

การพัฒนาาระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ
DEVELOPMENT OF EQUIPMENT POSITIONNING SYSTEM OF THE EXPRESSWAY NETWORK
USING MOBILE APPLICATION

เสาวณี ศรีสุวรรณ^{1*}, เอกรินทร์ เหลืองวิลัย², เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร³ และธนาย ตันวานิช⁴
Saovanee Srisuwan^{1*}, Ekarin Lueangvilai², Thepparit Ruttanapunyagorn³ and Thanai Tanwanich⁴

บทคัดย่อ

การให้บริการทางพิเศษในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีระยะทางทั้งหมด 224.6 กิโลเมตร มีโครงสร้างทางพิเศษ อุปกรณ์ควบคุมและอำนวยความสะดวกบนทางพิเศษเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการสร้างระบบบริหารจัดการสินทรัพย์ในรูปแบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งระบุตำแหน่งของอุปกรณ์, ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และภาพถ่ายของอุปกรณ์นั้น ๆ แต่เนื่องจากในขั้นตอนของการเก็บและบันทึกข้อมูลในรูปแบบเดิมทำได้ค่อนข้างยากในสภาพการจราจรที่ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วสูงบนทางพิเศษอาจเกิดอุบัติเหตุในการเก็บข้อมูลได้ จึงได้พัฒนานำโทรศัพท์มือถือมาใช้ในการสำรวจ และถ่ายภาพอุปกรณ์ แต่เนื่องจากตำแหน่งที่ถ่ายภาพเป็นตำแหน่ง ณ จุดของคนยืนถ่ายภาพไม่ใช่ตำแหน่งจริงของอุปกรณ์ จึงได้มีการใช้แอปพลิเคชันธีโอดอลิท์ (Theodolite) เพื่อการสำรวจตำแหน่งและถ่ายภาพ ควบคู่กับเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์แบบเลเซอร์เพื่อวัดระยะทางจากตำแหน่งถ่ายภาพถึงอุปกรณ์ จากนั้นส่งข้อมูลทางอีเมลผ่านแอปพลิเคชันธีโอดอลิท์ ในการนำเข้าข้อมูล และจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Database) ในการนี้จึงได้พัฒนา PHP Script เพื่ออ่านข้อมูลในอีเมลและบรรจุข้อมูลลงในฐานข้อมูล ทำให้การสำรวจอุปกรณ์จำนวนมากสามารถทำได้รวดเร็ว สะดวก และปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, การจัดการสินทรัพย์, ทางพิเศษ, แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ, เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์แบบเลเซอร์

Abstract

The total length of expressway network in Bangkok area is about 224.6 kilometers. There are many components of expressway structure and equipment for controlling and facilitating along the network. Therefore, GIS-based asset management system by ArcGIS has been established which specifies the location, related information, and pictures of the equipment. However, the process of collecting and recording all those data is quite difficult especially in the high-speed traffic conditions which may cause accidents during the data survey process. Thus, the mobile phone application "Theodolite" has been

¹ วิทยาการ 6 (ภูมิสารสนเทศ) แผนกวิจัยและพัฒนาาระบบจราจร กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

² หัวหน้าแผนก แผนกวิจัยและพัฒนาาระบบจราจร กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

³ ผู้อำนวยการกอง กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

⁴ อาจารย์ประจำหลักสูตรภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

* Corresponding author, E-mail: saonoy@mail.com

adapted to achieve the task. Equipment location data that is; “pictures and location” taken by the application and “distance” measured by Electronics Distance Measurement (EDM) are encrypted then sent via email. In this process, the PHP script is written to extract and calculate the encrypted data. Then, all extracted information will be inserted the database. In doing so, a number of targeted equipment can be surveyed faster, safer, and more convenient.

Keyword: Geographic Information System, Asset Management System, Expressway, Mobile Application, Electronics Distance Measurement

1. บทนำ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย เป็นหน่วยงานในสังกัดกระทรวงคมนาคมมีหน้าที่ความรับผิดชอบในการให้บริการโครงข่ายทางพิเศษในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยมีระยะทางของทางพิเศษทั้งหมด 224.6 กิโลเมตร และมีอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกที่ติดตั้งบนทางพิเศษเป็นจำนวนมาก เช่น 1) กล้องโทรทัศน์วงจรปิดให้เจ้าหน้าที่สื่อสารตรวจสอบสภาพจราจรและเหตุการณ์บนทางพิเศษประมาณ 400 กล้อง 2) ตู้โทรศัพท์ฉุกเฉินสำหรับผู้ใช้งานขอความช่วยเหลือเมื่อเกิดเหตุประมาณ 700 ตู้ 3) เสาไฟฟ้าส่องสว่างประมาณ 2,000 ต้น 4) ป้ายปรับเปลี่ยนข้อความประมาณ 50 ป้าย และอุปกรณ์อื่น ๆ อีกมากมาย เป็นต้น ทำให้ยากต่อการบริหารจัดการอุปกรณ์ ทั้งในทางงบประมาณจัดซื้อจัดจ้างมาทดแทนทั้งการติดตาม/ตรวจสอบ/บำรุงรักษาอุปกรณ์ให้อุปกรณ์ใช้งานได้อยู่เสมอ จึงได้มีจัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Database) อุปกรณ์ (ตำแหน่งที่อยู่จริงของอุปกรณ์, ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์, ภาพถ่ายของอุปกรณ์) เพื่อนำข้อมูลสินทรัพย์ไปบริหารจัดการต่อไป แต่เนื่องจากในขั้นตอนของการเก็บและบันทึกข้อมูลในรูปแบบเดิมทำได้ค่อนข้างยาก จึงได้มีการนำโทรศัพท์มือถือมาใช้ในการสำรวจอุปกรณ์โดยใช้งานการสำรวจผ่านแอปพลิเคชันอีโอโดไลท์ ทำให้การสำรวจอุปกรณ์จำนวนมากทำได้สะดวก รวดเร็วและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1 อุปกรณ์และทรัพย์สินบนทางพิเศษ

ที่มา : กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อสร้างฐานข้อมูลอุปกรณ์บนทางพิเศษ
- 2.2 เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบ

3.1 เทคโนโลยี 3S

เทคโนโลยี 3S เข้ามาช่วยให้การทำงานสำรวจให้ได้มาซึ่งตำแหน่งของอุปกรณ์/พื้นที่เป้าหมาย ทำให้สามารถปรับปรุงกระบวนการการทำงานที่ทำได้ง่าย สะดวก ประหยัดเงิน/เวลา และประหยัดทรัพยากรคนโดย เทคโนโลยี 3S ที่กล่าวถึงนั้นประกอบด้วย GIS GPS และ RS



รูปที่ 2 เทคโนโลยี 3S

ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

GIS มาจากคำว่า Geographic Information Systems เรียกว่า ระบบภูมิสารสนเทศ ซึ่งมีความหมายว่า กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่มีองค์ประกอบ 5 อย่างด้วยกัน คือ Hardware Software People Methodology และ Data



รูปที่ 3 องค์ประกอบของกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลเชิงพื้นที่

ที่มา : ระบบภูมิสารสนเทศสถิติสำนักงานสถิติแห่งชาติ^{*1};

<https://sites.google.com/site/tlekajao3195/rabb-sara-snthes> (online)^{*2}

ปัจจุบันกระทรวงคมนาคมมีระบบฐานข้อมูลในรูปแบบที่เป็น GIS ใช้งานแล้ว และการทางพิเศษแห่งประเทศไทย มีการสำรวจข้อมูลของอุปกรณ์ในรูปแบบ GIS เช่นกัน โดยมีการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งรวบรวม และจัดเก็บข้อมูลอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ยังไม่ได้จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล GIS เพื่อใช้งานต่อไปในอนาคต

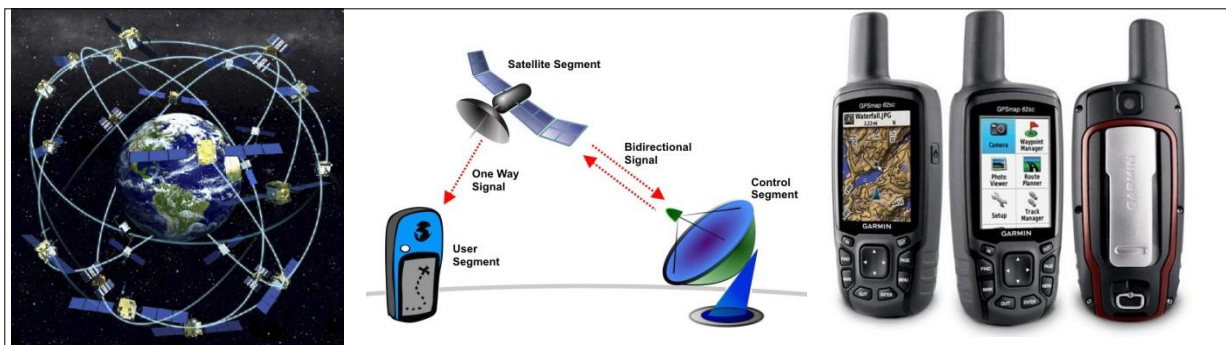
GPS มาจากคำว่า Global Positioning System เรียกว่า ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 ค่าย คือ 1) ค่ายอเมริกา ชื่อ NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging GPS) มีดาวเทียม 28 ดวง ใช้งานจริง 24 ดวง อีก 4 ดวงเป็นตัวสำรองมีรัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กม. หรือ 12,600 ไมล์ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง 2) ค่ายรัสเซียชื่อ GLONASS (Global Navigation Satellite) มีดาวเทียม 24 ดวง เวลาในการโคจรรอบโลกประมาณ 11 ชั่วโมง 16 นาที และ 3) ค่ายยุโรป ชื่อ Galileo มีดาวเทียม 27 ดวง

2. ส่วนควบคุม ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน สถานีใหญ่อยู่ที่กองบัญชาการอวกาศประเทศสหรัฐอเมริกา และศูนย์ควบคุมย่อยอีก 5 จุด กระจายไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก

3. ส่วนผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นและแปรหัสจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้งานในการนำทาง งานสำรวจ การติดตามการจัดส่งสินค้า งานระบบประกันภัยรถยนต์ ใช้สำหรับกิจกรรมกลางแจ้ง เช่น Smart Watch

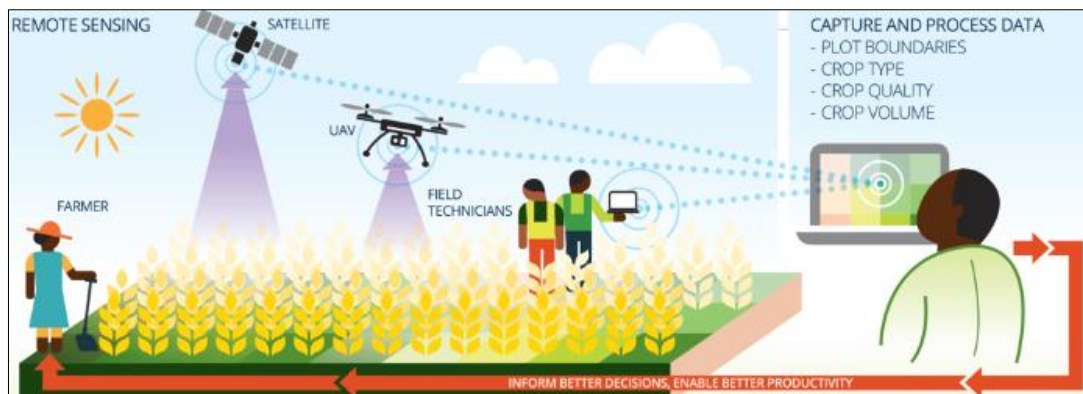
ปัจจุบันการทางพิเศษแห่งประเทศไทยมีอุปกรณ์ GPS ไว้เพื่อการสำรวจ นำทาง และเก็บข้อมูลเชิงตำแหน่ง ซึ่งอุปกรณ์ GPS ที่ใช้งานอยู่มีค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งค่อนข้างสูง ในการใช้งานจึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องอาศัยความแม่นยำของตำแหน่งมากนัก



รูปที่ 4 การทำงานของ GPS

ที่มา : <https://www.space.com/19794-navstar.html>

RS ย่อมาจากคำว่า Remote Sensing คือ การสำรวจจากระยะไกล โดยเครื่องมือวัดไม่มีการสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรงทำการสำรวจโดยให้เครื่องมือวัดอยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจติดตั้งเครื่องวัด เช่น กล้องถ่ายภาพไว้บนเครื่องบิน ยานอวกาศ หรือดาวเทียม แล้วอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ หรือสะท้อนมาจากสิ่งที่ต้องการสำรวจเป็นสื่อในการวัด โดยระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า ระบบพาสซีฟ (Passive Remote Sensing) ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยัง วัตถุเป้าหมาย เรียกว่า ระบบแอคทีฟ (Active Remote Sensing)



รูปที่ 5 การทำงานของการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing)

ที่มา : <https://medium.com/geo-datascience/python-opensource-remote-sensing-lib-a81efedd502e>

3.2 การสำรวจและการทำแผนที่ (Survey and Mapping)

การสำรวจและการทำแผนที่ เป็นศาสตร์ในการทำแผนที่โดยการสำรวจภาคสนาม โดยอาศัยความรู้เชิงวิศวกรรมในการใช้เครื่องมือในการสำรวจ เช่น กล้องวัดมุมในการจัดท้าวรอบของพื้นที่ศึกษา กล้องวัดระดับในการจัดท้าวระดับความสูงในพื้นที่ศึกษา และการคำนวณโครงสร้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ การถ่ายค่าพิกัดหมุดหลักฐานอ้างอิงไปยังจุดสำรวจต่าง ๆ และวาดสัญลักษณ์ เส้น และคำอธิบายชื่อเฉพาะนั้น ดังนั้นวิชาการสำรวจและการทำแผนที่จึงมีผลสำคัญต่อการพัฒนาการผลิตแผนที่ GIS อย่างมาก

3.3 การสำรวจพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ (Global Positioning System)

การสำรวจพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ (เกริก จันทร์อรุณ, 2562) เป็นระบบการค้นหาดำแหน่งและนำทางด้วยดาวเทียม โดยใช้คลื่นความถี่สูง ความยาวคลื่นสั้นจึงมีความเที่ยงตรงสูง และมีดาวเทียม GPS ที่โคจรรอบโลก ทำให้สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งสามารถใช้บอกตำแหน่งโดยอัตโนมัติ ในระดับความถูกต้อง 10 - 20 เมตร เป็นระบบที่ต้องอาศัยสัญญาณดาวเทียม GPS ในการทราบถึงค่าพิกัดบนพื้นผิวโลกอย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถนำมาเข้าสู่ระบบ GIS ได้โดยตรง หรืออาจจะนำระบบ GPS เข้ามาประยุกต์ใช้กับการสำรวจและการทำแผนที่ หรือการสำรวจระยะไกล ในการตรึงหมุดหรือตรึงพิกัดแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าในระบบ GIS

3.4 การเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล (Linking a database to the map)

การเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล (Putpannee, 2007) จากที่กล่าวว่าข้อมูลมี 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะ สามารถจะเชื่อมโยงข้อมูล 2 ประเภทนี้เข้าด้วยกันได้ เช่น จะสามารถรู้ได้จากข้อมูลคุณลักษณะว่าอุปกรณ์ที่อยู่บนทางพิเศษ ติดตั้งเมื่อไหร่ ซ่อมบำรุงอะไรไปแล้วบ้าง ครบกำหนดที่จะทดแทนเมื่อไหร่ และข้อมูลอื่น ๆ อีกมากมายขึ้นอยู่กับข้อมูลคุณลักษณะที่เราต้องการใส่เข้าไป ซึ่งในการจัดทำฐานข้อมูลนี้ข้อมูลคุณลักษณะทั้งหมดจะแปลงได้จากแบบสำรวจรายละเอียดของอุปกรณ์ อาคารและสิ่งก่อสร้าง หรือฐานข้อมูลอุปกรณ์ที่มีอยู่

3.5 แอปพลิเคชันโอโดไลท์

แอปพลิเคชันโอโดไลท์ (Hunter Research and Technology, LLC, 2018) เป็นแอปพลิเคชันสำหรับการมองภาพของกล้องถ่ายภาพแบบหลาย ๆ ฟังก์ชัน ที่รวมเข็มทิศ, เครื่องวัดการเอียงของวัตถุแบบ 2 แกน, เครื่องหาระยะ, เครื่องมือบอกพิกัด, แผนที่, เครื่องคำนวณระบบนำทาง และกล้องถ่ายภาพหรือภาพยนตร์ทางภูมิศาสตร์ในแอปพลิเคชันเดียว อีกทั้ง

แอปพลิเคชันอีโอดีไลท์ สามารถแชร์เครื่องหมายและตำแหน่งบนแผนที่กับผู้อื่น ๑ ผ่านข้อความหรืออีเมลได้ นอกจากนี้แอปพลิเคชันอีโอดีไลท์ สามารถระบุตำแหน่งในระบบพิกัดทางทหาร (Military Grid Reference System : MGRS), ระบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator: UTM) และวิธีการอ้างอิงบอกตำแหน่งเป็นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) เป็นต้น

3.6 ระบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator: UTM)

ระบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (อมร เพชรสว่าง, 2562) เป็นระบบที่ปรับมาจากระบบเส้นโครงแผนที่แบบทรานส์เวิร์สเมอร์เคเตอร์ เพื่อเป็นการรักษารูปร่างโดยใช้ทรงกระบอกตัดลูกโลกระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ - 80 องศาใต้ ระบบพิกัดยูทีเอ็มใช้หน่วยระยะทางเป็นเมตร โดยในแต่ละโซนเส้นเมริเดียนกลางตัดกับเส้นระนาบศูนย์สูตรเป็นมุมฉาก ณ จุดตัดนี้เรียกว่า จุดกำเนิดโซน ของระบบพิกัดยูทีเอ็ม ทิศทางที่ขนานกับแนวเมริเดียนกลาง และชี้ขึ้นไปทางเหนือ เรียกว่า ทิศเหนือกริด มีการกำหนดค่าพิกัดตะวันออกให้เส้นเมริเดียนกลางเป็น 500,000 เมตร (Easting 500,000 m.) ห่างจากจุดกำเนิดสมมติและกำหนดให้พิกัดเหนือสำหรับเส้นระนาบศูนย์สูตรไว้เป็น 2 กรณีสําหรับซีกโลกเหนือให้มีค่าเป็น 0 เมตร (Northing 0 m.) ห่างจากเส้นระนาบศูนย์สูตร ส่วนบริเวณใต้เส้นระนาบศูนย์สูตรมีค่าเป็น 10,000,000 เมตร (Northing 10,000,000 m.) ห่างจากจุดกำเนิดสมมติ ดังนั้นจุดศูนย์กำเนิดโซนของระบบพิกัดยูทีเอ็ม จึงมีค่าพิกัดเป็น E 500,000 m ; N 0 m สําหรับการใช้งานในซีกโลกเหนือและ E 500,000 m.; N 10,000,000 m

4. ขั้นตอนการดำเนินการ

4.1 ออกแบบการทำงานของระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

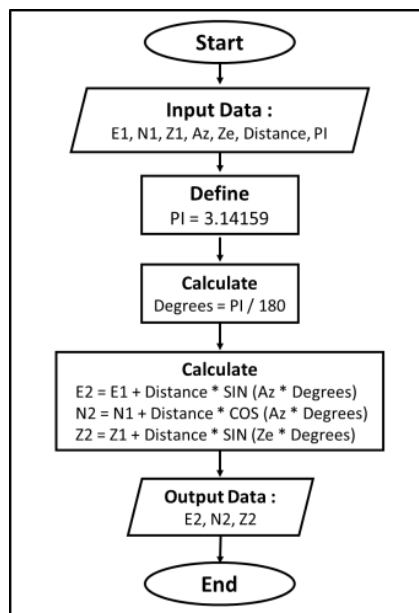
การทำงานของระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์และทรัพย์สินบนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันอีโอดีไลท์บนโทรศัพท์มือถือ (ไอโฟน รุ่น 6s + ปลั๊กอินตัวรับสัญญาณ GPS) โดยเริ่มต้นจากการนำข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ในแต่ละจุดจากแอปพลิเคชันอีโอดีไลท์ และเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์แบบเลเซอร์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับการส่งข้อมูลผ่านอีเมลบนแอปพลิเคชันอีโอดีไลท์มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ภาษา PHP ซึ่งเป็นลักษณะสคริปต์ด้านเซิร์ฟเวอร์ (Server Side Script) เป็นเทคโนโลยีที่สคริปต์ทำงานบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ และเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซที่สามารถทำงานกับฐานข้อมูลได้ เพื่อเก็บข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ในรูปแบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแสดงผลข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ผ่านโปรแกรม ArcGIS ดังรูปที่ 6



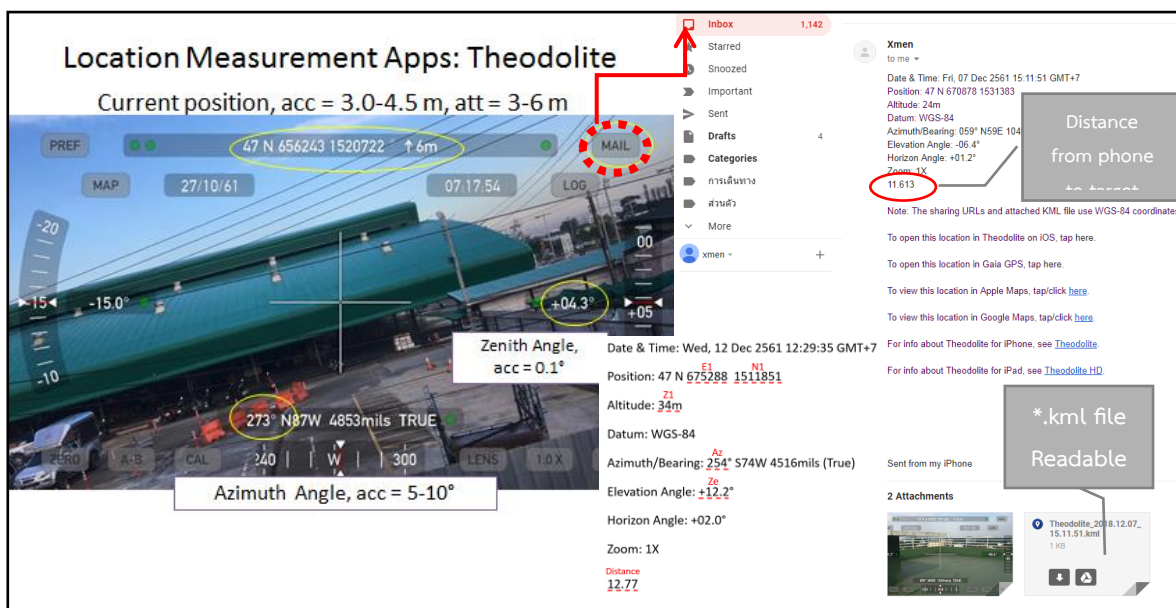
รูปที่ 6 ขั้นตอนการพัฒนาาระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์ของทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

4.2 ขั้นตอนวิธีการสำหรับการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์ของทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

จากการออกแบบการทำงานของระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ จะเห็นได้ว่า ข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์จากการส่งข้อมูลผ่านอีเมล เป็นข้อมูลจากตำแหน่งของจุดที่ถ่ายภาพซึ่งไม่ใช่ตำแหน่งของอุปกรณ์ จึงจำเป็นต้องหาตำแหน่งของอุปกรณ์ เพื่อเก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยนำข้อมูลตำแหน่งจากอีเมล มาคำนวณหาตำแหน่งของอุปกรณ์ โดยใช้ภาษา PHP ในการคำนวณและวิเคราะห์ผล ซึ่งมีผังงานแสดงขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 7 และตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งที่ได้จากอีเมล ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 ผังงานการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์ของทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 8 ตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งที่ได้จากอีเมล

5. ผลการศึกษา

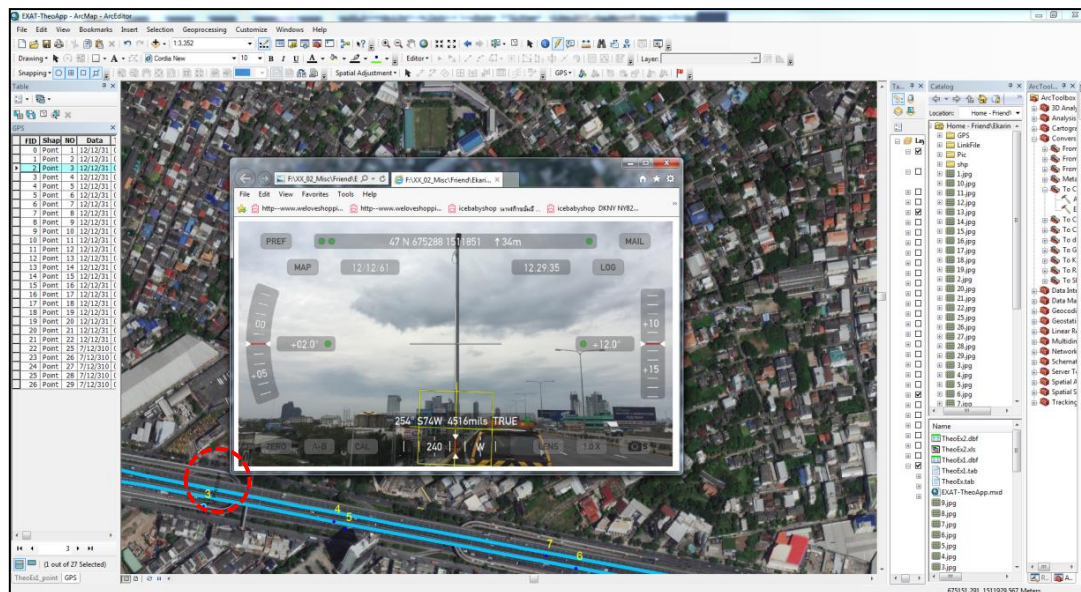
จากการเก็บข้อมูลอุปกรณ์ด้วยแอปพลิเคชันโอโดโลท และวัดระยะของอุปกรณ์จากจุดสำรวจโดยใช้เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ แบบเลเซอร์แล้วส่งข้อมูลผ่านอีเมล เข้ากระบวนการแปลงข้อมูลในข้างต้นแล้ว (รูปที่ 7) ทำให้ได้ข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์จากตำแหน่งที่ยืนถ่ายรูปลำดับข้อมูลแปลงไปเป็นตำแหน่งจริงของอุปกรณ์ตามตารางที่ 1 และรูปภาพของอุปกรณ์จากแอปพลิเคชันโอโดโลท ดังรูปที่ 9 แล้วนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม ArcGIS ตามค่าละติจูดและลองจิจูดที่ได้ (ค่า N2, E2) เมื่อข้อมูลอุปกรณ์อยู่ ณ ตำแหน่งจริงบนทางพิเศษ พร้อมด้วยข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์ (Attribute Data) แล้วกำหนดให้ข้อมูลตำแหน่งเชื่อมโยงกับข้อมูลรูปภาพของอุปกรณ์โดยการใช้เครื่องมือ Hyperlink ในโปรแกรม ArcGIS เชื่อมโยงข้อมูลรูปภาพไปยังที่เก็บไฟล์ภาพของอุปกรณ์ซึ่งได้ผลข้อมูลการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ดังรูปที่ 10 และได้ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์เชื่อมโยงกับข้อมูลรูปภาพ ดังรูปที่ 11 และเมื่อมีการสำรวจอุปกรณ์บนทางพิเศษเพิ่มเติมเข้ามาข้อมูลอุปกรณ์ก็จะถูกจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เช่นเดียวกัน



รูปที่ 9 ตัวอย่างรูปภาพของอุปกรณ์จากแอปพลิเคชันโอโดโลท

ตารางที่ 1 ข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์

ตำแหน่งของมือถือ							ตำแหน่งของอุปกรณ์จริง		
NO	E1	N1	Z1	Az	Ze	Distance	E2	N2	Z2
1	674719	1511965	30	203	3.5	9.414	674715	1511956	30.575
2	674943	1511925	35	242	8.1	7.112	674937	1511922	36.002
3	675288	1511851	34	254	12.2	12.77	675276	1511847	36.699
4	675483	1511826	35	218	-7.1	3.263	675481	1511823	34.597
5	675508	1511811	35	268	9.3	9.296	675499	1511811	36.502



รูปที่ 10 ผลการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์บนโปรแกรม ArcGIS

FID	Shap	NO	Data	Time	E1	N1	Z1	Az	Ze	Distanc	E2	N2	Z2	PICTURE
0	Point	1	12/12/310	0:00:00	6747	15119	30	20	3.5	9.414	674715.32165	1511956.33436	30.574711	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
1	Point	2	12/12/310	0:00:00	6749	15119	35	24	8.1	7.112	674936.72047	1511921.66111	36.00209	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
2	Point	3	12/12/310	0:00:00	6752	15118	34	25	12.2	12.77	675275.72468	1511847.48011	36.698618	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
3	Point	4	12/12/310	0:00:00	6754	15118	35	21	-7.1	3.263	675480.99109	1511823.42872	34.596688	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
4	Point	5	12/12/310	0:00:00	6755	15118	35	26	9.3	9.296	675498.70966	1511810.67557	36.502269	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
5	Point	6	12/12/310	0:00:00	6758	15117	31	3	-15.	6	675862.31401	1511749.99177	29.406663	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
6	Point	7	12/12/310	0:00:00	6758	15117	35	25	0	4.599	675815.57915	1511768.73234	35	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
7	Point	8	12/12/310	0:00:00	6762	15116	30	26	-13.	6	676218.63022	1511674.39276	28.568799	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
8	Point	9	12/12/310	0:00:00	6761	15116	34	25	-8	5.916	676171.21327	1511669.76999	33.176652	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
9	Point	10	12/12/310	0:00:00	6763	15116	38	33	9.1	16.045	676358.98943	1511656.87666	40.537646	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
10	Point	11	12/12/310	0:00:00	6763	15116	41	25	-8	7.415	676345.03217	1511650.46392	40.89647	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
11	Point	12	12/12/310	0:00:00	6763	15116	42	24	-9	5.656	676336.83298	1511652.69949	41.911159	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
12	Point	13	12/12/310	0:00:00	6769	15115	33	23	12.6	15.065	676909.22415	1511535.01676	36.286328	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit
13	Point	14	12/12/310	0:00:00	6769	15115	32	27	9.5	22.656	676906.62293	1511557.54417	35.739319	F:\XX_02_Misc\Friend\Ekarin\Pic\Theodolit

รูปที่ 11 ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์เชื่อมโยงกับข้อมูลรูปภาพอุปกรณ์

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

6.1.1 จากการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือนั้นทำให้ได้ฐานข้อมูลอุปกรณ์บนทางพิเศษเก็บเข้าฐานข้อมูลได้ในจำนวนครั้งมาก ๆ โดยคนเก็บข้อมูลไม่จำเป็นต้องเข้าถึงอุปกรณ์นั้นโดยตรงซึ่งทำให้ลดขั้นตอนในการนำเข้าข้อมูล เพิ่มความปลอดภัยในการสำรวจท่ามกลางสภาพพื้นที่ทางพิเศษที่รถใช้ความเร็วสูงในการขับขี และเป็นการลดความผิดพลาดจากการนำเข้าข้อมูลที่เกิดขึ้นจากตัวบุคคล

6.1.2 ระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่ได้พัฒนาขึ้นโดยการนำไอโฟนรุ่น 6s ใช้งานร่วมกับปลั๊กอินตัวรับสัญญาณ GPS ผ่านแอปพลิเคชันอีโอดีไลท์ และใช้เครื่องวัดระยะเลิเกิทรอนิกส์แบบ

เลเซอร์วัดระยะทางของอุปกรณ์ มาใช้ในการสำรวจนั้น สามารถระบุตำแหน่งของอุปกรณ์และทรัพย์สินของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้ค่อนข้างแม่นยำ (Accuracy 2.80 m)

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ในการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือนั้นมีความแม่นยำ 2.80 ม. ซึ่งค่าความแม่นยำดังกล่าวเป็นค่าความแม่นยำที่ยอมรับได้ในงานจัดทำฐานข้อมูลสินทรัพย์ แต่หากนำไปใช้ในการตรวจสอบความเสียหายของโครงสร้างทางพิเศษจะต้องพัฒนาให้มีความแม่นยำของอุปกรณ์ระบุตำแหน่งให้มีความแม่นยำที่ระดับ 1 ม. หรือดีกว่า

6.2.2 ควรพัฒนาองค์ความรู้ และหาแนวทางให้ตัวรับสัญญาณสามารถใช้งานได้ดีในบริเวณจุดอับสัญญาณ เช่น บริเวณใต้สะพาน ใต้ทางพิเศษ อุโมงค์ เป็นต้น เพื่อสามารถนำระบบที่พัฒนาไปใช้งานให้เกิดประโยชน์หลากหลาย

6.3 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

6.3.1 ฝ่ายบำรุงรักษาอุปกรณ์ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้นำระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือไปใช้งานเพื่อระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องเฝ้าติดตามสถานะการทำงานและบำรุงรักษา

6.3.2 ฝ่ายจัดหาและควบคุมพัสดุได้ติดตามสถานะการใช้งานของอุปกรณ์บนทางพิเศษเพื่อควบคุมการจัดซื้อจัดจ้าง มาทดแทนหากมีการชำรุดเสียหาย

6.3.3 ฝ่ายกรรมสิทธิ์ที่ดินสามารถประยุกต์ใช้ระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือกับงานเข้าพื้นที่เขตทางพิเศษ ระบุตำแหน่งพื้นที่เข้าใช้ และติดตามสถานะการเข้าใช้พื้นที่ของผู้เข้าได้

6.3.4 การทางพิเศษแห่งประเทศไทยสามารถนำระบบระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนทางพิเศษโดยใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือไปใช้เก็บข้อมูลอุปกรณ์บนทางพิเศษเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของระบบบริหารจัดการสินทรัพย์ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้

7. เอกสารอ้างอิง

เกริก จันทร์อรุณ. (2562). *เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ GIS*. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2562, จาก <http://student.nu.ac.th/geographica/Geo-3unit2.htm>

อมร เพชรสว่าง. (2562). “ระบบพิกัดในแผนที่” จาก <https://gistda.or.th/main/th/node/873>

Hunter Research and Technology, LLC. (2018). *Theodolite*. Retrieved July, 5 2019, from <https://itunes.apple.com/th/app/theodolite/id339393884?l=th&mt=8>

Putpannee, S. (2007). “Applications of Geographic Information System – GIS for Database Development of the Historic Building and Structures in the Municipality of Phuket”. *Journal of Architectural/ Planning Research and Studies*. 5(2), 27-40.