในการหาจุดเหมาะสมของคำตอบ โดยอาศัยหลักการการคัดเลือกสรรของธรรมชาติ (Natural selection) และความอยู่รอดที่เหมาะสม (Survival of the fittest) ซึ่งคำตอบที่ได้จะถูกพัฒนาเพื่อหาคำตอบที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด [Beasley and Chu 1996]

สำหรับการนำการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการหาคำตอบถูกนำมาใช้อย่างมากมาย เช่น Aickelin 2002 ใช้การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาคำตอบของการกำหนดจุดจุดตรรกะ โดยแบ่งการหาคำตอบออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นการเปลี่ยนแปลงและหาพารามิเตอร์ที่มีผล ส่วนที่สองเป็นการใช้ความหลากหลายของข้อมูลเพื่อหาคำตอบ ส่วนสุดท้ายเป็นการหาคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิมด้วยวิธีการฮิวริสติกแบบปีนเขา (Hill-climber heuristic method) Aytug and Saydam 2002 ประยุกต์การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการหาคำตอบของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์กับผลที่ได้จาก CPLEX และการหาคำตอบแบบฮิวริสติกแบบแดสกิน (Daskin's heuristic) ผลที่ได้คือการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในส่วนของระยะเวลาการทดสอบ Iannoni and Morabito 2007 ได้นำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลอง hypercube queuing ร่วมกับการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาพื้นที่รับผิดชอบของแต่ละจุดจอตลอดฉุกเฉิน และ Iannoni et al. 2009 ได้นำกระบวนการค้นหาพื้นที่มาประยุกต์ใช้กับการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินบนทางหลวง

## 2. การหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบ (Tabu search algorithm)

การหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบเป็นวิธีการค้นหาพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะ โดยการใช้ความจำหรือรายการต้องห้าม (Tabu list) ในการหาคำตอบ ซึ่งจะหลีกเลี่ยงคำตอบเหล่านั้น โดยผลลัพธ์ของคำตอบจะเคลื่อนที่ไปหาคำตอบที่มีกว่าจากคำตอบข้างเคียง

ซึ่งได้มีการนำมาประยุกต์ใช้กับการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน Arostegui et al. 2006 และ Rajagopalan et al. 2007 ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการหาคำตอบแบบฮิวริสติก ประกอบไปด้วยการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบ การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม และ การหาคำตอบด้วยวิธีการเลียนแบบการอบอ่อน เพื่อหาคำตำแหน่งของจุดจอตลอดฉุกเฉินที่เหมาะสม Doerner et al. 2005 ได้ปรับปรุงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม DSM และใช้วิธีการการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบในงานวิจัยของ Gendreau et al. 2001 ที่ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสม

### 2.3.2 การหาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation method)

การจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในการศึกษาระบบที่มีความซับซ้อน ซึ่งสามารถสรุปการประยุกต์การจำลองสถานการณ์ได้ 3 ประการ คือ 1) ใช้ในการเจาะลึกในการใช้นโยบายการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินจากคำตอบที่เหมาะสมหรือคำตอบที่ใกล้เคียง 2) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการหาคำตอบที่แตกต่างกัน 3) เพื่อการรวบรวมวิธีการต่างๆ ที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีและเร็วขึ้น

มีนักวิจัยจำนวนมากที่บูรณาการวิธีการจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีการอื่นๆ เช่น Maxwell et al. 2009 ได้พัฒนาการจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ของนโยบายการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน เพื่อหาการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินที่เหมาะสม Harewood 2002 ได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อตรวจสอบวิธีการหาคำตอบ โดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ด้วยปัจจัยที่แตกต่างกันของระบบ และเปรียบเทียบกับกำหนดจุดจอตลอดในปัจจุบัน Henderson and Mason 2004 ได้วิเคราะห์ซอฟต์แวร์ที่ชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า BARTSIM เพื่อบูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical information system: GIS) เพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน

### 2.3.3 วิธีการหาคำตอบแบบทางตรง (Exact method)

การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินนิยมกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer programming) จึงใช้วิธีการแบ่งและแตกกิ่ง (Branch and Bound: B&B) ในการหาคำตอบที่มีขนาดเล็ก ของการหาการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน

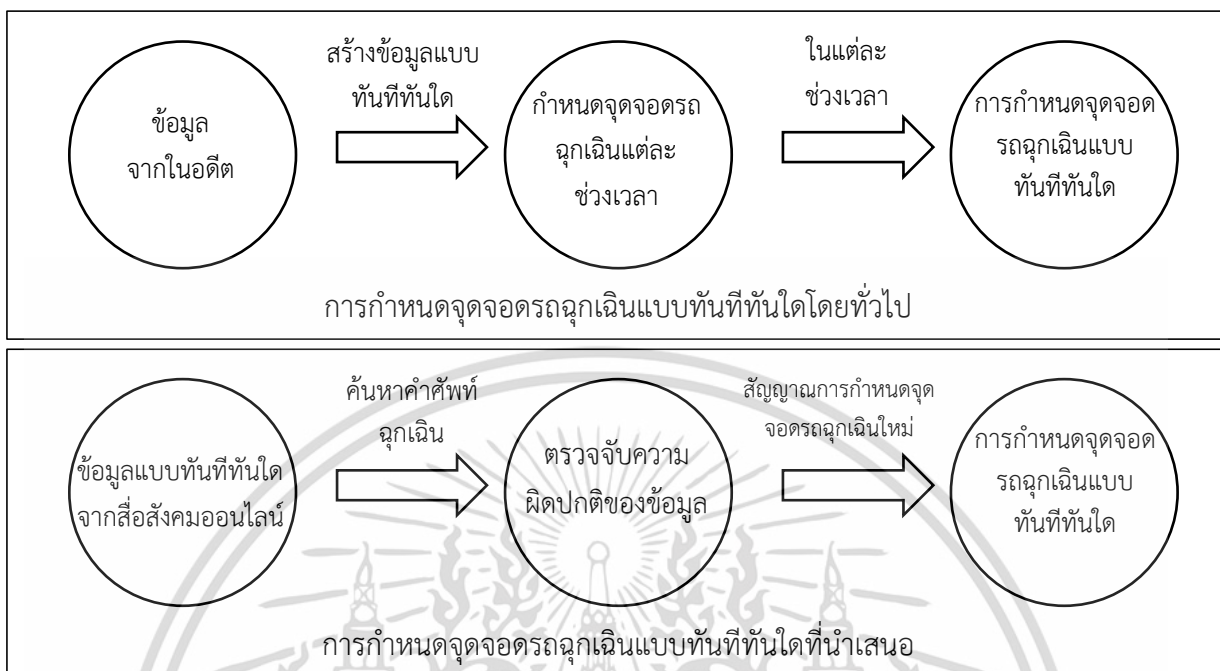
## 2.4 บทสรุปจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน พบว่าวิธีการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินแบบคงที่ (Static model) ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินระดับกลยุทธ์ แต่ขาดความสามารถในการยืดหยุ่นในระดับปฏิบัติการ เพราะความต้องการมีการกระจายตัวและไม่คงที่ จึงยากในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินที่เหมาะสม จึงได้มีการศึกษาถึงการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินแบบทันทีทันใด (Real-time ambulance redeployment problem) ขึ้นมา เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากวิธีการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินแบบคงที่

โดยทั่วไปการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินแบบทันทีทันใด จากการศึกษาจะใช้ข้อมูลจากในอดีตที่ได้เก็บบันทึกไว้ (Historical data) มาทำการพยากรณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและทำการคาดคะเนการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินแต่ละช่วงเวลา สำหรับงานวิจัยนี้จะนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ซึ่งเป็นข้อมูลแบบทันทีทันใด (Real-time information) มาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน โดยการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลต่อช่วงเวลาจากสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินใหม่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมต่อไป

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำข้อมูลแบบทันทีทันใดมาใช้ เพื่อตรวจจับสัญญาณที่แสดงช่วงเวลาที่เกิดผิดปกติของข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินใหม่ ซึ่งจะช่วยให้จุดจอดรถฉุกเฉินที่ได้สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและทำให้การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินเป็นไปอย่างรวดเร็ว สำหรับขั้นตอนการทำวิจัยจะนำเสนอในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ความแตกต่างระหว่างการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินแบบทันทีทันใดของงานวิจัยโดยทั่วไป และงานวิจัยที่นำเสนอ

## บทที่ 3

### วิธีการที่นำเสนอและกรอบการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยเพื่อสร้างวิธีการกำหนดจุดจอตรณุกเงินที่ใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อให้ได้จุดจอตรณุกเงินที่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้อย่างทันทีทันใดและการสร้างแบบจำลองครอบคลุมที่คำนึงถึงสภาพการจราจรและการเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติ ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการกำหนดจุดจอตรณุกเงิน ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานและกรอบแนวความคิดที่นำเสนอต่อไปนี้

#### 3.1 กรอบแนวความคิดในการทำงานวิจัย

สำหรับกรอบแนวความคิดในงานวิจัยครั้งนี้มีด้วยกัน 2 ส่วนหลัก ได้แก่

3.1.1 การบูรณาการข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอตรณุกเงิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานแบบทันทีทันใด

3.1.2 การกำหนดจุดจอตรณุกเงิน ที่พิจารณาสภาพการจราจรโดยรอบจุดจอต เพื่อเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วยในพื้นที่เกิดเหตุและลดระยะเวลาการตอบสนองของรถฉุกเฉิน

จากกรอบแนวคิดในงานวิจัยทั้ง 2 ส่วน นำไปสู่ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 6 ขั้นตอน เพื่อประยุกต์ใช้ในการกำหนดจุดจอตรณุกเงินด้วยข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

#### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อประยุกต์ใช้การกำหนดจุดจอตรณุกเงิน ด้วยข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.1

3.2.1 ศึกษากระบวนการเกี่ยวกับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในส่วนการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน เพื่อให้เกิดความเข้าใจปัญหาเวลาการตอบสนองมากกว่าเวลามาตรฐานที่กำหนด และเพื่อให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน

3.2.2 รวบรวมข้อมูลจากระบบบริการแพทย์ฉุกเฉินและข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูล ที่เป็นสัญญาณที่จุดจอตลอดฉุกเฉินในปัจจุบันจำเป็นต้องปรับปรุงจุดจอตลอดฉุกเฉินที่ใหม่ โดยจะรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1. การกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินในสื่อสังคมออนไลน์
2. พื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินที่ถูกกล่าวถึงจากสื่อสังคมออนไลน์

3.2.3 บูรณาการวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูล เพื่อใช้เป็นวิธีการในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูล ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณของความจำเป็นในการปรับปรุงจุดจอตลอดฉุกเฉิน

3.2.4 เมื่อตรวจพบความผิดปกติของข้อมูล ดำเนินการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของแบบจำลองที่ทำการศึกษาได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ตัวแบบเชิงกำหนด (Deterministic model)

การศึกษาสำหรับตัวแบบเชิงกำหนดจะใช้แบบจำลองครอบคลุมความต้องการสูงสุด (Maximal Covering Location Problem) ในการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ ร่วมกับเงื่อนไขบังคับเลือกพื้นที่โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์

2. ตัวแบบเชิงสโตแคสติก (Stochastic model)

การศึกษาสำหรับตัวแบบเชิงสโตแคสติกจะใช้แบบจำลองครอบคลุมค่าความคาดหวังของความต้องการสูงสุด (Maximum Expected Covering Location Problem) ในการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ ร่วมกับเงื่อนไขบังคับเลือกพื้นที่โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ นอกจากนี้ยังเพิ่มฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้วยปัจจัยสภาพการจราจรและปัจจัยโอกาสการรอดชีวิต

3.2.5 การหาคำตอบที่เหมาะสมของแบบจำลองครอบคลุม เพื่อการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ เมื่อตรวจพบช่วงเวลาที่เกิดผิดปกติ จากสื่อสังคมออนไลน์ มีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่

1. วิธีการหาคำตอบแบบทางตรง (Exact method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic method)

3. วิธีการหาคำตอบด้วยแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation method)

เมื่อได้คำตอบจากวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมแล้ว นำตำแหน่งของจุดจอตระกูลเงินที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมวิธีอื่นๆ เพื่อดูผลลัพธ์เวลาตอบสนองหรือระยะทางครอบคลุมของตำแหน่งจุดจอตระกูลเงินใหม่ที่ได้

3.2.6 นำวิธีการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการกำหนดจุดจอตระกูลเงิน ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร

ในบทถัดไปจะอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนการศึกษากระบวนการทำงานของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เก็บรวบรวมข้อมูลของจากสื่อสังคมออนไลน์ การบูรณาการวิธีการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูล การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดจุดจอตระกูลเงินใหม่ด้วยข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ การหาคำตอบและเปรียบเทียบคำตอบของระยะทางครอบคลุมของตำแหน่งจุดจอตระกูลเงิน และการนำไปประยุกต์ใช้จริงกับการกำหนดจุดจอตระกูลเงิน ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของพื้นที่กรุงเทพมหานครตามลำดับ



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการเกี่ยวกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในส่วนการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน เพื่อศึกษาการนำเอาข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ที่ทำให้ระยะเวลาตอบสนองน้อยและเพิ่มโอกาสรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน ได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 6 ส่วน คือ

1. การรวบรวมข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ที่เกี่ยวกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน
2. นูรณาการวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูล ในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูล
3. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้กำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินใหม่
4. การหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการเปรียบเทียบผลลัพธ์
5. การประยุกต์ใช้ในการวางแผนการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ด้วยข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ของระบบ

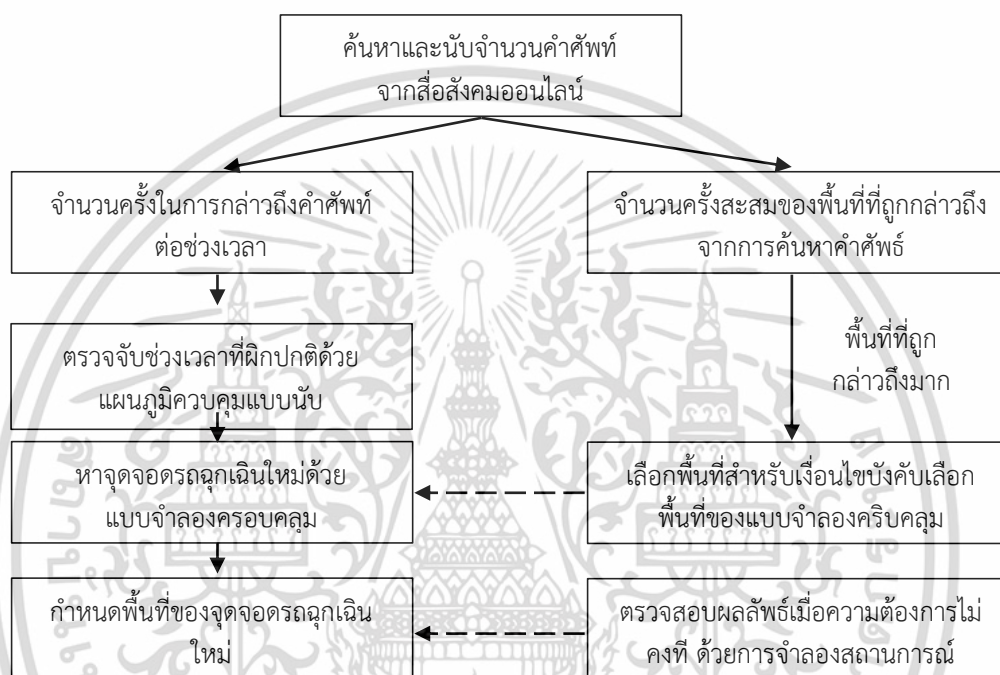
บริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร

- ข้อมูลการบริการการแพทย์ฉุกเฉินพื้นที่กรุงเทพมหานคร
- การประยุกต์ใช้การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินของพื้นที่กรุงเทพมหานคร
- การสรุปผลและการเปรียบเทียบผลลัพธ์

ซึ่งรายละเอียดอธิบายดังต่อไปนี้

#### 4.1 การรวบรวมข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ที่เกี่ยวกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

การรวบรวมข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ เป็นการค้นหาการกล่าวถึงคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อทำการนับจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์ต่อช่วงเวลา ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในการนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนสำหรับการนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานแบบทันทีทันใด

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ทวิตเตอร์ (Twitter) โดยค้นหาการส่งข้อความของผู้ใช้หรือที่เรียกว่า “ทวิต” (Tweet) ที่ช่วงเวลานั้นๆ ด้วยคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เช่น อุบัติเหตุ รถชน เพลิงไหม้ เป็นต้น จากการทวิตของ 3 ผู้ใช้หลักได้แก่

4.1.1 @Longdotraffic เป็นหนึ่งในบริการของ Longdo.COM โดยมีเป้าหมายให้บริการรายงานข้อมูลสภาพจราจรและรายงานเหตุการณ์ต่างๆ เช่น อุบัติเหตุ ฝกตก น้ำท่วม การก่อสร้าง การชุมนุม การจัดงาน ฯลฯ ข้อมูลเหตุการณ์ โดยมีข้อมูลจากหลายๆ แหล่ง ดังต่อไปนี้ 1) ข้อมูล iTic เชื่อมโยงจากมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (iTic) โดยมีข้อมูลหลักๆ มาจากต้นแหล่งข้อมูลภาครัฐ กรุงเทพมหานคร โดยบริษัท Forth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

/ Genius (ป้ายจราจรอัจฉริยะตามท้องถนน) การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ภาพจากกล้อง CCTV ของ NECTEC และ ในบางกรณีจาก กทม. และ สนข. 2) ข้อมูล Mobile Probe จากระบบ TAXI รถบรรทุก รถประจำทาง และรถแบบอื่นๆ ที่วิ่งอยู่ทั่วประเทศไทย 3) ข้อมูลจากภาคเอกชนอื่นๆ ปัจจุบันมีข้อมูลจากบริษัท Oriscom ประเภท TAXI probe วิ่งทั่วกรุงเทพฯ ตลอด 24 ชั่วโมง ทำให้ได้ซึ่งข้อมูลถนนที่ครอบคลุมกว่า ข้อมูลจากอาสาสมัคร Longdo ข้อมูลสภาพจราจรรวมถึงเหตุการณ์ล่าสุดต่างๆ จากอาสาสมัครผู้ใช้ Longdo Mobile ซึ่งสามารถร่วมรายงานสภาพจราจรเข้ามาได้ ท่านก็สามารถร่วมรายงานเหตุการณ์ได้ ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่หน้า จราจรอาสา

4.1.2 @JS100 คือ สถานีวิทยุ จส.100 วิทยุข่าวสารและการจราจร โดยมีลักษณะของข้อมูลเป็นการรายงานข่าวสาร และข่าวอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนท้องถนน ในบริเวณที่มีการจราจรติดขัดมาก โดยจะรายงานถึงสภาพการจราจรบนถนนสายต่างๆ รายงานอุบัติเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้น และบอกถึงสาเหตุของปัญหาจราจร แหล่งข้อมูลมาจาก 1) ศูนย์ข่าวสาร ซึ่งจะมีเจ้าหน้าที่ตรวจจราจร อาสาสมัคร และผู้สื่อข่าวของ จส.100 ประจำแต่ละจุด ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งมักติดขัดในช่วงเช้า และช่วงเย็น 2) ผู้สื่อข่าว จส.100 จะออกติดตามข่าวสารโดยใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในกรณีมีข่าวเร่งด่วน เพราะรถจักรยานยนต์ สามารถเข้าไปได้ทั่วถึงและรวดเร็วมากทางภาคพื้นดิน 3) ผู้สื่อข่าวอิสระ ผู้ที่รายงานเหตุการณ์ที่พบเห็นตามท้องถนน ซึ่งอาจมาจากผู้ฟังทั่วไปหรือจากสมาชิกของ จส.100

4.1.3 @สวพ. FM91 คือ สถานีวิทยุพิทักษ์สันติราษฎร์ สวพ. FM91 กองตำรวจสื่อสาร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ โดยให้บริการรายงานข้อมูลสภาพจราจรและรายงานเหตุการณ์ต่างๆ ทั้งทางวิทยุและทางสื่อสังคมออนไลน์

จากนั้นทำการนับจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์ต่อช่วงเวลา จากเครือข่ายสังคมออนไลน์ทวิตเตอร์ โดยในการศึกษาครั้งนี้แบ่งช่วงเวลาเป็นทุกๆ 1 ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลที่จะนำไปสู่การกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ต่อไป นอกจากนี้ยังจะต้องเก็บข้อมูลพื้นที่เกิดเหตุการณ์ที่ถูกกล่าวถึงจากสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อใช้ในการเลือกพื้นที่ที่มีความจำเป็นต้องกำหนดจุดจอตลอดไว้ในพื้นที่นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 บูรณาการวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูล ในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูล

หลังจากการค้นหาและนับจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉินต่อช่วงเวลา จะเห็นถึงพฤติกรรมของข้อมูลจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์ ในบางช่วงเวลามีจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์มากกว่าปกติ ซึ่งเป็นสัญญาณในการปรับปรุงจุดจอตลอดฉุกเฉิน เพราะฉะนั้นการตรวจจับช่วงเวลาเหล่านี้จึงมีความจำเป็นในการปรับปรุงการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน โดยการบูรณาการวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของข้อมูล เพื่อใช้เป็นวิธีการในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูล และทำการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนครั้งในการทวิตด้วยแผนภูมิควบคุม (Control chart) ในลักษณะการกระจายตัวแบบปัวซอง (Poisson distribution) เพื่อค้นหาช่วงเวลาที่ผิดปกติ (abnormal period) ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนครั้งในการเกิดอุบัติเหตุ หรือการเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินขนาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงตำแหน่งจุดจอตลอดโรงพยาบาลต่อไป

หลังจากการค้นหาและและนับจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์ต่อช่วงเวลา จะเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจจับช่วงเวลาที่ผิดปกติของจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์ โดยการตรวจจับความผิดปกติจะใช้แผนภูมิควบคุมแบบนับ (C-chart) บนพื้นฐานของการกระจายตัวแบบปัวซอง (Poisson distribution) เพื่อตรวจจับความผิดปกติ และนำไปสู่การปรับปรุงการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$\bar{C} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์ทั้งหมดต่อช่วงเวลา}}{\text{จำนวนวันต่อช่วงเวลา}} \quad (31)$$

$$UCL = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} \quad (32)$$

$$LCL = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} \quad (33)$$

เมื่อ  $\bar{C}$  คือจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์เฉลี่ยต่อวันในช่วงเวลาเดียวกัน UCL และ LCL คือ เส้นพิกัดด้านบนและเส้นพิกัดด้านล่างตามลำดับ ถ้าเมื่อตรวจพบช่วงเวลาที่ผิดปกติ ดำเนินการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ช่วงเวลานั้นๆ

### 4.3 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้กำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่

เมื่อตรวจพบช่วงเวลาที่ผิดปกติ ซึ่งเป็นสัญญาณของการปรับปรุงการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบจำลองครอบคลุม ซึ่งในการศึกษาส่วนนี้กำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองดังนี้

- กำหนดให้รถฉุกเฉินในจุดจอตลอดฉุกเฉินพร้อมในการให้บริการเสมอ
- กำหนดให้รถฉุกเฉินสามารถเข้าไปยังพื้นที่เกิดเหตุได้

เพราะฉะนั้นจึงใช้ตัวแบบเชิงกำหนดในการศึกษา โดยแบบจำลองครอบคลุมความต้องการสูงสุด (MCLP) และบังคับให้แบบจำลองเลือกพื้นที่ในการศึกษานี้เรียกว่า เงื่อนไขบังคับเลือกพื้นที่โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ (Location-forced constrain) ซึ่งจะอธิบายการเลือกพื้นที่ในขั้นตอนต่อไป เพื่อกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินใหม่ ด้วยวิธีการหาค่าตอบที่เหมาะสมแบบทางตรง

#### 4.3.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการปรับปรุงตำแหน่งจุดจอต

เมื่อแผนภูมิควบคุมสามารถค้นหาช่วงเวลาที่ผิดปกติได้ เราจะทำการกำหนดตำแหน่งของจุดจอตลอดโรงพยาบาลใหม่ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เราได้นำเอาแบบจำลองคณิตศาสตร์ร่วมกับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ด้วยการเพิ่มปัจจัยเงื่อนไขที่เป็นการบังคับให้เลือกพื้นที่ที่มีการเกิดของเหตุการณ์ฉุกเฉินเป็นจำนวนมาก เราเรียกแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่นำเสนอชื่อว่า “ปัญหาแบบจำลองครอบคลุมความต้องการสูงสุดกับการบังคับเลือก” (Maximal Covering Location Problem with Location-Forced: MCLP-LF) ซึ่งได้ต้นแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากมาแบบจำลอง MCLP ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) วัตถุประสงค์ของแบบจำลองคือ จำนวนความต้องการสูงสุดที่ถูกครอบคลุมโดยจุดจอตลอดโรงพยาบาล

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^n d_i y_i \quad (34)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันเงื่อนไข

- จุดความต้องการถูกรวมอย่างน้อยหนึ่งจุดหรือมากกว่า เพื่อยืนยันจุดความต้องการ  $i$  ถูกรวมโดยอย่างน้อยหนึ่งจุดจุดหรือมากกว่าภายในระยะทางมาตรฐาน

$$\sum_{j \in W_i} x_j \geq y_i, \quad i \in V \quad (35)$$

- จำนวนจุดจุดที่เป็นไปได้ทั้งหมด จำนวนจุดจุดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ทั้งหมด ต้องมีค่าน้อยกว่า  $P$

$$\sum_{j \in W} x_j \leq P \quad (36)$$

- เงื่อนไขบังคับเลือกพื้นที่โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ เป็นเงื่อนไขที่ระบุให้สมการเลือกพื้นที่  $j$  เป็นจุดจุดรถฉุกเฉิน

$$\beta_j x_j = 1 \quad (j \text{ is from control chart}) \quad (37)$$

- ตัวแปรตัดสินใจ ซึ่งเป็นตัวแปรแบบ binary

$$x_j \in \{0,1\}, \quad j \in W \quad (38)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \quad i \in V \quad (39)$$

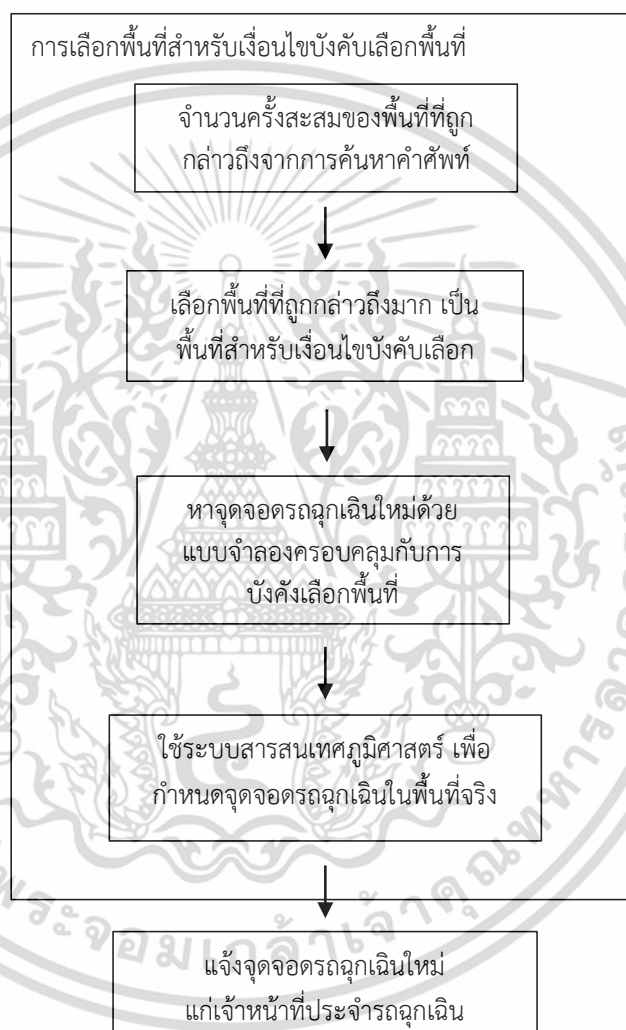
$$\beta_j \in \{0,1\}, \quad j \in W \quad (40)$$

#### 4.3.2 การเลือกพื้นที่ของเงื่อนไขบังคับเลือกพื้นที่

สำหรับการรวมกันระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งก็คือปัญหาแบบจำลองครอบคลุมความต้องการสูงสุดกับการบังคับเลือก (MCLP-LF) เมื่อข้อมูลจากการนับทวีตที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ฉุกเฉินมีสัญญาณในการนำสู่การปรับปรุงจุดจุดรถฉุกเฉิน ในส่วนของเงื่อนไขบังคับเลือกพื้นที่ จะทำการเลือกพื้นที่จะช่วงเวลาที่จะออกจากการควบคุมของแผนภูมิควบคุม ซึ่งแต่ละพื้นที่จะมีข้อมูลการถูกวิตสะสมก่อนที่จะมีการออกจากการควบคุม จะทำการเลือกพื้นที่ที่มีจำนวนการวิตสะสมสูงที่สุด ซึ่งแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนเหตุการณ์ฉุกเฉินและต้องการจุดจุดรถฉุกเฉินไว้ใกล้กับพื้นที่ดังกล่าว หลังจากทำการเลือกพื้นที่ที่ถูกบังคับเลือกแล้ว นำพื้นที่ที่ได้ไปแทนลงในสมการเงื่อนไขที่ (37) ของแบบจำลอง MCLP-LF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหาผลลัพธ์ของคำตอบ จะได้จุดจอตรถูกโฉนดใหม่ นำตำแหน่งของจุดจอตที่ได้ไปกำหนดลงพื้นที่จริงของ กรุงเทพมหานคร ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system: GIS) สุดท้ายประกาศ ตำแหน่งจุดจอตใหม่แก่พนักงานขับรถรถโฉนด เพื่อเปลี่ยนไปยังพื้นที่ใหม่และเตรียมพร้อมรับคำสั่งปฏิบัติงานต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการปรับปรุงจุดจอตรถโฉนดเมื่อเกิดช่วงเวลาที่ผิดปกติ

#### 4.4 การหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการเปรียบเทียบผลลัพธ์

หลังจากได้ตำแหน่งจุดจอตรถโฉนดใหม่ นำตำแหน่งที่ได้ไปกำหนดลงบนพื้นที่จริง ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system: GIS) เพื่อหาระยะครอบคลุมเฉลี่ยจากจุดจอตรถโฉนดไปถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งความต้องการ ในระยะครอบคลุมมาตรฐานของจุดจอตรถฉุกเฉิน ด้วยการวัดระยะทางแบบยูคลีเดียน (Euclidean Distance)

#### 4.5 การประยุกต์ใช้ในการวางแผนการกำหนดจุดจอตรถฉุกเฉิน ด้วยข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร

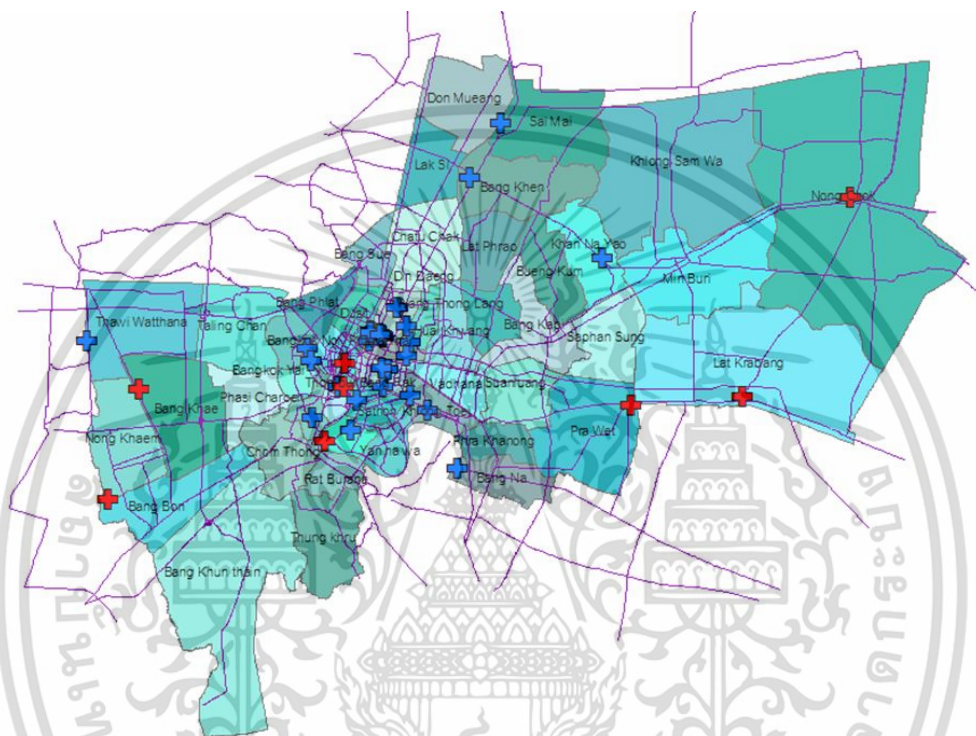
##### 4.5.1 ข้อมูลการบริการการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ในงานวิจัยวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจในส่วนระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งหน่วยงานหนึ่งที่มีความสำคัญในขณะเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน มีหน้าที่ในการนำส่งผู้ป่วยและรักษาพยาบาลผู้ป่วยเบื้องต้นอย่างเหมาะสมภายใต้สถานการณ์ฉุกเฉินในที่ได้รับแจ้งเหตุการณ์และเตรียมพร้อมต่อเหตุการณ์ [สำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร 2547], [Singer and Donoso. 2008] โดยจะทำการศึกษาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย เมืองหลวงของประเทศไทย ซึ่งมีจำนวนประชากรเป็นจำนวนมาก โดยจะแบ่งพื้นที่การรับผิดชอบออกเป็น 9 เขต ดังรูปที่ 4.3 ประกอบด้วยโรงพยาบาลทั้งภาครัฐ เอกชนจำนวน 48 แห่ง มุลินีต่างๆ 8 แห่ง และศูนย์เอร์วอร์ด 1 แห่ง มีรถพยาบาล ที่ขึ้นทะเบียนเครือข่ายรวม 155 คัน ประกอบด้วย รถพยาบาลระดับสูง (Advanced life support: ALS) 96 คัน ระดับพื้นฐาน (Basic life support: BLS) 57 คัน มีจำนวนบุคลากร รวม 791 คน ในปี 2557 จำนวนการรับแจ้งเหตุผ่าน call center ทั้งสิ้น 109,827 ครั้ง [สำนักการแพทย์กรุงเทพมหานคร 2547]

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ได้มีการกำหนดเป้าหมายของระยะเวลาตั้งแต่รับแจ้งเหตุจนกระทั่งรถฉุกเฉินเข้าไปยังพื้นที่ที่เกิดเหตุ (arrival to scene) หรือที่เรียกว่า ระยะเวลาตอบสนอง (Response time) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดทางด้านประสิทธิภาพของระบบการแพทย์ฉุกเฉินและยังเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วย [Van den Berg, Comer, and Zuzakova 2016] สำหรับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของกรุงเทพมหานคร ที่ให้บริการทางด้านการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีประชากรกว่า 9 ล้านคน จากการศึกษาข้อมูลระยะเวลาในการปฏิบัติงานของระบบการแพทย์ฉุกเฉิน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2559 ในช่วงตั้งแต่การรับแจ้งเหตุจนถึงจุดเกิดเหตุของพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้ข้อมูลดังรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการปฏิบัติงานของ EMS มีระยะเวลาการตอบสนองมากกว่า 10 นาที ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

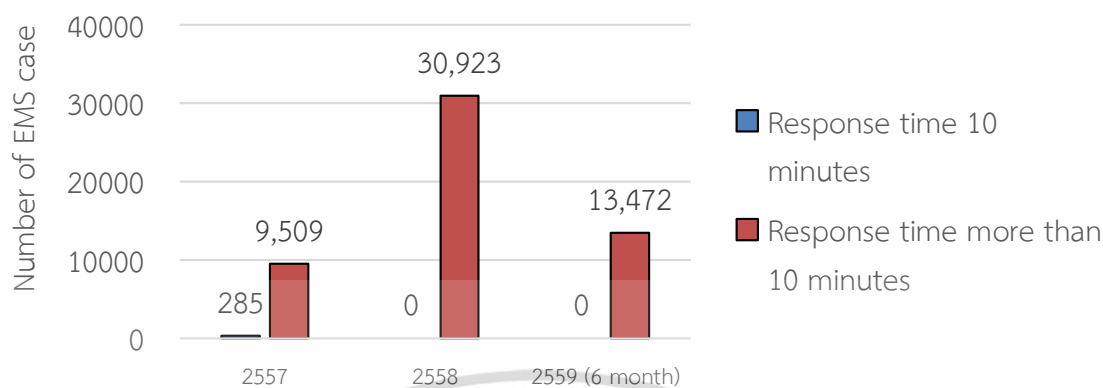
ปัญหาเวลาการตอบสนองของ EMS พบว่า การจัดสรรพื้นที่ปฏิบัติงานที่ครอบคลุม (coverage problem) และ ปัญหาการเดินทางเข้าสู่พื้นที่ที่เกิดเหตุ (traveling to scene problem) เป็นสาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าว [Pinto et al. 2015]



รูปที่ 4.3 เขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ตั้งโรงพยาบาลของรัฐและโรงพยาบาลภายใต้สังกัดการแพทย์ กรุงเทพมหานคร

ที่มา: ศูนย์บริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร (ศูนย์เอราวัณ)

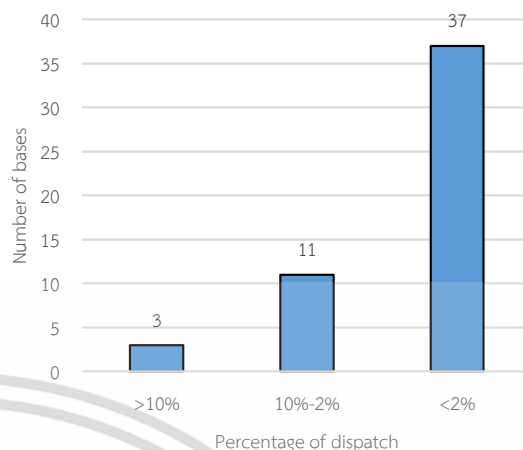
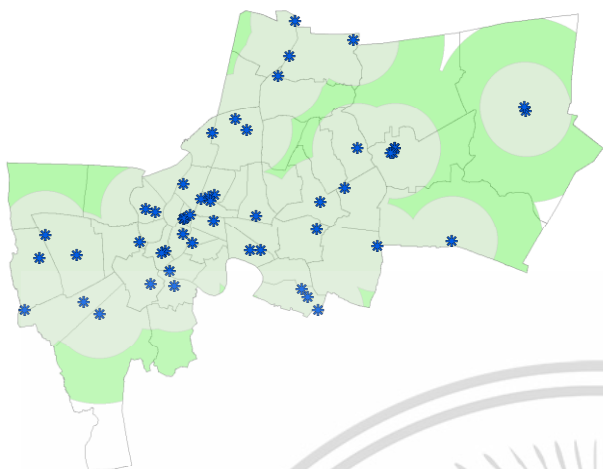
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ระยะเวลาการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2559 ในช่วงตั้งแต่การรับแจ้งเหตุจนถึงจุดเกิดเหตุ  
ที่มา: ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน (ITEMS) ส่วนรายงานสถิติการแพทย์ฉุกเฉิน

ในส่วนพื้นที่ปฏิบัติงานที่ครอบคลุม คือระยะในการให้บริการของรถบริการการแพทย์ฉุกเฉินจากจุดจอด เพื่อให้บริการแก่ผู้ป่วยในพื้นที่เกิดเหตุ ปัจจุบันระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของกรุงเทพมหานครมีจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินทั้งหมด 49 จุดจอด กระจายอยู่ทั่วพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยส่วนใหญ่จะกำหนดจุดจอดเป็นพื้นที่โรงพยาบาลหรือมูลนิธิ (สัญลักษณ์ดอกจันทน์สีน้ำเงิน) ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (a) โดยพื้นที่สีเขียวอ่อนและสีเขียวแสดงระยะปฏิบัติงานที่ 5 และ 10 กิโลเมตร ตามลำดับ (ระยะการปฏิบัติงานที่ EMS นิยมใช้เป็นเกณฑ์ [Pinto et al. 2015]) แต่จากข้อมูลจำนวนครั้งในการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2559 (รูปที่ 4.5 (b)) มีเพียง 3 จุดจอดรถฉุกเฉิน (มูลนิธิธรรมไทร ศูนย์บริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร (ศูนย์เอราวัณ) มูลนิธิสยามรวมใจ (ปุอินทร์)) เท่านั้นที่มีการออกปฏิบัติงานมากกว่า 10% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินของกรุงเทพมหานครในปัจจุบันมีจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับเมืองที่มีขนาดเดียวกัน เช่น กรุงเวียนนา มีจำนวน 12 จุดจอด [Schmid and Doerner 2010] กรุงโรม มีจำนวน 8 จุดจอด [Dell'Olmo et al. 2014] และกรุงอัมสเตอร์ดัม มีจำนวน 9 จุดจอด [ven den Berg and Aardal 2015], [ven den Berg et al. 2016] ซึ่งทำให้ยากและล่าช้าในการส่งการเมื่อเกิดเหตุ อีกทั้งยังทำให้ต้นทุนในการปฏิบัติงานของระบบการแพทย์ฉุกเฉินสูงเกินความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)

(b)

รูปที่ 4.5 (a) ตำแหน่งจุดจอดรถลูกเดินของกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน มีด้วยกัน 49 จุดจอดและพื้นที่การออกปฏิบัติงานของแต่ละจุดจอด (b) เปอร์เซนต์การออกปฏิบัติงานต่อจำนวนจุดจอดที่ออกปฏิบัติงาน ในช่วงระยะเวลา 3 ปี พ.ศ. 2557-2559

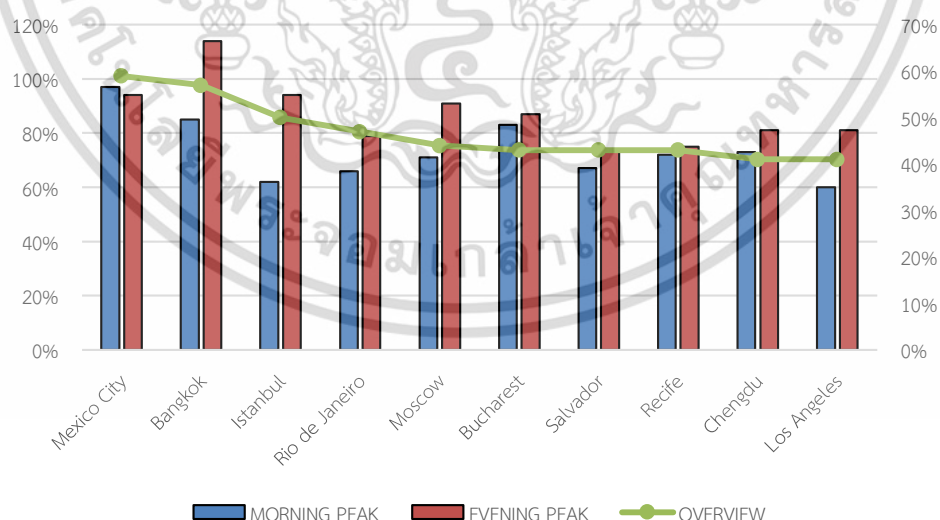
					1	2				3	4
					0.53	1.05				0.53	0.53
				5	6	7	8	9	10	11	
				0.53	2.11	2.63	0.53	1.05	0.53	1.05	
				12	13	14	15	16	17	18	19
				1.58	0.53	2.63	1.58	3.16	2.63	1.05	0.53
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0.53	0.53	1.05	2.11	3.16	2.63	2.63	2.63	2.63	0.53	1.58	0.53
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	1.05	2.11	1.05	8.42	11.05	2.63	3.68	2.11	0.53	0.53	0.53
	43	44	45	46	47	48	49	50			
	0.53	0.53	1.05	3.68	1.58	2.63	4.74	1.05			
		51	52	53							
		1.58	1.05	1.05							
		54	55								
		0.53	0.53								
			56								
			0.53								

รูปที่ 4.6 ความน่าจะเป็นในการแจ้งเหตุการณ้ฉุกเฉินของทั้ง 56 พื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจราจรติดขัดมีผลกระทบอย่างมากต่อประชากรในกรุงเทพมหานคร จากรายงานการจัดอันดับดัชนีการจราจรประจำปี 2559 (Traffic index 2016) ที่จัดทำขึ้นโดยทอมทอม (TomTom) (รูปที่ 4.7) โดยใช้ระดับการจราจรติดขัด (Congestion level) คือระยะเวลาการเดินทางที่เพิ่มเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการเดินทางที่ไม่มีการจราจรติดขัด ได้จัดอันดับให้กรุงเทพมหานคร เป็นเมืองที่มีการจราจรติดขัดอันดับที่ 2 ของโลก โดยมีระยะเวลาการเดินทางที่เพิ่มขึ้นโดยรวม (Overview) 57% ของระยะเวลาการเดินทางที่มีการจราจรติดขัด ในช่วงเช้า (Morning peak) และช่วงบ่าย (Evening peak) ระยะเวลาการเดินทางที่เพิ่มขึ้น 85% และ 114% ตามลำดับ

แสดงให้เห็นว่า กรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่มีปัญหาการจราจรติดขัดอย่างมาก ซึ่งปัญหาการจราจรติดขัดไม่ได้ส่งผลกระทบเพียงแคในชีวิตประจำวันของประชาชนแต่ยังส่งผลต่อการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจ [Zheng et al. 2014, Younes and Boukerche 2015] อีกทั้งในเมืองใหญ่การจราจรนั้นมีความซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้ยากต่อการบริการจัดการระบบการจราจร [Kong et al. 2016] โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการดูแลรักษาและการนำส่งผู้ป่วยฉุกเฉินในเหตุการณ์วิกฤต [P.L. van den Berg et al. 2015] ซึ่งยากในการเดินทางเข้าสู่พื้นที่เกิดเหตุ ทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตของผู้ป่วย



รูปที่ 4.7 ข้อมูลการจัดอันดับการจราจรประจำปี 2559 (traffic index 2016)

ที่มา: TOMTOM TRAFFIC INDEX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากพื้นที่ปฏิบัติงานที่ครอบคลุมและการเดินทางเข้าสู่พื้นที่เกิดเหตุที่น่าเสนอจะเห็นได้ว่า กรุงเทพมหานครมีจุดจอตลอดถนนที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งทำให้ยากต่อการสัญจร และสภาพการจราจรที่ติดขัดในพื้นที่ เป็นสาเหตุของระยะเวลาการตอบสนองมากกว่าที่ต้องการ และจากลักษณะการทำงานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งกับระบบการจราจร [P.L. van den Berg et al. 2015] จึงเป็นที่มาของงานวิจัย ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาแบบจำลองครอบคลุม (covering model) ร่วมกับการวิเคราะห์ปัญหาสภาพการจราจรติดขัดของพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อทำการกำหนดจุดจอตลอดถนนและจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละจุดจอตลอดที่เหมาะสม ซึ่งยังไม่พบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดจุดจอตลอดและจำนวนรถฉุกเฉินที่เหมาะสมในแต่ละจุดจอตลอดถนนของกรุงเทพมหานคร

#### 4.5.2 การประยุกต์ใช้การกำหนดจุดจอตลอดถนนของพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ทวิตเตอร์เป็นที่นิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทย ซึ่งมียอดผู้ใช้งานมากกว่า 5.3 ล้านผู้ใช้ (เพิ่มขึ้นมากจากปี 2015 ถึง 18%) [EPC global social media trends 2015] โดยส่วนใหญ่จะเล่นผ่านทางโทรศัพท์ สำหรับการศึกษานี้โดยจะใช้จำนวนทวิตทั้งหมดที่เลือกเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลจากทวิตเตอร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตลอดเดือนกันยายน ปี 2016 โดยใช้คำศัพท์ในการค้นหาคือ “อุบัติเหตุ” และแบ่งพื้นที่กรุงเทพมหานครออกเป็น 56 พื้นที่ เรียงลำดับหมายเลขจากซ้ายบนไปยังขวาล่าง จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิควบคุมเพื่อหาความผิดปกติของการเกิดอุบัติเหตุ

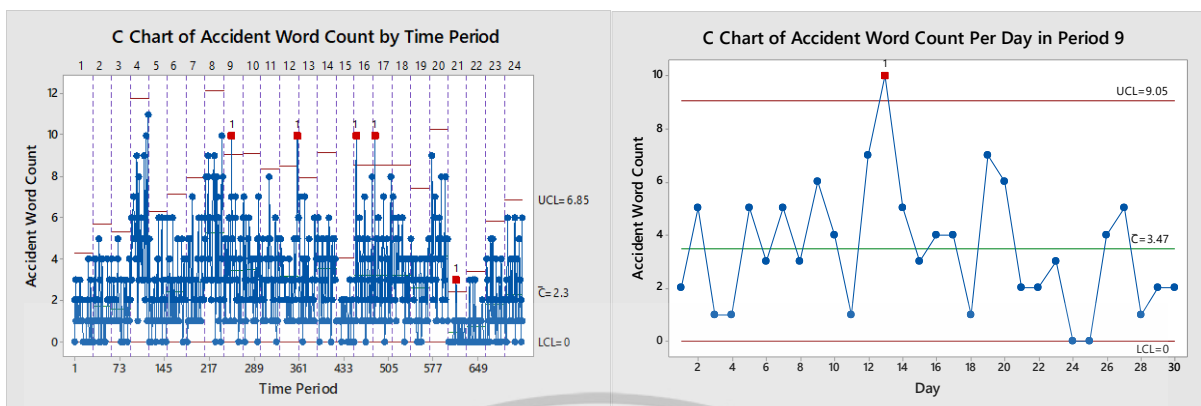
ข้อมูลในช่วงเดือนกันยายนที่ทำการศึกษามีจำนวนทั้งหมด 1930 จำนวนครั้งในการทวิตจากการค้นหาคำว่า “อุบัติเหตุ” ซึ่งได้การแบ่งออกเป็น 24 ช่วงเวลา (ช่วงเวลาละชั่วโมง) ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการทวิตต่อชั่วโมงแสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้มีลักษณะคล้ายกับการรับแจ้งเหตุของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพ โดยจะมีค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการทวิตจำนวนมากในช่วงเวลา 3:00-4:00 7:00-8:00 15:00-16:00 และ 19:00-20:00 ซึ่งเป็นจำนวนที่มีผู้คนจำนวนมากบนท้องถนนในช่วงเช้าและบ่าย และค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการทวิตจำนวนน้อยในช่วงเวลา 20:00-21:00 ซึ่งเป็นเวลาตอนกลางคืน [Pinto et al. 2015]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิควบคุม C จะได้ข้อมูลดังรูปที่ 4.8(a) จะเห็นได้มีด้วยกัน 5 ช่วงเวลาที่ออกนอกการควบคุม ได้แก่ 9:00-10:00 12:00-13:00 16:00-17:00 17:00-18:00 และ 21:00-22:00 น. ซึ่งช่วงเวลาทั้งหมดเป็นสัญญาณในการปรับปรุงจุดจอตรุดูกเงินทั้งหมด โดยในครั้งนี้จะยกตัวอย่างการปรับปรุงจุดจอตรุดูกเงินในช่วงเวลา 9:00-10:00 น. (รูปที่ 4.8(b)) หลังจากได้ช่วงเวลาที่จะทำศึกษาความผิดปกติของจำนวนครั้งในการทวิตเหตุการณ์ดุกเงินแล้ว จะทำการเลือกพื้นที่สำหรับเงื่อนไขการบังคับเลือกพื้นที่ ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวจำนวนสะสมของพื้นที่ที่ถูกทวิตเหตุการณ์ดุกเงินมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่หมายเลข 36 จึงใช้พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่สำหรับเงื่อนไขบังคับเลือก ที่จะนำไปแทนที่ในแบบจำลอง MCLP-LF ต่อไป

ตารางที่ 4.1: ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการทวิตเหตุการณ์ดุกเงินในแต่ละช่วงเวลา และค่าพิคัดบน ค่าพิคัดล่าง

Time	CL	UCL	LCL	Time	CL	UCL	LCL
0:00-1:00	1.10	4.25	0.00	12:00-13:00	2.87	7.95	0.00
1:00-2:00	1.73	5.68	0.00	13:00-14:00	3.53	9.17	0.00
2:00-3:00	1.57	5.32	0.00	14:00-15:00	1.03	4.08	0.00
3:00-4:00	5.03	11.76	0.00	15:00-16:00	4.70	11.20	0.00
4:00-5:00	2.03	6.31	0.00	16:00-17:00	3.20	8.57	0.00
5:00-6:00	2.43	7.11	0.00	17:00-18:00	3.20	8.57	0.00
6:00-7:00	2.87	7.95	0.00	18:00-19:00	2.60	7.44	0.00
7:00-8:00	5.27	12.15	0.00	19:00-20:00	4.17	10.29	0.00
8:00-9:00	3.47	9.05	0.00	20:00-21:00	0.43	2.41	0.00
9:00-10:00	3.50	9.11	0.00	21:00-22:00	0.77	3.39	0.00
10:00-11:00	3.07	8.32	0.00	22:00-23:00	1.80	5.82	0.00
11:00-12:00	3.17	8.51	0.00	23:00-00:00	2.30	6.85	0.00



(a)

(b)

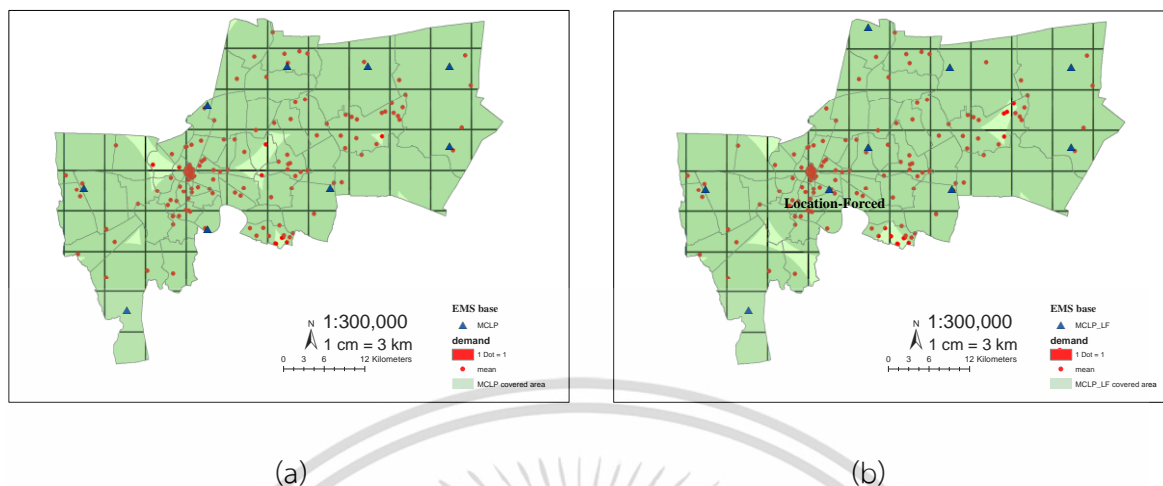
รูปที่ 4.8 (a) แผนภูมิควบคุม C ของจำนวนครั้งในการทวิตในแต่ละช่วงเวลา และ (b) ตัวอย่างการเกิดความผิดปกติของจำนวนครั้งในการทวิตของเหตุการณ์ฉุกเฉิน ในช่วงเวลาที่ 9:00-10:00 น.

#### 4.5.3 การสรุปผลและการเปรียบเทียบผลลัพธ์

หลังจากเกิดความผิดปกติของจำนวนครั้งในการทวิตของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะยกตัวอย่างในช่วงเวลาที่ 9 โดยมีพื้นที่สำหรับเงื่อนไขบังคับเลือก คือ พื้นที่หมายเลข 36 จากนั้นทำการหาคำตอบด้วยแบบจำลองครอบคลุมความต้องการสูงสุดกับการบังคับเลือกที่ได้นำเสนอไปข้างต้น จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองไปกำหนดตำแหน่งบนพื้นที่จริง จะได้ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งทั้ง 2 แบบจำลองให้ผลลัพธ์จำนวนจุดจอดเท่ากันคือ 9 จุดจอด แต่แบบจำลอง MCLP-LF จะมีตำแหน่งจุดจอดที่ใกล้กับพื้นที่ที่มีความต้องการสูง ทำให้แบบจำลองดังกล่าวมีระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย 6.13 กิโลเมตร น้อยกว่าระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยของแบบจำลอง MCLP 13.05%

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ความต้องการเป็นค่าคงที่ (จำนวนครั้งในการกล่าวถึงจากทวิตและพื้นที่ที่ถูกทวิต) ซึ่งไม่สามารถตอบสนองต่อความเป็นจริงได้ จึงได้มีการพิจารณาด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์เพิ่มเติมและประเมินระยะทางครอบคลุมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสังเกตผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อความไม่ต้องการไม่คงที่ (Uncertainty)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 (a) แผนที่พื้นที่กรุงเทพฯและตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยแบบจำลอง MCLP ซึ่งมีด้วยกัน 9 จุดจอด และ (b) ตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยแบบจำลอง MCLP-LF ที่นำเสนอ ซึ่งมีด้วยกัน 9 จุดจอดและพื้นที่หมายเลข 36 ถูกบังคับเลือก

สำหรับการจำลองสถานการณ์กำหนดให้จำนวนครั้งในการทวิตต่อช่วงเวลา มีการสุ่มแบบการกระจายตัวแบบปัวซองตามข้อมูลที่ได้เก็บข้อมูลแต่ละช่วงเวลามาก่อนหน้า (ตารางที่ 4.1) และพื้นที่ที่ถูกทวิตให้สุ่มตามข้อมูลอัตราการแจ้งเหตุของแต่ละพื้นที่ (รูปที่ 4.6) จะทำการจำลองสถานการณ์จำนวน 20 รอบ และทำการตรวจจับความผิดปกติของแต่ละช่วงเวลาด้วยแผนภูมิแบบนับ และทำการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินใหม่ วัดระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของแต่ละรอบ

ผลลัพธ์ที่ได้คือ จากการจำลองสถานการณ์โดยให้จำนวนครั้งในการทวิตและพื้นที่ที่ถูกทวิตเป็นค่าสุ่ม ผลคือ มีจำนวน 16 ช่วงเวลาที่มีความผิดปกติของจำนวนครั้งในการกล่าวคำศัพท์ ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ จะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์อ่อนไหวต่อไป

ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองสถานการณ์และเวลาที่ผิดปกติ

รอบที่ทดสอบ	ช่วงเวลาที่ผิดปกติ	พื้นที่บังคับเลือก	ระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย (กิโลเมตร)
1	9:00-10:00	49	6.06
2	1:00-2:00	36	5.91
5	18:00-19:00	35	5.89
5	20:00-21:00	35	6.00
5	21:00-22:00	35	6.00
7	17:00-18:00	35	6.56
10	2:00-3:00	36	5.89
12	7:00-8:00	36	5.61
13	4:00-5:00	48, 49	5.79
14	15:00-16:00	7	6.10
15	10:00-11:00	36	5.88
16	11:00-12:00	28	5.75
18	12:00-13:00	17	5.84
18	13:00-14:00	36	6.20
18	21:00-22:00	33	5.91
19	10:00-11:00	36	6.26
ค่าเฉลี่ย			5.98
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			0.23

สำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง จะทำการศึกษาเพิ่มเติมด้วยกัน 4 ทางเลือกในกรณีที่อัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวีตเตอร์เพิ่มมากขึ้นจากเดิม (ตารางที่ 4.1) ดังนี้

- อัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวีตเตอร์เป็น 0.1 เท่าจากข้อมูลเดิม
- อัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวีตเตอร์เป็น 0.5 เท่าจากข้อมูลเดิม
- อัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวีตเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากข้อมูลเดิม
- อัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวีตเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าจากข้อมูลเดิม

หลังจากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 4 ทางเลือกมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของวิธีการที่นำเสนอ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งจำทำการเปรียบเทียบระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยและส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบี่ยงเบนมาตรฐานของการจำลองสถานการณ์ก่อนหน้า (1 เท่าจากของเดิม) และจากการศึกษาเพิ่มเติมอีก 4 ทางเลือก (0.1 0.5 2 และ 3 เท่าจากของเดิม) จะเห็นได้ว่า ทั้ง 5 ทางเลือกไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการกล่าวถึงคำศัพท์ได้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเพิ่ม-ลดลงของอัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวิตเตอร์กับระยะทางครอบคลุมจากการกำหนดจุดจอตระกูลเงินใหม่

อัตรา	ระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย (กิโลเมตร)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย (กิโลเมตร)
0.1	5.99	0.37
0.5	6.17	0.25
1 (มาตรฐาน)	5.98	0.23
2	6.06	0.36
3	6.21	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการทำงานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในส่วนการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน และการใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลเพื่อในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินใหญ่ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการในช่วงเวลานั้นๆได้ เพื่อลดระยะเวลาในการตอบสนองของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน โดยเป็นการนำเข้าสู่ข้อมูลที่มีการพูดคุยกันภายในสื่อสังคมออนไลน์ และข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุที่ถูกเผยแพร่ในแอปพลิเคชัน Twitter เพื่อหาจุดจอดรถฉุกเฉินที่เหมาะสมในช่วงเวลานั้นๆได้

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกรอบแนวคิดในการนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งเกิดจากการนำเสนอข้อมูลของผู้พบเห็นอุบัติเหตุ หรือจากหน่วยงานที่ให้การช่วยเหลือ เพื่อใช้ในการตรวจจับความผิดปกติของจำนวนครั้งในการกล่าวถึงการเกิดอุบัติเหตุในสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงจุดจอดรถฉุกเฉินที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการ โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน นอกจากนี้เรายังพิจารณาถึงการเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติที่ถูกกล่าวในสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อใช้ในการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการได้

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน โดยส่วนใหญ่จะใช้ประสบการณ์ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน เพื่อให้ใกล้กับความต้องการมากที่สุด ซึ่งในความเป็นจริงจุดจอดรถฉุกเฉินที่กำหนดอาจไม่ครอบคลุมพื้นที่ความต้องการทั้งหมดและอาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสม จึงได้มีการนำเสนอแบบจำลองครอบคลุม เพื่อใช้ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินที่ใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ในการพิจารณาจุดจอดรถฉุกเฉิน และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปรับปรุงจุดจอดรถฉุกเฉิน ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการในแต่ละช่วงเวลาที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงจุดจอดรถฉุกเฉินที่คำนึงถึงเหตุการณ์ภัยพิบัติได้

ผลการดำเนินงานวิจัย เราได้นำเสนอวิธีการนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ร่วมกับปัญหาแบบจำลองครอบคลุมความต้องการสูงสุดกับการบังคับเลือก (MCLP-LF) เพื่อกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินแบบทันทีทันใด ที่มีสมรรถนะในการนำไปใช้จริงและยังได้นำวิธีการที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้จริงกับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยการเก็บข้อมูลจากทวิตเตอร์ และกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินลงในพื้นที่จริงด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวัดระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยจากจุดจอตลอดฉุกเฉินไปยังจุดความต้องการ ผลที่ได้คือสามารถลดระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยจากการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินด้วยแบบจำลองปัญหาแบบจำลองครอบคลุมความต้องการสูงสุด (MCLP) ลดได้ 13.05%

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากแบบจำลองครอบคลุมที่ได้มีการพิจารณาเพียงแต่ความต้องการการบริการของกรมการแพทย์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้น แต่ในความเป็นจริงมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนมากมาย เช่น สภาพการจราจรติดขัดขนาดของการเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น ซึ่งนำไปสู่การระยะเวลาในการตอบสนองของรถฉุกเฉินที่สูง ทำให้เสี่ยงต่อการบาดเจ็บและเสียชีวิตของผู้ป่วยในพื้นที่เกิดเหตุได้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ควรถูกนำมาใช้ในการพิจารณาจุดจอตลอดฉุกเฉินด้วย

## บทที่ 6

### สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ได้มีการนำเสนอผลงานระดับวารสาร และระดับงานประชุมวิชาการ ทั้งระดับประเทศและระดับต่างประเทศ ซึ่งได้มีการนำเสนอสำเร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยประกอบไปด้วยการทำเสนอผลงานดังนี้

1. ระดับวารสาร ต่างประเทศ ในหัวข้องานวิจัย “Locating an ambulance base by using social media: a case study in Bangkok” นำเสนอในวารสาร Annals of Operations Research เมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2561

สำหรับรายละเอียดของแต่ละบทความงานวิจัย นำเสนอในภาคผนวก ก การนำเสนอผลงานการวิจัยระดับวารสาร ต่างประเทศ

## เอกสารอ้างอิง

- Lim C.S., Mamat R., and Braunl T. (2011). Impact of Ambulance Dispatch Policies on Performance of Emergency Medical Services. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(2), 624-632.
- Erkut E., Ingolfsson A., and Erdogan G. (2007). Ambulance Location for Maximum Survival. *Naval Research Logistics*, 42-48.
- Sánchez-Mangas, R., García-Ferrer, A., De Juan, A., Martín Arroyo, (2010) A.: The probability of death in road traffic accidents. How important is a quick medical response? *Accident Analysis and Prevention* 42: 1048-1056..
- Shariat-Mohaymany A., Babaei M., Moadi S., and Amiripour S.M. (2012). Linear upper-bound unavailability set covering models for locating ambulances: Application to Tehran rural roads. *European Journal of Operational Research*, 221(1), 263-272.
- De Maio, V.J., I.G. Stiell, G.A. Wells, D.W. Spaite (2003). Optimal defibrillation for maximum out-of-hospital cardiac arrest survival rates. *Annals of Emergency Medicine*, 42(2), 242-250.
- Pinto L.R., Silva P.M.S., Young T.P. (2015). A generic method to develop simulation models for ambulance systems. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 51, 170–183.
- Toregas, C., C. ReVelle, L. Bergman (1971). The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 19:1363-1373.
- Church, R., C. ReVelle (1974). The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association*, 32, 101-120.
- Daskin, M.S. (1983). A maximum expected covering location model: formulation, properties, and heuristic solution. *Transportation Science*, 17, 48-70.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Qiang Su, Qinyi Luo, Samuel H. Huang. (2015) Cost-effective analyses for emergency medical services deployment: A case study in Shanghai. *International Journal of Production Economics*, 163, 112–123.
- Li X., Zhao Z., Zhu X., Wyatt T. (2011) Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: a review *Mathematical Methods of Operations Research*, 74, 281–310.
- Mielczarek B. (2014). Simulation modelling for contracting hospital emergency services at the regional level. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, 235(1), 287-299.
- Mielczarek B. (2013). Simulation model to forecast the consequences of changes introduced into the 2nd pillar of the Polish pension system. *Economic Modelling*, 30(C), 706-714.
- Aboueljinnane L., Sahin E., Jemai Z. (2013). A review on simulation models applied to emergency medical service operations. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 734–750.
- Talarico L., Meisel F., Sörensen K. (2015). Ambulance routing for disaster response with patient groups. *Computers & Operations Research*, 56, 120–133.
- Knight V.A., Harper P.R., Smith L. (2012). Ambulance allocation for maximal survival with heterogeneous outcome measures. *Omega Special Issue on Forecasting in Management Science*, 40(6), 918-926.
- Fuchs G., Andrienko N., Andrienko G., Bothe S., Stange H. (2013). Tracing the German centennial flood in the stream of tweets: first lessons learned. *SIGSPATIAL International Workshop on Crowdsourced and Volunteered Geo-graphic Information*. , 2–10.
- Zheng Y., Capra L., Wolfson O., et al., (2014) Urban computing: concepts, methodologies, and applications, *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 5 (3) 38.
- Singer, M. and Donoso, P. (2008). Assessing an ambulance service with queuing theory. *Computers & operations research*, 35(8):2549–2560.

- Aringhieri, R., G. Carello, and D. Morale. (2007). Ambulance Location through Optimization and Simulation: The Case of Milano Urban Area. XXXVIII Annual Conference of the Italian Operations Research Society Optimization and Decision Science: 1-29.
- Mistovich J.J. and Karren K.J. (2014). Prehospital Emergency Care. 10th Edition.
- Naoum-Sawaya J., Elhedhli S. (2013). A stochastic optimization model for real-time ambulance redeployment. Computers & Operations Research, 40, 1972–1978.
- Palen, L., and Liu, S. B. (2007). Citizen Communications in Crisis: Anticipating a Future of ICT supported Public Participation. In Proceedings of the 2007 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2007) (pp. 727–736).
- Lai, L.S.L. and Turban, E. (2008). Groups formation and operations in the Web 2.0 environment and social networks. Group Decision and Negotiation, 17(5), 387-402.
- Boyd, d. m. and Ellison, N. B. 2008. Social network sites: Definition, history, and scholarship. Journal of Computer-Mediated Communication 13, 210-230.
- Hiltz S., Kushma J., Plotnick L. (2014). Use of Social Media by U.S. Public Sector Emergency Managers: Barriers and Wish Lists. Proceedings of the Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM), 600–609.
- Hiltz S.R., Van De Walle B., Turoff M. (2011). The domain of emergency management information. Information Systems for Emergency Management, 3-20.
- Palen L., Vieweg S., Liu S.B., Hughes A.L. (2009). Crisis in a Networked World Features of Computer-Mediated Communication. Social Science Computer Review, 27(4), 267-280.
- Kaewikitipong L., Chen C., Ractham P. (2012). Lessons learned from the use of social media in combating a crisis: a case study of 2011 Thailand flooding disaster. Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS), 1–17.

- Brotcorne L, Laporte G, Semet F (2003) Ambulance location and relocation models. *European Journal of Operational Research*, 147(4), 451–463.
- Sorensen P, Church R (2010) Integrating expected coverage and local reliability for emergency medical services location problems. *Socio-Economic Planning Sciences*, 44, 8–18.
- Goldberg J (2004) Operations research models for the deployment of emergency services vehicles. *EMS Manage Journal*, 1, 20–39.
- Green L, Kolesar P (2004) Improving emergency responsiveness with management science. *Management Science*, 50, 1001–1014.
- Shiah D-M, Chen S-W (2007) Ambulance allocation capacity model. *E-Health networking, applications and services, 2007 9th international conference*, Taipei, Taiwan.
- Dessouky M (2006) Rapid distribution of medical supplies. *Patient flow: reducing delay in healthcare delivery*. Springer, 309–339.
- Jia H, Ordonez F, Dessouky MM (2007) A modeling framework for facility location of medical service for large-scale emergency. *IIE Trans* 39(1), 35–41
- Jia H, Ordonez F, Dessouky MM (2007) Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies. *Computers & Industrial Engineering* 52(1), 257–276.
- Basar A, Catay B, Unluyurt T (2008) A new model and tabu search approach for planning the emergency service stations. *Operations research proceedings*.
- Alsalloum OI, Rand GK (2003) A goal programming model applied to the ems system at Riyadh city, Saudi Arabia.
- Alsalloum OI, Rand GK (2006) Extensions to emergency vehicle location models. *Computers & Operations Research*, 33, 2725–2743.
- Gendreau M, Laporte G, Semet F (1997) Solving an ambulance location model by tabu search. *Location Sci*, 5(2),77–88.

- Doerner K, Gutjahr W, Hartl R, Karall M, Reimann M (2005) Heuristic solution of an extended double coverage ambulance location problem for Austria. *Central European Journal of Operations Research*, 13, 325–340.
- Doerner KF, Hartl RF (2008) Health care logistics, emergency preparedness, and disaster relief: New challenges for routing problems with a focus on the Austrian situation. In: *The vehicle routing problem: latest Advances and New Challenges*, 527–550.
- Rajagopalan HK, Vergara FE, Saydam C, Xiao J (2007) Developing effective meta-heuristics for a probabilistic location model via experimental design. *European Journal of Operations Research*, 177, 83–101.
- Saydam C, Aytug H (2003) Accurate estimation of expected coverage: revisited. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37, 69–80.
- ReVelle C, Hogan K (1989) the maximum availability location problem. *Trans Science* 23, 192–200.
- ReVelle C, Hogan K (1989) the maximum reliability location problem and alpha reliable p-center problems: derivatives of the probabilistic location set covering problem. *Annals of Operations Research*, 18, 155–174.
- Galvao RD, Chiyoshi FY, Morabito R (2005) Towards unified formulations and extensions of two classical probabilistic location models. *Computers & Operations Research*, 32, 15–33.
- Beasley J, Chu P (1996) A genetic algorithm for the set covering problem. *European Journal of Operations Research*, 94, 392–404.
- Aickelin U (2002) An indirect genetic algorithm for set covering problems *Journal of the Operational Research Society*, 53, 1118–1126.

- Aytug H, Saydam C (2002) Solving large-scale maximum expected covering location problems by genetic algorithms: a comparative study. *European Journal of Operations Research*, 141, 480–494.
- Iannoni AP, Morabito R (2007) A multiple dispatch and partial backup hypercube queuing model to analyze emergency medical systems on highways. *Transportation Research Part E*, 43, 755–771
- Iannoni AP, Morabito R, Saydam C (2008) A hypercube queuing model embedded into a genetic algorithm for ambulance deployment on highways. *Annals of Operations Research*, 157, 207–224.
- Iannoni AP, Morabito R, Saydam C (2009) An optimization approach for ambulance location and the districting of the response segments on highways. *European Journal of Operations Research*, 195, 528–542.
- Arostegui MA, Kadipasaoglu SN, Khumawala BM (2006) An empirical comparison of tabu search, simulated annealing, and genetic algorithms for facilities location problems. *International Journal of Production Economics*, 103, 742–754.
- Gendreau M, Laporte G, Semet F (2001) A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation. *Parallel Computing*, 27, 1641–1653.
- Maxwell MS, Henderson SG, Topaloglu H (2009a) Ambulance redeployment: an approximate dynamic programming approach. In: Rossetti MD, Hill RR, Johansson B, Dunkin A, Ingalls R (eds) *Proceedings of 2009 winter simulation conference*.
- Maxwell MS, Restrepo M, Henderson SG, Topaloglu H (2009b) Approximate dynamic programming for ambulance redeployment.
- Harewood S (2002) Emergency ambulance deployment in Barbados: a multi-objective approach. *Journal of the Operational Research Society*, 53, 185–192.

- Henderson S, Mason A (2004) Ambulance service planning: simulation and data visualization. In: Operations research and health care: a handbook of methods and applications. Kluwer, Boston, 77–102.
- Downs, A., (1992) Stuck in traffic: coping with peak-hour traffic congestion. Washington, D.C.
- Litman, T., (2004) congestion cost, transportation cost and benefit analysis; techniques, estimates and implication, Victoria British Columbia. Victoria Transport policy institute.
- Younes M.B., Boukerche A., (2015) A performance evaluation of an efficient traffic congestion detection protocol (ECODE) for intelligent transportation systems, Ad Hoc Netw. 24 317–336.
- Kong, X., Xu, Z., Shen, G., Wang, j., Yang, Q., Zhang, B., (2016) Urban traffic congestion estimation and prediction based on floating car trajectory data, Future Generation Computer Systems. 61 97–107.
- Lorenz M., Lily Elefteriadou, 2000. A probabilistic approach to defining freeway capacity and breakdown, Transportation Research Circular E-C018: Fourth International Symposium on Highway Capacity.
- Allan G.R. Bullen, 1972. Strategies for practical expressway control, Journal of the Transportation Engineering Division 98 (3) 599–605.
- James H. Banks, 1991. Two-capacity phenomenon at freeway bottleneck: a basis for ramp metering, Transportation Research Record 1320 83–90.
- Elefteriadou L., Roess R.P., McShane W.R., 1995. Probabilistic nature of breakdown at freeway merge junctions, Transportation Research Record 1484 80–89.
- ReVelle C, Hogan K (1989) the maximum availability location problem. Trans Sci 23:192– 200

- ReVelle C, Hogan K (1989) the maximum reliability location problem and alpha reliable p-center problems: derivatives of the probabilistic location set covering problem. *Ann Oper Res* 18:155–174.
- Zhen L., Wang K., Hu H., Chang D.. (2014). A simulation optimization framework for ambulance deployment and relocation problems. *Computers & Industrial Engineering*, 72, 12–23.
- Craig D. Newgard, Robert H. Schmicker, Jerris R. Hedges, John P. Trickett, Daniel P. Davis, Eileen M. Bulger, Tom P. Aufderheide, Joseph P. Minei, J. Steven Hata, K. Dean Gubler, Todd B. Brown, Jean-Denis Yelle, Berit Bardarson, and Graham Nichol. (2009). Emergency Medical Services Intervals and Survival in Trauma: Assessment of the “Golden Hour” in a North American Prospective Cohort, *Annals of Emergency Medicine* 2010 March, 55(3), 235–246.
- Joong Eui Rhee. (2007). Basic Trauma Life Support. *Journal of the Korean Medical Association* 2007, 50(8), 663 – 679.
- Matteson D.S., McLean M.W., Woodard D.B., Henderson S.G., (2011). Forecasting emergency medical service call arrival rates, *Annals of Applied Statistics* 5 (2B) 1379–1406.
- Berchi R., Fontana G., Pagliosa A., Bonora R., Sesana G., (2010). A five steps methodology for an Ambulance Planning, in: *Proceedings of the 2010 IEEE Workshop on Health Care Management*, pp. 1–5.
- Earnest A., Tang S.B., Shahidah N., Ong M.E.H., (2012). Geographical variation in ambulance calls is associated with socioeconomic status, *Academic Emergency Medicine* 19, 180–188.
- Osborne A., Taylor L., Reuber M., Grunewald R.A., Parkinson M., Dickson J.M., (2015). Pre-hospital care after a seizure: evidence base and United Kingdom management guidelines, *Seizure* 24, pp. 82-87.

Billhardt H., Lujak M., Sánchez-Brunete V., Fernández A., Ossowski S., (2014). Dynamic coordination of ambulances for emergency medical assistance services, Knowledge-Based Systems 70, 268–280.

Lim C.S., Mamat R., Braunl T., (2011). Impact of ambulance dispatch policies on performance of emergency medical services, IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 12(2) 624–632.

Pham J.C., Patel R., Millin M.G., Kirsch T.D., Chanmungan A., (2006). The effects of ambulance diversion: a comprehensive review, Acad. Emerg. Med. 13(11), 1220–1227.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินการโครงการวิจัย

รายงานสรุปการเงิน รอบ 12 เดือน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผู้รับทุน ผศ.ดร.ชุมพล ยวงโย

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2561

สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้ นับตั้งแต่ทำการวิจัยถึงปัจจุบัน

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณ รวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่ายจาก รายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่ายงวด ปัจจุบัน	รวมค่าใช้จ่าย สะสมถึงปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร ค่าจ้างชั่วคราว	-	-	-	-	-
งบดำเนินการ	-	-	-	-	-
ค่าตอบแทน	-	-	-	-	-
ค่าใช้จ่ายสอย	165,000	-	165,000	165,000	-
ค่าวัสดุ	90,250	-	90,250	90,250	-
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-	-	-
งบลงทุน ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	-
รวม	260,000	-	260,000	260,000	-

เงินที่ได้รับและจำนวนเงินที่จ่าย

งวดเงินที่ได้รับ	จำนวนเงินที่ได้รับ (บาท)	เมื่อ (ระบุ วันเดือนปี)
งวดที่ 1	247,000	17 มกราคม 2561
งวดที่ 2	-	
รวม	247,000	

งวดเงินที่ได้รับ	จำนวนเงินที่จ่าย (บาท)
งวดที่ 1	260,000
งวดที่ 2	-
รวม	260,000

จำนวนเงินคงเหลือ 13,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Locating an ambulance base by using social media: a case study in Bangkok

Suriyaphong Nilsang<sup>1</sup> · Chumpol Yuangyai<sup>1</sup> ·  
Chen-Yang Cheng<sup>2</sup> · Udom Janjarassuk<sup>1</sup>

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2018

**Abstract** Response time reduction is a fundamental aspect of ambulance location management. To minimize patient mortality and disability, the response time of emergency medical services is critical. Therefore, real-time management is required to determine the location of an ambulance with a low response time or called or a dynamic allocation system. Dynamic allocation is moving the ambulance bases from low demand areas to high-demand areas that is useful in the operational level. However, the dynamic allocation model for real-time management requires re-allocation of ambulances, resulting in high costs and heavy workloads for the ambulance crews. This paper focuses on a covering model based on social media analysis. The model was used for developing an ambulance reallocation system. In addition to dynamic allocation, the proposed model considers real-time data from a social media application (Twitter) to minimize the response time and cost during emergencies and disasters. Twitter has been used in various ways to communicate during and manage emergencies. In this paper, we formulate the Maximal Covering Location Problem (MCLP), develop a solution procedure based on social media (Twitter application) and show the effect of the approach on the optimal solution by comparing it with the classical approach and also demonstrate our approach on Bangkok EMS.

**Keywords** Emergency medical service · Social media information · Control charts · Covering model · Sensitivity analysis

---

✉ Chumpol Yuangyai  
chumpol.yu@kmitl.ac.th

<sup>1</sup> King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

<sup>2</sup> Department of Industrial Engineering & Management, National Taipei University of Technology, Taipei 10608, Taiwan, ROC

## 1 Introduction

An emergency medical service (EMS) must have a short response time to minimize the mortality and disability of patients. Several studies have reported a strong correlation between EMS response time and mortality rate (Lim et al. 2011; Erkut et al. 2008). In practice, the EMS response time includes the dispatch and travel times of an ambulance; that is, the time interval from receiving a call to arriving at the location of emergency (Van den Berg et al. 2016). The percentage of calls covered is used as a performance measure by several EMS systems. Typically, EMS responds to 90% of emergency calls within 8 min (De Maio et al. 2003). For example, the target response time for Bangkok EMS is less than 10 min. However, a study conducted in 2014–2016 indicated that the response time for 99% of emergency calls was higher than 10 min. Therefore, reduction of the response time is crucial (Pinto et al. 2015). To optimize its response time, a typical EMS management system must balance the benefits to patients (e.g., low mean response time, few lost calls, maximal demand coverage, and high quality of service) and the capacity of the EMS (numerous ambulance vehicles and bases, excellent training for medical personnel, effective call screening, and frequent relocation) (Iannoni et al. 2008). However, the reduction of the response time increases the cost because of the need for increased capacity (or increased number of ambulance bases). This increased cost hinders the reduction of the response time of EMS systems.

At present, Bangkok EMS has 49 bases ([http://ws.niems.go.th/ITEMS\\_DWH/](http://ws.niems.go.th/ITEMS_DWH/): information technology for emergency medical system of Thailand). Bangkok's system was designed with a high number of ambulance bases to minimize response time. The population density corresponding to each ambulance base affects the EMS response time (David and Harrington 2010). In Bangkok, the population density per EMS base is 108.16, whereas the densities for Vienna, Rome, and Amsterdam EMS are 360.51, 279.0, and 545.3, respectively (Schmid and Doerner 2010; Dell'Olmo et al. 2014; Van den Berg and Aardal 2015; Van den Berg et al. 2016). Of all these EMS systems, Bangkok EMS exhibits the lowest ambulance allocation performance. Although several ambulance bases operate in Bangkok, their response times are high because they cannot respond to real-time emergencies and they lack a proper EMS management system. In particular, the current ambulance base allocation method in Bangkok mostly relies on the experience of EMS management personnel rather than operation research methods based on the recent developments in ambulance base allocation strategies (Li et al. 2011). As mentioned previously, a high response time is a major problem of Bangkok EMS; this can be overcome primarily by adding new ambulance bases to the EMS system. Aboueljinnane et al. (2013) noted that limited resources must be efficiently managed under a high level of uncertainty. In Bangkok, poor management of EMS resources results in inefficient ambulance allocation. This problem can be solved through strategic allocation of ambulance bases by considering long-term population growth and the expected rise in demand for medical services (Naoum-Sawaya and Elhedhli 2013); however, this approach is not effective in real-time and complicated situations, such as traffic congestion and unexpected events (e.g., accidents or disasters). Bangkok is the second-most congested city in the world (TomTom 2017), which leads to traffic congestion, and in turn, a high response time (Aboueljinnane et al. 2013). Therefore, changing the ambulance base allocation strategy is crucial for EMS systems and patients.

Several studies have discussed models for the allocation of ambulance bases, and these models can be classified into two types: static model and dynamic model. Static models, such as a location set covering problem (LSCP) (Toregas et al. 1971) and a maximal covering location problem (MCLP) (Church and ReVelle 1974), are useful in solving strategic

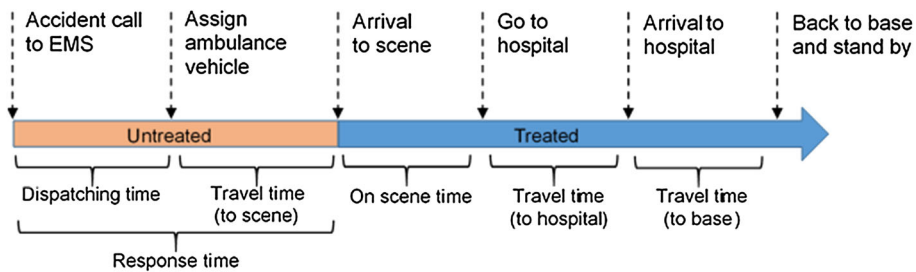
problems. However, these models lack the flexibility required to solve operational problems because real-time demands vary spatially and temporally.

By contrast, several dynamic models for ambulance allocation have been proposed, which include real-time relocation of ambulances from low-demand areas to high-demand areas (Li et al. 2011). Gendreau et al. (2006) proposed a model named the maximal expected coverage relocation problem (MECRP) and provided a dynamic relocation strategy to maximize the expected demand coverage and maintain the number of relocated ambulances below a predefined value. Rajagopalan et al. (2008) developed a dynamically available coverage location (DACL) model for the dynamic redeployment of ambulances according to time-varied demands. The time horizon was divided into clusters due to considerable changes in demand. The DACL model incorporates hypercube theory. Naoum-Sawaya and Elhedhli (2013) presented a stochastic optimization model that minimizes the number of relocations and maintains an adequate service level by using a dynamic ambulance relocation model. However, this dynamic approach (dynamic allocation) predetermines the location by incorporating system randomness into the covering model, which does not use real-time data (Maxwell et al. 2009; Jagtenberg et al. 2015). This is a drawback of the dynamic allocation model because most models use historical data to allocate ambulance bases, which can cause inappropriate allocations. Consequently, these inappropriately allocated bases cannot respond effectively to real-time demands and emergencies.

This paper specifically focuses on a covering model for ambulance reallocation based on social media analysis. In addition to dynamic allocation, the proposed model considers real-time data from a social media application (Twitter) to minimize response times and costs during emergencies and disasters. Twitter has been used in several ways to manage and communicate during emergencies, and can be used to improve the current strategies of allocating ambulance bases. We make the following assumption:

- The demands in different time period are independent.
- In each time period, the demands are deterministic, we define that by using real-time data based on data collect from social medial (Twitter application).
- We assume that in each time period originates at most one emergency call (although such a call may request more than one ambulance).
- Demand from different demand points are independent and the set of all possible demand point is finite.
- All location based must be available to set as an ambulance base.
- We assume that social media and internet infrastructure at common incidents and disaster event occurs, it works perfectly.

Social media is emerging as an important technology for emergency response. It comprises tools that enable open online exchange of information through conversation and interaction (Yates and Paquette 2011). For example, wikis are websites where coauthors collectively build textual and visual content. Video-sharing websites such as YouTube use videos to create social interaction. Social-networking websites, such as Facebook and Twitter, represent links and nodes in the network through conversation threads. Social media can be used in emergency and disaster management efforts; Twitter, in particular, is useful during emergency and disaster events because it enables easy and quick creation, sharing, reading, and reproduction of short messages (140 characters or less). These short messages usually contain user mentions, hashtags, internet links to news, and photos and videos related to real-time events (Twitter 2015). However, these factors indicate that finding and filtering a relevant tweet in a specific context can be a complex task, particularly when responding to time-critical emergency situations that require accurate decision-making and prompt action.



**Fig. 1** General ambulance allocation process

Most relevant studies can generally be subsumed under “event detection,” which refers to detecting and analyzing information regarding real-time events from Twitter. However, few articles in the literature have addressed integrated social media event detection using Twitter for the allocation of ambulance bases. We expect that the proposed approach will close this gap.

Section 2 presents a detailed description of some related works; the discussion includes background on the EMS system, the covering model for the allocation of ambulance bases, and integrated social media for emergency management. The proposed approach of allocating ambulance bases by using social media information is discussed in Sect. 3. The Bangkok case study is discussed in Sect. 4. The obtained results are presented in Sect. 5. Section 6 presents the conclusions and discusses directions for future research.

## 2 Related work

In this section, we present a review of a model termed “ambulance of EMS” (AEMS); it is a set covering model for ambulance base locations. We also present the use of social media in AEMS.

### 2.1 Ambulance of emergency medical service

The AEMS is a part of emergency healthcare management. The objective of AEMS is to coordinate the timely delivery of appropriate first aid services under emergency conditions, to prevent disability, and to be prepared for disaster events.

Although EMS systems may vary substantially among different countries and geographic regions, a typical scheme can be observed in such systems. A general model of the ambulance allocation process, which has been adapted from a review of earlier ambulance deployments (Schmid 2012; Aboueljineane et al. 2013; Mistovich and Karren 2014), is presented in Fig. 1. The duration of the ambulance process is divided into five sections. From the perspective of a patient on the scene, the process can be divided into two phases: untreated phase and treated phase.

The untreated phase includes the time when the emergency event has occurred but the medical personnel have not arrived at the scene. During this phase, the patient is at risk of disability or death. The AEMS performance can be evaluated based on the response time. The response time comprises: (1) dispatching time, which begins when the EMS call center receives an emergency call. The emergency call then goes through an emergency medical dispatcher who acquires information, such as scene characteristics, mechanism of injury, nature of illness, and number of patients. The dispatcher is also responsible for performing

a medical evaluation of patients and dispatching an appropriately equipped vehicle staffed by one or several physicians, nurses, and emergency medical technicians. Nonemergency calls are terminated. The dispatcher also evaluates the availability and geographical location of the base. If an ambulance is available, it is assigned an emergency medical technician and sent to the scene. The dispatcher deploys an appropriate team to the scene based on the predetermined protocols of the ambulance base. Thus, the dispatching time is the interval that begins with an emergency call and ends with an ambulance assignment. (2) The travel time (to the scene) is the interval that begins with the ambulance assignment and ends with the medical personnel reaching the scene.

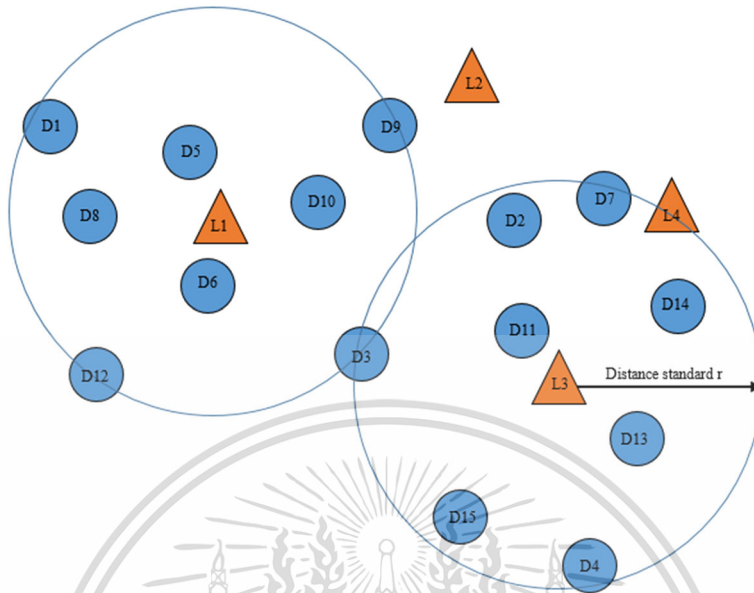
The treated phase is the period when the medical personnel arrive at the scene and the patient receives treatment, thereby reducing the risk for the patient. This phase includes (3) the on-scene time when the ambulance arrives at the scene, starts first aid, and prepares the patient for transportation to an appropriate medical facility. After administering first aid, the crew transfers the patient to a hospital. If transportation is required, the dispatcher determines the appropriate destination hospital and instructs the ambulance accordingly. (4) Travel time (to the hospital) is the interval during which the ambulance leaves the scene and travels to the assigned hospital, where the patient is transferred to the hospital staff. (5) Travel time (to the base) is the period after the crew has transferred the patient to the hospital; this completes the service of the ambulance crew to the patient. When the ambulance has returned to the base, it stands by for the next rescue mission. During the transit back to the base, the ambulance is available to respond to another call if required and is sometimes relocated to a new ambulance base that has a higher number of emergency calls.

Several uncertainty factors lead to additional complexity in the operational management of EMS systems. The uncertainties can relate to the frequency and geographical location of calls throughout the coverage area, the available capacity and location of the assigned ambulance, or the highly variable duration of travel time; travel times are uncertain due to traffic congestion, patient condition, and allocation strategies that are not sufficiently flexible for real-time events (Schmid 2012; Aboueljinane et al. 2013). All these factors make it difficult to manage the number and locations of ambulances; problems of inaccurate estimations and time delays (especially regarding response times) must be solved; if these problems are solved, the system can ensure a short delay in reaching every emergency scene and a prompt medical treatment at a higher care facility for each patient.

## 2.2 Allocation of ambulance bases

AEMS operations are complicated, and the development of models for improving the system performance is limited. During the last four decades, the amount of literature on emergency response problems has increased, and researchers have addressed various ambulance deployment problems, for example, locating service facilities and vehicles (Brotcorne et al. 2003; Sorensen and Church 2010), scheduling crew shifts (Goldberg 2004), dispatching vehicles to call locations (Schmid 2012; Lim et al. 2011), and dynamically relocating available vehicles when other vehicles are busy (Green and Kolesar 2004).

In particular, in a covering model that was proposed in 1971, a demand point is covered if at least one EMS facility can service the emergency call within a predefined distance. Therefore, covering models are widely used and studied (Li et al. 2011). The initial model presented is the LSCP model proposed by Toregas et al. (1971), which simplifies real-time EMS management. This objective of that model is minimizing the number of ambulance bases required to cover all demand with at least one ambulance base and number of ambulance base is unlimited. Figure 2 illustrates this model with a feasible solution. The model has 4



**Fig. 2** Illustration of the LSCP.  $D_1$ – $D_{15}$  are demand points and  $L_1$ – $L_4$  are the potential locations. A demand point is covered by a location site if the distance is within the defined standard;  $L_1$  and  $L_3$  cover all the demand points

potential locations and 15 demand points. A demand point is covered by a location when it is within a distance  $r$  from that location. In this illustration, bases at  $L_1$  and  $L_3$  can cover all the demand points. The LSCP model has various extensions. Shiah and Chen (2007) introduced an ambulance allocation capacity model that integrates the concept of ambulance service capacity into the LSCP model while also considering the road conditions.

Church and ReVelle (1974) introduced the MCLP for situations where the available ambulance bases are insufficient to cover all the demand points. This model maximizes the total demand covered by a limited number of ambulance bases. Other extensions of the MCLP model can be found in the literature. For example, Erkut et al. (2008) incorporated a survival function into the covering model and formulated the maximum survival location problem. Zarandi et al. (2011) proposed a large-scale approach to solve the problem within reasonable time. Dell’Olmo et al. (2014) proposed a multiperiod optimization model based on the MCLP by considering an urban traffic network to maximize road control and minimize the number of accidents.

Both of the aforementioned covering models are static models, which are suitable for the strategic level but lack the flexibility required for the operational level. The demands of real-time emergencies vary spatially and temporally. To maximize the coverage of emergency calls, idle EMS bases located in low-demand areas should be moved to high-demand areas. Moreover, a decision maker can redeploy ambulance bases to provide better coverage. In 1971, Scott studied a dynamic location–allocation facility problem to anticipate future demand. Recently, the real-time redeployment problem was thoroughly studied and various models were proposed, which considered temporally and spatially varying demands in the dynamic location model. Maxwell et al. (2009) classified research on dynamic alloca-

tion problems into three categories: (1) reposition ambulances in real-time, (2) precompute optimal position, and (3) incorporate system randomness into the model.

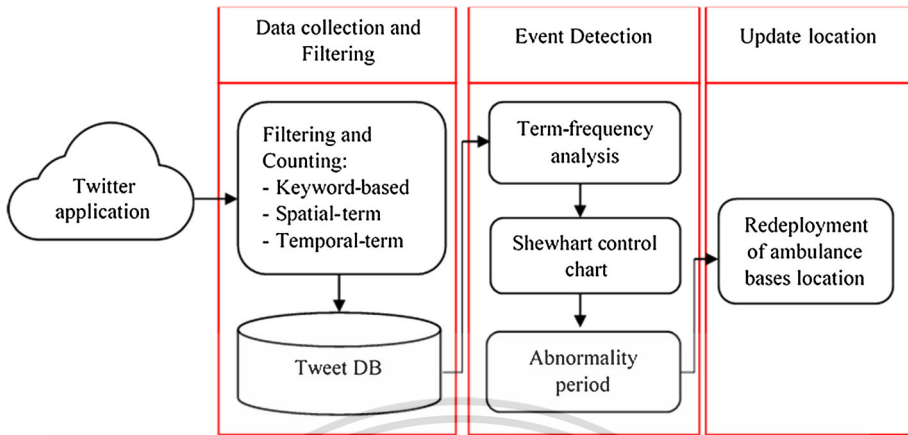
The dynamic allocation model for real-time redeployment of ambulances must change periodically reposition of ambulance base locations throughout the day to respond to real-time demand and reduce response time (Brotcorne et al. 2003). In practice, dynamic relocation of a base is costly and complicated; each relocation increases workloads on ambulance crews and potentially reduces their readiness to respond to an emergency call. Therefore, in this study, we propose a dynamic allocation model that focuses on updating ambulance base locations by detecting abnormalities within the information available on Twitter.

### 2.3 Social media in emergency management

Twitter has recently received considerable attention from healthcare, academia, and industry. Some studies in these areas have been summarized by Steiger et al. (2015), who systematically reviewed Twitter-related studies and classified more than 46% of the papers as research regarding event detection. The event detection category is further classified into event detection and investigation of abnormal spatial, temporal, and semantic Tweet frequencies. Twitter was identified in 27% of all reviewed studies related to disaster and emergency management, indicating that event detection on Twitter is a popular domain and plays an important role in Twitter-related research.

The simplest and fastest way to detect a real-world event is to directly conduct a keyword search over the application programming interface (API) of Twitter. In this method, a comma-separated list of phrases related to a specific event determine tweets that are captured and retrieved through the API (Laylavi et al. 2017). The main purpose of this method is to acquire information from Twitter data based on the data characteristics. The information retrieved from Twitter is spatiotemporally and semantically uncertain. Focusing on the semantic content of Twitter data, the textual component of Tweets is a string of words. Therefore, the applied methods include either manual filtration of terms and keywords or integration of a natural language processing step (Kosala and Adi 2012; Corvey et al. 2010; Wanichayapong et al. 2011) and text mining methods, such as term frequency (Hecht et al. 2011).

Within the subdomain of event detection, researchers have investigated the detection of abnormal spatial, temporal, and semantic tweet frequencies in real-time using Twitter as a social sensor for real-time events (Chae et al. 2012; Fuchs et al. 2013; Yardi and Boyd 2010). In disaster and emergency management, spatiotemporal and semantic information has been mainly used to analyze tweets. Thomson et al. (2012) used tweets to compare information and assess its reliability for the Fukushima nuclear power plant incident. De Longueville and Smith (2009) analyzed tweets for a fire event in France. Several studies have reported the use of keyword filtering during specific emergency events. For example, Sutton (2009) and Sarcevic et al. (2012) mentioned that during an earthquake, people in Haiti tweeted important information and sent images to the outside world asking for immediate aid, while during Thailand flood in 2012 and European flood in 2013, Twitter was used as a “social sensor” for helping people (Kaewkitipong et al. 2012; Fuchs et al. 2013). Stefanidis et al. (2011) analyzed geospatial information for a crisis event detection in Egypt by performing a spatiotemporal and social network analysis. Social media can be employed to quickly respond to emergencies. The recent and rapid growth of social networking applications has significantly affected communication among people (Lai and Turban 2008). During crisis, social media can be used in various situations because of its ability to share information (Boyd and Ellison 2008; Hiltz et al. 2011; Palen et al. 2009).



**Fig. 3** Overview of the proposed system

## 2.4 Gap and contribution of research

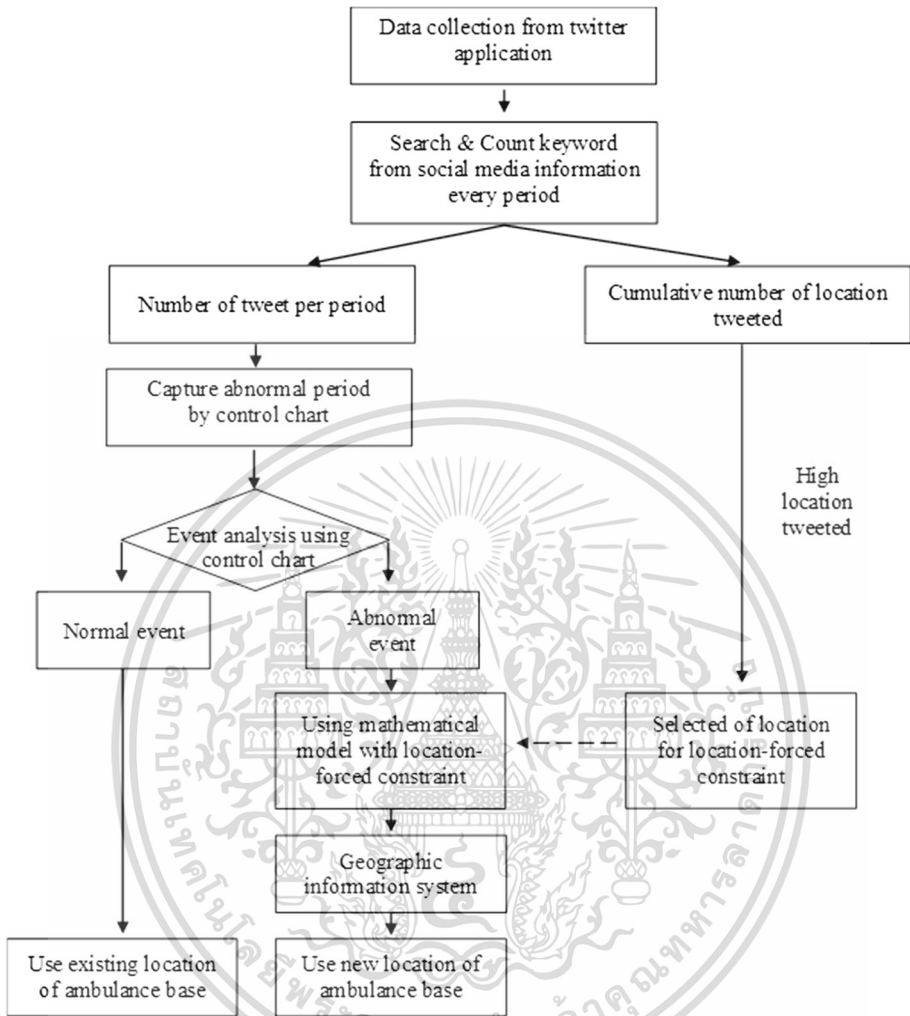
In the last decades several covering model in a dynamic setting for allocation ambulance base of emergency medical service have been discussed. However, dynamic model is difficult to put into practice when consider implement costs and the research concerning social media and ambulance of emergency medical service has limited. Therefore, in this study, we take advantages of use social media information by Twitter application, which fastest in sharing and receiving information of emergency event into social network and social media user are everywhere that likely event sensors. We use social media information for determine the location of ambulance base by proposed covering model in a rapid manner when increases emergency event has abnormalities or disaster occur to improve performance of response (response time) of ambulance. Moreover, we describe our approach in Bangkok, Thailand, which can improve the current allocation strategies of ambulance bases in Bangkok.

## 3 Integrated framework

The main purpose of this study was to capture abnormalities in information for the redeployment of ambulances. An overview of the system in this study is shown in Fig. 3. When an accident occurs, people at the scene share information and images to social media, such as Twitter. We used this information to analyze abnormalities in data per unit period by filtering based on keyword-base, spatial-term, and temporal-term using the Shewhart control chart to capture abnormality periods through term-frequency analysis; moreover, we updated the ambulance base locations.

### 3.1 Data collection and event detection

The proposed framework of integrated social media for allocating ambulance bases is shown in Fig. 4. First, we collected a tweet database from Twitter by using search keywords in the Thai language related to emergency events, such as accident, fire, and natural disasters. We then filtered spatial terms and temporal terms from the collected data. We counted the number of tweets per specified period (e.g., every hour), and performed term-frequency



**Fig. 4** Proposed framework for allocating ambulance bases by using social media information

analysis by using a control chart based on Poisson distributions to capture abnormal events, such as increases in the numbers of accidents and disaster events (e.g., floods, earthquakes, or terrorist attacks).

Statistical process control is one of the tools used in quality management and quality control. Moreover, control charts are widely employed to monitor and ensure process stability. Control charts are advantageous because of their ability to detect abnormalities and identify conditions of the system. However, one of their limitations is that variable control charts cannot be used for the attributed quality characteristics. Furthermore, nonconformities (i.e., missing parts, incorrect colors, and periodic defects) are not measurable, and thus, a variable control chart cannot be used (Montgomery 2009).

Different control charts calculate control limits differently based on the underlying assumptions about the data distribution. Discrete attribute data can be counted. Moreover, the data might be binary, such as whether the ambulance travels to the scene within 10 min

(binary because an ambulance might travel for less or more than 10 min). The control limits for binary data are calculated based on the assumption that the data follows a binomial distribution. This control chart, a proportion ( $p$ ) chart, indicates the occurrence of a binary event as a percentage. The counted data can also be derived from an underlying stable population, such as the number of words related to emergency events in social media during January. This type of chart is called a  $c$  chart. The control limits for  $c$  charts are based on the assumption that the data follows Poisson distribution. The Poisson distribution is depicted using a histogram that demonstrates the probability of events occurring around a known mean when the events are independent of each other. The histogram of words used on social media related to emergency events should follow the Poisson distribution.

The words counted from Twitter can be collected and analyzed for each period using a chart with Poisson distribution (Shewhart control chart), as described in Eqs. (1)–(3):

$$\lambda = \text{wordcount rate per period} \quad (1)$$

$$\text{UCL} = \lambda + 3\sqrt{\lambda} \quad (2)$$

$$\text{LCL} = \lambda - 3\sqrt{\lambda}, \quad (3)$$

where  $\lambda$  is the average number of word counted per unit period for Twitter. UCL and LCL denote the upper center line and lower center line, respectively. UCL is used to provide a signal for the abnormalities detected in the word count. The chart triggers two types of events:

A normal event is triggered when the data from Twitter is counted and analyzed by using the Shewhart control chart and the chart does not capture abnormalities in the data. We used the existing locations for each ambulance base because typically there are no emergency demands, and, thus redeploying ambulance bases is usually not necessary.

An abnormal event is triggered if the control chart captures abnormalities in social media information collected from Twitter. An increase in emergency demands or disasters necessitates the relocation of ambulance bases as part of the preparations for those events in the future or in real time. During abnormal events, a mathematical model is used to update the locations for ambulance bases.

### 3.2 Mathematical model for updating location

Once the control chart signals becomes abnormal, we allocate a new ambulance base location by using the mathematical model MCLP. In this study, we integrated Twitter information into our mathematical model by adding a constraint to enforce a location (referred to as location forced) where an emergency event was detected. We named the proposed model “maximal covering location problem with location-forced” (MCLP-LF). Our model was premised on the following assumptions: demand points are deterministic, the base locations must be available in advance, and the set of all possible demand points is finite. The model description is given as

Sets:

$V$  Set of demand points

$W$  Set of potential base locations

$W_i$  Set of potential base locations that cover demand point  $i$  within the distance standard  $r$

Indices:

$i$  Index of demand points,  $i \in V$

$j$  Index of potential base locations,  $j \in W$

Parameters:

- $D$  Total amount of demand point
- $d_i$  Amount of demand in point  $i$
- $L_{i,j}$  Distances between demand point  $i$  to potential base location  $j$  (covering distance)
- $r$  Standard distances of base location coverage
- $P$  Total potential base location
- $\beta_j$   $\begin{cases} 1 & \text{if base location is location - forced } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

Decision variables:

- $x_j$   $\begin{cases} 1 & \text{if base location is selected at site } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$
- $y_i$   $\begin{cases} 1 & \text{if demand point } i \text{ is covered at least once} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

*Objective function* The objective of the model is to maximize demands from the potential base locations for the required destination point. The objective function is given in Eq. (4).

$$\text{Maximize } \sum_{i=1} d_i y_i \tag{4}$$

*Constraints*

Demand point is covered by one or more bases:

Constraint (5) ensures that the demand point  $i$  is covered only if one or more base locations are located within the distance standard.

$$\sum_{j \in W_i} x_j \geq y_i, \quad i \in V \tag{5}$$

Total amount of potential base locations:

Constraint (6) ensures that the total number of potential base locations is less than  $P$ .

$$\sum_{j \in W} x_j \leq P \tag{6}$$

Location-forced constraints due to social media information:

Constraint (7) ensures that the control location  $j$  is selected.

$$\beta_j \leq x_j \quad (j \text{ is from control chart}) \tag{7}$$

Decision variable constraints:

Constraint (8) and (9) are binary variables.

$$x_j \in \{0, 1\} \quad j \in W \tag{8}$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad i \in V \tag{9}$$

### 3.3 Location-forced constraints due to social media information

The integrated approach, that is, MCLP-LF and social media information can be used in two cases: (1) for non-real-time (increased accident or emergency demand) situations; common incidents can occur anytime and anywhere; therefore, ambulances cannot be prepared beforehand. Therefore, we can use the MCLP-LF model to determine the ambulance base locations

in the future when the data regarding emergency events from social media spikes and abnormalities have been observed. (2) For real-time situations, the integrated approach can be used when a disaster occurs (e.g., earthquake, flood, or terrorist attack). One or more ambulances must respond to this event immediately. We can use the MCLP-LF model to determine an ambulance base location by selecting the location-forced constraint as the disaster area that requires service in that region. However, other locations still need to be serviced by the ambulances; therefore, the model tries to cover all locations. Our proposed model relocates ambulance bases in the same way as the dynamic allocation model; however, our proposed model does not require relocation every day or every period. We used event detection for capturing abnormal periods, which warrant relocation of ambulance bases. Therefore, the proposed model has a low cost for the redeployment of ambulance bases and is nearly real-time.

For our mathematical model, we added location-forced constraints that can be used when abnormalities (increasing accidents or emergency demand) are observed on Twitter. When a disaster (e.g., earthquake, flood, or terrorist attack) occurs and social media does not have sufficient tweets about the disaster, the control chart does not detect these events. However, officials can still select important locations that require an ambulance base, and thus, these constraints are more useful on the strategic and operational levels. In common cases and disaster cases, it is important for the ambulance base to cover all demand points when forced to service an emergency call at any location. Other emergency calls in this location must also be covered by the same ambulance base.

For location-forced constraints, we selected the location from an out-of-control period by using a control chart where each location has a cumulative number of tweets from the previous update location period to the current out-of-control period. We selected a high cumulative number of tweets that indicate an increase in the number of accidents at that location and we required most ambulances to minimize the distance between the ambulance base and the scene. After selecting the location, we defined a selected location to Location-Forced constraints due to Social Media Information (7) in the MCLP-LF and solved the mathematical model for a new ambulance base and that still coverage all emergency demand areas. For the new ambulance base, we set a new position of an ambulance base by using a geographic information system (GIS) to set positions on a real map and we checked the covered demand points.

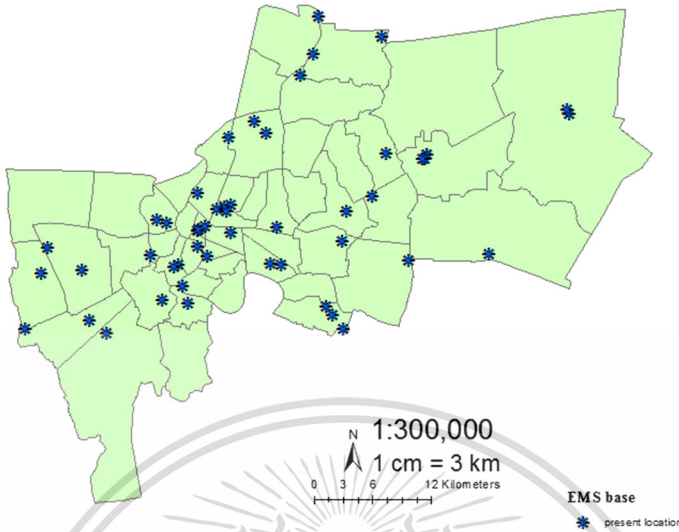
## 4 Bangkok case study

We validated our redeployment method through a realistic problem. We modeled the EMS system of one of the largest ambulance service providers in Bangkok, Thailand. The data and parameters used in the implementation are explained as follows.

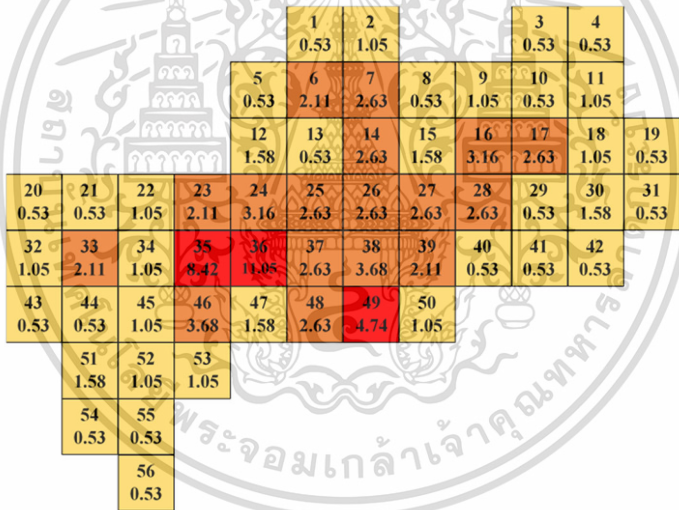
### 4.1 A case study of EMS system in Bangkok area

Bangkok is the capital and the most populous city in Thailand. The city occupies 1568.7 sq km (605.7 sq mi) in the Chao Phraya River delta in Central Thailand. Bangkok has a population of more than 8 million, which comprises 12.6% of the total population of Thailand. Moreover, more than 14 million people (22.2% of the population) live within the Bangkok Metropolitan Region, making Bangkok a major city.

Bangkok EMS is managed by the Thailand Ministry of Health under the Health Directorate of Bangkok, which operates the national “1669” emergency telephone service. Bangkok EMS has 49 ambulance bases there also show position of ambulance base (blue asterisk) in Fig. 5



**Fig. 5** Map of Bangkok area and the current ambulance bases located in Bangkok. (Color figure online)



**Fig. 6** Fifty-six areas of Bangkok and the empirical probability of emergency calls per day

that manage approximately 37,540 calls annually or 145 calls per day. To respond to an emergency call, the closest available ambulance is dispatched by the centralized dispatching system ([http://ws.niems.go.th/ITEMS\\_DWH/](http://ws.niems.go.th/ITEMS_DWH/): information technology for emergency medical system). In this study, we divided 56 areas for Bangkok area by we assign as square area that has 36 sq km (6 km × 6 km), each this area is identified by coordinates of its upper-left corner and lower-right corner (Fig. 6), we also show number of location in above number and below number is probability that emergency called in this location that is empirical distribution of emergency call of Bangkok area. Meanwhile, we show density of emergency call in each location that ambulance service, it has 3 locations that have density of emergency call more than 4% of all emergency call, more than 2% but lower than 4% of all emergency call that have 17 locations, otherwise, lower than 2% of all emergency call.

**Table 1** Hourly summarized historical data from Twitter

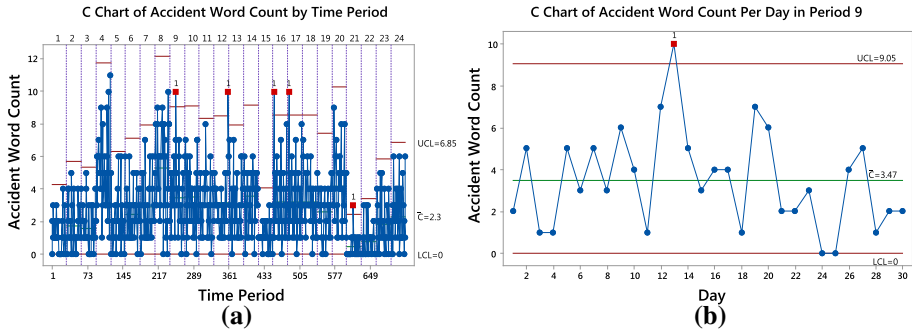
Time	CL	UCL	LCL	Time	CL	UCL	LCL
0:00–1:00	1.10	4.25	0.00	12:00–13:00	2.87	7.95	0.00
1:00–2:00	1.73	5.68	0.00	13:00–14:00	3.53	9.17	0.00
2:00–3:00	1.57	5.32	0.00	14:00–15:00	1.03	4.08	0.00
3:00–4:00	5.03	11.76	0.00	15:00–16:00	4.70	11.20	0.00
4:00–5:00	2.03	6.31	0.00	16:00–17:00	3.20	8.57	0.00
5:00–6:00	2.43	7.11	0.00	17:00–18:00	3.20	8.57	0.00
6:00–7:00	2.87	7.95	0.00	18:00–19:00	2.60	7.44	0.00
7:00–8:00	5.27	12.15	0.00	19:00–20:00	4.17	10.29	0.00
8:00–9:00	3.47	9.05	0.00	20:00–21:00	0.43	2.41	0.00
9:00–10:00	3.50	9.11	0.00	21:00–22:00	0.77	3.39	0.00
10:00–11:00	3.07	8.32	0.00	22:00–23:00	1.80	5.82	0.00
11:00–12:00	3.17	8.51	0.00	23:00–00:00	2.30	6.85	0.00

The response time of Bangkok EMS is more than 10 min. The ambulance deployment plan used by the EMS management of Bangkok is a static dispatch. In static dispatch, the ambulance goes to the scene from the nearest base. After providing its service on the scene, the ambulance returns to the base and stays there waiting for the next dispatch (Pinto et al. 2015). Each permanent station has one ambulance for 24 h a day to serve ambulance demand calls. Ambulances serve their calls and return to their base stations after delivering patients to hospitals. This uneven spatial distribution of ambulance resources is largely responsible for the high response times of ambulances. As shown in Fig. 5, numerous Bangkok ambulance bases should be deployed at locations from which most ambulance demand calls originate; that is, high-demand areas. In practice, the ambulance base location is determined based on the decision-maker's experience, which may not be appropriate under complicated situations, such as traffic congestion. Therefore, ambulance base locations are essential.

#### 4.2 Data collection and signaling for update location

Twitter is a very popular social media platform in Thailand, with over 5.3 million users (18% increase since 2015) (EPC Global Social Media Trends 2015). Most of these users are active on mobile devices. Twitter has been extensively used by government authorities at different levels. In this study, the total number of tweets in a day in September 2016 were selected and analyzed. The keyword searched was “accident” in the Thai language. To analyze the type of event, all events were considered as common events. We then used a control chart to identify abnormal events.

The historical data of Twitter (September 2016) has 1930 tweets related to “accident” in the Thai language, which can be related to emergency events (@Longdottraffic, @JS100 etc.). We divided 24 h into 24 periods (1 h per period). The average number of tweets per hour is shown in Table 1 in column CL; the shape is similar to emergency calls received by Bangkok EMS simultaneously. The average word count of tweets is high during the morning and evening peak hours, namely 3:00–4:00, 7:00–8:00, 15:00–16:00, and 19:00–20:00. The average word count is the lowest during night, 20:00–21:00 (Pinto et al. 2015).



**Fig. 7** **a** C Chart of the word count of “accident” during the time period of 24 h and **b** accident word counts per day for period 9 with an outlier

## 5 Results

### 5.1 Results for a case study: Bangkok area

Initially, we used 49 locations. After using the MCLP model, in which the total number of potential base locations  $P$  is half of that in the current area (potential location is a hospital as shown in Fig. 5), the number of locations was reduced to 9 (81.6% decrease). However, the demand point coverage and covered distance did not change.

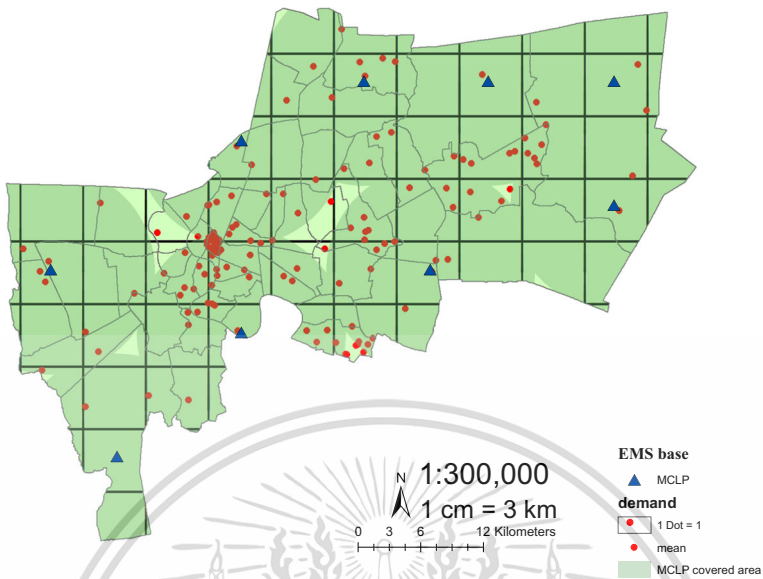
After integrating, the control chart (Fig. 7a) indicated an abnormality at period 9. We updated the ambulance base location by using the proposed model (MCLP-LF); otherwise, the base location remained the same. As shown in Fig. 7b, the update location at period 9 indicated an accident at location No. 36. Therefore, this location was forced to be in the model. We then obtained a new location and plotted it in GIS, which declared it as a new location for the ambulance drivers.

### 5.2 Geographical results

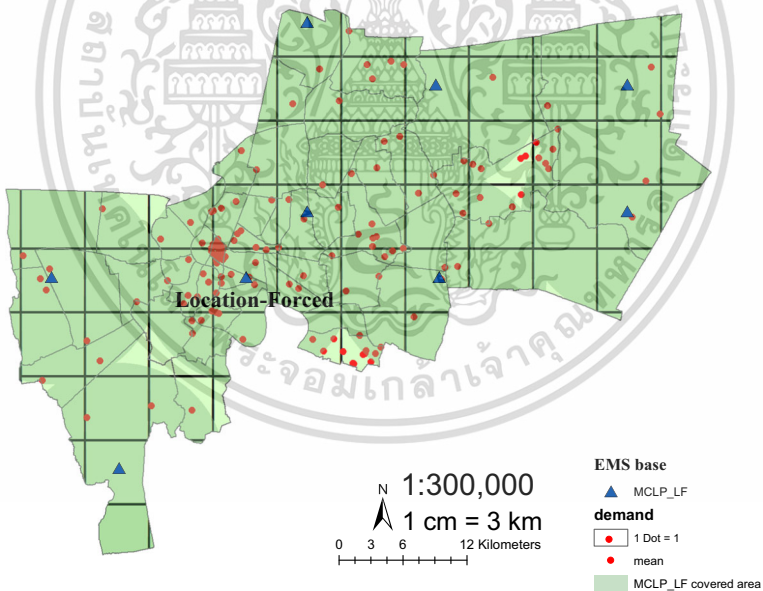
The geographical representation of the changed location was given by using ArcGIS 10.1. Figure 8 shows the base locations of the MCLP model, where the blue hashes indicate base locations that cover the demand points indicated by red circles. The optimal base locations from the MCLP-LF model are shown in Fig. 9, which has 9 bases, and the location-forced point is No. 36. The average covering distance of the MCLP-LF is 6.13 km, which is a reduction of 13.05% from the previous distance.

### 5.3 Discussion

The real-time re-allocation of ambulances results in high costs and heavy workloads for the ambulance crews. Dynamic allocation is moving the ambulance bases from low demand areas to high-demand areas that is useful in the operational level. The dynamic allocation model considers real-time data from a social media application to minimize the response time and cost during emergencies and disasters. We focus on the sources of information for emergency demands, social media information from Twitter, and the methodology to update the locations of ambulance bases when abnormalities are observed in the information (increases in emergency demand and disaster events).



**Fig. 8** Base locations from MCLP with 9 bases



**Fig. 9** Base locations from MCLP-LF with 9 bases and the enforced location of No. 36

Many researchers defined a dynamic covering model that the ambulances are re-located based on time-varied demands, for example, Gendreau et al. (2006), Rajagopalan et al. (2008), Schmid (2012), and Naoum-Sawaya and Elhedhli (2013) explained that the ambulances are assigned to base locations at the time where high demands are expected. If re-location occurs frequently, the ambulance crews may be confused and their workload increase. While, our proposed dynamic allocation model consider the re-location based on abnormality event

detection. We counted the number of tweets per specified period (e.g., every hour), and performed term-frequency analysis by using a control chart based on Poisson distributions to capture abnormal events, such as increases in the numbers of accidents and disaster events (e.g., floods, earthquakes, or terrorist attacks). We used this information to analyze abnormalities in data per unit period by filtering based on keyword-base, spatial-term, and temporal-term using the Shewhart control chart to capture abnormality periods through term-frequency analysis. This information is used to trigger when to determine the location and to force where to assign additional ambulances.

Once the control chart signals become abnormal, we allocate a new ambulance base location by using the mathematical model MCLP. For real-time situations, the integrated approach can be used when a disaster occurs (e.g., earthquake, flood, or terrorist attack). One or more ambulances must respond to this event immediately. We can use the MCLP-LF model to determine an ambulance base location by selecting the location-forced constraint as the disaster area that requires service in that region. However, other locations still need to be serviced by the ambulances; therefore, the model tries to cover all locations. Our proposed model relocates ambulance bases in the same way as the dynamic allocation model; however, our proposed model does not require relocation every day or every period. We used event detection for capturing abnormal periods, which warrant relocation of ambulance bases. Therefore, the proposed model has a low cost for the redeployment of ambulance bases and is nearly real-time.

Most covering models have been specifically used for either strategic/policy (long term) planning or operational (daily) planning. Our model is initially intended for operational level; however, it can be extended for strategic level with some modification. In the long-term planning, abnormality detection or control-chart is not necessary. Only accumulated abnormality information (number of accidents) is used directly to forced location constraint. In addition, if disaster or severe incidents are expected or already happened at a certain area, our MCLP-LS is flexible. The planner will select the disastrous area as ambulance bases. The proposed integration concept of using real-time data from social media allows information sharing from those who witnessed the incident in the scene to EMS. The concept can be then applied to all similar services which have similar characteristics of facility allocation problem, specifically spatial management. The examples include distribution center allocation, (Farahani and Asgari 2007), fire department or fire equipment allocation (Berman et al. 2009), police station allocation (Curtin et al. 2010) and disaster eradication (Boffey and Narula 1998; Murray 2005).

Some limitations exist in this study that should be acknowledged. The division of the EMS study area must be done with care, the smaller the small area devised, the higher the chance that the bases will cover all areas. However, Twitter information may not be available in that small area. Therefore, other sources of information such as Facebook, Google Map, or YouTube, must be taken into consideration. Our study area has been divided into 36 sq km per area (6 km × 6 km). It is considered large compared to total Bangkok area (1568.7 sq km) which is suitable for only single source of information. Aytug and Saydam (2002), Zarandi et al. (2011) discussed an appropriate area division.

## 6 Conclusions and future work

In this study, we proposed an integrated framework of social media, MCLP-LF constraints, and control charts to update ambulance base locations in response to emergency demands

and disasters. We explained the application of social media information in emergency management, in the context of the AEMS, and proposed a dynamic allocation model that does not require periodic relocation. We also validated the model by applying it to Bangkok EMS. Furthermore, the sensitivity of the model was investigated through simulation. Result showed that the locations of ambulance bases obtained from the proposed approach can cater to immediate demands and minimize the response times of ambulances. The proposed approach introduces flexibility on the operational level. However, the model does not require redeployment of ambulance bases in real time. It is a dynamic allocation model that updates locations when abnormalities are observed due to new incidents by using social media information.

Future research can consider the relationship between uncertainty in traffic congestion and the allocation of ambulance bases. Traffic congestion leads to a higher response time, that is, the time required to leave from the base and arrive at the scene, which is the main problem of metropolitan cities. Furthermore, we can use stochastic programming to analytically solve this problem. In addition to ambulance bases, we can also study other applications, such as police stations, fire trucks, and humanitarian aid.

**Acknowledgement** This research is supported by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, KMITL grant no. KREF156004.

## References

- Aboueljinane, L., Sahin, E., & Jemai, Z. (2013). A review on simulation models applied to emergency medical service operations. *Computers & Industrial Engineering*, *66*, 734–750.
- Aytug, H., & Saydam, C. (2002). Solving large-scale maximum expected covering location problems by genetic algorithms: A comparative study. *European Journal of Operational Research*, *141*, 480–494.
- Berman, O., Kalcsics, G., Krass, D., & Nickel, S. (2009). The ordered gradual covering location problem on a network. *Discrete Applied Mathematics*, *157*(18), 3689–3707.
- Boffey, B., & Narula, S. C. (1998). Models for multi-path covering-routing problems. *Annals of Operations Research*, *82*, 331–342.
- Boyd, M. D., & Ellison, B. N. (2008). Social network sites: Definition, history, and scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication*, *13*, 210–230.
- Brotcorne, L., Laporte, G., & Semet, F. (2003). Invited review: Ambulance location and relocation models. *European Journal of Operational Research*, *147*, 451–463.
- Chae, J., Thom, D., Bosch, H., Jang, Y., Maciejewski, R., Ebert, D. S., & Ertl, T. (2012). Spatiotemporal social media analytics for abnormal event detection and examination using seasonal-trend decomposition. In *Proceedings of the IEEE conference on visual analytics science and technology* (pp. 143–152).
- Church, R., & ReVelle, C. (1974). The maximum covering location problem. *Regulation Systems Compliance and Integrity*, *32*, 101–118.
- Corvey, W. J., Vieweg, S., Rood, T., & Palmer, M. (2010). Twitter in mass emergency: What NLP techniques can contribute. In *Proceedings of the NAACL HLT workshop on computational linguistics in a world of social media* (pp. 23–24).
- Curtin, K. M., Hayslett-McCall, K., & Qiu, F. (2010). Determining optimal police patrol areas with maximal covering and backup covering location models. *Networks and Spatial Economics*, *10*(1), 125–145.
- David, G., & Harrington, S. E. (2010). Population density and racial differences in the performance of emergency medical services. *Journal of Health Economics*, *29*, 603–615.
- De Longueville, B., & Smith, R. S. (2009). A use case of mining location based social networks to acquire spatio-temporal data on forest fires. In *Proceedings of the first international workshop on location based social networks* (73–80).
- De Maio, V. J., Stiell, I. G., Wells, G. A., & Spaite, D. W. (2003). Optimal defibrillation for maximum out-of-hospital cardiac arrest survival rates. *Annals of Emergency Medicine*, *42*(2), 242–250.
- Dell'Olmo, P., Ricciardi, N., & Sgalambro, A. (2014). A multiperiod maximal covering location model for the optimal location of intersection safety cameras on an urban traffic network. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *108*, 106–117.

- Erkut, E., Ingolfsson, A., & Erdogan, G. (2008). Ambulance location for maximum survival. *Naval Research Logistics*, 55, 42–58.
- Farahani, R. Z., & Asgari, N. (2007). Combination of MCDM and covering techniques in a hierarchical model for facility location: A case study. *European Journal of Operational Research*, 176, 1839–1858.
- Fuchs, G., Andrienko, N., Andrienko, G., Bothe, S., & Stange, H. (2013). Tracing the German centennial flood in the stream of tweets: First lessons learned. In: *SIGSPATIAL international workshop on crowd sourced and volunteered geo-graphic information* (pp. 2–10). Orlando.
- Gendreau, M., Laporte, G., & Semet, F. (2006). The maximal expected coverage relocation problem for emergency vehicles. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 22–28.
- Goldberg, J. (2004). Operations research models for the deployment of emergency service vehicles. *EMS Management Journal*, 1, 20–39.
- Green, L. V., & Kolesar, P. J. (2004). Improving emergency responsiveness with management science. *Management Science*, 50, 1001–1014.
- Hecht, B., Hong, L., Suh, B., & Chi E. H. (2011). Tweets from Justin Bieber's heart: The dynamics of the "location" field in user profiles. In *Proceedings of the ACM CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 237–246).
- Hiltz, S. R., Diaz, P., & Mark, G. (2011). Introduction: Social media and collaborative systems for crisis management. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 18, 18:1–18:6.
- Iannoni, A. P., Morabito, R., & Saydam, C. (2008). A hypercube queuing model embedded into a genetic algorithm for ambulance deployment on highways. *Annals of Operations Research*, 157(1), 207–224.
- Jagtenberg, C. J., Bhulai, S., & van der Mei, R. D. (2015). An efficient heuristic for real-time ambulance redeployment. *Operations Research for Health Care*, 4, 27–35.
- Kaewkitipong, L., Chen, C., & Ractham P., (2012). Lessons learned from the use of social media in combating a crisis: A case study of 2011 Thailand flooding disaster. In *Proceedings of the international conference on information systems (ICIS)* (pp. 1–17).
- Kosala, R., & Adi, E. (2012). Harvesting real time traffic information from Twitter. *Procedia Engineering*, 50, 1–11.
- Lai, L. S. L., & Turban, E. (2008). Groups formation and operations in the Web 2.0 environment and social networks. *Group Decision and Negotiation*, 17(5), 387–402.
- Laylavi, F., Rajabifard, A., & Kalantari, M. (2017). Event relatedness assessment of Twitter messages for emergency response. *Information Processing and Management*, 53, 266–280.
- Li, X., Zhao, Z., & Zhu, X. (2011). Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: A review. *Mathematical Methods of Operations Research*, 74, 281–310.
- Lim, C. S., Mamat, R., & Braunl, T. (2011). Impact of ambulance dispatch policies on performance of emergency medical services. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(2), 624–632.
- Maxwell, M. S., Henderson, S. G., & Topalogu, H. (2009). Ambulance redeployment: An approximate dynamic programming approach. In: M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin, & R. Ingalls (Eds.), *Proceedings of 2009 winter simulation conference*.
- Mistovich, J. J., & Karen, K. J. (2014). *Prehospital emergency care*. New York: Pearson Education.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to statistical quality control*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Murray, A. T. (2005). Geography in coverage modeling: Exploiting spatial structure to address complementary partial service of areas. *Annals of the Association of American Geographers*, 95, 761–772.
- Naoum-Sawaya, J., & Elhedhli, S. (2013). A stochastic optimization model for real-time ambulance redeployment. *Computers & Operations Research*, 40, 1972–1978.
- Palen, L., Vieweg, S., Liu, S. B., & Hughes, A. L. (2009). Crisis in a networked world: Features of computer-mediated communication in the April 16, 2007, Virginia Tech event. *Social Science Computer Review*, 27, 467–480.
- Pinto, L. R., Silva, P. M. S., & Young, T. P. (2015). A generic method to develop simulation model for ambulance system. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 51, 170–183.
- Rajagopalan, H. K., Saydam, C., & Xiao, J. (2008). A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances. *Computers & Operations Research*, 35, 814–826.
- Sarcevic, A., Palen, L., White, J., Starbird, K., Bagdori, M., & Anderson, K. (2012). Beacons of hope in decentralized coordination: Learning from on-the-ground medical twitterers during the 2010 Haiti earthquake. In *Proceedings of the ACM 2012 conference on computer supported cooperative work*, New York, NY.
- Schmid, V. (2012). Solving the dynamic ambulance relocation and dispatching problem using approximate dynamic programming. *European Journal of Operational Research*, 219, 611–621.
- Schmid, V., & Doerner, K. F. (2010). Ambulance location and relocation problem with time-dependent travel time. *European Journal of Operational Research*, 207, 1293–1303.
- Shiah, D. M., & Chen, S. W. (2007). Ambulance allocation capacity model. In *2007 9th international conference on e-Health networking, applications and services*, Taipei.

- Sorensen, P., & Church, R. (2010). Integrating expected coverage and local reliability for emergency medical services location problem. *Socio-Economic Planning Sciences*, 44, 8–18.
- Stefanidis, A., Crooks, A., & Radzikowski, J. (2011). Harvesting ambient geospatial information from social media feeds. *GeoJournal*, 78, 319–338.
- Steiger, E., Albuquerque, J. P., & Zipf, A. (2015). An advanced systematic literature review on spatiotemporal analyses of Twitter data. *Transactions in GIS*, 19(6), 809–834.
- Sutton, J. (2009). Twitter service part of disaster communications. Canadian Security Magazine. <http://www.canadiansecuritymag.com/RiskManagement/News/Twitter-service-part-of-disaster-communications.html>. Accessed 25 Oct 2017.
- Thomson, R., Ito, N., Suda, H., Lin, F., Liu, Y., Hayasaka, R., Isochi, R., & Wang, Z. (2012). Trusting tweets: The Fukushima disaster and information source credibility on Twitter. In *Proceedings of the ninth international conference on information systems for crisis response and management*.
- Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C., & Bergman, L. (1971). The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 19, 1363–1373.
- Van den Berg, P. L., & Aardal, K. (2015). Time-dependent MEXCLP with start-up and relocation cost. *European Journal of Operations Research*, 242, 383–389.
- Van den Berg, P. L., Kommer, G. J., & Zuzakova, B. (2016). Linear formulation for the maximum expected coverage location model with fractional coverage. *Operations Research for Health Care*, 8, 33–41.
- Wanichayapong, N., Pruthipunyaskul, W., Pattara-Atikom, W., & Chaovalit, P. (2011). Social-based traffic information extraction and classification. In *Proceedings of the eleventh international conference on ITS telecommunications* (pp. 107–112).
- Yardi, S., & Boyd, D. (2010). Tweeting from the Town Square: Measuring geographic local networks. In *Proceedings of the fourth international AAAI conference on weblogs and social media*.
- Yates, D., & Paquette, S. (2011). Emergency knowledge management and social media technologies: A case study of the 2010 Haitian earthquake. *International Journal of Information Management*, 31(1), 6–13.
- Zarandi, M. H. F., Davari, S., & Haddad Sisakht, S. A. (2011). The large scale maximal covering location problem. *Scientia Iranica E*, 18(6), 1564–1570.

## ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

### ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ผศ.ดร.ชุมพล ยวงโย

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

### การศึกษา

ระดับ	สาขา	สถาบัน	ปี พ.ศ.
ปริญญาเอก (Ph.D.)	วิศวกรรมอุตสาหการและการวิจัยดำเนินงาน (Industrial Engineering and Operations Research)	The Pennsylvania State University, USA	2552
ปริญญาโท (M.Eng.)	วิศวกรรมอุตสาหการ (Industrial Engineering)	Asian Institute of Technology	2543
ปริญญาตรี (B.Eng.)	วิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2538

### อื่นๆ

- การวิจัยหลังปริญญาเอก (Postdoctoral Fellow), Department of Industrial and Manufacturing Engineering and Department of Statistics, Pennsylvania State University

### ประกาศนียบัตร

- American Society for Quality-Certified Six Sigma Black Belt (ASQ-CSSBB)
- MINITAB Certified Trainer, Minitab Incorporation USA

### ประสบการณ์การทำงาน

ปี	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	หน้าที่ความรับผิดชอบ
2555 – ปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	การเรียนการสอน การวิจัย การบริการวิชาการ ทางด้านสถิติวิศวกรรมและวิศวกรรมคุณภาพ ในระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก
– 2553 2555	อาจารย์	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	การเรียนการสอน การวิจัย การบริการวิชาการ ทางด้านสถิติวิศวกรรมและวิศวกรรมคุณภาพ ในระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	หน้าที่ความรับผิดชอบ
2553-2552	นักวิจัย	The Pennsylvania State University, University Park, PA USA	การวิจัยด้านการออกแบบการทดลองสำหรับการพัฒนาเครื่องมือแพทย์ในโครงการจากกองทุนวิจัยแห่งประเทศไทย สหรัฐอเมริกา (US National Science Foundation, NSF)
22548-547	ผู้ช่วยผู้จัดการ ส่วนประกันคุณภาพ	บริษัท ไทยซีอาร์ที จำกัด บริษัท) ในกลุ่มปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ((มหาชน)	การประกันคุณภาพของหลอดภาพโทรทัศน์ การปรับปรุงผลิตภาพของกระบวนการและผลิตภัณฑ์
2547-2544	ผู้ช่วยผู้จัดการ ส่วนประกันคุณภาพ	บริษัท ซีดีที ดิสเพลย์ เทคโนโลยี จำกัด บริษัทในกลุ่มปูนซีเมนต์) ((มหาชน) ไทย จำกัด	การจัดทำระบบประกันคุณภาพ ISO9000 การประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงผลิตภาพของกระบวนการผลิตหลอดภาพคอมพิวเตอร์
2543-2542	พนักงานบังคับบัญชาและวิชาชีพ	บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)	ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท โดยทุนการศึกษาของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)
2542-2538	ผู้จัดการแผนกผลิต ผู้จัดการ/แผนกประกันคุณภาพ	บริษัท สยามมากอตโต จำกัด บริษัทในกลุ่มปูนซีเมนต์ไทย) ม) จำกัดมหาชน((	การวางแผนและควบคุมกระบวนการผลิต การจัดทำระบบประกันคุณภาพ ISO9000 การควบคุมคุณภาพ สำหรับกระบวนการผลิตลูกบดซีเมนต์

#### อาจารย์พิเศษหรือบรรยายพิเศษ

- สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- มหาวิทยาลัยมหิดล
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข
- กรมสืบสวนคดีพิเศษ กระทรวงยุติธรรม
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

#### การเป็นที่ปรึกษาและวิทยากร

- ด้านการจัดการคุณภาพ ได้แก่ การจัดทำระบบ ISO 9000 การบริหารคุณภาพโดยรวม การปรับปรุงผลิตภาพ การบริหารนโยบาย การบริหารคุณภาพประจำวัน Six Sigma methodology Lean Six-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sigma

- ด้านวิศวกรรมคุณภาพ ได้แก่ การประกันคุณภาพ การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ การประยุกต์ใช้สถิติในงานวิศวกรรม
- ด้านการจัดการวิศวกรรม ได้แก่ การวางแผนด้านอัตรากำลังพล การจำลองสถานการณ์
- ด้านการใช้โปรแกรม MINITAB สำหรับหลักสูตร introduction to Minitab, Basic Statistics, Statistical Quality Analysis, Factorial Design, Regression and Advanced ANOVA, Response Surface Design, DOE in Practice, Reliability

ผลงานที่ปรึกษา :

- ที่ปรึกษาโครงการ โครงการศูนย์ข้อมูลอัจฉริยะด้านเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำหรับอุตสาหกรรมศักยภาพ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2561
- ที่ปรึกษาโครงการ การจ้างพัฒนาเครือข่ายและจัดทำแผนนโยบายการพัฒนาและสนับสนุนอุตสาหกรรมเป้าหมาย สาขานวัตกรรมเมืองสำหรับวิสาหกิจเริ่มต้น สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ 2561
- ที่ปรึกษาโครงการ การจ้างจัดทำโครงการฝึกอบรม/เสวนาโครงการย่านนวัตกรรมสุขภาพ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ 2561
- ที่ปรึกษาด้านงาน Manpower Planning and productivity improvement ให้กับ บริษัท น้ำตาลครบุรี จำกัด (มหาชน) ปี 2561
- ที่ปรึกษาโครงการ โครงสร้างพื้นฐานรองรับการพัฒนานิคมอุตสาหกรรม Industry 4.0 การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย 2560
- ที่ปรึกษาโครงการ เตรียมความพร้อมภาคอุตสาหกรรมไทยเพื่อรองรับการเชื่อมโยงในภูมิภาคด้วยเศรษฐกิจดิจิทัล ให้กับ สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ปี 2559-2560
- ที่ปรึกษาโครงการ ปลอดภัย ปลอดภัย ใจเป็นสุข ให้กับ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ปี 2555- 2561
- ที่ปรึกษาโครงการ การยกระดับประกันคุณภาพ บริษัท มาสเตอร์คูล จำกัด (มหาชน) ปี 2557-2560
- ปรึกษาโครงการ การออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อพัฒนาอุปกรณ์อัจฉริยะฝังตัวสนับสนุนการปฏิบัติงานสืบสวนคดีพิเศษ ระยะที่ 1 ให้กับ กรมสอบสวนคดีพิเศษ กระทรวงยุติธรรม ปี 2558-2559
- ที่ปรึกษาโครงการ สมุทรปราการเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (ECO Industrial Town) กรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม ปี 2558
- ที่ปรึกษาด้านงาน Manpower Planning ให้กับ บริษัท ชุมพรน้ำมันปาล์มอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน) ปี 2556-ปัจจุบัน
- ที่ปรึกษาด้านงาน Total Quality Management ให้กับ บริษัท มากอตโต จำกัด ปี 2544, 2554-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบัน

- ที่ปรึกษาด้านงาน **Business Process Improvement, Enterprise Resource Planning** ให้กับ บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ปี 2555-2556
- ที่ปรึกษาด้านงาน **Manpower Planning** ให้กับ บริษัท พกษา เรียล เอสเตท จำกัด (มหาชน) ปี 2556-2557
- ที่ปรึกษาด้านงาน **Manpower Planning and productivity improvement** ให้กับ บริษัท น้ำตาลนครบุรี จำกัด (มหาชน) ปี 2556
- ที่ปรึกษาด้านงาน **Productivity Improvement** ให้กับ ฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท ทู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ปี 2554-2555
- ที่ปรึกษาด้านงาน การจัดการระบบคุณภาพ (ISO9001) ให้กับ บริษัท พูลภัณฑ์พัฒนา จำกัด ปี 2544
- ที่ปรึกษาด้านงาน **Productivity Improvement** ให้กับ ฝ่ายปฏิบัติการ บริษัท บู เคมี จำกัด ปี 2544
- ที่ปรึกษาด้านงาน **Productivity Improvement** ให้กับ บริษัท ซี โฟส จำกัด ปี 2544

#### ผลงานด้านวิชาการ

##### Journals (International)

1. Nilsang, S., **Yuangyai, C.**, Cheng, C.-Y., Janjarassuk, U. (2018) "Determining of ambulance base using social media: A case study in Bangkok", Annals of Operations Research, <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2918-8>
2. Jientrakul, R.; **Yuangyai, C.**, Cheng, C.-Y., Limnararat, S., Chotiprayanakul, P. (2018) "Investigating a Human-robot Collaboration with Multiple Performance Measure Evaluation: A Translation Task in a Tele-Sandblasting Maintenance System", Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 28(3), pp 104-116.
3. Kaewsuwan P., Cheng, C.Y., Janjarassuk, U. and **Yuangyai, C.**, 2016. Image Analysis and High Dimensional Control Chart for Inspection of Sausage Color Homogeneity and Uniformity. International Journal of Food Engineering, 12(7) , 625-635.
4. **Yuangyai C.**, Chung-Yu Pan, Yi-Jou Lin, Chen-Yang Cheng, 2015, Investigating of antenna selection for the adaptive centroid localization systems, International Journal of Production Economics, 119-127.
5. **Yuangyai C.**, and Lin, D.K.J. 2013. Understanding Multistage Experiments, International Journal of Experimental Design and Process Optimization, 3(4), 384-409.
6. **Yuangyai, C.**, and Matvises, P., and Janjarassuk, U. 2013. Image-based Analysis for Characterization of Chicken Nugget Quality, Jurnal Teknik Industri, 15(2), 125-130.
7. **Yuangyai, C.**, and Nembhard, H. B, D. Hayes, G., Adair, J.H. 2012. "Robust Parameter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Design for Multiple Stage Nanomanufacturing”, IIE Transactions, 44(7), 580-589.
8. Gyawali, S.,Techato, K.,Monprapussorn S., and **Yuangyai, C.** 2012 "Integrating land use and water quality for environmental based land use planning for U-tapao river basin, Thailand." , Procedia Social and Behavioral Sciences.
  9. Gyawali, S.,Techato, K.,Monprapussorn S., and **Yuangyai, C.** 2012 Evaluation of Surface Water Quality using Multivariate Statistical Techniques: A Case Study of U-tapao River Basin, Thailand, KMITL Science and Technology Journal, 12(1), 7-20.
  - 10.Gyawali, S., Techato, K., **Yuangyai, C.**, & Monprapussorn, S. 2012. Assessment surface water quality parameters and their variations for effective monitoring system, A case study of U-tapao River Basin. Journal of Environmental Research, 34 (2), 89-106.
  - 11.**Yuangyai, C.**, Nembhard, H. B., Hayes, G., Antolino, N., and Adair, J. H. 2009. Yield Improvement for Lost Mold Rapid Infiltration Forming Process by a Multi-Stage Fractional Factorial Split Plot Design, International Journal of Nanomanufacturing. 3(4), 351-367.

#### Patent

- 12.James H. Adair, Mary Frecker, Christopher Muhlstein, Eric Mockensturm, Randy S. Haluck , Abraham Mathew, Milton Aguirre, Rebecca Kirkpatrick, **Chumpol Yuangyai** (2010) POLYCRYSTALLINE COMPLEX-SHAPED MESOSCALE COMPONENTS, US patent application no. 20100075170.

#### Journals (National)

- 13.ดวงดาว โหมดวิวัฒน์, ชุมพล ยวงใย สุพัฒตรา เกษราพงศ์ และ สมลักษณ์ บุญณรงค์ 2559 การศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์/ วิศวกรรมลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง/ ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 มีนาคม 2559
- 14.Matwichek, P., and **Yuangyai, C.** 2012. Analysis of factors affecting image-based color detection, Ladkrabang Engineering Journal, 29(3), 31-36.
- 15.**Yuangyai, C.** and Keawsuwan P. 2011. A Study of Integrated Model for Process Control and Adjustment under Linear Trend Condition, Ladkrabang Engineering Journal, 28(2), 37-42.
- 16.**Yuangyai, C.** and Bilsel, R. U. 2010. Optimal location of dwell points in a loop layout by minimizing the total number of trips around the loop under capacity constraints, Ladkrabang Engineering Journal, 27(4), 37-42.

### Book Chapter

17. Keawsuwan, P., Cheng, C.Y., **Yuanyai, C.** (2015), “Image Analysis for High-Dimensional Control Chart in Sausage Color Consistency Detection”, in Toward Sustainable Operations of Supply Chain and Logistics Systems (editors: Kachativichayanukul, V, Sethanan, K., and Golinska-Dawson, P.), Springer.
18. Booranadiloak, S., Janjarassuk, U., Rienkhemaniyom, K., and **Yuanyai, C. (2015)**, “Manpower Planning with Multiple Task for a Call Center in Healthcare Service”, in Toward Sustainable Operations of Supply Chain and Logistics Systems (editors: Kachativichayanukul, V, Sethanan, K., and Golinska-Dawson, P.), Springer
19. **Yuanyai, C.** and Nembhard, H. B. 2009. Design of Experiments: A Key to Innovation in Nanotechnology, In: Ahmed, W. and Jackson, M. J. (Eds), Emerging Nanotechnologies for Manufacturing, William Andrew.
20. **ชุมพล ยวงใย (2554) การขนส่งในโซ่อุปทาน** เอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
21. **ชุมพล ยวงใย (2554) รูปแบบการขนส่งเพื่อการตัดสินใจทางโลจิสติกส์** เอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
22. **ชุมพล ยวงใย (2559) การประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงสถิติในการออกแบบวัสดุ** เอกสารการสอนชุดการออกแบบวัสดุใหม่และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

### International Conference proceeding

23. Nilsang, S. Yuanyai, C., Janjarassuk, U., and Cheng, C. (2016), “Integrating Social Media Information for Determining an Ambulance Base Location”, Proceeding of International Conference on Simulation and Modelling Conference, Jan 23-25, Pattaya, Thailand.
24. Yuanyai, C., Booranadiloak, S., Chiang, W., Cheng, C. (2016), “Using Particle Swarm Optimization Algorithm in Manpower Planning for a Call Center in Healthcare Service” Proceeding of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2016, Taipei, Taiwan.
25. Jientrakul R.; Yuanyai C. “Minimizing Multi-stage System Variation Using Kalman Filter: a Tele-sandblasting System”, 2016 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT), Bangkok, Thailand, 19-22 September, 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. Jientrakul R.; Yuangyai C.; Chotiprayanakul P.; Limnararat S.; “Multiple-Performance Optimization for Human-Robot Collaboration: a Translation Motion in a Tele-Sandblasting Maintenance System”, 6th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management”, Kuala Lumpur, Malaysia, March 8-10, 2016
27. Ranan Jientrakul, Sunpasit Limnararat, Chumpol Yuangyai, Wipoo Srisuebsai, Pholchai Chotiprayanakul, 2015 Investigating of Human-Robot Collaboration in a Mixed-Reality Tele-Sandblasting Maintenance System, Proceeding of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2015, Ho Chi Min City, Vietnam.
28. Piraya Kaewsuwan, Kantapit Kaewsuwan, Chumpol Yuangyai, and Chen-Yang Cheng 2015 Color and Its Homogeneity Control Using Image Processing and Principal Component Analysis/ The 16th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS 2015)/ 8-11 December 2015
29. Chumpol Yuangyai, Suriyapong Nilsang, Udom Janjarassuk, , Kanokporn Rienkhemaniyom, 2014, A Robust Parameter Design Approach for Emergency Department Simulation Proceeding of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2014, Jeju, South Korea.
30. Udom Janjarassuk, Chonnupong Siritan, Kanokporn Rienkhemaniyom, Chumpol Yuangyai, 2014, Application of Agent-Based modeling and Simulation for an Outpatient Department in a Hospital Proceeding of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2014, Jeju, South Korea.
31. Meng-Ying Chen, Bu-Yuan Chang, Chumpol Yuangyai ,Chen-Yang Cheng, 2013, Implementation of Lean Thinking in healthcare to solve uncertain hygienic material: a Case Study, Proceeding of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2013, Cebu, The Philippines.
32. **Yuangyai, C.**, Matwichee, P., and Chanjarassuk, U, 2012. Image-based Analysis for Characterization of Chicken Nugget Quality, Proceeding of the Logistic and Supply Chain Engineering, Bali.
33. **Yuangyai, C.**, Keawsuwan P., and Cheng, C. 2012. Color-based Image Analysis for Statistical Sausage Production Control, Proceeding of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012, Phuket.
34. Lin, Y., Cheng, C., and **Yuangyai, C.** 2012. Experimental Analysis of Antennas Selection for Wireless Localization, Proceeding of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012, Phuket. (APIEM 2012 Best

student paper award)

35. Gyawali, S., Techato, K., and **Yuangyai, C.** 2012 "The improvement of water quality monitoring system of U-tapao river basin, Thailand.", Conference proceeding, ITCHE,
36. Gyawali, S., Techato, K., and **Yuangyai, C.** 2012 "Effects of Industrial waste disposal on the surface water quality of U-tapao river, Thailand.", Int. Conf. on environmental and chemical engineering
37. Gyawali, S., Techato, K., Monprapussorn S., and **Yuangyai, C.** 2012 "The Influence of Urbanization on Water Quality of U-tapao River, Thailand." , Conf Proc. Int Conf on Green and Sustainable Innovation, Chiang Mai
38. **Yuangyai, C** and Abrahams, R. 2011. Statistical Process Control with Autocorrelated data using Neural network, IEEE International Conference on Quality and Reliability, Bangkok, Thailand.
39. Gyawali, S., Techato, K. and **Yuangyai, C.** 2012 Effects of Industrial Waste Disposal on the Surface Water quality of U-tapao river basin, Thailand. The 2012 International conference on Environment Science and Engineering, IPCBEE vol 32 , 109-113., Bangkok, Thailand.
40. Gyawali, S., Techato, K. and **Yuangyai, C.** 2011 The improvement of water quality monitoring system on U-tapao river basin, Thailand. TiChE International Conference, Hatyai, Thailand.
41. Gyawali, S., Techato, K. and **Yuangyai, C.** 2011 Integrating Land use of water quality monitoring system on U-tapao river basin, Thailand. The PSU-USM international conference on Humanities and Social Sciences 2011, Hatyai, Thailand.
42. Nembhard, H.B, Sanjay, J., Heany, D., **Yuangyai, C.**, and Hayes, G. 2009. Optimal Designs for Multistage Fractional Factorial Designs”, Proceeding of NSF-CMMI conference, Honolulu, Hawaii, June 22-25, 2009.
43. Aguirre, M., Hayes, G., **Yuangyai, C.**, Frecker, M., Adair, J., and Antolino, N. 2009. Fabrication and Strength-Based Design of A Meso Forceps, Proceeding of the IDETC/CIE, San Diego, CA.
44. **Yuangyai, C.** and Kachitwittayanukul V. 2000. “Integrated Model for Procurement Production and Distribution System: A Case Study for a Disc Drive Company in Thailand”, AIT Symposium, Thailand.

#### **Publications in Thai**

45. ภรณ์ทศ แก้วเขียว, สุริยพงศ์ นิลสังข์ และ ชุมพล ยวงโย 2559 การกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการจัดสมดุลและวางแผนทรัพยากรโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน/ การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 54 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/ วันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2559

- 46.ดวงดาว โหมมอดุตตมะ พิริญญาณ์ แก้วสุวรรณ ชุมพล ยวงใย 2557 การประเมินทางประสาทสัมผัสของแกงมีส้มั้นโดยวิธีการเชิงสถิติ การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2557 สมุทรปราการ ประเทศไทย
- 47.ธานุสรณ์ ฉันทะกุล พิริญญาณ์ แก้วสุวรรณ ชุมพล ยวงใย 2557 การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะสเปกตรัมของการเคลือบแบบลดแสงสะท้อนโดยกระบวนการตกสะสม การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2557 สมุทรปราการ ประเทศไทย
- 48.ชลณพงษ์ ศิริตัน สุริยพงษ์ นิลสังข์ กนกพร เรียนเขมะนิยม อุดม จันทร์จรัสสุข ชุมพล ยวงใย 2556 การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ สำหรับแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาล การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2556 พัทยา ชลบุรี ประเทศไทย
49. สุริยพงษ์ นิลสังข์ ชลณพงษ์ ศิริตัน กนกพร เรียนเขมะนิยม อุดม จันทร์จรัสสุข ชุมพล ยวงใย 2556 การกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุดให้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้สำหรับการจำลองสถานการณ์ในโรงพยาบาลการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2555 พัทยา ชลบุรี ประเทศไทย
- 50.รัตติยา ราชณะสุขและ **ชุมพล ยวงใย** 2555 การปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2555 ชะอำ เพชรบุรี ประเทศไทย
- 51.พิริญญาณ์ แก้วสุวรรณ และ **ชุมพล ยวงใย** 2554 การวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องมือวัดคุณภาพสีอาหาร, การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2554 พัทยา ชลบุรี ประเทศไทย
- 52.เอก มณีคำ และ **ชุมพล ยวงใย** 2554 การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมมิกสำหรับขาเบรกรถยนต์โดยการออกแบบการทดลอง การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2554 พัทยา ชลบุรี ประเทศไทย
- 53.**ชุมพล ยวงใย** (2555) แนวคิดเชิงสถิติ สิ่งสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการ, productivity world, สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ ปีที่ 17 ฉบับที่ 96

### Presentations and Posters

- 54.Yuangyai, C. "Robust Parameter Design for Multistage Experiments", DOE Study group at Department of statistics, Penn State University, November, 2009.
- 55.Yuangyai, C. "Multistage Experiments", DOE Study group at Department of Statistics, Penn State University, August, 2009
- 56.Yuangyai, C. "Yield improvement of Lost Mold Rapid Infiltration Process by Multistage Fractional Factorial Split Plot Designs", Poster Presentation, ATPAC conference, October 2009, New Jersey.
- 57.Yuangyai, C. "Yield improvement of Lost Mold Rapid Infiltration Process by Multistage Fractional Factorial Split Plot Designs", Poster Presentation, NSF-CMMI Conference, June 2009 Hawaii.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

58. Yuangyai, C. and Nembhard, H.B. (2007), "Multi-Stage Fractional Factorial Design for Minimally Invasive Surgery", INFORMS, Seattle, WA 2007

#### การบริการสังคม

- ที่ปรึกษากรมควบคุมโรค ปี 2555-2560
- กรรมการสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ปี 2557- 2559
- ที่ปรึกษาในสมาคมการจัดการแห่งประเทศไทย (Thailand Management Association) ปี 2544-2547 และ 2554-2560
- เற்றுณิกของสมาคมด้านคุณภาพแห่งประเทศไทยสหรัฐอเมริกา (Penn State Chapter) ปี 2551-2552
- ประธานสมาคมกิจการนักศึกษาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี 2537-2538
- รองประธานชมรมโรตาแรค มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี 2536-2537

#### รางวัลและความสำเร็จ

- ได้รับทุนจาก Asian Productivity Organization เพื่อศึกษาอบรมและดูงานด้าน Green Productivity ที่ประเทศญี่ปุ่น ปี 2557
- ได้รับทุนรัฐบาลโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 2548-2552
- ได้รับทุนบริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) เพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ณ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปี 2542-2543
- NSF Post Doctoral Fellowship, 2010-2011
- NSF Research Assistant Fellowship, 2008-2010
- 2009 NSF-CMMI Conference Student Participation Award, Honolulu, Hawaii.
- Finalist, Juran Fellowship, 2008
- 2008 Fall Technical Conference Student Award, by American Society of Quality and American Statistical Association, Phoenix, AZ
- ได้รับทุนบริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) ในการศึกษาาระดับปริญญาตรี ปี 2537-2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล Prof.Dr. Chen-Yang Cheng

ตำแหน่งปัจจุบัน ศาสตราจารย์

## การศึกษา

ระดับ	สาขา	สถาบัน	ปี พ.ศ.
ปริญญาเอก (Ph.D.)	วิศวกรรมอุตสาหการและการวิจัย ดำเนินงาน (Industrial Engineering and Operations Research)	The Pennsylvania State University, USA	2551

## ผลงานวิชาการ

1. Wu, G. H., Cheng, Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰), H. I., & Chena, C. T. (2017). An Improved Water Flow-like Algorithm for Order Acceptance and Scheduling with Identical Parallel Machines. *Applied Soft Computing*. (SCI) 本人為通訊作者.
2. Chen, Y. W., Shih, Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰), C. Y., & Lin, Y. C. (2017). The Development of Skull Prosthesis Through Active Contour Model. *Journal of Medical Systems*, 41(10), 164. (SCI) 本人為通訊作者.
3. Shu-Fen Li, Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰). Particle Swarm Optimization with Fitness Adjustment Parameters. *Computers & Industrial Engineering*. (2017). (SCI). 本人為通訊作者.
4. Kuo-Ching Ying\*, Shih-Wei Lin, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Cheng-Ding He, Iterated reference greedy algorithm for solving distributed no-idle permutation flowshop scheduling problems. (2017) *Computers & Industrial Engineering*.
5. Shu-Kai S. Fan\*, Chuan-Jun Su, Han-Tang Nien, Pei-Fang Tsai, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰). Using machine learning and big data approaches to predict travel time based on historical and real-time data from Taiwan electronic toll collection. *Soft Computing*, (2107) 1-12. (SCI).
6. Ja-Hao Chen\*, Chun-Kai Yang, Chen-Yang Cheng (鄭辰仰), Cheng-Chi Yu, Cheng-Hsing Hsu, Gain enhancement of a compact 2.4-GHz meander antenna using inductive feed and capacitive load, *Microwave and Optical Technology Letters*, (2017), 59(10), 2598-2604.
7. Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰), Lu-Wei Huang (2016, Oct). Minimizing Total Earliness and Tardiness through Unrelated Parallel Machine Scheduling Using Distributed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Release Time Control. *Journal of Manufacturing Systems*. (Accepted). (SCI). 本人為第一作者、通訊作者.
8. Tsung-Yin Ou; Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰); Po-Jung Chen;Chayun Perng (2016, Sep). Dynamic cost forecasting model based on extreme learning machine- A case study in steel plant. *Computers & Industrial Engineering*. (SCI). 本人為通訊作者.
  9. Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰); Kuo-Liang Chiang;Meng-Yin Chen (2016, Aug). Intermittent Demand Forecasting in a Tertiary Pediatric Intensive Care Unit. *Journal of Medical Systems*, 40(10),1-12. (SCI). 本人為第一作者、通訊作者.
  10. Piraya Kaewsuwan, Chumpol Yuangyai\*, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰) and Udom Janjarassuk (2016, Jun). Image Analysis and High Dimensional Control Chart for Inspection of Sausage Color Homogeneity and Uniformity. *International Journal of Food Engineering*. (SCI, 94/124).
  11. Chun-Cheng Lin\*, Jia-Rong Kang, Chung-Chih Hou, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰) (2016, Mar). Joint Order Batching and Picker Manhattan Routing Problem. *Computers& Industrial Engineering*, 95 (2016),164-174. (SCI, 9/44).
  12. Iuon-Chang Lin, Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰) (2016, Mar). Case study of physical internet for improving efficiency in solar cell industry. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, (2016)1-10.. (Accepted). (SCI, 101/143,COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS). 本人為通訊作者.
  13. Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Yin-Yann Chen\*, Tzu-Li Chen, John Jung-Woon Yoo (2015, Dec). Using a hybrid approach based on the particle swarm optimization and ant colony optimization to solve a joint order batching and picker routing problem. *International Journal of Production Economics*, 170, 805-814. (SCI). 本人為第一作者.
  14. Li-Chih Wang, Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰), Wen-Kuan Wang (2015, Nov). Flexible supply network planning for hybrid shipment: A case study of memory module industry. *International Journal of Production Research*. (Accepted). (SCI). 本人為通訊作者.
  15. Li-Chih Wang, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Ya-Tsai Tseng\*, Yi-Fang Liu (2015, Nov). Demand-Pull Replenishment Model for Hospital Inventory Management: A Dynamic Buffer-Adjustment Approach. *International Journal of Production Research*, 53(24), 7533-7546. (SCI).
  16. Chumpol Yuangyai, Chung-Yu Pan, Yi-Jou Lin,Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰) (2015, Sep). Investigating of antenna selection for the adaptive centroid localization systems. *International Journal of Production Economics*. (SCI). MOST 101-2221-E-029-021. 本人為通訊作者.
  17. Cheng-Yang Cheng(鄭辰仰), Iuon-Chang Lin\* and Shu-Yan Huang (2015, Aug). An

- RSA-Like Scheme for Multi-User Broadcast Authentication in Wireless Sensor Networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. (Accepted). (SCI).  
 本人為第一作者.
18. Iuon-Chang Lin, Hao-Ju Wu, Shu-Fen Li, Chen-Yang Cheng\* (鄭辰仰) (2015, Apr). A fair reputation system for use in online auctions. *Journal of Business Research*. (SSCI). 本人為通訊作者.
  19. Chen, Tzu-Li, Cheng, Chen-Yang\* (鄭辰仰), Chen, Yin-Yann, Chan, Li-Kai (2015, Jan). An efficient hybrid algorithm for integrated order batching, sequencing and routing problem. *International Journal of Production Economics*, 159,158-167. (SCI). 本人為通訊作者.
  20. Li-Chih Wang, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰) (2014, Nov). Development of an integrated demand-supply balancing system for supply chain exception handling. *International Journal of Information Systems and Change Management*. (EI). 本人為通訊作者.
  21. Li-Chih Wang, Yin-Yann Chen, Tzu-Li Chen, Chen-Yang Cheng, Chin-Wei Chang (2014, Oct). A Hybrid Flowshop Scheduling Model Considering Dedicated Machines and Lot-splitting for the Solar Cell Industry. *International Journal of Systems Science*. (Accepted). (SCI, 33/77, OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE ).
  22. Iuon-Chang Lin; Hung-Huei Hsu; Chen-Yang Cheng(鄭辰仰) (2014, Sep). A Cloud-Based Authentication Protocol for RFID Supply Chain Systems. *Journal of Network and Systems Management*. (SCI). 本人為通訊作者.
  23. Kuo-Liang Chiang, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰)\* (2014, Jul). Prevalence and neuropsychiatric comorbidities of pediatric epilepsy in Taiwan: a national population-based study. *Epilepsy Research*. (SCI). 本人為通訊作者.
  24. Cheng, Chen-Yang(鄭辰仰)\*, Tzu-Li Chen, and Yin-Yann Chen (2014, May). An analysis of the structural complexity of supply chain networks. *Applied Mathematical Modelling*. (SCI). 本人為第一作者、通訊作者.
  25. Cheng, Chen-Yang. (鄭辰仰) (2014, May). Indoor localization algorithm using clustering on signal and coordination pattern. *Annals of Operations Research*, 216(1),83-99. (SCI). 本人為第一作者、通訊作者.
  26. John Jung-Woon Yoo, Krishnaveni Gnanasekaran, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰) (2014, May). A Collaborative Healthcare Service Framework and Performance Evaluation. *American Journal of Industrial and Business Management*, 4, 274-283.
  27. Cheng, C. Y. (鄭辰仰)\*, Li, S. F., Chu, S. J., Yeh, C. Y., & Simmons, R. J. (2013, Aug). Application of fault tree analysis to assess inventory risk: a practical case from aerospace manufacturing. . *International Journal of Production Research*, 51(21), 6499-6514. (SCI). 本人為第一作者、通訊作者.

28. Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Vittal Prabhu (2013, Jun). An approach for research and training in enterprise information system with RFID technology. *Journal of Intelligent Manufacturing*, DOI 10.1007/s10845-011-0595-4. (SCI). 本人為第一作者、通訊作者.
29. Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Tzu-Li Chen, Li-Chih Wang & Yin-Yann Chen (2013, May). A genetic algorithm for the multi-stage and parallel-machine scheduling problem with job splitting – A case study for the solar cell industry. *International Journal of Production Research*. (Accepted). NSC 100-2221-E-029-011. 本人為第一作者.
30. Li-Chih Wang, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰) & Sian-Kun Lin (2013, May). Distributed feedback control algorithm in an auction-based manufacturing planning and control system. *International Journal of Production Research*. (SCI, 25/77, OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE ). 本人為通訊作者.
31. Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Tsuo-Hung Lan, Chin-Hong Chan (2013, Feb). An Improved Localization Algorithm with Wireless Heartbeat Monitoring System for Patient Safety in Psychiatric Wards. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. (Accepted). (SCI, 10/90, ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY). 本人為第一作者、通訊作者.
32. Morgan, J. H., Cheng, C.-Y. (鄭辰仰), Pike, C., & Ritter, F. E. (2013, Feb). A design, tests, and considerations for improving keystroke and mouse loggers. . *Interacting with Computers*. (SSCI, 6/15, ERGONOMICS).
33. Li-Chih WANG, Chen-Yang CHENG\*(鄭辰仰), Shih-Lun HSU (2013, Jan). A Closed-loop Feedback Simulation for RFID-based Manufacturing Planning and Control System. *International Journal of Information Technology and Management*. (Accepted). (EI). 本人為通訊作者.
34. Y. Y. Chen, C. Y. Cheng\* (鄭辰仰), L.C. Wang, T. L. Chen (2013, Jan). A hybrid approach based on the variable neighborhood search and particle swarm optimization for parallel machine scheduling problems- A case study for solar cell industry. *International Journal of Production Economics*. (SCI, 8/77, OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE ). 本人為通訊作者.
35. YiWen Chen & Chen-Yang Cheng & Hsin-Yuan Miao & Mei Zhang & Richard Liang & Chuck Zhang Li-Chih Wang & Ben Wang (2013, Jan). Application of response surface methodology in the optimization of laser treatment in buckypaper lighting for field emission displays. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. (SCI, 12/37, ENGINEERING, MANUFACTURING).
36. Chen-Yang Cheng\*, Jyh-Wen Chai (2012, Dec). Deployment of RFID in Healthcare Facilities-Experimental Design in MRI Department. *Journal of Medical Systems*, DOI 10.1007/s10916-011-9796-9. (SCI). NSC 99-2221-E-029-010. 本人為第一作者、通

訊作者。

37. Chen-Yang Cheng\*, Vittal Prabhu (2012, Aug). Evaluation models for service oriented process in spare parts management. *Journal of Intelligent Manufacturing*. (SCI). NSC 98-2218-E-029-001. 本人為第一作者、通訊作者。
38. Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Tanna Pughb, Ling Rothrockc, Vittal Prabhuc (2012, Mar). Enterprise Transformation for Enabling University-Industrial Collaboration – A Case Study in Complexity and Usability. *Service Science*. (Accepted). (其它). 本人為第一作者、通訊作者。
39. Chen-Yang Cheng\*(鄭辰仰), Bu-Yuan Zhang (2012, Mar). Implementation of the Lean Six Sigma Framework in Non-Profit Organizations: a Case Study. *Total Quality Management & Business Excellence*. (Accepted). (SSCI). 本人為第一作者、通訊作者。
40. Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Byungho Jeong, Yu-Jen Chang (2012). RFID-based e-Manufacturing for Real-time ATP. *Communications in Information Science and Management Engineering*, 2(5), 22-29. 本人為第一作者、通訊作者。
41. Chen-Yang Cheng, Dave Barton, Vittal Prabhu\* (2010, Oct). The servicisation of the cutting tool supply chain. *International Journal of Production Research*, 48(1)1-19. (SCI). 本人為第一作者。
42. Li-Chih Wang\*, Chen-Yang Cheng(鄭辰仰), Li-Pin Huang (2010, Sep). A Genetic Algorithm for Directed Graph-based Supply Network Planning in Memory Module Industry. *Industrial Engineering & Management Systems*, 9(3), 227-241.. (其它). NSC 98-2221-E-029-018-MY3.
43. Byungho Jeong, Chen-Yang Cheng, Vittal Prabhu\* (2009, Oct). Modeling and Analysis of Surgery Patient Identification Using RFID:. *International Journal of Information Systems in the Service Sector*, Vol. 1, No. 4, 1-14. (其它).
44. Vamsi Salaka, 鄭辰仰, Vittal Prabhu (2007, Oct). Rollout Plan for Training and Education in Enterprise Information Systems. *International Journal of Enterprise Information Systems*, 3(4), 22-32. (Comprehensive InfoSci-Journals Database).
45. 陳秋政; 鄭辰仰 (2016年04月)。非營利組織餘裕之創造與運用：以β基金會麵包工場為例。 **產業與管理論壇**。 (已接受)。 (TSSCI)。 本人為通訊作者。
46. 陳秋政, 鄭辰仰 (2015年09月)。非營利組織產業化與社會閒散現象之行動研究。 **公共行政學報**, 49, 37-70。 (TSSCI)。 本人為通訊作者。