

การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบแผนที่สำรวจรูปแปลง
เพื่อบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์
Land Parcel Survey Map Application Development
for Geographic Information Management

ลลิตา อุปเสน^{1*} และ อุษา สัมมาพันธ์²

Lalida Aupasen^{1*} and Usa Sammapun²

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านการสำรวจรูปแปลงที่ดินและอาคารของหน่วยงานภาครัฐในปัจจุบันยังพึ่งพาการบันทึกข้อมูลในรูปแบบแผ่นงาน Microsoft Excel ส่งผลให้ข้อมูลขาดความเป็นระเบียบ สืบค้นได้ยาก เกิดความซ้ำซ้อน และเกิดข้อผิดพลาดในการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างการปฏิบัติงาน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันระบบแผนที่สำรวจรูปแปลงสำหรับบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ระบบรองรับผู้ใช้งานหลายระดับตามบทบาทหน้าที่ด้วยระบบสิทธิ์การเข้าถึง ครอบคลุมการสร้างรูปแปลงที่ดิน อาคาร และจุดสำคัญบนแผนที่ในรูปแบบจุด เส้น โพลีกอน และวงกลม การบันทึกพิกัดด้วย GPS การวัดระยะทางและพื้นที่บนแผนที่ การอนุมัติข้อมูลการสำรวจ รวมถึงการแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่แบบหลายมุมมองบนแผนที่ดิจิทัล ระบบพัฒนาด้วย Flutter framework รองรับการทำงานแบบ Cross-platform ทั้งบน Web และ Mobile โดยใช้ฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS สำหรับจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ และ GeoServer สำหรับให้บริการข้อมูลแผนที่ตามมาตรฐาน Open Geospatial Consortium (OGC) ผลการทดสอบเชิงฟังก์ชันด้วยวิธี Black-Box Testing จำนวน 20 กรณีทดสอบ พบว่าระบบผ่านการทดสอบทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 100 และผลการประเมินความสามารถในการใช้งานด้วยวิธี System Usability Scale (SUS) จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งประกอบด้วยเจ้าหน้าที่สำรวจ ผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้งานทั่วไป พบว่าคะแนน SUS เท่ากับ 78.00 จัดอยู่ในระดับดี (Good) ตามเกณฑ์ของ Bangor et al. (2008) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์ด้านฟังก์ชันการทำงานและมีความสะดวกในการใช้งาน ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน, สารสนเทศภูมิศาสตร์, รูปแปลงที่ดิน, PostGIS, Flutter

Abstract

¹ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

* ผู้ประสานงานนิพนธ์ e-mail : Lalida.au@ku.th

The management of geographic information system (GIS) data for land parcel and building surveys in public sector agencies currently relies on Microsoft Excel spreadsheets, resulting in disorganized data storage, difficulty in retrieval, redundancy, and transcription errors during fieldwork. This study aimed to develop a land parcel survey map application to support geospatial information management in public sector agencies. The system supports multiple user roles through a role-based access control mechanism, covering the creation of land parcels, buildings, and key points on maps in the forms of points, lines, polygons, and circles, GPS coordinate recording, distance and area measurement, survey data approval, and multi-level spatial data visualization on a digital map. The system was developed using Flutter framework with cross-platform support for both web and mobile from a single codebase, utilizing PostgreSQL/PostGIS for spatial data management and GeoServer for map services compliant with the Open Geospatial Consortium (OGC) standard. Functional testing using Black-Box Testing across 20 test cases revealed a 100% pass rate. The usability evaluation using the System Usability Scale (SUS) with a sample of 30 users comprising survey officers, system administrators, and general users yielded a SUS score of 78.00, classified as Good according to the criteria of Bangor et al. (2008), indicating that the developed system provides functional completeness and ease of use that effectively meets the requirements of public sector users.

Keywords: Web Application, Geographic Information System, Land Parcel, PostGIS, Flutter

บทนำ

ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรที่ดินของหน่วยงานภาครัฐ โดยเฉพาะการสำรวจและจัดเก็บข้อมูลรูปแปลงที่ดินและอาคารซึ่งมีความสำคัญต่อการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ และการบริหารจัดการกรรมสิทธิ์ที่ดินของประเทศ (Longley et al., 2015) อย่างไรก็ตาม กระบวนการสำรวจและจัดเก็บข้อมูลของหน่วยงานภาครัฐในปัจจุบันยังไม่รองรับการดำเนินงานในรูปแบบดิจิทัลได้อย่างครบวงจรเจ้าหน้าที่สำรวจยังคงบันทึกข้อมูลการสำรวจภาคสนามลงในแผ่นงาน Microsoft Excel การทำงานจึงก่อให้เกิดปัญหาข้อมูลขาดการจัดระเบียบ สืบค้นได้ยาก เกิดความซ้ำซ้อน และเกิดข้อผิดพลาดในการถ่ายทอดข้อมูล นอกจากนี้ Nowak และคณะ (2020) พบว่าแม้แอปพลิเคชัน Mobile GIS สำหรับการเก็บข้อมูลภาคสนามจะมีแนวโน้มได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น แต่ยังมี การให้ความสนใจน้อยมากในด้านการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงานขององค์กรอย่างเป็นระบบ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของผู้บริหารในการติดตามสถานะการสำรวจและตัดสินใจเชิงนโยบายได้อย่างทันทั่วทั้งที่

จากปัญหาดังกล่าว การศึกษานี้จึงมุ่งพัฒนาแอปพลิเคชันแผนที่สำรวจรูปแบบสำหรับบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของหน่วยงานภาครัฐ โดยใช้ Flutter framework รองรับการทำงานแบบ Cross-platform ทั้งบน Web และ Mobile ร่วมกับฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS และ GeoServer ตามมาตรฐาน Open Geospatial Consortium (OGC) ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถบันทึกและจัดการข้อมูลการสำรวจได้จากทุกสถานที่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต พร้อมแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่บนแผนที่ดิจิทัลแบบ Real-time ซึ่งช่วยลดความซ้ำซ้อน เพิ่มความถูกต้องของข้อมูล และช่วยให้การบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ขององค์กรมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้ประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วย 2 วิธี ได้แก่ การทดสอบเชิงฟังก์ชันด้วยวิธี Black-Box Testing เพื่อตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของฟังก์ชันการทำงาน และการประเมินความสามารถในการใช้งานด้วยวิธี System Usability Scale (SUS) เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่เป็นมาตรฐานและเชื่อถือได้

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันระบบแผนที่สำรวจรูปแบบสำหรับบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาแอปพลิเคชันแผนที่สำรวจรูปแบบสำหรับบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของหน่วยงานภาครัฐมีความซับซ้อนทั้งในด้านการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ การออกแบบสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ และการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่รองรับการทำงานหลายแพลตฟอร์ม การศึกษานี้จึงอาศัยองค์ความรู้จากทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) คือระบบที่ใช้จัดเก็บ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลที่มีการอ้างอิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ในบริบทของหน่วยงานภาครัฐ GIS ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการที่ดิน การสำรวจรูปแบบ และการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเชิงนโยบายได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ (Longley et al., 2015)

PostgreSQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์แบบโอเพ่นซอร์ส (RDBMS) ที่มีประสิทธิภาพสูง รองรับมาตรฐาน SQL อย่างสมบูรณ์ และรองรับคุณสมบัติ ACID ซึ่งรับประกันความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล (PostgreSQL Global Development Group, 2023) PostGIS เป็นส่วนขยายของ PostgreSQL ที่เพิ่มความสามารถในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ รองรับรูปแบบข้อมูล Geometry ได้แก่ Point, LineString, Polygon และ MultiPolygon พร้อมฟังก์ชันเชิงพื้นที่ รวมถึงรองรับการทำดัชนีเชิงพื้นที่ด้วย GiST index เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหา (Obe & Hsu, 2015)

GeoServer เป็นซอฟต์แวร์เซิร์ฟเวอร์แบบโอเพ่นซอร์สสำหรับเผยแพร่ข้อมูลเชิงพื้นที่บนเครือข่าย รองรับมาตรฐาน OGC ผ่านโปรโตคอล Web Map Service (WMS) และ Web Feature Service (WFS) การทำงานร่วมกับ PostGIS ทำให้ GeoServer สามารถดึงข้อมูลเชิงพื้นที่จากฐานข้อมูลและเผยแพร่ไปยังผู้ใช้งาน

ได้แบบ Real-time (GeoServer Project, n.d.) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dai และคณะ (2020) ที่ใช้ GeoServer เป็นแกนกลางในการเผยแพร่ข้อมูลภาคสนามสำหรับการวางผังที่ดิน และพบว่าช่วยลดภาระงานในการจัดการข้อมูลหลายแหล่งและเพิ่มความสะดวกในการเผยแพร่ข้อมูลผ่านเครือข่าย

Flutter เป็นเฟรมเวิร์กโอเพ่นซอร์สพัฒนาโดย Google ใช้ภาษา Dart ในการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Cross-platform ที่รองรับการทำงานบน Web, Android และ iOS จากโค้ดชุดเดียวกัน Flutter ใช้กลไกการเรนเดอร์ UI ของตนเองผ่าน Skia Graphics Engine ทำให้การแสดงผลมีความสม่ำเสมอในทุกแพลตฟอร์มโดยไม่ต้องพึ่งพา UI Component ของระบบปฏิบัติการ ส่งผลให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ Native Application (Google, n.d.-a) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sarbazvatan และ Karimi (2023) ที่นำ Mobile GIS framework มาพัฒนาแอปพลิเคชันภาคสนามและพบว่าการพัฒนาบนแพลตฟอร์มมือถือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บข้อมูลภาคสนามได้

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) เป็นระบบนำทางด้วยดาวเทียมที่ประกอบด้วยดาวเทียมอย่างน้อย 24 ดวง สามารถระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในรูปแบบค่าละติจูดและลองจิจูดได้อย่างแม่นยำตลอด 24 ชั่วโมง ในบริบทของระบบสำรวจที่ดิน GPS ถูกนำมาใช้เพื่อบันทึกพิกัดตำแหน่งของรูปแปลงและอาคารระหว่างการปฏิบัติงานภาคสนาม ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลตำแหน่งที่เกิดจากการบันทึกด้วยมือ (Hofmann-Wellenhof et al., 2008)

Google Maps API เป็นบริการแผนที่ดิจิทัลของ Google ที่เปิดให้นักพัฒนาสามารถนำแผนที่ไปแสดงผลในแอปพลิเคชันได้ผ่าน API โดยรองรับการแสดงผลแบบหลายชั้น (Layer) การวาดและแสดงรูปทรงเรขาคณิตบนแผนที่ และการรับค่าพิกัดจากการคลิกบนแผนที่ ในการศึกษาครั้งนี้ Google Maps API ถูกใช้เป็นแผนที่พื้นฐานสำหรับการแสดงผลรูปแปลงที่ดินและอาคารที่สำรวจได้ (Google, n.d.-b)

การควบคุมการเข้าถึงตามบทบาทหน้าที่ (Role-Based Access Control: RBAC) เป็นแนวคิดการจัดการสิทธิ์การเข้าถึงระบบโดยกำหนดสิทธิ์ตามบทบาทหน้าที่ของผู้ใช้งานแทนการกำหนดสิทธิ์เป็นรายบุคคล แนวคิดนี้เหมาะสมกับระบบของหน่วยงานภาครัฐที่มีโครงสร้างการทำงานชัดเจน เนื่องจากช่วยลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของข้อมูล และทำให้การบริหารจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งานทำได้ง่ายมีประสิทธิภาพ (Ferraiolo et al., 2001) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดบทบาท 4 ระดับ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ หัวหน้าสำรวจ เจ้าหน้าที่สำรวจ และผู้ใช้งานทั่วไป

System Usability Scale (SUS) เป็นแบบประเมินความสามารถในการใช้งาน (Usability) ที่พัฒนาโดย Brooke (1996) ประกอบด้วยคำถาม 10 ข้อในมาตราวัด Likert 5 ระดับ ให้คะแนนในช่วง 0–100 โดยคะแนน 68 ขึ้นไปถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และคะแนน 80 ขึ้นไปจัดอยู่ในระดับดีมาก SUS ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในงานวิจัยด้านระบบสารสนเทศ เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือสูง ใช้งานได้กับระบบหลากหลายประเภท และสามารถดำเนินการประเมินได้อย่างรวดเร็ว (Bangor et al., 2008)

จากการทบทวนทฤษฎีและเทคโนโลยีข้างต้น พบว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยการบูรณาการเทคโนโลยีหลายส่วนเข้าด้วยกัน โดย PostgreSQL/PostGIS ทำหน้าที่จัดเก็บและประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ GeoServer ทำหน้าที่เผยแพร่ข้อมูลตามมาตรฐาน OGC ในส่วนของ Flutter ทำหน้าที่พัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานแบบ Cross-platform และ Google Maps API ทำหน้าที่แสดงผลแผนที่พื้นฐาน ในขณะที่ RBAC ทำหน้าที่ควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามบทบาทหน้าที่ การบูรณาการเทคโนโลยีเหล่านี้เข้าด้วยกันจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบสำรวจรูปแปลงที่ดิน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dai และคณะ (2020) ได้พัฒนาแพลตฟอร์มสนับสนุนการสำรวจข้อมูลภาคสนามสำหรับการวางผังที่ดินเชิงพื้นที่โดยใช้ GeoServer เป็นแกนกลางของระบบ แพลตฟอร์มดังกล่าวประมวลผลและจำแนกข้อมูลทางภูมิศาสตร์จากภาคสนามก่อนเผยแพร่ผ่านระบบ WebGIS โดยข้อมูลถูกเข้ารหัสเพื่อความปลอดภัย ผลการศึกษาพบว่าระบบช่วยสนับสนุนกระบวนการวางผังที่ดินเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยลดภาระงานในการจัดการข้อมูลหลายแหล่งและเพิ่มความสะดวกในการเผยแพร่ข้อมูลแผนที่ผ่านเครือข่าย (Dai et al., 2020) อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวพัฒนาสำหรับเว็บเบราว์เซอร์เพียงแพลตฟอร์มเดียว และไม่รองรับการวาดรูปแปลงในรูปแบบที่หลากหลาย

Sarbazvatan และ Karimi (2023) ได้พัฒนาแอปพลิเคชัน GIS บนอุปกรณ์พกพาชื่อ LandInfo สำหรับเก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคสนาม ระบบรองรับการบันทึกพิกัด GPS การวาดรูปทรงเรขาคณิตบนแผนที่ และการแนบรูปภาพประกอบ ผลการศึกษาพบว่าการใช้แอปพลิเคชันช่วยลดเวลาเก็บข้อมูลภาคสนามได้ถึงร้อยละ 22.97 เมื่อเปรียบเทียบกับการบันทึกด้วยมือแบบเดิม (Sarbazvatan & Karimi, 2023) อย่างไรก็ตาม ระบบพัฒนาเฉพาะสำหรับ Android เท่านั้น ไม่รองรับการทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ และไม่มีระบบอนุมัติข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานในองค์กร

Costantino และคณะ (2020) ได้พัฒนาระบบ WebGIS แบบโอเพ่นซอร์สสำหรับการบริหารจัดการและวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชนบท โดยใช้สถาปัตยกรรม Client/Server ตามมาตรฐาน Open Geospatial Consortium (OGC) ในการรับส่งข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านเครือข่าย ระบบรองรับการแสดงผลข้อมูลภูมิประเทศในรูปแบบหลายชั้นเพื่อสนับสนุนการวางแผนและพัฒนาพื้นที่ (Costantino et al., 2020) อย่างไรก็ตาม ระบบดังกล่าวไม่รองรับการสำรวจและบันทึกพิกัดจากภาคสนามโดยตรง

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้กำหนดขอบเขตด้านผู้ใช้งานเป็น 4 กลุ่มตามบทบาทหน้าที่ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ หัวหน้าสำรวจ เจ้าหน้าที่สำรวจ และผู้ใช้งานทั่วไป ผู้ดูแลระบบมีสิทธิ์บริหารจัดการผู้ใช้งานและข่าวประชาสัมพันธ์ได้ครบถ้วน หัวหน้าสำรวจมีสิทธิ์ครอบคลุมทุกฟังก์ชันของเจ้าหน้าที่สำรวจ และมีสิทธิ์เพิ่มเติมในการอนุมัติข้อมูลการสำรวจ เจ้าหน้าที่สำรวจสามารถสร้าง แก้ไข ลบ และค้นหาข้อมูลการสำรวจ รวมถึงวาดรูปแปลงที่ดินบนแผนที่และเรียกดู Dashboard ได้ ส่วนผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเรียกดูผลการสำรวจและข่าวประชาสัมพันธ์ได้

ขอบเขตด้านระบบงานครอบคลุมการระบุตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกด้วยระบบ GPS การสร้างและกำหนดพิกัดรูปแปลงในรูปแบบจุด เส้น โพลีกอน และวงกลม การบันทึก แก้ไข ค้นหา ลบ และเรียกดูรายงาน ข้อมูลการสำรวจ การวัดระยะทางจากจุดอย่างน้อย 2 จุด และการวัดพื้นที่ในรูปแบบหลายเหลี่ยมจากจุดอย่างน้อย 3 จุด นอกจากนี้ระบบยังรองรับการอนุมัติข้อมูลการสำรวจรูปแปลง การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ Dashboard เพื่อการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ และการแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบ Visualization บนแผนที่ดิจิทัล

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันแผนที่สำรวจรูปแปลงในครั้งนี้ดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ System Development Life Cycle (SDLC) โดยแบ่งกระบวนการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์และรวบรวมความต้องการ

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่สำรวจและผู้บริหารของหน่วยงาน ผลการวิเคราะห์พบปัญหาหลัก ได้แก่ การบันทึกข้อมูลการสำรวจลงในแผ่นงาน Microsoft Excel ทำให้ข้อมูลขาดการจัดระเบียบและสืบค้นได้ยาก กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลจากภาคสนามสู่ระบบดิจิทัลเกิดความล่าช้าและความคลาดเคลื่อน และ ไม่มีระบบแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่บนแผนที่ดิจิทัล ทำให้ผู้บริหารไม่สามารถติดตามสถานะการสำรวจได้แบบ Real-time จากปัญหาดังกล่าวจึงกำหนดความต้องการของระบบโดยระบุตัวแปรที่ใช้ในการสำรวจรูปแปลง ได้แก่ วันที่และเวลาสำรวจ จังหวัด อำเภอ ตำบล พิกัด GPS รูปภาพภาคสนาม และประเภทการสำรวจ พร้อมกำหนดกลุ่มผู้ใช้งาน 4 กลุ่มตามบทบาทหน้าที่ และกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงระบบให้สอดคล้องกับโครงสร้างการทำงานขององค์กร

2. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยออกแบบการทำงานของระบบโดยใช้ Use Case Diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งาน 4 กลุ่มกับฟังก์ชันการทำงานของระบบ โดยกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงตามบทบาทหน้าที่ของแต่ละกลุ่มตามหลักการ Role-Based Access Control (RBAC) ได้แก่ ผู้ดูแลระบบมีสิทธิ์บริหารจัดการผู้ใช้งานและข่าวประชาสัมพันธ์ หัวหน้าสำรวจมีสิทธิ์สร้างและจัดการข้อมูลการสำรวจ วาดรูปแปลงบนแผนที่ และอนุมัติข้อมูลการสำรวจแบบ Real-time เจ้าหน้าที่สำรวจมีสิทธิ์สร้างและจัดการข้อมูลการสำรวจ วาดรูปแปลงบนแผนที่ และเรียกดู Dashboard แต่ไม่มีสิทธิ์อนุมัติข้อมูล และผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเรียกดูผลการสำรวจและข่าวประชาสัมพันธ์ได้เพียงอย่างเดียว ครอบคลุมกระบวนการทำงานหลักตั้งแต่การสร้างและจัดการข้อมูลการสำรวจ การวาดรูปแปลงบนแผนที่ การตรวจสอบและอนุมัติข้อมูลแบบ Real-time ไปจนถึงการเผยแพร่ผลการสำรวจและการแสดงผลในรูปแบบ Dashboard นอกจากนี้ระบบยังออกแบบกลไกความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลสำหรับหน่วยงานด้วยการยืนยันตัวตนผู้ใช้งานด้วย Username และ Password ก่อนเข้าใช้งานทุกครั้ง และการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงฟังก์ชันการทำงานตามบทบาทหน้าที่ดังกล่าว เพื่อป้องกันการเข้าถึงข้อมูล

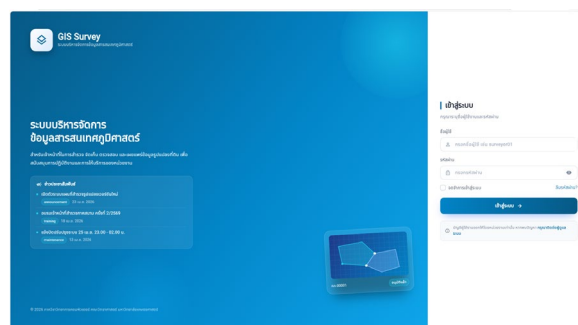
เชิงพื้นที่โดยผู้ที่ไม่มีสิทธิ์ โดยผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเรียกดูได้เฉพาะข้อมูลที่ผ่านมาการอนุมัติและเผยแพร่แล้วเท่านั้น

ระบบมีการออกแบบสถาปัตยกรรมแบบ 3 ชั้น (3-Tier Architecture) โดยชั้นที่หนึ่งคือชั้น Presentation ที่พัฒนาด้วย Flutter framework รองรับการทำงานบน Web และ Mobile จากโค้ดชุดเดียวกัน และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่าน Google Maps API เป็นแผนที่พื้นฐาน ชั้นที่สองคือชั้น Application ที่ให้บริการข้อมูลแผนที่ผ่าน GeoServer ซึ่งดึงข้อมูล Geometry จากฐานข้อมูลและเผยแพร่เป็น Layer ซ้อนทับบนแผนที่ผ่านโปรโตคอล WMS และ WFS ตามมาตรฐาน OGC และชั้นที่สามคือชั้นฐานข้อมูลที่ใช้ PostgreSQL/PostGIS จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบ Geometry โดยกำหนด Spatial Index ด้วย GiST index (Generalized Search Tree) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาข้อมูลเชิงพื้นที่ การไหลของข้อมูลในระบบเริ่มจากเจ้าหน้าที่สำรวจบันทึกและวาดรูปแปลงบนแผนที่ผ่านชั้น Presentation ข้อมูลถูกจัดเก็บลงฐานข้อมูล PostGIS ผ่านชั้น Application จากนั้น GeoServer ดึงข้อมูลจาก PostGIS และเผยแพร่เป็น Layer แสดงผลบน Google Maps แบบ Real-time ให้ผู้ใช้งานทุกกลุ่มสามารถเรียกดูได้ตามสิทธิ์ที่กำหนด

3. การพัฒนาระบบ

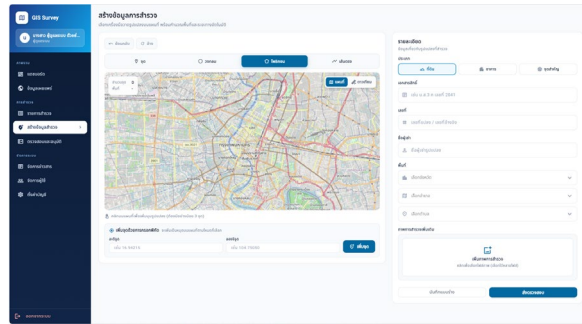
พัฒนาระบบด้วย Flutter framework โดยใช้ภาษา Dart รองรับการทำงานแบบ Cross-platform ทั้งบน Web และ Mobile จากโค้ดชุดเดียวกัน ใช้ฐานข้อมูล PostgreSQL ร่วมกับส่วนขยาย PostGIS สำหรับจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบ Geometry รวมถึงการใช้ GeoServer ให้บริการข้อมูลแผนที่ตามมาตรฐาน OGC และใช้ Google Maps API สำหรับแสดงผลแผนที่พื้นฐาน ระบบเชื่อมต่อฐานข้อมูลแบบ Real-time เพื่อให้ข้อมูลบนแผนที่มีความถูกต้องและเป็นปัจจุบัน ผลการพัฒนาได้ระบบที่ครอบคลุมกระบวนการทำงานตั้งแต่การสร้างข้อมูลการสำรวจ การวาดรูปแปลงบนแผนที่ การอนุมัติข้อมูล และการแสดงผลเชิงพื้นที่ โดยมีหน้าจอหลักของระบบดังนี้

3.1 แสดงหน้า Landing Page ที่แสดงข่าวประชาสัมพันธ์ของหน่วยงาน พร้อมเมนูเข้าสู่ระบบ



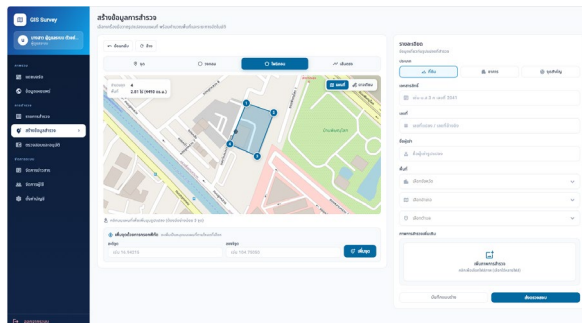
รูปที่ 1 หน้า Landing Page แสดงข่าวประชาสัมพันธ์และหน้าเข้าสู่ระบบ

3.2 แสดงหน้าแบบฟอร์มการสร้างงานสำรวจที่เจ้าหน้าที่สำรวจสามารถเลือกประเภทแบบฟอร์มกรอกรายละเอียดข้อมูลการสำรวจ และแนบรูปภาพภาพการสำรวจได้ โดยระบบรองรับการบันทึกพิกัดตำแหน่งด้วย GPS



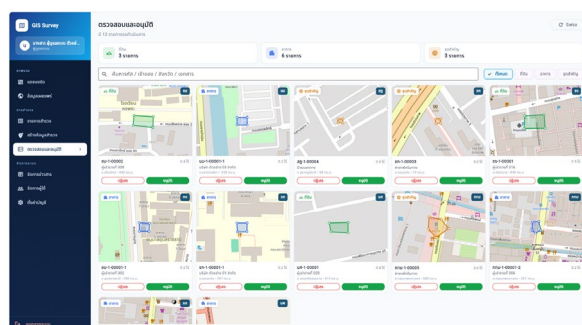
รูปที่ 2 หน้าแบบฟอร์มสร้างงานสำรวจ

3.3 แสดงหน้าการสร้างและวาดรูปแปลงบน Google Maps ซึ่งเจ้าหน้าที่สามารถวาดรูปแปลงที่ดิน อาคาร และจุดสำคัญในรูปแบบจุด เส้น โพลีกอน และวงกลม พร้อมกรอกข้อมูลพิกัดและสามารถค้นหาตำแหน่งด้วยค่าละติจูดและลองจิจูดได้



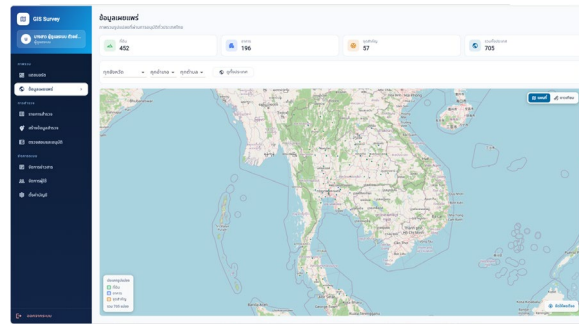
รูปที่ 3 หน้าสร้างและวาดรูปแปลงบนแผนที่ Google Maps

3.4 แสดงหน้าตรวจสอบและอนุมัติข้อมูลการสำรวจสำหรับหัวหน้าสำรวจ โดยแสดงรายการข้อมูลการสำรวจที่รอการอนุมัติพร้อมรายละเอียดครบถ้วน หัวหน้าสำรวจสามารถอนุมัติเพื่อเผยแพร่ข้อมูลหรือปฏิเสธการอนุมัติให้เจ้าหน้าที่แก้ไขได้แบบ Real-time



รูปที่ 4 หน้าตรวจสอบและอนุมัติข้อมูลการสำรวจ

3.5 แสดงหน้าผลการรวมการสำรวจที่แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่รองรับการค้นหาและกรองข้อมูลตามเงื่อนไข เช่น จังหวัด อำเภอ และตำบล โดยผลลัพธ์จะแสดงบนแผนที่แบบ Real-time เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายของผู้บริหาร



รูปที่ 5 หน้าแสดงผลภาพรวมการสำรวจบนแผนที่

3.6 แสดงหน้ารายการดำเนินการสำรวจ

ID	ชื่อรายการสำรวจ	สถานะ	วันที่ดำเนินการ
sp-00001-1	สำรวจพื้นที่ A	เสร็จสิ้น	2569-06-10
sp-00001-2	สำรวจพื้นที่ B	กำลังดำเนินการ	2569-06-11
sp-00001-3	สำรวจพื้นที่ C	ยังไม่เริ่ม	2569-06-12
sp-00001-4	สำรวจพื้นที่ D	เสร็จสิ้น	2569-06-13
sp-00001-5	สำรวจพื้นที่ E	กำลังดำเนินการ	2569-06-14
sp-00001-6	สำรวจพื้นที่ F	ยังไม่เริ่ม	2569-06-15
sp-00001-7	สำรวจพื้นที่ G	เสร็จสิ้น	2569-06-16
sp-00001-8	สำรวจพื้นที่ H	กำลังดำเนินการ	2569-06-17
sp-00001-9	สำรวจพื้นที่ I	ยังไม่เริ่ม	2569-06-18
sp-00001-10	สำรวจพื้นที่ J	เสร็จสิ้น	2569-06-19

รูปที่ 6 หน้ารายการดำเนินการสำรวจ

3.7 แสดงหน้าบริหารจัดการผู้ใช้งานสำหรับผู้ดูแลระบบที่สามารถเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลผู้ใช้งาน รวมถึงกำหนดบทบาทและสิทธิ์การเข้าถึง

รูปที่ 7 หน้าบริหารจัดการผู้ใช้งาน

4. การทดสอบและประเมินผล ดำเนินการทดสอบและประเมินผลระบบ 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบแรกทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชันการทำงานด้วยวิธี Black-Box Testing ซึ่งเป็นวิธีทดสอบที่มุ่งตรวจสอบพฤติกรรมของระบบจากมุมมองของผู้ใช้งาน (Myers et al., 2011) กำหนด Test Case จำนวน 20 กรณีทดสอบครอบคลุมทุก Use Case แบ่งตามกลุ่มฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การจัดการผู้ใช้งานและสิทธิ์ การสร้างและวาดรูปแปลงบนแผนที่ การบันทึกพิกัด GPS และรูปภาพ การอนุมัติและติดตามสถานะ การแสดงผล Visualization และ Dashboard และการวัดระยะทางและพื้นที่บนแผนที่ โดยในแต่ละ Test Case กำหนดเงื่อนไขการทดสอบ ผลลัพธ์ที่คาดหวัง และเกณฑ์การตัดสินเป็นผ่านหรือไม่ผ่านอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยัง

ตรวจสอบการไหลของข้อมูลในกระบวนการทำงานหลัก ตั้งแต่การสร้างข้อมูลการสำรวจ การส่งข้อมูลเพื่อรอการอนุมัติ ไปจนถึงการเผยแพร่ผลการสำรวจบนแผนที่ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลถูกส่งต่อระหว่างกลุ่มผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

รูปแบบที่สองประเมินความสามารถในการใช้งาน (Usability) ด้วยวิธี System Usability Scale (SUS) ซึ่งพัฒนาโดย Brooke (1996) เป็นแบบประเมินมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในงานวิจัยด้านระบบสารสนเทศ เนื่องจากสามารถประเมินได้รวดเร็วและใช้ได้กับระบบหลากหลายประเภท ประกอบด้วยคำถาม 10 ข้อในมาตรวัด Likert 5 ระดับ เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งประกอบด้วยเจ้าหน้าที่สำรวจ หัวหน้าสำรวจ และผู้ดูแลระบบของหน่วยงานภาครัฐที่เป็นกลุ่มผู้ใช้งานจริงของระบบ คะแนนที่ได้จะถูกแปลงเป็นค่าในช่วง 0–100 และแปลผลตามเกณฑ์ของ Bangor et al. (2008) ที่กำหนดให้คะแนน 68 ขึ้นไปอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ คะแนน 71–80 อยู่ในระดับดี (Good) และคะแนน 80 ขึ้นไปอยู่ในระดับดีเยี่ยม (Excellent)

ผลการวิจัย

การศึกษานี้พัฒนาระบบแอปพลิเคชันแผนที่สำรวจรูปแปลงได้ตามวัตถุประสงค์ โดยระบบรองรับการทำงานแบบ Cross-platform ทั้งบน Web และ Mobile จากโค้ดชุดเดียวกัน และครอบคลุมกระบวนการทำงาน ได้แก่ การบริหารจัดการผู้ใช้งาน การสร้างและบันทึกข้อมูลการสำรวจ การวาดรูปแปลงบนแผนที่ในรูปแบบจุด เส้น โพลีกอน และวงกลม การบันทึกพิกัดด้วย GPS การอนุมัติข้อมูลแบบ Real-time และการแสดงผลเชิงพื้นที่ผ่าน GeoServer ตามมาตรฐาน OGC ผลการประเมินระบบ 2 รูปแบบ มีรายละเอียดดังนี้

ผลการทดสอบเชิงฟังก์ชันด้วยวิธี Black-Box Testing พบว่าระบบผ่านการทดสอบทุก Test Case จำนวน 20 กรณีทดสอบ คิดเป็นร้อยละ 100 โดยแต่ละกรณีระบุเงื่อนไขการทดสอบ ผลลัพธ์ที่คาดหวัง และเกณฑ์การตัดสินเป็นผ่านหรือไม่ผ่านอย่างชัดเจน ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระบบเชิงฟังก์ชันด้วยวิธี Black-Box Testing

Testcase	Input	Output ที่คาดหวัง	ผล
การบริหารจัดการผู้ใช้งานและสิทธิ์การเข้าถึง			
TC-01 เพิ่มผู้ใช้งานใหม่พร้อมกำหนดบทบาท	กรอกข้อมูลผู้ใช้งาน ชื่อ, Username, Password และ กำหนดบทบาท	บันทึกข้อมูลผู้ใช้งาน สำเร็จ แสดงรายชื่อ ผู้ใช้งานใหม่	ผ่าน
TC-02 เข้าสู่ระบบด้วย Username/Password ถูกต้อง	กรอก Username, Password ที่ถูกต้อง	เข้าสู่หน้าหลักตาม บทบาทที่กำหนด	ผ่าน
TC-03 เข้าสู่ระบบด้วย Password ไม่ถูกต้อง			ผ่าน

TC-04 แก้ไขสิทธิ์การใช้งาน	กรอก Username	แสดงข้อความแจ้ง	ผ่าน
	ถูกต้อง, Password	เตือน เข้าสู่ระบบไม่	
	ผิด	สำเร็จ	
	กรอก Username	ระบบแสดงเมนูหน้า	
	ถูกต้อง, Password	หลักการใช้งานตาม	
	การเข้าถึงสิทธิ์การใช้	สิทธิ์ที่กำหนดได้	
	งานที่แตกต่างกัน	ถูกต้อง	
Testcase	Input	Output ที่คาดหวัง	ผล
การสร้างและบันทึกข้อมูลการสำรวจบนแผนที่			
TC-05 กรอกแบบฟอร์มครบและบันทึก	กรอกข้อมูลสำรวจครบ ทุกช่อง	บันทึกสำเร็จ แสดง ในรายการสำรวจ	ผ่าน
TC-06 วาดโพลิگونรูปแปลงที่ดินบนแผนที่	เลือกพิกัดมากกว่า 3 จุดบนแผนที่ในระบบ	ข้อมูล Polygon Geometry ถูก บันทึกใน PostGIS	ผ่าน
TC-07 วาดจุด (Point) ตำแหน่งสำคัญบนแผนที่	เลือกพิกัด 1 จุดบน แผนที่ในระบบ	ข้อมูล Point Geometry ถูก บันทึกใน PostGIS	ผ่าน
TC-08 วาดเส้น (LineString) บนแผนที่	เลือกพิกัด 2 จุดบน แผนที่ในระบบ	ข้อมูล LineString Geometry ถูก บันทึกใน PostGIS	ผ่าน
TC-09 กรอกข้อมูลฟอร์มสำรวจไม่ครบแล้ว บันทึก	กรอกข้อมูลสำรวจไม่ ครบบางช่อง	ระบบแจ้งเตือนช่องที่ ยังไม่กรอก บันทึก ข้อมูลไม่สำเร็จ	ผ่าน
การระบุตำแหน่ง การวัด บนพิกัดแผนที่			
TC-10 บันทึกพิกัดปัจจุบันด้วย GPS	บันทึกสัญญาณ GPS จากอุปกรณ์	แสดงค่าละติจูด ลองจิจูด และหมุด บนแผนที่	ผ่าน
TC-11 ค้นหาตำแหน่งด้วยละติจูด/ลองจิจูด	ค่าละติจูด, ลองจิจูด	แผนที่ในระบบเลื่อน ไปยังตำแหน่งที่กรอก	ผ่าน
TC-12 แนบบรูปภาพภาคสนาม	ไฟล์รูปภาพ .jpg หรือ .png	รูปภาพถูกบันทึกและ แสดงผลได้	ผ่าน
TC-13 วัดระยะทางระหว่าง 2 จุดบนแผนที่			ผ่าน

TC-14 วัดพื้นที่โพลิกอน	เลือกพิกัด 2 จุดบน	แสดงค่าระยะทาง	ผ่าน
	แผนที่ในระบบ	เป็นเมตร/กิโลเมตร	
	เลือกพิกัดมากกว่า 3	แสดงค่าพื้นที่เป็น	
	จุดบนแผนที่ในระบบ	ตารางเมตร/ไร่	

การตรวจสอบและอนุมัติข้อมูลการสำรวจ

TC-15 หัวหน้าสำรวจอนุมัติข้อมูล	ข้อมูลการสำรวจที่รอการอนุมัติ	สถานะเปลี่ยนเป็นอนุมัติ ข้อมูลปรากฏในหน้าเผยแพร่	ผ่าน
TC-16 หัวหน้าสำรวจไม่อนุมัติและส่งกลับ	ข้อมูลการสำรวจที่รอการอนุมัติ	ระบบส่งข้อมูลกลับให้เจ้าหน้าที่แก้ไข	ผ่าน
TC-17 เจ้าหน้าที่แก้ไขและส่งกลับอนุมัติ	ข้อมูลที่แก้ไขแล้ว	ข้อมูลกลับสู่สถานะรออนุมัติ	ผ่าน

Testcase	Input	Output ที่คาดหวัง	ผล
การแสดงผลและค้นหาข้อมูลเชิงพื้นที่			
TC-18 ระบบสามารถค้นหาข้อมูลตำแหน่งและรายละเอียดข้อมูลรูปแปลงที่ดินได้	กรอกข้อมูลเงื่อนไขการค้นหา	แสดงผลข้อมูลได้ตามเงื่อนไขที่ค้นหา	ผ่าน
TC-19 ระบบสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบ Visualization	ข้อมูล Geometry จาก PostGIS ผ่าน GeoServer WMS	แสดงรูปแปลงที่ดิน อาคาร หรือหมุดที่บันทึกในฐานข้อมูลได้	ผ่าน
TC-20 แสดง Dashboard สถิติสรุปผลการสำรวจ	ข้อมูลการสำรวจทั้งหมดในฐานข้อมูล	แสดงสถิติถูกต้องครบถ้วน	ผ่าน
รวมร้อยละที่ผ่าน			100

จากตารางที่ 1 พบว่าระบบผ่านการทดสอบทุก Test Case จำนวน 20 กรณีทดสอบ คิดเป็นร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันการทำงานทั้งหมดของระบบทำงานได้ถูกต้องครบถ้วนตาม Use Case ที่ออกแบบไว้ และการไหลของข้อมูลระหว่างกลุ่มผู้ใช้งานตั้งแต่การสร้างข้อมูลการสำรวจ การส่งข้อมูลเพื่อรอการอนุมัติ ไปจนถึงการเผยแพร่ผลการสำรวจบนแผนที่ดำเนินการได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานด้วย System Usability Scale (SUS) จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งประกอบด้วยเจ้าหน้าที่สำรวจ หัวหน้าสำรวจ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งานทั่วไปของหน่วยงานภาครัฐ ด้วยวิธีการแจกแบบสอบถามหลังจากการใช้งานระบบจริง แบบสอบถามประกอบด้วยคำถาม 10

ข้อดังแสดงในตารางที่ 2 โดยใช้มาตราส่วน 5 ระดับ (5 = เห็นด้วยมากที่สุด, 1 = เห็นด้วยน้อยที่สุด) วิธีการวิเคราะห์ผลคือนำคะแนนข้อคู่ (1, 3, 5, 7, 9) ลบด้วย 1 และนำคะแนนข้อคู่ (2, 4, 6, 8, 10) ลบออกจาก 5 จากนั้นรวมคะแนนทั้งหมดและคูณด้วย 2.5 เพื่อหาค่าคะแนนรวมของ SUS และแปลผลตามเกณฑ์ของ Bangor et al. (2008)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานด้วย System Usability Scale (SUS)

คำถาม	$\bar{X}$	S.D.	คะแนนที่ได้
1. ฉันคิดว่าจะใช้ระบบนี้บ่อยครั้ง	4.43	0.73	3.43
2. ฉันพบว่าระบบนี้มีความซับซ้อนโดยไม่จำเป็น	2.17	1.02	2.83
3. ฉันคิดว่าระบบนี้มีความสะดวกในการใช้งาน	4.80	0.41	3.80
4. ฉันคิดว่าต้องการความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อสามารถใช้งานระบบนี้ได้	2.47	1.50	2.53
5. ฉันพบว่าฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ในระบบนี้ได้รับการบูรณาการเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสม	4.60	0.62	3.60
6. ฉันพบว่าระบบนี้มีความไม่สอดคล้องกันในหลายส่วนมากเกินไป	2.00	1.02	3.00
7. ฉันคิดว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่สามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานระบบนี้ได้อย่างรวดเร็ว	4.30	0.79	3.30
8. ฉันพบว่าระบบนี้มีความยุ่งยากในการใช้งาน	2.23	1.30	2.77
9. ฉันรู้สึกมั่นใจในการใช้งานระบบนี้	4.17	1.02	3.17
คำถาม	$\bar{X}$	S.D.	คะแนนที่ได้
10. ฉันต้องศึกษาทำความเข้าใจในหลายเรื่องก่อนที่จะสามารถใช้งานระบบนี้ได้	2.23	1.01	2.77
รวม			31.20
คะแนน SUS (รวม × 2.5)			78.00

ผลการศึกษาพบว่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินความสามารถในการใช้งานแอปพลิเคชันแผนที่สำรวจรูปแบบด้วยวิธี System Usability Scale จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน มีค่าเท่ากับ 78.00 (S.D. = 13.04) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ (68 คะแนน) และจัดอยู่ในระดับดี (Good) ตามเกณฑ์ของ Bangor et al. (2008) โดยข้อที่ได้คะแนนสูงสุดคือข้อ 3 ด้านความสะดวกในการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.80, S.D. = 0.41) ซึ่งมีค่า S.D. ต่ำสะท้อนว่าผู้ใช้งานทุกกลุ่มมีความเห็นสอดคล้องกัน ในขณะที่ข้อ 4 ด้านความต้องการความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญ ($\bar{x}$ = 2.47, S.D. = 1.50) มีค่า S.D. สูงสุด สะท้อนว่าผู้ใช้งานที่มีประสบการณ์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สูงสามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้ใช้งานทั่วไปยังต้องการการแนะนำเพิ่มเติม แสดงให้เห็นว่าแม้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะมีความซับซ้อนด้านการทำงานโดยธรรมชาติ การออกแบบส่วนติดต่อ

ผู้ใช้งานที่เน้นแผนที่ดิจิทัลผ่าน Google Maps API และการพัฒนาด้วย Flutter framework ที่ให้ประสบการณ์การใช้งานสม่ำเสมอทุกแพลตฟอร์ม ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้และใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับ

ระบบที่พัฒนาขึ้นก่อให้เกิดประโยชน์ต่อหน่วยงานและผู้ใช้งานในหลายด้าน ได้แก่ เจ้าหน้าที่สำรวจสามารถสร้างและบันทึกข้อมูลรูปแปลงที่ดินและอาคารพร้อมพิกัด GPS ได้โดยตรงจากภาคสนามโดยไม่ต้องถ่ายทอดข้อมูลจากกระดาษ ลดความซ้ำซ้อนและข้อผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล หัวหน้าสำรวจสามารถตรวจสอบและอนุมัติข้อมูลได้แบบ Real-time โดยไม่ต้องรอเอกสาร ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลรูปแปลงได้รวดเร็วขึ้นผ่านเงื่อนไขการค้นหาหลายระดับ ทั้งจังหวัด อำเภอ และตำบล และผู้บริหารสามารถใช้ Dashboard วิเคราะห์และประเมินผลการสำรวจเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายด้านการบริหารจัดการที่ดินขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปและอภิปรายผล

สรุป

ผลการทดสอบเชิงฟังก์ชันของระบบด้วยวิธี Black-box Testing พบว่าระบบผ่านการทดสอบครบทุกกรณี คิดเป็นร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องครบถ้วนตามข้อกำหนดและวัตถุประสงค์ที่ออกแบบไว้

ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานด้วยวิธี System Usability Scale (SUS) จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มด้านการสำรวจ กลุ่มด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 78.00 (S.D. = 13.04) ซึ่งอยู่ในระดับดี (Good) ตามเกณฑ์ของ Bangor et al. (2008) โดยข้อที่ได้คะแนนสูงสุดคือด้านความสะดวกในการใช้งาน ($\bar{x} = 4.80$, S.D. = 0.41) สะท้อนว่าผู้ใช้งานทุกกลุ่มมีความเห็นสอดคล้องกันในประเด็นนี้ แสดงให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมด้านการใช้งานและผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการทำงานแบบ Cross-platform ทั้งบน Web และ Mobile จากโค้ดชุดเดียว โดยบูรณาการเทคโนโลยี PostgreSQL/PostGIS, GeoServer และ Flutter framework เพื่อรองรับการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ การแสดงผลแผนที่ และการทำงานแบบ Real-time ได้อย่างครบถ้วน

อภิปรายผล

ผลการทดสอบเชิงฟังก์ชันที่ผ่านร้อยละ 100 สะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์ด้านฟังก์ชันการทำงานและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ครบถ้วน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการศึกษานี้มีจุดแตกต่างที่สำคัญหลายประการ โดยงานของ Dai et al. (2020) รองรับเฉพาะการใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์และไม่มีฟังก์ชันการวาดรูปแปลงที่หลากหลาย ขณะที่งานของ Sarbazvatan และ Karimi (2023) มุ่งเน้นการใช้งานบนอุปกรณ์พกพาแต่ยังขาดระบบการอนุมัติข้อมูลในระดับองค์กร และงานของ Costantino et al. (2020) แม้รองรับมาตรฐาน OGC แต่ไม่รองรับการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยตรง ดังนั้น การศึกษานี้จึงเป็นการบูรณาการจุดแข็งของงานวิจัยเดิม โดยพัฒนาระบบที่รองรับทั้ง Web และ Mobile จากโค้ดชุดเดียว พร้อมระบบอนุมัติแบบ Real-time และ Dashboard ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิผลในการบริหารจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ในบริบทของหน่วยงานภาครัฐ

ผลการประเมิน SUS ที่ได้คะแนน 78.00 (S.D. = 13.04) อยู่ในระดับดี สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่เน้นความเรียบง่ายและการแสดงผลผ่านแผนที่ดิจิทัลช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และใช้งานระบบได้อย่างรวดเร็ว โดยข้อที่ได้คะแนนสูงสุดคือข้อ 3 ด้านความสะดวกในการใช้งาน ($\bar{x} = 4.80$, S.D. = 0.41) ซึ่งค่า S.D. ต่ำบ่งชี้ว่าผู้ใช้งานทุกกลุ่มมีความเห็นสอดคล้องกันอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ข้อ 4 ด้านความต้องการความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญ ($\bar{x} = 2.47$, S.D. = 1.50) มีค่า S.D. สูงสุด สะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานที่มีประสบการณ์ด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สูงสามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้ใช้งานทั่วไปยังต้องการคำแนะนำเพิ่มเติม ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาสื่อแนะนำการใช้งานหรือระบบช่วยเหลือในอนาคต

นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณา ได้แก่ การพึ่งพาสัญญาณอินเทอร์เน็ตในการแสดงผลแผนที่แบบ Real-time และการบันทึกข้อมูลสู่ฐานข้อมูลกลาง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่ที่มีสัญญาณไม่เสถียรหรือไม่มีสัญญาณ รวมถึงข้อจำกัดของระบบ GPS ในพื้นที่อาคารสูงหรือพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางสัญญาณดาวเทียม ซึ่งอาจทำให้การระบุพิกัดมีความคลาดเคลื่อนและส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูลที่บันทึก ข้อจำกัดเหล่านี้นำไปสู่ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อยอดด้วยการเพิ่มฟังก์ชัน Offline Mode เพื่อให้ระบบสามารถรองรับการปฏิบัติงานในทุกสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

ผลการศึกษาายังแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีโอเพ่นซอร์ส เช่น PostgreSQL/PostGIS และ GeoServer ร่วมกับ Flutter framework สามารถนำไปสู่การพัฒนาาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีต้นทุนต่ำใช้งานได้จริง และยังคงประสิทธิภาพตามมาตรฐานสากล OGC ได้ สถาปัตยกรรมของระบบที่นำเสนอจึงมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบสำหรับหน่วยงานภาครัฐอื่นที่มีลักษณะงานใกล้เคียงกัน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาและข้อเสนอแนะที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่างในกระบวนการประเมิน มีข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อในอนาคต ดังนี้ ควรเพิ่มฟังก์ชันการทำงานแบบออฟไลน์ (Offline Mode) เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ต่อเนื่องในพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ตและชิงโครไนซ์ข้อมูลอัตโนมัติเมื่อกลับเข้าสู่โซนเครือข่าย และควรศึกษาการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของพิกัดรูปแปลงที่ดินที่กโดยอัตโนมัติ เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการบันทึกข้อมูลในภาคสนาม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณนายภูริวัฒน์ แสงเทพ ผู้อำนวยการฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ บริษัท ที.เอ็ม.เอส เทค จำกัด ที่ให้คำแนะนำด้านการพัฒนาระบบแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ และขอขอบคุณบริษัท ที.เอ็ม.เอส เทค จำกัด ที่สนับสนุนทรัพยากรในการพัฒนาระบบครั้งนี้

บรรณานุกรม

- Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574–594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>
- Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.
- Costantino, D., Angelini, M. G., Alfio, V. S., Cotecchia, F., Figorito, B., & Strisciuglio, G. (2020). Implementation of an open-source WebGIS system for the protection and sustainable management of rural heritage. *Applied Geomatics*, 12, 41–54. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00275-6>
- Dai, Y., Duan, Z., & Ai, D. (2020). Construction and application of a field investigation support platform for land spatial planning based on GeoServer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1621(1), 012059. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1621/1/012059>
- Ferraiolo, D. F., Sandhu, R., Gavrila, S., Kuhn, D. R., & Chandramouli, R. (2001). Proposed NIST standard for role-based access control. *ACM Transactions on Information and System Security*, 4(3), 224–274. <https://doi.org/10.1145/501978.501980>
- GeoServer Project. (n.d.). GeoServer user manual. <https://docs.geoserver.org>
- Google. (n.d.-a). Flutter documentation. <https://docs.flutter.dev>

Google. (n.d.-b). Google Maps Platform documentation.

<https://developers.google.com/maps/documentation>

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS – Global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems* (4th ed.). Wiley.

Myers, G. J., Sandler, C., & Badgett, T. (2011). *The art of software testing* (3rd ed.). Wiley.

Nowak, M. M., Dziób, K., & Bogawski, P. (2020). Mobile GIS applications for environmental field surveys: A state of the art. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01089.

<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01089>

Obe, R. O., & Hsu, L. S. (2015). *PostGIS in action* (2nd ed.). Manning Publications.

PostgreSQL Global Development Group. (2023). *PostgreSQL 15 documentation*.

<https://www.postgresql.org/docs>

Sarbavatan, A., & Karimi, N. (2023). *Development of a mobile GIS application (LandInfo) for land use and land cover field data collection* [Preprint]. Research Square.

<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3752659/v1>