

# การพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์เส้นทาง ในการเข้าถึงสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ Open Route Service

## Development of an Emergency Notification System with GPS Sensors to Analyze Access Routes for Emergency Medical Services using IoT and Open Route Service

ฤทัยรัตน์ หะทัยธาระ<sup>1</sup>, กัมปนาท ปิยะธำรงชัย<sup>1</sup>, สิตติชัย ชูสำโรง<sup>1,\*</sup>

Rhutairat Hataitara<sup>1</sup>, Kampart Piyathamrongchai<sup>1</sup>, Sittichai Choosumrong<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

<sup>1</sup> Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Nature Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

\* Corresponding Author: Sittichai Choosumrong, sittichai@nu.ac.th

### Received:

25 August 2023

### Revised:

26 September 2023

### Accepted:

2 October 2023

### คำสำคัญ:

ระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน, การเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทาง, แอปพลิเคชันแผนที่บนเว็บ, เทคโนโลยี Geo-IoT

### Keywords:

Emergency Notification System, Route Optimization, Web Map Application, Geo-IoT Technology

**บทคัดย่อ:** ในสังคมปัจจุบัน การเกิดอุบัติเหตุหรือการเจ็บป่วยฉุกเฉินมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นปัญหาอย่างหนึ่งของสังคม โดยสาเหตุเกิดจากการไม่ได้รับการรักษาพยาบาลอย่างถูกต้องและทันเวลาที่ ซึ่งปัญหาเกิดจากผู้แจ้งเหตุบอกตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินไม่ชัดเจนหรือการเดินทางของรถโรงพยาบาลหรือรถกู้ชีพประสบปัญหาเกี่ยวกับทางจราจรที่คับคั่ง ส่งผลให้ผู้ป่วยฉุกเฉินได้รับข้อบกพร่องทางร่างกาย จนกลายเป็นเหตุให้เสียโอกาสในการรอดชีวิตได้ การศึกษาครั้งนี้จึงได้พัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งและพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบน Web Map Application โดยมีวัตถุประสงค์คือ 1) ออกแบบระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินเพื่อใช้ในการติดตามตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุได้แบบเรียลไทม์โดยใช้การ Geo-IoT และ 2) เพื่อพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินบน Web Map Application และ pgRouting การพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางนี้ได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open-Source Software for Geospatial: FOSS4G) มาใช้ในการพัฒนาระบบทั้งหมด ส่วนเงื่อนไขในการสืบค้นและวิเคราะห์โครงสร้างถนนผู้วิจัยได้ใช้ pgRouting Library เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการสนับสนุนงานด้านการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินได้ ทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินได้รวดเร็วกว่าเดิมและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเหตุฉุกเฉินได้แบบเรียลไทม์ ส่งผลให้ผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินจะได้รับการรักษาพยาบาลที่ทันเวลาและรวดเร็ว

**Abstract:** In present-day society, the occurrence of accidents and emergency illnesses has been consistently increasing, to the point where it has become a significant social issue. The cause is due to the lack of proper and timely medical treatment. The problem arises from the informer stating the location of the emergency caller is not clear or the journey of the ambulance car or emergency rescue vehicle was having problems with congested traffic. As a result, emergency patients suffer physical defects, leading to a reduced chance of survival. This study therefore developed an emergency notification system with positioning sensors and developed a system to find the most suitable route to reach emergency patients via Web Map Application. The goals of this study are 1) creating a Geo-IoT based emergency notification system to track the informant's whereabouts in real time, and 2) To develop a route search system for emergency medical services on Web Map Application and pgRouting. The development of this route search system uses the Free and Open-Source Software for Geospatial (FOSS4G) to develop the entire system. As for searching and analyzing road structures, the researcher used the pgRouting Library to help analyze the shortest path. The result of this study revealed that the developed system can be used to support the work of providing emergency medical services. It helps locate the emergency caller faster than before and improves efficiency in real-time emergency notification. As a result, the whistleblower will receive timely and rapid medical treatment.

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันหลายประเทศกำลังเผชิญกับปัญหาสังคมสูงวัยอันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากร เช่นเดียวกับประเทศไทย ประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผู้สูงอายุคือกลุ่มผู้พิการส่วนใหญ่ ซึ่งกลุ่มของผู้สูงอายุนี้จะมีคามพิการทางการเคลื่อนไหวหรือทางร่างกายมากที่สุด อันเนื่องมาจากสาเหตุการเสื่อมและการถดถอยของร่างกาย อีกทั้งจากโรคภัยไข้เจ็บ เป็นผลให้การทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ลดลง ทำให้ผู้สูงอายุมีความต้องการที่พึ่งพาที่เพิ่มสูงขึ้นในด้านการใช้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน (Kaewwilai, 2022)

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical System: EMS) เป็นหนึ่งในหลายระบบที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อช่วยลดจำนวนการสูญเสีย การทุพพลภาพ และการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย อันเกิดจากความล่าช้าในการลำเลียงเคลื่อนย้ายผู้ป่วย โดยการจัดทำ

ระบบรับแจ้งเหตุที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีความรู้ในการดำเนินการ และเข้าใจในระบบการแพทย์ฉุกเฉิน จึงต้องอาศัยความร่วมมือของผู้นำท้องถิ่นหรือชุมชน เพื่อให้ปฏิบัติการฉุกเฉินได้อย่างถูกต้อง ทันทีและสามารถช่วยเหลือผู้ป่วยฉุกเฉินไม่ให้เสียชีวิต เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์จากระบบการแพทย์ฉุกเฉินที่มีคุณภาพและมาตรฐานในการเข้าถึงระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินอย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกัน ตามพระราชบัญญัติการแพทย์ฉุกเฉิน พ.ศ. 2551 ได้กำหนดเป้าหมายที่สำคัญ คือ ลดการเสียชีวิต ความพิการ และอาการแทรกซ้อนจากการเจ็บป่วยฉุกเฉิน จึงต้องมีการพัฒนาระบบการแพทย์ฉุกเฉิน (Wangsri, 2013)

ปัจจุบันในประเทศไทยมีหลายช่องทางการติดต่อการใช้บริการสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินได้หลายช่องทาง เช่น ทางโทรศัพท์สายด่วน 1669, การใช้แอปพลิเคชัน ThaiEMS 1669, Mobile Applica-

tion 1669 และ Application TTRS Video (call center) ใช้สำหรับผู้ปกครองทางการได้ยินและการพูด) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้โทรศัพท์ทางสายด่วน 1669 หรือ Mobile Application 1669 เพื่อแจ้งจุดเกิดเหตุฉุกเฉิน สำหรับกลุ่มผู้สูงอายุอาจมีปัญหาและใช้เวลานานในการสื่อสารเพื่อหาจุดเกิดเหตุ สาเหตุคือผู้แจ้งเบาะแสอาจควบคุมสติไม่ได้ การบอกสถานที่เกิดเหตุไม่ถูกต้องครบถ้วน ทำให้พนักงานขับรถเลือกใช้เส้นทางที่เข้าถึงตำแหน่งของผู้ป่วยได้ล่าช้า ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาพยาบาลที่ล่าช้าและไม่ทันเวลา อาจทำให้เสียชีวิตหรือทำให้อวัยวะต่างๆ บกพร่อง ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานตามปกติ และยังอาจทำให้การบาดเจ็บหรืออาการเจ็บป่วยเล็กน้อยรุนแรงขึ้น ดังนั้นปัญหาเหล่านี้จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องหาทางแก้ไขเพื่อให้กลุ่มผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงบริการการแพทย์ฉุกเฉินได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้รถโรงพยาบาลหรือรถกู้ชีพฉุกเฉินเลือกใช้เส้นทางที่ใกล้ที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดไปยังจุดเกิดเหตุฉุกเฉินได้โดยเร็วที่สุด

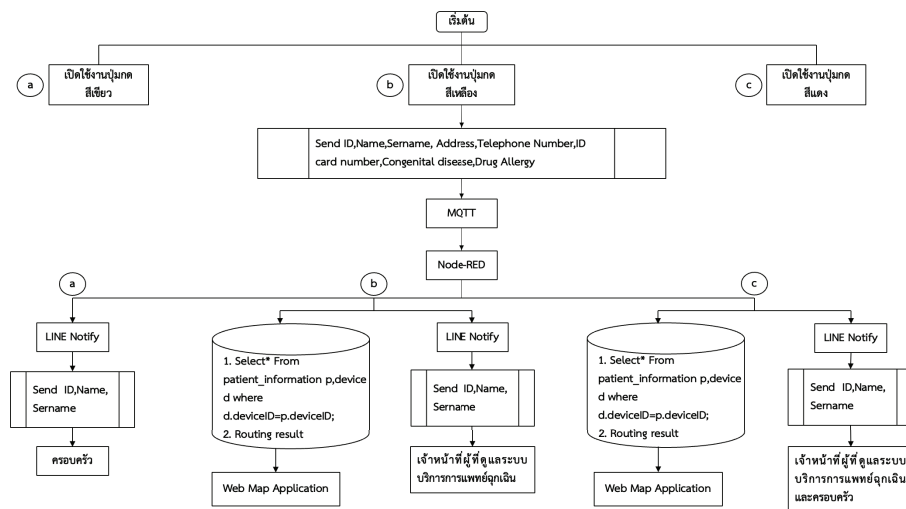
โดยในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้เข้ามามีบทบาทกับวิถีชีวิตและสังคมมนุษย์มากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นเซนเซอร์ที่มากับอุปกรณ์ smart ต่างๆ ที่รู้จักกันในนาม อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ Internet of Things (IoT) รวมถึงเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศหรือ Geo-Informatics เป็นสารสนเทศอีกประเภทหนึ่งที่เป็นที่รู้จักและใช้งานมากในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่นแผนที่ออนไลน์ (Web GIS) และระบบอินเทอร์เน็ตหรือจะเป็นโปรแกรมแบบรหัสเปิด (OpenSource) เช่น PostgreSQL/PostGIS, pgRouting, QGIS, Apache, PHP, HTML, OpenStreetMap และอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันมนุษย์เรานำเทคโนโลยีเหล่านี้ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น รวมถึงนำมาประยุกต์ใช้ในทางด้านทางการแพทย์ หรือด้านการค้นหาเส้นทาง เป็นต้น (Patchara, 2016)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน โดยการใช้ Dijkstra's algorithm ใน pgRouting ร่วมกับ Web Map Application และอุปกรณ์ Geo-IoT โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งบนอุปกรณ์ IoT และพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดไปยังจุดเกิดเหตุโดยใช้ OpenSource เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการติดตามตำแหน่งที่ตั้งของจุดผู้แจ้งเหตุได้แบบเรียลไทม์พร้อมกับค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดไปยังจุดแจ้งเหตุฉุกเฉินโดยแสดงผ่าน Web Map Application

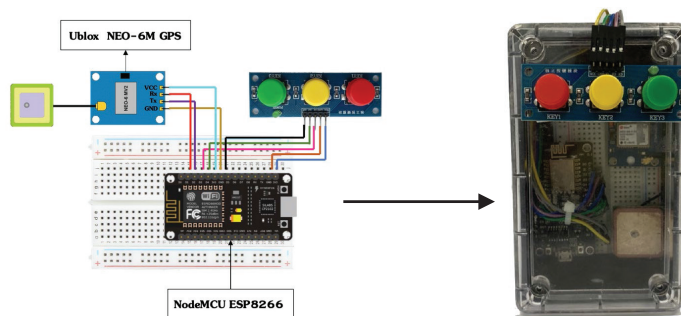
## 2. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 2.1 การออกแบบการทำงานของระบบ

ภาพประกอบ 1 แสดงภาพรวมการพัฒนา ระบบ Smart Emergency Notification System based on IoT (SENS-IoT) ด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งเพื่อใช้ในการติดตามจุดแจ้งเหตุฉุกเฉินในการเข้าถึงบริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยโมดูล Ublox NEO-6M GPS และ Web Map Application มีรูปแบบการทำงานดังนี้ (a) เมื่อผู้ใช้ประสบอุบัติเหตุและเปิดใช้งานปุ่มกดสีแดง อุปกรณ์ SENS-IoT จะแจ้งเตือนไปยังระบบและส่งการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ไปยังโทรศัพท์มือถือของครอบครัวทันที (b) เมื่อผู้ใช้เกิดอุบัติเหตุฉุกเฉินแล้วทำการเปิดใช้งานปุ่มกดสีแดง อุปกรณ์ SENS-IoT แจ้งเหตุเข้ามาในระบบและข้อความจะแจ้งเตือนผ่าน Line Notify เข้าสู่โทรศัพท์มือถือของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินทันที รวมถึงจะมีการส่งตำแหน่งพิกัดไปในระบบด้วย เมื่อระบบได้รับละติจูด ลองจิจูด และรายละเอียดผู้ใช้แล้ว ระบบจะค้นหาเส้นทางที่พัฒนาด้วย pgRouting และคำนวณเส้นทางจากโรงพยาบาล



ภาพประกอบ 1 ภาพรวมของระบบ SENS-IoT กับ Web Map Application



ภาพประกอบ 2 การต่อวงจรระหว่างบอร์ด NodeMCU ESP8266 และ Ublox NEO-6M GPS

หรือรถกู้ภัยฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุด ไปที่จุดแจ้งเตือนโดยเร็วที่สุด ข้อมูลจะแสดงบน Web Map Application และ (c) เมื่อผู้ใช้ประสบอุบัติเหตุและเปิดใช้งานปุ่มสีแดง อุปกรณ์ SENS-IoT จะแจ้งเหตุให้ระบบทราบและจะส่งข้อความทาง Line Notify ไปยังโทรศัพท์มือถือของบุคลากรที่รับผิดชอบจัดการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินและสมาชิกในครอบครัวทันที เมื่อระบบได้ตำแหน่งผู้แจ้งเหตุแล้ว ระบบจะทำการคำนวณเส้นทางจากโรงพยาบาลหรือรถกู้ภัยฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุด ไปที่จุดแจ้งเหตุฉุกเฉินโดยเร็วที่สุด ข้อมูลจะแสดงบน Web Map Application ดังผังงานในภาพประกอบที่ 1 ด้านล่าง

## 2.2 การออกแบบการทำงานของระบบแจ้งตำแหน่งด้วยเซนเซอร์ Ublox NEO-6M GPS และ NodeMCU ESP8266

การพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งบน IoT ที่แสดงข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของผู้แจ้งเหตุแบบเรียลไทม์ ได้ออกแบบการทำงานของเซนเซอร์ที่เป็นในส่วนของจีพีเอส โดยมีรายละเอียดของการออกแบบการทำงานและวิเคราะห์ระบบดังนี้ การออกแบบการทำงานของเซนเซอร์ Ublox NEO-6M GPS ขั้นตอนแรกในการจัดการกับการทำงานของเซนเซอร์ คือ โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับเขียนภาษา C เพื่อกำหนดคำสั่ง

เงื่อนไขการทำงานให้กับเซนเซอร์ด้วยการอัปโหลดคำสั่งที่เขียนไปยังตัวเซนเซอร์ (NodeMCU ESP8266 + Ublox NEO-6M GPS) ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยทำการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด NodeMCU ESP8266 และ Ublox NEO-6M GPS ดังภาพประกอบ 2

## 2.3 การวิเคราะห์โครงข่ายถนนด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open-Source Software for Geospatial: FOSS4G) pgRouting

ซอฟต์แวร์รหัสเปิด pgRouting Library เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) โดยมีการพัฒนามาจาก dijkstra's algorithm pgRouting เป็นส่วนขยายของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ PostgreSQL/PostGIS โดยเพิ่มฟังก์ชันการคำนวณหาระยะทาง และการวิเคราะห์โครงข่ายอื่นๆ โดยวัตถุประสงค์หลักของ pgRouting คือ จัดหาฟังก์ชันสำหรับการใช้งานใน PostgreSQL/PostGIS เพื่อสร้างเครื่องมือในการคำนวณหาระยะทาง (Mali *et al.*, 2012) ซึ่งจะทำงานคล้ายๆ กับชุดคำสั่งในโปรแกรมบางโปรแกรม เช่น คำสั่งการค้นหาเส้นทางที่ใกล้ที่สุดในโปรแกรม ArcGIS Desktop หรือการขอเส้นทางใน Google Direction ที่ใช้ Dijkstra's algorithm ในการคำนวณเช่นกัน แต่ไม่ว่าจะ ArcGIS หรือ Google Direction เราไม่สามารถที่จะทำการเพิ่มเงื่อนไขในการค้นหาเส้นทางได้ด้วยตนเอง จึงมีแนวคิดที่จะนำ pgRouting มาใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทาง โดยเฉพาะเส้นทางในการเข้าถึงผู้ป่วยเพื่อช่วยเหลือทางการแพทย์ฉุกเฉิน ที่ไม่เฉพาะในเรื่องของระยะทางบนถนนเท่านั้น แต่สามารถใช้ได้กับข้อมูลอะไรก็ได้ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง การสิ้นเปลืองเวลา น้ำมัน เงิน ความปลอดภัย เช่น การเลือกที่จะไปเส้นทางที่เร็วที่สุด ไปเส้นทางที่ใกล้ ที่สุด ไปเส้นทางที่ผ่านทางลาดชันน้อยที่สุด เป็นต้น (Humhong *et al.*, 2016) นอกจาก pgRouting สามารถคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดและเร็วที่สุดแล้ว pgRouting

ยังสามารถช่วยในการวางแผนการเดินทางในการเข้าถึงหลายๆจุดในการเดินทางครั้งเดียว รู้จักกันในชื่อ The travelling salesman problem (TSP) เช่น จะไปส่งของให้ลูกค้าทั้งหมด 4 ที่ โดยเริ่มต้นเดินทางจากโรงงานผู้ผลิตควรจะไปส่งของให้ลูกค้ารายใดก่อนหลัง ตามลำดับ เพื่อช่วยในการประหยัดเวลาและน้ำมัน (Choosumrong *et al.*, 2014) ก็สามารถที่จะเอามาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการเดินทางไปเยี่ยมผู้ป่วยหลายๆจุดในวันเดียวได้เช่นกัน

### การทำงานของ pgRouting ฟังก์ชันอัลกอริทึมไดจ์สตรา

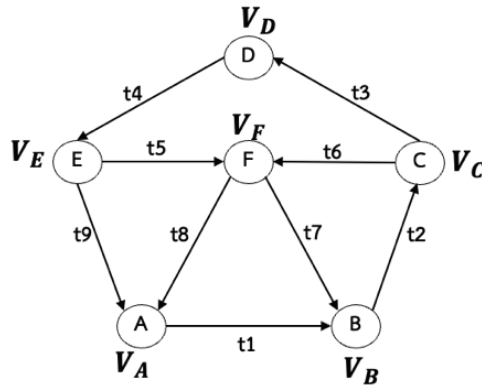
อัลกอริทึมของไดจ์สตรา (Dijkstra's algorithm) เป็นหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของ Dijkstra (E.W. Dijkstra, 1959) ซึ่งเป็นการนำเอาทฤษฎีกราฟมาใช้ในการคำนวณหาเส้นทางที่เร็วที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดของรถพยาบาลและรถกู้ภัยฉุกเฉินไปยังจุดเกิดเหตุฉุกเฉินและขณะเดียวกันก็คำนวณหาเส้นทางจากจุดเกิดเหตุไปยังโรงพยาบาล โดยใช้เวอร์เท็กซ์ (Vertex) และเส้น (Edge) แทนถนนที่เชื่อมต่อกัน กำหนดระยะทางระหว่างจุดเป็นตัวเลขลงไปในกราฟ โดยเรียกกราฟดังกล่าวว่ากราฟถ่วงน้ำหนัก (Weighted Graph) คือกราฟที่เส้นเชื่อมทุกเส้นมีค่าน้ำหนักที่มีค่าเป็นจำนวนจริงที่ไม่ติดลบ (Klawwikarn & Jirakajohnkool, 2014) สำหรับการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้น (start\_vid) ไปยังจุดสิ้นสุด (end\_vid) ซึ่งสามารถคำนวณเส้นทางได้ทั้งแบบ directed graph และ undirected graph (pgRouting Contributors, 2013) ดังสูตร

จากสูตร

$$G = (V, E) \quad (1)$$

เมื่อ

$V(G)$  คือ เซตของเวอร์เท็กซ์ (Vertex) ในกราฟ



ภาพประกอบ 3 การทำงานของกราฟ Dijkstra

$E(G)$  คือ เซตของเส้น (Edge) ในกราฟ

คำสั่งการคำนวณ pgr\_dijkstra (Shortest Path Dijkstra)

$$V(x) = \min\{V(x), W(x) + d(y)\} \quad (2)$$

pgr\_dijkstra(sql, , directed)

เมื่อ  $sql = \{(id, source, target, cost, reverse\_cost)\}$

•  $d(y) = \text{dist}(v,y) \mid \min\{\text{distance from node start to node } y\}$

และ  $source = U source_i$ ,

•  $W(x) = \text{weight}(i,j) \mid \text{Distance from } i \text{ to } j: \text{edge}(i,j)$

$target = U target_i$ ,

$d(y)$  คือ ระยะทางของ Node ที่นำมาคำนวณ โดยจะเลือก Node ที่น้อยที่สุดของค่าที่นำมาคำนวณ ในครั้งนั้น และ  $W(x)$  คือ ค่าระยะทางจาก Node  $i$  ไปยัง Node  $j$

กราฟถ่วงค่าน้ำหนัก  $G_d = (V,E)$  จะถูก กำหนดโดย

เซตของเวอร์เท็กซ์ (V)

$$V = source \cup target \cup start_{vid} \cup end_{vid}$$

$$G = (V, E)$$

$$V(G) = \{A, B, C, D, E, F\}$$

$$E(G) = \{t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t8, t9\}$$

โดย  $V(G)$  คือ เซตของจุดต่อ (node) และ  $E(G)$  คือ เซตของเส้น (edges)

เซตของเส้น (E)

$$E = \left\{ \begin{array}{l} \{(source_i, target_i, cost_i) \mid \text{เมื่อ } cost_i \geq 0\} \\ \quad \text{if } reverse\_cost = \emptyset \\ \{(source_i, target_i, cost_i) \mid \text{เมื่อ } cost_i \geq 0\} \\ \cup \{(source_i, target_i, reverse\_cost_i) \mid \text{เมื่อ } \\ \quad reverse\_cost_i \geq 0\} \text{ if } reverse\_cost \\ \neq \emptyset \end{array} \right.$$



## 2.4 กระบวนการพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งและการค้นหาเส้นทางสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินบน Web Map Application

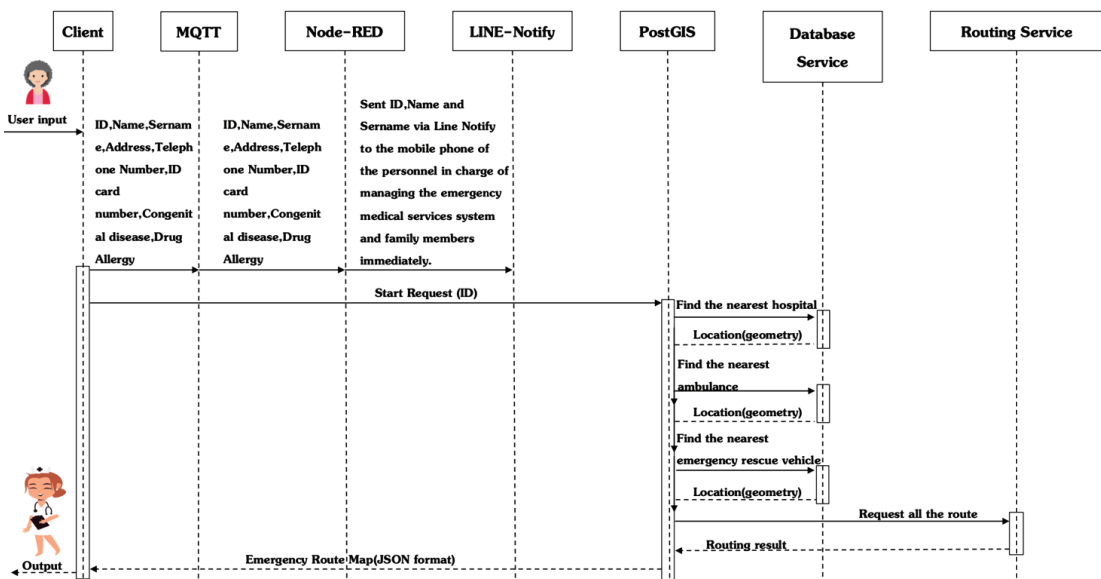
การศึกษานี้ได้พัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งและข้อมูลฉุกเฉินด้านสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการ ในภาพประกอบ 4 ในขั้นตอนที่ 1 เมื่อผู้สูงอายุหรือผู้พิการกดปุ่มบนอุปกรณ์ SENS-IoT เพื่อขอความช่วยเหลือ ขั้นตอนการทำงานของระบบจะเริ่มต้นขึ้น ตำแหน่งและรหัสอุปกรณ์จะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล จากนั้นระบบจะค้นหารายละเอียดของผู้ป่วยโดยค้นหาจากรหัสอุปกรณ์ในฐานข้อมูลของผู้ป่วย ในขั้นตอนที่ 2 หลังจากได้รับรายละเอียดของผู้ป่วย รวมทั้งอาการและตำแหน่งแล้ว ตำแหน่งนั้นจะถูกกำหนดเป็นจุดสิ้นสุด ในขั้นตอนที่ 3-5 ระบบจะค้นหาโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด โรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด และรถกู้ภัยฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุดจากตำแหน่งของอุปกรณ์ โดยในขั้นตอนนี้ระบบจะทำการค้นหาตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดจากระยะการเดินทางจริงบนท้องถนนด้วยฟังก์ชัน service area

และ driving distant จากนั้นจะทำการกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้น (x1, y1) ระบบจะกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดไปยังจุดเกิดเหตุฉุกเฉินในขั้นตอนที่ 2 และจะส่งคืนผลลัพธ์การกำหนดเส้นทางกลับมาในรูปแบบ GeoJSON และแสดงบนหน้าเว็บอินเทอร์เฟซ (Choosumrong *et al.*, 2019)

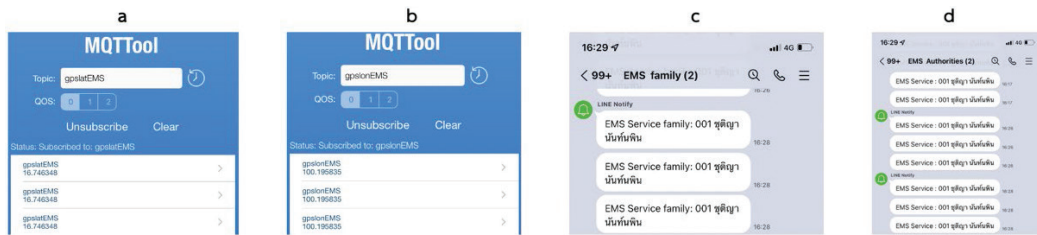
## 3. ผลการวิจัย

### 3.1 ผลการแสดงผลข้อมูลจากอุปกรณ์เซนเซอร์ผ่าน Message Queue Telemetry Transport (MQTT) และการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify

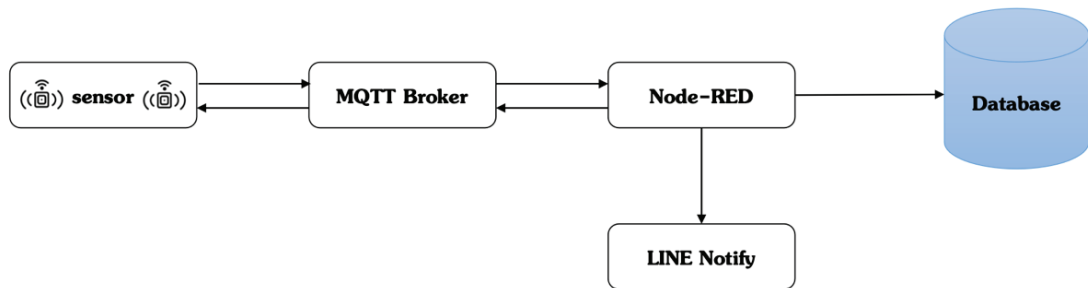
การพัฒนาระบบรับส่งข้อมูลผ่าน MQTT Protocol สามารถทำได้โดยการสร้าง Topic ให้แต่ละอุปกรณ์ จากนั้น MQTT Broker จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้ที่ request เข้ามาตาม Broker Broker และ Topic นั้นๆ ในส่วนของ IoT จะใช้ MQTT Message ในการรับส่งข้อมูล ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ Topic และ Message ซึ่ง Topic ทำหน้าที่เป็นตัวอ้างอิงหลัก



ภาพประกอบที่ 4 แผนผังการทำงานของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่ง



ภาพประกอบ 5 ข้อมูล GPS Tracking ที่เข้า MQTT โดย (a) เป็นค่าพิกัดละติจูด และ (b) เป็นค่าพิกัดลองจิจูด (c) การแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ไปยังโทรศัพท์ของสมาชิกในครอบครัว และ (d) การแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ไปยังโทรศัพท์ของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน



ภาพประกอบ 6 แผนผังการทำงานดึงข้อมูล GPS Tracking เข้าฐานข้อมูลจาก MQTT ด้วย Node-RED

| id   | lat       | long       | time            | date       | id_number | name    | surname    | house_number | moo | tambon   | amphoe | province | post_code | number_phone | id_card       | health | allergy | geom  |                                   |
|------|-----------|------------|-----------------|------------|-----------|---------|------------|--------------|-----|----------|--------|----------|-----------|--------------|---------------|--------|---------|-------|-----------------------------------|
| 6447 | 16.746394 | 100.195787 | 11:26:22.801509 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6448 | 16.746394 | 100.195787 | 11:26:28.478263 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6449 | 16.746394 | 100.195787 | 11:26:48.31235  | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6450 | 16.746394 | 100.195787 | 11:26:57.771175 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6451 | 16.746394 | 100.195787 | 11:27:04.093637 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6452 | 16.746394 | 100.195787 | 11:27:10.649863 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6453 | 16.746394 | 100.195787 | 11:27:15.8605   | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6454 | 16.746394 | 100.195787 | 11:27:22.440172 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6455 | 16.746394 | 100.195787 | 11:27:54.038804 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6456 | 16.746394 | 100.195787 | 11:27:59.146106 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6457 | 16.746394 | 100.195787 | 11:28:04.542856 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6458 | 16.746394 | 100.195787 | 11:28:09.23153  | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6459 | 16.746394 | 100.195787 | 11:28:13.810742 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6460 | 16.746394 | 100.195787 | 11:28:19.261482 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6461 | 16.746394 | 100.195787 | 11:28:24.265073 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6462 | 16.746394 | 100.195787 | 11:28:29.77958  | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6463 | 16.746394 | 100.195787 | 11:29:08.330893 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6464 | 16.746394 | 100.195787 | 11:29:14.70409  | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |
| 6465 | 16.746394 | 100.195787 | 11:29:19.992333 | 2023-07-25 | 2         | ซู่ถึกา | นันทิพันธ์ | 99           | 9   | ท่าโพธิ์ | เมือง  | พิษณุโลก | 65000     | 876458913    | 1234567894561 | สุขภาพ | ความดัน | ไม่มี | 0101000020E61000003DEE5BAD13BF304 |

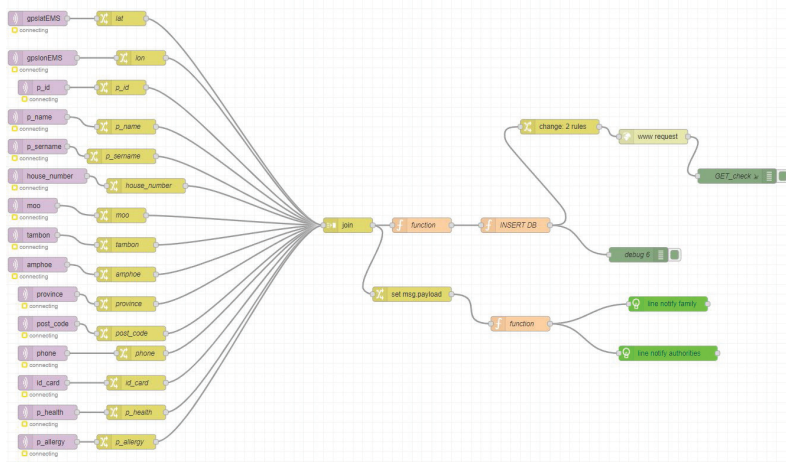
ภาพประกอบ 7 ข้อมูล GPS Tracking ที่เข้าสู่ฐานข้อมูลใน Server

ของข้อมูลที่จะส่ง Message ออกไปยัง IoT และในส่วนของ Message ทำหน้าที่เป็นหน่วยข้อมูลของระบบที่ใช้ส่งข้อมูลให้ผู้ให้บริการถึงสถานะการทำงาน (Atmoko *et al.*, 2017) และในส่วนของการพัฒนาระบบแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ทำผ่านโปรแกรม Node-RED (Rattanapoka *et al.*, 2019) เมื่อผู้แจ้งเหตุทำการกดปุ่มอุปกรณ์ SENS-IoT ระบบก็จะทำการส่งการแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์ของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินและครอบครัว ดังภาพประกอบ 5

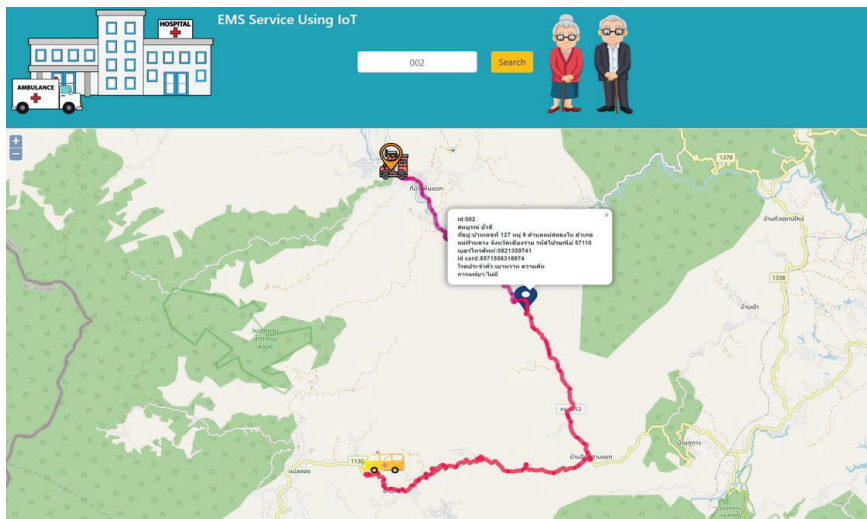
### 3.2 ผลจากการนำเข้าข้อมูลไปยังฐานข้อมูลจาก Message Queue Telemetry Transport (MQTT) ด้วย Node-RED

อุปกรณ์ SENS-IoT จะทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลไปยังตัวกลาง MQTT Broker ส่วนอีกด้านหนึ่งของ Node-RED จะถูกใช้เพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อข้อมูลกับ MQTT Broker และติดตามเพื่อรับข้อมูลจาก MQTT Broker โดยจะดึงค่าละติจูดลองจิจูด และข้อมูลของผู้ใช้งานจากข้อความ MQTT ส่งค่าไปยัง





ภาพประกอบ 8 การเขียนโฟลว์ควบคุมเงื่อนไขและการทำงานบน Node-RED



ภาพประกอบ 9 ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

ฐานข้อมูล (ภาพประกอบ 7) โดยได้ทำการเขียนเงื่อนไขในการควบคุมบน Node-RED (ภาพประกอบ 8) สรุปได้ดังแผนผังการทำงานในภาพประกอบ 6

### 3.3 ผลจากการออกแบบ Web Map Application

หน้าแสดงผลของเว็บไซต์จะแสดงตำแหน่งของผู้ใช้งานระบบที่ต้องการเรียกรถกู้ชีพและรถโรงพยาบาลจากการกดปุ่มอุปกรณ์ SENS-IoT ภายในหน้าเว็บไซต์จะแสดงเส้นทางจากรถกู้ชีพและ

รถโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดไปยังจุดแจ้งเหตุ ในขณะที่เดียวกันระบบก็จะทำการคำนวณเส้นทางจากจุดเกิดเหตุไปยังโรงพยาบาลที่เหมาะสมที่สุดปรากฏหน้าแสดงผลดังภาพประกอบ 9

### 4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์เส้นทางในการเข้าถึงสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและ Open Route

Service เพื่อช่วยให้เจ้าหน้าที่บริการการแพทย์ฉุกเฉิน (EMS) สามารถทราบตำแหน่ง จุดเกิดเหตุและเส้นทางที่ทำให้เข้าถึงตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้แจ้งเหตุได้รับการรักษาพยาบาลที่ทันเวลา โดยผู้วิจัยได้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดมาใช้ในการพัฒนาระบบทั้งหมด ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ (Choosumrong *et al.*, 2010)

เนื่องจากเซนเซอร์ Ublox NEO-6M GPS Module มีความไวในการตรวจจับสัญญาณ GPS ในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณ GPS อ่อน ๆ ได้ มีความเสถียรสูงในการให้ข้อมูลตำแหน่ง GPS และการให้ข้อมูลตำแหน่งของ Ublox NEO-6M GPS Module มีความถูกต้องและความแม่นยำประมาณ 2.5 เมตร อีกทั้งยังมีโหมดที่ช่วยลดการใช้พลังงานของระบบสำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องทำงานตลอดเวลาหรือในสภาวะพลังงานที่มีจำกัดอีกด้วย และในส่วนของการทำงานของ Ublox NEO-6M GPS Module นั้น มีการใช้งานที่ง่ายต่อการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยจึงได้นำ Ublox NEO-6M GPS Module มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบติดตามตำแหน่งร่วมกับ IoT เพื่อสร้างระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินที่มีความแม่นยำในการระบุตำแหน่งและส่งข้อมูลไปยังระบบในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน (Majumdar *et al.*, 2010) ระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่ง มีความสอดคล้องกับงานของ (Majumdar *et al.*, 2010) ได้มีการพัฒนาระบบการแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยบอร์ด Arduino และ GSM module โดยพิกัด GPS จะถูกส่งในรูปแบบของข้อความและแสดงตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินบน Google Maps แต่การพัฒนาระบบการแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยบอร์ด Arduino และ GSM module มีการพัฒนาการเขียนโค้ดที่ยากกว่า NodeMCU ESP8266 และ Ublox NEO-6M GPS Module กับ Antenna อีกทั้งไม่มีการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi ภายในตัวบอร์ดเหมือนกับ NodeMCU ESP8266 ทำให้การแจ้งเตือนในรูปแบบข้อความมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

ในปัจจุบันเป็นที่นิยมมากกว่าการแจ้งเตือนในรูปแบบข้อความ

การพัฒนาระบบนี้เป็นการนำเทคนิค pgRouting มาใช้ในการค้นหาเส้นทางสามารถสร้างเงื่อนไขในการค้นหาเส้นทางได้หลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของแต่ละงาน เช่น การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เร็วที่สุด และเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดหรืออื่นๆ โดยคำว่าเหมาะสมที่สุดสามารถที่จะทำการเพิ่มปัจจัยด้านทางโครงข่ายถนน (Impedance factor) เช่น การหลีกเลี่ยงทางแยกไฟแดง หลีกเลี่ยงการเดินทางผ่านถนนตรอก ซอก ซอย ก็สามารถที่จะเพิ่มเข้าไปในการคำนวณได้ อีกทั้งยังสนับสนุนการตัดสินใจในการเดินทางและช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ในการเดินทาง เพื่อประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการเดินทางได้ โดย pgRouting Library มีประสิทธิภาพและศักยภาพเพียงพอสำหรับนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้านี้ เพื่อช่วยในการคำนวณระยะทางตามเส้นทางจราจรจริงที่ช่วยให้ได้คำตอบที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น เนื่องจากระบบนี้สามารถกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางได้หลากหลายปัจจัย ขึ้นอยู่กับการคำนึงถึงความปลอดภัยของชีวิตผู้แจ้งเหตุมากที่สุดในการเดินทาง ในการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินโดยใช้ pgRouting และ ซอฟต์แวร์รหัสเปิด มีความสอดคล้องกับงานของ (Choosumrong *et al.*, 2019) ได้มีการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดด้วย Dijkstra's algorithm ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกับ PostgreSQL/PostGIS เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายถนนสำหรับการบริการเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยฟังก์ชัน pgr\_Dijkstra โดยใช้ในการคำนวณเส้นทางระหว่างตำแหน่งของผู้ป่วยรถฉุกเฉินไปโรงพยาบาลในบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณระยะทาง ได้แก่ ความเร็วระยะทาง เป็นต้น ซึ่งมีความแตกต่างจากงานวิจัยนี้ตรงที่ผู้วิจัยได้นำข้อมูล slope ของพื้นที่สูงมาใช้ในการคำนวณระยะทางเพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการเดินทางบนพื้นที่สูงที่เป็นภูเขามากยิ่งขึ้น

การพัฒนาระบบแพลตฟอร์มในรูปแบบ Web Map Application เป็นการทำงานที่มีความสะดวกและรวดเร็วในการติดตามผลและแสดงผล และเป็นการทำงานที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจหลักการการทำงานได้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบในรูปแบบ Web Map Application ซึ่งมีการใช้ภาษาในการพัฒนาได้แก่ PHP และ Apache เป็นภาษาหลักในการพัฒนาขึ้นมาโดยสามารถดึงข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลในเครื่องแม่ข่ายมาแสดงบนแผนที่แบบเรียลไทม์ได้ โดยมีโปรแกรม PostgreSQL/PostGIS เป็นโปรแกรมในการจัดการฐานข้อมูลด้วยภาษา SQL ทำให้สามารถติดตามผลและแสดงผลตำแหน่งจุดเกิดเหตุฉุกเฉินได้แบบเรียลไทม์และแสดงเส้นทางที่ทำให้เข้าถึงตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่และทุกเวลา ผ่านสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ต(Rerkyuksuk *et al.*, 2013) ในการพัฒนาระบบด้าน Web Map Application ของ (Chuenban *et al.*, 2013) ใช้ซอฟต์แวร์การพัฒนา Web Map Application ได้แก่ Appserv Apache, PHP, MySQL, phpMyAdmin, Windows 7 Ultimate และ Dreamweaver CS3 โดยผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยโดยการปักหมุดโดยใช้ Google Maps API และกำหนดพื้นที่ต้นทางและปลายทางเพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่เสี่ยงภัย ต่างจากงานวิจัยนี้ตรงที่ผู้วิจัยได้มีการพัฒนา Web Map Application ด้วย PostgreSQL/PostGIS เนื่องจากมีฟังก์ชันการทำงานของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ง่ายกว่า MySQL, phpMyAdmin และการแสดงข้อมูลผ่าน Google Maps ก็มีข้อจำกัดในการเรียกข้อมูลออกมาแสดงและการใช้บริการการแสดงผลตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินบน Google Maps ไม่สามารถแก้ไขข้อมูล ปรับปรุงข้อมูล หรือไม่สามารถสร้างเงื่อนไขและเพิ่มปัจจัยของเส้นทางในการเดินทางได้ ทำให้ไม่สามารถนำตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินมาวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมของเส้นทางได้ เหมือนกับ pgRouting Library

## เอกสารอ้างอิง

- Atmoko, R. A., Riantini, R., & Hasin, M. K. (2017). IoT real time data acquisition using MQTT protocol. *Proceeding of International Conference on Physical Instrumentation and Advanced Materials*, 27 October 2016, Surabaya, Indonesia, 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/853/1/012003>
- Choosumrong, S., Raghavan, V., & Realini, E. (2010). Implementation of dynamic cost based routing for navigation under real road conditions using FOSS4G and OpenStreetMap. *Proceedings of GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth & Allied Sciences (GIS-IDEAS)*, Hanoi, Vietnam, 9-11 December 2010, 53-58.
- Choosumrong, S., Raghavan, V., Delucchi, L., Yoshida, D., & Vinayaraj, P. (2014). Implementation of dynamic routing as a web service for emergency routing decision planning. *International Journal of Geoinformatics*, 10(2), 13-20. <https://doi.org/10.52939/ijg.v10i2.373>
- Choosumrong, S., Humhong, C., Raghavan, V., & Fenoy, G. (2019). Development of optimal routing service for emergency scenarios using pgRouting and FOSS4G. *Spatial Information Research*, 27, 465-474. <https://doi.org/10.1007/s41324-019-00248-2>

- Choosamrong, S. (2022). *The Online GIS, Phitsanulok*. Rattanasuwan Publishing House 3. [In Thai]
- Humhong, C., Choosumron, S., & Homhuan, S. (2016). Development of spatial decision support system for considering staff dormitory of Naresuan University using FOSS4G. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*, 24(1), 115-127. <https://www.journal.nu.ac.th/NUJST/article/view/1274> [In Thai]
- Klawwikarn, P., & Jirakajohnkool, S. (2014). Application of geographic information system for service area analysis of emergency medical service Centers in Loei Province. *Thai Journal of Science and Technology*, 3(3), 137-147. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjst/article/view/21037> [In Thai]
- Chuenban, K., et al. (2013). *Web application for displaying flood-affected areas and giving directions to avoid risky areas*. Computer Engineering Department. Faculty of Engineering Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus. [In Thai]
- Kaewwilai, L. (2022). Comprehensive geriatric assessment in community: Roles of nurse practitioner. *Journal of Public Health Nursing*, 36(1), 135-152. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/phn/article/view/254538> [In Thai]
- Mali, V., Rao, M., & Mantha, S. S. (2012). Enhanced routing in disaster management based on GIS. *Proceeding of International Conference on Intuitive Systems & Solutions, Mumbai, India, January 5-6, 2012*, 14-18. <https://www.ijcaonline.org/proceedings/iciss/number1/7952-1004>
- Majumdar, N., Bhargava, P., & Shirin, R. K. (2014). Emergency panic button using microcontrollers. *International Journal of Computer Applications*, 99(9), 1-3. <https://www.ijcaonline.org/archives/volume99/number9/17398-7955>
- Raksakhom, P. (2016). - *Development of optimal routing system for emergency medical service: Case study of Muang Phitsanulok (Bachelor Thesis)*. Phitsanulok, Naresuan University. Retrieved from [https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2559/geo\\_2559\\_024\\_FullPaper.pdf](https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2559/geo_2559_024_FullPaper.pdf)
- Rerkyuksuk, S., et al. (2013). *Open code software and free closed source geospatial resources for geospatial applications*. School of Science Suranaree University of Technology.

- 
- Rattanapoka, C., Chanthakit, S., Chimchai, A., & Sookkeaw, A. (2019). An MQTT-based IoT cloud platform with flow design by Node-RED. *Proceeding of Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C), Bangkok, Thailand*, December 11-13, 2019, 1-6. <https://doi.org/10.1109/RI2C48728.2019.8999942>
- Wangsri, K. (2013). The EMS system in Thailand. *Srinagarind Medical Journal*, 28 (4 Suppl), 69-73. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/SRIMEDJ/article/view/14763> [In Thai]