

การพัฒนาแบบจำลองครอบคลุมการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน  
ด้วยการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัด

DEVELOPING A COVERING MODEL FOR EMERGENCY AMBULANCE  
ALLOCATION PROBLEM WITH TRAFFIC CONGESTION CONSIDERATION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2564  
KMITL-2021-EN-D-218-057

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPING A COVERING MODEL FOR EMERGENCY AMBULANCE  
ALLOCATION PROBLEM WITH TRAFFIC CONGESTION CONSIDERATION



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
DOCTOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING  
SCHOOL OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2021  
KMITL-2021-EN-D-218-057

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาแบบจำลองครอบคลุมการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัด
นักศึกษา	นายสุริยพงศ์ นิลสังข์
รหัสประจำตัว	58601035
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ชุมพล ยวงใย

## บทคัดย่อ

ระยะเวลาในการตอบสนอง (Response time) ของการให้บริการรถพยาบาลฉุกเฉินชี้ให้เห็นถึงประสิทธิผลของกลยุทธ์ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินและสมรรถนะในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ แต่อย่างไรก็ตามการวางแผนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินโดยส่วนใหญ่ ยังคงมีการใช้ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ในการวางแผนตำแหน่งจุดจอด ซึ่งผลที่ได้ทำให้จุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินโดยส่วนใหญ่จะถูกกำหนดไว้เฉพาะที่โรงพยาบาล และบ่อยครั้งที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอดให้เข้ากับสถานการณ์ที่หลากหลายและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น สภาพการจราจรติดขัด ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอแบบจำลองครอบคลุมปัญหาพื้นที่ครอบคลุมการเข้าถึงจุดเกิดเหตุสูงสุดด้วยความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัด (Maximal Accessible Covering Location Problem with Traffic Congestion Probability: MACLP-TP) ด้วยการประเมินสภาพการจราจรติดขัดแบบมาร์คอฟ นอกจากนี้ในงานวิจัยยังมีการนำเสนอระบบการเฝ้าระวังในช่วงเวลาที่เหตุการณ์พิเศษมีการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติจากการวิเคราะห์ข้อมูลเครือข่ายสังคมออนไลน์ และนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานคร ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิธีการที่นำเสนอสามารถลดระยะเวลาการตอบสนองได้มากกว่า 60% จากแบบจำลองที่ไม่ได้พิจารณาสภาพการจราจร และสามารถตอบสนองต่อสภาพการจราจรติดขัดและความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงของวันที่ระดับการบริการ 90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Developing a Covering Model for Emergency Ambulance Allocation Problem with Traffic Congestion Consideration
Student	Mr. Suriyaphong Nilsang
Student ID	58601035
Degree	Doctor of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2021
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chumpol Yuangyai

## ABSTRACT

The response time of the emergency ambulance service indicates the effectiveness of the determining emergency ambulance bases strategy and the emergency responsiveness performance. Nevertheless, in most ambulance bases allocation, the location-allocation strategy is based on the planner's experiences. Consequently, most emergency ambulances are designated at only hospitals, and often the locations are not adapted to the diverse and dynamic circumstances such as traffic congestion. Therefore, we proposed a Maximal Accessible Covering Location Problem with Traffic Congestion Probability (MACLP-TP) with Markov-chain approach. In addition, a conceptual framework for considering incident surveillance from social network analysis was also presented. then, we demonstrated the viability of our proposed model and framework to a case study of Bangkok emergency medical services. According to the results, obtained through collecting data on social networks and traffic speed, the average traveling time of an ambulance can be improved by more than 60% with the trade-off between different periods if several emergency calls are received at a high service level ( $\alpha = 90$ ).

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชุมพล ยวงใย ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ แนะนำแนวทางการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนการอบรมสั่งสอนตลอดการเรียนปริญญาเอก ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ขอขอบพระคุณ Prof.Dr. Chen-Yang Cheng อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีไทเป (Taipei Tech) ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวคิดของงานวิจัยและการตีพิมพ์บทความ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่คอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์อันดีให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ นักศึกษาปริญญาเอกและนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคน ที่ให้กำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ ด้วยดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับ บิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจน ครู อาจารย์ ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง ท้ายที่สุดขอให้สิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่เคารพ ได้อวยพรแก่ท่านทั้งหลาย ให้มีความสุขตลอดไป

สุริยพงศ์ นิลสังข์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	6
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	7
1.4 กรณศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานคร.....	7
1.4.1 ข้อมูลทั่วไปของระบบบริการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร.....	7
1.4.2 ทรัพยากรและการดำเนินงาน ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร.....	9
1.5 หัวข้อการวิจัย.....	12
1.5.1 การนำข้อมูลต่างๆ จากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล มาใช้ในการกำหนดและ ปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อเพิ่มสมรรถนะการปฏิบัติงานแบบทันกาล....	12
1.5.2 การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่พิจารณาสภาพการจราจรโดยรอบจุดจอด เพื่อความสามารถในการตอบสนองของรถพยาบาลฉุกเฉิน.....	12
1.5.3 กลยุทธ์ในการปรับสมดุล สำหรับจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อ พิจารณาความน่าจะเป็นของโอกาสในการเกิดเหตุการณ์จราจรติดขัดแต่ละช่วงเวลา และ ระดับการให้บริการที่ยอมรับได้.....	13
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	13
1.7 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย.....	14
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.1 การบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service: EMS).....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance Allocation Strategy: AAS)	19
2.3 การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน แบบจุดจอดคงที่ (Static ambulance location)	22
2.3.1 ตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับการครอบคลุมเดี่ยว (Deterministic Single Coverage Models)	26
2.3.2 ตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุม (Deterministic Multiple Coverage Models)	29
2.3.3 แบบจำลองความน่าจะเป็นและแบบจำลองแบบสุ่ม (Probabilistic and Stochastic Model)	36
2.3.4. วิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน	50
2.4 การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบหลายช่วงเวลา และแบบไดนามิก (Multi-period and dynamic relocation problems)	53
2.4.1 การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบหลายช่วงเวลา (Multi-period relocation problem)	54
2.4.2 การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก (Dynamic relocation problem)	56
2.5 ข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด จากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกับการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน	65
2.6 บทสรุปการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	71
บทที่ 3 การบูรณาการเฝ้าระวังเหตุการณ์ กับการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน	74
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย	75
3.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการเฝ้าระวังเหตุการณ์	77
3.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการปรับเปลี่ยนจุดจอด ด้วยข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันที	81
3.1.3 เงื่อนไขการบังคับเลือก สำหรับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน	83
3.2 ผลการศึกษา	85
3.2.1 ผลการเก็บรวบรวมและสัญญาณ สำหรับการอัปเดตจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 ผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน .....	89
3.2.3 การทดสอบสมรรถภาพแบบจำลองครอบครัว MCLP-LF ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ .....	91
3.3 อภิปรายผลการศึกษา การบูรณาการเฝ้าระวังเหตุการณ์ กับการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน .....	94
บทที่ 4 การบูรณาการความเร็วการจราจร กับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน .....	96
4.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	97
4.1.1 การสร้างแอปพลิเคชัน เพื่อรวบรวมข้อมูลสภาพการจราจร จากแหล่งข้อมูล Google Map .....	99
4.1.2 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วการจราจร .....	104
4.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบครัวกับความเร็วการจราจรบนพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน .....	108
4.1.4 การทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบครัว ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ .....	112
4.2 ผลการศึกษา .....	116
4.2.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วการจราจรบนถนนพื้นที่กรุงเทพมหานคร ....	116
4.2.2 ผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งจุดจอตและจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉิน	119
4.2.3 ผลการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบครัว ด้วยการจำลองสถานการณ์ .....	122
4.3 อภิปรายผลการศึกษา การบูรณาการความเร็วการจราจร กับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน .....	125
บทที่ 5 การปรับสมดุลของจุดจอตและจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉิน ตามความน่าจะเป็นของสภาพการจราจรบนพื้นที่ .....	127
5.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	128
5.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด เพื่อการประเมินความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ .....	129
5.1.2 การประเมินสภาพการจราจรติดขัด ด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ .....	131

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมกับความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจร.....	136
5.1.4 เงื่อนไขการปรับสมดุลของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉิน..	139
5.2 ผลการศึกษา.....	141
5.2.1 ผลการศึกษาความน่าจะเป็นที่จะเกิดสภาพการจราจรติดขัด.....	141
5.2.2 ผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน ตามระดับการให้บริการ.....	145
5.2.3 ผลการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุมความน่าจะเป็นการเกิดการจราจรติดขัด.....	147
5.3 อภิปรายผลการศึกษา การปรับสมดุลของจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน ตามความน่าจะเป็นของสภาพการจราจรบนพื้นที่.....	152
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะของงานวิจัย.....	155
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	155
6.1.1 การบูรณาการกลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยข้อมูลจากสภาพการจราจรติดขัด จากแหล่งข้อมูลต่างๆ.....	155
6.1.2 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัด.....	156
6.1.3 การประยุกต์ใช้การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน พื้นที่กรุงเทพมหานคร.....	156
6.2 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย.....	157
6.2.1 ข้อเสนอแนะต่อระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน.....	157
6.2.2 โอกาสของการพัฒนางานวิจัยในอนาคต.....	158
บรรณานุกรม.....	160
ภาคผนวก.....	173
ภาคผนวกที่ 1 การเขียนคำสั่ง เพื่อสร้างแอปพลิเคชันประเมินความเร็วการจราจร.....	175
ประวัติผู้เขียน.....	187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปัญหาการตัดสินใจ กลยุทธ์ที่ใช้แก้ไขปัญหา และแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการรพยบาล ฉุกเฉิน ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน .....	20
2.2 การเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองครอบคลุมพื้นฐานทั้ง 5 แบบจำลอง.....	23
2.3 สรุปตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับแบบจำลองการครอบคลุม (การครอบคลุมเดียว และ หลายการ ครอบคลุม).....	33
2.4 สรุปตัวแบบความน่าจะเป็นสำหรับแบบจำลองการครอบคลุม (แบบจำลองความคาดหวังของการ ครอบคลุม).....	44
2.5 สรุปตัวแบบความน่าจะเป็นสำหรับแบบจำลองการครอบคลุม (แบบจำลองเงื่อนไขตามโอกาส)	47
2.6 สรุปแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยบาลฉุกเฉิน แบบหลายช่วงเวลา .....	59
2.7 สรุปแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยบาลฉุกเฉิน แบบไดนามิก .....	62
3.1 ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา และค่าพิทักตบน ค่าพิทักตล่าง .....	87
3.2 ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งจุดจอตรพยบาลฉุกเฉิน เมื่อใช้แบบจำลอง MCLP เปรียบเทียบกับแบบจำลอง MCLP-LF .....	90
3.3 ผลลัพธ์ของแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF ด้วยแบบจำลองสถานการณ์.....	92
3.4 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเพิ่ม-ลดลงของอัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวีเตอร์กับระยะทาง ครอบคลุมจากการกำหนดจุดจอตรฉุกเฉินใหม่ .....	93
4.1 รายละเอียดการเขียนคำสั่ง เพื่อสร้างแอปพลิเคชันประเมินความเร็วการจราจร.....	100
4.2 การเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรเฉลี่ย บนพื้นที่หมายเลข 27 ช่วงเวลากลางวัน.....	105
4.3 การเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรเฉลี่ย ทั้ง 3 ช่วงเวลา บนพื้นที่หมายเลข 27.....	106
4.4 ความเร็วการจราจรบนท้องถนนจากการเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชัน ของแต่ละพื้นที่ความ ต้องการ ทั้ง 3 ช่วงเวลา.....	117
4.5 ผลการเก็บข้อมูลของระดับความเร็วการจราจร ตามระดับความเร็วทั้ง 3 ระดับความเร็ว.....	118
4.6 ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งและจำนวนรพยบาลฉุกเฉินแต่พื้นที่ในกรุงเทพมหานคร เมื่อใช้แบบจำลอง LSCP-TP สำหรับแต่ละช่วงเวลา .....	120
4.7 ผลการทดสอบสมรรถภาพของจุดจอตและจำนวนรพยบาลฉุกเฉินแต่ละช่วงเวลา .....	123
5.1 ตัวอย่างข้อมูลความเร็วการจราจร จากฐานข้อมูล iTIC.....	130
5.2 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะสภาพการจราจร ของแต่ละพื้นที่.....	142
5.3 ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ ของจำนวนและตำแหน่งของรพยบาลฉุกเฉินแต่พื้นที่ใน กรุงเทพมหานคร เมื่อใช้แบบจำลอง MACLP-TP และระดับการบริการที่แตกต่างกัน.....	146
5.4 เปรียบระยะเวลาในการเดินทาง ที่ทรัพยากรของรพยบาลฉุกเฉินแตกต่างกัน และมีการ เปลี่ยนแปลงอัตราการเรียกรับบริการ และช่วงเวลา (นาที) .....	149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.5 เปรียบเทียบระยะเวลาในการเดินทาง และระยะเวลาเพิ่มเติม (ระยะเวลารอคอย) ที่ทรัพยากรของรถพยาบาลฉุกเฉินแตกต่างกัน (นาทีก) .....	149
5.6 พฤติกรรมของระยะเวลาการเดินทาง เมื่อทดสอบด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์.....	150



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาตอบสนองเทียบกับโอกาสรอดชีวิต (Probability of survival) และเวลาตอบสนองที่เวลามาตรฐานน้อยกว่า 8 นาที.....	1
1.2 การบูรณาการข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด จากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล ในการปรับเปลี่ยนและกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินใหม่.....	2
1.3 ที่ตั้งโรงพยาบาลของรัฐและโรงพยาบาลภายใต้สังกัดการแพทย์กรุงเทพมหานคร .....	9
1.4 ระยะเวลาการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2559 ในช่วงตั้งแต่การรับแจ้งเหตุจนถึงจุดเกิดเหตุ.....	10
1.5 ตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินของกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน มีด้วยกัน 49 จุดจอดและพื้นที่การออกปฏิบัติงานของแต่ละจุดจอด.....	11
1.6 เปอร์เซ็นต์การออกปฏิบัติงานต่อจำนวนจุดจอดที่ออกปฏิบัติงาน ในช่วงระยะเวลา 3 ปี พ.ศ. 2557-2559 .....	11
1.7 ภาพรวมกรอบแนวความคิดของงานวิจัย .....	15
2.1 กระบวนการทำงานการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน.....	17
2.2 ภาพจำลองการอธิบายแบบจำลองครอบคลุม ด้วยทฤษฎีกราฟ.....	24
2.3 แบบจำลองครอบคลุม LSCP กำหนดให้ D1 ถึง D15 เป็นจุดความต้องการ ซึ่ง L1 ถึง L4 คือจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ จะเห็นได้ว่าตำแหน่ง L1 และ L3 ครอบคลุมทุกจุดความต้องการในระยะทางที่กำหนด.....	27
2.4 การใช้ข้อมูลต่างๆ ในแต่ละระดับการตัดสินใจของการจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน.....	65
2.5 กระบวนการทำงานรถพยาบาลฉุกเฉินและปัญหาการจราจรติดขัด .....	69
3.1 ความแตกต่างระหว่างการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินจากงานวิจัยโดยทั่วไป และงานวิจัยที่น่าเสนอ .....	75
3.2 ภาพรวมของระบบการเฝ้าระวังเหตุการณ์จากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล และปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่น่าเสนอ .....	77
3.3 กรอบแนวความคิดที่น่าเสนอ สำหรับการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล.....	79
3.4 การประยุกต์ใช้วิธีการที่น่าเสนอ ทั้ง 2 กรณี และการนำแบบจำลอง MCLP-LF ไปใช้กำหนดจุดจอดใหม่.....	83
3.5 ขั้นตอนสำหรับการนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน เพื่อเพิ่มสมรรถนะการปฏิบัติงานแบบทันทีกาล.....	86
3.6 แผนภูมิควบคุมของจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน ในแต่ละช่วงเวลา.....	88
3.7 ตัวอย่างการเกิดความผิดปกติของการเพิ่มขึ้นจากจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินในช่วงเวลาที่ 9:00-10:00 น.....	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ X ังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป (ต่อ)

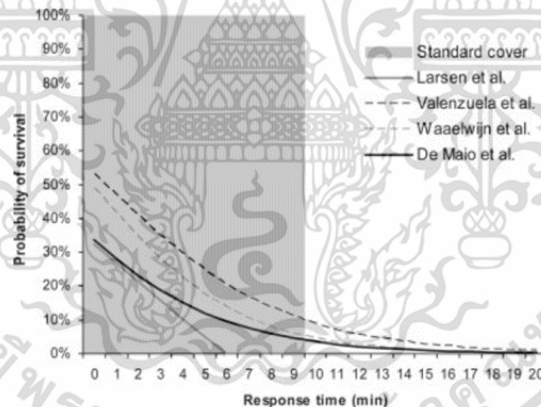
รูปที่	หน้า
3.8 ผลลัพธ์จุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน จากแบบจำลอง MCLP ซึ่งมีจำนวน 9 จุดจอต .....	89
3.9 อัตราการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินแต่ละพื้นที่ ของกรุงเทพมหานคร.....	92
4.1 ภาพรวมการศึกษาความเร็วการจราจรบนพื้นที่กับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน .....	97
4.2 การขอและรับข้อมูลจากฐานข้อมูล Google map.....	99
4.3 แอปพลิเคชันการประเมินความเร็วของการจราจรบนท้องถนน แต่ละพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร .....	103
4.4 การแสดงผลประสิทธิภาพการจราจรบนท้องถนน ของเว็บไซต์ Google map.....	104
4.5 ตัวอย่างการเก็บข้อมูล บนพื้นที่หมายเลข 27 ซึ่งมีจำนวนเส้นถนน 3 เส้น และผลลัพธ์จากการประเมินความเร็วการจราจร .....	105
4.6 การทดสอบสมรรถภาพของคำตอบจากแบบจำลองครอบคลุม ด้วยเทคนิคแบบจำลองสถานการณ์.....	112
4.7 แผนภาพกิจกรรมของกระบวนการเรียกรับบริการ และการเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุของรพพยาบาลฉุกเฉิน .....	114
4.8 จำนวนเฉลี่ยการเรียกรับบริการรพพยาบาลฉุกเฉิน ของแต่ละพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร.....	115
4.9 แบบจำลองสถานการณ์ สำหรับการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลอง ครอบคลุม .....	123
5.1 ภาพรวมของวิธีการที่นำเสนอ สำหรับจัดสรรจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินด้วยข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด .....	128
5.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ ข้อมูลความเร็วการจราจรแบบทันที และความเร็วการจราจรในอดีต .....	129
5.3 กราฟที่มีทิศทางของสถานการณ์การจราจร ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่างเหตุการณ์ซึ่งมีสภาพการจราจรไหลลื่น (โหนด F) และเหตุการณ์ที่มีสภาพการจราจรติดขัด (โหนด C).....	132
5.4 พื้นที่กรุงเทพมหานครที่ถูกแบ่งออกเป็น 56 พื้นที่ พร้อมด้วยข้อมูลความน่าจะเป็นที่จะเกิดสภาพการจราจรติดขัด เมื่อพิจารณาความเร็วที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	143

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

สมรรถนะของการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Emergency response performance) ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service: EMS) นั้นมีความสำคัญอย่างมาก ในการลดอัตราการเสียชีวิตและพิการในผู้ป่วยฉุกเฉิน (Duncan et al., 2012; Lim et al., 2011) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน พบว่าอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉินมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน ที่เกิดจากการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของรถพยาบาลฉุกเฉิน หรือที่เรียกว่า ระยะเวลาการตอบสนอง (Response time) (Erkut et al., 2008; Lim et al., 2011) จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของระยะเวลาการตอบสนองกับโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเมื่อระยะเวลาในการตอบสนองเพิ่มมากขึ้น โอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉินจะลดน้อยลง

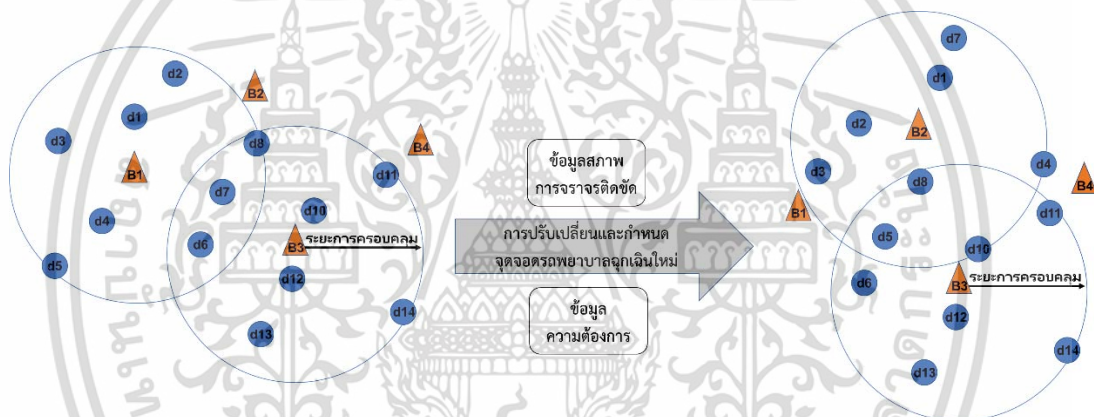


รูปที่ 1.1 ระยะเวลาตอบสนองเทียบกับโอกาสรอดชีวิต (Probability of survival) และเวลาตอบสนองที่เวลามาตรฐานน้อยกว่า 8 นาที

ระยะเวลาในการตอบสนองที่เกิดขึ้นจากบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินนี้ ชี้ให้เห็นถึงสมรรถนะของกลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance base allocation) หากกลยุทธ์ที่ใช้มีการพิจารณาข้อมูลที่หลากหลายและมีประโยชน์ต่อการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้อง ความต้องการบริการรถพยาบาลฉุกเฉินและการเดินทางเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของรถพยาบาลฉุกเฉิน การบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินจากจุดจอดที่ถูกออกแบบไว้จะมีสมรรถนะในการบริการ (Shariat-Mohaymany et al., 2012) แต่อย่างไรก็ดีพบว่าในการวางแผนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินโดยส่วนใหญ่ ยังคงมีการใช้ประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่ในการวางแผนจุดจอด ซึ่งผลที่ได้ทำให้จุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินโดยส่วนใหญ่จะถูกประจำไว้ที่โรงพยาบาล และบ่อยครั้งที่ไม่มีกรปรับเปลี่ยนจุดจอด ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอดให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป ด้วยเหตุผลเหล่านี้ทำให้สมรรถนะในการบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นจริงได้

ดังนั้นการพิจารณาข้อมูลที่มีความหลากหลายและรวดเร็ว เช่น การพิจารณาสภาพการจราจรติดขัดจากฐานข้อมูลแบบทันที (real-time traffic information) (Sánchez-Mangas et al., 2010) ข้อมูลการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินของประชาชนผ่านทางเครือข่ายสังคมออนไลน์ (emergencies information from social network) (Fuchs et al., 2013) และการเกิดเหตุการณ์หรือเหตุการณ์ภัยพิบัติที่มีความสำคัญ (special event and disaster event) หรือแม้กระทั่งการเคลื่อนตัวของประชากรในแต่ละช่วงวัน (daily population movement) (Zhou et al., 2015) เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์อย่างมากในการบริการจัดการการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบทันที ที่มีสมรรถนะในการนำไปใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้น จึงเป็นความท้าทายในการพัฒนากลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินให้มีศักยภาพที่สูงขึ้น



รูปที่ 1.2 การบูรณาการข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด จากแหล่งข้อมูลแบบทันที ในการปรับเปลี่ยนและกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินใหม่

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอการบูรณาการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจร และเหตุการณ์ฉุกเฉิน จากแหล่งข้อมูลแบบทันที เพื่อพัฒนากลยุทธ์ในการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบทันที ที่สามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของวัน (รูปที่ 1.2) ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ประเด็นคำถามหลัก ได้แก่

- การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อมีการพิจารณาข้อมูลต่างๆ จากแหล่งข้อมูลแบบทันที ควรมีการพิจารณาปรับเปลี่ยนจุดจอดใหม่เมื่อไร เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัจจุบันได้
- หลังจากการมีการพิจารณาปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแล้ว ควรมีการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างไร เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานภายใต้ปัญหาการจราจร ที่เกิดขึ้นในเวลานั้นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อมีการพิจารณาปรับเปลี่ยนจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน และมีการนำเอาปัจจัยสภาพการจราจรที่เกิดขึ้น มาใช้ในการกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน ควรจะมีการพิจารณาอย่างไร เพื่อให้จุดจอตที่ถูกปรับเปลี่ยนใหม่ สามารถปฏิบัติงานได้ตลอดช่วงของวัน ภายใต้สภาพการจราจรติดขัดที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาและระดับการบริการที่ยอมรับได้

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินมีเป้าหมายหลักในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินอย่างรวดเร็ว และให้บริการทางการแพทย์ภายนอกโรงพยาบาล เป็นระบบหนึ่งในการบริหารฉุกเฉินที่มีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการเกี่ยวกับรถพยาบาลฉุกเฉิน (Emergency ambulance) ซึ่งจะต้องตอบสนองต่อการแจ้งเหตุฉุกเฉิน และนำผู้ป่วยส่งสถานพยาบาล โดยบุคลากรทางการแพทย์ฉุกเฉิน และนักปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์ ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด (van den Berg et al., 2016) เครื่องมือที่ถูกนำมาใช้วัดสมรรถนะในการบริการของรถพยาบาลฉุกเฉิน คือ ความสามารถในการครอบคลุมในการบริการพื้นที่ และ ระยะเวลาการตอบสนองต่อเหตุการณ์ โดยทั่วไปการบริการของ EMS จะต้องสามารถตอบสนองร้อยละ 90 ของการบริการในพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมดจะต้องไม่ควรเกินไปกว่า 8 นาที (De Maio et al., 2003) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการบริหารจัดการเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ มีความซับซ้อนและท้าทายที่สูงในการวางแผนกลยุทธ์ของรถพยาบาลฉุกเฉิน

กลยุทธ์ในการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉินนั้น เกี่ยวข้องกับการเตรียมความพร้อมของหน่วยบริการรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อให้พร้อมต่อการบริการเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้น ทั้งทางด้านกำลังพล ยานพาหนะ สถานที่ และนโยบายต่างๆ (Bélanger et al., 2019) หนึ่งในระดับการตัดสินใจของกลยุทธ์คือ ระดับการปฏิบัติการ (operational level) เนื่องจากการตัดสินใจระยะสั้น จึงจำเป็นต้องข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลในการตัดสินใจ นอกจากนี้ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแบบทันทีกาล ถือเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการตัดสินใจในระดับปฏิบัติการ (Bélanger et al., 2014) เพื่อกำหนดตำแหน่งและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อรองรับเหตุการณ์ ซึ่งหากว่ารถพยาบาลฉุกเฉินสามารถอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสม การเข้าถึงพื้นที่ภายในระยะเวลาที่กำหนดก็จะสามารถเกิดขึ้นได้ จึงทำให้เกิดแนวคิดที่เรียกว่า กลยุทธ์การกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance allocation strategy) ขึ้นมา

ในระยะช่วงมากกว่า 40 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ ค.ศ. 1971 จนถึงปัจจุบัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดการการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินด้วยวิธีการกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลที่เหมาะสมของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งเป็นที่สนใจของนักวิจัยมากมายในการศึกษาและพัฒนากระบวนการตัดสินใจและวิธีการในการทำงานของของระบบรถพยาบาลฉุกเฉิน เช่น การศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดตำแหน่งของจุดจอตลอดพยาบาล (Brotcorne et al., 2003; Sorensen and Church, 2010) การศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางกะของทีมปฏิบัติงานกู้ชีพมีความสัมพันธ์กับรถพยาบาลฉุกเฉิน (J. B. Goldberg, 2004) การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตัดสินใจนำส่งรถพยาบาลฉุกเฉินไปยังพื้นที่เกิดเหตุ (Lim et al., 2011; Schmid, 2012) และการศึกษาเกี่ยวกับการปรับตำแหน่งจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก หรือการปรับเปลี่ยนจุดจอตลอดพยาบาล

ฉุกเฉินตลอดเวลาการปฏิบัติงาน เมื่อมีการปรับเปลี่ยนของความต้องการ (Green and Kolesar, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2004) เป็นต้น ซึ่งวิธีการการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินเป็นหนึ่งในวิธีการที่ถูกนำมาแก้ไข ปัญหาของรพพยาบาลมากที่สุด เพื่อแก้ปัญหาการตอบสนองและทำให้เกิดความมั่นใจในระดับการ ให้บริการของประชาชนจากระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน มีนักวิจัยหลายคนได้มีการศึกษาหลายแง่มุมที่แตกต่างกัน งานวิจัยโดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่ประเด็นการตัดสินใจ ในระดับปฏิบัติการ ในส่วนของการตัดสินใจแบบลักษณะคงที่ (decisions of a static nature) (Aringhieri et al., 2007) หรือที่ถูกเรียกว่า แบบจำลองครอบคลุม (Covering model) ยกตัวอย่าง เช่น ปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ (the static location problem) เป็นการ กำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินจะถูกกำหนดตำแหน่งไว้ เพื่อรับคำสั่งในการตอบสนองต่อการ เรียกของเหตุการณ์ฉุกเฉิน โดยที่หลังจากดำเนินงานเสร็จแล้วแต่ละครั้ง จุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่ถูก กำหนดไว้ในแต่ละพื้นที่จะยังคงเหมือนเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ รพพยาบาลฉุกเฉินแต่ละคันจะกลับมายังจุดจอตที่ถูกออกแบบและกำหนดไว้หลังจากปฏิบัติงานเสร็จ (Li et al., 2011) ซึ่งการตัดสินใจแบบลักษณะคงที่นี้มีประโยชน์อย่างมากในการบริการจัดการของ ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินในการตัดสินใจระยะยาว ซึ่งในบางกรณีไม่สามารถตอบสนองต่อ เหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นจริงได้

แบบจำลองครอบคลุมแรก ถูกนำเสนอในปี 1971 นำเสนอโดยงานวิจัยของ Toregas et al. เรียกว่า แบบจำลองการกำหนดพื้นที่ ครอบคลุม (Location Set Covering Problem: LSCP) (Toregas et al., 1971) ซึ่งเป็นการกำหนดจุดจอตที่น้อยที่สุดที่ครอบคลุมพื้นที่ในการปฏิบัติงาน ทั้งหมด โดยที่มีจำนวนของจุดจอตไม่จำกัด ต่อมาในปี 1974 ได้มีการนำเสนองานวิจัย Church and ReVelle ได้เสนอแบบจำลองปัญหาพื้นที่ ครอบคลุมความต้องการสูงสุด (Maximal Covering Location Problem: MCLP) ซึ่งเป็นการกำหนดจุดจอตที่ครอบคลุมจุดความต้องการ (Demand point) ให้มากที่สุด โดยมีจำนวนจุดจอตจำกัด (Church and ReVelle, 1974) ทั้งแบบจำลอง LSCP และ MCLP ถือเป็นพื้นฐานของของแนวคิดในการสร้างแบบจำลองครอบคลุมต่อมาทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ทั้งแบบจำลองทั้งคู่ถูกนำไปใช้แค่ในการวางแผนระยะยาว เนื่องจากไม่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นจริงได้

ในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา หลายๆงานวิจัยมีความพยายามอย่างมากที่จะพัฒนาวิธีการ กำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาถึงความไม่แน่นอน (uncertainty) และความผันแปรตามธรรมชาติ (dynamism inherent) ของรพพยาบาลฉุกเฉิน เช่น ความพร้อมในการปฏิบัติงาน ของรพพยาบาลฉุกเฉิน (Mark S Daskin, 1982) ความต้องการการรับบริการที่ไม่แน่นอน (Demand uncertainty) (Mielczarek, 2014) การเคลื่อนตัวของประชากร (David and Harrington, 2010) ลักษณะของพื้นที่การเกิดอุบัติเหตุ (Dell'Olmo et al., 2014) การเกิดเหตุการณ์หรือกิจกรรมที่มีการ รวมตัวของคนจำนวนมาก (Curtin et al., 2010) และความน่าจะเป็นในการรอดชีวิตของผู้ป่วย (Erkut et al., 2008; Knight et al., 2012) ซึ่งนำไปสู่การสร้างแบบจำลองใหม่และกลยุทธ์ในการ ตัดสินใจอีกจำนวนมาก เช่น งานวิจัยของแบบจำลองปัญหาพื้นที่ ครอบคลุมค่าความคาดหวังของ ความต้องการสูงสุด (Maximum Expected Covering Location Problem: MEXCLP) นำเสนอ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Daskin ในปี 1983 ซึ่งคำนึงถึงความไม่พร้อมของรถฉุกเฉินที่ให้บริการ (Uncertainty of ambulance availability) (Mark S Daskin, 1982; Su et al., 2015) การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับฟังก์ชันการรอดชีวิต (survival function) ร่วมกับแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Erkut et al., (2008) และงานวิจัยของ Knight et al., (2012) ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมถึงประเภทของผู้ป่วยที่แตกต่างกัน (heterogeneous patients) ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาของแบบจำลองครอบคลุมที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น อย่างไรก็ตามแบบจำลองที่พิจารณาความไม่แน่นอนดังกล่าวยังถูกใช้เพื่อการศึกษาการกำหนดจุดจอดในลักษณะจุดจอดแบบคงที่ ไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ของปัจจัยภายนอก

ดังนั้นจึงมีหลายงานวิจัยที่สนับสนุนให้มีการเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในระหว่างวัน (มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจุดจอดของรถพยาบาล) ทั้งหลังจากปฏิบัติงานเสร็จและเมื่อมีความจำเป็นตามช่วงเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับการประเมินสถานการณ์เฉพาะหน้าของเจ้าหน้าที่ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งเป็นการตัดสินใจที่มีประโยชน์อย่างมากในการจัดการของรถพยาบาลในการตัดสินใจระยะสั้น แบบจำลองการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินใหม่เหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนจุดจอดเป็นหัวข้อหลักในการพัฒนา เพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ที่รถพยาบาลฉุกเฉินสามารถนำไปใช้กับการกำหนดจุดจอดจำนวนมากบนพื้นที่ ซึ่งรวมไปถึงการไม่จำกัดพื้นที่ของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินไว้เพียงที่โรงพยาบาลหรือศูนย์บริการทางการแพทย์ หรือกล่าวคือการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกออกแบบขึ้นมาสามารถเปลี่ยนแปลงจุดจอดได้ในระหว่างวันได้ทุกพื้นที่ แบบจำลองที่กล่าวถึงนี้ถูกเรียกว่า แบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก (dynamic ambulance relocation model)

แบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก มักถูกใช้เพื่อพิจารณาวางแผนในระดับปฏิบัติการ และในบางกรณีถูกใช้เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นแบบทันทีทันใด เช่น งานวิจัยของ Nair and Miller-Hooks, (2009) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอด (location-relocation model) ที่พิจารณาการกระจายตัวของความน่าจะเป็นจากสายเรียกเข้าจำนวนความพร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉิน และการเดินทางในแต่ละเวลาโดยเฉพาะ และงานวิจัยของ Mason, (2013) ได้ใช้ซอฟต์แวร์การจัดการในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างเหมาะสมแบบทันทีทันใด ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นเจ้าหน้าที่ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน มักจะต้องการการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว ในเรื่องการจัดส่งและการตัดสินใจปรับเปลี่ยนจุดจอด เพื่อให้แน่ใจว่ามีระดับการบริการที่เหมาะสม

ดังนั้นแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดแบบไดนามิก จึงมีความเหมาะสมอย่างมากในการวางแผน แต่อย่างไรก็ตามการตัดสินใจจากปัจจัยสถานะภายใน (Internal status factors) ของระบบรถพยาบาลฉุกเฉินเพียงอย่างเดียวนั้นอาจไม่เพียงพอต่อการตอบสนองแบบทันทีทันใดของรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วรถพยาบาลฉุกเฉินต้องเจอกับสถานะของปัจจัยภายนอก (External status factors) อื่นๆ เช่น สภาพการจราจร (Pinto et al., 2015) การแจ้งเหตุการณ์การภัยพิบัติหรือเหตุการณ์ขนาดใหญ่ (Talarico et al., 2015) การจัดกิจกรรมขนาดใหญ่ การเคลื่อนที่ของประชากรในแต่ละช่วงของวัน (Zhou et al., 2015) และจำนวนของผู้ป่วยในสถานที่เกิดเหตุเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Aboueljine et al., 2013; Talarico et al., 2015) เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ยังถูกพิจารณาอย่างจำกัดในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาล จึงเป็นเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้ที่จะบูรณาการการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินด้วยการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัด

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาแบบจำลองการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาลที่ถูกใช้ในการตัดสินใจระดับปฏิบัติการ ซึ่งเป็นระดับการตัดสินใจที่มีซับซ้อนและมีความท้าทายต่อการบริหารจัดการของบุคลากรทางระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินสูง นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลที่หลากหลาย รวดเร็ว และทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการนำเอาข้อมูลแบบทันกาล เช่น ข้อมูลการเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือเหตุการณ์สำคัญ และข้อมูลสภาพการจราจร ที่ส่งผลอย่างมากต่อการปฏิบัติงานของรพยาบาลฉุกเฉิน มาใช้ในการพิจารณากำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นและสามารถตอบสนองได้อย่างทันที่ต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินที่สำคัญ ด้วยการใช้เทคนิคการวิจัยดำเนินงานและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน

ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นการสร้างกรอบแนวคิดและบรรทัดฐานใหม่ของกลยุทธ์การกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ที่มีการพิจารณาข้อมูลของสภาพการจราจรติดขัด เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยจัดการด้านการบริการรพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาล ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการบริการของรพยาบาลฉุกเฉินให้มีคุณภาพและสมรรถนะที่สูงขึ้น เพื่อตอบสนองต่อผู้ป่วยฉุกเฉินได้อย่างรวดเร็ว เพิ่มโอกาสการรอดชีวิตและลดการพิการของผู้ป่วยได้

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เป้าหมายของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาแนวคิดของกลยุทธ์ในการกำหนดจุดจอตรฉุกเฉินของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินแบบทันกาล

1.2.1 เพื่อบูรณาการกลยุทธ์การกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาล ด้วยข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล และข้อมูลจากสภาพการจราจรติดขัด

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน และการปรับเปลี่ยนจุดจอตของรพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อคำนึงถึงสภาพการจราจรติดขัด

1.2.3 การนำวิธีการที่ได้ไปประยุกต์ใช้จริงกับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินและทดสอบสมรรถนะในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน พื้นที่กรุงเทพมหานคร

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สำหรับขอบเขตของงานวิจัยในครั้งนี้ มุ่งเน้นการศึกษาระบบบริการแพทย์ฉุกเฉินของประเทศไทยเป็นหลัก เพื่อพัฒนาแนวคิดและสามารถนำไปใช้ได้จริง

1.3.1 ศึกษากระบวนการทำงาน การวางแผนกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอด เฉพาะรถพยาบาลฉุกเฉิน (Emergency ambulance service) ซึ่งปฏิบัติงานโดยนักปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์ (Paramedic) เท่านั้น

1.3.2 การเก็บข้อมูลการให้บริการ เวลาในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ ข้อมูลตำแหน่งของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จากระบบฐานข้อมูลสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉินประเทศไทย. (Information Technology for Emergency Medical System: ITEMS)

1.3.3 การเก็บข้อมูลสภาพการจราจร ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะบนท้องถนน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร จากระบบฐานข้อมูลสารสนเทศของเว็บไซต์แผนที่ Google และฐานข้อมูลความเร็วการจราจร จากมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (Intelligent Traffic Information Center: iTIC)

### 1.4 กรณีศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของพื้นที่กรุงเทพมหานคร รายละเอียดของปัจจัยและข้อมูลที่ได้จะอธิบายดังต่อไปนี้

#### 1.4.1 ข้อมูลทั่วไปของระบบบริการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครได้มีการกำหนดเป้าหมายของระยะเวลาการตอบสนองไว้ที่ 8 นาที เช่นเดียวกับมาตรฐานสากล แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาข้อมูลในช่วงปี 2557-2559 ซึ่งให้เห็นว่าระยะเวลาในการตอบสนองของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพฯ ร้อยละ 99 ของการเรียกใช้บริการฉุกเฉิน มีเวลาสูงกว่า 8 นาที จากมาตรฐานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Common EMS standard) ได้กำหนดไว้ว่าร้อยละ 90 ของเวลาตอบสนองในพื้นที่เมืองจะต้องไม่มากกว่า 8 นาที (De Maio et al., 2003) เป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในระบบบริการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร ดังนั้นการวางแผนที่เหมาะสม เพื่อลดระยะเวลาในการตอบสนองจึงมีความสำคัญอย่างมากในระบบ EMS (Pinto et al., 2015)

โดยทั่วไปการจัดการระบบ EMS จะพยายามปรับสมดุลกันระหว่างผลประโยชน์ของผู้ป่วย (ระยะเวลาตอบสนองเฉลี่ยต่ำ จำนวนสายที่ไม่ได้มีจำนวนน้อย ครอบคลุมพื้นที่ความต้องการให้มากที่สุด และคุณภาพในการให้บริการที่สูง) และทรัพยากรของระบบบริการแพทย์ฉุกเฉิน (จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินและฐานการปฏิบัติงาน การฝึกฝนบุคลากรทางการแพทย์ สมรรถนะในการคัดแยกสายเรียกเข้าฉุกเฉิน และความถี่ของการเปลี่ยนตำแหน่งจุดการให้บริการ) (Iannoni et al., 2008) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามในการลดระยะเวลาการตอบสนองนั้นก็มีเพิ่มค่าใช้จ่าย เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มทรัพยากร (หรือเพิ่มจำนวนของฐานการปฏิบัติงานรพยบาลฉุกเฉิน) ดังนั้นการลดระยะเวลาในการตอบสนองควรจะพิจารณาถึงทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดเช่นเดียวกัน

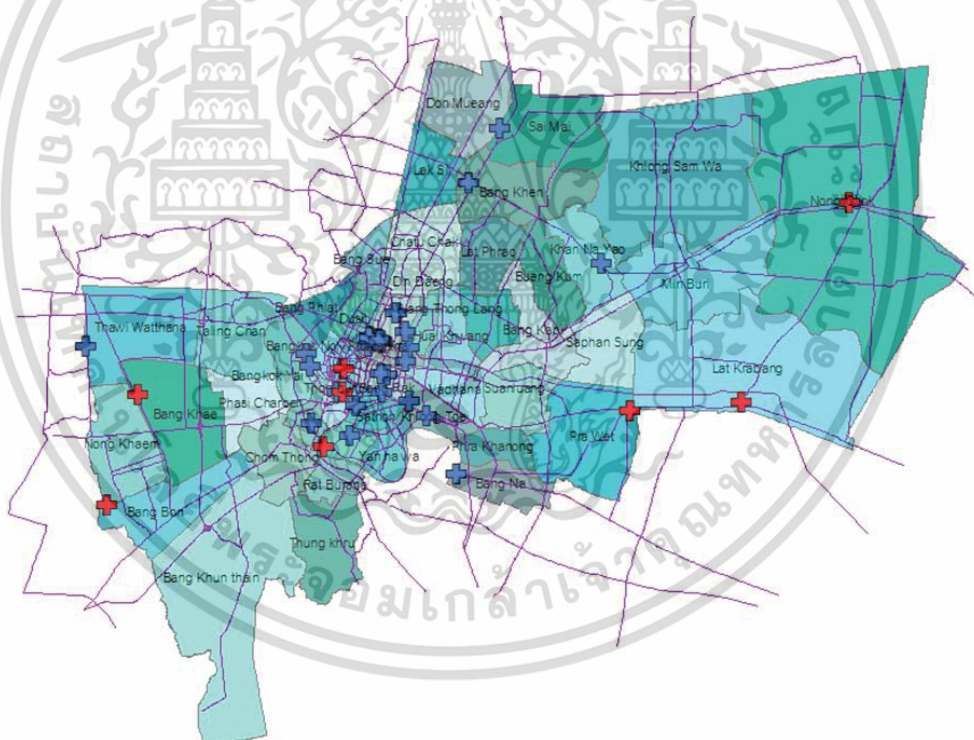
ในปัจจุบันระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานครมีจำนวนฐานการปฏิบัติงานทั้งหมด 50 ฐาน ([https://ws.niems.go.th/items\\_front/index.aspx](https://ws.niems.go.th/items_front/index.aspx): ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน) สำหรับระบบของพื้นที่กรุงเทพมหานครถูกออกแบบมาด้วยการใช้จำนวนรถฉุกเฉินที่มากเพื่อทำให้ระยะเวลาในการตอบสนองน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาถึงจำนวนของความต้องการต่อจำนวนของรพยบาลฉุกเฉิน ซึ่งหนาแน่นของความต้องการของแต่ละฐานการปฏิบัติงานมีผลต่อระยะเวลาในการตอบสนอง (David and Harrington, 2010) สำหรับกรุงเทพมหานครมีความต้องการต่อฐานปฏิบัติงานอยู่ที่ 108.16 เมื่อเปรียบเทียบกับเมืองหลวงอื่นทั่วโลกที่มีขนาดใกล้เคียงกันมีดังนี้ กรุงเวียนนา 360.51 (Schmid and Doerner, 2010) กรุงโรม 279.0 (Dell’Olmo et al., 2014) และกรุงอัมสเตอร์ดัม 545.3 (van den Berg and Aardal, 2015; van den Berg et al., 2016) ของความต้องการฉุกเฉินต่อจำนวนฐาน จะเห็นได้จากการเปรียบเทียบกับระบบที่นำเสนอ ระบบ EMS ของกรุงเทพฯ นั้นมีสมรรถนะของการจัดสรรจุดจอตรพยบาลฉุกเฉินต่ำที่สุด แม้ว่าจะมีจำนวนฐานปฏิบัติการที่มากในพื้นที่กรุงเทพฯ แต่ระยะเวลาการตอบสนองก็ยังคงสูง เนื่องจากระบบไม่สามารถตอบสนองเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้นๆได้และขาดการจัดการระบบ EMS ที่เหมาะสม

ปัจจุบันวิธีการกำหนดจุดจอตรพยบาลฉุกเฉินของกรุงเทพฯ ใช้ประสบการณ์ส่วนตัวของบุคลากรทางการแพทย์ฉุกเฉินมากกว่าวิธีการทางด้านการศึกษาวิจัยดำเนินงาน ซึ่งเป็นวิธีการกำหนดจุดจอตรพยบาลฉุกเฉินที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (Li et al., 2011) ซึ่งจะเห็นได้จากปัญหาระยะเวลาการตอบสนองของระบบ EMS กรุงเทพฯ ซึ่งแก้ปัญหาดูด้วยการเพิ่มจำนวนรพยบาลใหม่เข้าไปยังระบบบริการ Aboueljine และคณะได้กล่าวในปี 2013 ว่าทรัพยากรทางการแพทย์ฉุกเฉินที่มีอย่างจำกัดนั้นควรได้รับการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพภายใต้ความไม่แน่นอนสูงที่ยอมรับได้ (Aboueljine et al., 2013) แสดงให้เห็นว่าการจัดการทรัพยากร EMS ในกรุงเทพฯ ไม่มีมาตรฐานส่งผลให้การจัดสรรรพยบาลไม่มีประสิทธิภาพ ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยการจัดสรรฐานรพยบาลอย่างมีกลยุทธ์ โดยพิจารณาการเติบโตของประชากรในระยะยาวและความต้องการบริการทางการแพทย์ที่เพิ่มขึ้น (Naoum-Sawaya and Elhedhli, 2013) แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวไม่สามารถตอบสนองแบบทันกาลและสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนได้ เช่น สภาพการจราจรติดขัด และเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดคิด (อุบัติเหตุขนาดใหญ่ หรือ เหตุการณ์ภัยพิบัติ) สอดคล้องกับรายงานของ TOMTOM ในปี 2017 ที่กล่าวว่ากรุงเทพฯ เป็นเมืองหลวงที่สภาพการจราจรติดขัดเป็นลำดับที่ 2 ของโลก ซึ่งสภาพการจราจรติดขัดเหล่านี้นำไปสู่ระยะเวลาการตอบสนองที่สูงขึ้น (Aboueljine et al., 2013) ดังนั้นการเปลี่ยนกลยุทธ์การจัดสรรฐานรพยบาลฉุกเฉินจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบ EMS และผู้ป่วยฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4.2 ทรัพยากรและการดำเนินงาน ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร

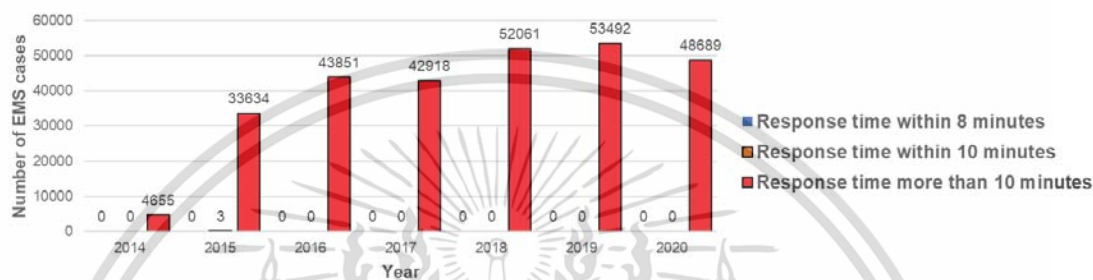
ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจในส่วนระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งหน่วยงานหนึ่งที่มีความสำคัญในขณะเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน มีหน้าที่ในการนำส่งผู้ป่วยและรักษาพยาบาลผู้ป่วยเบื้องต้นอย่างเหมาะสมภายใต้สถานการณ์ฉุกเฉินในที่ได้รับแจ้งเหตุการณ์และเตรียมพร้อมต่อเหตุการณ์ (สำนักการแพทย์กรุงเทพมหานคร 2547), (Singer and Donoso, 2008) โดยจะทำการศึกษากิจการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ซึ่งมีจำนวนประชากรเป็นจำนวนมาก โดยจะแบ่งพื้นที่การรับผิดชอบออกเป็น 9 เขต ดังรูปที่ 1.3 ประกอบด้วยโรงพยาบาลทั้งภาครัฐ เอกชนจำนวน 48 แห่ง มูลนิธิต่างๆ 8 แห่ง และศูนย์เอราวัณ 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)



รูปที่ 1.3 ที่ตั้งโรงพยาบาลของรัฐและโรงพยาบาลภายใต้สังกัดการแพทย์กรุงเทพมหานคร  
ที่มา: ศูนย์บริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร (ศูนย์เอราวัณ)

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ได้มีการกำหนดเป้าหมายของระยะเวลาตั้งแต่รับแจ้งเหตุจนกระทั่งรถฉุกเฉินเข้าไปยังพื้นที่เกิดเหตุ (arrival to scene) หรือที่เรียกว่า ระยะเวลาตอบสนอง (Response time) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดทางด้านสมรรถนะของระบบการแพทย์ฉุกเฉินและยังเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วย (van den Berg et al., 2016) สำหรับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรุงเทพมหานคร ที่ให้บริการทางด้านการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีประชากรกว่า 9 ล้านคน จากการศึกษาข้อมูลระยะเวลาในการปฏิบัติงานของระบบการแพทย์ฉุกเฉิน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2563 ในช่วงตั้งแต่การรับแจ้งเหตุจนถึงจุดเกิดเหตุของพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้ข้อมูลดังรูปที่ 1.4 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการปฏิบัติงานของ EMS มีระยะเวลาการตอบสนองมากกว่า 10 นาที ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเวลาการตอบสนองของ EMS พบว่า การจัดสรรพื้นที่ปฏิบัติงานที่ครอบคลุม (coverage problem) และปัญหาการเดินทางเข้าสู่พื้นที่เกิดเหตุ (traveling to scene problem) เป็นสาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าว (Pinto et al., 2015)

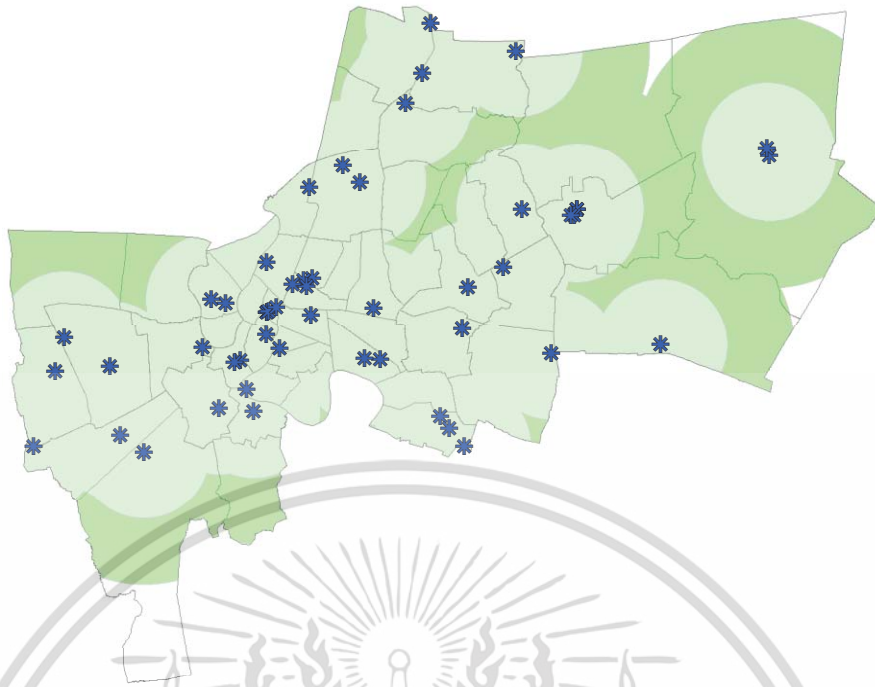


รูปที่ 1.4 ระยะเวลาการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2563 ในช่วงตั้งแต่การรับแจ้งเหตุจนถึงจุดเกิดเหตุ

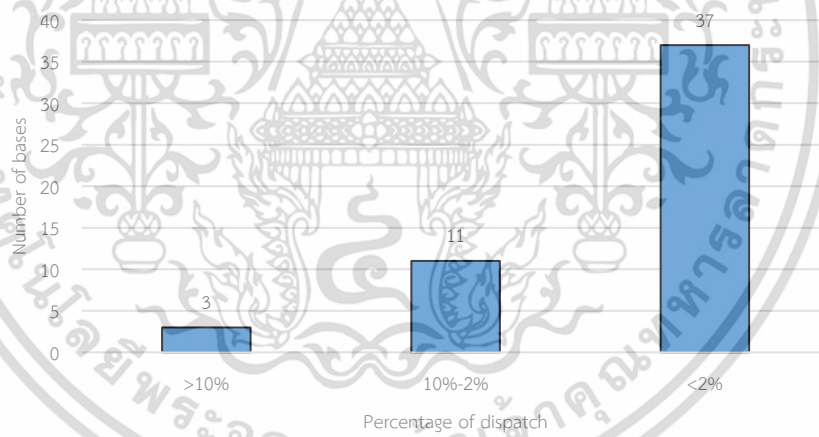
ที่มา: ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน (ITEMS) ส่วนรายงานสถิติการแพทย์ฉุกเฉิน

ในส่วนพื้นที่ปฏิบัติงานที่ครอบคลุม คือระยะในการให้บริการของรถบริการการแพทย์ฉุกเฉิน จากจุดจอด เพื่อให้บริการแก่ผู้ป่วยในพื้นที่เกิดเหตุ ปัจจุบันระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของกรุงเทพมหานครมีจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินทั้งหมด 49 จุดจอด กระจายอยู่ทั่วพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยส่วนใหญ่จะกำหนดจุดจอดเป็นพื้นที่โรงพยาบาลหรือมูลนิธิ (สัญลักษณ์ดอกจันทน์สีน้ำเงิน) ดังแสดงในรูปที่ 1.5 โดยพื้นที่สีเขียวอ่อนและสีเขียวแสดงระยะปฏิบัติงานที่ 5 และ 10 กิโลเมตรตามลำดับ (ระยะการปฏิบัติงานที่ EMS นิยมใช้เป็นเกณฑ์ (Pinto et al., 2015)) แต่จากข้อมูลจำนวนครั้งในการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2563 (รูปที่ 1.6) มีเพียง 3 จุดจอดรถฉุกเฉิน (มูลนิธิร่วมไทย ศูนย์บริการการแพทย์ฉุกเฉินกรุงเทพมหานคร (ศูนย์เอราวัณ) มูลนิธิสยามรวมใจ (ปู่อินทร์)) 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 (van den Berg and Aardal, 2015; van den Berg et al., 2016) ซึ่งทำให้ยากและล่าช้าในการส่งการเมื่อเกิดเหตุ อีกทั้งยังทำให้ต้นทุนในการปฏิบัติงานของระบบการแพทย์ฉุกเฉินสูงเกินความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 ตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินของกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน มีด้วยกัน 49 จุดจอดและพื้นที่การออกปฏิบัติงานของแต่ละจุดจอด



รูปที่ 1.6 เปอร์เซนต์การออกปฏิบัติงานต่อจำนวนจุดจอดที่ออกปฏิบัติงาน ในช่วงระยะเวลา 3 ปี พ.ศ. 2557-2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 หัวข้อการวิจัย

### 1.5.1 การนำข้อมูลต่างๆ จากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล มาใช้ในการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อเพิ่มสมรรถนะการปฏิบัติงานแบบทันกาล

การนำข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล มาใช้ในการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินในกระบวนการปรับใช้รถโรงพยาบาล เป็นวิธีการที่มีความน่าสนใจ ซึ่งการเข้าถึงข้อมูลการแจ้งเหตุการณแบบทันกาลของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินเป็นไปได้ยาก ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ ที่ได้มีการแจ้งเหตุการณฉุกเฉิน เป็นตัวแทนของข้อมูลการแจ้งเหตุการณแบบทันกาลของระบบรพพยาบาลฉุกเฉิน เนื่องจากข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์เป็นข้อมูลที่มีความรวดเร็ว (Rapid information) และผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์มีเป็นจำนวนมาก กระจายอยู่ในทุกพื้นที่ทำให้พบเจอกับเหตุการณฉุกเฉินได้บ่อยครั้ง ซึ่งเปรียบเสมือนเซ็นเซอร์เตือนภัย (Social sensor) ที่ช่วยในการสอดส่องและกระจายข้อมูลเหตุการณฉุกเฉิน (Fuchs et al., 2013) ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลแบบทันกาล เพราะฉะนั้นการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน จะทำให้จุดจอตรพยาบาลที่ได้สามารถตอบสนองต่อเหตุการณฉุกเฉินที่จะเกิดขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้จากการศึกษาวิจัยพบว่าการนำข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินมีอยู่อย่างจำกัด

### 1.5.2 การกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ที่พิจารณาสภาพการจราจรโดยรอบจุดจอตเพื่อความสามารถในการตอบสนองของรพพยาบาลฉุกเฉิน

ปัญหาการจราจรติดขัดเป็นปัญหาที่พบเจอในเมืองใหญ่ทั่วโลก และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชากร จึงจัดว่าปัญหาการจราจรติดขัดเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างมาก ได้มีการจัดอันดับการจราจรติดขัด โดย บริษัท TomTom โดยใช้ปัจจัยระดับการติดขัด (Congestion level) เป็นตัวจัดอันดับระดับการติดขัด ซึ่งพื้นที่กรุงเทพมหานครถูกจัดอันดับการจราจรติดขัดเป็นอันดับที่ 1 ของเอเชีย ในปี 2017 นอกจากนี้ปัญหาการจราจรติดขัดเป็นปัญหาที่ส่งผลอย่างมากต่อการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุการณฉุกเฉินของรพพยาบาลฉุกเฉิน ทำให้ระยะเวลาในการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุสูงกว่าระยะเวลาที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกำหนดกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรแบบทันกาลในช่วงหลายปีที่ผ่านมาปรากฏว่ามีจำนวนงานวิจัยที่พิจารณาปัจจัยนี้อย่างจำกัด ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงได้มีแนวคิดในการพิจารณาความเร็วการจราจร จากข้อมูลแบบทันกาลของระบบฐานข้อมูลของเว็บไซต์ Google ในการพิจารณากำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน

### 1.5.3 กลยุทธ์ในการปรับสมดุล สำหรับจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นของโอกาสในการเกิดเหตุการณ์จราจรติดขัดแต่ละช่วงเวลา และระดับการให้บริการที่ยอมรับได้

ปรากฏการณ์การจราจรติดขัด (traffic congestion phenomenon) เป็นปัญหาเชิงพื้นที่ที่พบได้ทั่วไปในระบบเครือข่ายเส้นถนน ซึ่งทำให้สภาพการจราจรและสมรรถนะของการเดินทางลดลง โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุ การเกิดอุบัติเหตุ กิจกรรมพิเศษ การปิดช่องทางการจราจร และเกิดจากมีความต้องการใช้ถนนมากเกินไป จากเหตุการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติ การเข้าใจถึงสาเหตุในการเกิด การจราจรติดขัดเป็นประเด็นที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการวางแผนระบบรถพยาบาลฉุกเฉิน จาก การศึกษาทางวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสภาพการจราจรติดขัด พบว่าความน่าจะเป็นในการเกิด เหตุการณ์การจราจรติดขัดมีความสัมพันธ์ในแต่ละช่วงเวลา จากเหตุการณ์การจราจรติดขัดใน ช่วงเวลาก่อนหน้าจะส่งผลมาถึงสภาพการจราจรติดขัดในปัจจุบัน ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่มีความเฉพาะ ของเหตุการณ์ ดังนั้นการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัด เพื่อการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอด รถพยาบาลฉุกเฉินตลอดวัน ควรมีการพิจารณาถึงปรากฏการณ์นี้ เพื่อที่จะสามารถกำหนดจุดจอดที่มี ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของวันได้

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์และผลที่ได้จากการทำงานวิจัยครั้งนี้ มีผลอย่างมากต่อการบริหารจัดการรูปแบบ ใหม่ของระบบการจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1.6.1 ทำให้เกิดการใช้ข้อมูลที่มีความหลากหลาย ในการบริหารจัดการจุดจอดรถพยาบาล ฉุกเฉินที่เหมาะสม เมื่อเกิดการเพิ่มขึ้นของอุบัติเหตุจำนวนมาก การเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติ และสภาพ การจราจรติดขัดที่สูง ทำให้สามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว และถูกตำแหน่งของความ ต้องการ

1.6.2 นำเสนอวิธีการนำข้อมูลแบบทันทีจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ และฐานข้อมูลต่างๆ มาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อการตอบสนองที่มีสมรรถนะของรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อออกปฏิบัติการ ซึ่งจะทำให้วิธีการที่ได้นั้นใกล้เคียงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

1.6.3 เปลี่ยนแปลงวิธีการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน จากการใช้ ประสพการณ์ส่วนบุคคล เป็นการใช่วิธีการทางด้านการวิจัยดำเนินงาน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการจำลองสถานการณ์ ในการตัดสินใจระดับต่างๆ

1.6.4 เปลี่ยนแปลงวิธีการตัดสินใจทางด้านการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่มีการ พิจารณาข้อมูลสภาพการจราจร เพื่อเตรียมความพร้อมของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

## 1.7 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย

สำหรับกรอบแนวความคิดของงานวิจัยในครั้งนี้ แสดงได้ดังรูปที่ 1.7 โดยสามารถอธิบายรายละเอียดและขั้นตอนของการทำงานวิจัย ดังนี้

1.7.1 ศึกษาหน้าที่และภาระงานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ตลอดจนกลยุทธ์ที่ถูกใช้ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน และการวางแผนการปรับเปลี่ยนจุดจอตของรพพยาบาลฉุกเฉิน

1.7.2 ระบุปัญหาของการปฏิบัติงานในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน และศึกษาที่มาของปัญหา รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในแต่ละสาเหตุของปัญหา ซึ่งประกอบด้วย 3 ประเด็นหลัก ได้แก่

- 1) ปัญหาการใช้ข้อมูลที่ไม่มีการอัปเดต
- 2) ปัญหาการกำหนดพื้นที่ครอบคลุม และตำแหน่งของจุดจอตรพยาบาล
- 3) ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินทางเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุการณฉุกเฉิน

1.7.3 กำหนดประเด็นการศึกษาในงานวิจัย เพื่อดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน โดยหลักการทางด้านการวิจัยดำเนินงาน ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการจำลองสถานการณ์

1.7.4 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาล ทั้งข้อมูลภายในระบบ และข้อมูลภายนอกในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่

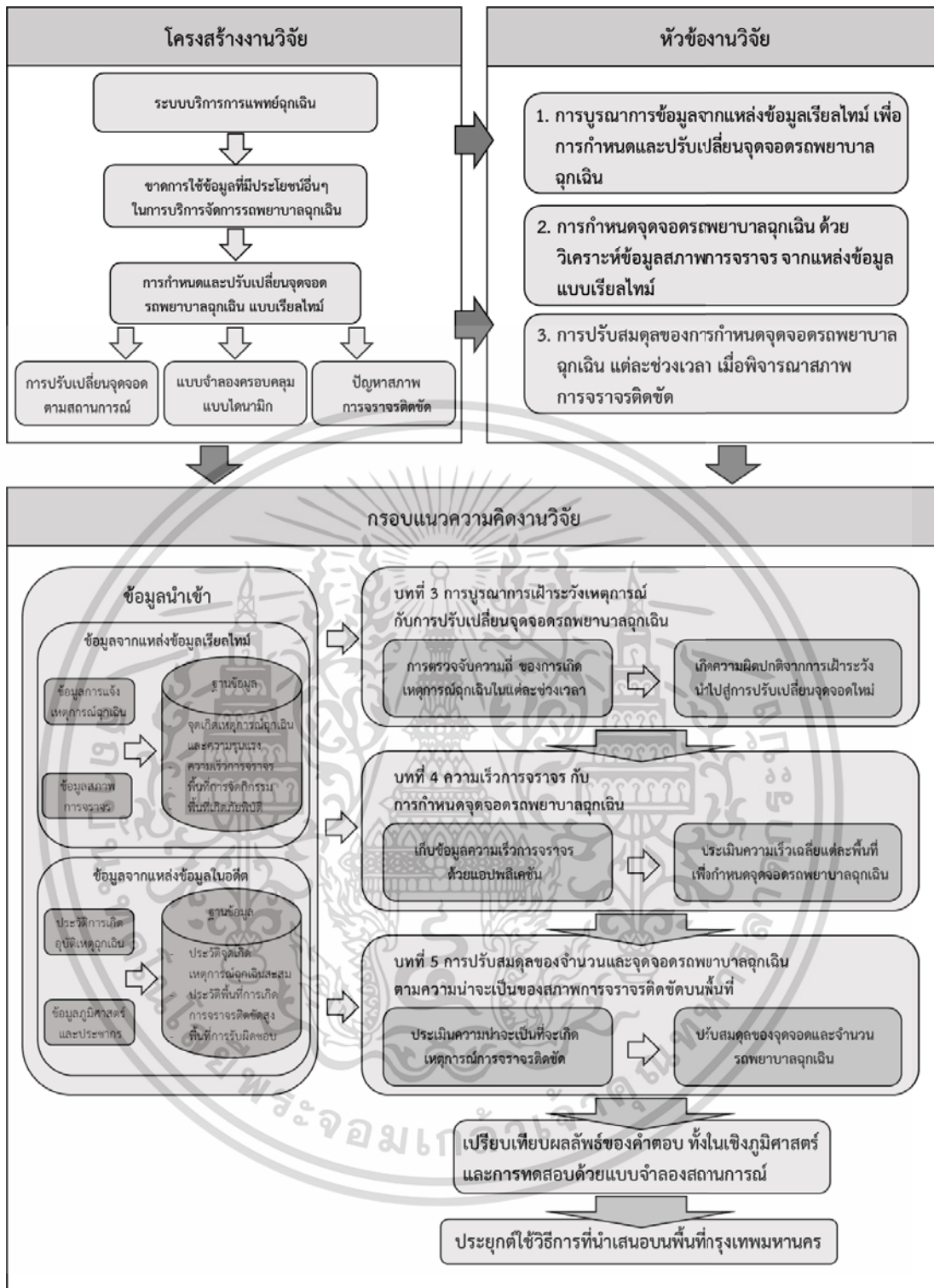
1) แหล่งข้อมูลแบบทันกาล ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแจ้งเหตุการณฉุกเฉินจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ และข้อมูลสภาพการจราจรจากฐานข้อมูลแบบทันกาล

2) แหล่งข้อมูลในอดีต ซึ่งเกี่ยวข้องข้อมูลจำนวนทรัพยากรในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน จุดที่ตั้งในปัจจุบัน ปริมาณแจ้งเหตุการณในแต่ละพื้นที่ เส้นทางการเดินทาง และพื้นที่รับผิดชอบต่างๆ

1.7.5 สร้างกระบวนการวิเคราะห์และพิจารณาข้อมูลจากทั้งแหล่งข้อมูลในอดีตและแหล่งข้อมูลแบบทันกาล เพื่อกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่มีสมรรถนะเพิ่มขึ้น

1.7.6 ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของคำตอบ ทั้งในเชิงภูมิศาสตร์ และการทดสอบด้วยแบบจำลองสถานการณ์

1.7.7 สรุปผลการศึกษา หลังจากประยุกต์ใช้วิธีการที่นำเสนอบนพื้นที่กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 1.7 ภาพรวมกรอบแนวความคิดของงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการบริหารจัดการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินนั้น การศึกษาถึงสภาพทั่วไปของทรัพยากร กระบวนการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน ตลอดจนกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาในระดับต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉินโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีการนำเอารูปแบบการวิจัยดำเนินงานด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีสมรรถนะ นอกจากงานวิจัยครั้งนี้ยังได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ และข้อมูลสภาพการจราจร มาปรับใช้ร่วมกับการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อให้การปรับปรุงจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านี้จะนำไปสู่วิธีการที่นำเสนอและการกำหนดกรอบงานวิจัยในลำดับต่อไป

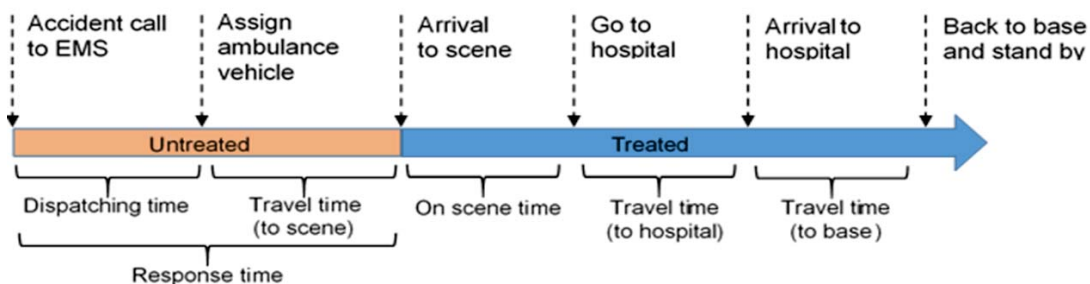
### 2.1 การบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service: EMS)

การบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เป็นส่วนหนึ่งของระบบการจัดการสุขภาพฉุกเฉิน เป็นหน่วยงานที่ให้บริการทางการแพทย์ก่อนนำส่งโรงพยาบาล (pre-hospital) มีหน้าที่ในการนำส่งผู้ป่วยและรักษาพยาบาลผู้ป่วยเบื้องต้นอย่างเหมาะสมในพื้นที่ที่ได้รับแจ้งเหตุและเตรียมพร้อมต่อเหตุการณ์ (Aboueljine et al., 2013; Pinto et al., 2015; Zheng et al., 2014) ด้วยรถพยาบาลที่จอดไว้ในจุดบริการต่างๆ ที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปรถพยาบาลสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

- รถพยาบาลฉุกเฉิน หรือ รถฉุกเฉิน (emergency ambulance service: EAS) ให้บริการแก่ผู้ป่วยที่ต้องการความช่วยเหลือเฉียบพลันหรือฉุกเฉิน 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



รูปที่ 2.1 กระบวนการทำงานการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

โดยทั่วไปกระบวนการทำงานของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน สามารถแบ่งได้ 5 กระบวนการตามประเภทของการปฏิบัติงานของรถฉุกเฉิน (Mistovich and Karren, 2013; Nilsang et al., 2019) ดังรูปที่ 2.1

กระบวนการที่ 1 ช่วงเวลาส่งรถฉุกเฉินออกปฏิบัติงาน (Dispatching time) เริ่มด้วยเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ผู้ป่วยหรือผู้พบเห็นเหตุการณ์ จะโทรมาแจ้งมายังศูนย์บริการตอบรับทางโทรศัพท์ หรือ Call center ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เมื่อมีการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินเข้ามา เจ้าหน้าที่สื่อสาร หรือเจ้าหน้าที่นำส่ง (Emergency medical dispatcher: EMD) จะเป็นผู้รับแจ้งเหตุ ซึ่งจะสอบถามข้อมูลเบื้องต้น เช่น จุดเกิดเหตุ สภาพพื้นที่ที่เกิดเหตุ กลไกการบาดเจ็บ (Mechanism of injury: MOI) ลักษณะของการบาดเจ็บ (Nature of the illnesses: NOI) และจำนวนผู้ป่วยที่เกิดเหตุ เพื่อทำการประเมินและจัดส่งรถพยาบาลฉุกเฉินตามความรุนแรงของอาการ เมื่อรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใกล้กับพื้นที่ที่เกิดเหตุพร้อมปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่นำส่งจะส่งให้รถพยาบาลฉุกเฉินพร้อมด้วยเจ้าหน้าที่กู้ชีพ (Emergency medical technician: EMT) ตามระดับความรุนแรงของผู้ป่วยไปยังพื้นที่ที่เกิดเหตุ

เจ้าหน้าที่กู้ชีพฉุกเฉิน แบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่

- บุคลากรด้านหน้า (First responder: FR) บุคลากรด้านหน้ามักจะเป็นคนแรกที่พบผู้ป่วย ซึ่งอาจจะไม่ได้เป็นเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ เช่น ตำรวจจราจร พนักงานดับเพลิง เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย หรืออาสาสมัครกู้ภัยต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้ด้านการช่วยเหลือผู้ป่วยฉุกเฉิน และรายงานข้อมูลให้หน่วยกู้ชีพทราบถ้าต้องการรถพยาบาลฉุกเฉิน

- เจ้าหน้าที่กู้ชีพขั้นพื้นฐาน (Emergency medical technician basic: EMT-B) มักจะไปกับพร้อมกับรถพยาบาลฉุกเฉิน โดยสามารถใช้อุปกรณ์ในการยึดตรึงผู้บาดเจ็บ (immobilization) และการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยด้วยวิธีต่างๆ ที่กระทำภายนอกร่างกาย หรือที่เรียกว่าการช่วยเหลือระดับพื้นฐาน (Basic Life Support: BLS)

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

- นักปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์ (Paramedic) สามารถให้การช่วยเหลือในระดับสูงที่สุด โดยจะสามารถให้การช่วยเหลือระดับสูง (ALS) ได้ในสภาวะแวดล้อมนอกโรงพยาบาล (pre-hospital) ไม่ว่าจะเป็นโรคภัยไข้เจ็บ หรือการบาดเจ็บในพหุศาสตร์ทุกชนิด เมื่ออยู่ในพื้นที่เช่นบริเวณชายหาด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

hospital care) เจ้าหน้าที่กู้ชีพขั้นสูงสามารถให้การรักษาผู้ป่วยโดยการให้น้ำเกลือ ให้ยาฉีดเข้ากล้ามเนื้อ และฉีดเข้าหลอดเลือดดำ การกระตุ้นหัวใจด้วยไฟฟ้า ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้ขั้นตอนของศูนย์บัญชาการที่มีหัวหน้าแพทย์ (Medical director)

กระบวนการที่ 2 ช่วงเวลาเดินทางของรถพยาบาลฉุกเฉินไปยังพื้นที่เกิดเหตุ (Travel time to scene) เมื่อรถพยาบาลฉุกเฉินในพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่เกิดเหตุ ได้รับคำสั่งจากเจ้าหน้าที่นำส่ง จะทำการยืนยันข้อมูลของพื้นที่เกิดเหตุและอาการของผู้ป่วยฉุกเฉิน และออกเดินทางจากจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในปัจจุบันไปยังพื้นที่เกิดเหตุ ด้วยความรวดเร็วเท่าที่เป็นไปได้

กระบวนการที่ 3 ช่วงเวลาปฏิบัติงานในพื้นที่เกิดเหตุ (On scene time) เมื่อรถพยาบาลฉุกเฉินเข้าถึงยังพื้นที่เกิดเหตุ เจ้าหน้าที่กู้ชีพจะเข้าปฏิบัติงานทางการแพทย์แก่ผู้ป่วยฉุกเฉิน เมื่อปฏิบัติงานทางการแพทย์เบื้องต้นสำเร็จ จะเริ่มทำการนำผู้ป่วยขึ้นไปยังรถพยาบาลฉุกเฉิน และนำผู้ป่วยไปยังสถานพยาบาลที่ถูกกำหนดให้

กระบวนการที่ 4 ช่วงเวลาเดินทางของรถพยาบาลฉุกเฉินไปยังสถานพยาบาล (Travel time to hospital) รถพยาบาลฉุกเฉินจะนำผู้ป่วยฉุกเฉินจากพื้นที่เกิดเหตุไปยังโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดหรือขึ้นอยู่กับอาการและความพร้อมของโรงพยาบาล

กระบวนการที่ 5 ช่วงเวลาเดินทางของรถฉุกเฉินไปยังจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน (Travel time to ambulance base) เมื่อรถพยาบาลฉุกเฉินไปถึงยังโรงพยาบาล เจ้าหน้าที่กู้ชีพจะนำผู้ป่วยลงจากรถพยาบาลฉุกเฉิน และส่งต่อให้กับแพทย์ พยาบาลของห้องฉุกเฉิน เพื่อรักษาพยาบาลขั้นสูงต่อไป หลังจากนั้นรถพยาบาลฉุกเฉินจะกลับไปยังจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อรอรับคำสั่งออกปฏิบัติงานต่อไป

สำหรับช่วงเวลาที่ 1 ช่วงเวลาส่งรถฉุกเฉินออกปฏิบัติงานและช่วงเวลา 2 ช่วงเวลาเดินทางของรถฉุกเฉินไปยังพื้นที่เกิดเหตุ ถูกเรียกอีกชื่อว่า ช่วงเวลาการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉิน (Response time) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความสำคัญมากสำหรับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวผู้ป่วยในที่เกิดเหตุยังไม่ได้รับการดูแลรักษาจากเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ (Medical personnel) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อโอกาสรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่สามารถตอบสนองได้ได้อย่างรวดเร็ว หรืออีกนัยหนึ่งจุดจอดมีความใกล้เคียงกับพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉินบ่อย จะสามารถปรับปรุงกระบวนการของการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินได้ ดังนั้นกลยุทธ์และวิธีการในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

## 2.2 กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance Allocation Strategy: AAS)

สำหรับกลยุทธ์ในการบริหารจัดการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ด้วยรถพยาบาลฉุกเฉินนั้น เป็นการบริหารจัดการทรัพยากรและการรับผิดชอบของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ของประชากรในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งกลยุทธ์การบริหารจัดการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ด้วยรถพยาบาลฉุกเฉิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ (Naoum-Sawaya and Elhedhli, 2013) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งปรับปรุงการจำแนกของแต่ละระดับการตัดสินใจมาจากงานวิจัยของ Bélanger et al., 2019 และ Brotcorne et al., (2003) ประกอบด้วย

2.2.1 ระดับกลยุทธ์ (Strategic level) เป็นการกำหนดพื้นที่ดูแลของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยข้อมูลระยะยาวของอัตราการเติบโตของประชากรและอัตราความต้องการที่เพิ่ม (Expected rise in demand) ด้วยการกำหนดจุดที่ตั้งของสถานบริการรถพยาบาลฉุกเฉิน (ambulance stations) ขนาดของฐานปฏิบัติการ และขนาดของพื้นที่ความรับผิดชอบ ตลอดจนการสรรหาบุคลากรทางการแพทย์ฉุกเฉิน และการวางแผนเชิงนโยบายต่างๆ

2.2.2 ระดับยุทธวิธี (Tactic level) เป็นการวางแผนระดับกลางที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการทำงานและการจัดทีมของชุดปฏิบัติการกู้ชีพ (Emergency medical team scheduling) ที่ต้องปฏิบัติงานกับรถพยาบาลฉุกเฉินให้มีความเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีการกำหนดจุดจอดรถเหตุการณ์ของรถพยาบาลฉุกเฉินอีกด้วย คือการทำหนดจุดจอดรถที่เป็นไปได้ที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะสามารถนำรถไปจอดรอเหตุการณ์ฉุกเฉินได้ (potential standby sites)

2.2.3 ระดับปฏิบัติการ (Operational level) เป็นการวางแผนระยะสั้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การกำหนดรูปแบบการส่งรถพยาบาลฉุกเฉินออกไปปฏิบัติงาน (Ambulance dispatching) และการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance location) ซึ่งบ่อยครั้งที่ทั้ง 2 ส่วนของการตัดสินใจระดับปฏิบัติการ จะต้องถูกพิจารณาในเวลาขณะนั้นๆ หรือที่เรียกว่า รูปแบบทันกาล (real-time) เช่น กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉิน (relocation strategies) ในระหว่างวัน หรือรูปแบบการนำส่งรถพยาบาลฉุกเฉิน (dispatching rule) ซึ่งมีแนวโน้มอย่างชัดเจนที่จะต้องตัดสินใจปรับเปลี่ยนจุดจอดและวิธีการแบบไดนามิก ดังนั้นการบริหารจัดการและตัดสินใจในระดับปฏิบัติการจึงมีซับซ้อนและความท้าทายที่สูงในการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม และได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นในกลุ่มนักวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการตัดสินใจของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ได้นำเอาเทคนิคการวิจัยดำเนินงานและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 (J. B. Goldberg, 2004)

ตารางที่ 2.1 ปัญหาการตัดสินใจ กลยุทธ์ที่ใช้แก้ไขปัญหา และแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

ระดับการตัดสินใจ	ประเด็นการตัดสินใจ	กลยุทธ์ที่ใช้	แบบจำลอง
1. ระดับกลยุทธ์ (Strategic level)	1.1 การจัดตั้งสถานีบริการรถพยาบาล (Ambulance station location) 1.2 การกำหนดพื้นที่รับผิดชอบของรถพยาบาล (Ambulance fleet dimensioning) 1.3 องค์ประกอบของรถพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance composition) 1.4 การสรรหาบุคลากร (Staff hiring)		
2. ระดับยุทธวิธี (Tactic level)	2.1 การกำหนดจุดจอดรอเหตุ (Standby sites location) 2.2 การจัดตั้งทีมปฏิบัติงาน (crew pairing) 2.3 การกำหนดตารางการปฏิบัติงาน (crew scheduling) 2.4 การกำหนดกลยุทธ์ในการจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน (Fleet management strategies)		
3. ระดับปฏิบัติการ (Operational level)	3.1 การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance location)	3.1.1 การกำหนดจุดจอดแบบคงที่ (Static location)	1) แบบจำลองแบบการครอบคลุมเดียว (Single coverage models) 2) แบบจำลองแบบหลายการครอบคลุม (Multiple coverage models) 3) แบบจำลองความน่าจะเป็นและแบบจำลองแบบสุ่ม (Probabilistic and Stochastic model)
		3.1.2 การปรับเปลี่ยนจุดจอด (Relocation)	1) การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบหลายช่วงเวลา (Multi-period relocation model) 2) การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก (Dynamic relocation model)
	3.2 การจ่ายงานรถพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance dispatching)	3.2.1 รถพยาบาลฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุด (Nearest vehicle) 3.2.2 เกณฑ์การจ่ายงานอื่นๆ (Other rules)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริการจัดการรพพยาบาลฉุกเฉิน มีนักวิจัยหลายคน ได้มีการศึกษาหลายแง่มุมที่แตกต่างกัน จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้งานวิจัยโดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่ประเด็นการตัดสินใจในระดับปฏิบัติการ ในส่วนของการตัดสินใจแบบลักษณะคงที่ (decisions of a static nature) ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ (the static location problem) เป็นการกำหนดจุดจอตรพที่รพพยาบาลฉุกเฉินจะถูกกำหนดตำแหน่งไว้ เพื่อรับคำสั่งในการตอบสนองต่อการเรียกของเหตุการณ์ฉุกเฉิน โดยที่หลังจากดำเนินงานเสร็จแล้วแต่ละครั้ง จุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกกำหนดไว้ในแต่ละพื้นที่จะยังคงเหมือนเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ รพพยาบาลฉุกเฉินแต่ละคันจะกลับมายังจุดจอตที่ถูกออกแบบและกำหนดไว้หลังจากปฏิบัติงานเสร็จ ซึ่งการตัดสินใจแบบลักษณะคงที่นี้มีประโยชน์อย่างมากในการบริการจัดการของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินในการตัดสินใจระยะยาว

แต่อย่างไรก็ตามมีหลายงานวิจัยที่สนับสนุนให้มีการเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินในระหว่างวัน (มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งระหว่างวัน) ทั้งหลังจากปฏิบัติงานเสร็จและเมื่อมีความจำเป็นตามช่วงเวลาซึ่งขึ้นอยู่กับการประเมินสถานการณ์เฉพาะหน้าของเจ้าหน้าที่ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในปีที่ผ่านมาความพยายามอย่างมากที่จะพัฒนาวิธีการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาถึงความไม่แน่นอน (uncertainty) และความผันแปรตามธรรมชาติ (dynamism inherent) ของรพพยาบาลฉุกเฉิน เช่น ความพร้อมในการปฏิบัติงาน (Mark S Daskin, 1982) การเคลื่อนตัวของประชากร (David and Harrington, 2010) สภาพการจราจร (Dell'Olmo et al., 2014) และการเกิดเหตุการณ์สำคัญๆ (Curtin et al., 2010) ที่มีการรวมตัวของคนจำนวนมาก ที่นำไปสู่การสร้างแบบจำลองใหม่และกลยุทธ์ในการตัดสินใจจำนวนมาก แบบจำลองการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินใหม่เหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนยานพาหนะเป็นหัวข้อหลักในการพัฒนา เพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ที่รพพยาบาลฉุกเฉินสามารถนำไปใช้กับการกำหนดจุดจอตจำนวนมากบนพื้นที่ ซึ่งรวมไปถึงการไม่จำกัดพื้นที่ของจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินไว้เพียงที่โรงพยาบาลหรือศูนย์บริการทางการแพทย์ หรือกล่าวคือการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกออกแบบขึ้นมาสามารถเปลี่ยนแปลงจุดจอตได้ในระหว่างวันได้ทุกพื้นที่

นำมาสู่งานวิจัยครั้งนี้ในการพัฒนาแบบจำลองการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกใช้ในการตัดสินใจระดับปฏิบัติการ ซึ่งเป็นระดับการตัดสินใจที่มีซับซ้อนและมีความท้าทายต่อการบริหารจัดการของบุคลากรทางระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินสูง นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลที่หลากหลาย รวดเร็ว และทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการนำเอาข้อมูลแบบทันกาล เช่น ข้อมูลการเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือเหตุการณ์สำคัญ และข้อมูลสภาพการจราจรที่ส่งผลอย่างมากต่อการปฏิบัติงานของรพพยาบาลฉุกเฉิน มาใช้ในการพิจารณากำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นและสามารถตอบสนองได้อย่างทันทีต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินที่สำคัญ ด้วยการใช้นวัตกรรมวิจัยดำเนินงานและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 การกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน แบบจุดจอตคงที่ (Static ambulance location)

ในระยะช่วง 40 ปีที่ผ่านมา งานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดการการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินด้วยวิธีการกำหนดจุดจอตรพยาบาลที่เหมาะสม ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งเป็นที่สนใจของนักวิจัยมากมายในการศึกษาและพัฒนากระบวนการตัดสินใจและวิธีการในการทำงานของของระบบรพยาบาลฉุกเฉิน เช่น การศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดตำแหน่งของจุดจอตรพยาบาล (Brotcorne et al., 2003; Sorensen and Church, 2010) การศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางกะของทีมปฏิบัติงานกู้ชีพมีความสัมพันธ์กับรพยาบาลฉุกเฉิน (J. B. Goldberg, 2004) การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตัดสินใจนำส่งรพยาบาลฉุกเฉินไปยังพื้นที่ที่เกิดเหตุ (Lim et al., 2011; Schmid, 2012) และการศึกษาเกี่ยวกับการปรับตำแหน่งจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก หรือการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินตลอดเวลาการปฏิบัติงาน เมื่อมีการปรับเปลี่ยนของความต้องการ (Green and Kolesar, 2004) เป็นต้น ซึ่งวิธีการการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินเป็นหนึ่งในวิธีการที่ถูกลำเอามาแก้ไข้ปัญหาของรพยาบาลมากที่สุด เพื่อแก้ปัญหาการตอบสนองและทุกให้เกิดความมั่นใจในระดับการให้บริการของประชาชนจากระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

การตัดสินใจกำหนดจุดจอตและจำนวนของรพยาบาลฉุกเฉิน ในแต่ละพื้นที่ที่ได้ถูกกำหนดบนพื้นที่ที่บริการให้เป็นจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความต้องการในการบริการสูง ซึ่งจะเรียกวิธีการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินดังกล่าวว่า ปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ (static ambulance location problem) โดยการกำหนดจุดจอตที่จำเป็น และจำนวนรพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ โดยการพิจารณาเงื่อนไขต่างๆ ตามความต้องการและข้อจำกัดของระบบ โดยการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินนั้นจะเป็นการกำหนดจุดจอตรบนพื้นที่ต่างๆ ที่เป็นไปได้ เช่น ลานจอตรถ ฐานปฏิบัติการรพยาบาลฉุกเฉิน รพยาบาลต่างๆ เป็นต้น เพื่อกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งคันหรือมากกว่าหนึ่งคันที่สามารถครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมดได้ ซึ่งปัญหาการตัดสินใจเหล่านี้นำไปสู่การศึกษาและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาจำนวนมากของนักวิจัยทั่วโลก

จากการพิจารณาของงานวิจัยของ Brotcorne et al. (2003) นั้น มีการศึกษาวิจัยจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ เพื่อแก้ไข้ปัญหาจากกำหนดจุดจอตรพยาบาลที่มีความเหมาะสม โดยการพัฒนาของปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่นั้น สามารถแบ่งแยกประเภทของแบบจำลองได้ 3 ประเภท โดยจะถูกเรียงตามลำดับของการพัฒนาแบบจำลองการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน:

- 1) แบบจำลองตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับการครอบคลุมเดียว (single coverage deterministic models)
- 2) แบบจำลองตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุม (multiple coverage deterministic models)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แบบจำลองการกำหนดจุดจอดด้วยความน่าจะเป็น (probabilistic model) และแบบจำลองสุ่ม (stochastic model)

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองครอบคลุมพื้นฐานทั้ง 5 แบบจำลอง

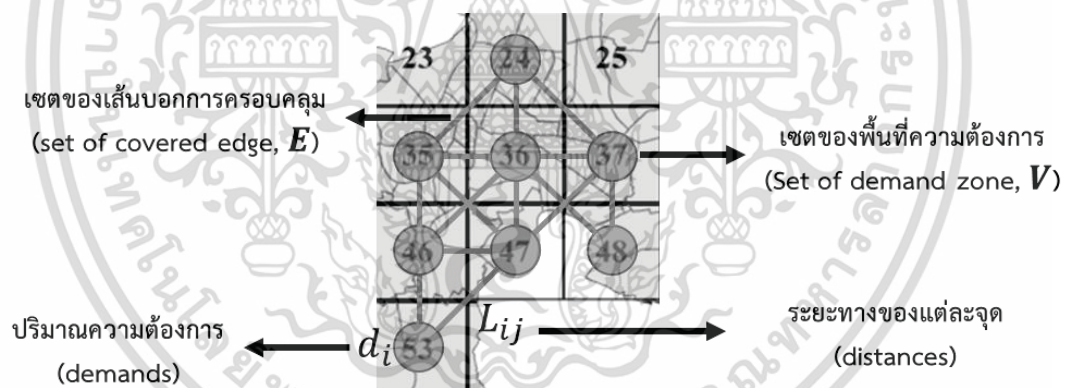
	LSCP	MCLP	DSM	MEXCLP	MALP
<b>1. วัตถุประสงค์</b>					
1.1 จำนวนจุดจอด /รถ น้อยที่สุด	✓				
1.2 จุดความต้องการถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่ง มากที่สุด		✓			
1.3 จุดความต้องการถูกครอบคลุมคู่ มากที่สุด			✓		
1.4 ค่าความคาดหวังที่จุดความต้องการถูกครอบคลุม มากที่สุด				✓	
1.5 ค่าความเชื่อมั่นที่จุดความต้องการถูกครอบคลุมที่ระดับ $\alpha$ มากที่สุด					✓
<b>2. เงื่อนไขของการครอบคลุม</b>					
2.1 ความต้องการ/ พื้นที่ ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่ง ภายในระยะทางมาตรฐาน	✓	✓		✓	✓
2.2 ความต้องการ/ พื้นที่ ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่ง ภายในระยะทางที่เพิ่มขึ้น			✓	✓	
<b>3. เงื่อนไขของจุดจอดรถพยาบาล</b>					
3.1 หนึ่งคันต่อจุดจอด	✓	✓	✓		✓
3.2 มากกว่าหนึ่งคันต่อจุดจอด				✓	
<b>4. รถพยาบาลฉุกเฉิน</b>					
4.1 จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินไม่จำกัด	✓				
4.2 จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินถูกกำหนดมา		✓	✓	✓	✓
<b>5. ความไม่แน่นอน</b>					
5.1 ความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน				✓	✓

จากแนวคิดของแบบจำลองทั้ง 3 ประเภท ที่ได้นำเสนอไปในข้างต้น ทำให้เกิดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีความเหมาะสม หรือที่ถูกรเรียกว่า แบบจำลองครอบคลุม (Covering model) ซึ่งถูกนำไปใช้เป็นแนวความคิดพื้นฐานของแบบจำลองครอบคลุมอื่นๆ ทั้งหมดจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสามารถจำแนกแบบจำลองครอบคลุมพื้นฐานได้ 5 แบบจำลอง ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.2 ซึ่งแต่ละแบบจำลองครอบคลุมมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ของแบบจำลองขึ้นอยู่กับวิธีการแก้ไขปัญหา ทั้งวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม เงื่อนไขของการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบคลุม เงื่อนไขของจุดจอตรพยาบาล ตลอดจนข้อจำกัดเกี่ยวกับรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ โดยรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองครอบคลุม จะถูกนำเสนอในส่วนหัวข้อถัดไป

จากการศึกษาวิจัยของ Başar et al. (2012) ที่ได้นำเสนออนุกรมวิธานของปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งประกอบไปด้วยการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ (systematic analysis) ของลักษณะต่างๆ ในแบบจำลอง นอกจากนี้จากการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมของ ReVelle (1989) และ Brotcorne et al. (2003) ที่ได้นำเสนอการสำรวจปัจจัยที่น่าสนใจ ซึ่งถูกนำมาใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน จากการพัฒนาแบบจำลองครอบคลุมมามากกว่า 40 ปี เพื่อบูรณาการแง่มุมความเป็นจริงของปัญหา หรือ ใกล้เคียงกับโลกแห่งความจริงมากที่สุด โดยการเพิ่มปัจจัยต่างๆ ในการพิจารณาเพิ่มเข้าไปยังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น ความต้องการที่ไม่แน่นอน (demand uncertainty) ความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน (availability of vehicles) และโอกาสในการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน (survival rate) เป็นต้น อย่างไรก็ตามแบบจำลองครอบคลุมที่มีการพิจารณาถึงสภาพการจราจรติดขัด (traffic congestion) ยังมีการศึกษาอย่างจำกัด จึงเป็นแนวคิดหลักของงานวิจัยในการนำเอาปัจจัยของสภาพการจราจรมาบูรณาการร่วมกับการตัดสินใจกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม

คำอธิบายและเครื่องหมายต่างๆ ที่จะใช้ตลอดงานวิจัยนี้ของแบบจำลองการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพจำลองการอธิบายแบบจำลองครอบคลุม ด้วยทฤษฎีกราฟ

แบบจำลองครอบคลุมนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยกราฟ  $G = (V, E)$  เมื่อ  $V = N \cup M$ ,  $N = (v_1, \dots, v_n)$  และ  $M = (v_{n+1}, \dots, v_{n+m})$  เป็น 2 เซตของเวกเตอร์ที่ถูกรวบรวมตามลำดับคือ พื้นที่ความต้องการ (demand zone) และจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ และ  $E = \{(v_i, v_j) : v_i, v_j \in V, i < j\}$  เป็นเซตของเส้นที่บอกระยะการครอบคลุมของแต่ละจุดจอต (edge set) แต่ละเส้น  $(v_i, v_j) \in E$  ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับระยะเวลาการเดินทางหรือระยะเวลาการตอบสนอง (travel time or response time) และระยะทางจากจุดจอตที่เป็นไปได้ไปยังพื้นที่ความต้องการ  $L_{ij}$  โดยที่ประชากรหรือปริมาณความต้องการจะเกี่ยวข้องกับพื้นที่ความต้องการ  $v_i \in V$  ที่เท่ากับ  $d_i$  โดยส่วนใหญ่แบบจำลองจะใช้เครื่องหมายของการครอบคลุม (notation of coverage)

เซต  $M_i$  และ  $M'_i$  มีลักษณะเช่นเดียวกับเซตของจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ซึ่งสามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เขียนได้พิมพ์และเผยแพร่เอกสารนี้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบคลุมพื้นที่ความต้องการ  $v_i$  ตามลำดับ ภายในระยะเวลาที่ถูกกำหนดได้อย่างจำกัด  $S$  และ  $S'$  โดยที่  $S' > S$  เซตของ  $N_j$  จะค่อนข้างมีลักษณะเช่นเดียวกับเซตของพื้นที่ความต้องการที่สามารถเข้าถึงได้ด้วยรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกกำหนดไว้ใน  $v_j$  ภายในระยะเวลา  $S$  สุดท้ายเมื่อจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้จะเท่ากับ  $P$

สำหรับแบบจำลองการกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับกันจะมีลักษณะเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ถูกนำเสนอครั้งแรกในปี 1971 ซึ่งแบบจำลองโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะคือ จุดบริการการแพทย์ฉุกเฉินหรือจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมตำแหน่งพื้นที่ความต้องการภายในระยะทางหรือระยะเวลามาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้ โดยจะมีพารามิเตอร์และตัวแปรทั่วไปดังต่อไปนี้

เซต (Set):

$V$  : เซตของจุดความต้องการ  $\{1, \dots, D\}$

$W$  : เซตของตำแหน่งจุดจอตรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $\{1, \dots, P\}$

$W_i$  : เซตของตำแหน่งจุดจอตรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ซึ่งครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะมาตรฐาน  $r$ ,  $\{j \in W_i | L_{ij} \leq r\}$

ดัชนี (Indices):

$i$  : ดัชนีของจุดความต้องการ  $i \in V$

$j$  : ดัชนีของตำแหน่งจุดจอตรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $j \in W$

พารามิเตอร์ (Parameters):

$L_{ij}$  : ระยะทางจากจุดความต้องการ  $i$  ไปยังจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน  $j$

$r$  : เกณฑ์ระยะทางมาตรฐาน สำหรับจุดความต้องการที่พิจารณาว่าถูกครอบคลุม

$D$  : จำนวนของจุดความต้องการทั้งหมด

$d_i$  : จำนวนของจุดความต้องการ  $i$

$P$  : จำนวนจุดจอตรถฉุกเฉินทั้งหมดที่เป็นไปได้ทั้งหมด

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables):

$x_j$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินถูกกำหนดบนตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

$y_i$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดความต้องการ } i \text{ ถูกครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งจุดจอต} \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

### 2.3.1 ตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับการครอบคลุมเดียว (Deterministic Single Coverage Models)

Toregas et al. (1971) เป็นนักวิจัยคนแรกที่ได้นำเสนอแบบจำลองครอบคลุมอย่างชัดเจนเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน โดยใช้เครื่องหมายต่างๆ ของแบบจำลองครอบคลุมด้วยทฤษฎีกราฟ โดยที่พื้นที่ที่ต้องการจะถือว่าถูกครอบคลุมถ้าหรือเพียงถ้าพื้นที่นั้นๆ ถูกเข้าถึงโดยอย่างน้อยหนึ่งคั่นของรพยาบาลฉุกเฉินภายในระยะเวลาที่กำหนด (prescribed time) หรือกรอบของระยะทาง (distance frame) ซึ่งแบบจำลองครอบคลุมดังกล่าวถูกเรียกว่า ปัญหาการกำหนดจุดจอตที่ครอบคลุม (Location Set Covering problem: LSCP) นำเสนอโดย Toregas et al. (1971) เพื่อพยายามที่จะหาจำนวนรพยาบาลฉุกเฉินที่น้อยที่สุด ที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการอย่างเพียงพอ โดยตัวแปรที่ใช้ถูกกำหนดให้เป็นแบบ 2 ค่าหรือตัวแปรแบบไบนารี (binary variables) โดย  $x_j$  จะเท่ากับ 1 ถ้าหรือเพียงถ้ารพยาบาลฉุกเฉินถูกกำหนดไว้ที่พื้นที่ซึ่งสามารถครอบคลุมจุดความต้องการได้  $v_j \in M$  แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว สามารถนำเสนอได้ดังต่อไปนี้

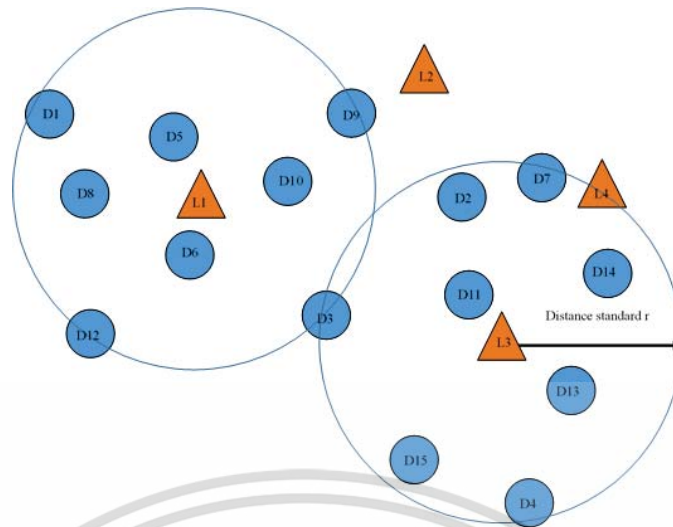
LSCP:

$$\text{Minimize } \sum_{j \in W} x_j \quad (2.1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in W_i} x_j \geq 1 \quad \forall i \in V \quad (2.2)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad j \in W \quad (2.3)$$

สำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง LSCP แสดงดังสมการที่ (2.1) ผลรวมของจำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่น้อยที่สุด โดยมีฟังก์ชันเงื่อนไขของแบบจำลองดังเงื่อนไขที่ (2.2) ทุกจุดความต้องการจะถูกครอบคลุมด้วยจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งจุดจอต ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างของแบบจำลอง LSCP ดังรูปที่ 2.3 เมื่อมีจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ 4 จุดจอต และมี 15 จุดความต้องการ หนึ่งจุดความต้องการจะถูกครอบคลุมด้วยจุดจอตฉุกเฉิน ภายในระยะทางมาตรฐาน  $r$  จากรูปจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่ 1 ( $L_1$ ) และจุดจอตฉุกเฉินที่ 3 ( $L_3$ ) ถูกเลือกให้เป็นจุดจอต ซึ่งสามารถครอบคลุมจุดความต้องการทั้งหมดได้



**รูปที่ 2.3** แบบจำลองครอบคลุม LSCP กำหนดให้  $D_1$  ถึง  $D_{15}$  เป็นจุดความต้องการ ซึ่ง  $L_1$  ถึง  $L_4$  คือจุดจอตลอดฉุกเฉินที่เป็นไปได้ จะเห็นได้ว่าตำแหน่ง  $L_1$  และ  $L_3$  ครอบคลุมทุกจุดความต้องการในระยะทางที่กำหนด

แบบจำลองครอบคลุม LSCP เป็นแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อนสามารถนำมาใช้ในการจัดการจริงของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินได้ เนื่องจากเป็นแบบจำลองเชิงกำหนดและใช้เพียงค่าคงที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการพิจารณาจำนวนทรัพยากรแบบไม่มีจำกัดและจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินที่เกิดขึ้นสามารถบริการผู้ป่วยฉุกเฉินได้เสมอ อย่างไรก็ตามแบบจำลองครอบคลุม LSCP มีประโยชน์มากในการกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินในระดับกลยุทธ์ ซึ่งได้มีการนำเอาแบบจำลองครอบคลุม LSCP ไปศึกษาเพิ่มเติม เช่น งานวิจัยของ Shiah and Chen, (2007) ได้นำเสนอแบบจำลองการจัดสรรจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน (Ambulance allocation Capacity Model: AACM) ซึ่งเป็นการบูรณาการแนวคิดการจัดการจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ให้บริการ (Ambulance service capacity) ร่วมกับแบบจำลองครอบคลุม LSCP และพิจารณาเงื่อนไขของถนนและการกระจายตัวของประชากร

ในทางทฤษฎีนั้นการที่จำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีอย่างไม่มีจำกัด เพื่อบรรลุเป้าหมายการครอบคลุมพื้นที่ความต้องการอย่างสมบูรณ์นั้นเป็นไปได้ แต่ในทางปฏิบัติจริงนั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ยิ่งไปกว่านั้นในหลายกรณีผู้จัดการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ในการกำหนดความเป็นไปได้ที่ดีที่สุดในการใช้รถพยาบาลฉุกเฉินที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงมีการพิจารณาข้อจำกัดในทางปฏิบัติเหล่านี้ ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ศึกษาเพิ่มเติมจากแบบจำลองครอบคลุม LSCP ถูกนำเสนอโดย Church & ReVelle (1974) ซึ่งได้เสนอแบบจำลองของปัญหาการกำหนดจุดจอตลอดที่ครอบคลุมสูงสุด (Maximal Covering Location Problem: MCLP) ที่มีเป้าหมายหลักเพื่อหาจำนวนของประชากรหรือจุดความต้องการที่ถูกครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกกำหนดมา  $P$  โดยแสดงผลลัพธ์ของการที่พื้นที่ความต้องการถูกครอบคลุม  $y_i$  เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดเป็นไบนารี ซึ่งจะเป็น 1 ถ้าหรือเพียงถ้าพื้นที่ความต้องการ  $x_i$  ที่ถูกครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งภายในระยะ  $S$  โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมนี้สามารถแสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCLP:

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i \in V} d_i y_i \quad (2.4)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in W_i} x_j \geq y_i \quad \forall i \in V \quad (2.5)$$

$$\sum_{j \in W} x_j = P \quad (2.6)$$

$$x_j, y_i \in \{0, 1\} \quad j \in W, i \in V \quad (2.7)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่ (2.4) คือผลรวมจำนวนความต้องการมากที่สุดที่ถูกครอบคลุม โดยมีเงื่อนไขของแบบจำลองตั้งเงื่อนไขที่ (2.5) คือจุดความต้องการ  $i$  ต้องถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่งจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินหรือมากกว่า ภายในระยะทางมาตรฐาน และเงื่อนไข (2.6) จำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินทั้งหมดที่เป็นไปได้เท่ากับ  $P$  สำหรับแบบจำลองครอบคลุม MCLP จะพิจารณาถึงขนาดของความต้องการ ซึ่งสามารถเปรียบได้กับค่าน้ำหนักของแต่ละจุดความต้องการ ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์และแบบจำลองครอบคลุม MCLP ยังคำนึงถึงโอกาสที่ดีที่สุดที่จะใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์มากที่สุด (Brotcorne et al., 2003)

มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการบริหารจัดการรพพยาบาลฉุกเฉินที่นำเอาแบบจำลองครอบคลุม MCLP ไปเป็นต้นแบบของแบบจำลอง เช่น Dessouky et al., 2006; Jia et al., 2007a, 2007b ได้มีการศึกษาที่ระดับคุณภาพของการบริการ (Quality level) และจำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละระดับคุณภาพ ของพื้นที่ขนาดใหญ่ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน และยังมีการศึกษาถึงความแตกต่างของประเภทการให้บริการ เช่น แบบจำลองพื้นที่ครอบคลุมสำหรับประเภทรพพยาบาลฉุกเฉินทั้งสองประเภท (Backup Double Covering Model: BDCM) (Başar et al., 2009) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอื่นๆ เช่น Alsalloum and Rand, 2003 และ Alsalloum and Rand, 2006 ได้ศึกษาเพิ่มเติมของแบบจำลองครอบคลุม MCLP และพัฒนาเพื่อใช้กับตัวแบบโปรแกรมเป้าหมาย (Goal programming model) โดยเริ่มจากการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่ทำให้ค่าความคาดหวังของความต้องการมากที่สุดและปรับจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละจุดจอต และเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการนำเสนองานวิจัยของ Erkut et al., 2008 ที่ได้นำเอาฟังก์ชันโอกาสในการรอดชีวิต (Survival function) เข้ามาในแบบจำลองครอบคลุม MCLP ซึ่งมีชื่อว่าแบบจำลองปัญหาการกำหนดพื้นที่ที่มีโอกาสรอดชีวิตมากที่สุด (Maximum Survival Location Problem: MSLP) ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของระยะเวลาการตอบสนองที่มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน และนำไปทดสอบในระบบจริงของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

จะสังเกตได้ว่าแบบจำลองครอบคลุม LSCP และ MCLP ถูกนำไปพิจารณาเฉพาะหนึ่งประเภทของรพพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งในความเป็นจริงมีการใช้งานรพพยาบาลฉุกเฉินมากกว่าหนึ่งประเภทของประเภท ในส่วนนี้ถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Schilling et al. (1979) ที่ได้นำเสนอ 3 แบบจำลองครอบคลุมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าประชากรที่คล้ายกันซึ่งถูกครอบคลุมที่มากที่สุด โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการใช้ทรัพยากรพยาบาลฉุกเฉิน 2 ประเภท ซึ่งถูกเรียกว่า แบบจำลองการจัดสรรอุปกรณ์แบบควบคู่ (Tandem Equipment Allocation Model: TEAM) แบบจำลองการจัดสรรอุปกรณ์ควบคู่แบบหลายเงื่อนไข (Multi-Objective Tandem Equipment Allocation Model: MOTTEAM) และเทคนิคการกำหนดสถานที่การปฏิบัติงานและตำแหน่งอุปกรณ์ (Facility-Location, Equipment-placement technique: FLEET)

แม้ว่าทั้งสองแบบจำลองครอบคลุม LSCP และ MCLP จะมีแนวคิดที่ง่ายไม่ได้มีความซับซ้อน แต่กลับเป็นแบบจำลองครอบคลุมพื้นฐานของการบริหารจัดการทรัพยากรพยาบาลฉุกเฉิน และถูกนำไปสู่การพิจารณาปัจจัยอื่นๆ และส่วนขยายของแบบจำลองครอบคลุมที่มีความสำคัญ ทั้งแบบจำลองครอบคลุมสำหรับตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุม และแบบจำลองครอบคลุมที่การพิจารณาความน่าจะเป็นและรูปแบบการสุ่ม แบบจำลองครอบคลุมเหล่านี้มีประโยชน์อย่างต่อกรนำไปใช้จริง ซึ่งจะถูกนำเสนอในส่วนถัดไป

### 2.3.2 ตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุม (Deterministic Multiple Coverage Models)

ตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับการครอบคลุมเดี่ยวนั้น พิจารณาในความเป็นจริงที่ว่าทรัพยากรฉุกเฉินมีความพร้อมปฏิบัติงานเสมอเมื่อมีการเรียกฉุกเฉิน ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนว่าไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริงในทางปฏิบัติ ทรัพยากรฉุกเฉินอาจไม่ได้พร้อมที่ตอบรับความต้องการฉุกเฉิน เมื่อเป็นช่วงเวลาที่มีการเข้ามาของความต้องการฉุกเฉินมากกว่า 2 ความต้องการที่ติดกันจากพื้นที่รับผิดชอบของทรัพยากรฉุกเฉินคันเดียวกัน เช่น ทรัพยากรฉุกเฉินจะยังคงบริการการเรียกครั้งแรกอยู่ เมื่อมีการเรียกครั้งที่สองถูกตอบรับมา สำหรับการแก้ไขปัญหาเหล่านี้หากใช้แบบจำลองครอบคลุมเดียวในการกำหนดจุดจอตพยาบาลฉุกเฉินอาจไม่สามารถตอบสนองได้หรือทำให้ขาดความทนทานของระบบ เมื่อพิจารณาเหตุการณ์ในชีวิตจริงแล้วการพิจารณาเพิ่มเติมการแก้ไขปัญหาที่มีความทนทานของระบบ (robustness) เข้าไปยังแบบจำลองครอบคลุมด้วยตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับการครอบคลุมเดียวจึงมีความสำคัญ ดังนั้นทำให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองครอบคลุมของตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุมขึ้นมา

แบบจำลองครอบคลุมของตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุมนี้ จะมีการพิจารณาในการเพิ่มระยะการครอบคลุมของจุดจอตพยาบาลที่เป็นไปได้ โดยให้พื้นที่ความต้องการที่ถูกครอบคลุมโดยทรัพยากรฉุกเฉินที่พร้อมปฏิบัติงานหนึ่งคันแล้วเป็นการครอบคลุมแรก และจะมีทรัพยากรฉุกเฉินที่พร้อมปฏิบัติงานอีกคันครอบคลุมพื้นที่ความต้องการเดียวกันซึ่งเป็นการครอบคลุมลำดับที่สอง โดยที่แบบจำลองเหล่านี้ไม่ใช่แบบจำลองครอบคลุมของความน่าจะเป็นหรือแบบจำลองแบบสุ่ม ดังนั้นจะเป็นการนำเสนอการปรับปรุงแบบจำลองครอบคลุมแบบเดียว โดยหลีกเลี่ยงการพิจารณาธรรมชาติการสุ่มของความต้องการฉุกเฉินที่เกิดจากความพร้อมในการปฏิบัติงานของทรัพยากรฉุกเฉิน

จากแนวคิดของตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุมที่ได้นำเสนอก่อนหน้านี้ มีหลายงานวิจัยที่นำเอาแนวคิดนี้ไปใช้พัฒนาแบบจำลองครอบคลุม ดังเช่นงานวิจัยของ Daskin & เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณผู้ใดเห็นประโยชน์ของการนำเอกสารนี้เป็นเอกสารใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stern (1981) ซึ่งเป็นแบบจำลองครอบคลุมแรกที่มีการพิจารณาอย่างชัดเจนเกี่ยวกับแบบจำลองที่มีหลายการครอบคลุม ซึ่งถูกเรียกว่า ปัญหาการกำหนดพื้นที่ครอบคลุมแบบวัตถุประสงค์เชิงลำดับชั้น (hierarchical objective set covering problem: HOSC) ที่ถูกนำเสนอโดยงานวิจัย Daskin & Stern (1981) เพื่อกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินใน Austin (Texas) ซึ่งไม่ได้พิจารณาเฉพาะการครอบคลุมแรก แต่พิจารณาทุกพื้นที่ที่ครอบคลุมหลังจากนั้น ในลำดับแรกแบบจำลอง HOSC จะกำหนดจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉินที่น้อยที่สุดที่ต้องการในการครอบคลุมพื้นที่ความต้องการทั้งหมด (ทุกพื้นที่ที่ถูกครอบคลุมอย่างน้อย 1 จุดจอตร) และในลำดับที่สองทำการหาจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉินที่มากที่สุดที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ความต้องการ ในกรณีนี้รพพยาบาลฉุกเฉินที่เสริมเข้ามาแต่ละคันมีความสำคัญเท่ากันในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งนำไปสู่ผลกระทบที่ผิดปกติบางอย่าง ซึ่งอาจไม่น่าสนใจมากในทางปฏิบัติจริง การครอบคลุมพื้นที่ความต้องการด้วยรพพยาบาลฉุกเฉินมากกว่า 2 คันนั้น ถ้าความเป็นไปได้ของความพร้อมในการปฏิบัติงานของรพพยาบาลทั้ง 2 จุดจอต มีค่าความน่าจะเป็นที่น้อยเหมือนกันจะทำให้พื้นที่ความต้องการนั้นได้รับบริการที่น้อยเช่นกัน นอกจากนี้เนื่องจากแบบจำลองครอบคลุม HOSC ไม่ได้มีการพิจารณาปริมาณของประชากรของแต่ละพื้นที่ความต้องการ ทำให้มีแนวโน้มจะมีการกระจุกตัวของจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินรอบพื้นที่ที่สามารถครอบคลุมได้ง่าย และปล่อยให้การเข้าถึงพื้นที่อื่นๆ ที่ถูกครอบคลุมโดยอย่างน้อยหนึ่งจุดจอตเกิดขึ้นได้ยาก

ต่อมาได้มีความพยายามในการปรับปรุงแบบจำลองครอบคลุม HOSC ซึ่งถูกนำเสนอโดย Eaton et al. (1986) ที่พยายามแก้ไขจุดอ่อนของแบบจำลอง HOSC โดยการพิจารณาความหนาแน่นของประชากรเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองด้วย ซึ่งแบบจำลองครอบคลุมดังกล่าวถูกเรียกว่า ปัญหาการปรับใช้รพพยาบาลฉุกเฉินของโดมินิกัน (Dominican Ambulance Deployment Problem: DADP) แบบจำลองถูกใช้เพื่อหาขนาดประชากรที่มากที่สุดที่ถูกครอบคลุมโดยรพพยาบาลฉุกเฉินหนึ่งคัน โดยที่แต่ละจุดจอตที่ถูกเพิ่มจะยังคงมีความสำคัญเท่ากันในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งแบบจำลองครอบคลุมที่ได้ยังคงหาจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉินที่น้อยที่สุดที่ต้องการเพื่อครอบคลุมพื้นที่ความต้องการทั้งหมด ซึ่งงานวิจัยของ Eaton et al. (1986) ได้พัฒนาควบคู่ไปกับงานวิจัยของ Hogan and ReVelle (1986) ซึ่งยังคงมีจุดประสงค์เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดของแบบจำลองครอบคลุม HOSC โดยการพิจารณาความหนาแน่นของประชากร แต่ยังคงให้ลำดับชั้นความสำคัญสำหรับระดับการครอบคลุมที่แตกต่างกัน แบบจำลองครอบคลุมที่พัฒนามากจากแบบจำลอง HOSC ทั้ง 2 แบบจำลองที่ได้กล่าวนั้นถูกเรียกอย่างแพร่หลายว่า แบบจำลองการครอบคลุมสำรองที่ 1 (Backup Coverage Model 1: BACOP1) และแบบจำลองการครอบคลุมสำรองที่ 2 (Backup Coverage Model 2: BACOP2) ทั้งสองแบบจำลองมีแนวคิดพื้นฐาน คือ การหาจำนวนประชากรที่มากที่สุดที่ถูกครอบคลุมโดยสองพื้นที่การครอบคลุม โดยการกำหนดจุดจอตของรพพยาบาลฉุกเฉิน

และแบบจำลองที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายสำหรับตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุมเป็นงานวิจัยของ Gendreau et al. (1997) ซึ่งได้นำเสนอแบบจำลองที่ถูกเรียกว่า แบบจำลองครอบคลุมแบบพื้นที่การครอบคลุมสองระยะทางมาตรฐาน (Double Standard Model: DSM) ซึ่งพิจารณาทั้ง 2 แนวคิด คือ การครอบคลุมสองเท่า (double coverage) และการครอบคลุมแบบต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รัศมี (different coverage radii) สำหรับแบบจำลองครอบคลุม DSM ถูกใช้เพื่อหาคำหนดจุดจุดโดยมีจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินจำกัดและหาจำนวนประชากรที่มากที่สุดที่ถูกครอบคลุมทั้งสองระยะการครอบคลุมภายในรอบช่วงเวลาที่กำหนดไว้  $S$  แบบจำลองครอบคลุมนี้ยังคงมีการพิจารณาเพื่อให้มั่นใจว่าสัดส่วนของประชากรที่ครอบคลุมโดยระยะ  $S$  และประชากรทั้งหมดที่ถูกครอบคลุมโดยระยะ  $S'$  ( $S' > S$ ) มีความเหมาะสม แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมแบบสองระยะทางมาตรฐาน ถูกนำเสนอโดย Gendreau et al., 1997 โดยกำหนดให้มี 2 ระยะทางมาตรฐาน  $r_1$  และ  $r_2$  ( $r_1 \leq r_2$ ) โดยมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

DSM:

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i \in V} d_i y_{i2} \quad (2.8)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in W_{i2}} x_j \geq 1 \quad \forall i \in V \quad (2.9)$$

$$\sum_{i \in V} d_i y_{i1} \geq \alpha \sum_{i \in V} d_i \quad (2.10)$$

$$y_{i2} \leq y_{i1} \quad \forall i \in V \quad (2.11)$$

$$\sum_{j \in W_{i1}} x_j \geq y_{i1} + y_{i2} \quad \forall i \in V \quad (2.12)$$

$$\sum_{j \in W} x_j = P \quad (2.13)$$

$$x_j \leq p_j \quad \forall j \in W \quad (2.14)$$

$$y_{i1}, y_{i2} \in \{0, 1\} \quad i \in V \quad (2.15)$$

$$x_j \text{ Integer} \quad j \in W \quad (2.16)$$

จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ เมื่อ  $y_{i1}$  และ  $y_{i2}$  เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดให้มี 2 ค่าแบบไบนารี ซึ่งจะเท่ากับ 1 เมื่อจุดความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่งจุดจอตพยาบาลฉุกเฉินและถูกครอบคลุมทั้งสองภายในระยะทางมาตรฐาน  $r_1$  ตามลำดับ  $W_{i1}$  และ  $W_{i2}$  แสดงเซตของจุดจอตพยาบาลฉุกเฉินที่สามารถครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะทาง  $r_1$  และ  $r_2$  ตามลำดับสำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม DSM จำนวนของความต้องการที่มากที่สุดที่ถูกครอบคลุมอย่างน้อยทั้งสองระยะทางภายในระยะ  $r_1$  เงื่อนไขที่ (2.9) และ (2.10) คือทุกพื้นที่ที่ความต้องการจะต้องถูกครอบคลุมภายในระยะทาง  $r_2$  และสัดส่วน  $\alpha$  ของพื้นที่ความต้องการทั้งหมดที่ถูกครอบคลุมภายในระยะ  $r_1$  เงื่อนไขที่ (2.11) จุดความต้องการจะไม่สามารถถูกครอบคลุมทั้งสองระยะ ถ้ามันไม่ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่งระยะ เงื่อนไขที่ (2.11) และ (2.12) เพื่อให้แน่ใจว่าจุดความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุมทั้งสองระยะ ถ้ามันถูกครอบคลุมโดยสองจุดจอตรถฉุกเฉินหรือมากกว่าภายในระยะทาง  $r_1$  เงื่อนไขที่ (2.13) และ (2.14) เป็นข้อจำกัดของจำนวนจุดจอตรถฉุกเฉิน

แบบจำลองครอบคลุม DSM ได้ถูกนำไปศึกษาเพิ่มเติมมากมาย เช่น งานวิจัยของ Doerner et al., 2005 และ Doerner and Hartl, 2008 ได้พัฒนาแบบจำลองบนพื้นฐานของแบบจำลองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการฝ่าฝืนกฎหมาย ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบคลุม DSM โดยเพิ่มส่วนของบทลงโทษ (Penalty terms) เข้าไปในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานหนักเกินไปของพนักงาน งานวิจัยของ Laporte et al. (2009) ได้รายงานถึงการ ใช้แบบจำลองครอบคลุม DSM ที่แตกต่างกันใน Canada Austria และ Belgium การศึกษาเหล่านี้ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองครอบคลุม DSM สามารถถูกนำมาใช้เพื่อจัดการได้ในชีวิตจริงและ อัลกอริทึมที่ถูกพัฒนานั้นใช้ในการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาเพื่อการกำหนดจุด จอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมใน Shanghai ประเทศจีน Su et al. (2015) ได้นำเสนอ แบบจำลองครอบคลุม DSM กับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ใหม่ คือ การหาค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดของ ค่าใช้จ่ายในการบริการล่าช้าและการใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งยังคงรวมอยู่ในสมการที่ได้ปรับปรุง ของปัญหาและเงื่อนไขภาระงานของรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีอย่างจำกัด สำหรับสุดท้ายงานวิจัยของ Storbeck (1982) ได้นำเสนอสมการที่มีความยืดหยุ่นโดยใช้พื้นฐานของแบบจำลองเชิงเป้าหมาย (goal programming) เพื่อกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งถูกเรียกว่า ปัญหาการกำหนดจุดจอด แบบหลายการครอบคลุมที่มากที่สุด (Maximal-Multiple Location Covering Problem: MMLCP) มีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดจุดจอดที่มีความยืดหยุ่นของความเร็วรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งมีลักษณะคล้าย กับการหาจำนวนประชากรที่น้อยที่สุดที่จะไม่ได้รับการครอบคลุมและการหาค่าที่มากที่สุดของจำนวน พื้นที่ความต้องการโดยรถพยาบาลฉุกเฉินมากกว่าหนึ่งคัน

จากแบบจำลองครอบคลุมทั้งหมดที่ได้นำเสนอ ทั้งในส่วนของตัวเองแบบเชิงกำหนดสำหรับ แบบจำลองครอบคลุมทั้งแบบการครอบคลุมเดียว และหลายการครอบคลุม สามารถสรุปได้ดังตาราง ที่ 2.3 โดยประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง เงื่อนไขของการครอบคลุม เงื่อนไขของจุดจอด รถพยาบาลฉุกเฉิน ลักษณะของรถพยาบาลฉุกเฉิน และการหาค่าตอบของแบบจำลอง

อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาแบบจำลองครอบคลุมของตัวเองแบบเชิงกำหนดสำหรับแบบจำลอง ครอบคลุมทั้งแบบการครอบคลุมเดียว และหลายการครอบคลุมนั้น เป็นแบบจำลองครอบคลุมที่มี ความเหมาะสมและมีประโยชน์อย่างมาก ในการใช้บริหารจัดการจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินของระบบ บริการการแพทย์ฉุกเฉินในการตัดสินใจระดับกลยุทธ์และยุทธวิธี เนื่องจากข้อจำกัดที่เห็นได้อย่าง เด่นชัดในแบบจำลองคือ แบบจำลองโดยส่วนเห็นจะพิจารณาจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ เหมาะสมด้วยข้อมูลเชิงกำหนด ทำให้ผลลัพธ์ของจุดจอดที่ได้มีโอกาสที่จะไม่สามารถตอบสนองต่อ ความต้องการที่เกิดขึ้นจริงได้ เนื่องจากความต้องการของเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นจริงนั้นมีความไม่ แน่นนอนที่สูง นอกจากนี้แต่ละจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุมของตัวเองแบบเชิง กำหนดนั้น แต่ละจุดจอดมีจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินเพียงจุดจอดละหนึ่งคัน และไม่ได้พิจารณาถึง ความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละจุดจอด ด้วยเหตุผลเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า แบบจำลองครอบคลุมของตัวเองแบบเชิงกำหนดเหมาะสมที่จะใช้กับการตัดสินใจในระดับกลยุทธ์และ ยุทธวิธี แต่ยังคงขาดความสามารถในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ถูกแก้ไข ในแบบจำลองครอบคลุมที่มีการพิจารณาความน่าจะเป็นและเหตุการณ์สุ่มที่เกิดขึ้น ซึ่งจะถูกนำเสนอ ในส่วนถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	(Toregas et al., 1971)	(Church and ReVelle, 1974)	(Schilling et al., 1979)	(Mark S. Daskin and Stern, 1981)	(Storbeck, 1982)	(Eaton et al., 1985)	(Eaton et al., 1986)	(Hogan and ReVelle, 1986)	(Galvão and ReVelle, 1996)	(Gendreau et al., 1997)	(Doerner et al., 2005)	(Su et al., 2015)	(Nilsang et al., 2019)
<b>4. รถพยาบาลฉุกเฉิน</b>													
4.1 รถฉุกเฉินมี หนึ่ง ประเภท	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
4.2 รถฉุกเฉินมี สอง ประเภท			✓										
4.3 กำหนดจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินมาให้		✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓		✓
4.4 จำกัด จำนวนความต้องการ ต่อ รถพยาบาล											✓		
4.5 จำกัด ภาระงาน ต่อรถพยาบาล												✓	
<b>5. ปัจจัยที่ผลต่อรถพยาบาลฉุกเฉิน</b>													
<b>5.1 ระยะเวลาการเดินทาง</b>													
5.1.1 ประเมินจากข้อมูลรถพยาบาลฉุกเฉิน		✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	
5.1.2 ประเมินจากข้อมูลสภาพการจราจร							✓					✓	
<b>5. เทคนิคการหาคำตอบ</b>													
5.1 Branch and bound		✓	✓					✓					✓
5.2 Branch and cut	✓			✓									
5.3 Greedy heuristic		✓											
5.4 Lagrangean heuristic									✓				
5.5 Heuristic method							✓						



### 2.3.3 แบบจำลองความน่าจะเป็นและแบบจำลองแบบสุ่ม (Probabilistic and Stochastic Model)

จากเนื้อหาก่อนหน้านี้แบบจำลองครอบคลุมของตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุมนั้น ได้แสดงผลอย่างชัดเจนในความประเด็นที่ว่า การวางแผนกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินควรที่จะสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นๆ ที่เพิ่มขึ้นได้ เมื่อมีการครอบคลุมหลายการครอบคลุม ซึ่งแบบจำลองครอบคลุมเหล่านี้เป็นตัวแทนถึงการพัฒนาที่สำคัญของแบบจำลองครอบคลุมตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับการครอบคลุมเดียว อย่างไรก็ตามแบบจำลองเหล่านี้ยังคงมีข้อจำกัดอยู่ จากการศึกษาเชิงลึกพบว่าแบบจำลองครอบคลุมแบบหลายการครอบคลุมไม่สามารถนำไปใช้ได้ทางปฏิบัติและไม่สามารถตอบสนองต่อระดับความพึงพอใจในการบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินได้ ในทางกลับกันมันอาจไม่จำเป็นในการใช้แบบจำลองครอบคลุมแบบหลายการครอบคลุม ถ้าระบบที่ศึกษาไม่พบปัญหาจากการครอบคลุมเดียวใดๆ ดังนั้นเพื่อการแก้ไขปัญหาคือข้อจำกัดจากตัวแบบเชิงกำหนดสำหรับหลายการครอบคลุม นักวิจัยหลายท่านได้ตัดสินใจพิจารณาถึงแหล่งของความไม่แน่นอนที่แตกต่างกัน ดังนั้นแบบจำลองครอบคลุมของแบบจำลองความน่าจะเป็นและแบบจำลองแบบสุ่มจึงได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อให้ได้ความแม่นยำที่สูงขึ้นในการตอบสนองต่อสถานการณ์ในการปฏิบัติงานจริง

แบบจำลองครอบคลุมสำหรับแบบจำลองความน่าจะเป็นและแบบจำลองสุ่ม แบบจำลองแรกที่ถูกนำเสนอในส่วนนี้ ถูกเรียกว่า แบบจำลองการกำหนดจุดจอดด้วยค่าความคาดหวังของการครอบคลุม (expected covering location model) แบบจำลองครอบคลุมนี้ถูกใช้เพื่อกำหนดเซตของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ค่าความคาดหวังของการครอบคลุมพื้นที่ความต้องการที่สูงที่สุด ซึ่งจะอธิบายในภายหลัง แบบจำลองค่าความคาดหวังของการครอบคลุมโดยทั่วไปพิจารณารถพยาบาลฉุกเฉินที่พร้อมจะปฏิบัติงาน คือปัจจัยหนึ่งที่เราพบเจอได้จริงในทางปฏิบัติของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกนำเสนอเพื่อจัดการกับความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับการต้องการการบริการ บางกรณีแบบจำลองครอบคลุมด้วยค่าความคาดหวังของการครอบคลุมอาจยังพิจารณาระยะเวลาการเดินทางแบบสุ่ม ซึ่งวิธีการเพิ่มปัจจัยความไม่แน่นอนเหล่านี้ ทำให้แบบจำลองการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินมีความสามารถในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ให้ดีขึ้น เนื่องจากใกล้เคียงกับรูปแบบการปฏิบัติงานจริงของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ดังแสดงในงานวิจัย Erkut et al., (2009) ซึ่งได้นำเสนอข้อดีของความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในแบบจำลองการกำหนดจุดจอด

งานวิจัยที่เห็นได้ชัดของการนำเอาความไม่แน่นอนของความพร้อมในการปฏิบัติงานมาพร้อมกับแบบจำลองครอบคลุม ได้แก่งานวิจัยของ Daskin (1982, 1983) ซึ่งเป็นคนแรกที่รวมความพร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉินในแบบจำลองการกำหนดจุดจอดด้วยค่าความครอบคลุมสูงสุด (maximal coverage location model) โดยที่ค่าความไม่พร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน หรือถูกเรียกว่า ค่าความยุ่งของรถพยาบาลฉุกเฉิน (busy fraction of vehicle) ถูกเขียนด้วยสัญลักษณ์  $q$  และกำหนดให้เป็นความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะไม่พร้อมในการตอบสนองต่อการเรียกใช้ของเหตุการณ์ฉุกเฉิน และนำมาพิจารณาถึงการแสดงออกของค่าความคาดหวังของการ

ครอบคลุม โดยที่ความไม่พร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉินถูกสมมติว่าทราบค่าได้ และให้รถพยาบาลฉุกเฉินทุกจุดจอด มีค่าเท่ากันและเป็นอิสระต่อกันในแต่ละพื้นที่

ในส่วนนี้ถ้าพื้นที่ความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉินจำนวน  $k$  คัน ค่าความคาดหวังของการครอบคลุมที่ได้จะเป็น  $E_k = d_i(1 - q^k)$  ที่  $1 - q^k$  ซึ่งแสดงถึงความน่าจะเป็นที่อย่างน้อยรถพยาบาลฉุกเฉินหนึ่งคันจะพร้อมปฏิบัติงาน และ  $d_i$  คือ จำนวนของความต้องการที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ความต้องการ  $i$  จากคำอธิบายเหล่านี้แบบจำลองครอบคลุมที่ได้จึงถูกเรียกว่าแบบจำลองการกำหนดจุดจอดด้วยค่าความคาดหวังของการครอบคลุมสูงสุด (Maximum expected covering location model: MEXCLP) ซึ่งได้ถูกนำเสนอโดย Daskin (1982, 1983) โดยกล่าวถึงการกำหนดจุดจอดของจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่มี เพื่อให้ได้ค่าความคาดหวังของการครอบคลุมสูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับความไม่พร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉิน สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP มีดังต่อไปนี้

MEXCLP:

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i \in V} \sum_{k=1}^P d_i(1 - q)q^{k-1}y_{ik} \quad (2.17)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in W_i} x_j \geq \sum_{k=1}^P y_{ik} \quad \forall i \in V \quad (2.18)$$

$$\sum_{j \in W} x_j \leq P \quad (2.19)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\} \quad i \in V, k = 1, \dots, P \quad (2.20)$$

$$x_j \text{ Integer} \quad j \in W \quad (2.21)$$

เมื่อ  $y_{ik}$  เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดให้เป็นไบนารีที่มี 2 ค่า ซึ่งจะเท่ากับ 1 เมื่อจุดความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุมโดยอย่างน้อย  $k$  จุดจรถพยาบาลฉุกเฉิน สำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (2.17) คือ ค่าความคาดหวังสูงสุดของจำนวนความต้องการถูกครอบคลุมด้วยจำนวนจุดจรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีอยู่จำกัด ด้านซ้ายมือของเงื่อนไขที่ (2.18) แสดงจุดจรถพยาบาลฉุกเฉินทั้งหมดที่ครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะทางมาตรฐาน  $r$  สำหรับด้านขวามือ คือ จำนวนครั้งที่จุดความต้องการ  $i$  ถูกครอบคลุม ความเหมือนกันของแบบจำลองครอบคลุม DSM และแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP คือ สามารถที่จะกำหนดรถพยาบาลฉุกเฉินได้มากกว่าหนึ่งคันบนจุดจรถพยาบาลฉุกเฉินอยู่บนพื้นที่เดียวกัน แบบจำลองครอบคลุม MEXCLP มีสมมติฐานที่เห็นได้อย่างชัดเจนที่สุด คือ ความเป็นอิสระกันของแต่ละจุดจรถพยาบาลฉุกเฉิน และความน่าจะเป็นที่จะเกิดไม่พร้อมปฏิบัติงานมีค่าเท่ากันทุกๆ จุดจรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งในความเป็นจริงความต้องการที่เกิดขึ้นแต่ละพื้นที่มีค่าไม่เท่ากัน จึงทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดไม่พร้อมปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินจะเปลี่ยนไปตามแต่ละพื้นที่ ซึ่งนับว่าเป็นข้อจำกัดของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ถูกนำไปใช้ในงานวิจัยของ Fujiwara et al., (1987) เพื่อกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย นอกจากนี้ยังมีอีกหลายส่วนขยายของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Bianchi and Church, (1988) ได้สร้างแบบจำลองเทคนิคการกำหนดสถานที่การปฏิบัติงานและตำแหน่งอุปกรณ์สำหรับหลายการครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉินประเภทเดียว หรือที่เรียกว่า แบบจำลองครอบคลุม MOFLEET โดยที่ตัวแปรของแบบจำลองนี้จะพิจารณาความเป็นอิสระของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินและการกำหนดจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉิน ต่อมาในงานวิจัยของ Daskin et al., (1988) ได้นำเสนอเพิ่มเติมจากแบบจำลองครอบคลุมทั่วไปของแบบจำลอง MEXCLP ที่สามารถจัดการกับระดับการครอบคลุมที่แตกต่างกันได้ นอกเหนือจากนี้แบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ยังถูกนำเสนอในลักษณะของการพิจารณาหลายช่วงเวลา (multi-period version) ที่ถูกพิจารณาและพัฒนาโดย Repede and Bernardo, (1994)

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาเพิ่มเติมจากแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP โดยศึกษาร่วมกับการหาคำตอบแบบวิธีฮิวริสติก ซึ่งจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Rajagopalan et al., (2007) และ Aytug and Saydam, (2002) ที่ได้พัฒนาการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก ประกอบไปด้วย ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) วิธีการการค้นหาแบบทาบู (Tabu search algorithm) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (simulated annealing algorithm) และวิธีการค้นหาแบบปีนเขา (hybridized hill climbing) ในการหาคำตอบของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในระยะเวลาใกล้เคียงกันกับงานวิจัยของ Saydam and Aytug, 2003 ได้เปลี่ยนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP เป็นแบบความสัมพันธ์ไม่เชิงเส้น (Nonlinear) เพื่อใช้ในการหาคำตอบด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมของแบบจำลอง MEXCLP ได้มีการเพิ่มเงื่อนไขความน่าเชื่อถือในพื้นที่ (Local reliability) ซึ่งนำเสนอในงานวิจัยของ Sorensen and Church, 2010 ที่สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยเงื่อนไขความน่าเชื่อถือในพื้นที่ ร่วมกับแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP โดยเพิ่มในส่วนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้วยประมาณค่าความน่าเชื่อถือในพื้นที่ที่ทำให้สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของการตอบสนองในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินได้

ข้อสังเกตที่สำคัญของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP และตัวแปรในแบบจำลองจะพิจารณาบน 3 สมมุติฐานหลัก คือ ความไม่พร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินทราบค่าได้และให้รถพยาบาลฉุกเฉินทุกๆ จุดจอดมีค่าเท่ากัน ความไม่พร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินเป็นอิสระกันในแต่ละพื้นที่และแต่ละพนักงานขับรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งงานวิจัยของ Batta et al., (1989) ได้ชี้ให้เห็นว่าสมมุติฐานเหล่านี้เป็นสมมุติฐานทั่วไปซึ่งไม่พบในทางปฏิบัติ เนื่องจากสมมุติฐานเหล่านี้นำไปสู่ช่องว่างในงานวิจัยที่สำคัญระหว่างสมรรถนะของการคาดการณ์และของระบบจริงในการทำงาน ดังนั้นเพื่อให้ได้การประมาณค่าความครอบคลุมที่ดีขึ้น Batta et al., (1989) จึงได้นำเสนอสองตัวแปรของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ที่ยินยอมให้ผ่อนคลายเป็นสมมุติฐาน ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองแรก ที่มีการการผ่อนคลายเป็นสมมุติฐานของแบบจำลอง MEXCLP (Adjusted Maximum expected covering location model: AMEXCLP) ซึ่งยังคงคล้ายกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองครอบครัว MEXCLP อยู่มาก แต่จะพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ได้แก้ไขจากทฤษฎีแถวคอย (queuing theory) (Larson, 1975) ที่ยินยอมให้ผ่อนคลายนโยบายความเป็นอิสระของรถพยาบาลฉุกเฉิน ในแบบจำลองที่สอง Batta et al., (1989) ได้นำเสนอการใช้แบบจำลองไฮเปอร์คิวบ์ (hypercube model) (Larson, 1974, 1975) เพื่อประเมินค่าความครอบคลุมสำหรับแผนการกำหนดจุดจอดล่วงหน้า ในกรณีนี้การผ่อนคลายนโยบาย 3 สมมติฐานหลักนั้นรวมถึงการเรียกฉุกเฉินที่เป็นแบบคิวในการคำนวณค่าความครอบคลุมด้วย และแนวคิดเดียวกันถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Galvão et al., (2005) ที่ได้พัฒนาวิธีการฮิวริสติกแบบการอบอุ่น (simulated annealing heuristic) เพื่อหาแผนการกำหนดจุดจอดที่เหมาะสมที่สุด โดยการใช้แบบจำลองไฮเปอร์คิวบ์ในการคำนวณค่าความครอบคลุม

จะเห็นได้ว่าแต่ละแบบจำลองครอบครัวที่ได้นำเสนอจนถึงตอนนี้จะพิจารณาระยะเวลาเดินทางเป็นแบบเชิงกำหนด (deterministic travel times) ในทางปฏิบัติระยะเวลาการเดินทางระหว่างสองพื้นที่นั้นอาจมีความแตกต่างจากการแทรกแซงของปัจจัยต่างๆ มากกว่าหนึ่งปัจจัย ยกตัวอย่างเช่น สภาพการจราจรติดขัด ที่ได้มีการนำเสนอในงานวิจัยของ Daskin, (1987) ที่ได้แนะนำให้กำหนดจุดจรถพยาบาลฉุกเฉินฉุกเฉิน ด้วยการประเมินพื้นที่ความต้องการรวมถึงเส้นทางที่ควรใช้เพื่อเข้าถึงความต้องการ ด้วยการพิจารณาระยะเวลาการเดินทางแบบสโตแคสติกส์ ในกรณีนี้ค่าความคาดหวังของการครอบคลุมนั้นจะเป็นฟังก์ชันของความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินสามารถเข้าถึงพื้นที่ความต้องการภายในรอบเวลาที่ได้กำหนดไว้ โดยสมมติว่ารถพยาบาลฉุกเฉินสามารถปฏิบัติงานได้ แบบจำลองที่ได้นำเสนอโดย Daskin, (1987) นั้นเป็นการหาค่าความคาดหวังของการครอบคลุมนสูงสุด ขณะที่ระยะเวลาการตอบสนองเฉลี่ยต่ำสุดในกรณีพิเศษที่รถพยาบาลฉุกเฉินทั้งสองคันจะต้องถูกส่งไปยังพื้นที่เกิดเหตุได้

ต่อมาในปี 1990 ได้มีการนำเสนอในงานวิจัยของ Goldberg et al., (1990) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองครอบครัวที่มีวัตถุประสงค์คล้ายกับแบบจำลอง MEXCLP แบบจำลองนี้ยังคงกำหนดจุดจอดที่ให้จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีค่าความคาดหวังของการครอบคลุมนสูงสุด และยังพิจารณาระยะเวลาการเดินทางแบบสโตแคสติกส์ นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาการตัดสินใจสั่งการ (dispatching decision) ยังสมมติให้รายการการสั่งการของรถพยาบาล (preference list) เช่น รายการสั่งการของรถพยาบาลฉุกเฉินเรียงตามลำดับความสำคัญของการสั่งการ ค่าความคาดหวังของการครอบคลุมนี้ แสดงถึงการใช้ความน่าจะเป็นที่พื้นที่ความต้องการสามารถเข้าถึงได้ภายในรอบของเวลาและรายการการสั่งการที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า ความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะไม่พร้อมปฏิบัติงานถูกสมมติให้เป็นอิสระต่อกันในแต่ละขั้นตอนของระบบ และถูกคำนวณด้วยทฤษฎีแถวคอย แบบจำลองที่ได้นำเสนอโดย Goldberg et al., (1990) ยอมให้มีการคำนวณโดยตัววัดสมรรถนะหลายตัวของกำหนดจุดจอดที่กำหนดไว้ ด้วยการใช้แบบจำลองเชิงพรรณนาหรือกรอบแนวความคิดในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ต่อมาในงานวิจัยของ Goldberg and Paz, (1991) ได้พัฒนาโดยการเปลี่ยนวิธีการฮิวริสติกที่ใช้กับแบบจำลองครอบครัวที่ได้นำเสนอโดย Goldberg et al., (1990) จากแนวคิดของค่าความคาดหวังของการครอบคลุมนถูกขยายไปยังองค์การของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ที่ใช้รถพยาบาลฉุกเฉิน 2 ประเภท ในงานวิจัยของ Mandell, (1998) และในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยของ Ingolfsson et al., (2008) ได้นำเสนอแบบจำลองที่ได้แรงบันดาลใจจากส่วนหนึ่งของงานวิจัย Goldberg et al., (1990) โดยได้มีการเพิ่มการพิจารณาตัวแปรของเวลาในการเตรียมพร้อม (chute time) เวลาในการเตรียมพร้อมถูกกำหนดเป็นเวลาระหว่างการเข้ามาของการเรียกใช้บริการและการสั่งการของรถพยาบาลฉุกเฉินเพื่อประสานงานฉุกเฉิน

แต่ละแบบจำลองครอบคลุมที่ได้นำเสนอในส่วนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาค่าความคาดหวังของการครอบคลุมสูงสุด โดยใช้ความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินที่สามารถบริการพื้นที่ที่ต้องการภายในกรอบเวลาที่กำหนดไว้ได้ และอีกปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ความน่าจะเป็นที่มาจากกำหนดการเงื่อนไขตามโอกาส (Chance-constrained programming) ซึ่งได้ถูกนำมาพิจารณาเป็นวิธีการลำดับที่สองในการจัดการกับแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนต่างๆ ที่เกิดขึ้น ในตำแหน่งจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งแตกต่างจากแบบจำลองความคาดหวังของการครอบคลุม ข้อจำกัดตามโอกาสจะพิจารณาความไม่แน่นอนในรูปแบบของเซตของเงื่อนไขความน่าจะเป็นที่จะรับประกันความน่าเชื่อถือของระบบ ทำให้มีการกำหนดข้อจำกัดกลางของจำนวนรถพยาบาลที่จำเป็น เพื่อให้แน่ใจว่ามีการครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการอย่างเพียงพอ วิธีการเหล่านี้ถูกนำมาใช้คำนวณข้อจำกัดกลางที่แตกต่างกันไปในแต่ละแบบจำลอง

จากแนวคิดก่อนหน้านี้ งานวิจัยของ ReVelle and Hogan, (1988) ได้สร้างแบบจำลองปัญหาการกำหนดความน่าจะเป็นของจุดจอตที่ครอบคลุม (Probabilistic Location Set Covering Problem: PLSCP) ซึ่งเป็นรูปแบบความน่าจะเป็นของแบบจำลองครอบคลุม LSCP เพื่อหาจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินน้อยที่สุด ที่ต้องการเพื่อให้แน่ใจว่ามีรถอย่างน้อยหนึ่งคันสำหรับแต่ละความต้องการมีระดับความน่าเชื่อถือตามที่กำหนด ในกรณีนี้เงื่อนไขความน่าจะเป็นถูกสร้างโดยการใช้ค่าความไม่พร้อมของรถพยาบาลเฉพาะพื้นที่ (zone-specific busy fractions) ค่าความไม่พร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉินของพื้นที่นั้นจะแสดงเป็นอัตราส่วนระหว่างเวลาให้บริการสำหรับความต้องการที่เกิดขึ้นในพื้นที่และความพร้อมใช้งานของยานพาหนะที่สามารถรับประกันความครอบคลุมได้

และด้วยแนวคิดเดียวกัน ReVelle and Hogan, (1989) ได้นำเสนอรูปแบบความน่าจะเป็นของแบบจำลองครอบคลุม MCLP และถูกเรียกว่า แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมด้วยค่าความน่าเชื่อถือของการครอบคลุม (Maximum Availability Location Problem: MALP) แบบจำลองครอบคลุม MALP จะกำหนดจุดจอตจากจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่กำหนด เพื่อให้ได้จำนวนประชากรที่ถูกครอบคลุมมากที่สุด โดยที่มีรถอย่างน้อยหนึ่งคันพร้อมปฏิบัติงานภายในกรอบของเวลาที่กำหนดและระดับความน่าเชื่อถือที่กำหนดให้ ซึ่งมีด้วยกันสองแบบจำลอง คือ แบบจำลองครอบคลุม MALP-I สมมุติให้จุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินมีค่าความไม่พร้อมในการปฏิบัติงานมีค่าเหมือนกันในทุกพื้นที่ เป็นค่า  $q$  แต่ในแบบจำลองครอบคลุม MALP-II ค่าความไม่พร้อมในการปฏิบัติงานเฉพาะพื้นที่เช่นเดียวกับ PLSCP โดยมีค่า  $q_i$  มาจากอัตราส่วนของช่วงการแจ้งเหตุทั้งหมดจากพื้นที่ความต้องการ  $i$  ถึงค่าที่ยอมรับได้ของทุกจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน  $W_i$  ซึ่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม MALP-I จำนวนความต้องการสูงสุดที่ถูกครอบคลุมโดยจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินภายในระยะทาง  $r$  ที่ค่าระดับความเชื่อมั่น  $\alpha$  จุดความต้องการ  $i$  จะที่ถูกครอบคลุมด้วยค่าความน่าเชื่อถือ  $\alpha$  ถ้า  $1 - q^{\sum_{j \in W_i} x_j} \geq \alpha$  ดังนั้นเพื่อให้บรรลุการครอบคลุมด้วยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความน่าเชื่อถือ  $\alpha$  จำนวนของจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  จะต้องมีค่า

$$\sum_{j \in W_i} x_j \geq \left\lceil \frac{\log(1 - \alpha)}{\log q} \right\rceil = b \quad (2.22)$$

ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

MALP-I:

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i \in V} d_i y_{ib} \quad (2.23)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in W_i} x_j \geq \sum_{k=1}^b y_{ik} \quad \forall i \in V \quad (2.24)$$

$$y_{i,k+1} \leq y_{ik} \quad \forall i \in V, \quad k = 1, \dots, b-1 \quad (2.25)$$

$$\sum_{j \in W} x_j = P \quad \forall i \in V \quad (2.26)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad j \in W \quad (2.27)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\} \quad i \in V, k = 1, \dots, p \quad (2.28)$$

ฝั่งซ้ายมือของเงื่อนไขที่ (2.24) จุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินทั้งหมดที่ครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะทาง  $r$  และขวามือแสดงจำนวนครั้งของจุดความต้องการ  $i$  ที่ถูกครอบคลุม ซึ่งต้องมีค่าน้อยกว่า  $b$

นอกจากนี้ในงานวิจัยของ ReVelle and Marianov, (1991) ยังได้นำเสนอรูปแบบความน่าจะเป็นของแบบจำลองครอบคลุม FLEET หรือที่เรียกว่า แบบจำลอง PROFLEET แบบจำลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้จำนวนความต้องการสูงสุดที่สามารถครอบคลุมได้พร้อมกัน โดยรถพยาบาลฉุกเฉินสองประเภทด้วยระดับความน่าเชื่อถือที่กำหนดไว้ และเมื่อไม่นานมานี้ Shariat-Mohaymany et al., (2012) ได้ใช้ประโยชน์จากแนวคิดของแบบจำลองครอบคลุม PLSCP เพื่อสร้างแบบจำลองที่จำกัดความต้องการที่สั่งการในแต่ละรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละคัน และได้มีการกำหนดระดับความน่าเชื่อถือขั้นต่ำของแต่ละพื้นที่

จากแบบจำลองครอบคลุม MALP PLSCP และ PROFLEET ได้มีการกำหนดว่าค่าความไม่พร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉินเป็นอิสระต่อกัน แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณีสมมุติฐานนี้อาจส่งผลต่อค่าความไม่พร้อมของรถและส่งผลต่อสมรรถนะของระบบที่คาดการณ์ไว้ เพื่อผ่อนคลายสมมุติฐานนี้และทำให้ได้การประมาณความแม่นยำอย่างมีประสิทธิภาพที่แท้จริงของระบบ Marianov and ReVelle (1994, 1996) ได้นำเสนอ 2 แบบจำลองครอบคลุม คือ แบบจำลองครอบคลุม Q-PLSCP และแบบจำลองครอบคลุม Q-MALP ที่มีการขยายเพิ่มเติมจากแบบจำลอง PLSCP และแบบจำลอง MALP ในแบบจำลองที่กล่าวนี้ได้มีการเอาทฤษฎีแถวคอย (queueing theory) ที่ถูกนำมาใช้ในการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ต้องการ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบมีความน่าเชื่อถือ และเมื่อไม่นานมานี้ Harewood, (2002) ได้พัฒนารูปแบบหลายวัตถุประสงค์ของ Q-MALP ต่อมา Galvão et al., (2005) ได้นำเอาแบบจำลองครอบคลุม MALP ไปบูรณาการร่วมกับทฤษฎีแถวคอยเพื่อให้แสดงผลดีขึ้นในสถานการณ์จริง แบบจำลองเหล่านี้ได้รวมเอาการแก้ไขข้อจำกัดของแบบจำลองครอบคลุมความน่าจะเป็นก่อนหน้า เพื่อให้พิจารณาความไม่พร้อมเฉพาะของรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละคัน (vehicle-specific busy fractions) มากกว่าความไม่พร้อมเฉพาะพื้นที่ และรวมไปถึงความร่วมมือกันของรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละคัน

จนถึงตอนนี้แบบจำลองครอบคลุมส่วนใหญ่ที่นำเสนอมาถือว่าความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินเป็นสาเหตุหลักของความไม่แน่นอน ต่อไปนี้เป็นแบบจำลองครอบคลุมแรกที่พิจารณาความไม่แน่นอนทางอ้อมที่เกี่ยวข้องกับการมาถึงของความต้อการ ซึ่งถูกเรียกว่าแบบจำลองครอบคลุม REL-P โดยงานวิจัย Ball and Lin, (1993) ได้พิจารณาพฤติกรรมสุ่ม (random behavior) ของคำขอรับบริการฉุกเฉินโดยตรง ดังนั้นแต่ละความต้อการเกิดการสุ่มจากการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ได้กำหนดไว้ เพื่อใช้ในการสร้างเงื่อนไขที่จำกัดความน่าจะเป็นของจำนวนการโทรเข้ามาแจ้งเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นในแต่ละภูมิภาค และในแต่ละช่วงเวลา มากกว่าจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมพื้นที่กับระดับความน่าเชื่อถือที่กำหนด ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง REL-P เพื่อที่จะช่วยลดต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นและรับประกันความน่าเชื่อถือของบริการสำหรับแต่ละพื้นที่ความต้อการ และการปรับปรุงล่าสุดในงานวิจัยของ Borrás and Pastor, (2002) ได้นำเสนอรูปแบบของแบบจำลองครอบคลุม REL-P ที่ใช้ความไม่พร้อมในการปฏิบัติงานเฉพาะของรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละคันแทนการใช้ความไม่พร้อมเฉพาะพื้นที่ตามที่ถูกใช้อยู่ในแบบจำลอง REL-P ก่อนหน้า

และเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับฟังก์ชันการรอดชีวิต (survival function) ร่วมกับแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ในการกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน โดยถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Erkut et al., (2008) ซึ่งได้เสนอแบบจำลองครอบคลุมที่คำนึงถึงระยะครอบคลุมกับโอกาสการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน เพื่อกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน และงานวิจัยของ Knight et al., (2012) ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมถึงประเภทของผู้ป่วยที่แตกต่างกัน (heterogeneous patients) ซึ่งสามารถสร้างงานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบจำลองครอบคลุมพื้นที่จากค่าความคาดหวังในการครอบคลุมสูงสุด

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองครอบคลุมพื้นที่จากค่าความคาดหวังในการครอบคลุมสูงสุด และความน่าจะเป็นที่มาจากการกำหนดการเงื่อนไขตามโอกาสของจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ซึ่งประกอบด้วยวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง เงื่อนไขของการครอบคลุม เงื่อนไขของจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน ลักษณะของรถพยาบาลฉุกเฉิน และการหาค่าต้อของแบบจำลอง และเพิ่มเติมในส่วนของแหล่งความไม่แน่นอนที่ถูกนำมาศึกษาในงานวิจัยนั้นๆ

จากการศึกษางานวิจัยของแบบจำลองครอบคลุม ที่ใช้สำหรับกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของความพร้อมในการปฏิบัติงานรถพยาบาลฉุกเฉิน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองครอบคลุมเหล่านี้มีประโยชน์อย่างมากสำหรับการตัดสินใจในระดับปฏิบัติการ แต่อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติงานจริงของรพยบาลฉุกเฉินในการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน มีปรับเปลี่ยนของปัจจัยต่างๆ ตลอดเวลา เช่น ความต้องการเรียกใช้บริการ การเปลี่ยนตำแหน่งของรพยบาลฉุกเฉิน การไม่พร้อมในการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ตลอดจนสภาพการจราจรที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการปฏิบัติงาน ดังนั้นการที่จุดจอตรพยบาลฉุกเฉินสามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดวัน จึงเป็นประเด็นที่ให้ความสำคัญในปัจจุบัน ซึ่งประเด็นเหล่านี้จะถูกนำเสนอในส่วนถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







ตารางที่ 2.5 สรุปตัวแบบความน่าจะเป็นสำหรับแบบจำลองการครอบคลุม (แบบจำลองเงื่อนไขตามโอกาส)

	(ReVelle and Hogan, 1988)	(ReVelle and Hogan, 1989)	(ReVelle and Marianov, 1991)	(Ball and Lin, 1993)	(Vladimir Marianov and ReVelle, 1994)	(Vladimir Marianov and ReVelle, 1996)	(Harewood, 2002)	(Beraldi et al., 2004)	(Galvão et al., 2005)	(Alsalloum and Rand, 2006)	(Erkut et al., 2008)	(Beraldi and Bruni, 2009)	(Shariat-Mohaymany et al., 2012)	(Zhang and Jiang, 2014)
<b>1. วัตถุประสงค์</b>														
1.1 จำนวนจุดจอด/ รถพยาบาล น้อยที่สุด	✓				✓					✓				
1.2 ค่าความคาดหวังที่จุดความต้องการถูกครอบคลุม มากที่สุด														
1.3 จุดความต้องการถูกครอบคลุมด้วยความเชื่อมั่น $\alpha$ มากที่สุด		✓	✓			✓	✓		✓		✓			
1.4 จุดความต้องการที่ไม่ถูกครอบคลุม น้อยที่สุด				✓			✓			✓			✓	✓
1.5 ค่าดำเนินการ น้อยที่สุด								✓				✓		✓
<b>2. เงื่อนไขของการครอบคลุม</b>														
2.1 แต่ละความต้องการ/ พื้นที่ ถูกครอบคลุม ด้วยความเชื่อมั่น $\alpha$	✓				✓				✓				✓	
2.2 แต่ละความต้องการ/ พื้นที่ ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่ง				✓								✓		
<b>3. เงื่อนไขของจุดจอดรถพยาบาล</b>														
3.1 มากที่สุดหนึ่งคันต่อจุดจอด		✓	✓				✓				✓			
3.2 มากที่สุด $p_j$ ต่อจุดจอด				✓					✓	✓		✓		✓

	(ReVelle and Hogan, 1988)	(ReVelle and Hogan, 1989)	(ReVelle and Marianov, 1991)	(Ball and Lin, 1993)	(Vladimir Marianov and ReVelle, 1994)	(Vladimir Marianov and ReVelle, 1996)	(Harewood, 2002)	(Beraldi et al., 2004)	(Galvão et al., 2005)	(Alsalloum and Rand, 2006)	(Erkut et al., 2008)	(Beraldi and Bruni, 2009)	(Shariat-Mohaymany et al., 2012)	(Zhang and Jiang, 2014)
3.3 จำกัดจำนวนจุดจอดที่ใช้			✓							✓				
3.4 การบังคับเลือกจุดจอดพื้นที่สำคัญ														
<b>4. รถพยาบาลฉุกเฉิน</b>														
4.1 รถฉุกเฉินมี หนึ่ง ประเภท	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4.2 รถฉุกเฉินมี สอง ประเภท			✓											
4.3 กำหนดจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินมาให้		✓	✓			✓	✓		✓					
4.4 ขอบเขตล่างที่ถูกคำนวณ ของแต่ละพื้นที่	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓				
<b>5. ความไม่แน่นอน</b>														
<b>5.1 ความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน</b>														
5.1.1 ความไม่พร้อมเดียวกันทั้งระบบ		✓												
5.1.2 ความไม่พร้อมของแต่ละพื้นที่เฉพาะ	✓	✓	✓											
5.1.3 พิจารณาด้วยการใช้ทฤษฎีแถวคอย					✓	✓	✓			✓				
5.1.4 การแก้ไขปัจจัยในเงื่อนไข									✓					

		(ReVelle and Hogan, 1988)													
		(ReVelle and Hogan, 1989)													
		(ReVelle and Marianov, 1991)													
		(Ball and Lin, 1993)													
		(Vladimir Marianov and ReVelle, 1994)													
		(Vladimir Marianov and ReVelle, 1996)													
		(Harewood, 2002)													
		(Beraldi et al., 2004)													
		(Galvão et al., 2005)													
		(Alsalloum and Rand, 2006)													
		(Erkut et al., 2008)													
		(Beraldi and Bruni, 2009)													
		(Shariat-Mohaymany et al., 2012)													✓
		(Zhang and Jiang, 2014)													
5.1.5	จำกัดผลลัพธ์ที่ได้ของฟังก์ชันความไม่พร้อม														
5.2	การเดินทาง														
5.2.1	ประเมินจากข้อมูลรถพยาบาลฉุกเฉิน				✓	✓	✓					✓		✓	
5.2.2	ประเมินจากข้อมูลสภาพการจราจร							✓		✓					
5.3	ความต้องการที่สร้างขึ้นจริง								✓				✓		✓
5.4	โอกาสในการรอดชีวิต											✓			
5.	เทคนิคการหาคำตอบ														
5.1	Branch and bound		✓	✓	✓	✓	✓								
5.2	LINDO							✓							
5.3	Heuristic method		✓										✓		
5.4	Simulated annealing								✓						
5.5	CPLEX								✓			✓			✓
5.6	Exact method									✓		✓	✓		

### 2.3.4. วิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

ในส่วนนี้จะนำเสนอวิธีการหาคำตอบที่ถูกนำมาพิจารณาในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินจนถึงตอนนี้ ซึ่งได้แก่ การหาคำตอบด้วยวิธีการฮิวริสติก (Heuristic method) นิยมใช้ในการแก้ปัญหาจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินบนพื้นที่ขนาดใหญ่ (Large scale) การหาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation method) ซึ่งถูกนำเสนอในการสำรวจของงานวิจัย Goldberg (2004) และ Bélanger et al., (2012) แต่ละวิธีการเหล่านี้มีข้อดีและข้อเสียต่อการหาคำตอบในการกำหนดจุดจอด วิธีการจำลองสถานการณ์และทฤษฎีแถวคอย (queueing theory) (Larson, 1974, 1975) สามารถนำไปใช้ได้ดีกับการกำหนดจุดจอดแบบไดนามิกและแบบจำลองที่มีความไม่แน่นอนในระบบ โดยทั่วไปถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบคำตอบที่ได้รับจากวิธีการฮิวริสติกหรือการผสมเข้ากับวิธีการอื่นๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคำตอบ และการหาคำตอบแบบวิธีการแม่นยำตรง (Exact method) ใช้กับการหาคำตอบของปัญหาจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินขนาดเล็ก (Small size problem) หรือบางงานวิจัยมีการนำไปใช้ร่วมกับวิธีการจำลองสถานการณ์เพื่อทำการปรับปรุงคำตอบที่ได้ (Aboueljine et al., 2013) สำหรับรายละเอียดของทั้ง 3 วิธีการหาคำตอบ จะถูกนำเสนอต่อไปนี้

#### 1) วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristics method)

สำหรับวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่จะนำเสนอเป็นวิธีการหาคำตอบที่นิยมใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน จากการศึกษาของงานวิจัยของ Li et al., (2011) สามารถกำหนดวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกที่นิยมถูกกับวิธีการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินได้ 3 กลุ่มวิธีการ ประกอบด้วย การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) และการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบ และการหาคำตอบด้วยวิธีการฮิวริสติกอื่นๆ

##### (1.1) การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA)

การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการที่ถูกใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับวิธีการแบบฮิวริสติก ด้วยความสามารถในการค้นหาคำตอบที่มีดี GA จึงถูกใช้ในการหาจุดเหมาะสมของคำตอบ โดยอาศัยหลักการการคัดสรรของธรรมชาติ (Natural selection) และความอยู่รอดที่เหมาะสม (Survival of the fittest) ยืนจากจุดจอดรถพยาบาลที่มีความเหมาะสมสูง จะถูกส่งต่อไปยังจุดจอดอื่นๆ ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละรุ่นของคำตอบ ซึ่งส่งผลให้คำตอบที่ได้จะถูกพัฒนาเพื่อหาคำตอบที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Beasley and Chu, 1996)

จากงานวิจัยของ Beasley and Chu, (1996) เป็นงานวิจัยแรกที่มีการนำเอา GA เข้ามาใช้หาคำตอบสำหรับแบบจำลองครอบคลุม ด้วยตัวอย่างของปัญหาขนาดเล็กผลลัพธ์ของวิธีการที่นำเสนอสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ แต่ต่อมาเมื่อขยายไปยังปัญหาขนาดใหญ่วิธีการที่นำเสนอก็ยังคงสามารถหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Aickelin, (2002) ใช้การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาคำตอบของการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ด้วยแรงบันดาลใจจากงานวิจัยของ Beasley and Chu, (1996) ทำให้ Aytug and Saydam, 2002 ได้นำเสนองานวิจัยที่ได้ประยุกต์การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการหาคำตอบของแบบจำลอง

ครอบคลุม MEXCLP เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์กับผลที่ได้จาก CPLEX และการหาคำตอบแบบฮิวริ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติแบบแดสกิน (Daskin's heuristic) และการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมได้ถูกพัฒนาด้วยแบบจำลอง hypercube queuing โดยงานวิจัยของ Saydam and Aytug, (2003) เพื่อการประเมินค่าความคาดหวังในการครอบคลุมที่แม่นยำของแบบจำลองครอบคลุม

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Jaramillo et al., (2002) ได้สร้างการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมที่คล้ายกับงานวิจัยของ Beasley and Chu, (1996) และงานวิจัยของ Jia et al., (2007b) ได้ใช้วิธีการหาคำตอบแบบ GA ในการหาคำตอบของแบบจำลองครอบคลุมเมื่อมีการพิจารณาแบบหลายปริมาณและคุณภาพ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Iannoni and Morabito, 2007 ได้นำแบบจำลอง hypercube queuing ร่วมกับการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาพื้นที่รับผิดชอบของแต่ละจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน และ Iannoni et al., 2009 ได้นำกระบวนการค้นหาพื้นที่มาประยุกต์ใช้กับการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินบนทางหลวง

### (1.2) การหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu search: TA)

การหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบูเป็นวิธีการค้นหาพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะ โดยการใช้ความจำหรือรายการต้องห้าม (Tabu list) ในการหาคำตอบ ซึ่งจะหลีกเลี่ยงคำตอบเหล่านั้นภายในระยะเวลาที่กำหนดให้ โดยผลลัพธ์ของคำตอบจะเคลื่อนที่ไปหาคำตอบที่ดีกว่าจากคำตอบข้างเคียงทั้งหมด

ซึ่งได้มีการนำวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบูมาประยุกต์ใช้กับการกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน เช่น ในงานวิจัยของ Arostegui Jr et al., (2006) และ Rajagopalan et al., (2007) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการหาคำตอบแบบฮิวริสติกประกอบไปด้วย การหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบู การหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม และการหาคำตอบด้วยวิธีการเลียนแบบการอบอ่อน เพื่อหาตำแหน่งของจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม ซึ่งจากทั้งสองงานวิจัยวิธีการหาคำตอบแบบ TA สามารถคำตอบของผลลัพธ์ได้รวดเร็วกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Doerner et al., 2005 ได้ปรับปรุงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม DSM และใช้วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบูในงานวิจัยของ Gendreau et al., 2001 ที่ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสม

### (1.3) วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกอื่นๆ

เช่นเดียวกับความนิยมของวิธีการหาคำตอบแบบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม และวิธีการค้นหาแบบทาบู ยังคงมีวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกอื่นๆ ที่ถูกนำมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน เช่น วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบลากรานจ์ (Lagrangian heuristic) จากงานวิจัยของ Karasakal and Karasakal, (2004) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองครอบคลุม MCLP ในประเด็นของการครอบคลุมบางส่วนในพื้นที่ครอบคลุมและพัฒนากระบวนการหาคำตอบด้วยวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบลากรานจ์ นอกจากนี้ยังได้มีการใช้วิธีการหาคำตอบโดยการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulate annealing) ในการหาคำตอบ ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Galvão et al., (2005) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบโดยการเลียนแบบการอบอ่อนเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมจากการศึกษาส่วนขยายของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลอง MALP เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Arostegui Jr et al., (2006) และ Rajagopalan et al., (2007) ที่ได้นำเสนอวิธีการอย่างง่ายของวิธีการหาคำตอบโดยการเลียนแบบการอบอุ่น เพื่อหาคำตอบจากแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP

### 2) วิธีการหาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation method)

จากการศึกษางานวิจัยของ Marianov and ReVelle, (1995) ได้นำเสนอว่าการพัฒนาของวิธีการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินและวิธีการปรับเปลี่ยนจุดจอตของรพยาบาลฉุกเฉิน มีแนวโน้มที่จะเติบโตควบคู่ไปกับการพัฒนาของเทคโนโลยีสารสนเทศ ดังนั้นวิธีการหาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์จะกลายเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากเพื่อศึกษาระบบที่มีความซับซ้อนเช่นระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งสามารถสรุปประโยชน์ของวิธีการหาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ได้ 3 ประการ คือ 1) เพื่อใช้ในการเจาะลึกในการใช้นโยบายการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินจากคำตอบที่เหมาะสมหรือคำตอบที่ใกล้เคียง 2) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการหาคำตอบที่แตกต่างกัน 3) เพื่อการรวบรวมวิธีการและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีและรวดเร็วขึ้น

มีนักวิจัยจำนวนมากที่บูรณาการวิธีการหาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีการอื่นๆ เช่น งานวิจัยของ Maxwell et al., (2009) ได้พัฒนาวิธีการจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ของนโยบายการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม และงานวิจัยของ Harewood, (2002) ได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อตรวจสอบวิธีการหาคำตอบ โดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ด้วยปัจจัยที่แตกต่างกันของระบบและเปรียบเทียบกับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินในปัจจุบัน และงานวิจัยของ Henderson and Mason, (2005) ได้ใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ ที่มีชื่อว่า BARTSIM เพื่อบูรณาการข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical information system: GIS) ลงในแบบจำลองสถานการณ์ และให้การสนับสนุนการปรับปรุงตารางการออกปฏิบัติงานของรพยาบาลฉุกเฉิน โดยการแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ของแต่ละนโยบายของรพยาบาลฉุกเฉินที่แตกต่างกัน เพื่อกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน

### 3) วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการแม่นยำ (Exact method)

ปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินนิยมกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer programming) ดังนั้นการใช้วิธีการแบ่งและแตกกิ่ง (Branch and Bound: B&B) จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาที่มีขนาดเล็กบ่อยครั้ง เช่นในงานวิจัยของ Marianov and ReVelle, (1994) ได้นำเสนอแบบจำลองครอบคลุม QPLSCP และการผ่อนคลายแบบจำลองเป็นวิธีการตัวแบบเชิงเส้น (linear programming) ซึ่งได้ใช้วิธีการ B&B ในการหาคำตอบ ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Mannino and Sassano, (1995) และ Marianov and ReVelle, (1996) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองครอบคลุม Q-MALP และใช้วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการแม่นยำในการหาคำตอบของการผ่อนคลายแบบจำลองเป็นสมการเชิงเส้น ของการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน

## 2.4 การปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบหลายช่วงเวลา และแบบไดนามิก (Multi-period and dynamic relocation problems)

การกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ มีวัตถุประสงค์พื้นฐานเพื่อเลือกที่ตั้งของจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินจะสามารถรองรับเหตุการณ์และเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุการณ์ ดังนั้นรพยาบาลจะถูกสมมุติว่าจะกลับมายังจุดจอตของเดิมที่ถูกกำหนดไว้ เมื่อปฏิบัติงานเสร็จเรียบร้อย ซึ่งในบางครั้งการปรับเปลี่ยนจุดจอตของรพยาบาลฉุกเฉินในระหว่างวัน ไปยังพื้นที่ที่มีความต้องการสูงกว่านั้นกลายเป็นประเด็นที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก เมื่อมีการพิจารณาการเปลี่ยนไปของความต้องการตลอดทั้งวัน ดังนั้นจึงทำให้เกิด ปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน (Relocation problem) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการย้ายตำแหน่งจุดจอตของรพยาบาลฉุกเฉินจากที่มีความพร้อมไปยังจุดอื่นๆ เพื่อให้แน่ใจว่ามีความสามารถในการบริการที่เพียงพอต่อความต้องการที่เกิดขึ้นได้

การพัฒนาของระบบการปรับเปลี่ยนจุดจอตที่เกิดขึ้นนี้ มีผลมาจากความผันผวนของรูปแบบความต้องการ (demand's pattern fluctuation) ตลอดทั้งวัน เช่น การเคลื่อนไหวของประชากร (population movement) เพื่อจัดการกับความผันผวนที่เกิดขึ้นเหล่านี้ทำให้มีการแบ่งช่วงเวลาของการทำงานออกเป็นหลายช่วงเวลา ในหลายพื้นที่ที่จะมีการจัดตั้งจุดจอตที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นรพยาบาลฉุกเฉินจะถูกเคลื่อนย้ายกันระหว่างช่วงเวลาเพื่อไปยังจุดจอตอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมาย ปัญหาลักษณะนี้จะถูกเรียกว่า การปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบหลายช่วงเวลา (Multi-period relocation problem)

นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนของระบบที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ (system state's variations) ยกตัวอย่างเช่น เมื่อรพยาบาลฉุกเฉินตอบสนองต่อความต้องการในกรณีฉุกเฉิน ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินยังจะต้องทำงานกับจำนวนรพยาบาลที่ลดลง เมื่อพิจารณาถึงข้อเท็จจริงเหล่านี้สถานะของระบบจะถือว่าแตกต่างกันไป เนื่องจากจำนวนรพยาบาลฉุกเฉินที่มีอยู่จะปรับเปลี่ยนไปตามการส่งรพยาบาลและการสิ้นสุดภารกิจ จากนั้นรพยาบาลจะถูกย้ายเมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงและจำเป็นต้องใช้เพื่อรักษาระดับการให้บริการที่เหมาะสม ในกรณีนี้เนื่องจากการตัดสินใจปรับเปลี่ยนจุดจอตขึ้นอยู่กับสถานะของระบบ ปัญหาเหล่านี้จึงถูกเรียกว่า การปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก (Dynamic relocation problem)

การปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินทั้งแบบหลายช่วงเวลา และแบบไดนามิก มีความสัมพันธ์กับแบบจำลองครอบคลุมแบบคงที่ อย่างไรก็ตามปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตมีลักษณะเฉพาะเป็นของตนเอง ประการแรกปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่โดยทั่วไปพิจารณาในการวางแผนระดับยุทธวิธี ปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินค่อนข้างถูกใช้เพื่อพิจารณาวางแผนในระดับปฏิบัติการ และในบางกรณีถูกใช้เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นแบบทันกาล ในทางปฏิบัตินั้นเจ้าหน้าที่ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน มักจะต้องการการตัดสินใจอย่างรวดเร็วในเรื่องการจัดส่งและการตัดสินใจปรับเปลี่ยนจุดจอต เพื่อให้แน่ใจว่ามีระดับการบริการที่เหมาะสม นอกเหนือจากความแตกต่างในเรื่องระดับการตัดสินใจแล้ว ปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รพพยาบาลฉุกเฉิน มักจะรวมถึงเงื่อนไขในทางปฏิบัติซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้แน่ใจว่าระบบมีเสถียรภาพ ซึ่งไม่ใช่ในกรณีของปัญหาการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ โดยที่ข้อจำกัดด้านจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉินหรือระยะทางที่เดินทางสามารถนำมาพิจารณาได้ ในลักษณะของการพิจารณาเพื่อปรับสมดุลกัน (trade-off) ระหว่างระดับการบริการและต้นทุนการปรับเปลี่ยนจุดจอต

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมามีความสนใจจำนวนมากเกี่ยวกับการพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉิน ทั้งในแบบหลายช่วงเวลา และแบบไดนามิก ซึ่งมีการศึกษาถึงประเด็นใหม่จำนวนมาก และยังคงปรากฏอย่างสม่ำเสมอ ดังเช่นหลายกรณีในงานวิจัยของ Bélanger et al., (2014), (2016) ที่กล่าวว่าระดับการบริการที่ดีขึ้น สามารถทำได้โดยการใช้การวางแผนในระดับกลยุทธ์ที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น ด้วยการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินที่มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ของแต่ละพื้นที่

#### 2.4.1 การปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินแบบหลายช่วงเวลา (Multi-period relocation problem)

เมื่อกล่าวถึงแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตแบบหลายช่วงเวลานั้น เกิดขึ้นครั้งแรกในลูย์ส วิลล์ (รัฐเคนทักกี) โดยงานวิจัยของ Repede and Bernardo, (1994) ได้มีการตั้งข้อสังเกตว่าแบบจำลองการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินที่เสนอจนถึงขณะนี้ ไม่ได้พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงความต้องการเมื่อเวลาผ่านไป อย่างไรก็ตามในกรณีของลูย์สวิลล์นั้น ก็เป็นเช่นเดียวกับกรณีอื่นๆ ที่รูปแบบความต้องการมีความแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาของวัน ดังนั้นงานวิจัยของ Repede and Bernardo, (1994) จึงได้สร้างแบบจำลองการกำหนดจุดจอตด้วยค่าความคาดหวังของการครอบคลุมสูงสุดด้วยการปรับเปลี่ยนเวลา (Maximum expected covering location model with time variation: TIMEXCLP) ซึ่งเป็นรูปแบบหลายช่วงเวลาของแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP จากข้อมูลที่เราพบนี้สามารถระบุได้ว่าแบบจำลองครอบคลุม TIMEXCLP เป็นแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินแบบหลายช่วงเวลาแบบจำลองแรก ตามแนวคิดเดิมของแบบจำลอง MRXCLP นั้น ทำให้แบบจำลอง TIMEXCLP ยังคงพิจารณาค่าความคาดหวังในการครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด แต่มีการพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนความผันแปรของรูปแบบความต้องการและจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉินที่พร้อมปฏิบัติงานในแต่ละช่วงเวลา แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองไม่ได้ระบุอย่างชัดเจนเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนจุดจอต จึงทำให้แบบจำลอง TIMEXCLP เป็นส่วนขยายเพียงเล็กน้อยของแบบจำลอง MEXCLP โดยทั้งสองแบบจำลองมีลักษณะคล้ายกันแตกต่างกันเพียงมีการพิจารณาบนช่วงเวลาที่แตกต่างกัน แบบจำลองครอบคลุม TIMEXCLP จะทำการหาคำตอบเพียงครั้งเดียวก่อนที่จะเริ่มดำเนินงานของระบบเพื่อทำการกำหนดจุดจอตของแต่ละช่วงเวลาสำหรับประเด็นของต้นทุนที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา ทั้งในส่วนของการเริ่มตั้งจุดจอตและค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉิน ได้มีการเพิ่มเติมเข้ามาในงานวิจัยของ van den Berg and Aardal, (2015)

ต่อมามากกว่า 10 ปีหลังจากที่งานวิจัยของ Repede and Bernardo, (1994) ได้นำเสนอแบบจำลอง TIMEXCLP ก็ได้มีการนำเสนอแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตแบบหลายช่วงเวลาขึ้นอีกครั้งโดยงานวิจัยของ Rajagopalan et al., (2008) ซึ่งมีรูปแบบหลายช่วงเวลาจากแบบจำลองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังระบบอินเทอร์เน็ตการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบคลุม PLSCP ซึ่งถูกเรียกว่า แบบจำลองการกำหนดจุดจอดครอบคลุมที่พร้อมปฏิบัติงานแบบไดนามิก (dynamic available coverage location model: DACL) แบบจำลองครอบคลุม DACL มีเป้าหมายเพื่อกำหนดจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินขั้นต่ำที่จำเป็น เพื่อประกันความครอบคลุมของแต่ละพื้นที่ความต้องการ โดยให้ระดับความน่าเชื่อถือที่กำหนดและพิจารณาช่วงเวลาต่างๆ เช่นเดียวกับแบบจำลอง TIMEXCLP แบบจำลอง DACL ไม่ได้มีการนำเอาเงื่อนไขที่คำนึงถึงการย้ายตำแหน่งจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินระหว่างช่วงเวลา นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Rajagopalan et al., (2008) ได้มีการนำเอาวิธีการหาคำตอบแบบวิธีเมต้าฮีริสติก ของการค้นหาแบบทาบู (tabu search metaheuristic method) มาใช้เพื่อหาคำตอบ ต่อจากนั้นได้มีการนำเสนอในงานวิจัยของ Saydam et al., (2013) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมจากแบบจำลองครอบคลุม DACL เพื่อพิจารณาการลดจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกย้ายตำแหน่งระหว่างช่วงเวลาให้น้อยที่สุด ซึ่งทั้งสองวิธีการที่นำเสนอจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินจะถูกกำหนดขึ้นจากการคำนวณเพียงครั้งเดียว สำหรับแต่ละช่วงเวลาและจะนำจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินไปใช้เมื่อมีความจำเป็น

ต่อมาได้มีการนำเสนอในงานวิจัยโดย Başar et al., (2011) ที่ได้พิจารณาปัญหาในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินว่า ควรเปิดที่จุดไหนและเปิดเมื่อไร สำหรับการวางแผนแบบหลายช่วงเวลา ซึ่งถูกเรียกว่า แบบจำลองครอบคลุมสองระดับการสนับสนุนแบบหลายช่วงเวลา (Multi-period backup double covering model: MPBDCM) เป็นการรวมกันระหว่างแบบจำลองครอบคลุม BACOP และ DSM โดยการพิจารณาแบบหลายช่วงเวลา มีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดว่าจะใช้จุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินใดในแต่ละช่วงเวลาที่ทำให้เกิดครอบคลุมพื้นที่ความต้องการ โดยอย่างน้อย 2 จุดจอดที่แตกต่างกันสำหรับทุกช่วงเวลา ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างแบบจำลอง MPBDCM กับแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดที่นำเสนอไปก่อนหน้านี้ คือการพิจารณาว่าจุดจอดใดจะต้องถูกเปิดและจุดจอดนั้นจะต้องเปิดจนกระทั่งหมดช่วงเวลาที่กำหนดไว้

และล่าสุดของการปรับเปลี่ยนแบบหลายช่วงเวลา ถูกนำเสนอโดยงานวิจัยของ Schmid and Doerner, (2010) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองครอบคลุมพื้นที่ครอบคลุมสองระดับแบบหลายช่วงเวลา (multi-period double standard model: mDSM) ซึ่งเป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากแบบจำลองครอบคลุม DSM ในรูปแบบหลายช่วงเวลา แบบจำลอง mDSM แตกต่างจากแบบจำลอง DSM ที่มีการพิจารณาการเปลี่ยนของระยะเวลาการเดินทางของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการจราจรที่ติดขัด (traffic congestion) นอกเหนือจากนั้นได้มีการพิจารณาถึงข้อจำกัดของจำนวนความต้องการที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะสามารถให้บริการได้ซึ่ง ไม่มีในแบบจำลองครอบคลุม DSM เดิมและได้ถูกศึกษาในงานวิจัยของ Doerner et al., (2005) เกี่ยวกับประเด็นนี้ด้วย

ความแตกต่างของแต่ละแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่นำเสนอจนถึงขณะนี้ได้มีการพิจารณา ความต้องการฉุกเฉิน ตลอดจนจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีอยู่ และเวลาในการเดินทางที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงของวัน แม้ว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ดีกว่าแบบจำลองการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ แต่ก็ยังคงไม่ได้คำนึงถึงสถานะของระบบที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากส่งรถพยาบาลฉุกเฉินออกปฏิบัติงานและเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน

เพื่อจัดการกับประเด็นเหล่านี้จึงได้มีการศึกษาถึงการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิกขึ้น ซึ่งจะนำเสนอไปส่วนถัดไป

#### 2.4.2 การปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก (Dynamic relocation problem)

แบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน แบบจำลองแรกที่ได้มีการอธิบายอย่างชัดเจนถึงลักษณะไดนามิกของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ถูกนำเสนอโดยงานวิจัย Gendreau et al., (2001) นั่น คือ แบบจำลองปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน (ambulance relocation problem:  $RP^t$ ) โดยเป็นการใช้พื้นฐานมาจากแบบจำลองครอบคลุม DSM สำหรับแบบจำลอง  $RP^t$  ยังคงมีเป้าหมายในการหาจำนวนประชากรหรือความต้องการที่ถูกครอบคลุมที่มากที่สุด โดยการครอบคลุมอย่างน้อย 2 จุดจอตในกรอบของเวลาที่กำหนด แต่ก็พยายามที่จะลดต้นทุนการปรับเปลี่ยนจุดจอตในขณะเดียวกัน ด้วยจุดประสงค์นี้ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะประกอบด้วย ส่วนการลงโทษ (penalty term) ที่คำนึงถึงประวัติการปรับเปลี่ยนจุดจอต ส่วนการลงโทษนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหลีกเลี่ยงการเดินทางไป-กลับ ที่ระยะยาวเกินไป รวมไปถึงการเคลื่อนย้ายรถพยาบาลคันเดิมซ้ำๆ และจะมีการอัปเดตทุกครั้งที่มีการปรับเปลี่ยนจุดจอต

ในทางปฏิบัติแบบจำลอง  $RP^t$  ควรที่จะได้รับการอัปเดตทุกครั้งที่รถพยาบาลฉุกเฉินถูกส่งออกไปปฏิบัติงานยังพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉิน อย่างไรก็ตามในบริบทของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน โดยทั่วไป การตัดสินใจปรับเปลี่ยนจุดจอตจะต้องทำแบบทันทีและเวลาในการคำนวณที่จำเป็นในการแก้ปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตอาจนานเกินไป ที่จะพิจารณาในแต่ละครั้งที่มีการส่งรถพยาบาลฉุกเฉินออกปฏิบัติงาน เพื่อแก้ไขความยากลำบากเหล่านี้ นักวิจัยจึงได้นำเสนอประโยชน์จากช่วงเวลาที่มีอยู่ระหว่างการเรียกรับบริการ 2 ครั้ง เพื่อกำหนดแผนการปรับเปลี่ยนจุดจอต ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการจัดส่งรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละครั้งที่เป็นไปได้ และต่อมามีการศึกษาเพิ่มเติมโดยงานวิจัยของ Moeini et al., (2014) โดยการศึกษาเพิ่มเติมจากแบบจำลอง  $RP^t$  เพื่อบูรณาการความแตกต่างของข้อกำหนดในเรื่องไขการครอบคลุมให้เฉพาะบางพื้นที่ความต้องการเท่านั้นที่จะได้รับประโยชน์จากการครอบคลุมสองระดับ

ต่อมาได้มีการนำเสนองานวิจัยของ Gendreau et al., (2006) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิกอีกแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับรถพยาบาลฉุกเฉิน โดยเฉพาะ ซึ่งถูกเรียกว่า ปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตด้วยค่าความคาดหวังของการครอบคลุมสูงสุด (Maximal Expected Relocation Problem: MECRP) แบบจำลองที่นำเสนอจะเกี่ยวกับการกำหนดแผนการปรับเปลี่ยนจุดจอตอย่างเหมาะสมสำหรับแต่ละสถานะของระบบที่เป็นไปได้ โดยกำหนดให้เป็นความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถเป็นไปได้เมื่อมีจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ยังเป็นที่น่าสนใจว่าเงื่อนไขของแบบจำลองครอบคลุม MECRP นั้นคล้ายกับเงื่อนไขของแบบจำลองครอบคลุม MCLP ดังนั้นแบบจำลองครอบคลุม MECRP จะทำการหาค่าตอบเพียงครั้งเดียวก่อนที่จะเริ่มดำเนินงานของระบบ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และต่อแบบจำลอง MECRP ถูกนำไปใช้งานวิจัยของ Maleki et al., (2014) เพื่อสร้างสองแบบจำลองครอบคลุมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของรถพยาบาลฉุกเฉินโดยเฉพาะ จากโรงพยาบาลไปยังจุดจอด และจากจุดจอดไปยังโรงพยาบาล ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในสี่เขตของเมืองอิสฟาฮาม อิรัก

แบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดแบบไดนามิกที่ถูกนำเสนอต่อมา โดยงานวิจัยของ Andersson and Värbrand, (2007) ซึ่งได้นำเสนอแบบจำลองแบบไดนามิกที่แตกต่างจากงานวิจัยของ Gendreau et al., (2001) โดยการกำหนดสมรรถนะของระบบ โดยการพิจารณามาตรการการเตรียมความพร้อม (preparedness measure) หมายถึงความสามารถของระบบที่จะตอบสนองต่อความต้องการในอนาคต มากกว่าการวัดความครอบคลุมเช่นเดียวกับแบบจำลองก่อนหน้านี้โดยส่วนใหญ่ ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นระดับการเตรียมความพร้อมของแต่ละพื้นที่ความต้องการจะถูกตรวจสอบอยู่เสมอ ดังนั้นการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของรถพยาบาลฉุกเฉินจะถูกเปิดเมื่อระดับการเตรียมพร้อมต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้

ซึ่งจากแนวคิดก่อนหน้านี้ของงานวิจัย Gendreau et al., (2006) ได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยของ Nair and Miller-Hooks, (2009) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอด (location-relocation model) ที่พิจารณาพัฒนาการของสถานะของระบบตลอดเวลาการทำงาน ในกรณีนี้สถานะของระบบในแต่ละช่วงเวลาถูกกำหนดโดยการกระจายตัวของความน่าจะเป็นจากสายเรียกเข้า จำนวนความพร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉิน และระยะเวลาในการเดินทางบนท้องถนนในแต่ละเวลาโดยเฉพาะ ซึ่งแบบจำลองของ Nair and Miller-Hooks, (2009) ถูกนำเสนอแบบหลายฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ประกอบด้วยสองวัตถุประสงค์ คือ การครอบคลุมสองระดับที่มากที่สุด และค่าใช้จ่ายในการกำหนดจุดจอดและปรับเปลี่ยนจุดจอดที่น้อยที่สุด

เมื่อเทียบกับแบบจำลองครอบคลุมก่อนหน้านี้แล้ว ในงานวิจัยของ Maxwell et al., (2009) ได้มีการนำเอากำหนดการเชิงไดนามิก (dynamic programming) มาใช้ในการสร้างแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งอย่างไรก็ตามปัญหาที่ถูกศึกษามีการกำหนดข้อจำกัดของการปรับเปลี่ยนจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินไว้เฉพาะเมื่อรถพยาบาลฉุกเฉินปฏิบัติงานเสร็จแล้วเท่านั้น ซึ่งจากมุมมองทางด้านทรัพยากรบุคคลแล้ว แบบจำลองดังกล่าวจะช่วยลดความไม่สะดวกที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนจุดจอดบ่อยครั้ง ต่อมาได้มีงานวิจัยของ Schmid, (2012) ที่ได้นำเอากำหนดการเชิงไดนามิก มาใช้ในการสร้างแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Maxwell et al., (2009) โดยที่การตัดสินใจปรับเปลี่ยนจุดจอดจะถูกพิจารณาจากรถพยาบาลฉุกเฉินปฏิบัติงานเสร็จแล้วและรถพยาบาลที่จะปรับเปลี่ยนจุดจอดได้ต้องเป็นรถพยาบาลที่ว่างจากการทำงาน ซึ่งแบบจำลองนี้มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาการตอบสนองโดยเฉลี่ยให้เหลือน้อยที่สุดในขณะที่พิจารณาความผันแปรของระยะเวลาการเดินทางและความหนาแน่นของความต้องการ

และในลักษณะเดียวกันในงานวิจัยของ Naoum-Sawaya and Elhedhli, (2013) กล่าวถึงปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก โดยใช้วิธีการจัดงานเชิงเส้นแบบสองขั้น (two-stage stochastic programming approach) ซึ่งพิจารณาการตัดสินใจขั้นตอนแรกที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวข้องกับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน และการตัดสินใจขั้นที่สองเกี่ยวข้องกับการกำหนดการออกปฏิบัติงานของรพพยาบาลฉุกเฉินของแต่ละความต้องการ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัย Mason, (2013) ได้นำเสนอปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตที่มีหลายสิ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Gendreau et al., (2001) ซึ่งถูกเรียกว่า แบบจำลอง RtMvGcRM (real-time multi-view generalized-cover repositioning model) ที่ได้นำไปใช้กับซอฟต์แวร์การจัดการในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ที่มีชื่อว่า Optima Live โดยที่ซอฟต์แวร์นี้ถูกใช้โดยเจ้าหน้าที่ของระบบ EMS เพื่อปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินอย่างเหมาะสมแบบทันกาล และล่าสุดของแบบจำลองครอบคลุมแบบไดนามิก ถูกนำเสนอโดย Jagtenberg et al., (2015) ซึ่งเป็นแบบจำลองครอบคลุม MEXCLP ในรูปแบบไดนามิก โดยการกล่าวถึงปัญหาการปรับเปลี่ยนจุดจอตแบบทันกาลกับเป้าหมายเพื่อค่าความคาดหวังของการมาสายต่ำที่สุด และเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Maxwell et al., (2009) และ Schmid, (2012) ที่มีการสมมติว่ารพพยาบาลฉุกเฉินจะถูกอนุญาตให้ปรับเปลี่ยนจุดจอตเมื่อเสร็จจากภารกิจแล้วเท่านั้น

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองครอบคลุมสำหรับการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินทั้งการปรับเปลี่ยนแบบหลายช่วงเวลา และการปรับเปลี่ยนจุดจอตแบบไดนามิก สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.6 และตารางที่ 2.7 ซึ่งประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง เนื้อหาของการครอบคลุม เนื้อหาของจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉิน ลักษณะของรพพยาบาลฉุกเฉิน และปัจจัยที่มีผลต่อการแบ่งช่วงเวลา สถานะของระบบที่มีผลต่อการปรับเปลี่ยนจุดจอต และเงื่อนไขในการปรับเปลี่ยนจุดจอตถูกนำมาศึกษาในแต่ละงานวิจัย

การปรับเปลี่ยนจุดจอตของรพพยาบาลฉุกเฉินมีเป้าหมายหลักของการแก้ปัญหาเพื่อรักษาระดับการให้บริการให้มีความพอเพียง โดยพิจารณาจากพัฒนาของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินตลอดเวลา ซึ่งไม่ได้นำมาพิจารณาเมื่อเป็นการกำหนดจุดจอตแบบคงที่ เห็นได้อย่างชัดเจนจากการตัดสินใจในการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินเป็นการตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบไดนามิกจากความต้องการที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยแบบจำลองครอบคลุมแบบคงที่ แต่อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนจุดจอตทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดความไม่พึงพอใจทั้งจากทางด้านภาระค่าใช้จ่ายและภาระการทำงาน เพื่อให้การประเมินพฤติกรรมของระบบในบริบทที่เหมือนจริงมากขึ้น กลยุทธ์ในการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินควรถูกประเมินโดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่าการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินสามารถช่วยปรับและรักษาระดับการให้บริการที่เพียงพอต่อการตอบสนอง นอกจากนี้ก็วิจัยโดยส่วนใหญ่ยังชี้ให้เห็นว่าความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจแบบทันกาลซึ่งไม่ใช่ประเด็นที่มีความสำคัญในการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่

ตารางที่ 2.6 สรุบบนแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน แบบหลายช่วงเวลา

	(Repede and Bernardo, 1994)	(Rajasopalan et al., 2008)	(Schmid and Doerner, 2010)	(Başar et al., 2011)	(Saydam et al., 2013)	(van den Berg and Aardal, 2015)
<b>1. วัตถุประสงค์</b>						
1.1 จำนวนจุดจอต/ รพพยาบาล น้อยที่สุด		✓			✓	
1.2 ความคาดหวังในการครอบคลุมจุดความต้องการ มากที่สุด	✓					✓
1.3 จุดความต้องการที่ถูกครอบคลุมคู่ มากที่สุด			✓	✓		
1.3 จำนวนจุดจอต/ รพพยาบาล ที่ถูกปรับเปลี่ยน น้อยที่สุด			✓		✓	
1.5 ค่าใช้จ่ายการปรับเปลี่ยนจุดจอต น้อยที่สุด						✓
<b>2. เงื่อนไขของการครอบคลุม</b>						
2.1 แต่ละความต้องการ/ พื้นที่ ถูกครอบคลุม ด้วยความเชื่อมั่น $\alpha$						
2.2 แต่ละความต้องการ/ พื้นที่ ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่ง ภายในระยะ $S$ หรือ $S'$		✓			✓	
2.3 ความเชื่อมั่น $\alpha$ ของจุดความต้องการ/ พื้นที่ ถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่ง						
<b>3. เงื่อนไขของจุดจอตรพยาบาล</b>						
3.1 มากที่สุดหนึ่งคั่นต่อจุดจอต				✓		
3.2 มากที่สุด $p_j$ ต่อจุดจอต			✓			

	(Repede and Bernardo, 1994)	(Rajagopalan et al., 2008)	(Schmid and Doerner, 2010)	(Başar et al., 2011)	(Saydam et al., 2013)	(van den Berg and Aardal, 2015)
3.3 จำกัดจำนวนจุดจอดที่ใช้				✓		
3.4 การบังคับเลือกจุดจอดพื้นที่สำคัญ						
<b>4. รถพยาบาลฉุกเฉิน</b>						
4.1 รถพยาบาลฉุกเฉินมี หนึ่ง ประเภท	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4.2 กำหนดจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินมาให้	✓		✓	✓		✓
4.3 จำนวนความต้องการถูกจำกัดไว้ต่อรถพยาบาลฉุกเฉินหนึ่งคัน			✓			
4.4 ขอบเขตล่างที่ถูกคำนวณ ของแต่ละพื้นที่		✓			✓	
<b>5. ปัจจัยที่มีผลต่อการแบ่งช่วงเวลา</b>						
5.1 ความต้องการ	✓					✓
5.2 ประเมินจากข้อมูลระยะเวลาการเดินทางรถพยาบาลฉุกเฉิน	✓	✓			✓	✓
5.3 ประเมินจากข้อมูลสภาพการจราจร			✓			
5.4 จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน/ พื้นที่	✓			✓		✓
5.5 ความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน	✓	✓			✓	✓
<b>6. เทคนิคการหาคำตอบ</b>						

		(Repede and Bernardo, 1994)				
		(Rajagopalan et al., 2008)	✓			
		(Schmid and Doerner, 2010)		✓		
		(Başar et al., 2011)	✓			
		(Saydam et al., 2013)	✓			
		(van den Berg and Aardal, 2015)				
6.1 Tabu Search						
6.2 Variable neighborhood search						
6.3 CPLEX						✓
6.4 Not presented	✓					

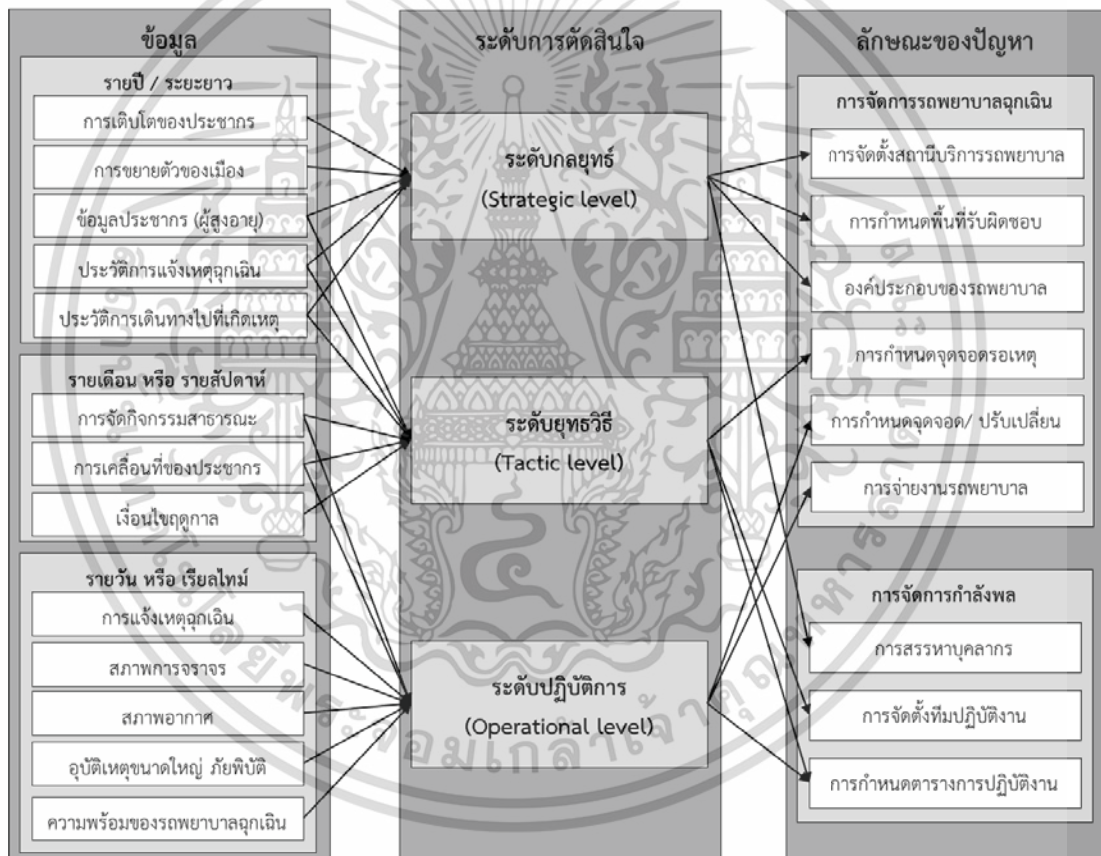


	(Gendreau et al., 2001)	(Gendreau et al., 2006)	(Andersson and Värbrand, 2007)	(Nair and Miller-Hooks, 2009)	(Maxwell et al., 2009)	(Schmid, 2012)	(Naoum-Sawaya and Elhedhli, 2013)	(Moeini et al., 2014)	(Mason, 2013)	(Jagtenberg et al., 2015)
3.1 มากที่สุดหนึ่งคั่นต่อจุดจอด		✓					✓			
3.2 มากที่สุด $p_j$ ต่อจุดจอด	✓			✓			✓	✓		
3.3 การบังคับเลือกจุดจอดพื้นที่สำคัญ										
<b>4. รถพยาบาลฉุกเฉิน</b>										
4.1 รถฉุกเฉินมี หนึ่ง ประเภท	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4.2 กำหนดจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินมาให้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>5. เงื่อนไขของการปรับเปลี่ยนจุดจอด</b>										
5.1 มากที่สุดหนึ่งคั่นต่อจุดจอด/ รถฉุกเฉิน ถูกปรับเปลี่ยนจุดจอด					✓	✓				
5.2 มากที่สุดในรัศมีการครอบคลุม $r_s$ ของจุดจอด/ รถฉุกเฉินถูกปรับเปลี่ยนจุดจอด		✓		✓						
5.3 เพื่อให้ได้ระดับการบริการที่กำหนดไว้			✓							
<b>6. สถานะของระบบที่มีผลต่อการปรับเปลี่ยนจุดจอด</b>										
6.1 อัตราความต้องการ/ อัตราการสายเรียกเข้า				✓	✓	✓		✓	✓	✓

	(Gendreau et al., 2001)	(Gendreau et al., 2006)	(Andersson and Värbrand, 2007)	(Nair and Miller-Hooks, 2009)	(Maxwell et al., 2009)	(Schmid, 2012)	(Naoum-Sawaya and Elhedhli, 2013)	(Moeini et al., 2014)	(Mason, 2013)	(Jagtenberg et al., 2015)
6.2 ประเมินจากข้อมูลระยะเวลาการเดินทางรพพยาบาลฉุกเฉิน			✓	✓		✓	✓			
6.3 ประเมินจากข้อมูลสภาพการจราจร										
6.4 จำนวนรพพยาบาลฉุกเฉิน/ พื้นที่	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
6.5 ค่าใช้จ่าย/ ผลกระทบ จากการปรับเปลี่ยนจุดจอด	✓									
<b>7. เทคนิคการหาคำตอบ</b>										
7.1 Tree-search heuristic			✓							
7.2 Tabu Search	✓									
7.3 Approximate dynamic programming					✓	✓				
7.4 Monte Carlo simulation					✓					
7.5 CPLEX		✓					✓	✓		
7.6 Not presented				✓					✓	

## 2.5 ข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด จากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกับการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินเป็นหนึ่งในหน่วยงานในระบบสาธารณสุขที่ต้องอาศัยการใช้ข้อมูลที่มีความหลากหลายและปริมาณมากในการตัดสินใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งเป็นหน่วยที่ต้องออกปฏิบัติงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้น โดยต้องคำนึงถึงความรวดเร็วในการปฏิบัติงาน เพื่อลดโอกาสการเสียชีวิตและพิการ จากการศึกษา งานวิจัยของ Reuter-Oppermann et al., (2017) และงานวิจัยของ Yuangyai et al., (2020) สามารถจำแนกข้อมูลที่ถูกใช้ในการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉินได้ 3 ประเภท ตามระดับการตัดสินใจ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การใช้ข้อมูลต่างๆ ในแต่ละระดับการตัดสินใจของการจัดการรถพยาบาลฉุกเฉิน

2.5.1 การใช้ข้อมูลในระดับกลยุทธ์ เป็นใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจในระดับรายปี หรือระยะยาวของรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของระบบจากการจัดตั้งศูนย์การดำเนินงานและสถานีบริการของรถพยาบาลฉุกเฉิน รวมไปถึงการกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งการจัดหาบุคลากรเป็นส่วนนี้ด้วยเช่นกัน ซึ่งประเภทของข้อมูลที่ถูกนำมาพิจารณาในระดับกลยุทธ์ ได้แก่ ข้อมูลการเติบโตของประชากรในพื้นที่ (population growth information) ข้อมูลการเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเมือง (urbanization information) ข้อมูลประชากรโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลของผู้สูงอายุ (demographics information) (Chaicharoenwut et al., 2018) และประวัติการแจ้งเหตุฉุกเฉิน

2.5.2 การใช้ข้อมูลในระดับยุทธวิธี เป็นการตัดสินใจระดับกลางจึงมีการใช้โดยในระดับรายเดือนหรือรายสัปดาห์เป็นหลัก การนำไปใช้แก้ไขปัญหาก็เกี่ยวกับรพพยาบาลฉุกเฉินโดยส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดพื้นที่รื้อเหตุ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมสาธารณะ (public event หรือ special event) ที่มีคนจำนวนมาก จึงจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีรพพยาบาลฉุกเฉินเพื่อเตรียมการ นอกจากนี้จะเกี่ยวข้องกับการจัดตั้งทีมปฏิบัติงานการแพทย์ฉุกเฉินและตารางการปฏิบัติงาน ที่ต้องมีการพิจารณาถึงการเคลื่อนตัวของประชากร (population movement) (Zhou et al., 2015) เพื่อกำหนดภาระงานที่จะเกิดขึ้น

2.5.3 การใช้ข้อมูลในระดับปฏิบัติการ โดยส่วนใหญ่เป็นการวางแผนรายวัน หรือบางครั้งจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจ ณ ช่วงเวลานั้น เพื่อที่จะกำหนดจุดจอดหรือปรับเปลี่ยนจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉิน รวมไปถึงการตัดสินใจในการรายงานของรพพยาบาล ที่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นในระดับปฏิบัติการจึงมีการใช้ข้อมูลที่มีความหลากหลายสูง และต้องเป็นข้อมูลที่มีความรวดเร็วสูง เพื่อช่วยในการตัดสินใจ เช่น ข้อมูลแบบทันทีกาลของข้อมูลการแจ้งเหตุฉุกเฉิน (real-time emergency call) ข้อมูลสภาพการจราจร (real-time traffic information) (Pinto et al., 2015) ข้อมูลสภาพอากาศ (real-time weather information) และข้อมูลการเกิดเหตุการณ์ขนาดใหญ่หรือเหตุการณ์ภัยพิบัติ (disaster event) (Talarico et al., 2015) นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาข้อมูลภายในระบบรพพยาบาลฉุกเฉิน เช่น ข้อมูลความพร้อมในการปฏิบัติงาน (Su et al., 2015) และข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของรพพยาบาลฉุกเฉินในการพิจารณาและตัดสินใจ

จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการตัดสินใจในระดับปฏิบัติงาน ต้องอาศัยข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลทั้งแหล่งข้อมูลที่เป็นแบบทันทีกาลและข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในการบริหารจัดการรพพยาบาลเพื่อการตอบสนองอย่างทันทีกาล ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความยากลำบากในการพิจารณาและทำหายสูงในการบริหารจัดการ จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการรพพยาบาลฉุกเฉินไดนามิก โดยส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลในอดีตเพื่อการสร้างข้อมูลปัจจุบันที่จะนำไปทดสอบแบบจำลอง ซึ่งมีบางงานวิจัย เช่น งานวิจัยของ Andersson and Värbrand, (2007) และ Mason, (2013) ที่มีใช้ซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการตัดสินใจซึ่งก็ยังคงเป็นข้อมูลภายในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ดังนั้นเมื่อพิจารณาในบริบทของการบริหารจัดการแบบทันทีกาลแล้วการนำเอาข้อมูลจากสังคมออนไลน์มาช่วยในการพิจารณาข้อมูลจากภายนอก เช่น ข้อมูลสภาพการจราจร ข้อมูลสภาพอากาศ และเหตุการณ์ภัยพิบัติ เป็นต้น จะช่วยให้การจัดการรพพยาบาลฉุกเฉินแบบทันทีกาลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉินที่พิจารณาข้อมูลจากสังคมออนไลน์ยังมีอยู่อย่างจำกัด จึงเป็นที่มาของในวิจัยในครั้งนี้ที่จะพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรติดขัดและอุบัติเหตุจากสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อกำหนดจุดจอดรพพยาบาลที่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

สื่อสังคมออนไลน์กำลังกลายเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญ สำหรับการรับมือต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน โดยเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบทันทีกาลที่เปิดผ่านการสนทนาและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอบโต้ (Yates and Paquette, 2011) ซึ่งส่งผลต่อการสื่อสารระหว่างผู้คนจำนวนมาก (Lai and Turban, 2008) และได้รับความสนใจอย่างมาก จากการถูกนำไปใช้ในการสำรวจและบริการจัดการทางด้านการดูแลสุขภาพ ภายในสถาบันการศึกษา หรือแม้แต่ภายในอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น วิกิพีเดีย (Wikipedia) เว็บไซต์ที่ผู้เขียนร่วมกันสร้างเนื้อหาที่เป็นข้อความและภาพร่วมกัน เว็บไซต์แบ่งปันวิดีโอ เช่น ยูทูป (YouTube) ใช้วิดีโอเพื่อสร้างการตอบโต้ทางสังคม เว็บไซต์เครือข่ายสังคมออนไลน์ เช่น เฟสบุ๊ก (Facebook) และทวิตเตอร์ (Twitter) โดยการแสดงเครือข่ายผ่านการสนทนา สื่อสังคมออนไลน์ถูกนำไปใช้ในการจัดการเหตุการณ์ฉุกเฉินและภัยพิบัติบ่อยครั้ง

ในทางปฏิบัติแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ (Twitter application) มีประโยชน์อย่างมากเหตุการณ์ฉุกเฉินและเหตุการณ์ภัยพิบัติ เนื่องจากช่วยให้สร้าง แบ่งปัน อ่าน และนำกลับมาแสดงใหม่ข้อความสั้นๆ ได้ง่ายและรวดเร็ว (ไม่เกิน 140 อักขระ) ข้อความสั้นๆ เหล่านี้มักจะมีการกล่าวถึงผู้ใช้ แฮชแท็ก ลิงค์อินเตอร์เน็ตไปยังข่าวสาร รูปภาพ และวิดีโอ ที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์แบบทันที (Twitter, 2015) อย่างไรก็ตามปัจจัยเหล่านี้บ่งชี้ว่าการค้นหาและกรองทวีตที่เกี่ยวข้องในบริบทที่เฉพาะเจาะจงเป็นงานที่ซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องตอบสนองต่อสถานการณ์ฉุกเฉินที่มีความสำคัญต่อเวลา ซึ่งต้องการการตัดสินใจที่ถูกต้องและดำเนินการในทันที โดยทั่วไปการศึกษาที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่สามารถสรุปออกมาได้ในรูปแบบของ “การตรวจจับเหตุการณ์ (Event detection)” (Steiger et al., 2015) ซึ่งหมายถึง การตรวจจับและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์แบบทันทีจากทวิตเตอร์ อย่างไรก็ตามจากการสืบค้นงานวิจัยการบูรณาการการตรวจจับเหตุการณ์จากเครือข่ายสังคมออนไลน์สำหรับการกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินยังมีอยู่อย่างจำกัด

วิธีการที่ง่ายและเร็วที่สุดในการตรวจจับเหตุการณ์ จากสื่อสังคมออนไลน์ คือ ทำการค้นหาคำหลัก (keyword) โดยตรงผ่านช่องทางการเชื่อมต่อระหว่างเว็บไซต์หนึ่งไปยังอีกเว็บไซต์หนึ่ง หรือที่ถูกรเรียกว่า API (Application Programming Interface) สำหรับเครือข่ายสังคมออนไลน์ ในวิธีการนี้ รายการกลุ่มคำหรือวลีที่ค้นด้วยเครื่องหมายจุดภาคที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์เฉพาะ จะถูกตรวจจับและดึงข้อมูลเหล่านั้นผ่าน API (Laylavi et al., 2017) จุดประสงค์หลักของวิธีการนี้คือการรับข้อมูลจากการสนทนาในสื่อสังคมออนไลน์ ตามลักษณะข้อมูลเริ่มต้น

ข้อมูลที่ถูกดึงมาเป็นข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือทางความหมายและข้อมูลเชิงพื้นที่ต่อเวลา โดยการพิจารณาจะมุ่งเน้นที่เนื้อเชิงความหมายของข้อมูลจากทวิตเตอร์ ซึ่งองค์ประกอบของข้อความ คือ การเชื่อมโยงกันของคำ (string of words) ดังนั้นวิธีการที่ใช้กับข้อความจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ นั้นรวมถึง การกรองคำศัพท์และคำหลักด้วยตนเอง หรือการบูรณาการขั้นตอนการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (natural language processing: NLP) (Corvey et al., 2010; Kosala and Adi, 2012; Wanichayapong et al., 2011) และวิธีการทำเหมืองข้อความ (text mining) เช่น การวิเคราะห์ความถี่ของการกล่าวถึงคำสำคัญ (Hecht et al., 2011) สำหรับวิธีการย่อยของการตรวจจับเหตุการณ์ นักวิจัยส่วนใหญ่ได้ใช้วิธีการตรวจจับความถี่จาก ข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลเชิงเวลา และข้อมูลเชิงภาษา ที่ผิดปกติแบบทันที โดยการใช้อย่างข้อมูลของทวิตเตอร์เป็นเสมือน โซเชียลเซ็นเซอร์ (Social sensor) ในการตรวจจับเหตุการณ์แบบทันที (Chae et al., 2012; Fuchs, Bothe, et al., 2013; Yardi and Boyd, 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

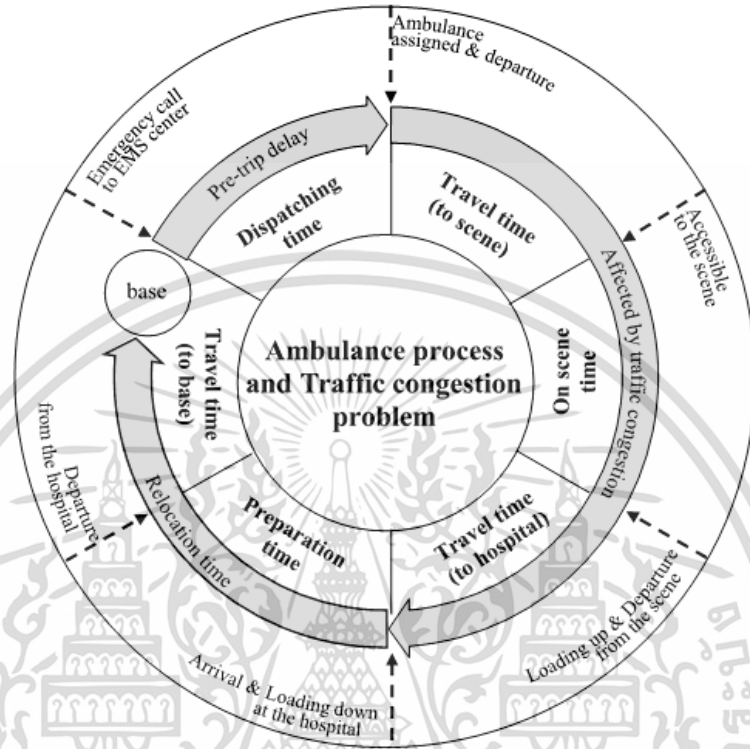
การใช้ข้อมูลแบบทันทีจากสังคมออนไลน์กับการจัดการภัยพิบัติและเหตุการณ์ฉุกเฉิน ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต่อเวลาและเชิงภาษา จะถูกใช้เป็นข้อมูลหลักในการวิเคราะห์ ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมาสื่อสังคมออนไลน์ถูกนำมาใช้ในการจัดการในเหตุการณ์วิกฤต (Hiltz et al., 2011; Palen and Liu, 2007) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์จากหลายสื่อสังคมออนไลน์ เช่น ยูทูบ (YouTube) เฟสบุ๊ก (Facebook) และทวิตเตอร์ (Twitter) (Lai and Turban, 2008) สื่อสังคมออนไลน์ถูกนำมาใช้ในหลายๆ เหตุการณ์ทั้งในเหตุการณ์วิกฤตเพราะความสามารถในการแบ่งปันข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว (Boyd and Ellison, 2007; Hiltz et al., 2014; Palen et al., 2009)

ตัวอย่างการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น ในปี 2009 ได้มีการนำเสนอ งานวิจัยของ De Longueville et al., (2009) ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลการกล่าวถึงเหตุการณ์ไฟไหม้ในฝรั่งเศสจากทวิตเตอร์ Thomson et al., (2012) ได้มีการใช้ข้อความจากทวิตเตอร์เพื่อเปรียบเทียบ และกำหนดความน่าเชื่อถือของอุบัติเหตุนิวเคลียร์รั่วไหลในฟูกูชิม่า นอกจากนี้ยังมีหลายการศึกษาที่ใช้การคัดกรองข้อความในช่วงการเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Sutton et al., (2008) ได้นำเสนอการใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ เพื่อจัดการกับเหตุการณ์ไฟไหม้ป่า ในแคลิฟอร์เนีย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Caragea et al., (2011) และ Sarcevic et al., (2012) ได้นำเสนอการนำเอาการสื่อสารผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ไปใช้ในช่วงเหตุการณ์แผ่นดินไหวของประเทศเฮติ โดยการใช้สื่อสารจากโทรศัพท์โดยการทวิตข้อมูลและรูปภาพเหตุการณ์เพื่อขอความช่วยเหลือจากโลกภายนอก ในขณะที่ช่วงน้ำท่วมในประเทศไทย ปี 2012 และน้ำท่วมในทวีปยุโรป ปี 2013 จากงานวิจัยของ Kaewkitipong et al., (2012) และ Fuchs et al., (2013) ได้มีการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการยืนยันตำแหน่งของตัวเอง ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์และแจ้งข่าวสารเพิ่มเติมซึ่งเปรียบดัง “การตรวจจับจากสังคมออนไลน์ (Social sensor)” ในการตรวจสอบเหตุการณ์ และงานวิจัยที่มีการพิจารณาข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์สำหรับการตรวจจับเหตุการณ์ฉุกเฉิน ถูกนำเสนอโดยงานวิจัยของ Stefanidis et al., (2013) ซึ่งได้ศึกษาในประเทศอียิปต์ โดยการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต่อเวลาและการวิเคราะห์จากเครือข่ายสังคมออนไลน์

เนื่องจากการเติบโตอย่างต่อเนื่องของจำนวนยานพาหนะบนท้องถนน ทำให้ปัญหาการจราจรติดขัด (traffic congestion problem) กลายเป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างมากบนท้องถนนในเมืองใหญ่ทั่วโลก ปัญหาสภาพการจราจรติดขัดมีผลทั้งในทางเศรษฐกิจและสภาพสังคม ซึ่งรวมถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชนในเมือง และที่สำคัญปัญหาการจราจรติดขัดบนท้องถนนมีผลอย่างมาก และส่งผลกระทบต่อความสามารถในการตอบสนองของรถพยาบาลฉุกเฉิน (Karaman, 2008) ซึ่งระยะเวลาในการตอบสนองของการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินที่เพิ่มขึ้น (ระยะเวลาการเดินทางเพิ่มขึ้น) มีผลมีผลโดยตรงมาจากปัญหาการจราจร เนื่องจากการที่รถพยาบาลฉุกเฉินต้องติดอยู่บนท้องถนนและไม่สามารถเข้าถึงผู้ป่วยอย่างรวดเร็ว นำไปสู่โอกาสที่จะเสียชีวิตและพิการในผู้ป่วยฉุกเฉินบางราย (Anand and Flora, 2014)

เมื่อพิจารณาในเชิงลึกแล้ว ภาระบนการในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.5 (Yuangyai et al., 2020) โดยการแบ่งภาระบนการปฏิบัติงานออกเป็น 6 ภาระบนการ การปฏิบัติงานมากกว่า 50% ของรถพยาบาลฉุกเฉินต้องเผชิญกับปัญหาสภาพการจราจร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดขัดที่รอบจุดจอดและบนเส้นทางการเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ดังนั้นการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินมีการคำนึงถึงสภาพการจราจร จึงประเด็นที่มีความสำคัญและมีความท้าทายอย่างมาก จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้



รูปที่ 2.5 กระบวนการทำงานรถพยาบาลฉุกเฉินและปัญหาการจราจรติดขัด

จากการศึกษางานวิจัยของ Maleki et al., (2014) การบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉินบ่อย ถูกกดดันจากเป้าหมายของการบริการจัดการเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน และปัญหาเหล่านี้จะยิ่งซับซ้อนขึ้น เมื่อต้องคำนึงถึงการเพิ่มของจำนวนการเรียกรับบริการ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน หรือการที่สภาพการจราจรแย่งลง อย่างไรก็ตามการกำหนดจุดจอดและการปรับเปลี่ยนจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินสามารถที่จะพัฒนาระดับสมรรถนะของการทำงานและบรรเทาความซับซ้อนจากปัญหาเหล่านี้ได้ (Maxwell et al., 2010) ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการนำเอาข้อมูลสภาพการจราจร มาพิจารณาในกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินนั้นมีประโยชน์อย่างมากในการตัดสินใจระดับปฏิบัติการ ซึ่งจะต้องเจอกับปัญหาสภาพการจราจรที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันกาล

ปรากฏการณ์การจราจรติดขัด (traffic congestion phenomenon) ปัญหาที่พบได้ทั่วไปในระบบเครือข่ายที่ซับซ้อนทั้งทางกายภาพและไม่ใช้กายภาพ ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ตามไม่และสมรรถนะของการเดินทางลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเครือข่ายทางหลวงที่มีสาเหตุของความผิดพลาดมากมายที่นำไปสู่การติดขัดของการจราจร สามารถจำแนกได้ 2 สาเหตุ ได้แก่ สาเหตุโดยทั่วไป การเกิดอุบัติเหตุ กิจกรรมพิเศษ การปิดช่องทางการจราจร การดำเนินงานที่ไม่มีประสิทธิภาพของผู้รับผิดชอบ และเกิดจากมีความต้องการใช้ถนนมากเกินไป เป็นต้น (Kwon et al., 2006) และสาเหตุ

นอกจากนี้... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เกิดอย่างเป็นระบบโดยส่วนใหญ่จะเกิดจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น พายุเฮอริเคน น้ำท่วม และ แผ่นดินไหว เป็นต้น (Wang et al., 2010)

ผลลัพธ์ของการเกิดการจราจรติดขัด สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อเกิดการจราจรติดขัดขึ้น คลื่นของการหยุดชะงักจะเกิดขึ้น โดยสามารถเปรียบได้กับคลื่นอัดในพลศาสตร์ของไหล (fluid dynamics) หากทำการสังเกตจากจุดที่มีการเกิดการติดขัด คลื่นที่เกิดจากการหยุดของยานพาหนะ จะแพร่ไปทางด้านของบนท้องถนน ในขณะที่รถแต่ละคันหยุดชะงัก รถคันถัดๆ ไปก็จะเกิด กระบวนการเดียวกันต่อเนื่องไปบนท้องถนน ซึ่งถ้าการจราจรสามารถเคลื่อนตัวได้คลื่นที่เกิดจากความเร็วก็น่าจะแพร่ไปทางด้านหลังบนถนนเช่นเดียวกัน (Wang et al., 2010) ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึง ช่วงเวลา ถ้าในช่วงเวลาปัจจุบันเกิดปัญหาการจราจรติดขัดขึ้นในจุดหนึ่งๆ เมื่อเวลาผ่านไปปัญหา การจราจรนี้จะส่งผลไปยังพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งลักษณะที่เหมือนกับคุณสมบัติของมาร์คอฟ (Markov property)

การประยุกต์ใช้วิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov chain model) ในการสร้างจำลองของ ระบบการจราจรนั้นถูกนำมาใช้อย่างยาวนานและแพร่หลาย (Akamatsu, 1996; Salman and Alaswad, 2018) ดังจะเห็นจากงานวิจัยของ Evans et al., (2001) ได้ศึกษาความน่าจะเป็นในการ เกิดการจราจรติดขัดโดยใช้วิธีห่วงโซ่มาร์คอฟแบบเวลาไม่ต่อเนื่อง (discrete time Markov chain) ในการประมาณความน่าจะเป็นในการเกิดการจราจรติดขัด นอกจากนี้ยังมีการนำเอาวิธีการห่วงโซ่ มาร์คอฟไปใช้ในประเมินการจราจรบนท้องถนน เช่น งานวิจัยของ Faizrahmoon et al., (2015) ในมีการใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ในการประมาณสภาพการจราจรโดยใช้วิธีการของห่วงโซ่มาร์คอฟในการประมาณค่าของแบบจำลอง และเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Reiter, (2015) ได้สร้างแอปพลิเคชันสำหรับการประเมินสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นด้วยแบบจำลองมาร์คอฟที่พิจารณาข้อมูลในอดีตร่วมกับข้อมูลในปัจจุบัน และเมื่อไม่นานมานี้ได้มีงานวิจัยของ Salman and Alaswad, (2018) ที่ได้นำเสนอวิธีการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov chain traffic assignment: MCTA) ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการประเมินและบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัด

สำหรับการปัญหาการจราจรติดขัดกับการจัดการจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินนั้น จาก การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีอยู่อย่างจำกัด เช่นงานวิจัยของ Derekenaris et al., (2000) และ Anand and Flora, (2014) ได้มีการประยุกต์ใช้การติดตามตำแหน่งของรถพยาบาลฉุกเฉินด้วยระบบ การหาตำแหน่งทั่วโลก (Global Positioning System: GPS) ในการระบุตำแหน่งของรถพยาบาล ฉุกเฉินเพื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งและเส้นทางการเดินทางตามสภาพการจราจร นอกจากนี้โดยส่วนใหญ่ การพิจารณาสภาพการจราจรจะถูกใช้ในรูปแบบของข้อมูลระยะเวลาการเดินทางของรถพยาบาล ฉุกเฉินจากจุดจอดปัจจุบันไปยังพื้นที่เกิดเหตุ ซึ่งอย่างไรก็ตามการขอใช้ข้อมูลเหล่านี้ยังเป็นการใช้ ข้อมูลจากในอดีตเพื่อมาประเมินระยะเวลาการเดินทาง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสภาพการจราจรมีการ เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา เช่นเดียวกับรูปแบบความต้องการ ดังนั้นการเอาข้อมูลสภาพการจราจรมา ช่วยในการพัฒนาแบบจำลองการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน จะทำให้สามารถ ตอบสนองต่อปัญหาสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นและทำให้สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉินได้อย่าง รวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 บทสรุปการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินเป็นระบบหนึ่งในการบริหารเหตุการณ์ที่มีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบริหารงานเกี่ยวกับรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งจะต้องเข้าไปตอบสนองต่อการแจ้งเหตุการณฉุกเฉิน นอกจากนี้ยังต้องทำการรักษาเบื้องต้นแก่ผู้ป่วยฉุกเฉิน เพื่อเพิ่มโอกาสในการรอดชีวิตและลดการพิการในผู้ป่วย ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะให้ความสำคัญกับการศึกษาการจัดการรถพยาบาลฉุกเฉินที่ต้องปฏิบัติงาน ภายนอกสถานพยาบาล และนำผู้ป่วยส่งสถานพยาบาล โดยบุคลากรทางการด้านการแพทย์ฉุกเฉิน และนักปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์ ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด

กระบวนการที่มีความสำคัญอย่างมากในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินและทีมเจ้าหน้าที่กู้ชีพ ได้แก่ ช่วงเวลาของการปฏิบัติงาน ที่ถูกเรียกว่า ช่วงเวลาการตอบสนอง ซึ่งเริ่มตั้งแต่มีการแจ้งเหตุการณฉุกเฉินเข้ามาที่ call center จนกระทั่งรถพยาบาลฉุกเฉินเข้าถึงพื้นที่เหตุ ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้อุปวยังไม่ได้รับการบริการทางการแพทย์จากบุคลากรทางการแพทย์ ทำให้เป็นช่วงเวลาที่มีความอันตรายและสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งอย่างไรก็ตามการเข้าถึงพื้นที่เกิดของรถพยาบาลฉุกเฉินมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ประเด็นหนึ่งในนั้นและเป็นประเด็นที่มีความสำคัญอย่างมาก คือ ตำแหน่งของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อรอรับเหตุการณ์ หากว่ารถพยาบาลฉุกเฉินอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสม การเข้าถึงพื้นที่ภายในระยะเวลาที่กำหนดก็จะสามารถเกิดขึ้น จึงทำให้เกิดแนวคิดที่เรียกว่า กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินขึ้นมา

สำหรับกลยุทธ์ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน มีอยู่ด้วยกัน 3 ระดับการตัดสินใจ ได้แก่ การตัดสินใจระดับกลยุทธ์ การตัดสินใจระดับยุทธวิธี และการตัดสินใจระดับปฏิบัติการ ซึ่งเรียงตามช่วงเวลาของการตัดสินใจจากระยะยาวไปจนถึงการตัดสินใจ ณ ช่วงเวลานั้นๆ จะเห็นได้ว่าจากระดับการตัดสินใจทั้ง 3 ระดับ ระดับที่ต้องการความรวดเร็วและซับซ้อนในการปฏิบัติงานมากที่สุด คือ การตัดสินใจในระดับปฏิบัติการ เนื่องจากจะต้องทำการตัดสินใจโดยคำนึงถึงปัจจัยแบบทันทีกาลต่างๆ เช่น ความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาล ความเร่งด่วนของเหตุการณ์ ขนาดของเหตุการณ์ ตำแหน่งปัจจุบันของรถพยาบาล และการสั่งการให้รถพยาบาลที่ใกล้ที่สุดออกปฏิบัติงาน เป็นต้น ดังนั้นประเด็นการตัดสินใจโดยส่วนใหญ่ของระดับปฏิบัติการ จะประกอบไปด้วย การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม และการจ่ายงานรถพยาบาล ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะมุ่งเน้นในการปรับปรุงกระบวนการในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม

การที่จะกำหนดจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมนั้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดจุดจอดนั้น สามารถสรุปได้ 2 กลุ่ม คือ การกำหนดจุดจอดแบบคงที่ และการกำหนดจุดจอดแบบไดนามิก ซึ่งทั้งสองกลุ่มนั้นมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละการกำหนด แต่ทั้งหมดพิจารณาบนแบบจำลองประเภทเดียวกัน ที่ถูกเรียกว่า แบบจำลองครอบคลุม ที่มีแนวคิดพื้นฐานคือการกำหนดจุดจอดลงบนพื้นที่เพื่อให้เกิดการครอบคลุมภายใต้ระยะเวลาหรือระยะทางที่กำหนด โดยมีการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ในกำหนดตำแหน่งขึ้นอยู่กับแนวคิดของแต่ละแบบจำลอง

สำหรับแบบจำลองการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ เป็นแบบจำลองครอบคลุมที่มีความเหมาะสมอย่างมากสำหรับการกำหนดจุดจอดในวางแผนระยะกลางถึงระยะยาว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องเป็นการพิจารณาจากปัจจัยเชิงประชากร เช่น พื้นที่การเรียกบ่อยครั้ง การเติบโตของประชากรในพื้นที่ และการขยายตัวของเมือง ซึ่งบางครั้งไม่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง หรือ ฤ เวลานั้นๆ ได้ จึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญอย่างหนึ่งของแบบจำลองแบบครอบคลุมคงที่ และอีกประเด็นที่มีความสำคัญ คือ ขาดการพิจารณาถึงความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริงของการปฏิบัติงาน เช่น ความพร้อมในการปฏิบัติงาน หรืออัตราการเรียกของเหตุการณ์ฉุกเฉิน แม้ว่าต่อมาจะมีการพิจารณาถึงความไม่แน่นอนเหล่านี้ในแบบจำลองครอบคลุมความน่าจะเป็น แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการใช้ในการปฏิบัติงานจริงของระบบบริการแพทย์ฉุกเฉิน จึงทำให้เกิดแนวคิดของการปรับเปลี่ยนจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉินขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้

ในส่วนของแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งมีแนวคิดหลักในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของจุดจอตระหว่างวันได้ เช่น จากพื้นที่ที่มีความต้องการน้อยไปยังพื้นที่ที่มีความต้องการมากกว่าในแต่ละช่วงเวลา เพื่อรักษาระดับการบริการให้เพียงพอ โดยการพิจารณาจากรูปแบบความต้องการในแต่ละช่วงของวัน ปริมาณอุปกรณ์ที่พร้อมปฏิบัติงาน และระดับการเตรียมความพร้อม นอกจากนี้ยังมีการตัดสินใจบนสถานะของระบบรถพยาบาลฉุกเฉิน หรือที่ถูกเรียกว่า การปรับเปลี่ยนจุดจอตแบบไดนามิก จะเห็นได้โดยส่วนใหญ่ของการปรับเปลี่ยนจุดจอตเป็นการตัดสินใจบนข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแบบทันกาล เพื่อให้เกิดความเหมาะสมของการบริการในช่วงเวลานั้น ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนจุดจอตเป็นการตัดสินใจจากข้อมูลสถานะภายในของระบบรถพยาบาลฉุกเฉิน (internal state of ambulance information) ซึ่งในทางปฏิบัติงานแล้วรถพยาบาลฉุกเฉินต้องเจอกับสถานะของปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น สภาพการจราจรติดขัด การแจ้งเหตุการณ์การภัยพิบัติหรือเหตุการณ์ขนาดใหญ่ การจัดกิจกรรมขนาดใหญ่ และการเคลื่อนที่ของประชากรในแต่ละช่วงของวัน เป็นต้น จึงเป็นเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้ที่จะบูรณาการการกำหนดจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉินด้วยการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัด

ภายในงานวิจัยการบูรณาการการกำหนดจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉินด้วยการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก โดยการพิจารณาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล เช่น ข้อมูลสภาพการจราจรแบบทันกาล ข้อมูลการและแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ Marianov and ReVelle, (1995) ได้กล่าวว่าพัฒนาการของวิธีการกำหนดจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉินและวิธีการปรับเปลี่ยนจุดจอตของรถพยาบาลฉุกเฉินนั้น ควรที่จะเติบโตควบคู่ไปกับการพัฒนาของเทคโนโลยีสารสนเทศ จึงเป็นแนวคิดหลักของงานวิจัย โดยงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนงานย่อย ซึ่งมาจากประเด็นคำถามหลัก 3 คำถาม ได้แก่

- การปรับเปลี่ยนจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อมีการพิจารณาข้อมูลต่างๆ จากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล ควรมีการพิจารณาปรับเปลี่ยนจุดจอตใหม่เมื่อไร เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัจจุบันได้
- หลังจากการมีการพิจารณาปรับเปลี่ยนจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉินแล้ว ควรมีการกำหนดจุดจอตระพยาบาลฉุกเฉินอย่างไร เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานภายใต้ปัญหาการจราจร ที่เกิดขึ้นในเวลานั้นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อมีการพิจารณาปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน และมีการนำเอาปัจจัยสภาพการจราจรที่เกิดขึ้น มาใช้ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ควรมีการพิจารณาอย่างไร เพื่อให้จุดจอตที่ถูกปรับเปลี่ยนใหม่ สามารถปฏิบัติงานได้ตลอดช่วงของวัน ภายใต้สภาพการจราจรติดขัดที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาและระดับการบริการที่ยอมรับได้

ทั้ง 3 ประเด็นคำถามนำไปสู่งานวิจัยเรื่องเดียวกัน คือ การกำหนดจุดจอตของรพพยาบาลฉุกเฉินที่มีสมรรถนะเมื่อมีการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรและข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุที่มีลักษณะเป็นแบบทันกาล โดยวิธีการดำเนินงานวิจัย ผลการศึกษา และสรุปผลการศึกษาจะถูกนำไปในส่วนถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## การบูรณาการเฝ้าระวังเหตุการณ์ กับการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน

การนำข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันที มาใช้ในการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินในกระบวนการปรับใช้รณโรงพยาบาล เป็นวิธีการที่มีความน่าสนใจ ซึ่งการเข้าถึงข้อมูลการแจ้งเหตุการณ์แบบทันทีของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินเป็นไปได้ยาก ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ ที่ได้มีการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉิน แทนข้อมูลการแจ้งเหตุการณ์แบบทันทีจากระบบรณพยาบาลฉุกเฉิน เนื่องจากข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ เป็นข้อมูลที่มีความรวดเร็ว (Rapid information) และผู้ใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์มีเป็นจำนวนมาก กระจายอยู่ในทุกพื้นที่ทำให้พบเจอกับเหตุการณ์ฉุกเฉินได้บ่อยครั้ง ซึ่งเปรียบเสมือนเซ็นเซอร์เตือนภัย (Social sensor) ที่ช่วยในการสอดส่องและกระจายข้อมูลเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Fuchs et al., 2013) ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลแบบทันที เพราะฉะนั้นการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน จะทำให้จุดจอตรพยาบาลที่ได้สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินที่จะเกิดขึ้น ทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้จากการศึกษาวิจัยพบว่าการนำข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินมีอยู่อย่างจำกัด

การศึกษาระบบการเกี่ยวกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในส่วนการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อศึกษาการนำเอาข้อมูลจากจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีมาใช้ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ที่ทำให้ระยะเวลาตอบสนองที่มีสมรรถนะและเพิ่มโอกาสรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉิน สามารถแบ่งหัวข้อของงานวิจัยได้ 3 ส่วน ประกอบด้วย

#### 3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

##### 3.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการเฝ้าระวังเหตุการณ์

3.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการปรับเปลี่ยนจุดจอต ด้วยข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันที

##### 3.1.3 เงื่อนไขการบังคับเลือก สำหรับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

#### 3.2 ผลการวิจัย

##### 3.2.1 ผลการศึกษาจากกรณีศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานคร

##### 3.2.2 ผลการศึกษาในเชิงภูมิศาสตร์

##### 3.2.3 การวิเคราะห์ความไวของระดับความต้องการ

3.3 สรุปผลการศึกษาการบูรณาการตรวจจับเหตุการณ์กับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน

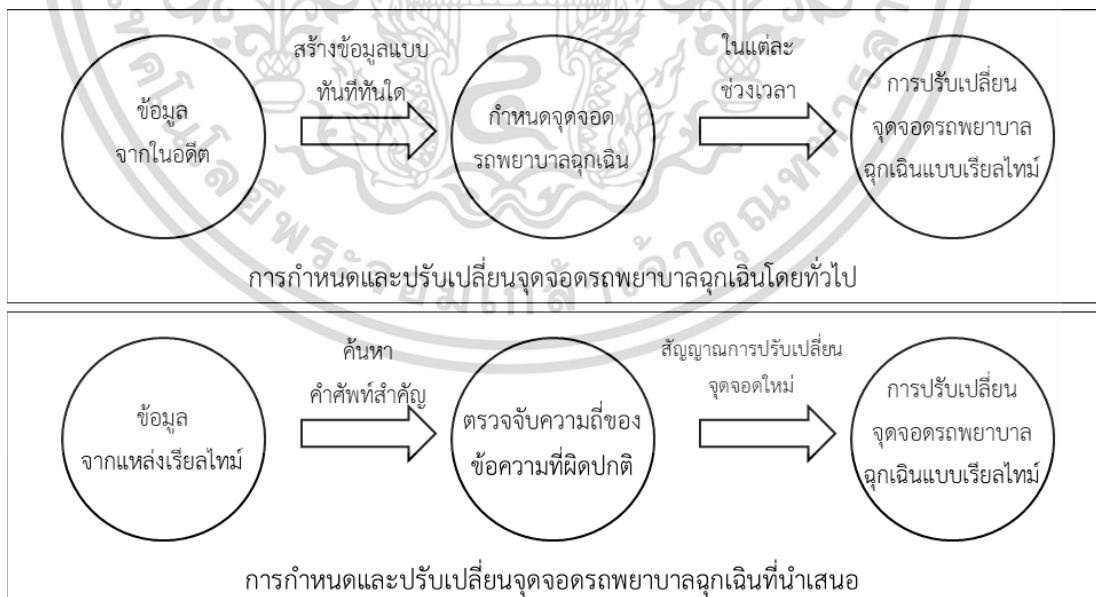
ซึ่งรายละเอียดของแต่ละหัวข้อสามารถอธิบายดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน พบว่าวิธีการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่ (Static model) สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินระดับกลยุทธ์ อย่างไรก็ตามแบบจำลองครอบคลุมแบบคงที่ซึ่งขาดความสามารถในการยืดหยุ่นในระดับปฏิบัติการ เนื่องจากความต้องการในแต่ละช่วงของวันมีการกระจายตัวที่ไม่คงที่ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องยากในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมในช่วงของวัน ด้วยเหตุผลเหล่านี้ทำให้เกิดการศึกษาในครั้งนี้ที่จะสร้างกรอบแนวความคิดใหม่ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาล (Real-time ambulance redeployment problem) ขึ้นมา เพื่อแก้ไขข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากวิธีการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบคงที่

โดยทั่วไปการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาล จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองครอบคลุมแบบคงที่ จะใช้ข้อมูลจากในอดีตที่ได้เก็บบันทึกไว้ (Historical data) มาทำการพยากรณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วยความน่าจะเป็นของข้อมูล และทำการคาดคะเนการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละช่วงเวลา สำหรับงานวิจัยนี้จะนำข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ ซึ่งเป็นข้อมูลแบบทันกาล (Real-time information) ซึ่งเป็นข้อมูลลักษณะเดียวกับข้อมูลแบบทันกาลของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน โดยอาศัยหลักการของการตรวจจับข้อความ แล้วทำการวิเคราะห์ความผิดปกติของข้อมูลต่อช่วงเวลาจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินใหม่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมต่อไป



**รูปที่ 3.1** ความแตกต่างระหว่างการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินจากงานวิจัยโดยทั่วไป และงานวิจัยที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีมาใช้ เพื่อเฝ้าระวังสัญญาณที่แสดงถึงช่วงเวลาที่มีการเพิ่มขึ้นของความต้องการ โดยการตรวจจับผิดปกติของ ความถี่จากข้อมูลความต้องการที่จะเรียกระบบบริการจากรถพยาบาลฉุกเฉิน ในการปรับเปลี่ยนจุดจอด รถพยาบาลฉุกเฉินใหม่ ซึ่งจะทำให้จุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่ เกิดขึ้นในปัจจุบันและทำให้การปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินเป็นไปอย่างรวดเร็ว และลดการ ปรับเปลี่ยนบ่อยครั้งจากการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลทุกช่วงเวลา จากงานวิจัยที่มีการ ปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบหลายช่วงเวลา

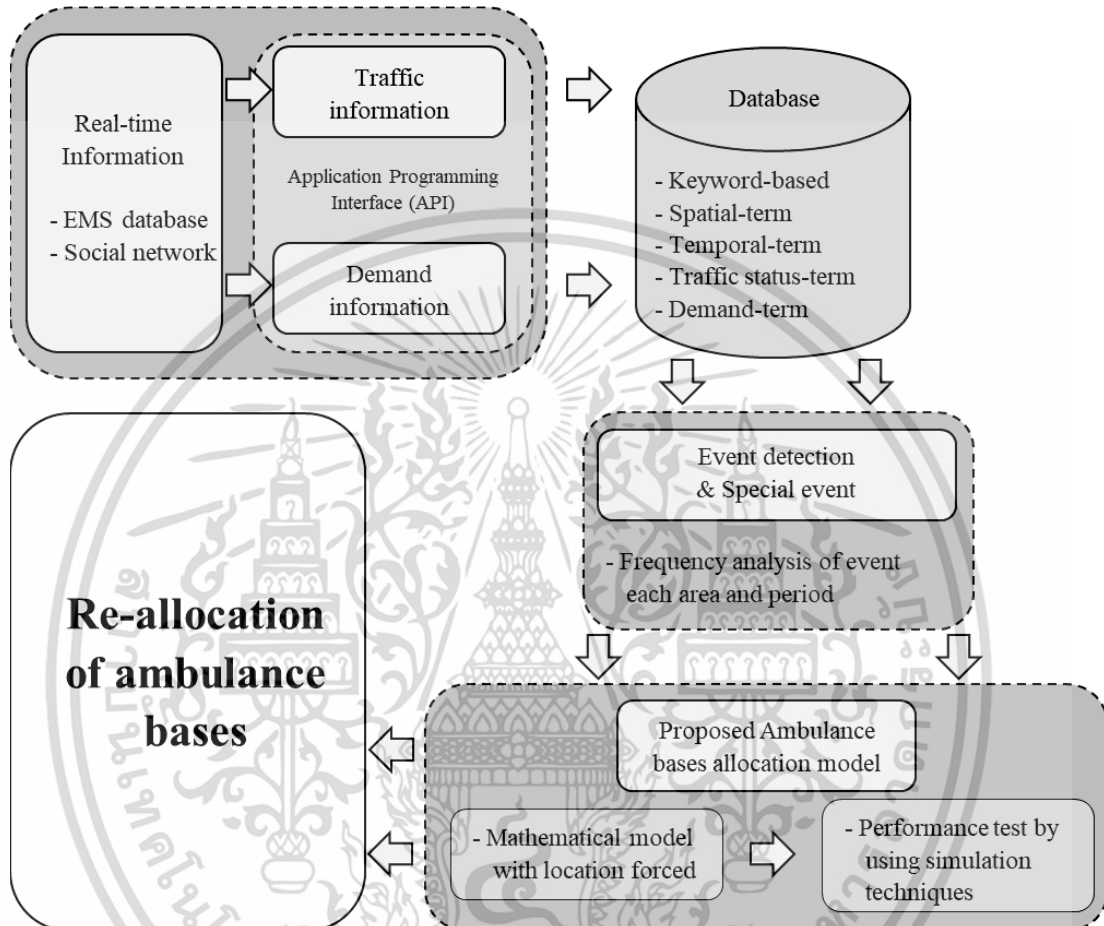
งานวิจัยในส่วนนี้มุ่งเน้นการใช้แบบจำลองครอบคลุม สำหรับการปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอด รถพยาบาลฉุกเฉิน โดยอาศัยข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันที สำหรับการปรับเปลี่ยนจุดจอดแบบ ไดนามิก (dynamic allocation) สำหรับการพิจารณาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีในงานวิจัย ส่วนนี้จะใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Twitter application) แทนข้อมูลการแจ้ง เหตุการณ์ฉุกเฉินแบบทันทีจากระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เนื่องจากการเข้าถึงการแจ้ง เหตุการณ์ฉุกเฉินจริงมีข้อจำกัด เพื่อให้ได้การตอบสนองที่มีประสิทธิภาพเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินและ เหตุการณ์ภัยพิบัติ

ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันที เช่น เครือข่ายสังคมออนไลน์ ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในการจัดการและสื่อสารในช่วงการเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน หรือแม้แต่ในเหตุการณ์ภัยพิบัติ และสามารถ ใช้เพื่อปรับปรุงกลยุทธ์ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในปัจจุบันได้ ซึ่งในงานวิจัย ครั้งนี้ได้ตั้งสมมติฐานและเงื่อนไขของแต่ละปัจจัยไว้ดังนี้

- ความต้องการมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงของวันและเป็นอิสระต่อกัน
- ในแต่ละช่วงเวลาของวัน ความต้องการสามารถกำหนดได้ (deterministic) ซึ่งสามารถ กำหนดได้จากข้อมูลแบบทันที โดยการเก็บข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ (แอปพลิเคชันทวิต เตอร์)
- กำหนดให้ในแต่ละช่วงเวลาของวัน มีการความต้องการฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่ง (แม้การเรียก ดังกล่าว จะมีการขอรถพยาบาลฉุกเฉินมากกว่าหนึ่งคัน)
- ความต้องการจากพื้นที่ที่แตกต่างกันเป็นอิสระต่อกัน และเขตของความสามารถนับ ได้
- ทุกพื้นที่สามารถเป็นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินได้
- กำหนดให้เครือข่ายและโครงสร้างพื้นฐานอินเทอร์เน็ต เมื่อเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดเหตุการณ์ ภัยพิบัติ ยังสามารถทำงานได้ปกติ

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาในส่วนนี้ คือ เพื่อตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลสำหรับการ ปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน โดยภาพรวมของการศึกษาส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 3.2 เมื่อเกิด อุบัติเหตุขึ้น ผู้พบเห็นเหตุการณ์จะแจ้งไปยัง call center ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งใน ลักษณะที่คล้ายกันผู้พบเห็นเหตุการณ์จะทำการแชร์ข้อมูลและรูปภาพของเหตุการณ์ไปยังเครือข่าย สังคมออนไลน์ เช่น ทวิตเตอร์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นอย่าง ผิดปกติของข้อมูลต่อช่วงเวลานั้นๆ จากพื้นที่เดียวกัน โดยการคัดกรองจากฐานคำสำคัญ (keyword-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

base) เชิงพื้นที่ (spatial-term) และเชิงเวลา (temporal-term) และการใช้แผนภูมิควบคุมชีวฮาร์ท เพื่อตรวจจับข้อความที่เพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ ในแต่ละช่วงเวลา ผ่านการวิเคราะห์ความถี่ของเหตุการณ์ (frequency-term analysis) ซึ่งจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อให้จุดจอตใหม่ที่ได้ใกล้เคียงพื้นที่ความต้องการที่มีความต้องการสูงที่สุด



รูปที่ 3.2 ภาพรวมของระบบการเฝ้าระวังเหตุการณ์จากแหล่งข้อมูลแบบทันที และปรับเปลี่ยนจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินที่น่าเสนอ

### 3.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการเฝ้าระวังเหตุการณ์

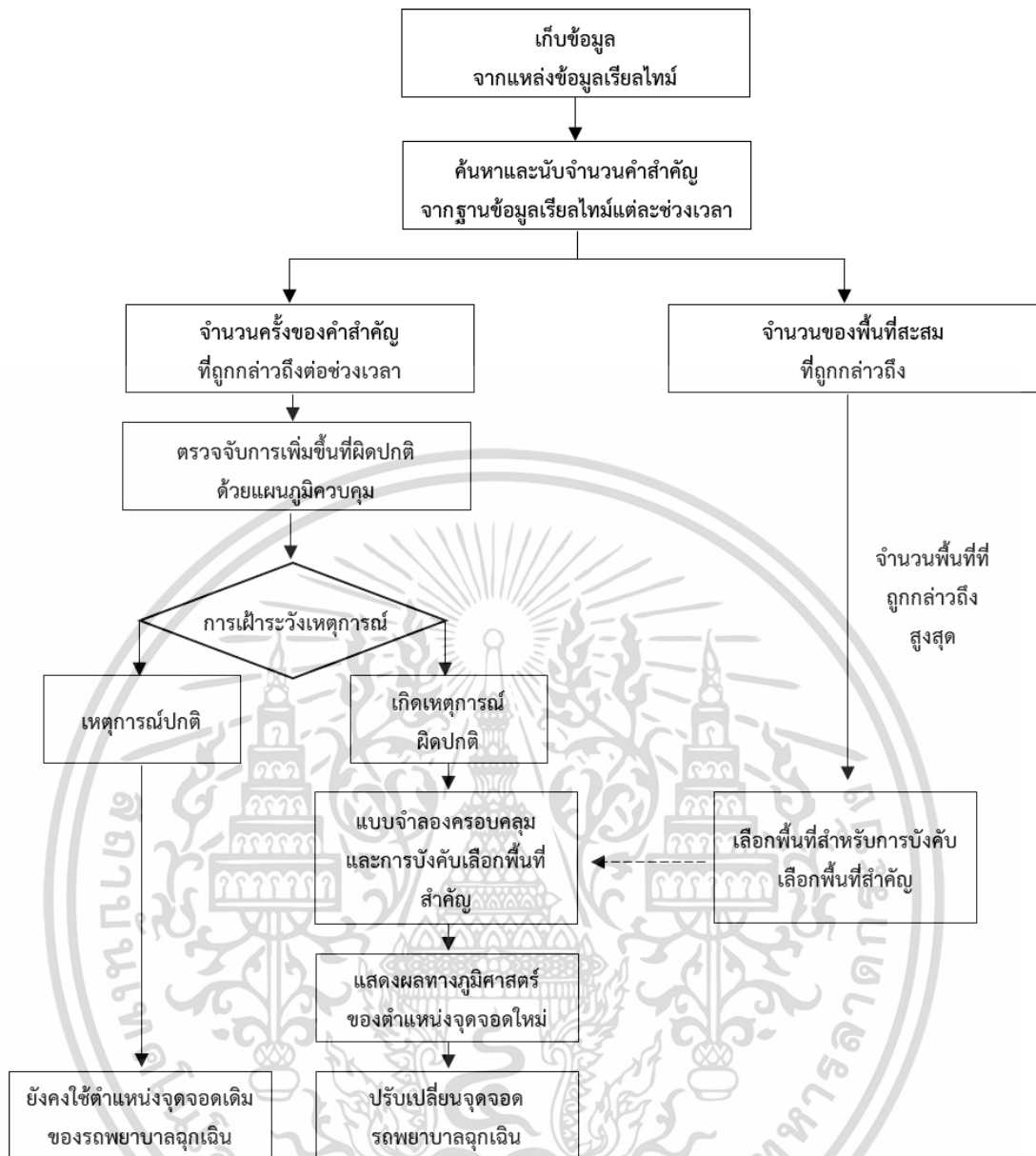
กรอบแนวความคิดที่ได้นำเสนอเป็นวิธีการบูรณาการข้อมูลจากจากแหล่งข้อมูลแบบทันที สำหรับการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน แสดงดังรูปที่ 3.3 ซึ่งเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมจากแหล่งข้อมูลแบบทันที ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลทวิต (tweet database) จากทวิตเตอร์ ทดแทนการใช้ข้อมูลจากการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินจริง ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน โดยการค้นหาคำสำคัญในภาษาไทยที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่นคำว่าอุบัติเหตุ ไฟไหม้ รถติดและเหตุการณ์ภัยพิบัติต่างๆ เป็นต้น หลังจากนั้นทำการคัดแยกข้อมูลในลักษณะเชิงพื้นที่และเชิงเวลาจากข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวม ต่อมาจะทำการนับจำนวนค่าสำคัญที่ถูกกล่าวถึงเกี่ยวข้องต่อช่วงเวลาทีระบุ (เช่น ช่วงเวลาละ 1 ชั่วโมง) และดำเนินการประเมินความถี่ของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน โดยการใช้แผนภูมิควบคุมที่มีการกระจายตัวแบบปัวซอง (Poisson distributions) เพื่อตรวจจับการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น การเพิ่มขึ้นอย่างมากของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ พื้นที่เกิดการจราจรติดขัด และการเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติ (เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว และภัยการก่อการร้าย)

กระบวนการควบคุมทางสถิติ (Statistical process control) เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ถูกใช้ในการจัดการคุณภาพและควบคุมคุณภาพ นอกเหนือจากนี้แผนภูมิควบคุมยังถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อตรวจสอบและรับรองความเสถียรของกระบวนการ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมาก จากความสามารถในการตรวจจับความผิดปกติและระบุเงื่อนไขที่เกิดขึ้นของระบบ อย่างไรก็ตามหนึ่งในข้อจำกัด คือ แผนภูมิควบคุมแบบข้อมูลผันแปร (variable control charts) ไม่สามารถนำมาใช้กับข้อมูลที่มีคุณลักษณะเชิงคุณภาพ และข้อมูลที่ไม่เป็นตามข้อกำหนด เช่น ชิ้นส่วนที่ขาดหายไป สีไม่ถูกต้อง และข้อบกพร่องตามระยะเวลา จะไม่สามารถใช้แผนภูมิควบคุมตัวแปรวัดได้ (Montgomery, 2007)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กรอบแนวความคิดที่นำเสนอ สำหรับการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล

แผนภูมิควบคุมที่แตกต่างกันจะคำนวณขีดจำกัดควบคุม (control limits) ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสมมติฐานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของข้อมูล เช่น ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete attribute data) ซึ่งสามารถระบุประเภทเป็นข้อมูลที่นับได้ นอกจากนั้นข้อมูลยังอาจมีรูปแบบข้อมูลเป็นแบบไบนารี (binary data) เช่น จำนวนครั้งที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะเดินทางไปยังจุดเกิดเหตุภายในระยะเวลา 8 นาที (เป็นข้อมูลแบบไบนารีเนื่องจากรถพยาบาลฉุกเฉินอาจเดินทางไปถึงพื้นที่เกิดเหตุน้อยกว่าหรือมากกว่า 8 นาที) ขีดจำกัดควบคุมสำหรับข้อมูลแบบไบนารีเป็นการคำนวณโดยการพิจารณาจากสมมติฐานที่ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบทวินาม (binomial distribution) ดังนั้นแผนภูมิควบคุมนี้จะเป็นแบบแผนภูมิสัดส่วนค่าของเสีย (Proportion Defective Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chart: P-chart) ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่มีลักษณะแบบไบนารีในรูปแบบเปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่นับได้ (counted data) ซึ่งเกิดจากข้อมูลประชากรที่มีความแน่นอนและเป็นจำนวนเต็ม เช่น จำนวนครั้งที่เกิดการจราจรติดขัดในพื้นที่ห้าแยกลาดพร้าว การกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ในช่วงเดือนมกราคม เป็นต้น ซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของแผนภูมิควบคุม ที่ถูกเรียกว่า แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ (Control Charts for nonconformities (defects): C-chart) ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม C-chart เป็นการพิจารณาสมมติฐานของข้อมูลที่มีลักษณะการกระจายตัวแบบปัวซอง (Poisson distribution) แสดงโดยใช้ฮิสโตแกรมที่แสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นรอบๆ ค่าเฉลี่ยเมื่อเหตุการณ์เป็นอิสระ ดังนั้นฮิสโตแกรมของค่าที่ถูกกล่าวจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ฉุกเฉินจึงควรมีลักษณะการกระจายตัวแบบปัวซอง

จำนวนค่าที่ถูกนับจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลของการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินนั้น สามารถเก็บรวบรวมและวิเคราะห์แต่ละช่วงเวลาโดยการใช้แผนภูมิควบคุมแบบปัวซอง (แผนภูมิควบคุม Shewhart) สามารถอธิบายได้ดังสามารถที่ (3.1) - (3.3)

$$\lambda = \text{อัตราจำนวนค่าที่ถูกนับ ต่อช่วงเวลา} \quad (3.1)$$

$$UCL = \lambda + 3\sqrt{\lambda} \quad (3.2)$$

$$LCL = \lambda - 3\sqrt{\lambda} \quad (3.3)$$

เมื่อ  $\lambda$  แทน ค่าเฉลี่ยของจำนวนค่าที่ถูกนับต่อช่วงเวลาจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper control limits: UCL) และขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower control limits: LCL) ถูกใช้เพื่อตรวจจับและส่งสัญญาณความผิดปกติที่ถูกตรวจจับได้ของจำนวนค่าที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งลักษณะที่เกิดขึ้นของสัญญาณจากแผนภูมิมีด้วยกัน 2 ประเภทได้แก่

เหตุการณ์มีความปกติ (normal event) เป็นสัญญาณเมื่อข้อมูลจากฐานข้อมูลแบบทันกาลที่ถูกนับและวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิควบคุม Shewhart และแผนภูมิไม่สามารถตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลได้ เพราะฉะนั้นตำแหน่งจุดจุดของรถพยาบาลฉุกเฉิน จะยังคงใช้ตำแหน่งเดิมของแต่ละจุดจุด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหากไม่มีการต้องการบริการต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน การปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจุดรถพยาบาลฉุกเฉินก็ไม่มีความจำเป็น

เหตุการณ์มีความผิดปกติ (abnormal event) เป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นเมื่อแผนภูมิควบคุมสามารถตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมมา จำนวนค่าที่กล่าวถึงความต้องการฉุกเฉินหรือการเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติที่เพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนจุดจุดรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมของเหตุการณ์เหล่านี้ทั้งในอนาคตรหรือตามเวลาจริงที่เหตุการณ์เกิดขึ้น ในช่วงของการเกิดเหตุการณ์มีความผิดปกติแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม จะถูกนำมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจุดสำหรับรถพยาบาลฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการปรับเปลี่ยนจุดจอด ด้วยข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล

หนึ่งจากในสัญญาณของแผนภูมิควบคุม ซึ่งนำไปสู่ความผิดปกติของข้อมูลที่เกิดจากเพิ่มขึ้นของจำนวนเหตุการณ์ฉุกเฉินและเหตุการณ์ภัยพิบัติ จึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินใหม่ โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม MCLP ในการวิจัยส่วนนี้ได้ทำการบูรณาการข้อมูลที่กล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน จากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลมาในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอ โดยการเพิ่มเงื่อนไขที่บังคับใช้พื้นที่ (เรียกว่า ตำแหน่งที่ถูกบังคับเลือก) เมื่อเหตุการณ์ฉุกเฉินจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลมีการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ แบบจำลองที่นำเสนอจะ ถูกเรียกว่า แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุดกับตำแหน่งที่ถูกบังคับเลือก (Maximal Covering Location Problem with location-forced: MCLP-LF) แบบจำลองที่นำเสนอตั้งอยู่บนพื้นฐานดังต่อไปนี้ ความต้องการสามารถกำหนดค่าได้ ทุกพื้นที่จุดจอดสามารถเป็นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินได้ และเซตของความต้องการสามารถนับได้ โดยมีรายละเอียดของพารามิเตอร์และตัวแปรที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองครอบคลุมใน บทที่ 2 ดังต่อไปนี้

เซต (Set):

$V$  : เซตของจุดความต้องการ  $\{1, \dots, D\}$

$W$  : เซตของตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $\{1, \dots, P\}$

$W_i$  : เซตของตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ซึ่งครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะมาตรฐาน  $r$ ,  $\{j \in W_i | L_{ij} \leq r\}$

ดัชนี (Indices):

$i$  : ดัชนีของจุดความต้องการ  $i \in V$

$j$  : ดัชนีของตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $j \in W$

พารามิเตอร์ (Parameters):

$L_{ij}$  : ระยะทางจากจุดความต้องการ  $i$  ไปยังจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน  $j$

$r$  : เกณฑ์ระยะทางมาตรฐาน สำหรับจุดความต้องการที่พิจารณาว่าถูกครอบคลุม

$D$  : จำนวนของจุดความต้องการทั้งหมด

$d_i$  : ขนาดจำนวนของจุดความต้องการ  $i$

$P$  : จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินทั้งหมดที่เป็นไปได้ทั้งหมด

$\beta_j$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าพื้นที่จุดจอด } j \text{ ถูกบังคับเลือกให้เป็นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน} \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables):

$x_j$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินถูกกำหนดบนตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

$y_i$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดความต้องการ } i \text{ ถูกครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งจุดจอด} \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง คือ จำนวนพื้นที่ความต้องการที่มากที่สุด ที่ถูกรอบคลุมโดยจุดจอตรพยาบาลจุดเงินที่เป็นไปได้ สมการวัตถุประสงค์แสดงดังต่อไปนี้:

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i \in V} d_i y_i \quad (3.4)$$

ฟังก์ชันเงื่อนไข

พื้นที่ความต้องการต้องถูกรอบคลุมโดยจุดจอตรพยาบาลจุดเงินหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่ง:

เงื่อนไขที่ (3.5) เพื่อให้แน่ใจว่า จุดความต้องการที่  $i$  ถูกรอบคลุม เพียงแค่หนึ่งหรือมากกว่า ของจุดจอตรพยาบาลจุดเงินที่ถูกกำหนดภายในระยะมาตรฐาน  $r$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in W_i} x_j \geq y_i \quad \forall i \in V \quad (3.5)$$

ผลรวมของจุดจอตรพยาบาลจุดเงินที่เป็นไปได้:

เงื่อนไขที่ (3.6) เพื่อให้แน่ใจว่า ผลรวมของจุดจอตรพยาบาลจุดเงินที่เป็นไปได้ ต้องน้อยกว่าจำนวนจุดจอตรพยาบาลจุดเงินที่เป็นไปได้สูงสุด  $P$

$$\sum_{j \in W} x_j \leq P \quad (3.6)$$

การบังคับเลือกพื้นที่จากข้อมูลเครือข่ายสังคมออนไลน์:

เงื่อนไขที่ (3.7) เพื่อให้แน่ใจว่า จุดจอตรพยาบาลจุดเงิน  $j$  จะถูกเลือก เนื่องจากเหตุการณ์จุดเงินหรือเหตุการณ์ภัยพิบัติเพิ่มขึ้น จากการตรวจจับของแผนภูมิควบคุม

$$\beta_j \leq x_j \quad \begin{array}{l} j = \text{ความผิดปกติ} \\ \text{จากแผนภูมิควบคุม} \end{array} \quad (3.7)$$

ตัวแปรตัดสินใจ:

เงื่อนไขที่ (3.8) และ (3.9) เป็นตัวแปรตัดสินใจ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบไบนารี

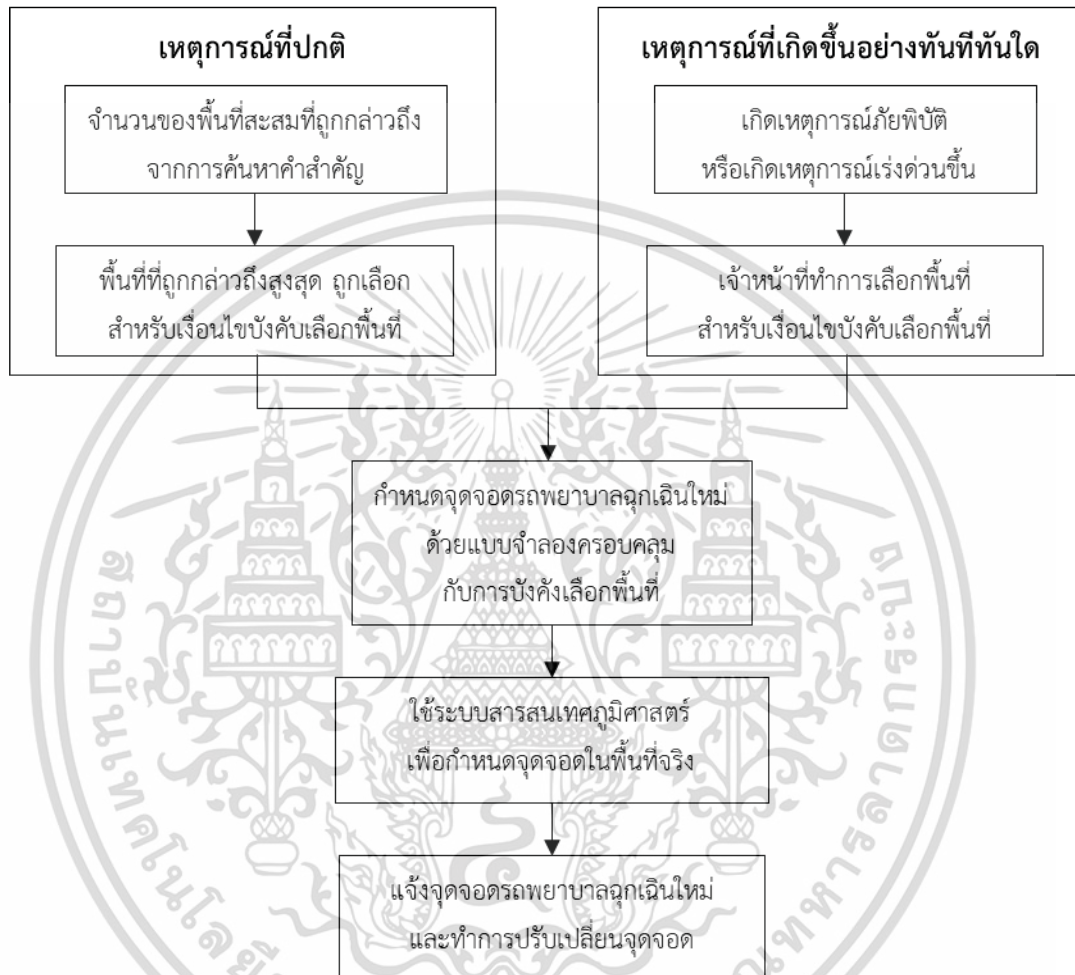
$$x_j \in \{0, 1\} \quad j \in W \quad (3.8)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad i \in V \quad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 เงื่อนไขการบังคับเลือก สำหรับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

วิธีการบูรณาการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลที่ได้นำเสนอ ซึ่งถูกเรียกว่า MCLP-LF โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ 2 เหตุการณ์จริงที่เกิดขึ้นกับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ดังแสดงในรูปที่ 3.4 :



รูปที่ 3.4 การประยุกต์ใช้วิธีการที่นำเสนอ ทั้ง 2 กรณี และการนำแบบจำลอง MCLP-LF ไปใช้กำหนดจุดจอตใหม่

(1) สำหรับเหตุการณ์ปกติ และมีการเพิ่มขึ้นของการเกิดการจราจรติดขัด หรือจำนวนอุบัติเหตุ ซึ่งสามารถตรวจจับได้ด้วยแผนภูมิควบคุม โดยทั่วไปเหตุการณ์ฉุกเฉินสามารถเกิดขึ้นได้ทุกที่ทุกเวลา ดังนั้นรพพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเตรียมความพร้อมล่วงหน้าได้ทั้งหมด เพราะฉะนั้นแบบจำลอง MCLP-LF จะถูกใช้เพื่อกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินในอนาคตอันใกล้ (ล่วงหน้า 1-2 วัน) เมื่อใช้ข้อมูลที่คำนึงถึงการเพิ่มสูงขึ้นของเหตุการณ์ฉุกเฉินจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลและเกิดความผิดปกติ เมื่อมีการสังเกตค่ากล่าวที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ฉุกเฉิน

(2) สำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด วิธีการที่นำเสนอสามารถใช้ได้อย่างดีกับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินเมื่อเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติขึ้น (เช่น แผ่นดินไหว น้ำท่วม หรือภัยก่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การร้าย) ซึ่งรพพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งคันต้องตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินนี้ในทันที ดังนั้นสามารถใช้แบบจำลอง MCLP-LF เพื่อกำหนดจุดจอดที่ต้องในเงื่อนไขการบังคับเลือก ให้เป็นพื้นที่ภัยพิบัติที่ต้องการ แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่อื่นก็ยังคงต้องการการบริการฉุกเฉิน ดังนั้นแบบจำลองจะพยายามทำให้เกิดการครอบคลุมทุกพื้นที่เช่นกันเกี่ยวกับการกำหนดจุดจอดโดยทั่วไป

จะเห็นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอ มีการปรับเปลี่ยนจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉินเช่นเดียวกับแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดแบบไดนามิก (dynamic allocation model) แต่อย่างไรก็ตามวิธีการที่นำเสนอไม่จำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอดทุกช่วงเวลาของวัน และมีการพิจารณาข้อมูลจากภายนอกระบบในการปรับเปลี่ยนจุดจอด โดยอาศัยการเฝ้าระวังเหตุการณ์สำหรับช่วงเวลาที่มีความผิดปกติ ซึ่งแตกต่างจากการปรับเปลี่ยนจุดจอดแบบไดนามิกทั่วไปที่มีการปรับเปลี่ยนที่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา และอาศัยเพียงข้อมูลภายในระบบ (ความพร้อมของรพพยาบาลฉุกเฉิน) ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอจึงมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉิน และใกล้เคียงกับการปรับเปลี่ยนจุดจอดตามสถานการณ์จริง นอกจากนี้ยังช่วยลดความเหนื่อยล้าและความตึงเครียดของพนักงานขับรถพยาบาลฉุกเฉินที่ต้องปรับเปลี่ยนจุดจอดตลอดทั้งวัน

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ได้มีการเพิ่มเงื่อนไขการบังคับเลือกที่สามารถถูกใช้เมื่อเกิดความผิดปกติของข้อมูล (การเพิ่มขึ้นของความต้องการฉุกเฉินหรือ การเกิดการจราจรติดขัด) ที่เกิดจากสังเกตค่าที่กล่าวถึงเหตุการณ์จากจากแหล่งข้อมูลแบบทันที หรือแม้กระทั่งเมื่อเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติ (เช่น แผ่นดินไหว น้ำท่วม หรือภัยก่อการร้าย) และปริมาณของค่าที่ถูกกล่าวถึงกับเหตุการณ์ภัยพิบัติไม่เพียงพอที่จะให้แผนภูมิควบคุมตรวจจับความผิดปกติของเหตุการณ์เหล่านี้ได้ อย่างไรก็ตามเจ้าหน้าที่หรือบุคลากรทางการแพทย์ฉุกเฉินที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ยังคงสามารถเลือกพื้นที่ที่ต้องการตั้งจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉินได้ จึงจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขที่ถูกเพิ่มเข้าไปยังแบบจำลองครอบคลุมมีประโยชน์อย่างมากสำหรับระดับปฏิบัติการ (operational level) เป็นอย่างมาก

สำหรับเงื่อนไขบังคับเลือกนั้น เป็นการเลือกพื้นที่จากช่วงเวลาที่มีความผิดปกติหรือเกินกว่าค่าขีดจำกัด หรือที่ถูกเรียกว่า ช่วงเวลาที่อยู่นอกการควบคุม (out-of-control period) โดยการใช้แผนภูมิควบคุมที่แต่พื้นที่ จากการเก็บจำนวนการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินสะสมจากแหล่งข้อมูลแบบทันที ในช่วงก่อนหน้าที่จะมีการอัปเดตจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉินใหม่ จนถึงกระทั่งเกิดช่วงเวลาที่อยู่นอกการควบคุมหรือที่ในงานวิจัยส่วนนี้เรียกว่า ช่วงเวลาที่มีความผิดปกติ (abnormality period) ซึ่งจะเลือกจากช่วงเวลาที่มียานการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินสะสมที่สูง นั้นแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่นั้นๆ และต้องการจุดบริการรพพยาบาลฉุกเฉินเป็นอย่างมาก เพื่อทำให้ระยะทางในการตอบสนองสั้นที่สุด เมื่อต้องเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน หลังจากทำการเลือกพื้นที่แล้ว จะทำการกำหนดพื้นที่ที่ถูกเลือกไปยังเงื่อนไขการบังคับเลือก เนื่องจากข้อมูลของจากแหล่งข้อมูลแบบทันที ในแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF และทำการหาค่าตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำการกำหนดจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉินใหม่ และทำการแสดงจุดจอดใหม่ลงบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system: GIS) เพื่อระบุจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉินบนแผนที่จริง และตรวจสอบการครอบคลุมจุดความต้องการ

## 3.2 ผลการศึกษา

### 3.2.1 ผลการเก็บรวบรวมและสัญญาณ สำหรับการอัปเดตจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันที ที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเหตุการณฉุกเฉินและสภาพการจราจรติดขัด การค้นหาการกล่าวถึงคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อทำการนับจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำสำคัญต่อช่วงเวลา ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในการนำข้อมูลจากจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีมาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

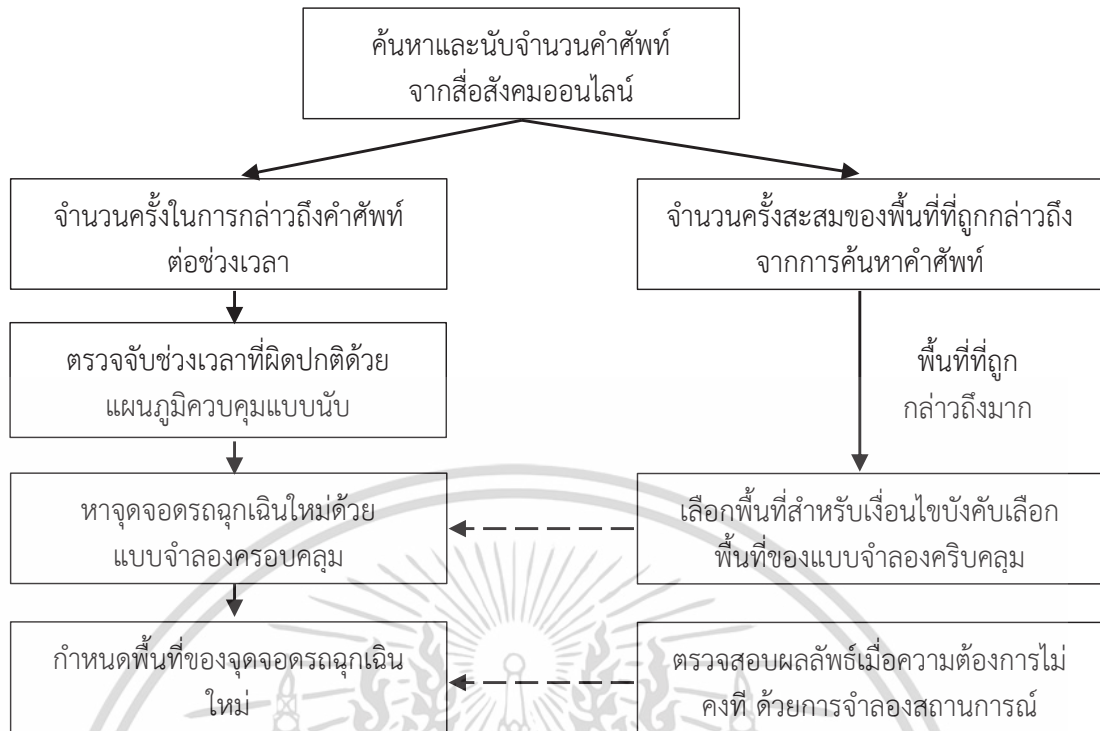
ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลของแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ (Twitter) แทนข้อมูลการแจ้งเหตุการณฉุกเฉินจากระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน โดยการค้นหาคำส่งข้อความของผู้ใช้หรือที่เรียกว่า “ทวิต” (Tweet) ที่ช่วงเวลานั้นๆ ด้วยคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เช่น อุบัติเหตุ รถติด รถชน เพลิงไหม้ เป็นต้น จากการข้อความของ 3 ผู้ใช้หลัก ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีการแจ้งเหตุการณฉุกเฉิน และอัปเดตสภาพการจราจร ได้แก่

1) @Longdotraffic เป็นหนึ่งในบริการของเว็บ Longdo.com โดยมีเป้าหมายให้บริการรายงานข้อมูลสภาพจราจร และรายงานเหตุการณ์ต่างๆ เช่น อุบัติเหตุ ฝนตก น้ำท่วม การก่อสร้าง การชุมนุม การจัดงาน ฯลฯ โดยข้อมูลเหตุการณ์เหล่านี้มีข้อมูลมาจากหลายๆ แหล่ง ดังต่อไปนี้

(1.1) ข้อมูลจากการเชื่อมโยงจากมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (iTic) โดยมีข้อมูลหลักๆ มาจากแหล่งข้อมูลภาครัฐ และกรุงเทพมหานคร โดยบริษัท Forth/ Genius (ป้ายจราจรอัจฉริยะตามท้องถนน) การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ภาพจากกล้อง CCTV ของ NECTEC

(1.2) ข้อมูลจาก Mobile Probe ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากรถแท็กซี่ รถบรรทุก รถประจำทาง และรถแบบอื่นๆ ที่วิ่งอยู่ทั่วประเทศไทย

(1.3) ข้อมูลจากภาคเอกชนอื่นๆ ซึ่งปัจจุบันมีข้อมูลจากบริษัท Oriscom ประเภท TAXI probe วิ่งทั่วกรุงเทพตลอด 24 ชั่วโมง ทำให้ได้ซึ่งข้อมูลถนนที่ครอบคลุมกว่า ข้อมูลจากอาสาสมัคร Longdo ข้อมูลสภาพจราจรรวมถึงเหตุการณ์ล่าสุดต่างๆ จากอาสาสมัครผู้ใช้ Longdo Mobile ซึ่งสามารถร่วมรายงานสภาพจราจรเข้ามาได้



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนสำหรับการนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉิน เพื่อเพิ่มสมรรถนะการปฏิบัติงานแบบทันกาล

2) @JS100 คือ สถานีวิทยุ จส.100 ซึ่งเป็นวิทยุข่าวสารและการจราจร โดยมีลักษณะของข้อมูลเป็นการรายงานข่าวจราจร และข่าวอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนท้องถนน ในบริเวณที่มีการจราจรติดขัดมาก โดยจะรายงานถึงสภาพการจราจรบนถนนสายต่างๆ รายงานอุบัติเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้น และบอกถึงสาเหตุของปัญหาจราจร แหล่งข้อมูลมาจาก

(2.1) ศูนย์ข่าวการจราจร ซึ่งจะมีเจ้าหน้าที่ตรวจจราจร อาสาสมัคร และผู้สื่อข่าวของ จส.100 ประจำแต่ละจุด ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งมักติดขัดในช่วงเช้า และช่วงเย็น

(2.2) ผู้สื่อข่าว จส.100 จะออกติดตามข่าวสารโดยใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในกรณีมีข่าวเร่งด่วน เพราะรถจักรยานยนต์ สามารถเข้าไปได้ทั่วถึงและรวดเร็วมากทางภาคพื้นดิน

(2.3) ผู้สื่อข่าวอิสระ ผู้ที่รายงานเหตุการณ์ที่พบเห็นตามท้องถนน ซึ่งอาจมาจากผู้ฟังทั่วไปหรือจากสมาชิกของ จส.100

3) @สวพ. FM91 เป็นสถานีวิทยุพิทักษ์สันติราษฎร์ สวพ. FM91 กองตำรวจสื่อสารสำนักงานตำรวจแห่งชาติ โดยให้บริการรายงานข้อมูลสภาพจราจรและรายงานเหตุการณ์ต่างๆ ทั้งทางวิทยุและทางสื่อสังคมออนไลน์

จากนั้นทำการนับจำนวนครั้งที่กล่าวถึงคำศัพท์ต่อช่วงเวลาจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล โดยในการศึกษาครั้งนี้แบ่งช่วงเวลาเป็นทุกๆ 1 ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลที่จะนำไปสู่การกำหนดจุดจอตลอดรถพยาบาลฉุกเฉินใหม่ต่อไป นอกจากนี้ยังจะมีการเก็บข้อมูลพื้นที่เกิดเหตุการณ์ที่ถูกกล่าวถึงจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล เพื่อใช้ในการเลือกพื้นที่ที่มีความจำเป็นต้องกำหนดจุดจอดไว้ในพื้นที่นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้แหล่งข้อมูลแบบทันทีกาลจากทวิตเตอร์ ซึ่งเป็นที่นิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทย มีจำนวนผู้ใช้มากกว่า 5.3 ล้านบัญชี โดยส่วนใหญ่จะเป็นการเล่นผ่านทางโทรศัพท์ สำหรับการศึกษาใน ครั้งนี้จะใช้จำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินจากข้อความเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล เป็น ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตลอดเดือนกันยายน ปี 2016 โดยใช้คำสำคัญที่ใช้ในการค้นหา คือ “อุบัติเหตุ” และแบ่งพื้นที่กรุงเทพมหานครออกเป็น 56 พื้นที่ เรียงลำดับหมายเลขจากซ้ายบนไปยังขวาล่าง จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิควบคุมเพื่อตรวจจับการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของการเกิดอุบัติเหตุ

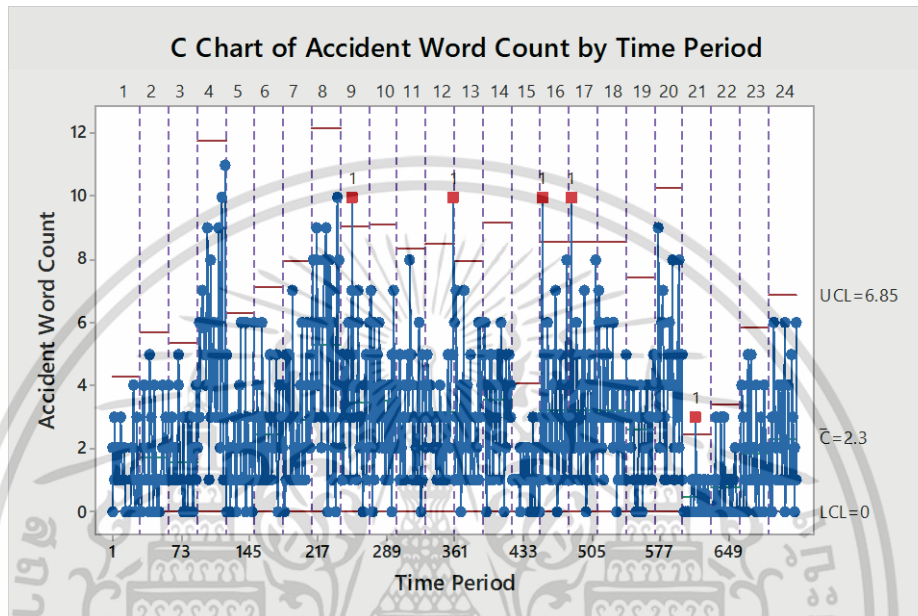
ข้อมูลในช่วงเดือนกันยายนที่ทำการศึกษามีจำนวนทั้งหมด 1930 จำนวนครั้งจากการค้นหา ด้วยคำว่า “อุบัติเหตุ” ซึ่งได้การแบ่งออกเป็น 24 ช่วงเวลา (ช่วงเวลาละชั่วโมง) ค่าเฉลี่ยของจำนวน ครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน ต่อชั่วโมงแสดงดังตารางที่ 3.1 ซึ่งค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้มี ลักษณะคล้ายกับการรับแจ้งเหตุของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน กรุงเทพมหานคร โดยจะมีค่าเฉลี่ย ของจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน จำนวนมากที่ช่วงเวลา 3:00-4:00 7:00-8:00 15:00- 16:00 และ 19:00-20:00 ซึ่งเป็นจำนวนที่มีผู้คนจำนวนมากบนท้องถนนในช่วงเช้าและบ่าย และ ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน จำนวนน้อยที่ช่วงเวลา 20:00-21:00 ซึ่งเป็น เวลาที่คนโดยส่วนใหญ่พักผ่อน

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา และค่าพิสัยบน ค่าพิสัยล่าง

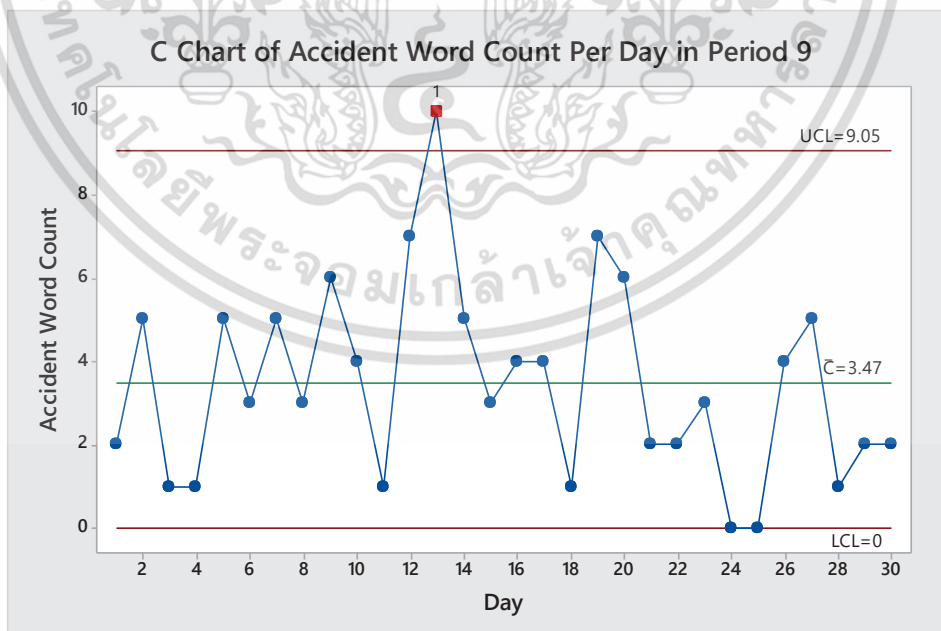
ช่วงเวลา	CL	UCL	LCL	ช่วงเวลา	CL	UCL	LCL
0:00-1:00	1.10	4.25	0.00	12:00-13:00	2.87	7.95	0.00
1:00-2:00	1.73	5.68	0.00	13:00-14:00	3.53	9.17	0.00
2:00-3:00	1.57	5.32	0.00	14:00-15:00	1.03	4.08	0.00
3:00-4:00	5.03	11.76	0.00	15:00-16:00	4.70	11.20	0.00
4:00-5:00	2.03	6.31	0.00	16:00-17:00	3.20	8.57	0.00
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

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิควบคุม C จะได้ผลการตรวจจับข้อมูลดังรูปที่ 3.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีด้วยกัน 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. ซึ่งช่วงเวลาทั้งหมดเป็นสัญญาณในการปรับเปลี่ยนจุด จอctrภพยาบาลฉุกเฉินทั้งหมด โดยในครั้งนี้จะยกตัวอย่างการปรับเปลี่ยนจุดจอctrภพยาบาลฉุกเฉินมี การตรวจจับได้ว่าในช่วงเวลา 9:00-10:00 น. ของวันที่ 13 กันยายน มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนค่าที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินมากอย่างผิดปกติ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งจะเริ่มกระบวนการที่นำเสนอ ในการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินใหม่ ในขั้นตอนต่อมาจะทำการกำหนดพื้นที่ที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุด สำหรับเงื่อนไขการบังคับเลือกพื้นที่ ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวจำนวนสะสมของพื้นที่ที่ถูกกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่หมายเลข 36 จึงใช้พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่สำหรับเงื่อนไขบังคับเลือก ที่จะนำไปแทนที่ในแบบจำลอง MCLP-LF ต่อไป



รูปที่ 3.6 แผนภูมิควบคุมของจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน ในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการเกิดความผิดปกติของการเพิ่มขึ้นจากจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน ในช่วงเวลาที่ 9:00-10:00 น.

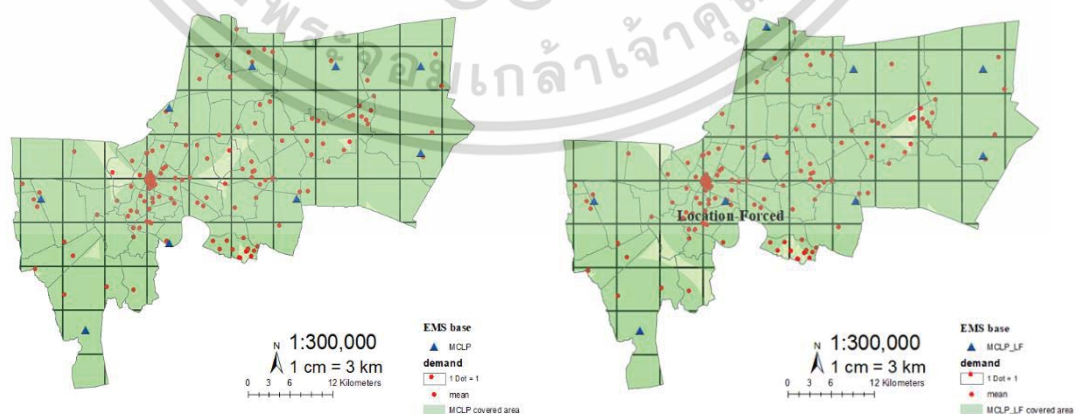
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน

หลังจากเกิดการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของจำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉิน จากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ในช่วงเวลาที่ 9:00-10:00 น. ของวันที่ 13 กันยายน โดยมีพื้นที่ที่ถูกกำหนดให้สำหรับเงื่อนไขบังคับเลือก คือ พื้นที่หมายเลข 36 เนื่องจากมีจำนวนครั้งสะสมในการกล่าวถึงพื้นที่นี้สูงสุด และกำหนดให้จำนวนของรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานครลดลงครึ่งของจำนวนทั้งหมด ดังนั้นจำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ทั้งหมด ( $P$ ) จะมีจำนวนเท่ากับ 25 จุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน (จำนวนจุดจอตในปัจจุบันเท่ากับ 50 จุดจอต) ซึ่งจากวิธีการที่นำเสนอเมื่อการเฝ้าระวังเหตุการณ์ สามารถตรวจจับได้ว่ามีความผิดปกติของจำนวนเหตุการณ์ฉุกเฉิน จะเข้าสู่ขั้นตอนของการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยแบบจำลอง MCLP-LF ที่ได้นำเสนอไปข้างต้น

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุมที่นำเสนอ จะถูกหาคำตอบด้วย CPLEX ผ่านทางโปรแกรม Ampl และเมื่อได้คำตอบจากแบบจำลองครอบคลุมแล้ว นำคำตอบที่ได้ไปกำหนดตำแหน่งของจุดจอตรพยาบาลบนพื้นที่จริงของกรุงเทพมหานคร ผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุม MCLP (แบบจำลองทั่วไป) ที่นำเสนอมีจำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินเท่ากับ 9 จุดจอต โดยแต่ละจุดจอตมีจำนวนรพยาบาลหนึ่งคันต่อจุดจอต เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์การกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินกับแบบจำลองครอบคลุมทั่วไปและแบบจำลองที่มีการพิจารณาการบังคับเลือกพื้นที่ (MCLP-LF) จะใช้จำนวนของจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่จำนวน 9 จุดจอตเท่ากัน

โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเอาผลลัพธ์การกำหนดจุดจอตจากแบบจำลองครอบคลุม MCLP มาเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยที่มีการกำหนดปริมาณความต้องการในแต่ละพื้นที่เป็นข้อมูลเดียวกับแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF ซึ่งจำนวนของจุดจอตจากแบบจำลองครอบคลุม MCLP มีจำนวน 9 จุดจอต เท่ากับจำนวนจุดจอตจากแบบจำลองครอบคลุมที่นำเสนอ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงได้มีการแสดงผลลัพธ์ของตำแหน่งจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินในเชิงภูมิศาสตร์ เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองที่นำเสนอ



(a) แบบจำลองครอบคลุม MCLP

(b) แบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF

รูปที่ 3.8 ผลลัพธ์จุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน จากแบบจำลอง MCLP ซึ่งมีจำนวน 9 จุดจอต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการแสดงผลลัพธ์เชิงสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้มีการนำเสนอด้วยใช้โปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 10.1 ซึ่งแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม MCLP และแบบจำลอง MCLP-LF (ดังแสดงในรูปที่ 3.8) ซึ่งมีจำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เท่ากันที่จำนวน 9 จุดจอต แต่อย่างไรก็ดีตำแหน่งของจุดจอตรพยาบาลทั้ง 2 แบบจำลอง มีตำแหน่งที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินในรูปแบบที่ ด้วยสามเหลี่ยมสีน้ำเงิน และสัญลักษณ์ทรงกลมสีแดง แสดงตำแหน่งของจุดความต้องการที่เกิดขึ้นแต่ละพื้นที่ ซึ่งทั้ง 2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองยังคงสามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกรุงเทพมหานครได้

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทั้ง 2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองครอบคลุม ระหว่างแบบจำลองครอบคลุม MCLP และแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF ในส่วนของจำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินและระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ส่วนผลลัพธ์ที่ได้ คือทั้ง 2 แบบจำลองครอบคลุมมีผลลัพธ์ของจำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินเท่ากันที่ 9 จุดจอต แต่เมื่อพิจารณาระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย แบบจำลอง MCLP-LF มีการบังคับเลือกพื้นที่หมายเลข 36 ทำให้ระยะทางเฉลี่ยในการครอบคลุมจุดความต้องการ (average covering distance) ลดลงจาก 6.93 กิโลเมตร ในแบบจำลอง MCLP เหลือเพียง 6.13 กิโลเมตร ในแบบจำลองที่นำเสนอ (ลดลง 13.05% ของระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยของ MCLP)

ตารางที่ 3.2 ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อใช้แบบจำลอง MCLP เปรียบเทียบกับแบบจำลอง MCLP-LF

แบบจำลองครอบคลุม (covering model)	ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์	ผลลัพธ์ของแบบจำลอง	
		จำนวนจุดจอตรฉุกเฉิน (จุดจอต)	ระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย (กิโลเมตร)
แบบจำลองครอบคลุม MCLP		9	6.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลอง ครอบคลุม (covering model)	ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์	ผลลัพธ์ของแบบจำลอง	
		จำนวนจุด จุดตรวจ ฉุกเฉิน (จุดจอด)	ระยะทาง ครอบคลุม เฉลี่ย (กิโลเมตร)
แบบจำลอง ครอบคลุม MCLP-LF		9	6.13

แต่อย่างไรก็ดีในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้ความต้องการในแต่ละพื้นที่เป็นค่าคงที่ (จำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินและพื้นที่ที่ถูกกล่าวถึง) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วความต้องการที่เกิดขึ้นในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินมีลักษณะเป็นแบบไม่คงที่ ดังนั้นจึงได้มีการทดสอบสมรรถนะของผลลัพธ์จากวิธีการที่นำเสนอ ด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์เพิ่มเติมและประเมินระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสังเกตผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อความต้องการเรียกใช้บริการพยาบาลฉุกเฉินมีลักษณะไม่คงที่ (Uncertainty)

### 3.2.3 การทดสอบสมรรถภาพแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์

สำหรับการจำลองสถานการณ์ เพื่อทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลอง MCLP-LF กำหนดให้จำนวนครั้งในการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินต่อช่วงเวลา มีการสุ่มแบบการกระจายตัวแบบปัวซองของ (Poisson Distribution) ตามข้อมูลที่ได้เก็บข้อมูลแต่ละช่วงเวลามาก่อนหน้า (ตารางที่ 3.1) และพื้นที่ที่ถูกกล่าวถึงให้สุ่มตามข้อมูลอัตราการแจ้งเหตุของแต่ละพื้นที่ (รูปที่ 3.9) หลังจากนั้นทำการสุ่มจำนวนความต้องการและพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินแล้ว ทำการหาตำแหน่งจุดจอดรพพยาบาลฉุกเฉินจากแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF และทดสอบผลลัพธ์ของแบบจำลองด้วยการจำลองสถานการณ์ จำนวน 20 รอบ ผลลัพธ์ของการทดสอบด้วยแบบจำลองสถานการณ์แสดงดังตารางที่ 3.3 ซึ่งผลการทดสอบด้วยแบบจำลองสถานการณ์ที่มีเหตุการณ์ผิดปกติและจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนจุดจอดใหม่ พร้อมทั้งวัดระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยของและการปรับเปลี่ยนจุดจอดจากแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของแต่ละรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ท้องถนน เฉลี่ยที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินจากแบบจำลองครอบคลุมที่นำเสนอจะสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉินได้ที่ระยะเวลาการตอบสนองอยู่ที่ 7.224 นาที ซึ่งน้อยกว่าระยะเวลาที่กำหนด แต่ในความเป็นจริงแล้วรถพยาบาลฉุกเฉินยังต้องเผชิญหน้ากับสภาพการจราจรและปัญหาอื่นๆ มากมาย ในการเดินทางเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ ในงานวิจัยส่วนนี้ยังไม่ถูกนำมาพิจารณา โดยจะพิจารณาเพียงระดับของความต้องการที่แตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์อ่อนไหวของผลลัพธ์จากแบบจำลอง ซึ่งจะนำเสนอในส่วนถัดไป

สำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF จะทำการศึกษาเพิ่มเติมด้วยกัน 4 ทางเลือก ที่กรณีอัตราการเรียกรับบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินเพิ่มขึ้นจากเดิม (อัตราการเรียก 1 เท่า) สำหรับอีก 4 กรณีประกอบด้วย

- อัตราการเรียกรับบริการเป็น 0.1 เท่าจากอัตราเดิม
- อัตราการเรียกรับบริการเป็น 0.5 เท่าจากอัตราเดิม
- อัตราการเรียกรับบริการเป็น 2 เท่าจากอัตราเดิม
- อัตราการเรียกรับบริการเป็น 3 เท่าจากอัตราเดิม

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเพิ่ม-ลดลงของอัตราการกล่าวถึงคำศัพท์จากทวิตเตอร์กับระยะทางครอบคลุมจากการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินใหม่

อัตรา การเรียกรับบริการ	ระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย (กิโลเมตร)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย (กิโลเมตร)
0.1 เท่า	5.99	0.37
0.5 เท่า	6.17	0.25
1 เท่า (อัตราการเรียกเดิม)	6.02	0.22
2 เท่า	6.06	0.36
3 เท่า	6.21	0.29

หลังจากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 4 ทางเลือกมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของวิธีการที่นำเสนอ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3.4 ซึ่งจะถูกนำมาทำการเปรียบเทียบระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจำลองสถานการณ์ก่อนหน้า (1 เท่าจากของเดิม) และจากการศึกษาเพิ่มเติมอีก 4 ทางเลือก (0.1 0.5 2 และ 3 เท่าจากของเดิม) จะเห็นได้ว่า ทั้ง 5 ทางเลือกไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียกรับบริการรถพยาบาลฉุกเฉินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 อภิปรายผลการศึกษา การบูรณาการเฝ้าระวังเหตุการณ์ กับการปรับเปลี่ยนจุด จอตรพยาบาลฉุกเฉิน

ในการศึกษาส่วนนี้ได้นำเสนอกรอบแนวคิดในการบูรณาการข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันที กาล เพื่อทำการเฝ้าระวังการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของเหตุการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องทำการกำหนดและปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินใหม่ ที่ทำให้สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่มีความต้องการในการเรียกรับบริการสูงและทำให้ระยะเวลาในการตอบสนองน้อยลง ในงานวิจัยได้มีการอธิบายถึงแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาลต่างๆ ที่ถูกนำมาใช้ช่วยในการบริหารจัดการเหตุการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ เพื่อใช้แทนข้อมูลจากฐานข้อมูลการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินแบบทันทีกาล และได้นำเสนอแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตแบบไดนามิก ที่ไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนตำแหน่งทุกช่วงเวลาของวัน หรือพิจารณาเพียงแคข้อมูลภายในระบบ (ความพร้อมในการปฏิบัติงานของรพยาบาลฉุกเฉิน) แต่อาศัยการเฝ้าระวังจากการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของเหตุการณ์ฉุกเฉินแทน

สำหรับการเฝ้าระวังเหตุการณ์ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของการเกิดอุบัติเหตุและการจราจรติดขัด จะพิจารณาจากการใช้แผนภูมิควบคุม เพื่อตรวจจับการเพิ่มขึ้นของการกล่าวถึงเหตุการณ์ฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะนำไปสู่พิจารณาปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งในงานวิจัยส่วนนี้ได้เสนอการเพิ่มเงื่อนไขการบังคับเลือกพื้นที่ และเข้าไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมความต้องการสูงสุด ซึ่งถูกเรียกในงานวิจัยส่วนนี้ว่า MCLP-LF เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ 2 กรณีหลักได้แก่ ในช่วงเหตุการณ์ปกติ และในช่วงมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด (เหตุการณ์ภัยพิบัติต่างๆ) ซึ่งทำให้วิธีการที่นำเสนอการเฝ้าระวังเหตุการณ์ เพื่อการปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน มีความยืดหยุ่นต่อการใช้เพื่อตัดสินใจในระดับปฏิบัติการ ของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ที่ต้องมีการตัดสินใจแบบทันทีกาล

วิธีการที่นำเสนอได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานบริการการแพทย์ฉุกเฉิน พื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยนำเสนอทั้งในส่วนของผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ที่ทำให้เห็นตำแหน่งจุดจอตของรพยาบาลฉุกเฉินที่ชัดเจน และการจำลองสถานการณ์เมื่ออัตราการเรียกรับบริการแตกต่างกัน โดยได้มีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของตำแหน่งจุดจอตและระยะทางครอบคลุมเฉลี่ย ของแบบจำลองครอบคลุม MCLP-LF และแบบจำลองครอบคลุม MCLP ผลลัพธ์ที่ได้มีจำนวนจุดจอตที่ใกล้เคียงกัน แต่มีตำแหน่งจุดจอตที่แตกต่างกัน และระยะทางครอบคลุมเฉลี่ยของแบบจำลองที่นำเสนอมีระยะทางเฉลี่ยที่น้อยกว่า สำหรับการจำลองสถานการณ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียกรับบริการแบบจำลองครอบคลุมที่นำเสนอสามารถตอบสนองต่อทุกระดับของอัตราการเรียกรับบริการได้

แต่อย่างไรก็ตามวิธีการเฝ้าระวังเหตุการณ์จากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล และแบบจำลองครอบคลุมที่ได้พิจารณาการบังคับเลือกพื้นที่ยังคงมีข้อจำกัด ในการพิจารณาปัจจัยภายนอกระบบบริการการแพทย์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานของรพยาบาลฉุกเฉิน เช่น สภาพการจราจร ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ทำให้ระยะเวลาในการตอบสนองสูงกว่าที่กำหนด และเป็นปัจจัยที่ถูกนำมาพิจารณา

กำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินอย่างจำกัด  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการวิจัยในส่วนถัดไปจะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากความเร็วของการเดินทางบนท้องถนน หรือ สภาพการจราจรติดขัดและการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม สภาพการจราจรติดขัดเป็นสาเหตุหลักที่นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการตอบสนองเมื่อจำเป็นที่จะต้องออกเดินทางจากจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินไปยังพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในเมืองใหญ่ทั่วโลก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงรูปแบบความน่าจะเป็นของการเกิดสภาพการจราจรติดขัด เพื่อนำมาสู่การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลที่เหมาะสมได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# การบูรณาการความเร็วการจราจร กับการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

ปัญหาการจราจรติดขัดเป็นปัญหาที่พบเจอในเมืองใหญ่ทั่วโลก และส่งผลกระทบต่อทั้งทางเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชากร จึงจัดว่าปัญหาการจราจรติดขัดเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างมาก ซึ่งได้มีการจัดอันดับประเทศที่มีปัญหาการจราจรติดขัด โดย บริษัท TomTom โดยใช้ปัจจัยระดับการติดขัด (Congestion level) เป็นตัวจัดอันดับระดับการติดขัด ซึ่งพื้นที่กรุงเทพมหานครถูกจัดอันดับการจราจรติดขัดเป็นอันดับที่ 1 ของเอเชีย ในปี 2017 ซึ่งปัญหาการจราจรติดขัดนำมาสู่ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อ การเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินของรถพยาบาลฉุกเฉิน ผลลัพธ์ที่ตามมาทำให้ระยะเวลาในการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุสูงกว่าระยะเวลาที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกำหนดกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรแบบทันกาลในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ปรากฏว่ามีจำนวนงานวิจัยที่พิจารณาปัจจัยความเร็วการจราจร เพื่อกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างจำกัด

ดังนั้นในงานวิจัยส่วนนี้จะนำเสนอการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อมีการพิจารณาความเร็วการจราจรจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล ของเว็บบริการแผนที่ Google map และนำข้อมูลความเร็วการจราจรที่ได้มาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองครอบคลุม ซึ่งในงานวิจัยส่วนนี้สามารถแบ่งหัวข้อของงานวิจัยได้ 3 ส่วน ประกอบด้วย

### 4.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1.1 การสร้างแอปพลิเคชัน เพื่อบรรวบรวมข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด จาก Google Map

4.1.2 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วการจราจร

4.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมกับความเร็วการจราจรบนพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน

4.1.4 การทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุม ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์

### 4.2 ผลการศึกษา

4.2.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วการจราจรบนถนนพื้นที่กรุงเทพมหานคร

4.2.2 ผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน

4.2.3 ผลการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุม ด้วยการจำลองสถานการณ์

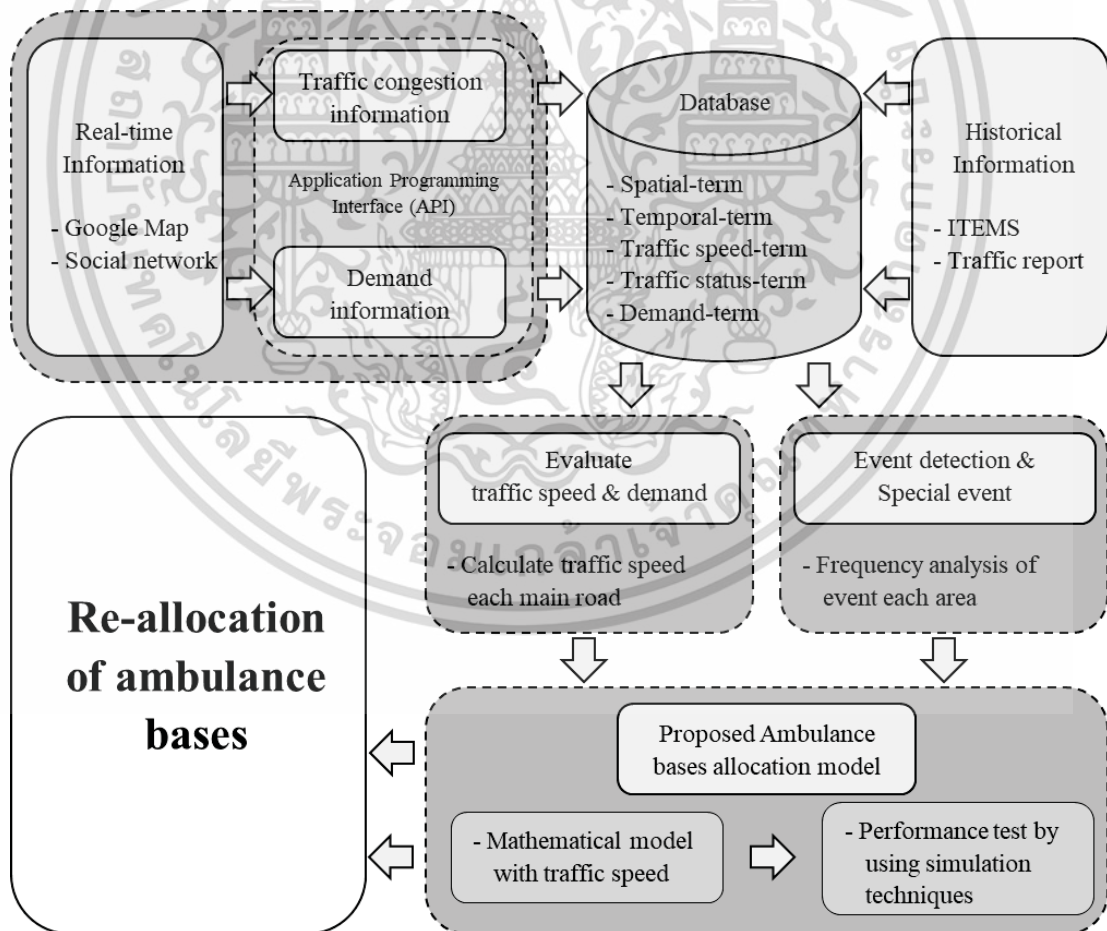
### 4.3 สรุปผลการศึกษาความเร็วการจราจรกับการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

ซึ่งรายละเอียดของแต่ละหัวข้อสามารถอธิบายดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากงานวิจัยในส่วนก่อนหน้าเป็นการนำเอาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล เช่น ข้อมูลการแจ้งเหตุการณ้ฉุกเฉินจากระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน หรือ เครือข่ายสังคมออนไลน์ เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของข้อมูล หรือการกระจุกตัวของประชาชนในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง และนำไปสู่การกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีความเหมาะสม ซึ่งนอกจากข้อมูลจากความต้องการรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีส่วนอย่างมากในการประมาณจุดเกิดเหตุการณ้ฉุกเฉินแล้วนั้น อีกหนึ่งตัวแปรที่มีความสำคัญอย่างมากเช่นเดียวกัน ที่ควรถูกนำมาพิจารณาในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน คือ ข้อมูลความเร็วของการจราจร ซึ่งเป็นข้อมูลแบบทันกาลเช่นเดียวกับข้อมูลจากการแจ้งเหตุการณ้ฉุกเฉิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เมื่อขนาดใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นเมืองที่มีประชากรจำนวนมาก ทำให้มีปัญหาสภาพการจราจรติดขัดที่สูงตามไปด้วย ด้วยแนวคิดของการนำเอาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล ในส่วนของความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาและแต่ละพื้นที่ มาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมนั้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในส่วนนี้



รูปที่ 4.1 ภาพรวมการศึกษาค่าความเร็วการจราจรบนพื้นที่กับการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานวิจัยในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาการเก็บรวบรวมและนำเอาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล ของข้อมูลความเร็วการจราจรบนท้องถนน จากฐานข้อมูลแผนที่ของเว็บไซต์ Google ด้วยการ ใช้ Google map API (<https://cloud.google.com/maps-platform>) ซึ่ง จะพิจารณาจากข้อมูลความเร็วการจราจรบนท้องถนนของแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้สำหรับประเมินสภาพ การจราจรของแต่ละช่วงเวลาของวัน นอกจากนี้ยังคงมีการพิจารณาถึงพื้นที่บังคับเลือกจากข้อมูลการ เฝ้าระวังการแจ้งเหตุการณ้ฉุกเฉินที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ และนำไปสู่การประยุกต์ใช้กับ แบบจำลองครอบคลุม เพื่อกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่มีความเหมาะสมต่อสภาพการจราจร ในแต่ละพื้นที่ที่ให้บริการ วิธีการดำเนินงานของงานวิจัยในส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะมีการอธิบาย รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนในส่วนถัดไป

ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล เช่น ข้อมูลความเร็วการจราจรในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ หรือ สภาพการจราจรติดขัด ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการวางแผนและสั่งการ สำหรับการ ตัดสินใจในภาคอุตสาหกรรมการขนส่ง และอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพ และมีความรวดเร็วในการบริการ หรือแม้แต่ในการจัดการเหตุการณ้ฉุกเฉิน ซึ่งสามารถใช้เพื่อปรับปรุง กระบวนการตัดสินใจในระดับปฏิบัติการ ที่ต้องตัดสินใจด้วยข้อมูลแบบทันทีกาลได้เป็นอย่างดี ทั้งใน การปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินและการจ่ายงานแก่รถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ตั้งสมมุติฐานและเงื่อนไขของแต่ละปัจจัยไว้ดังนี้

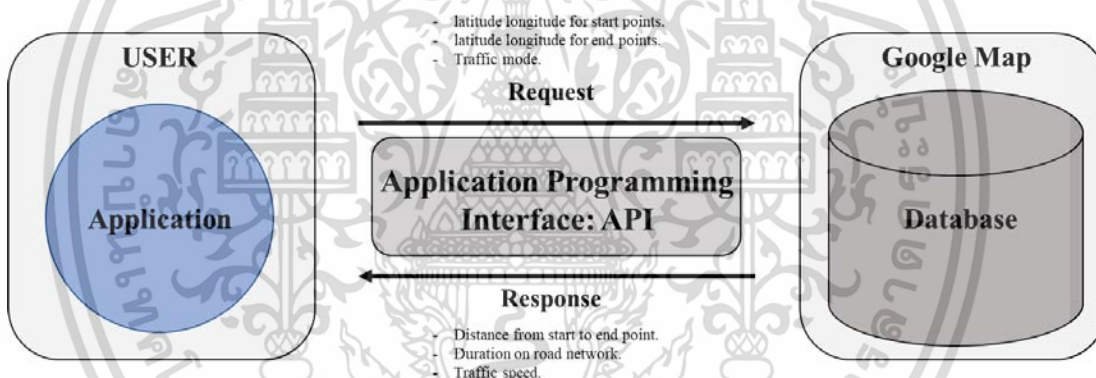
- ความเร็วการจราจร และความต้องการ มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงของวันและเป็น อิสระต่อกัน
- ในแต่ละช่วงเวลาของวัน ความเร็วการจราจรสามารถกำหนดได้ (deterministic) ซึ่งสามารถ กำหนดได้จากข้อมูลแบบทันทีกาล โดยการเก็บข้อมูลจากฐานข้อมูลแผนที่ของเว็บไซต์ Google
- กำหนดให้ในแต่ละช่วงเวลาของวัน มีการความต้องการฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่ง (แม้การเรียก ดังกล่าว จะมีการขอรถพยาบาลฉุกเฉินมากกว่าหนึ่งคัน)
- ความเร็วการจราจรและความต้องการ จากพื้นที่ที่แตกต่างกันเป็นอิสระต่อกัน และเซตของ ความเร็วการจราจรสามารถนับได้
- ทุกพื้นที่สามารถเป็นจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินได้
- กำหนดให้เครือข่ายและโครงสร้างพื้นฐานอินเทอร์เน็ต เมื่อเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดเหตุการณ้ ภัยพิบัติ ยังสามารถทำงานได้ปกติ

เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลของเว็บไซต์ google map นั้น จำเป็นต้องมี การสร้างแอปพลิเคชัน เพื่อการค้นหาข้อมูลโดยตรง ผ่านช่องทางการเชื่อมต่อระหว่างเว็บไซต์หนึ่งไป ยังอีกเว็บไซต์หนึ่ง หรือที่ถูกรเรียกว่า API (Application Programming Interface) เพื่อทำการดึง ข้อมูลความเร็วของการจราจร ณ เวลานั้นๆ และทำการประเมินความเร็วของแต่ละเส้นถนนหลักของ พื้นที่นั้น นอกจากนี้ในงานวิจัยส่วนนี้ยังได้มีการนำเอาวิธีการเฝ้าระวังข้อมูลที่มีความผิดปกติจากการ แจ้งเหตุการณ้ฉุกเฉินที่เพิ่มขึ้น เพื่อทำการบังคับเลือกพื้นที่จากงานวิจัยในส่วนก่อนหน้ามาบูรณาการ ร่วมกันด้วย เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่ คำนึงถึงความเร็วการจราจรบนท้องถนน นอกเหนือจากนี้ยังมีการทดสอบสมรรถภาพของจุดจอต รพยาบาลฉุกเฉินเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รพพยาบาลฉุกเฉินที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุม ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์และประยุกต์ใช้กับพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

#### 4.1.1 การสร้างแอปพลิเคชัน เพื่อรวบรวมข้อมูลสภาพการจราจร จากแหล่งข้อมูล Google Map

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการศึกษาข้อมูลความเร็วการจราจร จากฐานข้อมูลแบบทันทีที่มีการเก็บรวบรวมอยู่ในฐานข้อมูลของเว็บไซต์ที่มีการบริการในสถานะ คือ เว็บไซต์ Google map ซึ่งการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลดังกล่าวจำเป็นต้องมีการสร้างแอปพลิเคชัน สำหรับการแสดงความต้องและรับข้อมูล โดยมีกระบวนการของการขอและรับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเว็บไซต์หนึ่งไปยังอีกเว็บไซต์หนึ่ง หรือที่ถูกเรียกว่า API (Application Programming Interface) มีองค์ประกอบอยู่ด้วยกัน 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนของผู้ใช้งาน (User) และ ส่วนของ Google map (Web service) ซึ่งในส่วนของผู้ใช้งานนี้จำเป็นต้องเขียนแอปพลิเคชันเพื่อการขอข้อมูลไปด้วยการระบุความต้องการที่ถูกต้อง



รูปที่ 4.2 การขอและรับข้อมูลจากฐานข้อมูล Google map

ในส่วนของการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อการขอข้อมูลจากเว็บ Google map สำหรับการขอข้อมูลความเร็วการจราจรบนท้องถนนนั้น จะต้องมีการกำหนดตัวแปรที่ต้องการเพื่อระบุตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการ และระบบของ Google จะส่งข้อมูลจากฐานข้อมูลความเร็วการจราจร กลับมายังส่วนของผู้ใช้งาน โดยตัวแปรที่จะต้องระบุในการทำงานวิจัยส่วนนี้ มีด้วยกัน 3 ตัวแปร ได้แก่ พิกัดตำแหน่งละติจูดและลองจิจูด (Latitude and Longitude) ของจุดเริ่มต้นการประเมินความเร็วการจราจร พิกัดตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของจุดสิ้นสุดการประเมินความเร็วการจราจร และโหมดการแสดงผลของการจราจรบนท้องถนน (Traffic mode) จากนั้นทำการสร้างแอปพลิเคชันของ API เพื่อดึงข้อมูล โดยมีสรุปรายละเอียดของการเขียนคำสั่ง เพื่อสร้างแอปพลิเคชันประเมินความเร็วการจราจร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งประกอบไปด้วยการเขียนคำสั่งทั้งหมด 7 ส่วน ทั้งส่วนของการแสดงผลหน้าแอปพลิเคชัน ส่วนการนำเข้าข้อมูล ส่วนการแสดงผลแผนที่ และส่วนการคำนวณความเร็วบนท้องถนน เป็นต้น สำหรับการเขียนคำสั่งทั้งหมดจะแสดงในส่วนของภาคผนวกที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ตารางที่ 4.1 รายละเอียดการเขียนคำสั่ง เพื่อสร้างแอปพลิเคชันประเมินความเร็วการจราจร

ส่วนประกอบ	ภาพการเขียนคำสั่ง	รายละเอียดคำสั่ง
1. ส่วนการแสดงผลหน้าแอปพลิเคชัน	<pre> &lt;html&gt; &lt;head&gt; &lt;meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=no"&gt; &lt;meta charset="utf-8"&gt; &lt;title&gt;Directions of speed&lt;/title&gt; &lt;style&gt; #right-panel { font-family: 'Roboto', 'sans-serif'; line-height: 30px; padding-left: 10px; }  #right-panel select, #right-panel input { font-size: 15px; }  #right-panel select { width: 100%; }  #right-panel i { font-size: 12px; } html, body { height: 100%; margin: 0; padding: 0; } #map { height: 100%; float: left; width: 70%; height: 100%; } #right-panel { margin: 20px; border-width: 2px; width: 28%; height: 60px; float: left; text-align: left; padding-top: 0; } </pre>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ชื่อแอปพลิเคชัน</li> <li>2. ขนาดหน้าจอแสดงผล</li> <li>3. ประเภทและขนาดอักษร</li> <li>4. ขนาดของแผนที่</li> <li>5. ตำแหน่งของส่วนข้อมูลนำเข้า</li> <li>6. ตำแหน่งของส่วนการผลลัพธ์</li> </ol>
2. ส่วนการนำเข้าของจุดเริ่มต้นการประเมินความเร็ว	<pre> &lt;/html&gt; &lt;/head&gt; &lt;body&gt; &lt;div id="map"&gt;&lt;/div&gt; &lt;div id="right-panel"&gt; &lt;input type="text" value="" /&gt; &lt;select id="location"&gt; &lt;option value="13.951617, 100.619514"&gt;Location 1(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.954559, 100.574607"&gt;Location 1(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.958245, 100.622417"&gt;Location 2(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.923445, 100.625216"&gt;Location 2(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.943945, 100.649411"&gt;Location 4(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.943881, 100.634973"&gt;Location 4(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.928911, 100.562188"&gt;Location 5(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.929346, 100.554971"&gt;Location 5(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.926944, 100.604474"&gt;Location 6(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.920630, 100.623398"&gt;Location 6(2)&lt;/option&gt; </pre>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตำแหน่งของข้อมูลนำเข้า ส่วนจุดเริ่มต้น</li> <li>2. พิกัดละติจูด ลองจิจูด ของจุดเริ่มต้น</li> </ol>
3. ส่วนการนำเข้าข้อมูลของจุดสิ้นสุดการประเมินความเร็ว	<pre> &lt;/select&gt; &lt;/div&gt; &lt;div id="end"&gt; &lt;input type="text" value="" /&gt; &lt;select id="end"&gt; &lt;option value="13.929768, 100.607847"&gt;Location 1(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.933126, 100.566629"&gt;Location 1(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.923024, 100.625291"&gt;Location 2(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.924547, 100.626749"&gt;Location 2(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.924071, 100.864910"&gt;Location 4(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.921222, 100.891882"&gt;Location 4(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.887611, 100.547817"&gt;Location 5(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.872309, 100.562822"&gt;Location 5(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.871031, 100.574767"&gt;Location 6(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.869197, 100.593805"&gt;Location 6(2)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.863892, 100.615800"&gt;Location 7(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.901794, 100.612377"&gt;Location 7(1)&lt;/option&gt; &lt;option value="13.862819, 100.645882"&gt;Location 7(2)&lt;/option&gt; </pre>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตำแหน่งของข้อมูลนำเข้า ส่วนจุดสิ้นสุด</li> <li>2. พิกัดละติจูด ลองจิจูด ของจุดสิ้นสุด</li> </ol>
4. ส่วนการนำเข้าข้อมูลของโหมดการแสดงผลของการจราจร	<pre> &lt;/select&gt; &lt;/div&gt; &lt;div id="traffic"&gt; &lt;input type="text" value="" /&gt; &lt;select id="traffic"&gt; &lt;option value="bestguess"&gt;Default&lt;/option&gt; &lt;option value="optimistic"&gt;Off-peak Time&lt;/option&gt; &lt;option value="pessimistic"&gt;Peak Time&lt;/option&gt; </pre>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตำแหน่งของข้อมูลนำเข้า ส่วนโหมดการแสดงผลของการจราจร</li> <li>2. โหมดการแสดงผลการจราจร ประกอบด้วย 3 โหมด <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 โหมด bestguess (default) เป็นการประมาณเวลาการเดินทางจากทั้งข้อมูลในอดีตและปัจจุบัน</li> <li>2.2 pessimistic เป็นการประมาณเวลาการเดินทางในอดีตและนำเสนอในส่วนของเวลาที่แย่ที่สุด</li> </ol> </li> </ol>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่เฉพาะเจาะจงเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ส่วนประกอบ	ภาพการเขียนคำสั่ง	รายละเอียดคำสั่ง
7. ส่วนการคำนวณ ความเร็วการจราจร บนท้องถนน		ส่วนการคำนวณความเร็ว การจราจรบนท้องถนนจาก จุดเริ่มต้นไปถึงจุดสิ้นสุด ด้วยการ คำนวณ ความเร็ว = ระยะทาง/เวลา เดินทาง

หลังจากทำการเขียนคำสั่งของแอปพลิเคชันในการประเมินความเร็วการจราจรบนท้องถนนนั้น แอปพลิเคชันจะแสดงออกมาในรูปแบบของคำสั่ง html สามารถที่จะเรียกใช้แอปพลิเคชันได้บนอินเทอร์เน็ต เพื่อดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลของ google map ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแอปพลิเคชันจะประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่

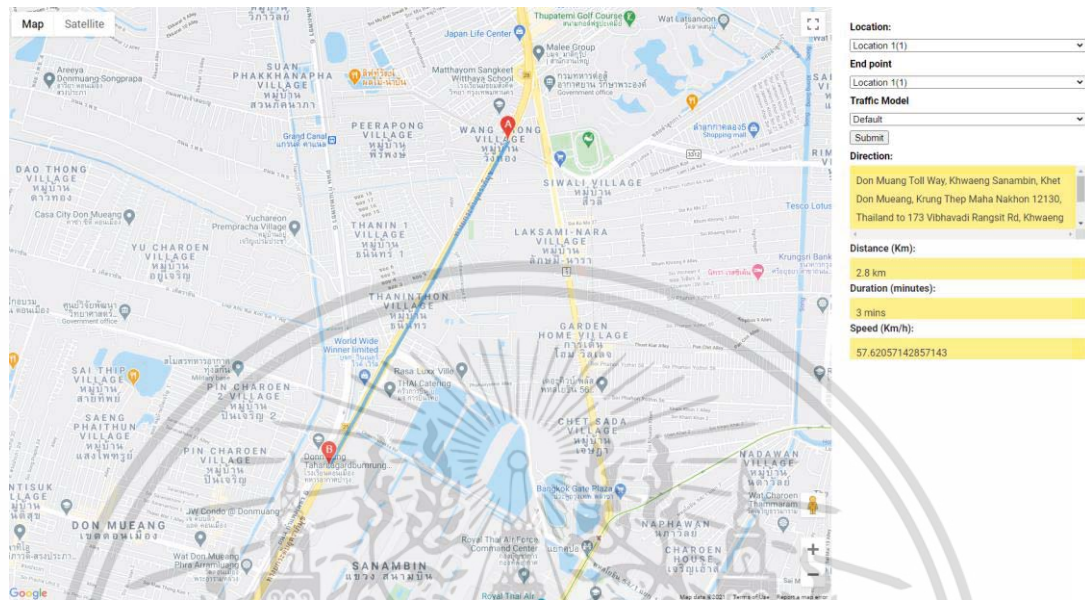
- 1) การแสดงเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุดบนแผนที่ เพื่อเป็นการแสดงตำแหน่งที่ทำการประเมินความเร็วการจราจร และลักษณะของเส้นทางที่พิจารณา
- 2) รายละเอียดของถนนที่ทำการประเมิน เช่น ชื่อถนน และที่ตั้ง
- 3) ระยะทางบนท้องถนนจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดสิ้นสุด เป็นข้อมูลที่ Google ส่งกลับจากการขอข้อมูลของแอปพลิเคชันที่ทำการสร้าง โดยจะแสดงในหน่วยของกิโลเมตร
- 4) ระยะเวลาการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดสิ้นสุด เป็นข้อมูลที่ Google ส่งกลับจากการขอข้อมูลของแอปพลิเคชันที่ทำการสร้าง โดยจะแสดงในหน่วยของนาที
- 5) ความเร็วการจราจรบนท้องถนนของจุดเริ่มต้นไปถึงจุดสิ้นสุด จากข้อมูลที่ได้จาก Google map นั้น สามารถนำมาคำนวณความเร็วการจราจรได้ โดยจะออกมาในหน่วยของกิโลเมตรต่อชั่วโมง

อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้จากฐานข้อมูลของเว็บไซต์ Google map นั้น เมื่อมีการขอข้อมูลไปโดยการกำหนดพิกัดตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของจุดเริ่มต้นการประเมินความเร็วการจราจร พิกัดตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของจุดสิ้นสุดการประเมินความเร็วการจราจร และโหมดการแสดงผลของการจราจรบนท้องถนน ซึ่งทั้ง 3 ตัวแปรที่ถูกกำหนดไปเพื่อขอข้อมูล ด้วยการใช้ชุดคำสั่งของฟังก์ชันการคำนวณเส้นทางและการแสดงผลของแผนที่จากไลบรารีของ Google map คือ `calculateAndDisplayRoute(directionsService, directionsDisplay)` ผลที่ได้จากคำสั่งนี้ จะได้รายละเอียดของถนนที่ทำการประเมิน เช่น ชื่อถนน และที่ตั้ง ระยะทางบนท้องถนนจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดสิ้นสุด และระยะเวลาการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดสิ้นสุด ซึ่งอย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่ใช่ความเร็วการจราจรบนท้องถนน จึงจำเป็นต้องมีการนำเอาตัวแปรของระยะทางบนท้องถนนและระยะเวลาการเดินทาง มาใช้เพื่อคำนวณความเร็วของการจราจรบนท้องถนน ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความเร็วการจราจร } (v) = \frac{\text{ระยะทางการเดินทาง } (s)}{\text{ระยะเวลาการเดินทาง } (t)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณด้วยสมการที่แสดงข้างต้นนั้น ผลที่ได้นั้นจะออกมาในหน่วยของกิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่ง เป็นค่าที่จะถูกนำไปใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ของข้อมูลความเร็วของการจราจรบนท้องถนนแต่ละพื้นที่



รูปที่ 4.3 แอปพลิเคชันการประเมินความเร็วของการจราจรบนท้องถนน แต่ละพื้นที่ของ กรุงเทพมหานคร

จากการเขียนคำสั่งทั้งหมดที่แสดงตารางที่ 4.1 เพื่อสร้างแอปพลิเคชันในการรับข้อมูล ความเร็วการจราจรนั้น ซึ่งผลการสร้างออกมาของแอปพลิเคชันแสดงดังรูปที่ 4.3 โดยประกอบไปด้วย ส่วนของการแสดงแผนที่และการแสดงจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดของการประเมิน ด้านขวาเป็นส่วน ของการกำหนดเงื่อนไขที่ต้องการประเมิน ซึ่งประกอบไปด้วย จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด โดยลักษณะการ แสดง จะกำหนดเป็นคู่ของพื้นที่ เช่น Location 1(1) ในส่วนของจุดเริ่มต้น และ Location 1(1) ในส่วนของ จุดสิ้นสุด ซึ่งหมายความว่าจุดเริ่มต้นไปถึงจุดสิ้นสุด ในพื้นที่หมายเลข 1 บนถนนหลักเส้นที่ 1 ในการ เลือกลักษณะการประเมินความเร็วนั้นจำเป็นต้องจะต้องเลือกจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่แสดงหมายเลข พื้นที่และหมายเลขเส้นถนนเดียวกันเพื่อการประเมิน ต่อมาเป็นโหมดการแสดงผลการจราจร สำหรับการใช้วิจัยครั้งนี้จะเลือกที่โหมด bestguess (default) เป็นการประมาณเวลาการเดินทางจาก ทั้งข้อมูลในอดีตจนถึงปัจจุบัน และในที่สุดท้ายซึ่งแสดงในแถบสีเหลือง เป็นส่วนของการแสดงผล ลัพธ์จากการประเมินความเร็วการจราจร ซึ่งข้อมูลของความเร็วการจราจรนี้จะถูกนำไปเก็บ รวบรวม ข้อมูลของแต่ละหมายเลขพื้นที่และหมายเลขเส้นถนนหลัก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเร็วของ การจราจรแต่ละพื้นที่และนำไปสู่การกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินด้วยพิจารณาความเร็ว การจราจรต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วการจราจร

สำหรับในส่วนของการเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรบนท้องถนนนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการเก็บข้อมูลจากฐานข้อมูลที่มีการเผยแพร่ข้อมูลของการจราจร ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้มีการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลของเว็บไซต์ Google map ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่บริการข้อมูลเกี่ยวกับ แผนที่ การประมาณระยะทาง และสภาพการจราจร เป็นต้น อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นต้องจะต้องสร้างแอปพลิเคชันเพื่อขอรับข้อมูลจากฐานข้อมูล หลังจากทำการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับการประเมินความเร็วการจราจรบนท้องถนนและทำการตรวจสอบกับการแสดงเวลาการเดินทาง และระยะทางของทั้งสองจุดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดบนที่แสดงบนเว็บไซต์ของ Google map ดังรูปที่ 4.4 แล้วมีผลลัพธ์ที่ตรงกัน ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วการจราจรบนถนนแต่ละเส้น สำหรับพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร



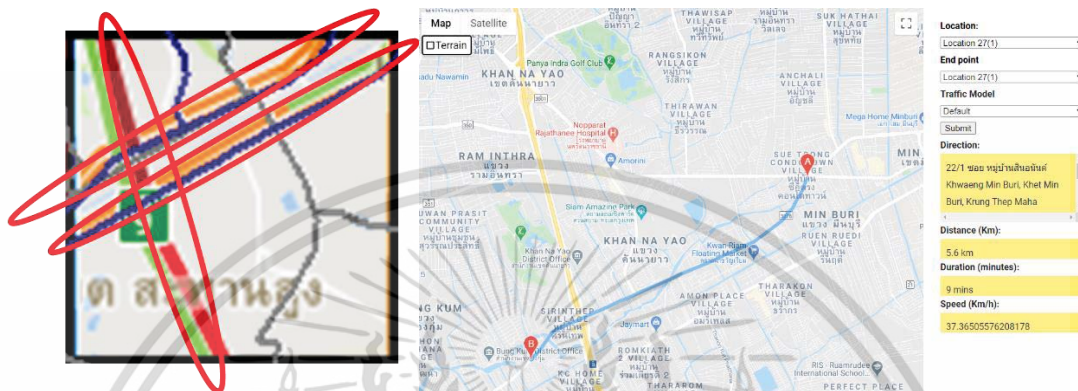
รูปที่ 4.4 การแสดงผลสภาพการจราจรบนท้องถนน ของเว็บไซต์ Google map

การเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วการจราจรจากแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นมานั้น จะเริ่มจากการศึกษาจำนวนของถนนเส้นหลักของแต่ละบล็อกพื้นที่ ซึ่งจากงานวิจัยในส่วนก่อนหน้า ได้มีการแบ่งพื้นที่กรุงเทพมหานครออกเป็น 56 พื้นที่ เรียงลำดับหมายเลขจากซ้ายบนไปยังขวาล่าง ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 36 ตารางกิโลเมตร (6x6 กิโลเมตร) ซึ่งแต่ละพื้นที่นั้นมีจำนวนของถนนเส้นหลักที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นการเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรแต่ละพื้นที่จะมาจกค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าความเร็วการจราจรแต่ละเส้นต่อจำนวนถนนเส้นหลักในพื้นที่นั้นๆ แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ความเร็วการจราจรเฉลี่ย} = \frac{\sum \text{ความเร็วการจราจรในแต่ละพื้นที่ (km/h)}}{\text{จำนวนเส้นถนนในแต่ละพื้นที่}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเร็วการจราจรซึ่งเป็นตัวแทนของความเร็วในแต่ละพื้นที่นั้น เป็นเส้นทางที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นโดยส่วนใหญ่ในพื้นที่เดียวกันมักจะมีค่าความเร็วการจราจรของแต่ละเส้นถนน ที่ไม่แตกต่างกันมาก จึงสามารถนำเอาค่าเฉลี่ยของความเร็วการจราจรเหล่านี้มาเป็นตัวแทนของค่าความเร็วการจราจรในแต่ละพื้นที่ได้ สำหรับตัวอย่างการประเมินค่าความเร็วการจราจรเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการเก็บข้อมูล บนพื้นที่หมายเลข 27 ซึ่งมีจำนวนเส้นถนน 3 เส้น และผลลัพธ์จากการประเมินความเร็วการจราจร

ตารางที่ 4.2 การเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรเฉลี่ย บนพื้นที่หมายเลข 27 ช่วงเวลากลางวัน

หมายเลขพื้นที่	เส้นถนน	ความเร็วการจราจร (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	เฉลี่ยความเร็วการจราจร (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
พื้นที่หมายเลข 27	ถนนเส้นที่ 1	37.295	36.342
	ถนนเส้นที่ 2	25.777	
	ถนนเส้นที่ 3	45.954	

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้บนพื้นที่หมายเลข 27 ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษากรุงเทพมหานครนั้น มีจำนวนของเส้นถนนหลักที่ผ่านบริเวณพื้นที่ดังกล่าวจำนวน 3 เส้น ที่อัตราส่วนแผนที่ 1:300,000 จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแอปพลิเคชันที่ถูกสร้างขึ้น ดังแสดงในตัวอย่างเก็บข้อมูลที่ถนนเส้นที่ 1 ด้วยการกำหนดจุดเริ่มต้นเป็น Location 27(1) และจุดสิ้นสุดเป็น Location 27(1) เช่นเดียวกัน ต่อมากำหนดโหมดการแสดงผลของการจราจรเป็น Default และทำการกดประเมินที่ปุ่ม Submit ผลลัพธ์ที่ได้คือ ตำแหน่งของถนนเป็น 22/1 ซอย หมู่บ้านสินอนันต์ Khwaeng Min Buri, Khet Min Buri, Krung Thep Maha Nakhon 10510, Thailand ถึง 113/1 Seri Thai 34 Alley, Khwaeng Ram Inthra, Khet Khan Na Yao, Krung Thep Maha Nakhon 10230, Thailand ระยะทางที่ทำการประเมินคือ 5.6 กิโลเมตร ระยะเวลาดำเนินการจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด คือ 9 นาที ดังนั้นความเร็วการจราจรที่สามารถประเมินได้ คือ 37.295 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากนั้นทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมของถนนทั้ง 3 เส้นบนพื้นที่หมายเลข 27 ซึ่งจะได้ดังตารางที่ 4.2 โดยความเร็วการจราจรของถนนเส้นที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 25.777 และ 45.954 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทำให้บนพื้นที่หมายเลข 27 มีความเร็วของการจราจรเฉลี่ยอยู่ที่ 36.342 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้มีการเปรียบเทียบความเร็วการจราจรที่ 3 ช่วงเวลาของวัน ซึ่งได้แก่ ช่วงเวลากลางวัน (Daytime period) ช่วงเวลาเร่งด่วน (Rush hour period) และช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงวันหยุด (Night time period หรือ Weekend) ดังนั้นลักษณะข้อมูลที่จะถูกนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปของพื้นที่ที่ทำการศึกษาสําหรับหมายเลข 27 จะมีได้ทั้ง 3 ช่วงเวลาของวัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และทำเช่นเดียวกันในทุกพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 4.3 การเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรเฉลี่ย ทั้ง 3 ช่วงเวลา บนพื้นที่หมายเลข 27

หมายเลขพื้นที่	ช่วงเวลา	เฉลี่ยความเร็วการจราจร (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
พื้นที่หมายเลข 27	ช่วงเวลากลางวัน	36.342
	ช่วงเวลาเร่งด่วน	25.469
	ช่วงเวลากลางคืน	51.314

จากการเก็บข้อมูลจะเห็นได้ว่าความเร็วการจราจรบนท้องถนนที่บางช่วงเวลานั้น มีความเร็วการจราจรที่ต่ำกว่าความเร็วของรถพยาบาลที่คาดหวังมาก ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการตอบสนองของรถพยาบาลฉุกเฉินนั้นไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุการณ์ได้ หรือ ทำให้ระยะเวลาในการตอบสนองสูงกว่า 9 นาที ซึ่งมีผลอย่างมากต่อโอกาสในการรอดชีวิตและลดโอกาสพิการในผู้ป่วยฉุกเฉิน จะเห็นได้ว่าปัญหาการจราจรติดขัดที่ส่งผลให้ความเร็วการจราจรที่ลดลงนั้นมีผลอย่างมากต่อการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวางแผนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม ซึ่งแบบจำลองโดยส่วนใหญ่ไม่ได้พิจารณาถึงเงื่อนไขของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้น เมื่อมีการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ดังนั้นในงานวิจัยในส่วนนี้ได้นำเสนอแนวคิดการนำเอาความเร็วการจราจรมาใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลที่เหมาะสม

ระยะเวลาในการตอบสนองของรถพยาบาลฉุกเฉินจะสอดคล้องกับความเร็วการจราจรบนท้องถนนที่เกิด ณ ตอนการออกปฏิบัติงาน แต่สำหรับแบบจำลองครอบคลุมที่ ถูกใช้เพื่อกำหนดจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินนั้น จะพิจารณาจากระยะทางการครอบคลุมเพียงอย่างเดียว โดยทั่วไปแล้วในการปฏิบัติงานจริงของพนักงานที่ขับรถพยาบาลฉุกเฉิน จะพิจารณาความเร็วในการเข้าถึงพื้นที่ของรถพยาบาลหนึ่งคันเท่ากับความเร็วการจราจรบนท้องถนนที่เกิดขึ้น ณ การเข้าปฏิบัติงานพื้นที่เกิดเหตุ ถ้าหากว่ามีความเร็วการจราจรที่ต่ำมากหรือบางครั้งรถพยาบาลไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ เจ้าหน้าที่ของรถพยาบาลฉุกเฉินจะประสานงานให้รถพยาบาลฉุกเฉินในพื้นที่ของจุดจอดอื่นๆ ที่ครอบคลุมพื้นที่เกิดเหตุเช่นเดียวกันออกปฏิบัติงานแทน ดังนั้นการที่พื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉินมีจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินครอบคลุมเพียงจุดเดียว จึงเป็นความเสี่ยงอย่างมากที่จะไม่มีรถพยาบาลคันอื่นๆ ออกปฏิบัติงานแทน เมื่อจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินลำดับแรกไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดหรือเข้าถึงได้แต่ระยะเวลาการเดินทางมากกว่า 8 นาที เนื่องจากสภาพการจราจรที่ติดขัด ดังนั้นจึงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวคิดหลักในการบูรณาการข้อมูลความเร็วการจราจรบนท้องถนนร่วมกับการวางแผนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินด้วยแบบจำลองครอบคลุม

จากแนวคิดที่ว่าความเร็วการเดินทางของรถพยาบาลฉุกเฉินจะเท่ากับความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนท้องถนนในพื้นที่และช่วงเวลานั้นๆ และความเร็วการจราจรบนท้องถนนมีผลโดยตรงกับระยะเวลาการตอบสนองของรถพยาบาลฉุกเฉิน ดังนั้นความเร็วการจราจรของรถพยาบาลฉุกเฉินควรจะมีค่ามากกว่าความเร็วการจราจรที่คาดหวังของรถพยาบาลฉุกเฉิน โดยกำหนดให้  $C_i$  คือความเร็วการจราจรเฉลี่ยบนพื้นที่  $i$  และความเร็วการจราจรของรถพยาบาลฉุกเฉินที่คาดหวัง  $\theta$

$$C_i \geq \theta \quad (4.1)$$

อย่างไรก็ดีในบางครั้งรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้รับมอบหมายให้บริการพื้นที่เกิดเหตุเพียงจุดจอดเดียว ดังนั้นการสั่งการเพื่อบริการเหตุการณ์ฉุกเฉินนั้นจึงอาจประสบปัญหาการเข้าถึงพื้นที่อันเนื่องมาจากความเร็วจราจรที่ต่ำหรือไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด จากการเดินทางเข้าพื้นที่เกิดเหตุจากจุดจอดนั้นๆ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวคิดการกำหนดให้มีจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินจำนวนมากกว่าหนึ่งจุดจอด ในการครอบคลุมพื้นที่ที่มีความเร็วของการจราจรต่ำกว่าความเร็วรถพยาบาลจะเข้าถึงพื้นที่ได้ตามระยะเวลาการตอบสนองที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงของเจ้าหน้าที่รถพยาบาลฉุกเฉิน ที่เมื่อรถพยาบาลฉุกเฉินลำดับแรกที่ถูกส่งออกไปบริการพื้นที่เกิดเหตุ แต่ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้เนื่องจากสภาพการจราจร ก็จะมีการประสานงานให้รถพยาบาลฉุกเฉินในจุดจอดอื่นๆ ที่ครอบคลุมจุดเกิดเหตุการณฉุกเฉินเช่นเดียวกัน ออกปฏิบัติงานกับพื้นที่เกิดเหตุที่นั่นแทน ดังนั้นหากกำหนดให้  $\sum_{k=1}^P y_{ik}$  เป็นผลรวมจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมพื้นที่  $i$  จากจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินทั้ง  $P$  และถ้ารถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละคันมีความเร็วของการเดินทางเท่ากับความเร็วการจราจรบนพื้นที่เกิดเหตุ ดังนั้นสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$C_i \sum_{k=1}^P y_{ik} \geq \theta \quad \forall i \in V \quad (4.2)$$

โดยที่  $y_{ik}$  เป็นไบนารีโดยจะเป็น 1 เมื่อรถพยาบาลฉุกเฉินครอบคลุมพื้นที่เกิดเหตุ  $i$  และเป็น 0 เมื่อไม่ได้ครอบคลุม จากสมการจะเห็นได้ว่าถ้าในพื้นที่เกิดเหตุการณฉุกเฉินใดๆ  $i$  มีความเร็วการจราจรที่ต่ำกว่าค่าความเร็วการจราจรที่คาดหวัง  $\theta$  ให้รถพยาบาลฉุกเฉินตอบสนองทันต่อเวลาที่ต้องการ บนพื้นที่ความต้องการเหล่านั้นจะต้องมีผลรวมของจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินมากกว่าหนึ่งคัน ดังนั้นด้วยแนวคิดเหล่านี้จะถูกลำนำมาปรับปรุงแบบจำลองครอบคลุม เพื่อกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่พิจารณาเงื่อนไขของสภาพการจราจร ในส่วนของความเร็วการจราจรมาใช้ในกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม

#### 4.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมด้วยความเร็วการจราจรบนพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน

แบบจำลองการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ที่มีการพิจารณาความเร็วการจราจรบนท้องถนนที่ทำการนำเสนอใน ส่วนนี้ จะถูกเรียกว่า ปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมกับการพิจารณาความเร็วการจราจร (Location Set Covering problem with Traffic speed: LSCP-TS) ซึ่งเป็นแบบจำลองครอบคลุมสำหรับการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินแบบการครอบคลุมเดียว และได้มีการเพิ่มเติมและแก้ไขมาจากแบบจำลอง LSCP ของ Toregas et al., 1971 โดยมีการเพิ่มเงื่อนไขของการพิจารณาความเร็วการจราจรบนพื้นที่เกิดเหตุกับการครอบคลุมของรพยาบาลฉุกเฉินเข้าไป นอกจากนี้ยังได้มีการเพิ่มเงื่อนไขการบังคับเลือกพื้นที่ ที่ Nilsang et al., 2019 ได้นำเสนอไว้เมื่อมีการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของความต้องการหรือเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติขึ้น

โดยมีสมมุติฐานหลักของแบบจำลองที่นำเสนอตั้งนี้ ทุกพื้นที่ที่มีความพร้อมที่จะเป็นจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน และสามารถถูกกำหนดเป็นจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินได้ และความเร็วการจราจรแต่ละพื้นที่ความต้องการเป็นอิสระต่อกัน กำหนดให้ค่าความเร็วการจราจรเฉลี่ยแต่ละพื้นที่ความต้องการเป็นตัวแทนสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น และได้มาจากฐานข้อมูลของเว็บไซต์ Google map นอกจากนี้กำหนดให้ความเร็วการจราจรแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษาเป็นอิสระต่อกัน เพื่อทำการจัดสรรจุดจอตและจำนวนของรพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมต่อความเร็วการจราจรบนพื้นที่นั้นๆ โดยมีรายละเอียดของพารามิเตอร์และตัวแปรที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองครอบคลุมในดังต่อไปนี้

เซต (Set):

$V$  : เซตของจุดความต้องการ  $\{1, \dots, D\}$

$W$  : เซตของตำแหน่งจุดจอตฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $\{1, \dots, P\}$

$W_i$  : เซตของตำแหน่งจุดจอตฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ซึ่งครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะมาตรฐาน  $r$ ,  $\{j \in W_i | L_{ij} \leq r\}$

ดัชนี (Indices):

$i$  : ดัชนีของจุดความต้องการ  $i \in V$

$j$  : ดัชนีของตำแหน่งจุดจอตฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $j \in W$

พารามิเตอร์ (Parameters):

$L_{ij}$  : ระยะทางจากจุดความต้องการ  $i$  ไปยังจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน  $j$

$r$  : เกณฑ์ระยะทางมาตรฐาน สำหรับจุดความต้องการที่พิจารณาว่าถูกครอบคลุม

$D$  : จำนวนของจุดความต้องการทั้งหมด

$d_i$  : ขนาดจำนวนของจุดความต้องการ  $i$

$P$  : จำนวนจุดจอตรฉุกเฉินทั้งหมดที่เป็นไปได้ทั้งหมด

$C_i$  : ความเร็วการจราจรเฉลี่ย ของจุดพื้นที่ความต้องการ  $i$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\theta$  : ค่าความเร็วการจราจรที่คาดหวัง ที่กำหนดให้รถพยาบาลฉุกเฉินตอบสนองทันต่อเวลาที่ต้องการ

$\beta_j$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าพื้นที่จุดจอด } j \text{ ถูกบังคับเลือกให้เป็นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน} \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables):

$x_j$  : จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกจัดสรรบนจุดจอด  $j$

$y_{ik}$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดความต้องการ } i \text{ ถูกครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉิน คันที่ } k \\ & \text{อย่างน้อยหนึ่งคัน} \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง คือ จำนวนของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่น้อยที่สุด ที่สามารถครอบคลุมจุดพื้นที่ความต้องการทั้งหมดอย่างน้อยหนึ่งจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน สมการวัตถุประสงค์แสดงดังต่อไปนี้:

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j \in W} x_j \quad (4.3)$$

ฟังก์ชันเงื่อนไข

จุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งหรือมากกว่าครอบคลุมจุดความต้องการ:

เงื่อนไขที่ (4.4) เพื่อให้แน่ใจว่า จุดความต้องการที่  $i$  ถูกครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉิน  $k$  อย่างน้อยหนึ่งหรือมากกว่าผลรวมของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน  $j$  ที่ถูกกำหนดภายในระยะมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้  $r$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in W_i} x_j \geq \sum_{k=1}^P y_{ik} \quad \forall i \in V \quad (4.4)$$

จุดพื้นที่ความต้องการถูกครอบคลุมอย่างน้อยหนึ่ง:

เงื่อนไขที่ (4.5) เพื่อให้แน่ใจว่า มีจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่ง ครอบคลุมจุดพื้นที่ความต้องการ  $i$  ถึงแม้ไม่มีความต้องการ

$$\sum_{k=1}^P y_{ik} \geq 1 \quad \forall i \in V \quad (4.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบังคับเลือกพื้นที่สำคัญ:

เงื่อนไขที่ (4.6) เพื่อให้แน่ใจว่า จุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน  $j$  จะถูกบังคับเลือก เนื่องจากเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือเหตุการณ์ภัยพิบัติเพิ่มขึ้น

$$\beta_j \leq x_j \quad j \in W \quad (4.6)$$

การกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินตามความเร็วการจราจรของแต่ละพื้นที่:

เงื่อนไขที่ (4.7) เป็นเงื่อนไขที่พิจารณาความเร็วการจราจรของแต่ละพื้นที่ เพื่อให้เกิดความเหมาะสม เมื่อมีรถพยาบาลฉุกเฉินบางคันไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุจากจุดจอตที่รถพยาบาลฉุกเฉินได้รับการสั่งการ ที่  $C_i$  ความเร็วการจราจรของพื้นที่ความต้องการ  $i$  ที่ถูกรอบคลุมโดยจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งคัน จะต้องมากกว่าค่าความเร็วการจราจรที่คาดหวังที่ทำให้รถพยาบาลฉุกเฉินตอบสนองทันต่อเวลา

$$C_i \sum_{k=1}^P y_{ik} \geq \theta \quad \forall i \in V \quad (4.7)$$

ตัวแปรตัดสินใจ:

เงื่อนไขที่ 4.8 และ 4.9 เป็นตัวแปรตัดสินใจ โดยที่ตัวแปรตัดสินใจ  $x_j$  จะมีลักษณะเป็นแบบจำนวนเต็มบวก แต่ตัวแปรตัดสินใจ  $y_{ik}$  ยังคงมีลักษณะเป็นแบบไบนารี

$$x_j \text{ Integer} \quad j \in W \quad (4.8)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\} \quad i \in V, k = 1, \dots, P \quad (4.9)$$

แบบจำลองครอบคลุมที่มีการบูรณาการค่าความเร็วการจราจรบนท้องถนน ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม ด้วยการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลของเว็บไซต์ Google map เพื่อใช้ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินและวางแผนทางด้านทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโดยส่วนมากในการวางแผนการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินในปัจจุบัน จะพิจารณาถึงปริมาณความต้องการเป็นปัจจัยหลัก ซึ่งก็สามารถตอบสนองต่อความต้องการของเหตุการณ์ฉุกเฉินได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุและทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นได้นั้น มีอีกหลายปัจจัยอย่างมาก เช่น ความพร้อมของรถพยาบาลการเดินทางเข้าพื้นที่แออัด และอีกหนึ่งที่ผลอย่างมากกับการเดินทางของรถพยาบาลฉุกเฉิน คือความเร็วในการเดินทางของรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากสภาพการจราจรบนท้องถนน ด้วยเหตุผลเหล่านี้ทำให้บางครั้งเป็นเรื่องยากที่รถพยาบาลจะเข้าปฏิบัติหน้าที่ในพื้นที่เกิดเหตุด้วยระยะเวลาอันสั้น อีกทั้งยังเป็นเรื่องที่มีความท้าทายสูงสำหรับการจะเข้าปฏิบัติงานได้ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการตอบสนองที่ต่ำกว่า 9 นาที จึงเป็นที่มาของการเพิ่มเติมเงื่อนไขการจัดสรรจุดจอต  
 รถพยาบาลฉุกเฉินตามความเร็วการจราจรของแต่ละพื้นที่ในแบบจำลองครอบคลุม

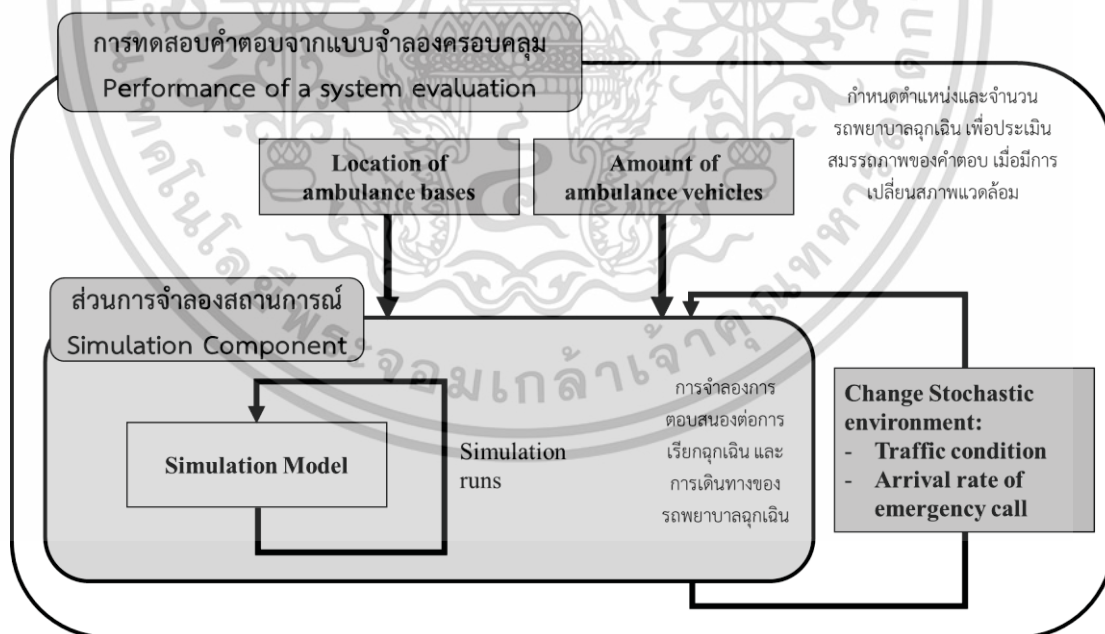
จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองครอบคลุมมีหลายงานวิจัยที่ได้มีการนำเอา  
 ระยะเวลาการเดินทาง (Travel time) มาใช้ในการทดสอบผลลัพธ์ของแบบจำลองครอบคลุม  
 ยกตัวอย่างเช่น Goldberg et al., 1990; และ Goldberg and Paz, 1991 เป็นแบบจำลองครอบคลุม  
 แรกที่มีการนำเอาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเดินทางจากจุด  $i$  ไปจุด  $j$  มาใช้ในการประมาณค่าอัตรา  
 การใช้ประโยชน์ของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกกำหนด และต่อมาก็ได้มีการนำเอาระยะเวลาการเดินทาง  
 มาใช้กับการกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เพื่อทดสอบผลลัพธ์ของคำตอบ  
 จากแบบจำลองครอบคลุมกับสภาพการเดินทางของแต่ละช่วงเวลา (Time-dependent travel  
 time) เมื่อถูกเอาไปใช้จริง (Rajagopalan et al., 2008; Repede and Bernardo, 1994; Saydam  
 et al., 2013; Schmid and Doerner, 2010) และล่าสุด van den Berg and Aardal, ปี 2015 ได้  
 มีการนำเอาระยะเวลาการเดินทางที่เป็นกรกำหนดระดับคะแนนที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของวัน  
 มาใช้ในการกำหนดจำนวนครั้งของการปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม  
 ด้วยการกำหนดรูปแบบของการลงโทษมาใช้คำนวณ ซึ่งจากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการนำเอาระยะเวลา  
 การเดินทางส่วนใหญ่จะไม่ได้พิจารณาจากค่าความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้นบนท้องถนน ซึ่งเป็นแนวคิด  
 หลักของงานวิจัยในส่วนนี้ ด้วยการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลที่ได้รับการเผยแพร่และนำเชื่อถือมาใช้  
 สำหรับการวางแผนและกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินที่สามารถตอบสนองต่อสภาพการจราจรที่  
 เกิดขึ้นได้

การบูรณาการแบบจำลองครอบคลุมที่นำเสนอเป็นการพัฒนามาจากแบบจำลองครอบคลุม  
 ของปัญหาการกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุม (LSCP) ซึ่งเป็นแบบจำลองครอบคลุม  
 แบบจำลองแรกที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับระบบการแพทย์ฉุกเฉิน ด้วยการเพิ่มเงื่อนไขที่พิจารณา  
 ความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ด้วยการประเมินค่าความเร็วจากการสร้างแอปพลิเคชันที่  
 ทำการขอข้อมูล ระยะทาง และระยะเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ จากเว็บไซต์ Google map ที่  
 บริการข้อมูลเกี่ยวกับแผนที่และเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังได้มีการพิจารณา  
 ข้อมูลแบบทันทีจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ จากการแจ้งสภาพการจราจร อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น และ  
 การรวมตัวของประชาชนจำนวนมาก เพื่อใช้สำหรับการเตรียมความพร้อมให้กับรถพยาบาลฉุกเฉินที่มี  
 ความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นมากที่สุด ด้วยแบบจำลองปัญหาการกำหนดจุดจอต  
 รถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมกับการพิจารณาความเร็วการจราจร (LSCP-TS) ที่จะหาจำนวนของ  
 รถพยาบาลฉุกเฉินที่น้อยที่สุดที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดได้ และถ้าพื้นที่ใดมีความเร็ว  
 การจราจรต่ำ (ใช้ระยะเวลานานในการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ) เงื่อนไขที่เสนอจะพิจารณาเพิ่มจำนวนของ  
 จุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินขึ้น สำหรับเป็นตัวเลือกให้กับเจ้าหน้าที่นำส่งของระบบบริการการแพทย์  
 ฉุกเฉินที่จะสั่งการให้รถพยาบาลฉุกเฉินจากจุดอื่นเข้าบริการพื้นที่เกิดเหตุแทนรถฉุกเฉินที่ไม่สามารถ  
 เข้าถึงพื้นที่เกิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 การทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์

หลังจากเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้นบนท้องถนน จากการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลของเว็บไซต์ Google map ด้วยการเขียนคำสั่ง HTML แล้วนั้น จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วการจราจรของแต่ละพื้นที่ และนำข้อมูลความเร็วของการจราจรแต่ละพื้นที่ในการวางแผนและกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของแบบจำลองครอบคลุมที่ถูกปรับปรุงขึ้นใหม่ เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากความเร็วการจราจรที่เป็นแนวคิดหลักในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า แบบจำลองปัญหาการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมกับการพิจารณาความเร็วการจราจร (LSCP-TS) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือตำแหน่งและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่สามารถครอบคลุมพื้นที่บริการทั้งหมดได้ อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้นั้นยังขาดการประเมินสมรรถภาพของคำตอบ ดังนั้นในส่วนนี้จะทำสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อใช้ในการประเมินคำตอบของตำแหน่งและจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้ โดยมีกระบวนการประเมินสมรรถภาพของคำตอบดังรูปที่ 4.6 ซึ่งจะทำให้ปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอดและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินจากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุม เพื่อทดสอบการตอบสนองของรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียกใช้บริการและระยะเวลาการเดินทางตามสภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลาของวัน ทั้ง 3 ช่วงเวลา ด้วยการปรับสภาพแวดล้อมของแบบจำลองสถานการณ์



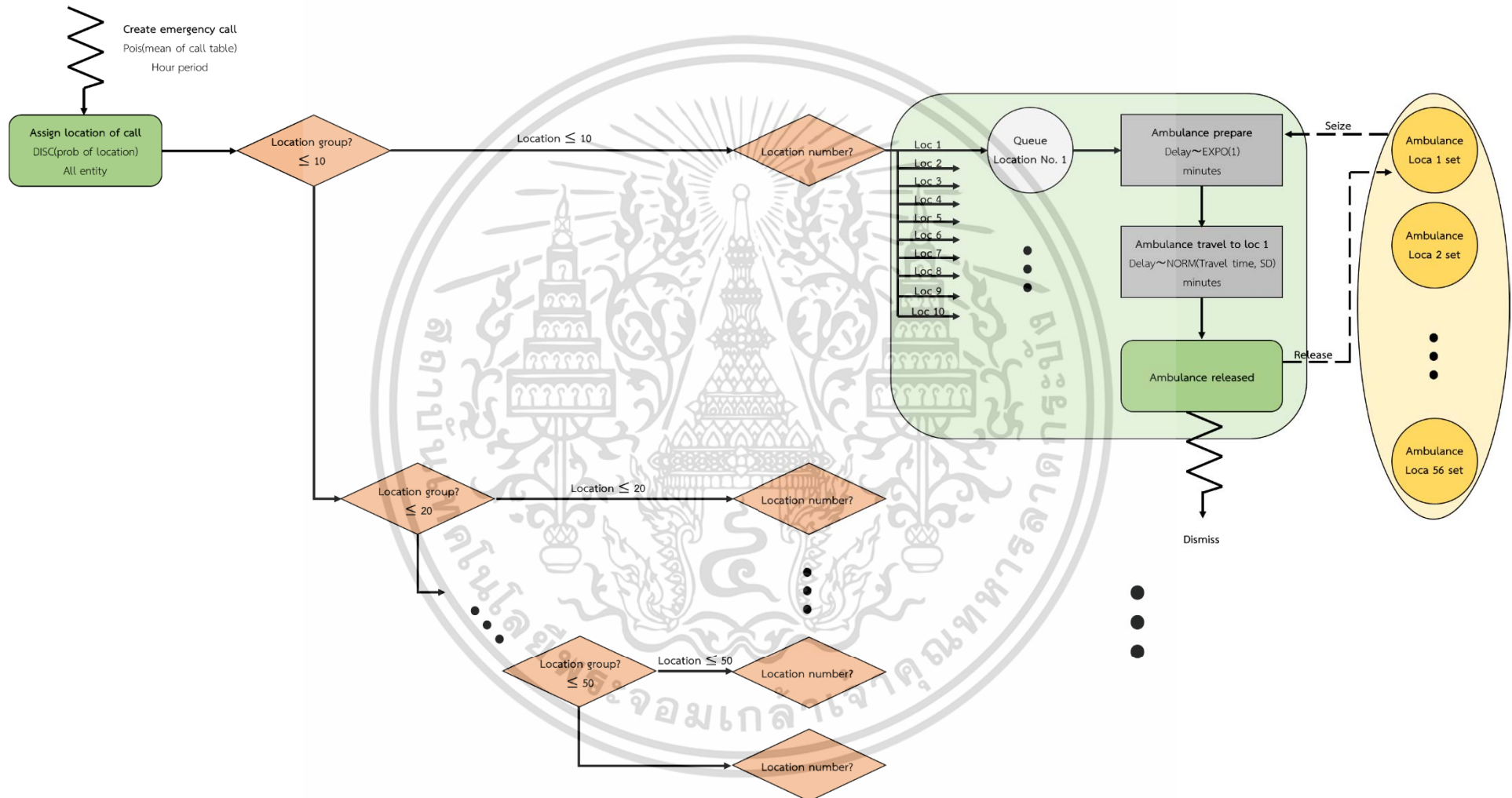
รูปที่ 4.6 การทดสอบสมรรถภาพของคำตอบจากแบบจำลองครอบคลุม ด้วยเทคนิคแบบจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อทดสอบสมรรถภาพของตำแหน่งและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุม ที่มีการพิจารณาความเร็วการจราจรบนท้องถนน ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้นำเอาแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation: DES) มาใช้ในการประเมิน โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena เวอร์ชัน 14.0 เพื่อทำการสร้างรูปแบบของกระบวนการทำงานของระบบรถพยาบาลฉุกเฉิน การระบุพื้นที่เกิดเหตุ ระยะเวลาในการเดินทางจากจุดจุดไปยังพื้นที่เกิดเหตุ และทรัพยากรรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละพื้นที่ ซึ่งข้อมูลจำนวนทรัพยากรและตำแหน่งของรถพยาบาลฉุกเฉินจะได้จากผลลัพธ์ก่อนหน้าของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS ซึ่งสามารถอธิบายรูปแบบของกระบวนการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ดังแผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) ของรถพยาบาลฉุกเฉินดังรูปที่ 4.7 และอัตราการใช้บริการรถพยาบาลฉุกเฉินดังรูปที่ 4.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แผนภาพกิจกรรมของกระบวนการเรียกรับบริการ และการเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุของรถพยาบาลฉุกเฉิน

					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 4.8 จำนวนเฉลี่ยการเรียกรับบริการรถพยาบาลฉุกเฉิน ของแต่ละพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

จะเห็นได้ว่ากระบวนการของรถพยาบาลฉุกเฉินที่นำเสนอ มีด้วยกัน 3 ส่วนหลัก ประกอบด้วย

- 1) ส่วนการสร้างการเรียกรับบริการฉุกเฉิน และการระบุพื้นที่การแจ้งเหตุ ซึ่งเป็นส่วนแรกของแบบจำลอง มีหน้าที่สร้างการเรียกสายของเหตุการณ์ฉุกเฉิน หลังจากนั้นจะทำการระบุตำแหน่งของพื้นที่เกิดเหตุ เพื่อให้รถพยาบาลฉุกเฉินในพื้นที่ที่ครอบคลุมพื้นที่เกิดเหตุ ออกปฏิบัติงาน
- 2) ส่วนการจำแนกกลุ่มพื้นที่ และหมายเลขพื้นที่เกิดเหตุ หลังจากทำการระบุพื้นที่เกิดเหตุได้แล้ว จะทำการจำแนกตามกลุ่มของพื้นที่ก่อน เนื่องจากพื้นที่ที่มีการแบ่งออกเป็น 56 พื้นที่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มที่พื้นที่หมายเลข 1-10 กลุ่มที่พื้นที่หมายเลข 11-20 กลุ่มที่พื้นที่หมายเลข 21-30 กลุ่มที่พื้นที่หมายเลข 31-40 กลุ่มที่พื้นที่หมายเลข 41-50 และกลุ่มพื้นที่ที่เหลือคือ 51-56 หลังจากทำการจำแนกการเรียกรับบริการตามกลุ่มได้แล้ว ในส่วนถัดไปจะจำแนกการเรียกตามพื้นที่เกิดเหตุต่อไป
- 3) ส่วนการเตรียมพร้อมและออกเดินทางของรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อคำสั่งเรียกรับบริการของพื้นที่นั้นๆมาถึง จะทำการพิจารณารถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมพื้นที่นั้น เพื่อให้รถพยาบาลฉุกเฉินที่พร้อมปฏิบัติงาน ถูกจับคู่กับการเรียกรับบริการนั้นๆ หลังจากทำการจับคู่แล้ว รถพยาบาลฉุกเฉินจะทำการเตรียมพร้อมรถ และจะออกเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุ ด้วยระยะเวลาการเดินทางที่นำเอาความเร็วการจราจรที่เก็บรวบรวมก่อนหน้านี้ มาใช้ในการประมาณระยะเวลาการเดินทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการศึกษา

### 4.2.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วการจราจรบนถนนพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการแบ่งพื้นที่ของกรุงเทพมหานครออกเป็น 56 พื้นที่ ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 36 ตารางกิโลเมตร (6x6 กิโลเมตร) แต่ละพื้นที่จะถูกระบุด้วยตัวเลขจากด้านบนซ้ายของแผนที่ ไปยังด้านล่างขวาของแผนที่ ซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่ความต้องการที่มีขนาดเต็มจำนวน 44 พื้นที่ และอีกเหลืออีก 12 พื้นที่ที่มีเพียงบางส่วนของพื้นที่รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส จากนั้นทำการเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชันที่ทำการสร้างขึ้น ของแต่ละพื้นที่ความต้องการ ซึ่งจะทำการเก็บทั้ง 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลากลางวัน ช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลากลางคืน ของทั้ง 56 พื้นที่ความต้องการ ซึ่งแสดงผลการเก็บข้อมูลระยะเวลา 1 เดือน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2562 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ของพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยมีความเร็วการจราจรบนท้องถนนโดยเฉลี่ย ในช่วงเวลากลางวันอยู่ที่ 47.35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเวลาโดยส่วนใหญ่ของวัน อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน มีความเร็วการจราจรจะต่ำกว่าช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากการจราจรแออัดที่เกิดขึ้น ซึ่งค่าความเร็วการจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนมีความเร็วเท่ากับ 37.57 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ความเร็วการจราจรลดลง 20.65% ของช่วงเวลากลางวัน) เป็นช่วงที่มีความเร็วการจราจรน้อยที่สุด แต่ก็ยังมีอีกช่วงเวลาที่มีความเร็วการจราจรจะสูงกว่าช่วงเวลากลางวัน คือ ช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยมีความเร็วการจราจรบนท้องถนนเฉลี่ยที่ 53.31 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ความเร็วการจราจรเพิ่มขึ้น 12.60% ของช่วงเวลากลางวัน)

จากตารางที่ 4.4 สามารถกำหนดระดับความเร็วการจราจรบนท้องถนน ของแต่ละพื้นที่ในกรุงเทพมหานครได้ ด้วยการอธิบายด้วยการระดับสีของความเร็วการจราจร ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ระดับสีเขียว หรือ ความเร็วการจราจรราบรื่น เป็นพื้นที่ที่มีความเร็วการจราจรเฉลี่ยมากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ต่อมาระดับสีส้ม หรือความเร็วการจราจรปานกลาง เป็นพื้นที่ที่มีความเร็วการจราจรเฉลี่ยอยู่ที่ 50-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสุดท้ายที่ระดับสีแดง หรือ ความเร็วการจราจรติดขัด เป็นพื้นที่ที่มีความเร็วการจราจรเฉลี่ยต่ำ ซึ่งน้อยกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมจากฐานข้อมูลแผนที่ของเว็บไซต์ Google สามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ ความต้องการ และข้อมูลความเร็วการจราจรของแต่ละช่วงเวลาได้ดังตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลากลางวันระดับการจราจรโดยส่วนใหญ่เป็นระดับปานกลางมีระดับการจราจรติดขัดเล็กน้อย แต่เมื่อเป็นช่วงเวลาเร่งด่วนระดับการจราจรโดยส่วนใหญ่จะเป็นปานกลางและติดขัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ตอนกลางของกรุงเทพมหานคร สำหรับช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์นั้น ความเร็วการจราจรโดยส่วนใหญ่จะเป็นระดับการจราจรที่ราบรื่น

ตารางที่ 4.4 ความเร็วการจราจรบนท้องถนนจากการเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชัน ของแต่ละพื้นที่ ความต้องการ ทั้ง 3 ช่วงเวลา

หมายเลขพื้นที่	ช่วงเวลา			หมายเลขพื้นที่	ช่วงเวลา		
	ช่วงเวลากลางวัน	ช่วงเวลารุ่งอรุณ	ช่วงเวลากลางคืน		ช่วงเวลากลางวัน	ช่วงเวลารุ่งอรุณ	ช่วงเวลากลางคืน
1	41.36	34.25	59.69	29	60.15	41.05	67.67
2	32.49	20.30	41.35	30	50.58	38.23	52.36
3	50.00	50.00	50.00	31	44.59	40.53	52.74
4	68.75	67.15	70.75	32	39.64	24.55	47.07
5	34.55	25.68	46.85	33	34.02	24.85	42.76
6	22.08	21.59	50.12	34	50.09	37.12	54.33
7	49.58	37.51	57.02	35	24.03	15.00	26.70
8	68.99	52.98	77.50	36	36.21	26.50	46.90
9	56.11	47.99	62.09	37	36.51	18.77	38.54
10	44.21	42.21	47.49	38	48.27	22.57	41.96
11	58.53	55.57	61.90	39	65.26	39.08	58.49
12	38.16	23.51	43.20	40	68.47	49.47	71.93
13	28.85	17.34	35.00	41	72.21	55.83	73.88
14	45.84	32.12	53.34	42	42.26	41.11	41.41
15	42.87	31.47	50.92	43	32.60	30.83	35.69
16	45.95	32.78	52.36	44	44.51	42.06	46.58
17	43.52	38.62	47.44	45	59.52	50.52	66.45
18	38.70	36.00	43.19	46	47.94	39.14	55.90
19	46.31	45.04	48.41	47	73.57	61.68	81.09
20	44.23	36.49	46.25	48	51.87	34.53	55.76
21	50.93	38.97	57.88	49	62.10	43.81	64.29
22	53.44	38.34	57.04	50	53.50	48.88	56.71
23	38.05	23.56	43.78	51	59.73	49.77	63.70
24	28.97	20.38	39.71	52	63.05	60.25	80.65
25	37.23	18.39	42.13	53	67.45	71.66	98.05
26	28.15	15.04	36.48	54	50.00	50.00	50.00
27	39.07	23.77	46.12	55	53.83	50.16	58.09
28	37.46	24.37	43.17	56	45.09	44.66	44.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ให้บุคคลภายนอกทราบ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการเก็บข้อมูลของระดับความเร็วการจราจร ตามระดับความเร็วทั้ง 3 ระดับความเร็ว

ช่วงเวลา (Time period)	รายละเอียดตำแหน่ง	ข้อมูลความเร็วการจราจร											
		ระดับสี ความเร็ว จราจร	จำนวนพื้นที่ ความต้องการ (พื้นที่)										
ช่วงเวลา กลางวัน (Daytime period)	1 41.4	2 32.5	3 50.0	4 68.8									
	5 34.6	6 22.1	7 49.6	8 69.0	9 56.1	10 44.2	11 58.5						
	12 38.2	13 28.9	14 45.8	15 42.8	16 45.9	17 43.5	18 38.7	19 46.3					
	20 39.6	21 34.0	22 50.1	23 24.0	24 36.2	25 36.5	26 48.3	27 65.3	28 68.5	29 72.1	30 60.2	31 50.6	32 44.6
	43 32.6	44 44.5	45 59.5	46 47.9	47 73.6	48 51.9	49 62.1	50 53.5					
	51 59.7	52 63.1	53 67.5										
	54 50.0	55 53.8											
	56 45.1												
	ราบรื่น (สีเขียว)	23											
	ปานกลาง (สีส้ม)	28											
	ติดขัด (สีแดง)	5											
	ช่วงเวลา เร่งด่วน (Rush hour period)	1 34.3	2 20.3	3 50.0	4 67.2								
5 25.7		6 21.6	7 37.5	8 52.9	9 47.9	10 42.2	11 55.6						
12 23.5		13 17.4	14 32.1	15 31.5	16 32.8	17 38.6	18 36.0	19 45.1					
20 36.5		21 35.9	22 38.4	23 23.6	24 20.4	25 18.4	26 15.1	27 23.8	28 24.4	29 41.1	30 39.3	31 40.5	32 40.5
43 30.8		44 42.1	45 50.5	46 39.2	47 61.7	48 34.5	49 43.8	50 48.9					
51 49.8		52 60.3	53 71.7										
54 50.0		55 50.2											
56 44.7													
ราบรื่น (สีเขียว)		11											
ปานกลาง (สีส้ม)		28											
ติดขัด (สีแดง)		17											
ช่วงเวลา กลางคืน หรือ ช่วงวันสุด สัปดาห์ (Nighttime or weekend period)		1 59.7	2 41.4	3 50.0	4 70.8								
	5 46.9	6 50.1	7 57.0	8 77.5	9 62.1	10 47.5	11 61.9						
	12 43.2	13 35.0	14 53.4	15 50.9	16 52.4	17 47.4	18 43.2	19 48.4					
	20 46.3	21 57.9	22 57.1	23 43.8	24 39.7	25 42.1	26 36.5	27 42.1	28 43.2	29 67.7	30 52.4	31 52.8	32 41.4
	43 35.7	44 46.6	45 66.5	46 55.9	47 81.1	48 55.8	49 64.3	50 56.7					
	51 63.7	52 80.7	53 98.1										
	54 50.0	55 58.1											
	56 44.7												
	ราบรื่น (สีเขียว)	31											
	ปานกลาง (สีส้ม)	24											
	ติดขัด (สีแดง)	1											

ดังนั้นจากจากทั้งข้อมูลความเร็วการจราจรของแต่ละพื้นที่ และแต่ละช่วงเวลา ในตารางที่ 4.4 และ ตารางที่ 4.5 ที่เป็นข้อมูลความเร็วการจราจรจากการเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชันที่ถูกสร้างขึ้นในงานวิจัยในส่วนนี้ ซึ่งเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูลของเว็บไซต์ Google map ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ประกอบไปด้วย ข้อมูลค่าความเร็วการจราจรทั้ง 3 ช่วงเวลา ช่วงเวลากลางวัน ช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลากลางคืน ในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง และตำแหน่งของความเร็วไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจราจรทั้ง 56 พื้นที่ความต้องการ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้ ที่ถูกเรียกว่า ปัญหาการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมกับการพิจารณาความเร็วการจราจร หรือแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นตำแหน่งจุดจอตของรพยาบาลฉุกเฉิน พร้อมทั้งจำนวนของรพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละจุดจอต หรือหลังจากได้ผลลัพธ์ของจุดจอตและจำนวนรพยาบาลฉุกเฉินแต่ละช่วงเวลาแล้ว จะทำการวิเคราะห์ระยะเวลาการตอบสนอง ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อประเมินสมรรถภาพของผลลัพธ์ในขั้นตอนถัดไป

#### 4.2.2 ผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งจุดจอตและจำนวนรพยาบาลฉุกเฉิน

จากข้อมูลความเร็วการจราจรของแต่ละพื้นที่ และแต่ละช่วงเวลา ที่ถูกวิเคราะห์จากการใช้แอปพลิเคชันที่ถูกสร้างขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อนำข้อมูลความเร็วการจราจรจากฐานข้อมูลแผนที่จากเว็บไซต์ Google ซึ่งสามารถระบุความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้นแต่ละพื้นที่และช่วงเวลาได้ ซึ่งในขั้นตอนต่อไปจะเป็นกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมของแต่ละช่วงเวลา เมื่อมีการพิจารณาความเร็วการจราจรของแต่ละพื้นที่ ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้

แบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS จะพิจารณาการครอบคลุมของจุดจอตและจำนวนรพยาบาลฉุกเฉิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีความเร็วการจราจรต่ำ เพื่อให้พื้นที่ดังกล่าวถูกครอบคลุมโดยจุดจอตที่มากกว่าพื้นที่การจราจรปกติ ซึ่งจะทำให้โอกาสการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินเพิ่มขึ้นจากนั้นได้มาการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของจุดจอตและจำนวนรพยาบาลฉุกเฉินของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งประกอบไปด้วย ช่วงเวลากลางวัน ช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ โดยการพิจารณาจากผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ นอกจากนี้ในงานวิจัยส่วนนี้ยังได้มีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของตำแหน่งจุดจอตของรพยาบาลฉุกเฉินกับแบบจำลองครอบคลุมที่ไม่มีการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรด้วย เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการพิจารณาความเร็วการจราจร ในการกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน

วัตถุประสงค์ของแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS เพื่อการกำหนดตำแหน่งของจุดจอตและจำนวนรพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมกับค่าความเร็วการจราจรของแต่ละพื้นที่จำนวนของจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ( $P$ ) มีจำนวน 50 จุดจอตที่เป็นไปได้ สำหรับพื้นที่ที่ถูกบังคับเลือกให้เป็นพื้นที่สำคัญได้แก่พื้นที่หมายเลข 27 และกำหนดให้ทุกพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร สามารถกำหนดจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินได้ นอกจากนี้ในการพิจารณาความเร็วการจราจรของแบบจำลองครอบคลุมยังได้มีการกำหนดค่าความเร็วการจราจรที่คาดหวัง ที่ทำให้รพยาบาลฉุกเฉินตอบสนองได้ทันต่อระยะเวลาที่ต้องการ ( $\theta$ ) โดยความเร็วที่คาดหวังถูกกำหนดไว้ที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งช่วงเวลา เพื่อศึกษาการตำแหน่งของจุดจอตและจำนวนของรพยาบาลฉุกเฉินที่เปลี่ยนแปลงไป โดยแบ่งช่วงเวลาของวันออกเป็น 3 ช่วงเวลาตามสภาพการจราจรของวัน ได้แก่ ช่วงเวลากลางวัน หรือ ช่วงเวลาทั่วไป (regular hour period) กำหนดให้

เป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 9 นาฬิกา ถึง 14 นาฬิกา และช่วงเวลาเร่งด่วน (rush hour period) กำหนดให้เป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 6 นาฬิกา ถึง 9 นาฬิกา และตั้งแต่ 15 นาฬิกา ถึง 18 นาฬิกาของแต่ละวัน นอกเหนือจากนี้กำหนดให้เป็นช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่ 21 นาฬิกา ถึง 6 นาฬิกาของอีกวัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน หลังจากที่ได้ผลลัพธ์ด้วยแบบจำลองครอบครัว LSCP-TS ซึ่งผลที่ได้จะเป็นจำนวนทรัพยากรของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ที่  $x_j$  ที่น้อยที่สุดที่สามารถครอบคลุมพื้นที่การจราจรทั้งหมดของกรุงเทพมหานคร ซึ่งผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองครอบครัวที่นำเสนอ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยจะแสดงทั้ง ตำแหน่งของจุดจอด จำนวนของจุดจอด และจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ ที่แต่ละช่วงเวลาของวัน นอกจากนี้ได้ในการเปรียบเทียบกับแบบจำลองครอบครัวที่ไม่ได้พิจารณาความเร็วการจราจร เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการพิจารณาความเร็วการจราจร ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินแต่พื้นที่ในกรุงเทพมหานคร เมื่อใช้แบบจำลอง LSCP-TP สำหรับแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา (Time period)	ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์	จำนวนของทรัพยากรที่ใช้	
		จำนวนจุด จอดรถ ฉุกเฉิน (จุดจอด)	จำนวน รถพยาบาล ฉุกเฉินที่ใช้ (คัน)
ไม่ได้พิจารณา ความเร็ว การจราจร		9	9
ช่วงเวลาเร่งด่วน (Rush hour period)		17	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลา (Time period)	ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์	จำนวนของทรัพยากรที่ใช้	
		จำนวนจุด จอดรถ ฉุกเฉิน (จุดจอด)	จำนวน รถพยาบาล ฉุกเฉินที่ใช้ (คัน)
ช่วงเวลา กลางวัน (Daytime period)		17	21
ช่วงเวลา กลางคืน หรือ ช่วงวันสุด สัปดาห์ (Nighttime or weekend period)		13	18

ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS ในแต่ละช่วงเวลา ที่นำเสนอในตารางที่ 4.6 ที่แต่ละช่วงของวันเมื่อพิจารณาความเร็วการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้ง 3 ช่วงได้ ช่วงเวลากลางวัน ช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลากลางคืน มีจำนวนของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 16 จุดจอด ในการครอบคลุมพื้นที่การจราจรทั้งหมดของกรุงเทพมหานคร แต่อย่างไรก็ดีสิ่งที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนของแต่ละช่วงเวลาคือจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ และตำแหน่งที่ถูกกำหนดเป็นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งที่ช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน มีการใช้จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินมากที่สุด ที่จำนวน 25 คันในการครอบคลุม ถัดมาเป็นช่วงกลางวันมีการใช้จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน 21 คัน และช่วงเวลาที่มีการใช้จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินน้อยที่สุด คือ ช่วงเวลากลางคืน ที่จำนวน 18 คัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของทั้ง 3 ช่วงเวลาสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉินในการเตรียมความพร้อมรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่จะเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

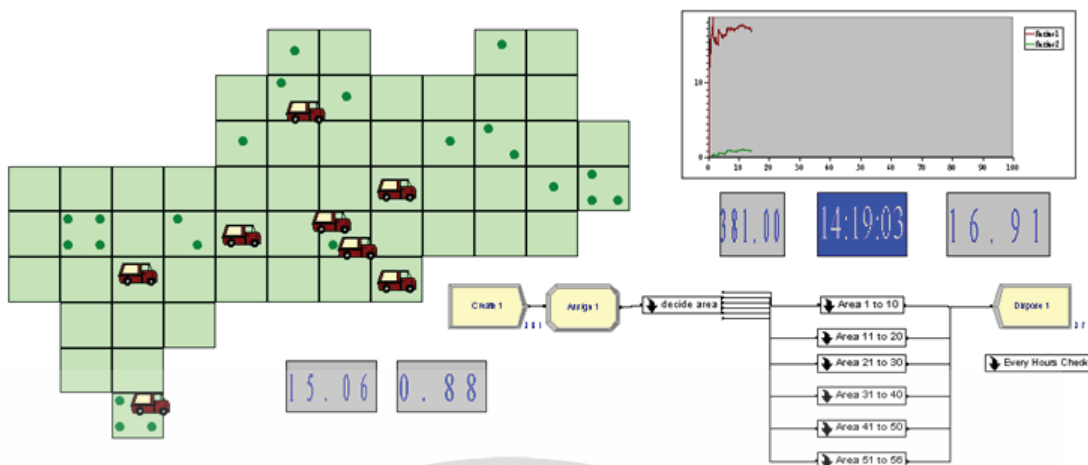
สำหรับในส่วนถัดไปจะเป็นการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์และตำแหน่งจุดจอดที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน ด้วยการเทคนิคการจำลองสถานการณ์ ที่ถูกสร้างในงานวิจัยครั้งนี้

#### 4.2.3 ผลการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุม ด้วยการจำลองสถานการณ์

หลังจากที่ได้จำนวนและจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินจากแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TP ที่นำเสนอแล้วนั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะเกี่ยวข้องกับจำนวนของทรัพยากรที่ถูกใช้ เมื่อมีการพิจารณาช่วงเวลาในการบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังขาดการประเมินสมรรถนะของผลลัพธ์ที่ได้ ดังนั้นในส่วนถัดไปจะเป็นการทดสอบสมรรถนะของผลลัพธ์ด้วยการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ เมื่อมีการเพิ่มเงื่อนไขของสภาพการจราจรเข้าไปยังแบบจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ระบบการทำงานของรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ อัตราการเรียกใช้บริการของอุบัติเหตุฉุกเฉิน ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ และสภาพการจราจรบนที่ท้องถนน ที่มีผลต่อการเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุของรถพยาบาลฉุกเฉิน สำหรับอัตราการเข้ามาและตำแหน่งของพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน จะได้มาจากการเก็บข้อมูลจากฐานข้อมูลแบบทันที โดยอัตราการเกิดเหตุการณ์เรียกรับบริการมีลักษณะข้อมูลเป็นการกระจายตัวแบบปัวซอง (Poisson distribution) ตามแต่ละช่วงเวลา และตำแหน่งพื้นที่ของการเรียกรับบริการมีลักษณะการกระจายตัวแบบเชิงประจักษ์ (Empirical distribution) เพื่อใช้ในการกำหนดการเกิดเหตุการณ์การเรียกรับบริการรถพยาบาลฉุกเฉิน

นอกเหนือจากนี้ในส่วนของการวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มเงื่อนไขของสภาพการจราจรในแต่ละพื้นที่เข้าไปยังแบบจำลองด้วยจากแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อใช้ในการทดสอบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอ โดยข้อมูลสภาพการจราจรในแต่ละพื้นที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลสภาพการจราจรใน web-based services ของ Google Map ซึ่งทำการเก็บข้อมูลสภาพการจราจรแบบทันทีบนพื้นที่ ซึ่งได้นำเอาระยะเวลาของการเดินทางรวมทั้งระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมาจากสภาพการจราจรติดขัด เข้ามาใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แบบจำลองสถานการณ์ สำหรับการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบครัว

แบบจำลองสถานการณ์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประเมินสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบครัว LSCP-TS จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่ แผนที่กรุงเทพมหานครพร้อมทั้งตำแหน่งจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละพื้นที่ ตามที่ถูกแบ่งไว้ 56 พื้นที่ เพื่อแสดงการออกปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินเมื่อเกิดเหตุการณ์ในพื้นที่ของจุดจุดนั้นๆ ต่อมาเป็นส่วนของการสร้างความต้องการรับบริการจากรถพยาบาลฉุกเฉินและการระบุตำแหน่งของความต้องการ และส่วนสุดท้ายเป็นการกระจายคำสั่งออกปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินไปแต่ละพื้นที่ พร้อมทั้งการออกเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉิน ที่พิจารณาจากระยะเวลาการเดินทางปกติและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจากสภาพการจราจรของแต่ละพื้นที่ จากข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมจากฐานข้อมูลแผนที่ของ Google โดยสมรรถภาพที่ถูกประเมินในแต่ละผลลัพธ์ของแต่ละช่วงเวลา คือ ระยะเวลาการตอบสนองเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดขึ้น ของทั้ง 3 ช่วงเวลา และอีก 1 ผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบครัวที่ไม่ได้พิจารณาสภาพการจราจร

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบสมรรถภาพของจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จำนวนทรัพยากรที่ใช้		ผลการทดสอบสมรรถภาพ	
	จำนวนจุดจอด รถพยาบาล ฉุกเฉิน (จุดจอด)	จำนวน รถพยาบาล ฉุกเฉินที่ใช้ (คัน)	เฉลี่ยเวลาการ ตอบสนอง (นาที)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของ เวลาการ ตอบสนอง
ไม่ได้พิจารณา การจราจร	9	9	76.82	22.35
ช่วงเวลา เร่งด่วน	17	25	23.25	0.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลา	จำนวนทรัพยากรที่ใช้		ผลการทดสอบสมรรถภาพ	
	จำนวนจุดจอด รถพยาบาล ฉุกเฉิน (จุดจอด)	จำนวน รถพยาบาล ฉุกเฉินที่ใช้ (คัน)	เฉลี่ยเวลาการ ตอบสนอง (นาที)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของ เวลาการ ตอบสนอง
ช่วงเวลากลางวัน	17	21	16.17	0.12
ช่วงเวลากลางคืน	13	18	13.64	0.01

สำหรับแบบจำลองสถานการณ์ของการปฏิบัติงานรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ทดสอบ จะทำการรันแบบจำลองสถานการณ์จำนวน 100 ชั่วโมงต่อรอบ จำนวนทั้งหมด 5 รอบต่อครั้ง โดยจะทดสอบผลลัพธ์ของตำแหน่งของจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลาให้บริการ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ที่แสดงผลลัพธ์จากการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองทั้งหมด ซึ่งจะพิจารณาทั้งหมดด้วยกัน 2 ประเด็นได้แก่ จำนวนทรัพยากรของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ และผลการทดสอบสมรรถภาพของเวลาการตอบสนองเฉลี่ย

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าสมรรถภาพของผลลัพธ์จากการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน จากแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS ที่มีการพิจารณาสภาพการจราจร มีระยะเวลาการตอบสนองที่ดีกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุมที่ไม่ได้พิจารณาสภาพการจราจร มากกว่า 70% (เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการตอบสนองที่ช่วงเวลาเร่งด่วน) แสดงให้เห็นว่าการพิจารณาสภาพการจราจรของงานวิจัยที่นำเสนอ สามารถคำนึงถึงสภาพความเป็นจริงของสภาพการณ์ที่รถพยาบาลฉุกเฉินต้องเผชิญได้ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริงของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

นอกเหนือจากนี้เมื่อพิจารณาถึงแต่ละช่วงเวลาในการให้บริการของรถพยาบาลฉุกเฉิน จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ช่วงเวลา ช่วงเวลากลางวัน ช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลากลางคืน มีระยะเวลาการตอบสนองเฉลี่ยที่ 17.69 นาที โดยระยะเวลาการตอบสนองที่ดีที่สุด คือช่วงเวลากลางคืน ที่เวลาการตอบสนอง 13.64 นาที (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการตอบสนอง 0.01) เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวมีความต้องการที่น้อยและสภาพการจราจรในช่วงเวลากลางคืน โดยส่วนใหญ่จะมีสภาพการจราจรแบบราบรื่น (มากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) จึงทำให้ระยะเวลาการตอบสนองในช่วงดังกล่าวมีผลลัพธ์ที่น้อยกว่าช่วงเวลาอื่นๆ และช่วงเวลาที่มียุทธศาสตร์การตอบสนองสูงสุดเป็นช่วงเวลาเร่งด่วน ซึ่งสภาพการจราจรมีการติดขัดที่สูงและต้องใช้ระยะเวลาที่สูงในการเข้าถึงพื้นที่ ช่วงเวลาดังกล่าวมีระยะเวลาการตอบสนองที่ 23.25 นาที (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการตอบสนอง 0.43)

จากผลลัพธ์ของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน พร้อมทั้งการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาความเร็วเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจราจรจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลของ Google map ทำให้เห็นได้ว่าการนำเอาความเร็วการจราจรมาใช้ในการกำหนดจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินมีประโยชน์อย่างมากในการปรับใช้ในแต่ละช่วงเวลาเวลาของวัน ซึ่งมีสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน

### 4.3 อภิปรายผลการศึกษา การบูรณาการความเร็วการจราจร กับการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

เนื่องจากปัญหาสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในเมืองใหญ่ ซึ่งที่มีผลในเชิงลบอย่างมากต่อการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ดังนั้นการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่มีการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรแบบทันกาลของแต่ละช่วงเวลาจึงมีความสำคัญอย่างมาก ในการบริหารจัดการรถพยาบาลฉุกเฉินสำหรับระดับปฏิบัติการ ดังนั้นในการศึกษาส่วนนี้จึงได้นำเสนอกรอบแนวคิดในการบูรณาการข้อมูลความเร็วการจราจรจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลเพื่อใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน และได้นำเสนอแบบจำลองครอบคลุมสำหรับการกำหนดจุดจอด นอกจากนี้ยังได้นำเสนอการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบรถพยาบาลฉุกเฉินเพื่อใช้ในการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์ที่ได้

การศึกษาข้อมูลความเร็วการจราจร จากฐานข้อมูลแบบทันกาล ที่มีการเก็บรวบรวมอยู่ในฐานข้อมูลของเว็บไซต์ที่มีการบริการในสาธารณะเช่นเว็บไซต์ Google map จำเป็นที่จะต้องมีการสร้างแอปพลิเคชัน สำหรับการแสดงความต้องการและรับข้อมูล ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเว็บไซต์หนึ่งไปยังอีกเว็บไซต์หนึ่ง หรือที่ถูกรเรียกว่า API (Application Programming Interface) โดยการระบุความต้องการที่ถูกต้อง เช่น พิกัดตำแหน่งละติจูดและลองจิจูด (Latitude and Longitude) ของจุดเริ่มต้นการประเมินความเร็วการจราจร พิกัดตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของจุดสิ้นสุดการประเมินความเร็วการจราจร เพื่อให้ได้การประเมินระยะเวลาในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด และนำข้อมูลที่ได้ไปประเมินความเร็วการจราจรของพื้นที่นั้น โดยข้อมูลความเร็วที่ได้นี้จะไปใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมที่มีการพิจารณาข้อมูลความเร็วการจราจรที่ถูกสร้างในงานวิจัยส่วนนี้มีชื่อเรียกว่า ปัญหาการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมกับการพิจารณาความเร็วการจราจร (Location Set Covering problem with Traffic speed: LSCP-TS) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการหาตำแหน่งของจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยของความเร็วการจราจรที่ต่ำ ซึ่งจำเป็นต้องมีจุดจอดรถพยาบาลที่ดูแลพื้นที่ดังกล่าวสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยจะต้องมีค่าเฉลี่ยของความเร็วการจราจรที่สูงกว่าค่าความเร็วการจราจรที่คาดหวัง ที่กำหนดให้รถพยาบาลฉุกเฉินสามารถตอบสนองทันต่อระยะเวลาที่ต้องการ เพื่อเพิ่มโอกาสที่รถพยาบาลจะสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉินได้ มีต้องเผชิญกับปัญหาการจราจรติดขัด

หลังจากได้ตำแหน่งของจุดจอดและรถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดและพื้นที่ที่มีค่าความเร็วการจราจรต่ำ จากแบบจำลองครอบคลุม LSCP-TS แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะถูกนำมาทดสอบสมรรถภาพ ด้วยการใช้นิเทศการจำลองสถานการณ์ในการทดสอบ ในงานวิจัยครั้งนี้ได้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเอาแบบจำลองสถานการณ์แบบวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation: DES) มาใช้ในการประเมิน โดยสร้างแบบจำลองที่มีลักษณะคล้ายกับการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉินและได้เพิ่มเงื่อนไขของระยะเวลาที่เกิดจากสภาพการจราจรเข้าไปในระยะเวลาการเดินทางเพื่อเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ โดยการพิจารณาจากข้อมูลความเร็วการจราจรที่ถูกเก็บรวบรวมมาจากรฐานข้อมูลแผนที่ของเว็บไซต์ Google ผลลัพธ์ของการทดสอบสมรรถภาพด้วยแบบจำลองสถานการณ์จะไ้ระยะเวลาการตอบสนองเฉลี่ยของแต่ละผลลัพธ์ ซึ่งในงานวิจัยได้ทำสอบด้วยกันที่ 4 กรณี ประกอบด้วย ที่ช่วงเวลาเร่งด่วน ช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน นอกจากนี้ยังได้ทดสอบกับแบบจำลองครอบครัวที่ไม่ได้พิจารณาสภาพการจราจรด้วย

ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอและแบบจำลองสถานการณ์ของทั้ง 4 กรณี ผลลัพธ์ในเชิงภูมิศาสตร์ ตำแหน่งของจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้จากแบบจำลองครอบครัวที่พิจารณาความเร็วการจราจรมีจำนวนจุดจอตที่ใกล้เคียงกัน แต่มีตำแหน่งที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลาของวันตามสภาพการจราจร อย่างไรก็ตามถึงจำนวนจุดจอตแต่ละช่วงเวลาจะใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันที่จำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ ซึ่งที่ช่วงเวลาเร่งด่วนมีการใช้จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่สูงที่สุดและเมื่อได้นำผลลัพธ์ที่ได้ไปทดสอบสมรรถภาพด้วยแบบจำลองสถานการณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่นำเสนอทั้งช่วงเวลาเร่งด่วน ช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน มีระยะเวลาการตอบสนองที่น้อยกว่าแบบจำลองครอบครัวที่ไม่ได้พิจารณาสภาพการจราจรในการกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉิน

จากข้อมูลที่ได้นำเสนอข้างต้นทำให้เห็นว่าการพิจารณาความเร็วการจราจรจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล มีประโยชน์อย่างมากในการนำมาใช้เพื่อกำหนดจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลาของวัน ซึ่งการจราจรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก เมื่อเทียบกับแบบจำลองครอบครัวที่ไม่ได้พิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพการจราจร แต่อย่างไรในความเป็นจริงสภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลานั้นมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในทางสถิติซึ่งเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยในส่วนนี้ในการนำข้อมูลความเร็วการจราจรมาพิจารณา นอกจากนี้การแบ่งแยกแต่ละช่วงเวลาของวันออกอย่างชัดเจนนั้น ทำให้แบบจำลองครอบครัวที่มีการพิจารณาสภาพการจราจร จำเป็นที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินทุกๆช่วงเวลา ซึ่งทำให้ไม่สอดคล้องกับแนวคิดจากการปรับปรุงแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอตแบบไดนามิก จากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล

ดังนั้นในงานวิจัยส่วนถัดไปจะมีการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของความไม่แน่นอนของการเกิดเหตุการณ์สภาพการจราจรติดขัดในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งการเกิดการจราจรติดขั้้นส่งผลซึ่งกันและกันในแต่ละช่วงของวัน การพิจารณาถึงปัจจัยความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ของการจราจรติดขัดในแต่ละช่วงเวลา สำหรับกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตรถพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิก ด้วยข้อมูลจากแหล่งแบบทันกาล จะทำให้เมื่อเกิดเหตุการณ์การเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติที่ถูกตรวจจับได้จากระบบเฝ้าระวังด้วยการแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉิน และมีความจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนจุดจอต ตำแหน่งและจุดจอตของรถพยาบาลฉุกเฉินใหม่ที่ได้ จะสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพการจราจรตลอดทั้งวันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# การปรับสมดุลของจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน ตามความน่าจะเป็นของสภาพการจราจรบนพื้นที่

ปรากฏการณ์การจราจรติดขัด (traffic congestion phenomenon) เป็นปัญหาเชิงพื้นที่ที่พบได้ทั่วไปในระบบเครือข่ายเส้นถนน ซึ่งทำให้สภาพการจราจรและสมรรถนะของการเดินทางลดลง โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุจากการเกิดอุบัติเหตุ เหตุการณ์สำคัญต่างๆ การปิดช่องทางการจราจร และเกิดจากมีความต้องการใช้ถนนที่มากเกินไป นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติ

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสภาพการจราจรติดขัด พบว่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์การจราจรติดขัด มีความสัมพันธ์ในแต่ละช่วงเวลา จากเหตุการณ์การจราจรติดขัดในช่วงเวลาก่อนหน้านี้จะส่งผลมาถึงสภาพการจราจรติดขัดในปัจจุบัน ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่มีความเฉพาะของเหตุการณ์ ดังนั้นการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัด เพื่อการกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินตลอดวัน ควรมีการพิจารณาถึงปรากฏการณ์นี้

ดังนั้นในงานวิจัยส่วนนี้จะนำเสนอการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อมีการพิจารณาสภาพการจราจรจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล ด้วยวิธีการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ เพื่อการพัฒนาการปรับสมดุลของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพการจราจรติดขัดตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงาน และมีระดับการให้บริการในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งในงานวิจัยส่วนนี้สามารถแบ่งหัวข้อของงานวิจัยได้ 3 ส่วน ประกอบด้วย

### 5.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

5.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด จาก Google Map

5.1.2 แบบจำลองปัญหาการจราจรติดขัด ด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ

5.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมกับความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจร

5.1.4 เงื่อนไขการปรับสมดุลของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

### 5.2 ผลการศึกษา

5.2.1 ผลการศึกษาความน่าจะเป็นที่จะเกิดสภาพการจราจรติดขัด

5.2.2 ผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน ตามระดับการให้บริการ

5.2.3 ผลการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุมความน่าจะเป็นในการเกิดการจราจรติดขัด

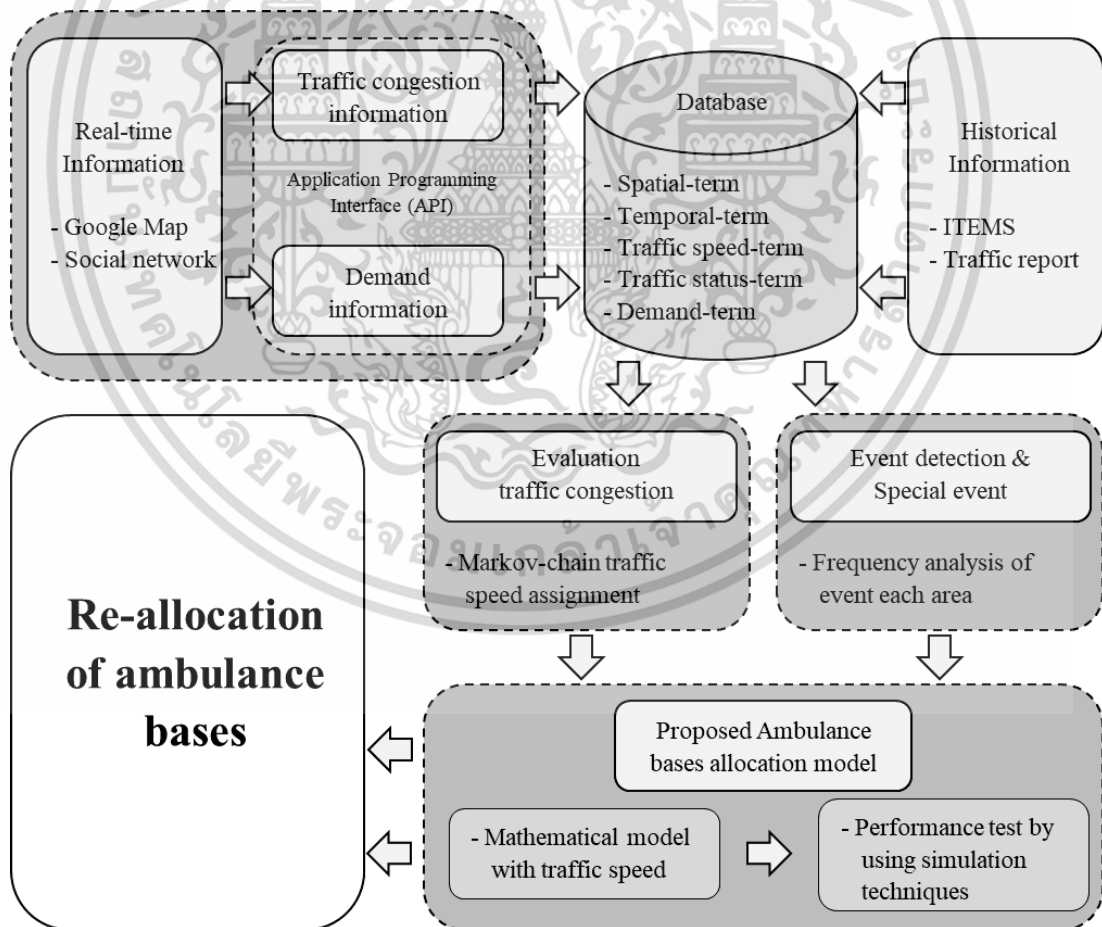
5.3 สรุปผลการศึกษาความเร็วการจราจรกับการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

ซึ่งรายละเอียดของแต่ละหัวข้อสามารถอธิบายดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำข้อมูลความเร็วของการจราจรบนท้องถนนแบบทันที จากฐานข้อมูลแผนที่ของเว็บไซต์ Google (Google map web service) เพื่อกำหนดความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นเหตุการณ์สภาพการจราจรติดขัด โดยใช้แนวคิดของห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov-chain concept) เพื่อพัฒนาการปรับสมดุลของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินจากการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินใหม่ ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพการจราจรติดขัด ตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงาน และมีระดับการให้บริการในระดับที่ยอมรับได้ โดยมีภาพรวมของวิธีการที่นำเสนอ ดังรูปที่ 5.1 เมื่อเกิดปัญหาการจราจรติดขัดอย่างรุนแรง ข้อมูลความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่จะถูกเผยแพร่ เช่น เว็บไซต์แผนที่ Google และเครือข่ายสังคมออนไลน์อื่นๆ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาประเมินและวิเคราะห์สถานะของสภาพการจราจรติดขัดของแต่ละพื้นที่ และแต่ละช่วงเวลา ด้วยการประเมินความเร็วของการจราจรด้วยวิธีห่วงโซ่มาร์คอฟ และทำการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินเพื่อความเหมาะสม



รูปที่ 5.1 ภาพรวมของวิธีการที่นำเสนอ สำหรับจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินด้วยข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด

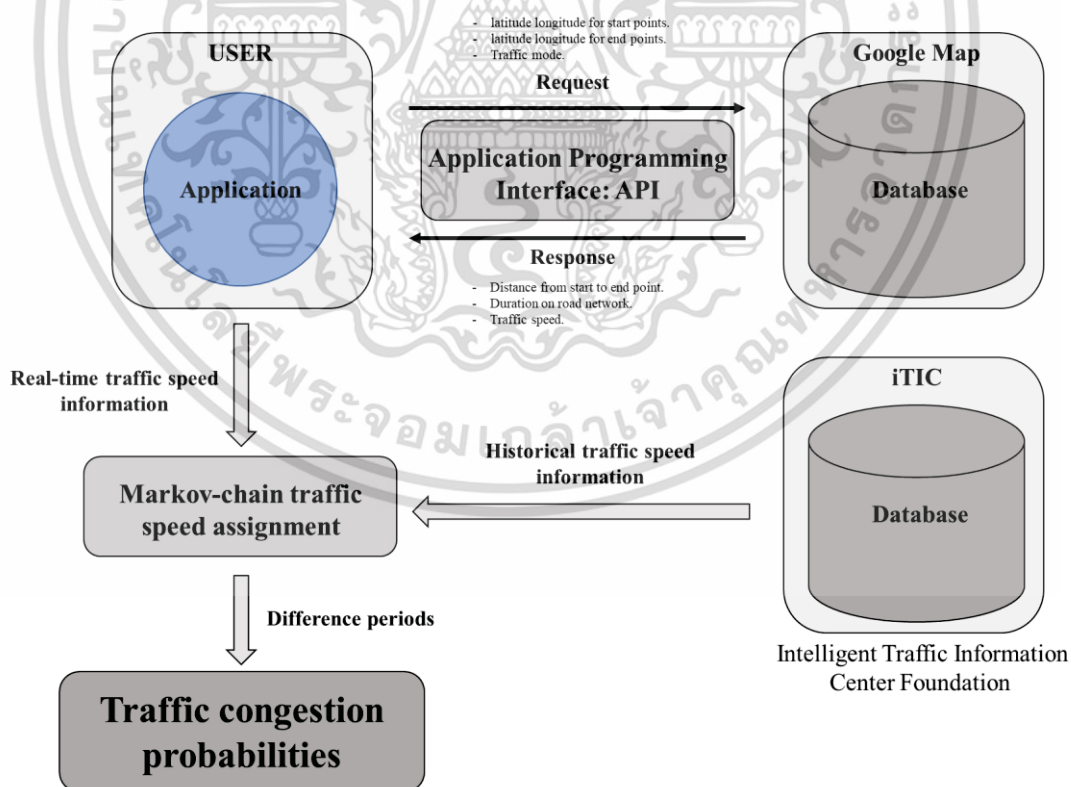
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด เพื่อการประเมินความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์

จากภาพรวมของงานวิจัยที่ได้นำเสนอในรูปที่ 5.1 โดยมีกรอบแนวความคิดในการบูรณาการการใช้ข้อมูล จากแหล่งข้อมูลแบบทันกาล และข้อมูลการเกิดสภาพการจราจรติดขัดในอดีตของแต่ละพื้นที่ สำหรับการปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน

ในส่วนแรกเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็ว แบบทันกาลของการจราจรบนถนนสายหลัก จากฐานข้อมูลแผนที่ของเว็บไซต์ Google ด้วยการใช้ Google map API (<https://cloud.google.com/maps-platform>) ซึ่งเป็นช่องทางการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับ server หรือฐานข้อมูลของ Google map ดังแสดงรูปที่ 5.2 และจากฐานข้อมูลความเร็วการจราจรของมูลนิธิข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (Intelligent Traffic Information Center: iTIC) (<https://iticfoundation.org/th/>) ซึ่งเป็นข้อมูลความเร็วในอดีตที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล

หลังจากนั้นทำการประเมินความเร็วของสภาพการจราจร (กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง) ของแต่ละพื้นที่และทำการประเมินความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัดด้วยการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov-chain traffic speed assignment) เพื่อใช้สำหรับการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน



รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ ข้อมูลความเร็วการจราจรแบบทันกาล และความเร็วการจราจรในอดีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินสภาพการจราจรในงานวิจัยส่วนนี้จะพิจารณาข้อมูลความเร็วการจราจรจาก 2 แหล่งข้อมูล ทั้งข้อมูลแบบทันทีกาล ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อส่งคำสั่งและขอรับข้อมูลจากฐานข้อมูล ด้วยการสร้าง API (Application Programming Interface) มีองค์ประกอบอยู่ด้วยกัน 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนของผู้ใช้งาน (User) และ ส่วนของ Google map (Web service) ดังในงานวิจัยบทที่ 4 สำหรับข้อมูลในอดีต เป็นข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมภายในฐานข้อมูลของมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย ซึ่งเป็นฐานข้อมูลเปิด (open data source) ดังนั้นจึงสามารถขอรับข้อมูลความเร็วการจราจรได้โดยตรง โดยลักษณะของไฟล์ที่เผยแพร่จะเป็นไฟล์ข้อความ (text file) ในฟอร์แมต CSV (Comma Separated Values) แยกออกเป็นข้อมูลความเร็วการจราจร วันละ 1 ไฟล์ (<https://traffic.longdo.com/docs/probedata-format>) โดยมีเนื้อหาดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างข้อมูลความเร็วการจราจร จากฐานข้อมูล iTIC

ลำดับ	รหัสพาหนะ	ความพร้อม GPS	ละติจูด	ลองจิจูด	วันที่/ เวลาที่บันทึก	ความเร็วการจราจร
1	UU/PwZOu3rYshjKQZg/hJaCQbdw	1	13.7672	100.80643	8/11/2019 2:12	79
2	LX2VQSRO+Au4tqC9V8GXPMay0y8	1	13.76701	100.80367	8/11/2019 2:25	49
3	MOQue3Y2NFR8eoX+k4JEr2nGSNI	1	13.76751	100.80687	8/11/2019 2:39	87
4	ch3F3JSaFcntdT7kW52BYxWdhAo	1	13.76685	100.81497	8/11/2019 3:47	20
5	ch3F3JSaFcntdT7kW52BYxWdhAo	1	13.76702	100.8064	8/11/2019 3:50	54
6	ch3F3JSaFcntdT7kW52BYxWdhAo	1	13.76642	100.80559	8/11/2019 4:33	53
7	ch3F3JSaFcntdT7kW52BYxWdhAo	1	13.76638	100.81534	8/11/2019 5:07	28
8	lTuV4DcxhwJYEjyi+ZXPShFCPo	1	13.76798	101.73037	8/11/2019 5:17	105
9	lTuV4DcxhwJYEjyi+ZXPShFCPo	1	13.76706	101.69778	8/11/2019 5:19	108
10	lTuV4DcxhwJYEjyi+ZXPShFCPo	1	13.7667	101.68103	8/11/2019 5:20	107

ข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลความเร็วการจราจร iTIC มีรายละเอียดดังนี้

- ส่วนที่แรก จะเป็นรหัสประจำยานพาหนะ เพื่อระบุยานพาหนะที่ให้ข้อมูลความเร็วการจราจรที่ถูกเก็บข้อมูล ความพร้อมของ GPS ในการระบุตำแหน่ง
- ส่วนที่สอง จะเป็นส่วนการระบุตำแหน่งละติจูด และลองจิจูด ปัจจุบันของพาหนะที่ถูกเก็บข้อมูลความเร็วการจราจร ซึ่งถูกใช้เพื่อการระบุตำแหน่งพื้นที่ของความเร็วการจราจรในงานวิจัยนี้
- ส่วนที่สาม จะเป็นวันที่และเวลา ที่ถูกบันทึกข้อมูล ในงานวิจัยนี้จะใช้เพื่อแยกช่วงเวลาของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้น
- ส่วนที่สี่ จะเป็นความเร็วการจราจร ของยานพาหนะที่ถูกเก็บข้อมูล มีหน่วยเป็น กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเป็นส่วนหลักของการประเมินความเร็วการจราจร

จะเห็นในงานวิจัยส่วนนี้ มีการพิจารณาข้อมูลความเร็วการจราจรในอดีตร่วมในการกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล เนื่องจากการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ จะมีการพิจารณาการเปลี่ยนสถานะของสภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากในอดีต เพื่อประมาณค่าความ

น่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะของสภาพการจราจร อย่างไรก็ตามข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้งานเห็นใบแจ้งประโยชน์ในการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของความเร็วการจราจรยังคงถูกพิจารณาในการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ ซึ่งจะถูกนำเสนอในส่วนถัดไป

### 5.1.2 การประเมินสภาพการจราจรติดขัด ด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ

แนวคิดห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov chain) เป็นกระบวนการแบบสุ่มด้วยคุณสมบัติของมาร์คอฟ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะหนึ่งไปยังสถานะอื่นๆ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (Salman and Alaswad, 2018) ซึ่งสถานะของเหตุการณ์ในอนาคตนั้น ขึ้นอยู่กับสถานะของเหตุการณ์ในปัจจุบัน และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ในแต่ละสถานะขึ้นอยู่กับสถานะก่อนหน้าเท่านั้น ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของวัน ที่สภาพการจราจรปัจจุบันจะส่งผลต่อสภาพการจราจรในช่วงเวลาถัดไป สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

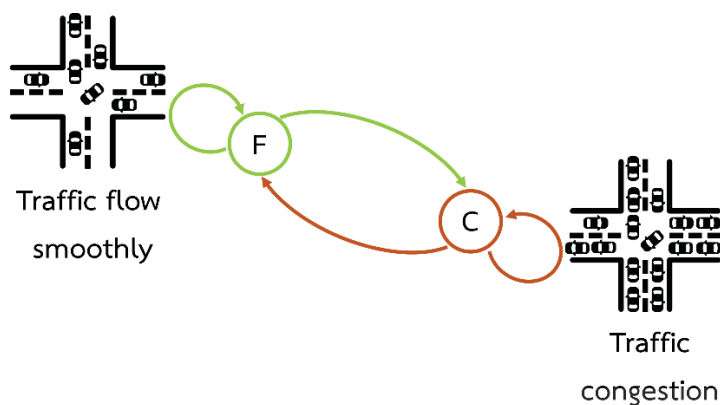
$$P(x_{k+1} = j | x_k = i) = P(x_k = j | x_{k-1} = i) = p_{ij} \quad (5.1)$$

ในแนวคิดของห่วงโซ่มาร์คอฟนั้น การเปลี่ยนสถานะของเหตุการณ์ สามารถถูกกำหนดได้ด้วยเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลง (transition matrix) ซึ่งเป็นเมทริกซ์ที่มีสมาชิกเป็นความน่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลง (transition probability) เป็นเมทริกซ์ที่แสดงถึงโอกาสที่จะมีการเปลี่ยนแปลงของสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งบนช่วงเวลาต่อเนื่องกันหรือติดต่อกัน โดยทั่วไปเมทริกซ์การเปลี่ยนจะอยู่ในรูป  $P = [p_{ij}]$  เมื่อ  $p_{ij}$  คือความน่าจะเป็นของการเคลื่อนที่จากสถานะ  $i$  ไปที่ยังสถานะ  $j$

วิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟถูกใช้บ่อยครั้งในการอธิบายโครงข่าย เช่น โครงข่ายการจราจร นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการแบบดั้งเดิมที่จะใช้ทฤษฎีกราฟ เพื่อแสดงโครงข่ายที่มีลักษณะเดียวกัน โดยกราฟที่ได้นั้นจะแสดงลักษณะของเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลง  $P$  หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเซตของโหนด (node) ที่เชื่อมโยงกันผ่านทางเส้น (edges) โดยที่เส้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ระหว่างสถานะและโหนดที่แสดงถึงสถานะเหล่านั้น นอกเหนือจากนั้นกราฟจะถูกพิจารณาเป็นลักษณะกราฟที่กำหนดทิศทาง เมื่อมีการเชื่อมต่อของเส้นจากโหนด  $i$  ไปยังโหนด  $j$  และ  $p_{ij} \neq 0$  สำหรับโหนดที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

กราฟที่กำหนดทิศทาง (directed graphs) ถูกใช้เพื่ออธิบายปัญหาสภาพการจราจรติดขัด ซึ่งโหนดจะแสดงถึงสถานการณ์การจราจร และเส้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ ระหว่างสถานะการจราจรบนท้องถนนดังแสดงในรูปที่ 5.3 กราฟระบุทิศทางถ่วงน้ำหนัก (directed weighted graph)  $G(O, E, P)$  แสดงถึงสถานการณ์การจราจรติดขัดบนท้องถนน แสดงโดยโหนดของเซต  $O$  เซตของเส้น  $E$  เมทริกซ์ค่าถ่วงน้ำหนัก  $P$  ประกอบด้วยความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง  $p_{ij}$  จากสถานะ  $i$  ถึงสถานะ  $j$  เมื่อ  $0 \leq p_{ij} \leq 1$  ถ้า  $(i, j) \in E$  และนอกเหนือจากนี้  $p_{ij} = 0$  ซึ่งวิธีการเหล่านี้จะถูกใช้เพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสภาพการจราจรติดขัดในแต่ละพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 กราฟที่มีทิศทางของสถานการณ์การจราจร ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่างเหตุการณ์ซึ่งมีสภาพการจราจรไหลลื่น (โหนด F) และเหตุการณ์ซึ่งมีสภาพการจราจรติดขัด (โหนด C)

จากการศึกษาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์สภาพการจราจรติดขัด ด้วยวิธีการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินได้ โดยอาศัยแนวคิดพื้นฐานของการจัดสรรจุดจอดรถฉุกเฉินที่ว่า ในทางปฏิบัติ นั้นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกกำหนดไว้แล้วนั้นไม่ได้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของเหตุการณ์ฉุกเฉินได้ทุกพื้นที่และทุกช่วงเวลา เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินทางไปยังพื้นที่ที่เกิดเหตุของรถพยาบาลฉุกเฉิน เช่น ปัญหาการเกิดการจราจรติดขัด การปิดการจราจร และความพร้อมของยานพาหนะ เป็นต้น

สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ ได้มีการกำหนดว่า ถ้ารถพยาบาลฉุกเฉินสามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุ และสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินได้ จะถูกเรียกว่าจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินนั้น “สามารถเข้าถึง (accessible)” พื้นที่ที่เกิดเหตุได้ นอกเหนือจากนั้นถ้ารถพยาบาลฉุกเฉินเจอกับสภาพการจราจรติดขัด ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุได้ ซึ่งทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินนั้นๆ ได้ จะถูกเรียกว่า “ไม่สามารถเข้าถึง (inaccessible)” พื้นที่ที่เกิดเหตุได้ โดยกำหนดให้  $p$  คือ ความน่าจะเป็นที่จุดจอดรถพยาบาลนั้นๆ จะไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุได้ ซึ่งถือว่าความน่าจะเป็น  $p$  สามารถทราบได้และแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้น จากการประเมินด้วยสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ โดยกำหนดว่า ความน่าจะเป็นในการเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุ  $i$  เป็นอิสระกับความน่าจะเป็นที่จะเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุ  $j$  สำหรับทุก  $i \neq j$  และเพิ่มเติมในส่วนของความน่าจะเป็นในการเข้าถึงพื้นที่  $i$  ช่วงเวลา  $t$  จะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของการเข้าถึงพื้นที่ในเวลาที่  $t - 1$  กล่าวคือความน่าจะเป็นในการเข้าถึงพื้นที่ของช่วงเวลาก่อนหน้า มีผลกับความน่าจะเป็นที่เข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุในปัจจุบัน ในขณะที่วิธีการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินมีข้อจำกัดเกี่ยวกับช่วงเวลาว่า ช่วงเวลาแต่ละช่วงของวันเป็นอิสระต่อกัน ทำให้ความน่าจะเป็นของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นนั้นทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นได้เป็นอิสระต่อกันในแต่ละช่วง ซึ่งขาดความสมเหตุสมผลในประเด็นนี้สำหรับสถานการณ์จริง ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้มีความเป็นจริงมากกว่าสมมุติฐานดั้งเดิม ที่ว่าพื้นที่ความต้องการทั้งหมดสามารถถูกตอบสนองได้ตลอดเวลา เมื่อพิจารณาสภาพการจราจรร่วมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสมมติฐานเหล่านี้ความน่าจะเป็นของพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงได้ สำหรับรถพยาบาลฉุกเฉิน ได้ทุกช่วงเวลา จึงสามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\text{prob} \left( \begin{array}{l} \text{รถพยาบาลฉุกเฉินหนึ่งหรือมากกว่า สามารถเข้าถึงพื้นที่ความต้องการ } i \\ \text{ภายใต้ระยะเวลาเป้าหมายที่ช่วงเวลา } t \end{array} \right) \geq \alpha \quad (5.2)$$

อาร์กิวเมนต์ของความน่าจะเป็นนี้สามารถเขียนได้เป็น  $(1 - q_{i,t}^b)$  โดยที่  $b = \sum_{k=1}^P y_{ik}$  สำหรับเทอมของ  $q_{i,t}^b$  คือความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมพื้นที่  $i$  ทั้งหมด ( $b$ ) ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ ภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดไว้หรือเวลาเป้าหมาย เนื่องจากปัญหาสภาพการจราจรติดขัด ณ ช่วงเวลา  $t$

ดังนั้นในเทอมของ  $(1 - q_{i,t}^b)$  จึงหมายถึงความน่าจะเป็นที่จะมีรถพยาบาลฉุกเฉินหนึ่งหรือมากกว่าสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ ณ ช่วงเวลา  $t$  โดยที่ความน่าจะเป็นของการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุนี้ ถูกจำกัดให้มากกว่าหรือเท่ากับระดับความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้  $\alpha$  จะต้องสำเร็จสำหรับทุกพื้นที่ โดยที่ระดับความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) ความน่าจะเป็นที่จะมีรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งคันสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้โดยไม่เจอปัญหาสภาพการจราจรติดขัด ทำให้สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ เมื่อมีการเรียกรับบริการรถพยาบาลฉุกเฉินจากพื้นที่ใดๆ ซึ่งระดับความเชื่อมั่นนี้เป็นระดับการให้บริการต่ำสุดที่ยอมรับได้ที่รถพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งคันสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ ดังนั้นสามารถเขียนสมการของความน่าจะเป็นนี้ได้ดังนี้

$$\left(1 - q_{i,t}^{\sum_{k=1}^P y_{ik}}\right) \geq \alpha \quad \forall i \in V \quad (5.3)$$

ซึ่งสามารถเขียนในรูปของสมการเส้นตรงได้ดังนี้

$$\sum_{k=1}^P y_{ik} \geq \left\lceil \frac{\log(1 - \alpha)}{\log(q_{i,t})} \right\rceil \quad \forall i \in V \quad (5.4)$$

เมื่อ  $[\mu]$  คือจำนวนเต็มที่เท่ากับหรือไม่น้อยกว่า  $\mu$  เงื่อนไขเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือถูกใช้เพื่ออธิบายการไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ เนื่องจากสภาพปัญหาการจราจรติดขัด สำหรับรถพยาบาลฉุกเฉินภายในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ดังนั้นถ้าเงื่อนไขเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือนำไปใช้บนพื้นที่ความต้อง  $i$  ส่วนของฟังก์ชันของการไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของรถฉุกเฉิน เนื่องจากความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจราจรติดขัด  $q_i$  สามารถเขียนได้ดังนี้

$$q_i = \frac{f_i}{R_i N_i \sum_{k=1}^P y_{ik}} \quad \forall i \in V \quad (5.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $f_i$  ถูกกำหนดให้เป็นความถี่ของจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์สภาพการจราจรติดขัด (ความเร็วการจราจรต่ำกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) บนพื้นที่ความต้องการ  $i$  ในส่วนต่อมาได้มีการสำรวจจำนวนของถนนสายหลักในพื้นที่ความต้องการ  $i$  ซึ่งได้มีการกำหนดไว้เป็น  $R_i$  และจำนวนครั้งของการเก็บข้อมูลบนพื้นที่  $i$  ถูกกำหนดให้เป็น  $N_i$

ดังนั้นจึงสามารถเขียนความสัมพันธ์ของการประเมินสำหรับแนวคิดของการที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุกับเงื่อนไขของความเชื่อมั่นได้ ซึ่งความสำคัญของเทอมที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุได้นั้น จะไม่ถูกกำหนดจนกว่าจะทราบจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ครอบคลุมพื้นที่นั้นๆ  $P$  สามารถอธิบายได้ดังนี้

$$F_i = \frac{f_i}{R_i N_i} \quad \forall i \in V \quad (5.6)$$

ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ โดยที่มีการครอบคลุมพื้นที่ของจุดจุดตรวจฉุกเฉิน จะสามารถเขียนได้

$$q_i = \frac{F_i}{\sum_{k=1}^P y_{ik}} \quad \forall i \in V \quad (5.7)$$

โดยที่  $F_i$  คือความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์สภาพการจราจรติดขัด ซึ่งส่งผลต่อความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุได้

อย่างไรก็ตามในความเป็นจริง จะต้องมีการตระหนักถึงสภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลาของวัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในแต่ละช่วงเวลา การที่จะระบุสภาพการจราจรในปัจจุบันขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรของช่วงเวลาก่อนหน้า ซึ่งส่งผลต่อความน่าจะเป็นในการเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุเช่นกัน ทำให้ลักษณะเหล่านี้สอดคล้องกับคุณสมบัติของห่วงโซ่มาร์คอฟ โดยที่กำหนดให้เซตของสถานะสภาพการจราจร  $S = \{\text{การจราจรราบรื่น, การจราจรติดขัด}\}$  หรือ  $S = \{\text{Smoothness, Congestion}\}$  ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์สภาพการจราจรติดขัดของพื้นที่ความต้องการ  $i$  เมื่อพิจารณา ณ ช่วงเวลาที่  $t$  ของวัน ซึ่งสามารถเขียนเซตของ  $F_{i,t}$  ได้ดังนี้

$$F_{i,t} = \{\text{Smoothness, Congestion}\} \quad \begin{array}{l} \forall i \in V, \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (5.8)$$

ทำให้ความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุได้ เมื่อพิจารณาสภาพการจราจรในปัจจุบันจากสถานะของสภาพการจราจรก่อน สามารถอธิบายได้

$$q_{i,t} = \Pr(F_{i,t} = s_j | F_{i,t-1} = s_i) = \Pr(F_{i,t-1} = s_j | F_{i,t} = s_i) \quad (5.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการข้างต้นยังไม่ได้มีการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา ที่ทำให้ระดับความเชื่อมั่นหรือระดับการให้บริการที่ต้องการ ดังนั้นการปรับสมดุลของจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่สามารถทำให้ความน่าจะเป็นของโอกาสที่ไม่สามารถบริการในพื้นที่เกิดเหตุได้ เมื่อพิจารณาสภาพการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา และสภาพการจราจรในปัจจุบันมีผลต่อสภาพการจราจรในช่วงเวลาถัดไปจึงมีความสำคัญอย่างมากในการช่วงบริการจัดการด้วยการแทนที่  $q_{i,t}$  ลงในสมการที่ (5.3) ซึ่งเป็นสมการเดิมที่มีการพิจารณาระดับความเชื่อมั่นของการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ

$$\left(1 - q_{i,t}^{\sum_{k=1}^P y_{ik}}\right) \geq \alpha \quad \begin{array}{l} \forall i \in V, \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (5.10)$$

หรือสามารถแทนที่  $q_{i,t}$  ในรูปแบบของสมการเส้นตรงจากที่แสดงข้างบน

$$\sum_{k=1}^P y_{ik} \geq \left\lceil \frac{\log(1 - \alpha)}{\log q_{i,t}} \right\rceil \quad \begin{array}{l} \forall i \in V, \\ \forall t = 1, \dots, T \end{array} \quad (5.11)$$

จะเห็นได้ว่าสมการความน่าจะเป็นที่จะมีรถพยาบาลฉุกเฉินหนึ่งหรือมากกว่า สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุที่ได้ใหม่นั้นมีลักษณะคล้ายกับสมการเดิม แต่แตกต่างกันในแง่มุมของการได้มาซึ่งค่าของโอกาสที่รถพยาบาลจะไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้  $q_{i,t}$  ที่มีความสัมพันธ์กันของความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ที่ทำการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ

การประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ จะพิจารณาเหตุการณ์ที่เป็นเวลาไม่ต่อเนื่อง (discrete-time event) สามารถระบุสถานะของเหตุการณ์ได้ชัดเจน (finite-state) และเป็นระบบที่เหมือนกัน (homogeneous) โดยทั่วไปเมทริกซ์การเปลี่ยนจะอยู่ในรูป  $P = [p_{ij}]$  เมื่อ  $p_{ij}$  คือความน่าจะเป็นของการเคลื่อนที่จากสถานะ  $i$  ไปที่สถานะ  $j$  ห่วงโซ่มาร์คอฟที่ศึกษาจะต้องมีลักษณะเป็นแบบไม่สามารถวัดได้ (irreducible) คือถ้ามีความน่าจะเป็นที่จะไปได้จากทุกสถานะไปยังทุกสถานะ และจะต้องมีรูปแบบเป็นระยะ (periodic) ถ้าการกลับคืนใดๆ ของสถานะจะต้องเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ ดังนั้นเมื่อห่วงโซ่มาร์คอฟที่ศึกษามีลักษณะทั้งแบบไม่สามารถวัดได้และมีรูปแบบเป็นระยะ ห่วงโซ่ดังกล่าวจะถูกเรียกว่า ห่วงโซ่มาร์คอฟแบบเออร์годิก (ergodic markov chain) (Salman and Alaswad, 2018)

ดังนั้นจากทฤษฎีบทที่ว่า เมื่อ  $P$  เป็นเมทริกซ์การเปลี่ยนของห่วงโซ่มาร์คอฟ และ  $u$  เป็นเวกเตอร์ความน่าจะเป็น (probability vector) ซึ่งแสดงการกระจายตัวเริ่มต้น (starting distribution) แล้วความน่าจะเป็นที่การเปลี่ยนแปลงในสถานะ  $s_i$  หลังจากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาไป  $n$  ช่วง คือ ลำดับที่  $i$  ของเวกเตอร์ความน่าจะเป็น (Grinstead and Snell, 2012)

$$u^{(n)} = uP^n \quad (5.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีบทที่ได้กล่าวไปนั้น เมื่อทำการแทนที่ด้วยความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์สภาพจราจรติดขัด เมื่อเวลาผ่านไป  $t$  ช่วง จะได้ดังนี้

$$F_{i,t} = F_i P^t \quad (5.13)$$

$$F_{i,t} = [1 - F_i \quad F_i] \cdot \begin{pmatrix} \text{smoothness} & \text{congestion} \\ \text{congestion} & \begin{bmatrix} 1-a & a \\ b & 1-b \end{bmatrix} \end{pmatrix}^t \quad (5.14)$$

ซึ่ง  $F_{i,t}$  ที่ได้จะถูกใช้เพื่อประมาณค่าความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งเกิดจากข้อมูลความเร็วการจราจร 2 ส่วนในการประเมินประกอบด้วย ข้อมูลความเร็วการจราจรในอดีต ซึ่งจะถูกนำมาสร้างเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลง  $P^t$  และ ข้อมูลความเร็วการจราจรในปัจจุบัน  $F_i$  ซึ่งจะถูกใช้ในการประเมินความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ เนื่องจากสภาพการจราจรติดขัดสูง  $q_{i,t}$  เพื่อใช้ในการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาการปรับสมดุลของจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสมต่อไป

สำหรับวิธีการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลที่นำเสนอขึ้น จะพิจารณาความน่าจะเป็นในการเกิดปัญหาสภาพการจราจรติดขัด จากการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ ลงบนแบบจำลองครอบคลุม โดยการเพิ่มเงื่อนไขที่จะทำการหาคำตอบ สองเงื่อนไข เพื่อทำการปรับสมดุลจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินและจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาของวัน นอกจากนี้ยังได้มีการเพิ่มเงื่อนไขของการบังคับเลือกพื้นที่ เพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับเปลี่ยนและกำหนดจุดจอดของเจ้าหน้าที่ได้ ซึ่งแบบจำลองที่นำเสนอจะถูกเรียกว่า แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมการเข้าถึงจุดเกิดเหตุสูงสุดด้วยความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัด (Maximal Accessible Covering Location Problem with Traffic congestion probability: MACLP-TP) ซึ่งจะนำเสนอในส่วนต่อไป

### 5.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมกับความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจร

สำหรับแบบจำลองการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ทำการนำเสนอขึ้น หรือที่ถูกรเรียกว่า แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมการเข้าถึงจุดเกิดเหตุสูงสุดด้วยความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัด (MACLP-TP) โดยมีสมมุติฐานหลัก คือ ทุกพื้นที่ที่มีความพร้อมที่จะเป็นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน และสามารถถูกกำหนดเป็นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินได้ แต่ละจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินสามารถ และสภาพการจราจรแต่ละช่วงของวันไม่เป็นอิสระต่อกัน นอกจากนี้การประเมินความน่าจะเป็นของสภาพการจราจรติดขัด ใช้วิธีการของห่วงโซ่มาร์คอฟในการประเมินความน่าจะเป็นในแต่ละช่วงเวลาของวันที่มีอิทธิพลซึ่งกันและกัน เพื่อทำการจัดสรรจุดจอดและจำนวนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถพยาบาลฉุกเฉินที่เหมาะสม ที่เกิดความสมดุลกันในแต่ละช่วงเวลาของวัน เพราะฉะนั้นแบบจำลองครอบคลุมที่นำเสนอ นั้น จะถูกกำหนดเพียงครั้งเดียวต่อวัน หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเงื่อนไขบังคับเลือกพื้นที่

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมที่นำเสนอ นั้น เป็นการขยายเพิ่มเติมมาจากงานวิจัยของ (Nilsang et al., 2018, 2019) ซึ่งยังคงมีการกำหนดพื้นที่บังคับเลือกที่เกิดจากเหตุการณ์ภัยพิบัติหรือการจัดงานระดับชาติ ได้ โดยมีรายละเอียดของพารามิเตอร์และตัวแปรที่เพิ่มเติมจากแบบจำลองครอบคลุม ดังต่อไปนี้

เซต (Set):

$V$  : เซตของจุดความต้องการ  $\{1, \dots, D\}$

$W$  : เซตของตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $\{1, \dots, P\}$

$W_i$  : เซตของตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ซึ่งครอบคลุมจุดความต้องการ  $i$  ภายในระยะมาตรฐาน  $r$ ,  $\{j \in W_i | L_{ij} \leq r\}$

ดัชนี (Indices):

$i$  : ดัชนีของจุดความต้องการ  $i \in V$

$j$  : ดัชนีของตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้  $j \in W$

พารามิเตอร์ (Parameters):

$L_{ij}$  : ระยะทางจากจุดความต้องการ  $i$  ไปยังจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน  $j$

$r$  : เกณฑ์ระยะทางมาตรฐาน สำหรับจุดความต้องการที่พิจารณาว่าถูกครอบคลุม

$D$  : จำนวนของจุดความต้องการทั้งหมด

$d_i$  : ขนาดจำนวนของจุดความต้องการ  $i$

$P$  : จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินทั้งหมดที่เป็นไปได้ทั้งหมด

$q_{i,t}$  : ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจราจรติดขัด (ความเร็วการจราจรต่ำกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) บนจุดความต้องการ  $i$  ณ ช่วงเวลา  $t$

$\alpha$  : ระดับความเชื่อมั่นหรือระดับการให้บริการที่ยอมรับได้ของรถพยาบาลฉุกเฉิน

$\beta_j$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าพื้นที่จุดจอด } j \text{ ถูกบังคับเลือกให้เป็นจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน} \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables):

$x_j$  : จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกจัดสรรบนจุดจอด  $j$

$y_{ik}$  :  $\begin{cases} 1 & \text{ถ้าจุดความต้องการ } i \text{ ถูกครอบคลุมโดยรถพยาบาลฉุกเฉิน คันที่ } k \\ & \text{อย่างน้อยหนึ่งคัน} \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง คือ จำนวนจุดความต้องการที่มากที่สุด ที่ถูกรอบคลุมโดยจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ สมการวัตถุประสงค์แสดงดังต่อไปนี้:

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i \in V} \sum_{k=1}^P d_i y_{ik} \quad (5.15)$$

### ฟังก์ชันเงื่อนไข

จุดความต้องการต้องถูกรอบคลุมโดยจุดจอตหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่ง:

เงื่อนไขที่ (5.16) เพื่อให้แน่ใจว่า จุดความต้องการที่  $i$  ถูกรอบคลุมโดยรพยาบาลฉุกเฉิน  $k$  อย่างน้อยหนึ่งหรือมากกว่าผลรวมของจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน  $j$  ที่ถูกกำหนดภายในระยะมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้  $r$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j \in W_i} x_j \geq \sum_{k=1}^P y_{ik} \quad \forall i \in V \quad (5.16)$$

ผลรวมของจุดจอตฉุกเฉินที่เป็นไปได้:

เงื่อนไขที่ (5.17) เพื่อให้แน่ใจว่า ผลรวมของจุดจอตฉุกเฉินที่เป็นไปได้ต้องน้อยกว่าจำนวนจุดจอตรพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้สูงสุด  $P$

$$\sum_{j \in W} x_j \geq P \quad (5.17)$$

การบังคับเลือกพื้นที่สำคัญ:

เงื่อนไขที่ (5.18) เพื่อให้แน่ใจว่า จุดจอตรพยาบาลฉุกเฉิน  $j$  จะถูกบังคับเลือก เนื่องจากเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือเหตุการณ์ภัยพิบัติเพิ่มขึ้น

$$\beta_j \leq x_j \quad j \in W \quad (5.18)$$

การปรับสมดุลของรพยาบาลฉุกเฉินระหว่างช่วงเวลา โดยการใช้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจจรตติต:

เงื่อนไขที่ (5.19) เป็นเงื่อนไขที่ได้นำเสนอเข้าไปยังแบบจำลองครอบคลุม ซึ่งพิจารณาจากความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินของแต่ละช่วงเวลา จากการประเมินสภาพจจรตด้วยวิธีมาร์คอฟ เพื่อเป็นการปรับสมดุลของจุดจอตรพยาบาลและจำนวนรพยาบาลฉุกเฉิน

$$1 - q_{i,t}^{\sum_{k=1}^P y_{ik}} \geq \alpha \quad \forall i \in V, \quad \forall t = 1, \dots, T \quad (5.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญให้เินำไปประยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรตัดสินใจ:

เงื่อนไขที่ (5.20) และ (5.21) เป็นตัวแปรตัดสินใจ โดยที่ตัวแปรตัดสินใจ  $x_j$  จะมีลักษณะเป็นแบบจำนวนเต็มบวก แต่ตัวแปรตัดสินใจ  $y_{ik}$  ยังคงมีลักษณะเป็นแบบไบนารี

$$x_j \text{ Integer} \quad j \in W \quad (5.20)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\} \quad i \in V, k = 1, \dots, P \quad (5.21)$$

#### 5.1.4 เงื่อนไขการปรับสมดุลของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉิน

แบบจำลองความน่าจะเป็นของแบบจำลองครอบคลุมได้ถูกพัฒนาเพื่อให้สามารถประเมินสภาพการจราจรที่เกิดด้วยสถานการณ์ในชีวิตจริง อย่างไรก็ตามแบบจำลองความน่าจะเป็นของแบบจำลองครอบคลุมโดยทั่วไป อ้างอิงถึงแบบจำลองการกำหนดจุดจอดที่ใช้ค่าความคาดหวังของการครอบคลุมเป็นหลัก ซึ่งการพิจารณาเพียงแค่นี้ก็ขึ้นความพร้อมในการบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินเพียงอย่างเดียว นั่นไม่เพียงพอที่จะตอบสนองต่อการเรียกรับบริการฉุกเฉินได้ (Belanger et al., 2015)

ในทางปฏิบัติแล้วหนึ่งพื้นที่ของความต้องการจะต้องถูกครอบคลุมโดยอย่างน้อยหนึ่งจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อบริการต่อความต้องการทั้งในกรณีที่มีการเรียกครั้งเดียวและการเรียกใช้จำนวนมาก ซึ่งการบริการหรือตอบสนองต่อการเรียกใช้แต่ละครั้งนั้นมีการแทรกแซงของปัจจัยอื่นๆ มากมาย เช่น สภาพการจราจรติดขัด การเคลื่อนตัวของประชากรในแต่ละช่วงของวัน เหตุการณ์สำคัญต่างๆ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนแต่ส่งผลให้ระยะเวลาในการตอบสนองของรถพยาบาลฉุกเฉินสูงกว่าที่ต้องการ ในบางครั้งก็อาจส่งผลทำให้รถพยาบาลไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุได้ ด้วยเหตุผลเหล่านี้นำมาสู่วิธีการที่ถูกลำเสนอในครั้งนี้ โดยการพิจารณาเพิ่มเติมถึงความไม่แน่นอนเกี่ยวกับการเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินของรถพยาบาลฉุกเฉิน (ปัจจัยสภาพการจราจรติดขัดบนท้องถนน) นอกจากนี้ยังได้มีการพยายามที่จะลดจำนวนการย้ายจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน เมื่อมีการพิจารณาสภาพการจราจรเข้าไปอีกด้วย

การบูรณาการที่นำเสนอเป็นการพัฒนามาจากแบบจำลองครอบคลุมของปัญหาการกำหนดจุดจอดที่ครอบคลุมสูงสุด (MCLP) ซึ่งเป็นแบบจำลองครอบคลุมพื้นฐานที่ถูกใช้มาอย่างยาวนาน โดยการเพิ่มความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์จราจรติดขัด และทำให้มีการพิจารณาเหตุการณ์ที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุได้ นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาข้อมูลความต้องการจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีสำหรับการบังคับเลือกพื้นที่ที่มีความสำคัญ เพื่อให้แบบจำลองครอบคลุมที่ได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ในจริงของการปฏิบัติงานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนจุดจอดในแต่ละช่วงเวลาของวัน เพื่อให้เข้ากับการตอบสนองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

อย่างไรก็ดีการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบไดนามิกนั้น การเปลี่ยนตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละครั้ง ไม่ได้มีการคำนึงถึงกรณีที่ว่าในช่วงเวลาถัดไปอาจมีการปรับเปลี่ยนเกิดขึ้นอีกครั้ง เนื่องจากสภาพการจราจรบนท้องถนนที่เปลี่ยนไปทำให้รถพยาบาลฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้ กรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินได้ ซึ่งการปรับเปลี่ยนบ่อยครั้งยังส่งผลกระทบต่อภาระงานของพนักงานขับรถพยาบาลที่เพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมการเข้าถึงจุดเกิดเหตุสูงสุดด้วยความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัด (MACLP-TP) เพื่อจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่คำนึงถึงความสมดุลกันของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา ตลอดการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม MACLP-TP ที่นำเสนอ ได้มีการเพิ่มเงื่อนไขของการปรับสมดุลระหว่างจุดจอดพยาบาลฉุกเฉินและจำนวนรถของแต่ละจุดจอดในแต่ละช่วงเวลาของวัน เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพการจราจรติดขัดที่เปลี่ยนแปลง และความต้องการที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวสามารถถูกนำมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนจุดจอดของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ฉุกเฉิน หรือเมื่อมีการเฝ้าระวังของข้อมูลที่เป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินเพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินเหล่านั้น และยังสามารถตอบสนองต่อสภาพการจราจรที่จะเปลี่ยนแปลงได้ไปในเวลาถัดไปได้ (ช่วงเวลาทั่วไปและช่วงเวลาเร่งด่วน) ดังนั้นเงื่อนไขที่ถูกเพิ่มเข้าไปยังแบบจำลองครอบคลุมจึงมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการบริหารจัดการจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาล ทั้งในระดับยุทธวิธีและระดับปฏิบัติการของบุคลากรทางการแพทย์ฉุกเฉิน

การจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินด้วยแบบจำลองครอบคลุมที่นำเสนอ มีการนำเข้าสู่ข้อมูลสภาพการจราจรโดยการใช้ข้อมูลของความเร็วยานพาหนะบนท้องถนนมาใช้เพื่อประเมินความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์การจราจรติดขัด ซึ่งได้พิจารณาความเร็วการจราจรที่ต่ำกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นการเกิดเหตุการณ์การจราจรติดขัด และได้มีการประเมินความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจราจรติดขัดจากสภาพการจราจรจากช่วงเวลาก่อนหน้าและสภาพการจราจรที่จะมีผลต่อช่วงเวลาถัดไป โดยใช้การประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ ที่มีประโยชน์อย่างมากในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่คำนึงถึงความสมดุลของจุดจอดและจำนวนรถ นอกเหนือจากนี้ยังได้มีการนำเอาเงื่อนไขการบังคับเลือกพื้นที่ เนื่องจากความผิดปกติของปริมาณความต้องการฉุกเฉินในพื้นที่หรือการเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบบริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งวิธีการที่นำเสนอเหล่านี้ทำให้เกิดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลาของวันได้

## 5.2 ผลการศึกษา

### 5.2.1 ผลการศึกษาความน่าจะเป็นที่จะเกิดสภาพการจราจรติดขัด

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการแบ่งพื้นที่ของกรุงเทพมหานครออกเป็น 56 พื้นที่ ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 36 ตารางกิโลเมตร (6x6 กิโลเมตร) แต่ละพื้นที่จะถูกระบุด้วยตัวเลขจากด้านบนซ้ายของแผนที่ ไปยังด้านล่างขวาของแผนที่ ซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่ความต้องการที่มีขนาดเต็มจำนวน 44 พื้นที่ และอีกเหลืออีก 12 พื้นที่ที่มีเพียงบางส่วนของพื้นที่รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เนื่องจากการประเมินสภาพการจราจรในงานวิจัยส่วนนี้จะพิจารณาข้อมูลความเร็วการจราจรจาก 2 แหล่งข้อมูล ทั้งข้อมูลความเร็วการจราจรจากแหล่งข้อมูลแบบทันที และข้อมูลความเร็วการจราจรจากข้อมูลในอดีต โดยข้อมูลความเร็วการจราจรจากข้อมูลในอดีตจะมีการพิจารณาความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของสภาพการจราจรของ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาทั่วไปหรือช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลาเร่ง ในแต่ละพื้นที่

ซึ่งจะมีการพิจารณาความน่าจะเป็นด้วย 2 สถานะของการเปลี่ยนแปลงสภาพการจราจร ประกอบไปด้วย ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรราบรื่น (ความเร็วการจราจรมากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ไปยังสภาพการจราจรติดขัด และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรติดขัดไปยังสภาพการจราจรราบรื่นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ทั้ง 56 พื้นที่ที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 5.2 ซึ่งเป็นเก็บข้อมูลความเร็วการจราจรในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 เพื่อนำไปประเมินสภาพการจราจรติดขัดด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ ร่วมกับข้อมูลความเร็วการจราจรในปัจจุบัน ทำให้สามารถพิจารณาสภาพการจราจรที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาถัดไปได้ และจะนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการเกิดเหตุการณ์การจราจรติดขัด ไปพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เกิดเหตุได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด ที่จะใช้ในการกำหนดตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยแบบจำลอง MACLP-TP

ตารางที่ 5.2 ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะสภาพการจราจร ของแต่ละพื้นที่

หมายเลข พื้นที่	ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยน สถานะของสภาพการจราจร		หมายเลข พื้นที่	ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยน สถานะของสภาพการจราจร	
	ราบริน เป็น ติดขัด	ติดขัด เป็น ราบริน		ราบริน เป็น ติดขัด	ติดขัด เป็น ราบริน
1	0.76	0.13	29	0.27	0.56
2	0.99	0.02	30	0.86	0.18
3	0.50	0.50	31	0.74	0.09
4	0.18	0.99	32	0.93	0.05
5	0.95	0.02	33	0.99	0.04
6	0.99	0.04	34	0.93	0.22
7	0.65	0.23	35	0.99	0.02
8	0.18	0.99	36	0.97	0.02
9	0.19	0.63	37	0.92	0.06
10	0.99	0.03	38	0.98	0.08
11	0.19	0.98	39	0.36	0.60
12	0.90	0.04	40	0.18	0.99
13	0.91	0.05	41	0.19	0.95
14	0.90	0.07	42	0.97	0.04
15	0.75	0.03	43	0.95	0.02
16	0.91	0.06	44	0.92	0.05
17	0.92	0.08	45	0.17	0.96
18	0.95	0.07	46	0.79	0.22
19	0.91	0.03	47	0.14	0.92
20	0.98	0.03	48	0.65	0.31
21	0.62	0.43	49	0.26	0.82
22	0.60	0.45	50	0.21	0.70
23	0.98	0.02	51	0.15	0.91
24	0.97	0.04	52	0.02	0.93
25	0.95	0.07	53	0.04	0.90
26	0.95	0.06	54	0.50	0.50
27	0.97	0.09	55	0.08	0.94
28	0.94	0.05	56	0.95	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวมไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บข้อมูลจากฐานข้อมูลความเร็วการจราจรในอดีตจากฐานข้อมูล iTIC ดังแสดงในตารางที่ 5.2 เพื่อพิจารณาความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะสภาพการจราจร ของแต่ละพื้นที่ ทั้งการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรราบริ้น (ความเร็วการจราจรมากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ไปยังสภาพการจราจรติดขัด และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรติดขัดไปยังสภาพการจราจรราบริ้น ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร จากแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลากลางวัน ช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลากลางคืน จากการเก็บข้อมูลระยะเวลา 1 เดือน ช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 จะเห็นได้ว่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะสภาพการจราจรในพื้นที่กรุงเทพฯ ส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรราบริ้นเป็นการจราจรติดขัด ดังเช่นตัวอย่าง พื้นที่หมายเลข 27 มีความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรราบริ้นไปการจราจรติดขัดที่ 0.97 แต่ความที่น่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนแปลงสถานะของสภาพการจราจรกลับ (ติดขัด เป็น ราบริ้น) มีโอกาสเพียง 0.09 สามารถอธิบายได้ว่า พื้นที่กรุงเทพมหานครโดยส่วนใหญ่มีโอกาสที่จะเป็นพื้นที่ที่มีสภาพการจราจรติดขัดสูงในช่วงเวลาปัจจุบัน และมีโอกาสน้อยที่จะเปลี่ยนสภาพการจราจรเป็นการจราจรราบริ้นในช่วงเวลาถัดไป

					1	2			3	4	
					0.45	0.74			0.10	0.10	
				5	6	7	8	9	10	11	
				0.70	0.68	0.42	0.22	0.47	0.72	0.19	
				12	13	14	15	16	17	18	19
				0.53	0.81	0.58	0.54	0.77	0.51	0.73	0.73
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0.56	0.50	0.39	0.80	0.80	0.65	0.70	0.74	0.74	0.45	0.45	0.75
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
0.81	0.77	0.43	0.80	0.53	0.56	0.57	0.21	0.20	0.22	0.67	
43	44	45	46	47	48	49	50				
0.66	0.71	0.15	0.46	0.17	0.40	0.39	0.65				
	51	52	53								
	0.20	0.10	0.12								
	54	55									
	0.10	0.67									
		56									
		0.67									

รูปที่ 5.4 พื้นที่กรุงเทพมหานครที่ถูกแบ่งออกเป็น 56 พื้นที่ พร้อมด้วยข้อมูลความน่าจะเป็นที่จะเกิดสภาพการจราจรติดขัด เมื่อพิจารณาความเร็วที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

นอกจากนี้ในงานวิจัยครั้งนี้ ยังมีการพิจารณาข้อมูลความเร็วการจราจร จากแหล่งข้อมูลแบบทันทีของฐานข้อมูลแผนที่ Google map โดยการพิจารณาความน่าจะเป็นที่ความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาปัจจุบัน ซึ่งจะได้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์สภาพการจราจรติดขัด (ความเร็วการจราจรน้อยกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ในช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน ดังแสดงในรูปที่ 5.4 จากผลการเก็บข้อมูลความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจราจรติดขัดในช่วงเวลาปัจจุบัน สามารถแบ่งได้ 3 ช่วงของความน่าจะเป็น ได้แก่ พื้นที่สีเขียว เป็นพื้นที่ที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์การจราจรเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดขัดน้อย โดยมีโอกาสน้อยกว่า 0.40 ของเหตุการณ์ทั้งหมด ต่อมาพื้นที่สีส้ม เป็นพื้นที่ที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์การจราจรติดขัดปานกลาง โดยมีโอกาสอยู่ในช่วง 0.40 ถึง 0.65 ของเหตุการณ์ทั้งหมด และสุดท้ายที่พื้นที่สีแดง เป็นพื้นที่ที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์การจราจรติดขัดสูง ซึ่งเป็นพื้นที่โดยส่วนใหญ่ของกรุงเทพฯ มีโอกาสการเกิดเหตุการณ์สภาพการจราจรติดขัดสูงกว่า 0.65 ของเหตุการณ์ทั้งหมดในพื้นที่นั้นๆ

หลังจากที่ได้ข้อมูลทั้งข้อมูลสถานะปัจจุบัน  $F_{i,t}$  (ความน่าจะเป็นที่ความเร็วการจราจรที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาปัจจุบัน) และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะ  $P = [p_{ij}]$  (ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรราบรื่น ไปยังสภาพการจราจรติดขัด และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรติดขัดไปยังสภาพการจราจรราบรื่น) นำข้อมูลทั้ง 2 พิจารณาคำนวณความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ในช่วงเวลาถัดไป เนื่องจากปัญหาสภาพการจราจรติดขัดในช่วงเวลาปัจจุบัน ( $q_{i,t+1}$ ) ที่มีความสัมพันธ์กันของความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ด้วยการประเมินสภาพจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ ส่วนมาทำการประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ ดังสมการที่ (5.14) ดังต่อไปนี้

$$q_{i,t+1} = [1 - F_{i,t} \quad F_{i,t}] \cdot \begin{pmatrix} \text{smoothness} & \text{congestion} \\ \text{congestion} & \begin{bmatrix} 1-a & a \\ b & 1-b \end{bmatrix} \end{pmatrix}^t$$

โดยจะยกตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ในเวลาถัดไปหนึ่งช่วงเวลา ของพื้นที่หมายเลข 27

$$q_{27,1} = [0.26 \quad 0.74] \cdot \begin{pmatrix} \text{smoothness} & \text{congestion} \\ \text{congestion} & \begin{bmatrix} 0.03 & 0.97 \\ 0.09 & 0.91 \end{bmatrix} \end{pmatrix}^1$$

$$q_{27,1} = [0.0744 \quad 0.9256]$$

ความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ในเวลาถัดไปหนึ่งช่วงเวลา ของพื้นที่ตัวอย่างหมายเลข 27 จะได้ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.9256 ที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะไม่สามารถเข้าพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินได้ เนื่องจากสภาพการจราจรติดขัด จากนั้นทำการคำนวณความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของพื้นที่ทั้ง 56 พื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปใช้ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมที่ถูกรวบรวมในครั้งนี้อย่างไรก็ตาม แบบจำลองครอบคลุม MACLP-TP โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นตำแหน่งจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉิน พร้อมทั้งจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละจุดจอด ที่สามารถตอบสนองได้ตลอดการปฏิบัติงานของวัน โดย

แบบจำลอง MACLP จะมีการพิจารณาระดับการให้บริการที่คาดหวัง ซึ่งจะถูกนำเสนอในส่วนถัดไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2.2 ผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ ของตำแหน่งและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน ตามระดับการให้บริการ

หลังจากทำการแบ่งพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาออกเป็น 56 พื้นที่ ได้นำเอาวิธีการที่นำเสนอซึ่งเป็นการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัดมาใช้ในการกำหนดจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินและตำแหน่งของจุดจอดเหล่านั้น การประเมินสภาพการจราจรด้วยวิธีการห้วงโซมาร์คอฟ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ด้วยวิธีการที่นำเสนอพร้อมทั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม MACLP-TP จากนั้นได้มาการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับตำแหน่งของจุดจอดและจุดจอดที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งประเมินระยะเวลาในการตอบสนองที่เกิดขึ้นจากสภาพการจราจร มีความไม่แน่นอน เมื่อมีระดับการให้บริการที่แตกต่างกัน ( $\alpha = 0.50, 0.70$  และ  $0.90$  ตามลำดับ)

สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆที่ถูกกำหนดลงในแบบจำลองครอบคลุม MACLP-TP นั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ จำนวนของจุดจรถพยาบาลฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ( $P$ ) มีจำนวน 50 จุดจอดที่เป็นไปได้ พื้นที่บังคับเลือกได้แก่พื้นที่หมายเลข 27 และกำหนดให้ทุกพื้นที่ของกรุงเทพมหานครสามารถกำหนดจุดจรถพยาบาลฉุกเฉินได้

นอกเหนือจากนี้สภาพการจราจรแต่ละช่วงเวลาของวันนั้นมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ตามความเร่งด่วนและการใช้รถบนท้องถนน อย่างไรก็ตามสภาพการจราจรแต่ละช่วงเวลาของวันนั้นมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้แบ่งช่วงเวลาทำการศึกษาออกเป็น 2 ช่วงเวลาหลักที่พบเจอบ่อยครั้ง ได้แก่ ช่วงเวลากลางวัน (daytime period) กำหนดให้เป็นช่วงเวลาประมาณ 9 นาฬิกา ถึง 12 นาฬิกา และช่วงเวลาเร่งด่วน (rush hour period) กำหนดให้เป็นช่วงเวลาประมาณ 15 นาฬิกา ถึง 18 นาฬิกาของแต่ละวัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน หลังจากที่ได้ผลลัพธ์ด้วยแบบจำลอง MACLP-TP แล้วจะได้จำนวนทรัพยากรของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ที่  $x_j$  ซึ่งผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองที่นำเสนอ ดังแสดงในตารางที่ 5.3 โดยจะแสดงทั้ง ตำแหน่งจุดจอด จำนวนของจุดจอด และจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ ที่ระดับการให้บริการที่แตกต่างกัน ( $\alpha$ )

ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองที่นำเสนอและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยแบบจำลองครอบคลุม MACLP-TP ที่ระดับการให้บริการ ( $\alpha$ ) ที่ระดับ 0.50, 0.70, และ 0.90 ตามลำดับ ทั้ง 3 ระดับการให้บริการมีจำนวนจุดจรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใกล้เคียงกัน เฉลี่ยที่ประมาณ 15 จุดจอด เพื่อครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครทั้งหมด

อย่างไรก็ดีทั้ง 3 ระดับของการให้บริการจะแตกต่างกันที่จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ ซึ่งที่ระดับการให้บริการที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ( $\alpha = 0.50$ ) มีจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่น้อยที่สุด (รถพยาบาล 22 คัน) และที่ระดับการให้บริการที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ( $\alpha = 0.90$ ) มีการใช้จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่มากที่สุด (รถพยาบาล 50 คัน)

ตารางที่ 5.3 ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ ของจำนวนและตำแหน่งของรถพยาบาลฉุกเฉินแต่ละพื้นที่ใน กรุงเทพมหานคร เมื่อใช้แบบจำลอง MACLP-TP และระดับการบริการที่ต่างกัน

ระดับการให้บริการ (Service level)	ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์	จำนวนของทรัพยากรที่ใช้	
		จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉิน (จุดจอด)	จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ (คัน)
ไม่ได้พิจารณาโอกาสการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ		9	9
$\alpha = 0.50$		14	22
$\alpha = 0.70$		17	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับการให้บริการ (Service level)	ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์	จำนวนของทรัพยากรที่ใช้	
		จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉิน (จุดจอด)	จำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ (คัน)
$\alpha = 0.90$		14	50

จากผลลัพธ์เหล่านี้จะเห็นได้ว่าจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกใช้ เพื่อบริการพื้นที่กรุงเทพมหานคร จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีระดับการให้บริการที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการดำเนินงานในทางปฏิบัติของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ที่หากต้องการบริการที่ที่สามารถตอบสนองต่อทุกเหตุการณ์ฉุกเฉิน และทุกจุดความต้องการที่ใกล้กับจุดจอดรถฉุกเฉิน จะต้องใช้จำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่มากขึ้น ภายใต้สภาพการจราจรติดขัด ซึ่งจะต้องไม่มากไปกว่าจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่พร้อมปฏิบัติงาน

### 5.2.3 ผลการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุมความน่าจะเป็นการเกิดการจราจรติดขัด

หลังจากผลลัพธ์ของจำนวนและจุดจอดของรถพยาบาลฉุกเฉินจากแบบจำลอง MACLP-TP ที่นำเสนอแล้วนั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะเกี่ยวข้องกับจำนวนของทรัพยากรที่ถูกใช้เมื่อมีการพิจารณาระดับการให้บริการที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังขาดการประเมินสมรรถภาพของผลลัพธ์ที่ได้ ดังนั้นในส่วนถัดไปจะเป็นการทดสอบสมรรถภาพของผลลัพธ์ ด้วยการใช้นิเทศการจำลองสถานการณ์ เมื่อมีการเพิ่มเงื่อนไขของสภาพการจราจรที่ติดขัดเข้าไปยังแบบจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ระบบการทำงานของรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบไปด้วย องค์ประกอบหลักในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ อัตราการเรียกใช้บริการของอุบัติเหตุฉุกเฉิน ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ และสภาพการจราจรบนที่ท้องถนนที่มีผลต่อการเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุของรถพยาบาลฉุกเฉิน สำหรับอัตราการเข้ามาและตำแหน่งของพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน จะได้มาจากการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล โดยอัตราการเกิดเหตุการณ์เรียกรับบริการมีลักษณะข้อมูลเป็นการกระจายตัวแบบปัวซอง (Poisson distribution) และตำแหน่งพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการเรียกรับบริการมีลักษณะการกระจายตัวแบบเชิงประจักษ์ (Empirical distribution) เพื่อใช้ในการกำหนดการเกิดเหตุการณ์การเรียกใช้บริการรถพยาบาลฉุกเฉิน

นอกเหนือจากนี้ในส่วนของงานวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มเงื่อนไขของสภาพการจราจรในแต่ละพื้นที่เข้าไปยังแบบจำลองด้วยจากแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อใช้ในการทดสอบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอ โดยข้อมูลสภาพการจราจรในแต่ละพื้นที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลจากฐานข้อมูลสภาพการจราจรใน web-based services ของ Google Map ซึ่งทำการเก็บข้อมูลสภาพการจราจรแบบทันกาลบนพื้นที่ ซึ่งได้นำเอาระยะเวลาของการเดินทางมารวมกับระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมาจากสภาพการจราจรติดขัด เข้ามาใช้ในแบบจำลองสถานการณ์

โดยตำแหน่งจุดจอดและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละจุดจอดจะได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบครัวที่ได้นำเสนอ ที่เรียกว่า แบบจำลองครอบครัว MACLP-TP เมื่อมีการเปลี่ยนระดับความเชื่อมั่นในการบริการของรถพยาบาลฉุกเฉิน ( $\alpha$ ) ต่อพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉินตามโอกาสการเกิดการจราจรติดขัด โดยที่ระดับความเชื่อมั่นในการบริการ (service level) แสดงถึงความน่าจะเป็นที่จะมีรถพยาบาลฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งคันสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ เมื่อมีการพิจารณาความน่าจะเป็นที่จะเกิดปัญหาการจราจรติดขัดในแต่ละพื้นที่ โดยจะกำหนดระดับความเชื่อมั่นในการบริการออกเป็น 3 ระดับในการทดสอบ ประกอบด้วย  $\alpha = 0.50$ ,  $\alpha = 0.70$  และ  $\alpha = 0.90$  ตามลำดับ ผลลัพธ์ของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้จากทั้ง 3 ระดับความเชื่อมั่นในการบริการ จะได้ตำแหน่งและจำนวนของรถพยาบาลที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.3 จากนั้นนำผลลัพธ์ของตำแหน่งและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้จากแบบจำลอง MACLP-TP ที่ระดับความเชื่อมั่นในการบริการแตกต่างกัน มาทำการสมรรถภาพของผลลัพธ์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์

สำหรับแบบจำลองสถานการณ์ของการปฏิบัติงานรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ทดสอบ จะทำการรันแบบจำลองสถานการณ์จำนวน 100 ชั่วโมงต่อรอบ จำนวนทั้งหมด 5 รอบต่อครั้ง โดยจะทดสอบผลลัพธ์ของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินในแต่ละระดับการให้บริการ จากวิธีการที่นำเสนอโดยการปรับอัตราการเข้ามาของการเรียกรับบริการรถฉุกเฉิน ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ อัตราการเรียกรับบริการ 10 20 และ 30 ครั้งต่อชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 5.4

ผลลัพธ์ที่ได้จากตารางที่ 5.4 ชี้ให้เห็นว่า ที่อัตราการเรียกรับบริการที่ 10 ครั้งต่อชั่วโมง ตำแหน่งและจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินทั้ง 3 ระดับการให้บริการ มีระยะเวลาการเดินทางจากจุดจอดไปยังพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินที่ใกล้เคียงกัน นั่นคือที่ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยประมาณ 16.437 นาที ที่ช่วงเวลาการให้บริการทั่วไป และ 23.871 นาที ที่ช่วงเวลาการให้บริการเร่งด่วน ทั้งสองช่วงเวลามีความแตกต่างกันของระยะเวลาการเดินทางประมาณ 7.434 นาที ซึ่งความแตกต่างของระยะเวลาการเดินทางดังกล่าวมีความแตกต่างกันในระดับที่ยอมรับได้

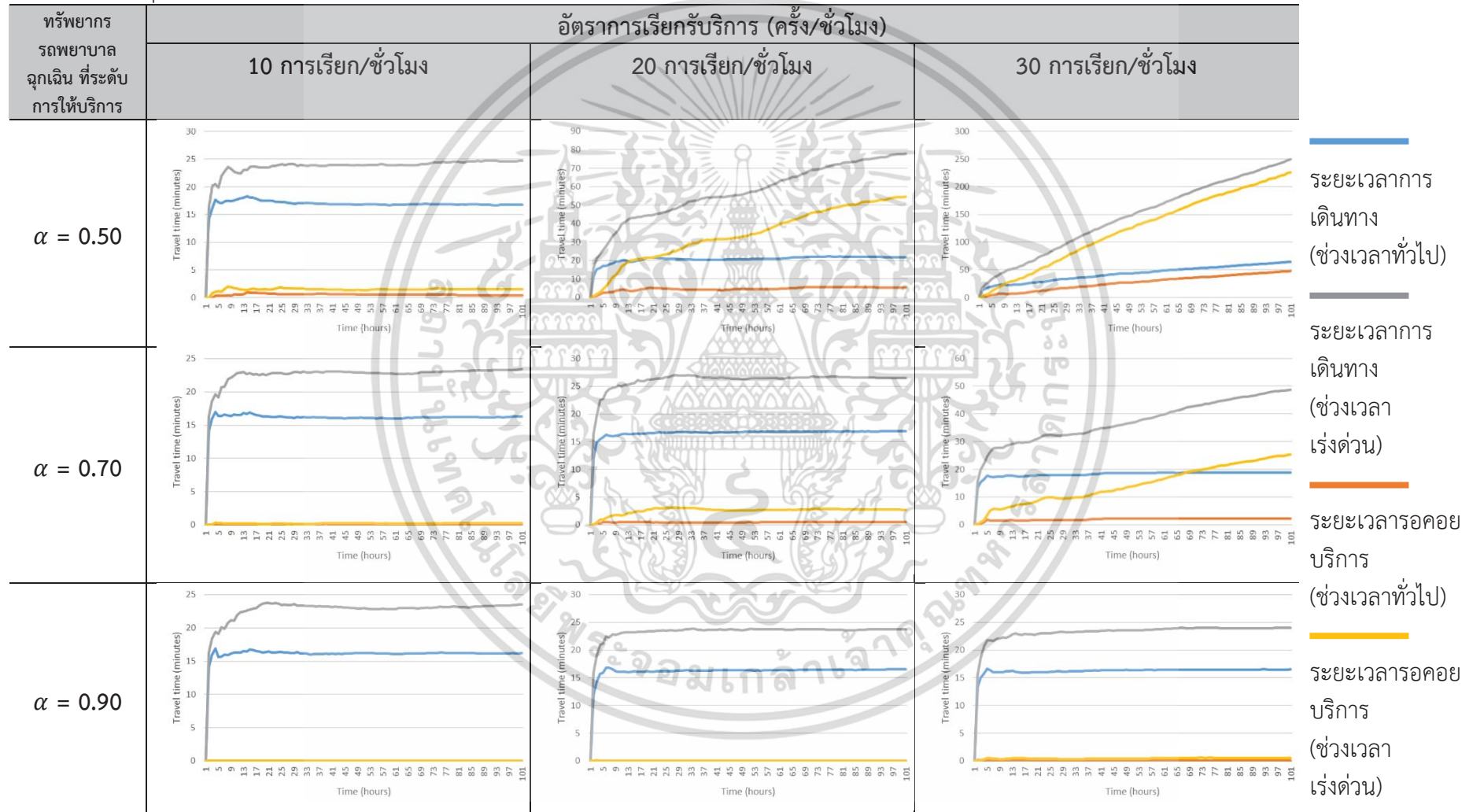
ตารางที่ 5.4 เปรียบระยะเวลาในการเดินทาง ที่ทรัพยากรของรถพยาบาลฉุกเฉินแตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียกรับบริการ และช่วงเวลา (นาที)

อัตราการเรียกรับบริการ (ครั้ง/ชั่วโมง)	ตำแหน่งและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่ระดับการให้บริการ								
	$\alpha = 0.50$			$\alpha = 0.70$			$\alpha = 0.90$		
	ช่วงเวลา ทั่วไป	ช่วงเวลา เร่งด่วน	ความ แตกต่าง	ช่วงเวลา ทั่วไป	ช่วงเวลา เร่งด่วน	ความ แตกต่าง	ช่วงเวลา ทั่วไป	ช่วงเวลา เร่งด่วน	ความ แตกต่าง
10	16.797	24.718	7.920	16.312	23.419	7.107	16.203	23.478	7.275
20	21.649	77.874	56.225	16.889	26.437	9.548	16.562	23.716	7.154
30	64.807	249.11	184.30	18.850	48.776	29.927	16.503	24.051	7.547

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบระยะเวลาในการเดินทาง และระยะเวลาเพิ่มเติม (ระยะเวลารอคอย) ที่ทรัพยากรของรถพยาบาลฉุกเฉินแตกต่างกัน (นาที)

อัตราการเรียกรับบริการ (ครั้ง/ชั่วโมง)	ตำแหน่งและจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉิน ที่ระดับการให้บริการ					
	$\alpha = 0.50$		$\alpha = 0.70$		$\alpha = 0.90$	
	ระยะเวลา การเดินทาง	ระยะเวลาเพิ่มเติม (ระยะเวลารอคอย)	ระยะเวลา การเดินทาง	ระยะเวลาเพิ่มเติม (ระยะเวลารอคอย)	ระยะเวลา การเดินทาง	ระยะเวลาเพิ่มเติม (ระยะเวลารอคอย)
10	20.191	1.015	19.257	0.151	19.302	0.002
20	38.795	19.470	21.167	1.508	19.641	0.035
30	93.967	74.625	27.599	8.196	19.602	0.244

ตารางที่ 5.6 พฤติกรรมของระยะเวลาการเดินทาง เมื่อทดสอบด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์



ต่อมาเมื่อเพิ่มอัตราการเรียกรับบริการเป็น 20 ครั้งต่อชั่วโมง ที่ระดับการให้บริการ  $\alpha = 0.70$  และ  $\alpha = 0.90$  มีระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยประมาณ 16.726 นาที ที่ช่วงเวลากการให้บริการทั่วไป และ 25.077 นาที ที่ช่วงเวลากการให้บริการเร่งด่วน ทั้งสองช่วงเวลามีความแตกต่างกันของระยะเวลาการเดินทางประมาณ 8.351 นาที แต่ในระดับที่  $\alpha = 0.50$  มีระยะเวลาการเดินทางที่ช่วงเวลากการให้บริการทั่วไปเฉลี่ยประมาณ 21.649 นาที และช่วงเวลากการให้บริการเร่งด่วน 77.874 นาที ซึ่งระยะเวลาทั้งสองช่วงต่างกันอย่างมากถึง 56.225 นาที ดังนั้นที่ระดับการให้บริการดังกล่าว ไม่สามารถตอบสนองต่อการเรียกรับบริการที่ 20 ครั้งต่อชั่วโมงได้

และสุดท้ายที่อัตราการเรียกรับบริการ 30 ครั้งต่อชั่วโมง มีเพียงที่ระดับการให้บริการ  $\alpha = 0.90$  ที่ระยะเวลาการตอบสนองทั้งสองช่วงเวลาแตกต่างกันไม่มาก คือที่ช่วงเวลาทั่วไป มีระยะเวลาการเดินทาง 16.503 นาที และช่วงเวลาเร่งด่วน 24.051 นาที ระยะเวลาการเดินทางแตกต่างกัน 7.547 นาที แต่ในอีก 2 ระดับการให้บริการ ( $\alpha = 0.50$  และ 0.90) มีความแตกต่างกันของระยะเวลาการเดินทางทั้ง 2 ช่วงเวลา ที่สูง แสดงให้เห็นว่าทั้งสองระดับการให้บริการไม่สามารถตอบสนองต่ออัตราการเรียกรับบริการรถพยาบาลฉุกเฉินที่ 30 ครั้งต่อชั่วโมงได้

จากข้อมูลทีกล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปได้ ที่ระดับการให้บริการที่แตกต่างกันมีผลอย่างมากต่ออัตราการเรียกรับบริการ ดังนั้นควรเลือกระดับการให้บริการที่เหมาะสมกับอัตราการเรียกใช้บริการจริงของการปฏิบัติงานรถพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อให้ตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาช่วงเวลาในการปฏิบัติงานที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้นนั้น มีความสามารถในการตอบสนองต่อการเรียกรับบริการที่แตกต่างกันได้ดี และความแตกต่างของระยะเวลาการเดินทางมีค่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาเพิ่มขึ้นในส่วนระยะเวลาการเดินทางนั้นประกอบไปด้วยระยะเวลาการเดินทางจริงและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจากระยะเวลารอคอย โดยนำเสนอในตารางที่ 5.5

การเปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทางและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (ระยะเวลารอคอย) ซึ่งนำเสนอในตารางที่ 5.5 นั้น ที่ทั้ง 3 ระดับการให้บริการ เมื่อพิจารณาทั้งสองช่วงเวลาร่วมกันด้วยการหาค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้น ของระยะเวลาการเดินทางและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ที่อัตราการเรียกรับบริการ 10 ครั้งต่อชั่วโมง ระยะเวลาการเดินทางทั้ง 3 ระดับการให้บริการไม่แตกต่างกัน อยู่ที่ 19.583 นาที และมีระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยที่ 0.389 นาที ซึ่งเป็นการเพิ่มที่น้อยมากเมื่อเทียบกับระยะเวลาการเดินทาง

ที่อัตราการเรียกรับบริการ 20 ครั้งต่อชั่วโมง ที่ระดับการให้บริการ  $\alpha = 0.50$  มีระยะเวลาการเดินทางและระยะเวลารอคอยที่ 38.795 นาที และ 19.470 นาที ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลารอคอยที่เพิ่มขึ้นนั้น มากกว่า 50% ของระยะเวลาการเดินทาง ซึ่งมาค่าที่สูงมาและไม่สามารถตอบสนองต่อการปฏิบัติงานจริงได้ สำหรับอีก 2 ระดับการให้บริการระยะเวลาการเดินทางและระยะเวลารอคอยนั้นมีค่าที่ไม่สูงมาก

และสุดท้ายที่อัตราการเรียกรับบริการที่ 30 ครั้งต่อชั่วโมง ระดับการให้บริการที่  $\alpha = 0.50$  นั้นยังคงไม่สามารถตอบสนองต่อการเรียกรับบริการได้ สำหรับที่  $\alpha = 0.70$  นั้นมีระยะเวลารอคอยที่ 8.196 นาที คิดเป็น 29.7% ของระยะเวลาการเดินทาง ซึ่งระดับการให้บริการนี้ควรมีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างระมัดระวังในการตอบสนองต่อการเรียกใช้บริการ และมีเพียงระดับการให้บริการที่  $\alpha = 0.90$  ที่มีระยะเวลาการรอคอยที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งเหมาะสมต่อการตอบสนองการให้บริการที่มีอัตราสูงได้ ซึ่งอาจเกิดมาจากการที่ระดับการให้บริการดังกล่าวมีจำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่มาก ทำให้ระยะเวลาในการรอคอยที่เกิดขึ้นน้อยลงไปด้วย ดังนั้นในส่วนถัดไปจะพิจารณาถึงพฤติกรรมของระยะเวลาการเดินทางเมื่อมีการปฏิบัติงานเป็นระยะยาวของการปฏิบัติงาน ซึ่งจะนำเสนอผลการทดสอบดังกล่าวในตารางที่ 5.6 ที่พิจารณาอัตราการเรียกใช้บริการและระดับการให้บริการที่ต่างกัน

จากข้อมูลระยะเวลาการดำเนินงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน ในการบริการต่อการเรียกใช้งาน จากข้อมูลระยะเวลาการดำเนินงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน ในการบริการต่อการเรียกใช้งานเมื่อช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป ที่ได้แสดงออกมาในรูปแบบของกราฟพฤติกรรมในตารางที่ 5.6 เมื่อมีการปฏิบัติงานระยะยาว จะเห็นได้ว่าที่ระดับการให้บริการ  $\alpha = 0.50$  สามารถตอบสนองต่ออัตราการบริการได้เพียงที่อัตราการเรียกบริการ 10 ครั้งต่อชั่วโมงเท่านั้น สืบเหตุได้จากเส้นกราฟของระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยมีความคงที่ แต่ในส่วนของอีก 2 อัตราการเรียกบริการมีความชันของเส้นกราฟที่สูง เนื่องจากระยะเวลาการรอคอยที่เพิ่มมากขึ้น สำหรับระดับการให้บริการที่  $\alpha = 0.70$  สามารถตอบสนองต่ออัตราการเรียกบริการที่ 10 และ 20 ครั้งต่อชั่วโมง และในส่วนของระดับการให้บริการที่  $\alpha = 0.90$  นั้นสามารถตอบสนองได้ทั้ง 3 อัตราการเรียกบริการ ทั้ง 10 20 และ 30 ครั้งต่อชั่วโมง ซึ่งก็สอดคล้องกับข้อมูลก่อนหน้าของการเปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทาง และการเปรียบเทียบระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้นเมื่อพิจารณาสภาพการจราจรร่วมด้วยนั้น สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งที่อัตราการเรียกสูง และต่ำได้

อย่างไรก็ดีที่ระดับการบริการที่สูงจะมีการใช้ทรัพยากรของรถพยาบาลฉุกเฉินที่มากขึ้นตามไปด้วย จึงควรกำหนดระดับการให้บริการที่ตอบสนองต่อความต้องการจริง เพื่อการให้งานทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

### 5.3 อภิปรายผลการศึกษา การปรับสมดุลของจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินตามความน่าจะเป็นของสภาพการจราจรบนพื้นที่

งานวิจัยในส่วนนี้ได้นำเสนอการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีความเหมาะสม กับความน่าจะเป็นที่จะเกิดสภาพการจราจรติดขัด โดยการพิจารณาข้อมูลร่วมกันทั้งข้อมูลความเร็วการจราจรในอดีตและข้อมูลความเร็วการจราจรแบบทันทีกาล ในการพิจารณากำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่คำนึงถึงโอกาสที่จะไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ของรถพยาบาลฉุกเฉินทั้งในปัจจุบันและในช่วงเวลาถัดไป เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพการจราจร

ภายในงานวิจัยนี้ได้อธิบายถึงการใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันทีกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลความเร็วการจราจรบนท้องถนน จากฐานข้อมูลออนไลน์ของ Google Map และข้อมูลความเร็วการจราจรจากข้อมูลในอดีต จากฐานข้อมูลความเร็วการจราจรของมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย หรือ iTIC เพื่อนำข้อมูลที่ได้เหล่านั้นมาใช้สำหรับการประเมินสภาพการจราจรติดขัดด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์จากวิธีการสภาพการจราจรติดขัดด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟนั้น ทำให้ได้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจราจรติดขัดของช่วงเวลาถัดไป โดยการพิจารณาความน่าจะเป็นที่จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรราบรื่นไปยังสถานะสภาพการจราจรติดขัด และการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสภาพการจราจรติดขัดไปยังสถานะสภาพการจราจรราบรื่น จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วการจราจรในอดีต และความน่าจะเป็นที่จะเปิดการจราจรติดขัดไปช่วงเวลาปัจจุบัน เพื่อใช้ในการพิจารณาหาความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ในช่วงเวลาถัดไปหนึ่งช่วงเวลา ที่จะถูกนำไปใช้ในการปรับสมดุลของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยแบบจำลองครอบครัวแบบ MACLP-TP ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้

ความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ เนื่องจากสภาพการจราจรติดขัดมีผลอย่างมาก ต่อการบริการจัดการจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินและการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน ซึ่งในบางครั้งด้วยสาเหตุเหล่านี้ทำให้รถพยาบาลฉุกเฉินไม่สามารถเข้าไปบริการในพื้นที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเอาความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจราจรติดขัดและโอกาสในการเปลี่ยนสถานะการจราจรที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ เพื่อการประเมินโอกาสที่รถพยาบาลจะสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุการณ์ได้และใช้สำหรับการกำหนดจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีความเหมาะสม

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอปัญหาการไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ เนื่องจากสภาพการจราจร มาใช้ในการพิจารณาการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาล ซึ่งจะนำไปในการพิจารณากำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบครัวแบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมการเข้าถึงจุดเกิดเหตุสูงสุดด้วยความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัด (MACLP-TP) โดยได้มีการเพิ่มเงื่อนไขการปรับสมดุลเข้าไปในแบบจำลองครอบครัวเพื่อให้ได้จุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ตอบสนองต่อความต้องการได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพการจราจร พร้อมประยุกต์ใช้แบบจำลองครอบครัวแบบ MACLP-TP ที่นำเสนอ กับการทำงานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน พื้นที่กรุงเทพมหานคร

ผลลัพธ์ของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอ ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้มีการเสนอทั้งผลการศึกษาเชิงภูมิศาสตร์ สำหรับตำแหน่งของจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลที่เหมาะสม ของช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ทั้งสองช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลากลางวัน และพิจารณาที่ระดับการบริการที่แตกต่างกันไป 3 ระดับ ( $\alpha = 0.50$  0.70 และ 0.90) ผลลัพธ์เชิงภูมิศาสตร์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า จำนวนของจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกใช้เพื่อครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครทั้งหมด มีจำนวนจุดจอดที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ตำแหน่งของจุดจอดแตกต่างกันไปในแต่ละระดับการให้บริการ ในส่วนของจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ใช้ เมื่อระดับการบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินที่สูงขึ้น จำนวนของรถพยาบาลฉุกเฉินที่ถูกใช้จะเพิ่มมากขึ้นเช่น

นอกเหนือจากนี้ได้มีการทดสอบผลลัพธ์ของตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่ได้จากวิธีการนำเสนอ ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียกใช้บริการของรถพยาบาลฉุกเฉิน และทำการเปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทาง ผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ได้แสดงให้เห็นว่า ตำแหน่งและจำนวนของรพพยาบาลฉุกเฉินที่มีระดับการให้บริการที่ต่ำ จะสามารถตอบสนองต่อการเรียกใช้บริการในอัตราการเรียกน้อย และในระดับการให้บริการที่สูงนั้น สามารถตอบสนองต่อการเรียกรับบริการได้ทุกอัตราการเรียก และทั้งสองช่วงเวลาการปฏิบัติงานของรพพยาบาลฉุกเฉิน

จากที่ได้นำเสนอมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอ นั้นสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพการจราจรของทั้งสองช่วงเวลาได้ อย่างไรก็ดีที่ระดับการให้บริการที่สูง จำเป็นที่จะต้องการจำนวนรพพยาบาลฉุกเฉินที่มากตามไปด้วย ซึ่งข้อจำกัดหนึ่งของการที่จะพิจารณาสภาพการจราจรในการกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉิน ดังนั้นควรพิจารณาปรับค่าระดับการให้มีความเหมาะสมกับ สภาพการจราจรติดขัดและอัตราการเรียกรับบริการต่อชั่วโมงที่มีความเหมาะสม ในการนำไปประยุกต์เพื่อให้งานจริงกับการวางแผนกำหนดจุดจอตรพพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อให้เกิดสมรรถนะสูงสุดในการใช้ทรัพยากร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

# สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะของงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้เสนอกรอบแนวความคิดในการบูรณาการข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด และข้อมูลความต้องการในเหตุการณ์ฉุกเฉิน จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์และมีความหลากหลาย สำหรับการปรับเปลี่ยนและกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีสมรรถนะในการให้บริการเพิ่มขึ้น ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน และสภาพการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา โดยรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

### 6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องการปรับเปลี่ยนและกำหนดจุดจอด พบว่าข้อมูลที่ถูกใช้ในการตัดสินใจโดยส่วนใหญ่เป็นข้อมูลสถานะภายในของระบบรถพยาบาลฉุกเฉิน (internal state of ambulance information) เช่น ความพร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉิน (Sorensen and Church, 2010) เป็นต้น ในทางปฏิบัติแล้วรถพยาบาลฉุกเฉินจะต้องเจอกับปัจจัยของสถานะภายนอกอื่นๆ (external state for ambulance) เช่น สภาพการจราจรติดขัด (Sanchez-Mangas et al., 2010) การแจ้งเหตุการณักรภัยพิบัติหรือเหตุการณ์ขนาดใหญ่ (Fuchs et al., 2013) การจัดกิจกรรมขนาดใหญ่ และการเคลื่อนที่ของประชากรในแต่ละช่วงของวัน (Zhou et al., 2015) เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นแหล่งที่มาของความล่าช้าในการให้บริการของรถพยาบาลฉุกเฉิน ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้ได้นำเสนอการบูรณาการการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด และข้อมูลความต้องการจากหลายแหล่งข้อมูล เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการให้บริการของรถพยาบาลฉุกเฉิน โดยสามารถสรุปได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้นำเสนอในข้างต้นได้ดังนี้

#### 6.1.1 การบูรณาการกลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยข้อมูลจากสภาพการจราจรติดขัด จากแหล่งข้อมูลต่างๆ

วัตถุประสงค์แรกของการวิจัยเป็นการบูรณาการกลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ข้อมูลสภาพการจราจรติดขัดและข้อมูลความต้องการจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ในงานวิจัยได้มีการนำเสนอกรอบแนวความคิดของวิธีการการเฝ้าระวังเหตุการณ์ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติของการเรียกรับบริการ นอกจากนี้ยังได้มีการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดสภาพปัญหาการจราจรติดขัดด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองการปรับเปลี่ยนและกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินได้ โดยการพิจารณาข้อมูลจาก 2 แหล่งข้อมูลของความเร็วการจราจรบนท้องถนน ประกอบด้วย แหล่งข้อมูลแบบทันทีกาลจากฐานข้อมูลแผนที่ของเว็บไซต์ Google map และแหล่งข้อมูลความเร็วการจราจรที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากฐานข้อมูลความเร็วการจราจรจากมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (ITIC) สำหรับการประเมินความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์การจราจรติดขัดในแต่ละช่วงเวลาของวันสำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการนำข้อมูลที่มีประโยชน์และมีความหลากหลายมาใช้เพื่อในการช่วยตัดสินใจในการปรับเปลี่ยนและกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกลยุทธ์การวางแผนและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่สามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ปัจจุบันที่เกิดขึ้นได้

### 6.1.2 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีการพิจารณาสภาพการจราจรติดขัด

วัตถุประสงค์ถัดมาของงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุมที่มีความพิจารณาความน่าจะเป็นของสภาพการจราจรติดขัด ซึ่งได้มีการสร้างพารามิเตอร์ใหม่ของแบบจำลองครอบคลุม สำหรับการประเมินความน่าจะเป็นที่รถพยาบาลฉุกเฉินจะสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ ซึ่งจะถูกระบุว่า “ความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ (accessible fraction)” เมื่อมีการพิจารณาข้อมูลความเร็วการจราจรด้วยวิธีการห่วงโซ่มาร์คอฟ โดยแบบจำลองครอบคลุมที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีชื่อเรียกว่า แบบจำลองปัญหาพื้นที่ครอบคลุมการเข้าถึงจุดเกิดเหตุสูงสุดด้วยความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัด (MACLP-TP) นอกจากนี้ยังได้มีการเพิ่มเงื่อนไขการบังคับเลือกพื้นที่สำคัญจากการตรวจจับความผิดปกติของการเรียกรับบริการของรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีการเพิ่มขึ้น

จากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองครอบคลุม ด้วยการเพิ่มพารามิเตอร์ความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของรถพยาบาลฉุกเฉิน และการบังคับเลือกพื้นที่สำคัญ สามารถลดระยะเวลาการตอบสนองในการให้บริการของรถพยาบาลฉุกเฉินได้ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มสมรรถนะในการวางแผนตำแหน่งจุดจอดและจำนวนรถพยาบาลฉุกเฉินที่สอดคล้องกับสภาพการจราจรโดยรอบจุดจอดได้

### 6.1.3 การประยุกต์ใช้การกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน พื้นที่กรุงเทพมหานคร

วัตถุประสงค์สุดท้ายของงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำเอาวิธีการที่นำเสนอไปประยุกต์กับระบบบริการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ด้วยการปรับเปลี่ยนและกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีความเหมาะสม เมื่อมีการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจรติดขัด ด้วยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในการประเมินประสิทธิภาพของการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่นำเสนอ ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วการจราจรในแต่ละช่วงของวันและอัตราการเรียกรับบริการของรถพยาบาลฉุกเฉิน พบว่า วิธีการที่นำเสนอสามารถกำหนดตำแหน่งของจุดจอดและจำนวนของรถพยาบาลในแต่ละจุดจอดที่ทำให้สมรรถนะในการบริการพื้นที่รับผิดชอบของแต่ละจุดจอดที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงสภาพการจราจรติดขัดในแต่ละช่วงของวัน และอัตราการเรียกรับบริการที่มีการเพิ่มสูงขึ้นได้

นอกจากนี้แนวคิดการพิจารณาความเร็วการจราจรการเผื่อว่างเหตุการณ์จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ ยังคงสามารถนำวิธีการที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้กับงานบริการอื่นๆ ที่มีการบริการคล้ายกับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีลักษณะการกำหนดพื้นที่การให้บริการของจุดการปฏิบัติงานเฉพาะ (specifically spatial management) ยกตัวอย่างเช่น การจัดตั้งศูนย์การกระจายสินค้า (distribution center) (Farahani and Asgari, 2007) การจัดตั้งแผนกดับเพลิงหรือการจัดสรรอุปกรณ์ดับเพลิง (Berman et al., 2009) การจัดตั้งสถานีตำรวจ (Curtin et al., 2010) และการจัดศูนย์บรรเทาสาธารณภัย (disaster eradication center) (Boffey and Narula, 1998; Murray, 2005) ได้

## 6.2 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

การพัฒนากลยุทธ์ในการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ด้วยการพิจารณาข้อมูลสภาพการจราจร มีประโยชน์อย่างยิ่งทั้งในการจัดการระบบบริการการแพทย์ ศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อุตสาหกรรมการขนส่ง และคุณภาพชีวิตของประชาชน จากการศึกษาและพัฒนาระบบในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงข้อจำกัดบางประการของกระบวนการปฏิบัติงานในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินพื้นที่กรุงเทพมหานคร ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ขอเสนอข้อเสนอแนะต่อระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน และโอกาสของพัฒนางานวิจัยในอนาคตดังนี้

### 6.2.1 ข้อเสนอแนะต่อระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

จากการศึกษาข้อมูลการบริการการแพทย์ฉุกเฉินในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้น ปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วนนั้นเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลอย่างมากต่อการเดินทางเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของการปฏิบัติการฉุกเฉินในทุกหน่วยงานและทุกระดับการให้บริการ ทั้งในส่วนของหน่วยบริการส่วนหน้า (First responders) เช่น รถตำรวจ รถกู้ภัย หรือรถดับเพลิง เป็นต้น และส่วนของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินที่มีความสำคัญอย่างมากในการเข้าพื้นที่เพื่อกู้ชีพและนำส่งผู้ป่วยฉุกเฉินออกจากพื้นที่ ซึ่งการที่จะแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและต้องใช้ระยะเวลายาวนาน สิ่งหนึ่งที่สามารถแก้ไขการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของทั้งหน่วยงานบรรเทาสาธารณภัยและระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยรถพยาบาลฉุกเฉินในระยะสั้นที่ทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถทำได้ คือ การรณรงค์และสร้างทัศนคติที่มีต่อหน่วยงานบริการฉุกเฉินเหล่านี้ในการออกปฏิบัติหน้าที่ ทั้งในส่วนของทางหรืออำนวยความสะดวกให้รถพยาบาลฉุกเฉินเดินทางบนท้องถนน การช่วยกันดูแลและแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉิน เป็นต้น ด้วยวิธีการช่วยเหลือต่างๆ เหล่านี้สามารถช่วยให้รถพยาบาลฉุกเฉินสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้อย่างรวดเร็ว

อีกประเด็นหนึ่งที่เป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างมากให้การบริหารจัดการทั้งรถพยาบาลฉุกเฉินและยานพาหนะของหน่วยงานบรรเทาสาธารณภัยในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร คือ การแบ่งเอกสารนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่รับผิดชอบดูแลอย่างชัดเจนมากเกินไป ซึ่งทำให้บางครั้งแม้ว่าเกิดอุบัติเหตุฉุกเฉินใกล้เคียงจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินหนึ่ง แต่ก็ไม่สามารถออกปฏิบัติการฉุกเฉิน ซ้ำร้ายบ่อยครั้งเกิดปัญหาการแย่งกันปฏิบัติงานบ่อยครั้ง จึงเป็นเงื่อนไขหนึ่งที่มีความยากอย่างมากในการบริหารจัดการจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน อีกทั้งโรงพยาบาลฉุกเฉินที่ออกปฏิบัติงานการแพทย์ฉุกเฉินนั้นไม่ได้สังกัดภายใต้หน่วยงานเดียวกัน แต่จะสังกัดโรงพยาบาลหรือหน่วยย่อยอื่นๆ ทำให้ในกระบวนการวางแผนและสั่งการเพื่อกำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน เพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์ปัจจุบันได้อย่างเหมาะสมเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นในปัญหาส่วนนี้ภาครัฐจึงควรเร่งให้ความกำกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากการกระจายศูนย์ของหน่วยงานโรงพยาบาลฉุกเฉินเป็นลำดับแรก ก่อนการพัฒนาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินด้านอื่นๆ

และในส่วนองประเด็นสุดท้ายเกี่ยวข้องกับปริมาณบุคลากรและทรัพยากรอื่นๆ ภาครัฐควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเพิ่มศักยภาพของบุคลากรทางการแพทย์ และนักปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์ (Paramedic) ทั้งซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดในประเทศไทย โดยการพัฒนาหลักสูตรที่มีความเหมาะสม และจัดตั้งสถาบันที่สามารถผลิตบุคลากรทางด้านทางการแพทย์ฉุกเฉินที่มีทั้งความสามารถในการปฏิบัติการทางการแพทย์และความสามารถในการจัดการโดยอาศัยหลักการทางด้านวิศวกรรม ตลอดจนส่งเสริมให้เกิดการใช้เทคโนโลยีในการช่วยตัดสินใจ ทั้งด้านการวางแผนการ สั่งการ และการออกปฏิบัติงานของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน รวมไปถึงพัฒนารายพยาบาลฉุกเฉินให้มีความสามารถในการรองรับต่อเหตุการณ์ฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 6.2.2 โอกาสของการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ยังคงมีข้อจำกัดบางประการของงานวิจัยที่ควรทราบ เพื่อให้สามารถนำไปพัฒนาระบบในอนาคตให้มีความสามารถการตอบสนองต่อสถานการณ์จริงได้ดี

ในส่วนของการแบ่งพื้นที่สำหรับการศึกษาระบบการวางแผนและกำหนดจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉินควรถูกพิจารณาอย่างรอบคอบ หากพื้นที่ที่ถูกแบ่งเพื่อกำหนดระยะครอบคลุมมีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินกว่าความสามารถในการครอบคลุมพื้นที่ของจุดการให้บริการ จะทำให้ผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุมมีความไม่สมเหตุสมผล สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แหล่งข้อมูลแบบทันกาลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่ได้จากแอปพลิเคชันทวิตเตอร์ ซึ่งไม่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีขนาดเล็กมากนัก เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการกล่าวถึงเหตุการณ์ไม่ได้มีการระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่มีความชัดเจน เป็นเพียงการกล่าวถึงตำแหน่งที่เกิดของเหตุการณ์ ดังนั้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลแบบทันกาลอื่นๆ เช่น ข้อมูลการแจ้งเหตุฉุกเฉินจากระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน ควรถูกนำมาพิจารณาร่วมด้วย

ในงานวิจัยส่วนนี้เป็นการศึกษาเพียงในส่วนของพื้นที่กรุงเทพมหานคร ด้วยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นบล็อก ขนาด 36 ตารางกิโลเมตรต่อบล็อก (6 กม. X 6 กม.) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับพื้นที่กรุงเทพมหานครทั้งหมด (1568.7 ตารางกิโลเมตร) อย่างไรก็ตามขนาดพื้นที่ที่ศึกษานั้นมีความเหมาะสมกับการใช้แหล่งข้อมูลเครือข่ายสังคมออนไลน์เพียงแหล่งเดียว นอกจากนี้งานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาพื้นที่ขนาดใหญ่ (พื้นที่ศึกษาระดับประเทศ) เช่น ในงานวิจัยของ Aytug and

Saydam, 2002 และ Zarandi et al., 2013 ซึ่งมีการศึกษาแบบจำลองครอบคลุมในพื้นที่ขนาดใหญ่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อการจัดสรรจุดจอดการปฏิบัติที่เหมาะสม และทำให้สามารถพิจารณาสภาพการจราจรของถนนสายรอง (secondary road) (Boffey and Narula, 1998) ในกำหนดจุดจอดได้ด้วยเช่นกัน

ในกระบวนการปฏิบัติงานของระบบรถพยาบาลฉุกเฉินที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ไม่ได้พิจารณาช่วงเวลาการเตรียมความพร้อมของรถพยาบาลฉุกเฉินก่อนออกปฏิบัติงาน (chute time) เช่น ในงานวิจัยของ (Ingolfsson et al., 2008) โดยเป็นช่วงเวลาตั้งแต่รถพยาบาลฉุกเฉินถูกส่งให้ออกปฏิบัติงาน จนออกจากจุดจอดของตนเอง ซึ่งอาจทำให้ระยะเวลาในการตอบสนองเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจากปัญหาสภาพการจราจรติดขัดซึ่งมีผลต่อระยะเวลาการตอบสนองอย่างมาก ทำให้ระยะเวลาการเตรียมรถนี้ไม่มีนัยสำคัญต่อระยะเวลาการตอบสนอง

ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาการกำหนดจุดจอดสำหรับรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีทีมปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง (Advanced Life Support ambulance: ALS) เท่านั้น ซึ่งมีนักปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์ เป็นทีมปฏิบัติงานหลักในการรักษาพยาบาลภายนอกโรงพยาบาล ที่สามารถผ่าตัดและทำแผลให้ผู้ป่วยฉุกเฉินได้ แต่รถพยาบาลฉุกเฉินที่มีทีมปฏิบัติการฉุกเฉินระดับขั้นพื้นฐาน (Basic Life Support ambulance: BLS) ไม่สามารถทำได้ ซึ่งหากต้องการพิจารณาทั้งสองประเภทของรถพยาบาลฉุกเฉิน (ALS และ BLS) ในสถานการณ์ฉุกเฉินต้องมีการเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ ในแบบจำลองครอบคลุมที่ได้นำเสนอ

การศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วยในการพิจารณากำหนดและปรับเปลี่ยนจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินนั้น มีทั้งปัจจัยภายในระบบ เช่น โอกาสการรอดชีวิตของผู้ป่วย (Erkut et al., 2008) ความพร้อมในการปฏิบัติงานของรถพยาบาลฉุกเฉิน (Saydam et al., 2013) อาการเจ็บป่วย และค่าใช้จ่ายในการเปิดหรือปรับเปลี่ยนจุดจอด (van den Berg and Aardal, 2015) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกระบบ เช่น การเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติ การจัดงานกิจกรรมขนาดใหญ่ การเกิดการชุมนุม (Calik and Tansel, 2013; Grekousis and Liu, 2019; Laylavi et al., 2017) สภาพการจราจรติดขัด (Alsalloum and Rand, 2006) ตลอดจนการเคลื่อนตัวของประชากรในแต่ละช่วงของวัน (Bélanger et al., 2019; Zhou et al., 2015) ซึ่งปัจจัยทั้งภายในและภายนอกเหล่านี้ล้วนแต่มีผลต่อการวางแผนการกำหนดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินแบบทันกาลทั้งสิ้น ดังนั้นปัจจัยเหล่านี้จึงควรถูกนำมาศึกษา ร่วมกันในการบริการจัดการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

## บรรณานุกรม

- Aboueljineane, L., Sahin, E., and Jemai, Z. (2013). **A review on simulation models applied to emergency medical service operations.** *Computers & Industrial Engineering*, 66(4), 734–750.
- Aickelin, U. (2002). **An indirect genetic algorithm for set covering problems.** *Journal of the Operational Research Society*, 53(10), 1118–1126.
- Akamatsu, T. (1996). **Cyclic flows, Markov process and stochastic traffic assignment.** *Transportation Research Part B: Methodological*, 30(5), 369–386.
- Alsalloum, O. I., and Rand, G. K. (2003). **A goal-programming model applied to the EMS system at Riyadh City, Saudi Arabia.**
- Alsalloum, O. I., and Rand, G. K. (2006). **Extensions to emergency vehicle location models.** *Computers & Operations Research*, 33(9), 2725–2743.
- Anand, J., and Flora, T. A. (2014). **Emergency Traffic Management for Ambulance using Wireless Communication.** *IPASJ International Journal of Electronics & Communication (IJEC)*, 2(7), 43–52.
- Andersson, T., and Värbrand, P. (2007). **Decision support tools for ambulance dispatch and relocation.** *Journal of the Operational Research Society*, 58(2), 195–201.
- Aringhieri, R., Carello, G., and Morale, D. (2007). **Ambulance location through optimization and simulation: the case of Milano urban area.**
- Arostegui Jr, M. A., Kadipasaoglu, S. N., and Khumawala, B. M. (2006). **An empirical comparison of tabu search, simulated annealing, and genetic algorithms for facilities location problems.** *International Journal of Production Economics*, 103(2), 742–754.
- Aytug, H., and Saydam, C. (2002). **Solving large-scale maximum expected covering location problems by genetic algorithms: A comparative study.** *European Journal of Operational Research*, 141(3), 480–494.
- Ball, M. O., and Lin, F. L. (1993). **A reliability model applied to emergency service vehicle location.** *Operations Research*, 41(1), 18–36.
- Başar, A., Catay, B., and Ünlüyurt, T. (2009). **A new model and tabu search approach for planning the emergency service stations.** In *Operations Research Proceedings 2008* (pp. 41–46). Springer.
- Başar, A., Çatay, B., and Ünlüyurt, T. (2011). **A multi-period double coverage approach for locating the emergency medical service stations in Istanbul.** *Journal of the Operational Research Society*, 62(4), 627–637.
- Başar, A., Çatay, B., and Ünlüyurt, T. (2012). **A taxonomy for emergency service station location problem.** *Optimization Letters*, 6(6), 1147–1160.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นว่าเป็นประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Batta, R., Dolan, J. M., and Krishnamurthy, N. N. (1989). **The maximal expected covering location problem: Revisited.** *Transportation Science*, 23(4), 277–287.
- Beasley, J. E., and Chu, P. C. (1996). **A genetic algorithm for the set covering problem.** *European Journal of Operational Research*, 94(2), 392–404.
- Bélanger, V., Kergosien, Y., Ruiz, A., and Soriano, P. (2014). *An empirical comparison of relocation strategies in real-time ambulance fleet management.* CIRRELT, Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise ....
- Bélanger, V., Kergosien, Y., Ruiz, A., and Soriano, P. (2016). **An empirical comparison of relocation strategies in real-time ambulance fleet management.** *Computers & Industrial Engineering*, 94, 216–229.
- Bélanger, V., Ruiz, A., and Soriano, P. (2012). **Déploiement et Redéploiement des Véhicules Ambulanciers dans la Gestion d'un Service Préhospitalier d'Urgence.** *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 50(1), 1–30.
- Bélanger, V., Ruiz, A., and Soriano, P. (2015). *Recent advances in emergency medical services management.* Faculté des sciences de l'administration, Université Laval.
- Bélanger, V., Ruiz, A., and Soriano, P. (2019). **Recent optimization models and trends in location, relocation, and dispatching of emergency medical vehicles.** *European Journal of Operational Research*, Vol. 272, pp. 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.055>
- Beraldi, P., and Bruni, M. E. (2009). **A probabilistic model applied to emergency service vehicle location.** *European Journal of Operational Research*, 196(1), 323–331.
- Beraldi, P., Bruni, M. E., and Conforti, D. (2004). **Designing robust emergency medical service via stochastic programming.** *European Journal of Operational Research*, 158(1), 183–193.
- Berman, O., Kalcsics, J., Krass, D., and Nickel, S. (2009). **The ordered gradual covering location problem on a network.** *Discrete Applied Mathematics*, 157(18), 3689–3707.
- Bianchi, G., and Church, R. L. (1988). **A hybrid FLEET model for emergency medical service system design.** *Social Science & Medicine*, 26(1), 163–171.
- Boffey, B., and Narula, S. C. (1998). **Models for multi-path covering-routing problems.** *Annals of Operations Research*, 82, 331–342.
- Borrás, F., and Pastor, J. T. (2002). **The ex-post evaluation of the minimum local reliability level: an enhanced probabilistic location set covering model.** *Annals of Operations Research*, 111(1–4), 51–74.
- Boyd, D. M., and Ellison, N. B. (2007). **Social network sites: Definition, history, and scholarship.** *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(1), 210–230. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2007.00393.x>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Brotcorne, L., Laporte, G., and Semet, F. (2003). **Ambulance location and relocation models**. *European Journal of Operational Research*, 147(3), 451–463. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00364-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00364-8)
- Calik, H., and Tansel, B. C. (2013). **Double bound method for solving the p-center location problem**. *Computers & Operations Research*, 40(12), 2991–2999.
- Caragea, C., McNeese, N. J., Jaiswal, A. R., Traylor, G., Kim, H.-W., Mitra, P., ... Jansen, B. J. (2011). **Classifying text messages for the haiti earthquake**. *ISCRAM*. Citeseer.
- Chae, J., Thom, D., Bosch, H., Jang, Y., Maciejewski, R., Ebert, D. S., and Ertl, T. (2012). **Spatiotemporal social media analytics for abnormal event detection and examination using seasonal-trend decomposition**. *IEEE VAST*, 143–152.
- Chaicharoenwut, P., Koiwanit, J., Changpetch, P., Buatongkue, S., and Yuangyai, C. (2018). **Integrating Spatial-Temporal Risk Factors for an Ambulance Allocation Strategy: A Case Study in Bangkok**. *MATEC Web of Conferences*, 192. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819201038>
- Chiyoshi, F. Y., Galvão, R. D., and Morabito, R. (2003). **A note on solutions to the maximal expected covering location problem**. *Computers & Operations Research*, 30(1), 87–96.
- Church, R., and ReVelle, C. (1974). **The maximal covering location problem**. *Papers of the Regional Science Association*, 32(1), 101–118. <https://doi.org/10.1007/BF01942293>
- Corvey, W. J., Vieweg, S., Rood, T., and Palmer, M. (2010). **Twitter in mass emergency: what NLP techniques can contribute**. pages 23–24, jun 2010. *Google Scholar Google Scholar Digital Library Digital Library*.
- Curtin, K. M., Hayslett-McCall, K., and Qiu, F. (2010). **Determining optimal police patrol areas with maximal covering and backup covering location models**. *Networks and Spatial Economics*, 10(1), 125–145. <https://doi.org/10.1007/s11067-007-9035-6>
- Daskin, M S. (1987). *Location, dispatching, and routing models for emergency services with stochastic travel times. Spatial analysis and location-allocation models*, A. Ghosh and G. Rushton, eds. Van Nostrand, New York.
- Daskin, Mark S. (1982). **Application of an expected covering model to emergency medical service system design**. *Decision Sciences*, 13(3), 416–439.
- Daskin, Mark S. (1983). **A maximum expected covering location model: formulation, properties and heuristic solution**. *Transportation Science*, 17(1), 48–70.
- Daskin, Mark S, Hogan, K., and ReVelle, C. (1988). **Integration of multiple, excess, backup, and expected covering models**. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 15(1), 15–35.

Daskin, Mark S, and Stern, E. H. (1981). **A hierarchical objective set covering model**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- for emergency medical service vehicle deployment. *Transportation Science*, 15(2), 137–152.
- David, G., and Harrington, S. E. (2010). **Population density and racial differences in the performance of emergency medical services.** *Journal of Health Economics*, 29(4), 603–615.
- De Longueville, B., Smith, R. S., and Luraschi, G. (2009). “ **OMG, from here, I can see the flames!**” a use case of mining location based social networks to acquire spatio-temporal data on forest fires. *Proceedings of the 2009 International Workshop on Location Based Social Networks*, 73–80.
- De Maio, V. J., Stiell, I. G., Wells, G. A., Spaite, D. W., and Group, O. P. A. L. S. S. (2003). **Optimal defibrillation response intervals for maximum out-of-hospital cardiac arrest survival rates.** *Annals of Emergency Medicine*, 42(2), 242–250.
- Dell’Olmo, P., Ricciardi, N., and 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.
- Derekenaris, G., Garofalakis, J., Makris, C., Prentzas, J., Sioutas, S., and Tsakalidis, A. (2000). **An information system for the effective management of ambulances.** *Proceedings 13th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems. CBMS 2000*, 269–273. IEEE.
- Dessouky, M., Ordonez, F., Jia, H., and Shen, Z. (2006). **Rapid distribution of medical supplies.** In *Patient Flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery* (pp. 309–338). Springer.
- Doerner, K. F., Gutjahr, W. J., Hartl, R. F., Karall, M., and Reimann, M. (2005). **Heuristic solution of an extended double-coverage ambulance location problem for Austria.** *Central European Journal of Operations Research*, 13(4), 325–340.
- Doerner, K. F., and Hartl, R. F. (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* (pp. 527–550). Springer.
- Duncan, K. D., McMullan, C., and Mills, B. M. (2012). **Early warning systems: the next level of rapid response.** *Nursing2019*, 42(2), 38–44.
- Eaton, D. J., Daskin, M. S., Simmons, D., Bulloch, B., and Jansma, G. (1985). **Determining emergency medical service vehicle deployment in Austin, Texas.** *Interfaces*, 15(1), 96–108.
- Eaton, D. J., U, H. M. L. S., Lantigua, R. R., and Morgan, J. (1986). **Determining ambulance deployment in santo domingo, dominican republic.** *Journal of the Operational Research Society*, 37(2), 113–126.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Erkut, E., Ingolfsson, A., and Erdoğan, G. (2008). **Ambulance location for maximum survival.** *Naval Research Logistics (NRL)*, 55(1), 42–58.
- Erkut, E., Ingolfsson, A., Sim, T., and Erdoğan, G. (2009). **Computational comparison of five maximal covering models for locating ambulances.** *Geographical Analysis*, 41(1), 43–65.
- Evans, J. L., Elefteriadou, L., and Gautam, N. (2001). **Probability of breakdown at freeway merges using Markov chains.** *Transportation Research Part B: Methodological*, 35(3), 237–254.
- Faizrahmemon, M., Schlote, A., Maggi, L., Crisostomi, E., and Shorten, R. (2015). **A big-data model for multi-modal public transportation with application to macroscopic control and optimisation.** *International Journal of Control*, 88(11), 2354–2368.
- Farahani, R. Z., and 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(3), 1839–1858.
- Fuchs, G., Andrienko, G., and Andrienko, N. (2013). *Extracting Personal Behavioral Patterns from Geo-Referenced Tweets.* 32, 71–88. <https://doi.org/10.1177/0309132507084817>
- Fuchs, G., Bothe, S., and Augustin, S. (2013). *Tracing the German Centennial Flood in the Stream of Tweets : First Lessons Learned Categories and Subject Descriptors.* 31–38.
- Fujiwara, O., Makjamroen, T., and Gupta, K. K. (1987). **Ambulance deployment analysis: A case study of Bangkok.** *European Journal of Operational Research*, 31(1), 9–18.
- Galvão, R. D., Chiyoshi, F. Y., and Morabito, R. (2005). **Towards unified formulations and extensions of two classical probabilistic location models.** *Computers & Operations Research*, 32(1), 15–33.
- Galvão, R. D., and ReVelle, C. (1996). **A Lagrangean heuristic for the maximal covering location problem.** *European Journal of Operational Research*, 88(1), 114–123. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00159-6](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00159-6)
- Gendreau, M., Laporte, G., and Semet, F. (1997). **Solving an ambulance location model by tabu search.** *Location Science*, 5(2), 75–88.
- Gendreau, M., Laporte, G., and Semet, F. (2001). **A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation.** *Parallel Computing*, 27(12), 1641–1653.
- Gendreau, M., Laporte, G., and Semet, F. (2006). **The maximal expected coverage relocation problem for emergency vehicles.** *Journal of the Operational Research Society*, 57(1), 22–28.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Goldberg, J. B. (2004). **Operations research models for the deployment of emergency services vehicles.** *EMS Management Journal*, 1(1), 20–39.
- Goldberg, J., Dietrich, R., Chen, J. M., Mitwasi, M. G., Valenzuela, T., and Criss, E. (1990). **Validating and applying a model for locating emergency medical vehicles in Tucson, AZ.** *European Journal of Operational Research*, 49(3), 308–324.
- Goldberg, J., and Paz, L. (1991). **Locating emergency vehicle bases when service time depends on call location.** *Transportation Science*, 25(4), 264–280.
- Green, L. V., and Kolesar, P. J. (2004). **Improving emergency responsiveness with management science.** *Management Science*, 50(8), 1001–1014. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0253>
- Grekousis, G., and Liu, Y. (2019). **Where will the next emergency event occur? Predicting ambulance demand in emergency medical services using artificial intelligence.** *Computers, Environment and Urban Systems*, 76(May), 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.04.006>
- Grinstead, C. M., and Snell, J. L. (2012). *Introduction to probability.* American Mathematical Soc.
- Harewood, S. I. (2002). **Emergency ambulance deployment in Barbados: a multi-objective approach.** *Journal of the Operational Research Society*, 53(2), 185–192.
- Hecht, B., Hong, L., Suh, B., and Chi, E. H. (2011). **Tweets from justin bieber’s heart: The dynamics of the “location” field in user profiles.** *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 237–246. <https://doi.org/10.1145/1978942.1978976>
- Henderson, S. G., and Mason, A. J. (2005). **Ambulance service planning: simulation and data visualisation.** In *Operations research and health care* (pp. 77–102). Springer.
- Hiltz, S. R., Diaz, P., and Mark, G. (2011). **Introduction: Social media and collaborative systems for crisis management.** *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 18(4), 1–6. <https://doi.org/10.1145/2063231.2063232>
- Hiltz, S. R., Van de Walle, B., and Turoff, M. (2014). **The domain of emergency management information.** *Information Systems for Emergency Management*, 16, 1.
- Hogan, K., and ReVelle, C. (1986). **Concepts and applications of backup coverage.** *Management Science*, 32(11), 1434–1444.
- Iannoni, A. P., and Morabito, R. (2007). **A multiple dispatch and partial backup hypercube queuing model to analyze emergency medical systems on highways.** *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 755–771.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Iannoni, A. P., Morabito, R., and Saydam, C. (2008). **A hypercube queueing model embedded into a genetic algorithm for ambulance deployment on highways.** *Annals of Operations Research*, 157(1), 207–224.
- Iannoni, A. P., Morabito, R., and Saydam, C. (2009). **An optimization approach for ambulance location and the districting of the response segments on highways.** *European Journal of Operational Research*, 195(2), 528–542.
- Ingolfsson, A., Budge, S., and Erkut, E. (2008). **Optimal ambulance location with random delays and travel times.** *Health Care Management Science*, 11(3), 262–274.
- Jagtenberg, C. J., Bhulai, S., and van der Mei, R. D. (2015). **An efficient heuristic for real-time ambulance redeployment.** *Operations Research for Health Care*, 4, 27–35.
- Jaramillo, J. H., Bhadury, J., and Batta, R. (2002). **On the use of genetic algorithms to solve location problems.** *Computers & Operations Research*, 29(6), 761–779.
- Jia, H., Ordóñez, F., and Dessouky, M. (2007a). **A modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies.** *IIE Transactions*, 39(1), 41–55.
- Jia, H., Ordóñez, F., and Dessouky, M. M. (2007b). **Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies.** *Computers & Industrial Engineering*, 52(2), 257–276.
- Kaewkitipong, L., Chen, C., and Ractham, P. (2012). **Lessons learned from the use of social media in combating a crisis: A case study of 2011 Thailand flooding disaster.** *Thirty Third International Conference on Information Systems*, 1–17.
- Karaman, M. (2008). **A Genetic Algorithm for the Multi-Level Maximal Covering Ambulance Location Problem.**
- Karasakal, O., and Karasakal, E. K. (2004). **A maximal covering location model in the presence of partial coverage.** *Computers & Operations Research*, 31(9), 1515–1526.
- Knight, V. A., Harper, P. R., and Smith, L. (2012). **Ambulance allocation for maximal survival with heterogeneous outcome measures.** *Omega*, 40(6), 918–926. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.02.003>
- Kosala, R., and Adi, E. (2012). **Harvesting real time traffic information from twitter.** *Procedia Engineering*, 50, 1–11.
- Kwon, J., Mauch, M., and Varaiya, P. (2006). **Components of congestion: Delay from incidents, special events, lane closures, weather, potential ramp metering gain, and excess demand.** *Transportation Research Record*, 1959(1), 84–91.
- 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–

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

402. <https://doi.org/10.1007/s10726-008-9113-2>
- Laporte, G., Louveaux, F. V., Semet, F., and Thirion, A. (2009). **Application of the double standard model for ambulance location.** In *Innovations in distribution logistics* (pp. 235–249). Springer.
- Larson, R. C. (1974). **A hypercube queuing model for facility location and redistricting in urban emergency services.** *Computers & Operations Research*, 1(1), 67–95.
- Larson, R. C. (1975). **Approximating the performance of urban emergency service systems.** *Operations Research*, 23(5), 845–868.
- Laylavi, F., Rajabifard, A., and Kalantari, M. (2017). **Event relatedness assessment of Twitter messages for emergency response.** *Information Processing & Management*, 53(1), 266–280.
- Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., and Wyatt, T. (2011). **Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: A review.** *Mathematical Methods of Operations Research*, 74(3), 281–310. <https://doi.org/10.1007/s00186-011-0363-4>
- 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.
- Maleki, M., Majlesinasab, N., and Sepehri, M. M. (2014). **Two new models for redeployment of ambulances.** *Computers & Industrial Engineering*, 78, 271–284.
- Mandell, M. B. (1998). **Covering models for two-tiered emergency medical services systems.** *Location Science*, 6(1–4), 355–368.
- Mannino, C., and Sassano, A. (1995). **Solving hard set covering problems.** *Operations Research Letters*, 18(1), 1–6.
- Marianov, V., and ReVelle, C. (1995). **Siting emergency services in facility Location: A survey of applications and methods.** *Facility Location, a Survey of Applications and Methods.* Springer-Verlag.
- Marianov, Vladimir, and ReVelle, C. (1994). **The queuing probabilistic location set covering problem and some extensions.** *Socio-Economic Planning Sciences*, 28(3), 167–178.
- Marianov, Vladimir, and ReVelle, C. (1996). **The queueing maximal availability location problem: a model for the siting of emergency vehicles.** *European Journal of Operational Research*, 93(1), 110–120.
- Mason, A. J. (2013). **Simulation and real-time optimised relocation for improving ambulance operations.** In *Handbook of Healthcare Operations Management* (pp. 289–317). Springer.

Maxwell, M. S., Henderson, S. G., and Topaloglu, H. (2009). **Ambulance redeployment:**  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- An approximate dynamic programming approach. *Winter Simulation Conference*, 1850–1860. Winter Simulation Conference.
- Maxwell, M. S., Restrepo, M., Henderson, S. G., and Topaloglu, H. (2010). **Approximate dynamic programming for ambulance redeployment.** *INFORMS Journal on Computing*, 22(2), 266–281.
- Mielczarek, B. (2014). **Simulation modelling for contracting hospital emergency services at the regional level.** *European Journal of Operational Research*, 235(1), 287–299. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.10.061>
- Mistovich, J. J., and Karren, K. J. (2013). *Prehospital Emergency Care-Prentice Hall* (10th ed.). United States of America.
- Moeini, M., Jemai, Z., and Sahin, E. (2014). **An integer programming model for the dynamic location and relocation of emergency vehicles: A case study.** *ArXiv Preprint ArXiv:1404.3285*.
- Montgomery, D. C. (2007). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & Sons.
- 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(4), 761–772. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2005.00485.x>
- Nair, R., and Miller-Hooks, E. (2009). **Evaluation of relocation strategies for emergency medical service vehicles.** *Transportation Research Record*, 2137(1), 63–73.
- Naoum-Sawaya, J., and Elhedhli, S. (2013). **A stochastic optimization model for real-time ambulance redeployment.** *Computers & Operations Research*, 40(8), 1972–1978.
- Nilsang, S., Yuangyai, C., Buatongkue, S., and Cheng, C.-Y. (2018). **Allocation strategy for an ambulance base under traffic congestion.** *MATEC Web of Conferences*, 192, 1026. EDP Sciences.
- Nilsang, S., Yuangyai, C., Cheng, C.-Y., and Janjarassuk, U. (2019). **Locating an ambulance base by using social media: A case study in Bangkok.** *Annals of Operations Research*, 283(1), 497–516. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2918-8>
- Palen, L., and Liu, S. B. (2007). **Citizen communications in crisis: anticipating a future of ICT-supported public participation.** *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 727–736.
- Palen, L., Vieweg, S., Liu, S. B., and 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(4), 467–480. <https://doi.org/10.1177/0894439309332302>

Pinto, L. R., Silva, P. M. S., and Young, T. P. (2015). **A generic method to develop**  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- simulation models for ambulance systems. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 51, 170–183.
- Rajagopalan, H. K., Saydam, C., and Xiao, J. (2008). A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances. *Computers & Operations Research*, 35(3), 814–826.
- Rajagopalan, H. K., Vergara, F. E., Saydam, C., and Xiao, J. (2007). Developing effective meta-heuristics for a probabilistic location model via experimental design. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 83–101.
- Reiter, J. G. (2015). Application of a Markov Chain Traffic Model to the Greater Philadelphia Region. *CONCEPT*, 38.
- Repede, J. F., and Bernardo, J. J. (1994). Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky. *European Journal of Operational Research*, 75(3), 567–581.
- Reuter-Oppermann, M., van den Berg, P. L., and Vile, J. L. (2017). Logistics for emergency medical service systems. *Health Systems*, 6(3), 187–208.
- ReVelle, C. (1989). Review, extension and prediction in emergency service siting models. *European Journal of Operational Research*, 40(1), 58–69.
- ReVelle, C., and Hogan, K. (1988). A reliability-constrained siting model with local estimates of busy fractions. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 15(2), 143–152.
- ReVelle, C., and Hogan, K. (1989). The maximum availability location problem. *Transportation Science*, 23(3), 192–200.
- ReVelle, C., and Marianov, V. (1991). A probabilistic FLEET model with individual vehicle reliability requirements. *European Journal of Operational Research*, 53(1), 93–105.
- Salman, S., and Alaswad, S. (2018). Alleviating road network congestion: Traffic pattern optimization using Markov chain traffic assignment. *Computers & Operations Research*, 99, 191–205.
- Sánchez-Mangas, R., García-Ferrer, A., De Juan, A., and Arroyo, A. M. (2010). The probability of death in road traffic accidents. How important is a quick medical response? *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1048–1056. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.12.012>
- Sarcevic, A., Palen, L., White, J., Starbird, K., Bagdouri, M., and Anderson, K. (2012). “Beacons of hope” in decentralized coordination: learning from on-the-ground medical twitterers during the 2010 Haiti earthquake. *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, 47–56.
- Saydam, C., and Aytuğ, H. (2003). Accurate estimation of expected coverage: revisited. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37(1), 69–80.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Saydam, C., Rajagopalan, H. K., Sharer, E., and Lawrimore-Belanger, K. (2013). **The dynamic redeployment coverage location model.** *Health Systems, 2*(2), 103–119.
- Schilling, D., Elzinga, D. J., Cohon, J., Church, R., and ReVelle, C. (1979). **The TEAM/FLEET models for simultaneous facility and equipment siting.** *Transportation Science, 13*(2), 163–175.
- Schmid, V. (2012). **Solving the dynamic ambulance relocation and dispatching problem using approximate dynamic programming.** *European Journal of Operational Research, 219*(3), 611–621.
- Schmid, V., and Doerner, K. F. (2010). **Ambulance location and relocation problems with time-dependent travel times.** *European Journal of Operational Research, 207*(3), 1293–1303. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.06.033>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.03.015>
- Shiah, D.-M., and Chen, S.-W. (2007). **Ambulance allocation capacity model.** *2007 9th International Conference on E-Health Networking, Application and Services*, 40–45. IEEE.
- Singer, M., and Donoso, P. (2008). **Assessing an ambulance service with queuing theory.** *Computers and Operations Research, 35*(8), 2549–2560. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.12.005>
- Sorensen, P., and Church, R. (2010). **Integrating expected coverage and local reliability for emergency medical services location problems.** *Socio-Economic Planning Sciences, 44*(1), 8–18.
- Stefanidis, A., Crooks, A., and Radzikowski, J. (2013). **Harvesting ambient geospatial information from social media feeds.** *GeoJournal, 78*(2), 319–338. <https://doi.org/10.1007/s10708-011-9438-2>
- Steiger, E., de Albuquerque, J. P., and Zipf, A. (2015). **An Advanced Systematic Literature Review on Spatiotemporal Analyses of Twitter Data.** *Transactions in GIS, 19*(6), 809–834. <https://doi.org/10.1111/tgis.12132>
- Storbeck, J. E. (1982). **Slack, natural slack, and location covering.** *Socio-Economic Planning Sciences, 16*(3), 99–105.
- Su, Q., Luo, Q., and Huang, S. H. (2015). **Cost-effective analyses for emergency medical services deployment: A case study in Shanghai.** *International Journal of Production Economics, 163*, 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.015>
- Sutton, J. N., Palen, L., and Shklovski, I. (2008). **Backchannels on the front lines: Emergency uses of social media in the 2007 Southern California Wildfires.** *In* เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Proceedings of the 5th International ISCRAM Conference.*

- Talarico, L., Meisel, F., and Sörensen, K. (2015). **Ambulance routing for disaster response with patient groups.** *Computers and Operations Research*, 56, 120–133. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.11.006>
- Thomson, R., Ito, N., Suda, H., Lin, F., Liu, Y., Hayasaka, R., ... Wang, Z. (2012). **Trusting tweets: The Fukushima disaster and information source credibility on Twitter.** *ISCRAM.*
- Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C., and Bergman, L. (1971). **The location of emergency service facilities.** *Operations Research*, 19(6), 1363–1373.
- van den Berg, P. L., and Aardal, K. (2015). **Time-dependent MEXCLP with start-up and relocation cost.** *European Journal of Operational Research*, 242(2), 383–389.
- van den Berg, P. L., Kommer, G. J., and Zuzáková, B. (2016). **Linear formulation for the maximum expected coverage location model with fractional coverage.** *Operations Research for Health Care*, 8, 33–41.
- Wang, H., Rudy, K., Li, J., and Ni, D. (2010). **Calculation of traffic flow breakdown probability to optimize link throughput.** *Applied Mathematical Modelling*, 34(11), 3376–3389.
- Wanichayapong, N., Pruthipunyaskul, W., Pattara-Atikom, W., and Chaovalit, P. (2011). **Social-based traffic information extraction and classification.** *2011 11th International Conference on ITS Telecommunications*, 107–112. IEEE.
- Yardi, S., and Boyd, D. (2010). **Tweeting from the town square: Measuring geographic local networks.** *Fourth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media.*
- Yates, D., and 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.
- Yuanyang, C., Nilsang, S., and Cheng, C.-Y. (2020). **Robust ambulance base allocation strategy with social media and traffic congestion information.** *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1–14.
- Zarandi, M. H. F., Davari, S., and Sisakht, S. A. H. (2013). **The large-scale dynamic maximal covering location problem.** *Mathematical and Computer Modelling*, 57(3–4), 710–719. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2012.07.028>
- Zhang, Z.-H., and Jiang, H. (2014). **A robust counterpart approach to the bi-objective emergency medical service design problem.** *Applied Mathematical Modelling*, 38(3), 1033–1040.
- Zheng, Y., Capra, L., Wolfson, O., and Yang, H. (2014). **Urban computing: concepts, methodologies, and applications.** *ACM Transactions on Intelligent Systems and*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Technology (TIST)*, 5(3), 1–55.

Zhou, Z., Matteson, D. S., Woodard, D. B., Henderson, S. G., and Micheas, A. C. (2015).

**A spatio-temporal point process model for ambulance demand.** *Journal of the American Statistical Association*, 110(509), 6–15.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกที่ 1  
การเขียนคำสั่ง เพื่อสร้างแอปพลิเคชันประเมินความเร็วการจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวกที่ 1 การเขียนคำสั่ง เพื่อสร้างแอปพลิเคชันประเมินความเร็วการจราจร

ลำดับ	รายละเอียด
1	<!DOCTYPE html>
2	<html>
3	<head>
4	<meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=no">
5	<meta charset="utf-8">
6	<title>Directions of speed</title>
7	<style>
8	#right-panel {
9	font-family: 'Roboto', sans-serif;
10	line-height: 30px;
11	padding-left: 10px;
12	}
13	
14	#right-panel select, #right-panel input {
15	font-size: 15px;
16	}
17	
18	#right-panel select {
19	width: 100%;
20	}
21	
22	#right-panel i {
23	font-size: 12px;
24	}
25	html, body {
26	height: 100%;
27	margin: 0;
28	padding: 0;
29	}
30	#map {
31	height: 100%;
32	float: left;
33	width: 70%;
34	height: 100%;
35	}
36	#right-panel {
37	margin: 20px;
38	border-width: 2px;
39	width: 20%;
40	height: 400px;
41	float: left;
42	text-align: left;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านนอกรั้ว

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
43	padding-top: 0;
44	}
45	#directions-panel {
46	margin-top: 0px;
47	background-color: #FFEE77;
48	padding: 10px;
49	overflow: scroll;
50	height: 100px;
51	}
52	#distance-panel {
53	margin-top: 0px;
54	background-color: #FFEE77;
55	padding: 10px;
56	height: 15px;
57	}
58	#duration-panel {
59	margin-top: 0px;
60	background-color: #FFEE77;
61	padding: 10px;
62	height: 15px;
63	}
64	#speed-panel {
65	margin-top: 0px;
66	background-color: #FFEE77;
67	padding: 10px;
68	height: 15px;
69	}
70	</style>
71	</head>
72	<body>
73	<div id="map"></div>
74	<div id="right-panel">
75	<div>
76	<b>Location:</b>
77	<select id="location">
78	<option value="13.951817, 100.619514">Location 1(1)</option>
79	<option value="13.954550, 100.574077">Location 1(2)</option>
80	<option value="13.950248, 100.622427">Location 2(1)</option>
81	<option value="13.923445, 100.625216">Location 2(2)</option>
82	<option value="13.939945, 100.864911">Location 4(1)</option>
83	<option value="13.943881, 100.894973">Location 4(2)</option>
84	<option value="13.928911, 100.562189">Location 5(1)</option>
85	<option value="13.895346, 100.554571">Location 5(2)</option>
86	<option value="13.926944, 100.605474">Location 6(1)</option>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
87	<option value="13.920630, 100.623340">Location 6(2)</option>
88	<option value="13.891806, 100.564512">Location 6(3)</option>
89	<option value="13.919391, 100.632237">Location 7(1)</option>
90	<option value="13.897092, 100.677162">Location 7(2)</option>
91	<option value="13.915228, 100.680300">Location 7(3)</option>
92	<option value="13.890473, 100.605745">Location 7(4)</option>
93	<option value="13.916662, 100.703378">Location 8(1)</option>
94	<option value="13.916662, 100.703378">Location 8(2)</option>
95	<option value="13.917256, 100.718196">Location 8(3)</option>
96	<option value="13.918889, 100.750985">Location 9(1)</option>
97	<option value="13.911807, 100.746968">Location 9(2)</option>
98	<option value="13.892385, 100.810407">Location 10(1)</option>
99	<option value="13.931593, 100.864358">Location 11(1)</option>
100	<option value="13.910175, 100.890084">Location 11(2)</option>
101	<option value="13.847311, 100.561665">Location 12(1)</option>
102	<option value="13.843901, 100.533594">Location 12(2)</option>
103	<option value="13.814090, 100.513895">Location 12(3)</option>
104	<option value="13.812162, 100.514383">Location 12(4)</option>
105	<option value="13.856343, 100.544392">Location 12(5)</option>
106	<option value="13.866525, 100.547609">Location 12(6)</option>
107	<option value="13.870310, 100.593619">Location 13(1)</option>
108	<option value="13.847448, 100.561845">Location 13(2)</option>
109	<option value="13.868522, 100.573033">Location 13(3)</option>
110	<option value="13.830745, 100.558967">Location 13(4)</option>
111	<option value="13.871519, 100.646262">Location 14(1)</option>
112	<option value="13.864528, 100.614725">Location 14(2)</option>
113	<option value="13.829506, 100.623681">Location 14(3)</option>
114	<option value="13.816219, 100.642745">Location 14(4)</option>
115	<option value="13.861214, 100.676573">Location 15(1)</option>
116	<option value="13.825709, 100.676402">Location 15(2)</option>
117	<option value="13.861915, 100.722526">Location 15(3)</option>
118	<option value="13.861837, 100.722291">Location 15(4)</option>
119	<option value="13.858869, 100.693216">Location 15(5)</option>
120	<option value="13.840267, 100.696209">Location 15(6)</option>
121	<option value="13.862473, 100.731925">Location 16(1)</option>
122	<option value="13.821497, 100.741793">Location 16(2)</option>
123	<option value="13.841267, 100.788200">Location 16(3)</option>
124	<option value="13.858115, 100.838960">Location 17(1)</option>
125	<option value="13.854648, 100.838672">Location 17(2)</option>
126	<option value="13.861522, 100.807590">Location 17(3)</option>
127	<option value="13.853870, 100.886165">Location 18(1)</option>
128	<option value="13.848351, 100.891262">Location 18(2)</option>
129	<option value="13.867268, 100.861427">Location 18(3)</option>
130	<option value="13.853976, 100.868900">Location 18(4)</option>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
131	<option value="13.815963, 100.933647">Location 19(1)</option>
132	<option value="13.800270, 100.329798">Location 20(1)</option>
133	<option value="13.788001, 100.332550">Location 20(2)</option>
134	<option value="13.777511, 100.328221">Location 20(3)</option>
135	<option value="13.777922, 100.340005">Location 20(4)</option>
136	<option value="13.800315, 100.340173">Location 21(1)</option>
137	<option value="13.788263, 100.340980">Location 21(2)</option>
138	<option value="13.777835, 100.340865">Location 21(3)</option>
139	<option value="13.798781, 100.363830">Location 21(4)</option>
140	<option value="13.799123, 100.394457">Location 21(5)</option>
141	<option value="13.801315, 100.410978">Location 22(1)</option>
142	<option value="13.798781, 100.450185">Location 22(2)</option>
143	<option value="13.798676, 100.426343">Location 22(3)</option>
144	<option value="13.790859, 100.410177">Location 22(4)</option>
145	<option value="13.801194, 100.411093">Location 22(5)</option>
146	<option value="13.785365, 100.449262">Location 23(1)</option>
147	<option value="13.782497, 100.450450">Location 23(2)</option>
148	<option value="13.787434, 100.468601">Location 23(3)</option>
149	<option value="13.756806, 100.469175">Location 23(4)</option>
150	<option value="13.812170, 100.550255">Location 24(1)</option>
151	<option value="13.811018, 100.558771">Location 24(2)</option>
152	<option value="13.812262, 100.559873">Location 24(3)</option>
153	<option value="13.780519, 100.503821">Location 24(4)</option>
154	<option value="13.761042, 100.525370">Location 24(5)</option>
155	<option value="13.815566, 100.575541">Location 25(1)</option>
156	<option value="13.813823, 100.621982">Location 25(2)</option>
157	<option value="13.813569, 100.560469">Location 25(3)</option>
158	<option value="13.780801, 100.619015">Location 26(1)</option>
159	<option value="13.778912, 100.677165">Location 26(2)</option>
160	<option value="13.809394, 100.649986">Location 26(3)</option>
161	<option value="13.812481, 100.717503">Location 27(1)</option>
162	<option value="13.816395, 100.744320">Location 27(2)</option>
163	<option value="13.817716, 100.676737">Location 27(3)</option>
164	<option value="13.812009, 100.737097">Location 28(1)</option>
165	<option value="13.750486, 100.794001">Location 28(2)</option>
166	<option value="13.755975, 100.745973">Location 28(3)</option>
167	<option value="13.806894, 100.837243">Location 29(1)</option>
168	<option value="13.806483, 100.837425">Location 29(2)</option>
169	<option value="13.809029, 100.906175">Location 30(1)</option>
170	<option value="13.811195, 100.871620">Location 30(2)</option>
171	<option value="13.804682, 100.930957">Location 31(1)</option>
172	<option value="13.704571, 100.330926">Location 32(1)</option>
173	<option value="13.746097, 100.329307">Location 32(2)</option>
174	<option value="13.752036, 100.352353">Location 33(1)</option>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
175	<option value="13.753783, 100.363896">Location 33(2)</option>
176	<option value="13.752987, 100.395328">Location 33(3)</option>
177	<option value="13.746294, 100.355192">Location 33(4)</option>
178	<option value="13.705566, 100.343318">Location 33(5)</option>
179	<option value="13.754749, 100.406098">Location 34(1)</option>
180	<option value="13.754054, 100.427343">Location 34(2)</option>
181	<option value="13.754324, 100.445915">Location 34(3)</option>
182	<option value="13.754616, 100.406453">Location 34(4)</option>
183	<option value="13.744325, 100.406183">Location 34(5)</option>
184	<option value="13.710489, 100.403345">Location 34(6)</option>
185	<option value="13.758621, 100.469554">Location 35(1)</option>
186	<option value="13.759817, 100.477823">Location 35(2)</option>
187	<option value="13.760228, 100.482683">Location 35(3)</option>
188	<option value="13.706885, 100.486336">Location 35(4)</option>
189	<option value="13.752640, 100.447001">Location 35(5)</option>
190	<option value="13.718279, 100.453243">Location 35(6)</option>
191	<option value="13.710850, 100.455606">Location 35(7)</option>
192	<option value="13.755792, 100.523605">Location 36(1)</option>
193	<option value="13.745605, 100.530739">Location 36(2)</option>
194	<option value="13.753136, 100.547589">Location 36(3)</option>
195	<option value="13.748048, 100.563219">Location 36(4)</option>
196	<option value="13.748923, 100.562978">Location 36(5)</option>
197	<option value="13.718955, 100.563562">Location 36(6)</option>
198	<option value="13.755395, 100.595137">Location 37(1)</option>
199	<option value="13.750345, 100.608609">Location 37(2)</option>
200	<option value="13.757591, 100.595602">Location 37(3)</option>
81	<option value="13.741404, 100.615914">Location 37(4)</option>
82	<option value="13.736333, 100.616002">Location 37(5)</option>
83	<option value="13.709784, 100.612826">Location 37(6)</option>
84	<option value="13.720106, 100.559636">Location 37(7)</option>
85	<option value="13.762347, 100.645666">Location 38(1)</option>
86	<option value="13.737901, 100.656408">Location 38(2)</option>
87	<option value="13.700437, 100.674553">Location 38(3)</option>
88	<option value="13.720098, 100.678319">Location 38(4)</option>
89	<option value="13.757374, 100.698451">Location 39(1)</option>
90	<option value="13.729252, 100.738815">Location 39(2)</option>
91	<option value="13.722448, 100.739193">Location 39(3)</option>
92	<option value="13.732223, 100.784620">Location 40(1)</option>
93	<option value="13.721871, 100.780208">Location 40(2)</option>
94	<option value="13.697849, 100.850935">Location 41(1)</option>
95	<option value="13.704326, 100.822854">Location 41(2)</option>
96	<option value="13.751002, 100.869156">Location 42(1)</option>
97	<option value="13.705352, 100.343317">Location 43(1)</option>
98	<option value="13.676329, 100.345717">Location 44(1)</option>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
99	<option value="13.707810, 100.373813">Location 44(2)</option>
100	<option value="13.710079, 100.406292">Location 45(1)</option>
101	<option value="13.684487, 100.408235">Location 45(2)</option>
102	<option value="13.663232, 100.406048">Location 45(3)</option>
103	<option value="13.643138, 100.411019">Location 45(4)</option>
104	<option value="13.689555, 100.452342">Location 46(1)</option>
105	<option value="13.674195, 100.458280">Location 46(2)</option>
106	<option value="13.689656, 100.510361">Location 47(1)</option>
107	<option value="13.671833, 100.508884">Location 47(2)</option>
108	<option value="13.670289, 100.619812">Location 48(1)</option>
109	<option value="13.658853, 100.600755">Location 48(2)</option>
110	<option value="13.654490, 100.641962">Location 49(1)</option>
111	<option value="13.663946, 100.652165">Location 49(2)</option>
112	<option value="13.657587, 100.691876">Location 50(1)</option>
113	<option value="13.632947, 100.365248">Location 51(1)</option>
114	<option value="13.609535, 100.376704">Location 51(2)</option>
115	<option value="13.643110, 100.410992">Location 52(1)</option>
116	<option value="13.642052, 100.410872">Location 52(2)</option>
117	<option value="13.626376, 100.451625">Location 53(1)</option>
118	<option value="13.568865, 100.419484">Location 55(1)</option>
119	<option value="13.519330, 100.406938">Location 56(1)</option>
120	</select>
121	 
122	<b>End point</b>
123	<select id="end">
124	<option value="13.929768, 100.607047">Location 1(1)</option>
125	<option value="13.933126, 100.566959">Location 1(2)</option>
126	<option value="13.923924, 100.625291">Location 2(1)</option>
127	<option value="13.921547, 100.686749">Location 2(2)</option>
128	<option value="13.925075, 100.864010">Location 4(1)</option>
129	<option value="13.921722, 100.891862">Location 4(2)</option>
130	<option value="13.867631, 100.547812">Location 5(1)</option>
131	<option value="13.892389, 100.562822">Location 5(2)</option>
132	<option value="13.871035, 100.574267">Location 6(1)</option>
133	<option value="13.869197, 100.593005">Location 6(2)</option>
134	<option value="13.863892, 100.615860">Location 6(3)</option>
135	<option value="13.901794, 100.612327">Location 7(1)</option>
136	<option value="13.862819, 100.645082">Location 7(2)</option>
137	<option value="13.866830, 100.646434">Location 7(3)</option>
138	<option value="13.875619, 100.647960">Location 7(4)</option>
139	<option value="13.897078, 100.677672">Location 8(1)</option>
140	<option value="13.854890, 100.674745">Location 8(2)</option>
141	<option value="13.863650, 100.722670">Location 8(3)</option>
142	<option value="13.862496, 100.731923">Location 9(1)</option>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
143	<option value="13.919196, 100.781171">Location 9(2)</option>
144	<option value="13.857417, 100.807208">Location 10(1)</option>
145	<option value="13.861463, 100.860982">Location 11(1)</option>
146	<option value="13.859371, 100.868684">Location 11(2)</option>
147	<option value="13.813220, 100.559753">Location 12(1)</option>
148	<option value="13.812864, 100.550353">Location 12(2)</option>
149	<option value="13.830712, 100.559106">Location 12(3)</option>
150	<option value="13.820276, 100.549276">Location 12(4)</option>
151	<option value="13.847902, 100.561382">Location 12(5)</option>
152	<option value="13.815803, 100.535710">Location 12(6)</option>
153	<option value="13.817362, 100.562531">Location 13(1)</option>
154	<option value="13.831631, 100.614280">Location 13(2)</option>
155	<option value="13.847715, 100.561883">Location 13(3)</option>
156	<option value="13.805559, 100.575055">Location 13(4)</option>
157	<option value="13.807549, 100.618532">Location 14(1)</option>
158	<option value="13.828735, 100.672867">Location 14(2)</option>
159	<option value="13.813845, 100.676322">Location 14(3)</option>
160	<option value="13.819720, 100.681438">Location 14(4)</option>
161	<option value="13.806815, 100.679159">Location 15(1)</option>
162	<option value="13.818868, 100.729631">Location 15(2)</option>
163	<option value="13.816793, 100.722040">Location 15(3)</option>
164	<option value="13.854329, 100.674998">Location 15(4)</option>
165	<option value="13.812888, 100.699155">Location 15(5)</option>
166	<option value="13.830136, 100.674850">Location 15(6)</option>
167	<option value="13.812383, 100.782568">Location 16(1)</option>
168	<option value="13.843629, 100.785206">Location 16(2)</option>
169	<option value="13.819020, 100.732541">Location 16(3)</option>
170	<option value="13.845594, 100.788926">Location 17(1)</option>
171	<option value="13.842470, 100.790429">Location 17(2)</option>
172	<option value="13.851838, 100.807377">Location 17(3)</option>
173	<option value="13.857815, 100.836579">Location 18(1)</option>
174	<option value="13.854472, 100.836799">Location 18(2)</option>
175	<option value="13.807609, 100.838032">Location 18(3)</option>
176	<option value="13.806777, 100.871836">Location 18(4)</option>
177	<option value="13.848314, 100.891316">Location 19(1)</option>
178	<option value="13.800270, 100.339168">Location 20(1)</option>
179	<option value="13.788189, 100.339746">Location 20(2)</option>
180	<option value="13.777807, 100.340228">Location 20(3)</option>
181	<option value="13.795745, 100.331639">Location 20(4)</option>
182	<option value="13.799134, 100.394238">Location 21(1)</option>
183	<option value="13.784617, 100.394232">Location 21(2)</option>
184	<option value="13.778629, 100.363613">Location 21(3)</option>
185	<option value="13.755987, 100.363909">Location 21(4)</option>
186	<option value="13.754938, 100.395295">Location 21(5)</option>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
187	<option value="13.783230, 100.409845">Location 22(1)</option>
188	<option value="13.752859, 100.446172">Location 22(2)</option>
189	<option value="13.753972, 100.427382">Location 22(3)</option>
190	<option value="13.797890, 100.448499">Location 22(4)</option>
191	<option value="13.786420, 100.444302">Location 22(5)</option>
192	<option value="13.801510, 100.501771">Location 23(1)</option>
193	<option value="13.780531, 100.503748">Location 23(2)</option>
194	<option value="13.758115, 100.494359">Location 23(3)</option>
195	<option value="13.790255, 100.503169">Location 23(4)</option>
196	<option value="13.766031, 100.527546">Location 24(1)</option>
197	<option value="13.746706, 100.530896">Location 24(2)</option>
198	<option value="13.763893, 100.548472">Location 24(3)</option>
199	<option value="13.759548, 100.556491">Location 24(4)</option>
200	<option value="13.766883, 100.539216">Location 24(5)</option>
201	<option value="13.756410, 100.565183">Location 25(1)</option>
202	<option value="13.757285, 100.596082">Location 25(2)</option>
203	<option value="13.782366, 100.616155">Location 25(3)</option>
204	<option value="13.785062, 100.674794">Location 26(1)</option>
205	<option value="13.759361, 100.618124">Location 26(2)</option>
206	<option value="13.763223, 100.648645">Location 26(3)</option>
207	<option value="13.785754, 100.675582">Location 27(1)</option>
208	<option value="13.779884, 100.678937">Location 27(2)</option>
209	<option value="13.749737, 100.702632">Location 27(3)</option>
210	<option value="13.730409, 100.746777">Location 28(1)</option>
211	<option value="13.755514, 100.746450">Location 28(2)</option>
212	<option value="13.731546, 100.716363">Location 28(3)</option>
213	<option value="13.811906, 100.785541">Location 29(1)</option>
214	<option value="13.750697, 100.794538">Location 29(2)</option>
215	<option value="13.806831, 100.837934">Location 30(1)</option>
216	<option value="13.749277, 100.869132">Location 30(2)</option>
217	<option value="13.809922, 100.907786">Location 31(1)</option>
218	<option value="13.705296, 100.339687">Location 32(1)</option>
219	<option value="13.704790, 100.330881">Location 32(2)</option>
220	<option value="13.708054, 100.373143">Location 33(1)</option>
221	<option value="13.707420, 100.364188">Location 33(2)</option>
222	<option value="13.709910, 100.395972">Location 33(3)</option>
223	<option value="13.744729, 100.395194">Location 33(4)</option>
224	<option value="13.709835, 100.395672">Location 33(5)</option>
225	<option value="13.708012, 100.406414">Location 34(1)</option>
226	<option value="13.712620, 100.428621">Location 34(2)</option>
227	<option value="13.721573, 100.458017">Location 34(3)</option>
228	<option value="13.752528, 100.445999">Location 34(4)</option>
229	<option value="13.737741, 100.447323">Location 34(5)</option>
230	<option value="13.717392, 100.450957">Location 34(6)</option>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
231	<option value="13.705216, 100.484923">Location 35(1)</option>
232	<option value="13.730990, 100.494570">Location 35(2)</option>
233	<option value="13.734244, 100.495694">Location 35(3)</option>
234	<option value="13.755623, 100.505227">Location 35(4)</option>
235	<option value="13.756050, 100.483385">Location 35(5)</option>
236	<option value="13.730067, 100.508496">Location 35(6)</option>
237	<option value="13.720270, 100.508762">Location 35(7)</option>
238	<option value="13.694987, 100.525364">Location 36(1)</option>
239	<option value="13.719033, 100.562164">Location 36(2)</option>
240	<option value="13.697848, 100.539621">Location 36(3)</option>
241	<option value="13.699272, 100.545908">Location 36(4)</option>
242	<option value="13.754822, 100.527240">Location 36(5)</option>
243	<option value="13.737496, 100.516967">Location 36(6)</option>
244	<option value="13.720136, 100.584482">Location 37(1)</option>
245	<option value="13.713303, 100.594271">Location 37(2)</option>
246	<option value="13.701529, 100.591943">Location 37(3)</option>
247	<option value="13.752758, 100.564604">Location 37(4)</option>
248	<option value="13.748777, 100.564209">Location 37(5)</option>
249	<option value="13.732563, 100.566591">Location 37(6)</option>
250	<option value="13.714183, 100.592380">Location 37(7)</option>
251	<option value="13.691733, 100.647247">Location 38(1)</option>
252	<option value="13.741303, 100.616343">Location 38(2)</option>
253	<option value="13.736375, 100.616539">Location 38(3)</option>
254	<option value="13.708971, 100.599682">Location 38(4)</option>
255	<option value="13.699441, 100.700017">Location 39(1)</option>
256	<option value="13.735635, 100.674847">Location 39(2)</option>
257	<option value="13.720105, 100.678296">Location 39(3)</option>
258	<option value="13.729268, 100.739063">Location 40(1)</option>
259	<option value="13.722429, 100.738923">Location 40(2)</option>
260	<option value="13.721875, 100.780704">Location 41(1)</option>
261	<option value="13.732210, 100.784550">Location 41(2)</option>
262	<option value="13.697956, 100.851344">Location 42(1)</option>
263	<option value="13.679657, 100.344943">Location 43(1)</option>
264	<option value="13.638703, 100.371804">Location 44(1)</option>
265	<option value="13.650408, 100.386667">Location 44(2)</option>
266	<option value="13.643210, 100.410657">Location 45(1)</option>
267	<option value="13.712575, 100.459298">Location 45(2)</option>
268	<option value="13.690644, 100.453648">Location 45(3)</option>
269	<option value="13.679889, 100.468819">Location 45(4)</option>
270	<option value="13.671893, 100.508475">Location 46(1)</option>
271	<option value="13.671483, 100.508398">Location 46(2)</option>
272	<option value="13.701948, 100.545488">Location 47(1)</option>
273	<option value="13.706881, 100.547501">Location 47(2)</option>
274	<option value="13.699873, 100.591112">Location 48(1)</option>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
275	<option value="13.710354, 100.597928">Location 48(2)</option>
276	<option value="13.712358, 100.643735">Location 49(1)</option>
277	<option value="13.672892, 100.607124">Location 49(2)</option>
278	<option value="13.698156, 100.699269">Location 50(1)</option>
279	<option value="13.662431, 100.404561">Location 51(1)</option>
280	<option value="13.642028, 100.409891">Location 51(2)</option>
281	<option value="13.656945, 100.429769">Location 52(1)</option>
282	<option value="13.626376, 100.451625">Location 52(2)</option>
283	<option value="13.622899, 100.515491">Location 53(1)</option>
284	<option value="13.626460, 100.434669">Location 55(1)</option>
285	<option value="13.568797, 100.419421">Location 56(1)</option>
286	</select>
287	 
288	<b>Traffic Model</b>
289	<select id="traffic">
290	<option value="bestguess">Default</option>
291	<option value="optimistic">Off-peak Time</option>
292	<option value="pessimistic">Peak Time</option>
293	</select>
294	 
295	<input type="submit" id="submit">
296	</div>
297	<b>Direction:</b>
298	<div id="directions-panel"></div>
299	<b>Distance (Km):</b>
300	<div id="distance-panel"></div>
301	<b>Duration (minutes):</b>
302	<div id="duration-panel"></div>
303	<b>Speed (Km/h):</b>
304	<div id="speed-panel"></div>
305	</div>
306	<script>
307	function initMap() {
308	var directionsService = new google.maps.DirectionsService;
309	var directionsDisplay = new google.maps.DirectionsRenderer;
310	var trafficLayer = new google.maps.TrafficLayer();
311	trafficLayer.setMap(map);
312	var map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
313	zoom: 10,
314	center: {lat: 13.72521, lng: 100.71373}
315	});
316	directionsDisplay.setMap(map);
317	
318	document.getElementById('submit').addEventListener('click', function() {

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
319	calculateAndDisplayRoute(directionsService, directionsDisplay);
320	});
321	document.getElementById('traffic').addEventListener('change', function() {
322	calculateAndDisplayRoute(directionsService, directionsDisplay);
323	});
324	}
325	
326	function calculateAndDisplayRoute(directionsService, directionsDisplay) {
327	directionsService.route({
328	origin: document.getElementById('location').value,
329	destination: document.getElementById('end').value,
330	unitSystem: google.maps.UnitSystem.METRIC,
331	travelMode: 'DRIVING',
332	drivingOptions: {
333	departureTime: new Date(Date.now()),
334	trafficModel: document.getElementById('traffic').value}
335	}, function(response, status) {
336	if (status === 'OK') {
337	directionsDisplay.setDirections(response);
338	var route = response.routes[0];
339	var outputDiv = document.getElementById('directions-panel');
340	outputDiv.innerHTML = "";
341	var distanceDiv = document.getElementById('distance-panel');
342	distanceDiv.innerHTML = "";
343	var durationDiv = document.getElementById('duration-panel');
344	durationDiv.innerHTML = "";
345	var speedDiv = document.getElementById('speed-panel');
346	speedDiv.innerHTML = "";
347	
348	for (var i = 0; i < route.legs.length; i++) {
349	var routeSegment = i + 1;
350	var Speed = Math.max((route.legs[i].distance.value/1000)
351	/(route.legs[i].duration_in_traffic.value/3600));
352	outputDiv.innerHTML += route.legs[i].start_address + ' to ';
353	outputDiv.innerHTML += route.legs[i].end_address + ' ;
354	distanceDiv.innerHTML += route.legs[i].distance.text + '  ;
355	durationDiv.innerHTML += route.legs[i].duration_in_traffic.text+'  ;
356	speedDiv.innerHTML += Speed + '  ;
357	}
358	}
359	});
360	}
361	</script>
362	<script async defer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	รายละเอียด
363	src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=YOUR_API_KEY &callback=initMap">
364	</script>
365	</body>
366	</html>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล สุริยพงศ์ นิลสังข์  
 วัน เดือน ปีเกิด 31 พฤษภาคม 2532 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี  
 ที่อยู่ 387/300 หมู่ 1 ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี  
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000  
 เบอร์โทรศัพท์: 084-846-1006  
 E-mail: suriyaphong.nilsang@gmail.com

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2555 – 2558 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา  
 วิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
 ลาดกระบัง  
 พ.ศ. 2551 – 2555 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม  
 อุตสาหการ มหาวิทยาลัยศิลปากร

### ผลงานทางด้านวิชาการ Journals (International)

1. Yuangyai, C., Nilsang, S., Cheng, C.-Y. (2020) “Robust Ambulance Base Allocation Strategy with Social Media and Traffic Congestion Information” Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. (Accepted for publication).
2. 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, 1-20, <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2918-8>

### Conference proceeding

3. Suriyaphong Nilsang, Chumpol Yuangyai, Sirisuda Buatongkue, and Chen-Yang Cheng. (2018), “Allocation strategy for an ambulance base under traffic congestion”, Proceeding of International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology, July 4-7, Phuket, Thailand.
4. Nilsang, S. Yuangyai, 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. 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.
6. สุริยพงศ์ นิลสังข์ธรรณ เจียรตระกุล และ ชุมพล ยวงโย (2563) “กลยุทธ์การกำหนดจุดจอตลอดฉุกเฉินด้วยข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ร่วมกับการประเมินสภาพการจราจรติดขัด” การประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ.2563 กรุงเทพฯ ประเทศไทย (ได้รับรางวัลบทความวิจัยระดับดีเด่น)
7. ภาคินัย ชัยเจริญวุฒิสุริยพงษ์ นิลสังข์พงศ์ดี อรรถวานิช และ ชุมพล ยวงโย (2563) “การประยุกต์ใช้ข้อมูลหลายปัจจัยเชิงพื้นที่และเวลาร่วมกับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ด้วยวิธีการแสดงผลข้อมูล สำหรับการจัดสรรจุดจอตลอดพยาบาลฉุกเฉิน” การประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2563 กรุงเทพฯ ประเทศไทย
8. ภรณ์ทร แก้วเขียว, สุริยพงศ์ นิลสังข์และ ชุมพล ยวงโย (2559) “การกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการจัดสมดุลและวางแผนทรัพยากรโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน” การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 54 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2559
9. สุริยพงศ์ นิลสังข์ ชลณพพงษ์ ศิริตัน กนกพร เรียนชมะนิยม อุดม จันทร์จรัสสุข ชุมพล ยวงโย (2556) “การกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุดให้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้สำหรับการจำลองสถานการณ์ในโรงพยาบาล” การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2555 พัทยาชลบุรี ประเทศไทย
10. ชลณพพงษ์ ศิริตัน สุริยพงศ์ นิลสังข์กนกพร เรียนชมะนิยม อุดม จันทร์จรัสสุข ชุมพล ยวงโย (2556) “การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ สำหรับแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาลการ” ประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรม ประจำปี 2556 พัทยาชลบุรี ประเทศไทย

### ผลงานการทำงานที่ปรึกษาโครงการ

พ.ศ. 2563 ผู้ช่วยนักวิจัย “โครงการพัฒนาระบบการจัดการฐานข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม” สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ. 2562 ผู้ช่วยนักวิจัย “ประมวลผล Salary survey 2019” สมาคม  
การจัดการธุรกิจแห่งประเทศไทย (TMA)

พ.ศ. 2560 ผู้ช่วยนักวิจัย “โครงการศึกษาโครงสร้างพื้นฐานรองรับการ  
พัฒนานิคมอุตสาหกรรม “Industry 4.0” การนิคมอุตสาหกรรมแห่ง  
ประเทศไทย

พ.ศ. 2560 ผู้ช่วยที่ปรึกษา “โครงการการปรับตัวของกระบวนการผลิตและ  
การวางแผนด้านกำลังพลเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรม 4.0” บริษัท น้ำตาล ทรบุรี  
จำกัด (มหาชน) โดยสมาคมการจัดการธุรกิจแห่งประเทศไทย (TMA)

พ.ศ. 2557 ผู้ช่วยที่ปรึกษา “โครงการการวางแผนและปรับปรุงผลิตภาพ  
ด้านกำลังพล” บริษัท น้ำตาล ทรบุรีจำกัด (มหาชน) โดยสมาคมการจัดการ  
ธุรกิจแห่งประเทศไทย (TMA)

พ.ศ. 2556 ผู้ช่วยที่ปรึกษา “โครงการปรับปรุงงานและวางแผนอัตรากำลัง  
พล” บริษัท น้ำตาล ทรบุรีจำกัด (มหาชน) โดยสมาคมการจัดการธุรกิจแห่ง  
ประเทศไทย (TMA)

พ.ศ. 2556 ผู้ช่วยที่ปรึกษา “โครงการการวางแผนอัตรากำลังพล” บริษัท  
พฤษภา เรียวเอสเตท จำกัด (มหาชน) โดยสมาคมการจัดการธุรกิจแห่ง  
ประเทศไทย (TMA)