

การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพระบบลงเวลาออนไลน์ระบุตำแหน่งจีพีเอส ด้วยเทคโนโลยีฟลัตเตอร์และฐานข้อมูลเรียลไทม์ไฟร์เบสสำหรับธุรกิจก่อสร้าง

Development and Performance Evaluation of a GPS-Based Online Time Attendance System Using Flutter and Firebase Realtime Database for the Construction

อนวัชฌน์ ใจดี¹, ชนกานต์ ตันติภาษากร², ตะวัน อินทร์โพธิ์³, วารุณี น้อยมูลตรี⁴,

สุนิพันธ์ ศรีสุพจนานนท์⁵

¹สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี, anuwat_dbc@thonburi-u.ac.th

²สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี, 6701102057111@trums.thonburi-u.ac.th

³สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี, 6701102057118@trums.thonburi-u.ac.th

⁴สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี, 6701102057083@trums.thonburi-u.ac.th

⁵สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี, suniphantru2017@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบลงเวลาออนไลน์ระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) และประเมินประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจสำหรับธุรกิจก่อสร้าง โดยใช้เทคโนโลยี Flutter และ Firebase Realtime Database ออกแบบผ่านสถาปัตยกรรมตรวจสอบ 3 ระดับ (คนงาน-ผู้ควบคุมงาน-ผู้รับเหมา) เพื่อปิดช่องว่างการทุจริตเวลา (Buddy Punching) การดำเนินการทดสอบมีขึ้นระหว่างเดือนกันยายน 2567 ถึงมีนาคม 2568 ผ่านกลุ่มตัวอย่างแรงงานก่อสร้าง 50 คน ผู้ควบคุมงาน 5 คน และผู้รับเหมา 2 ราย กระบวนการทดสอบความแม่นยำพิกัดทำอย่างเป็นรูปธรรมใน 12 จุดทดสอบทั่วพื้นที่โครงการ โดยเก็บข้อมูลซ้ำจุดละ 3 ครั้ง ณ ช่วงเวลา 1, 30 และ 60 วินาที (รวม 36 ชุดข้อมูล) เปรียบเทียบกับค่าพิกัดฐาน (Static Baseline) ที่รับสัญญาณต่อเนื่อง 90 นาที ผลการวิจัยพบว่าระบบมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSE) อยู่ในช่วง 3-10 เมตร ให้ความแม่นยำทางสถิติสูงถึงร้อยละ 99 (RMSE = 0.113) ในพื้นที่เปิดโล่ง และสามารถตรวจจับการปลอมแปลงตำแหน่ง (Mock Location) ได้แม่นยำร้อยละ 95 ด้านประสิทธิภาพการประมวลผลเพิ่มขึ้นร้อยละ 90 โดยลดเวลาจัดทำรายงานจากเดิม 120-240 นาที เหลือเพียงไม่ถึง 2 นาที และสามารถลดต้นทุนแรงงานที่สูญเสียจากการทุจริตเวลาได้ร้อยละ 15 - 20 ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดการภายใต้พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) อย่างเคร่งครัด

คำหลัก: ระบบลงเวลาทำงาน, จีพีเอส, ฟลัตเตอร์, ไฟร์เบส, ธุรกิจก่อสร้าง

Abstract

This research aims to develop and evaluate a GPS-based online time attendance system for the construction industry using Flutter and Firebase Realtime Database. The architecture incorporates a three-level verification workflow designed to mitigate time theft (buddy punching). Conducted from September 2024 to March 2025, the performance evaluation involved 50 workers, 5 supervisors, and 2 subcontractors. Precision was rigorously tested across 12 project sites with 36 repetitions (3 sessions per point at 1, 30, and 60-second intervals), benchmarked against a 90-minute static baseline. Results demonstrate a Root Mean Square Error (RMSE) of 3-10 meters, achieving 99% statistical accuracy (RMSE = 0.113) in open-sky conditions. The system achieved a 95% success rate in detecting mock locations and enhanced processing efficiency by 90%, reducing reporting lead time from 240 minutes to under 2 minutes. Strategically, the system reduced labor costs associated with time theft by 15-20%. All data processing aligns with Thailand's Personal Data Protection Act (PDPA) standards.

Keywords: Attendance System, GPS, Flutter, Firebase, Construction Business

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคของการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (Digital Transformation) อุตสาหกรรมก่อสร้างกำลังเผชิญกับความท้าทายในการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลและโครงการที่มีความซับซ้อนสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมิติของการควบคุมแรงงานและผู้รับเหมาช่วงที่มีการกระจายตัวอยู่ในหลายพื้นที่ปฏิบัติงาน (Dispersed Workforce) ปัญหาความไม่โปร่งใสในการลงเวลาปฏิบัติงาน เช่น การลงเวลาแทนกัน (Buddy Punching) และความผิดพลาดจากการจดบันทึกข้อมูลด้วยมือ (Manual Data Entry Errors) ยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดำเนินงาน จากการศึกษาของ (Dzylo, 2026) พบว่าข้อผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลด้วยระบบดั้งเดิมส่งผลให้องค์กรต้องแบกรับต้นทุนค่าเสียโอกาสเฉลี่ยสูงถึง 3 ชั่วโมงต่อพนักงานหนึ่งคนในทุกปี ซึ่งเมื่อคำนวณในระดับโครงการขนาดใหญ่ ตัวเลขดังกล่าวถือเป็นความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่มีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ กระบวนการรายงานข้อมูลจากหน้างานสู่สำนักงานส่วนกลางที่ยังพึ่งพาสมุดลงชื่อหรือแอปพลิเคชันสนทนาทั่วไป มักขาดความน่าเชื่อถือทางบัญชีและไม่สามารถใช้อ้างอิงทางกฎหมายได้ เมื่อเกิดข้อพิพาท อีกทั้งยังก่อให้เกิดความล่าช้าของข้อมูล (Data Latency) ทำให้ผู้บริหารไม่สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาได้ทันเวลาที่ งานวิจัยในช่วงปี 2023-2025 ได้ชี้ให้เห็นแนวโน้มการแก้ปัญหาดังกล่าว

ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยงานศึกษาเกี่ยวกับระบบติดตามพนักงานระบุว่า การนำเทคโนโลยีระบุตำแหน่งผ่านดาวเทียม (GPS) มาใช้ร่วมกับมาตรการทางดิจิทัล สามารถลดช่องโหว่ของการทุจริตลงเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wassay et al., n.d.) สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการความปลอดภัยในพื้นที่งานก่อสร้างที่พบว่า การกำหนดขอบเขตพื้นที่เสมือน (Geofencing) ไม่เพียงช่วยควบคุมการเข้า-ออกพื้นที่ แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารความเสี่ยงและตรวจสอบสถานะของแรงงานได้แบบเรียลไทม์ (Hong & Cho, 2023)

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยืดหยุ่นและรองรับการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก งานวิจัยด้าน IoT ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Sadeghi et al., 2026) สนับสนุนว่าการเปลี่ยนผ่านสู่แพลตฟอร์มคลาวด์ (Cloud-based Platforms) ช่วยลดความผิดพลาดจากมนุษย์และเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลได้สูงกว่าร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิม ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการนำเทคโนโลยี Geofencing (Mane et al., 2025) มาประยุกต์ใช้บนโครงสร้างพื้นฐานของ Firebase Cloud Platform ซึ่งมีจุดเด่นด้านการซิงค์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real-time Synchronization) และความเสถียรในการรองรับข้อมูลธุรกรรมจำนวนมาก เพื่อพัฒนาการตรวจสอบความซื่อสัตย์ของข้อมูลที่มีความแม่นยำสูง สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ในทุกขั้นตอน และยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างให้สอดคล้องกับบริบทของอุตสาหกรรมในยุคดิจิทัลอย่างแท้จริง

ผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งผ่านดาวเทียม (GPS) และการกำหนดขอบเขตพื้นที่เสมือน (Geofencing) มาประยุกต์ใช้บนโครงสร้างพื้นฐานของ Firebase Cloud Platform ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูงและรองรับข้อมูลเรียลไทม์ เพื่อสร้างกลไกการตรวจสอบความซื่อสัตย์ของข้อมูลที่มีความแม่นยำสูงและตรวจสอบได้ในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้สร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยการบูรณาการสถาปัตยกรรมตรวจสอบ 3 ระดับ เข้ากับกลไก Offline Persistence และ Server Value Timestamp เพื่อให้ข้อมูลเวลายังคงความน่าเชื่อถือแม้ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ผลการทดลองอย่างเป็นรูปธรรมชี้ให้เห็นว่าระบบสามารถ ลดเวลาประมวลผลเงินเดือนและรายงานงวดงานได้ร้อยละ 80-90 และประหยัดต้นทุนแรงงานได้ร้อยละ 15-20 นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญกับประเด็นความปลอดภัยข้อมูล (Data Privacy) ตามมาตรฐาน PDPA โดยใช้ระบบยืนยันตัวตน 4FA และการแจ้งเตือนภายใน 72 ชั่วโมง หากเกิดเหตุละเมิดข้อมูล การวิจัยนี้จึงเป็นต้นแบบในการยกระดับธรรมาภิบาลข้อมูลและประสิทธิภาพการผลิตในภาคการก่อสร้างของประเทศไทยอย่างยั่งยืน

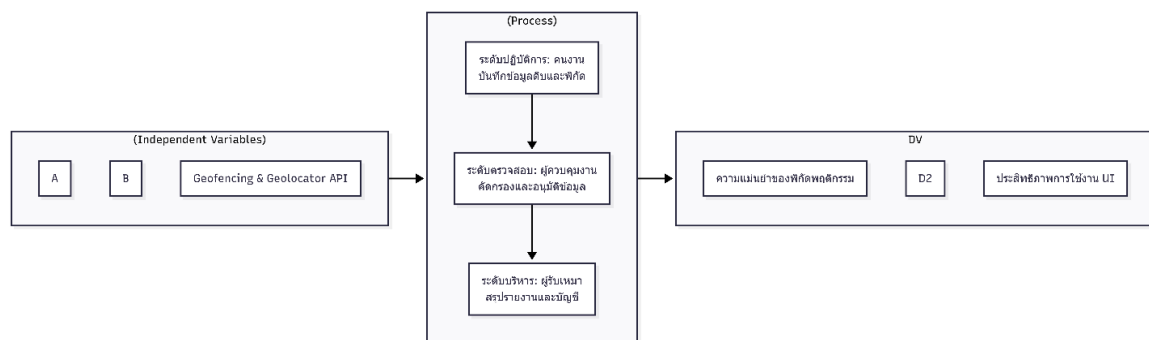
วัตถุประสงค์

ประเมินประสิทธิภาพและพัฒนาระบบลงเวลาออนไลน์ระบุตำแหน่ง GPS ที่ทำงานบนแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดโอกาสในการเกิดเหตุการณ์การลงเวลาทำงานและปัญหาการลงเวลาแทนกันไนไซต์งานก่อสร้าง
2. เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการข้อมูลแรงงานรวดเร็วขึ้นร้อยละ 30
3. มีฐานข้อมูลดิจิทัลที่เชื่อถือได้สำหรับใช้เป็นหลักฐานประกอบการเบิกจ่ายงวดงาน ลดความผิดพลาดร้อยละ 10

กรอบแนวคิด



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยสถาปัตยกรรมระบบลงเวลาก่อสร้าง

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ประกอบด้วยชุดเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา โดย Flutter/Dart ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของเว็บแอปพลิเคชัน Firebase Realtime Database ทำหน้าที่จัดเก็บและซิงค์ข้อมูลแบบความล่าช้าต่ำ (Low Latency) และ Geofencing/ Geolocator เป็นกลไกหลักในการตรวจสอบตำแหน่งพื้นที่ไซต์งาน

กระบวนการ (Process) คือ กระบวนการตรวจสอบ 3 ระดับ ประกอบด้วยลำดับขั้นการทำงานที่เน้นการตรวจสอบ (Verification Workflow) โดยเริ่มจากคณงานป้อนข้อมูลดิบ (Raw Data) ผ่านการกรองโดยผู้ควบคุมงาน (Supervisor) เพื่อรับรองความถูกต้อง ก่อนส่งข้อมูลผ่านการตรวจสอบแล้วไปยังผู้รับเหมาเพื่อบริหารจัดการโครงการ

ตัวแปรตาม (DV: Dependent Variable) คือ ผลลัพธ์ที่ต้องการวัดผลจากการพัฒนาระบบ ได้แก่ ความแม่นยำของตำแหน่งที่ระบุได้จริง ความน่าเชื่อถือของเวลาที่ระบบบันทึก (ซึ่งต้องป้องกันการแก้ไขเวลาในเครื่องได้) และความพึงพอใจหรือประสิทธิภาพในการเข้าถึงเมนูต่าง ๆ ของผู้ใช้งาน

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานอย่างละเอียดดังนี้

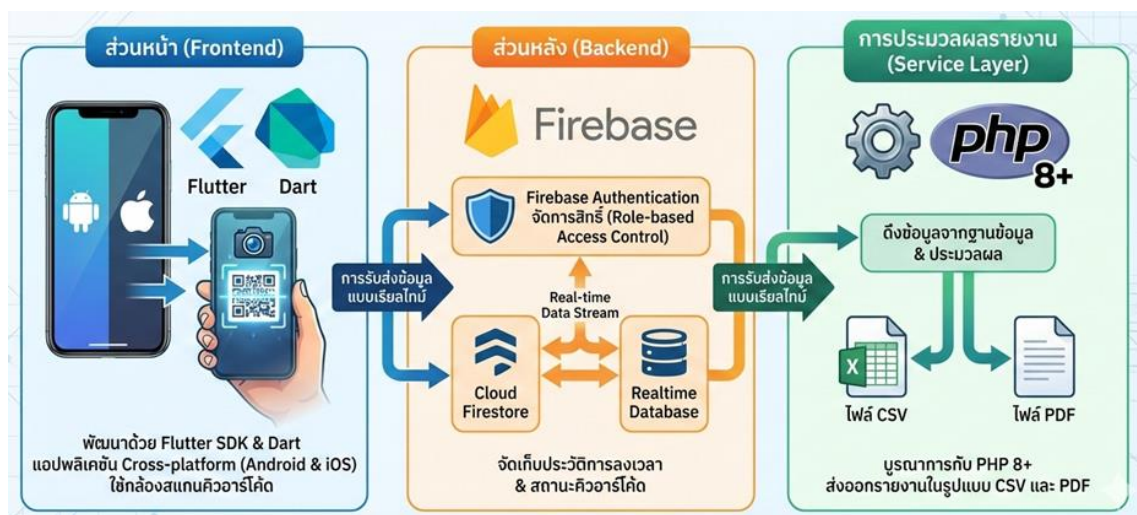
1. การวิเคราะห์ระบบและกำหนดคุณสมบัติ (System Analysis) กำหนดบทบาทผู้ใช้งานเป็น 3 ระดับ ได้แก่

1.1 คนงาน ทำหน้าที่ลงเวลาผ่านโมบายเว็บแอปพลิเคชัน โดยระบบจะจัดเก็บชื่อ-นามสกุล, ชื่อเล่น, สถานะการเข้างาน และพิกัดปัจจุบัน

1.2 ผู้ควบคุมงาน มี Dashboard สำหรับคัดกรองข้อมูลดิบ โดยตรวจสอบภาพถ่ายและพิกัดว่าอยู่ในขอบเขตไซต์งานจริงหรือไม่ก่อนทำการกดอนุมัติ

1.3 ผู้รับเหมา เข้าถึงข้อมูลที่ได้รับการรับรองแล้วเพื่อนำไปคำนวณงวดงานและบริหารจัดการกำลังพลรายวัน

2. การออกแบบสถาปัตยกรรมข้อมูล (Architecture Design) เลือกใช้ Firebase Realtime Database (RTDB) เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลหลัก เนื่องจากโครงสร้างแบบ JSON Tree รองรับการซิงค์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่มีความหน่วงต่ำ (Low Latency) เหมาะกับพื้นที่ไซต์งาน ผู้วิจัยใช้เทคนิค Denormalization ในการออกแบบโครงสร้างโหนด สำหรับเก็บข้อมูลดิบแยกตามรหัสโครงการ และเก็บสถานะการตรวจสอบโดยผู้ควบคุมงาน เพื่อเพิ่มความเร็วในการสืบค้นและลดความซับซ้อนของข้อมูล



ภาพ 2 สถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture)

จากภาพ 2 แสดงภาพรวมของสถาปัตยกรรมระบบและการออกแบบสถาปัตยกรรมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Frontend Layer) การพัฒนาในส่วนของแอปพลิเคชันฝั่งลูกค้า (Client-side) ดำเนินการผ่านชุดเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ Flutter SDK ควบคู่กับการใช้ภาษา Dart โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแอปพลิเคชันที่รองรับการทำงานข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-platform) ทั้งบนระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายในแอปพลิเคชันมีการบูรณาการฟังก์ชันการเข้าถึงฮาร์ดแวร์กล้องถ่ายรูป เพื่อใช้ในกระบวนการประมวลผลภาพสำหรับสแกนรหัสคิวอาร์ (QR Code Scanning) หรืออ้างอิงจากตำแหน่งปัจจุบันในระบบ GPS ในรัศมีไม่เกิน 500 เมตร เพื่อการลงเวลา

2.2 ส่วนประมวลผลและจัดเก็บข้อมูล (Backend Layer) โครงสร้างพื้นฐานทางด้านข้อมูลเลือกใช้บริการของ Google Firebase เป็นแกนหลักในการจัดการ ซึ่งประกอบด้วยโมดูลสำคัญ ได้แก่

- Firebase Authentication: ทำหน้าที่เป็นกลไกในการยืนยันตัวตนและบริหารจัดการสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน ตามมาตรฐานการควบคุมการเข้าถึงตามบทบาทหน้าที่ (Role-based Access Control: RBAC)

- Database Management: ใช้เทคโนโลยีฐานข้อมูลแบบ NoSQL ผ่านบริการ Cloud Firestore และ Realtime Database เพื่อจัดเก็บข้อมูลประวัติการลงเวลาและตรวจสอบสถานะของคิวอาร์โค้ด โดยเน้นความถูกต้องและความรวดเร็วในการซิงโครไนซ์ข้อมูล

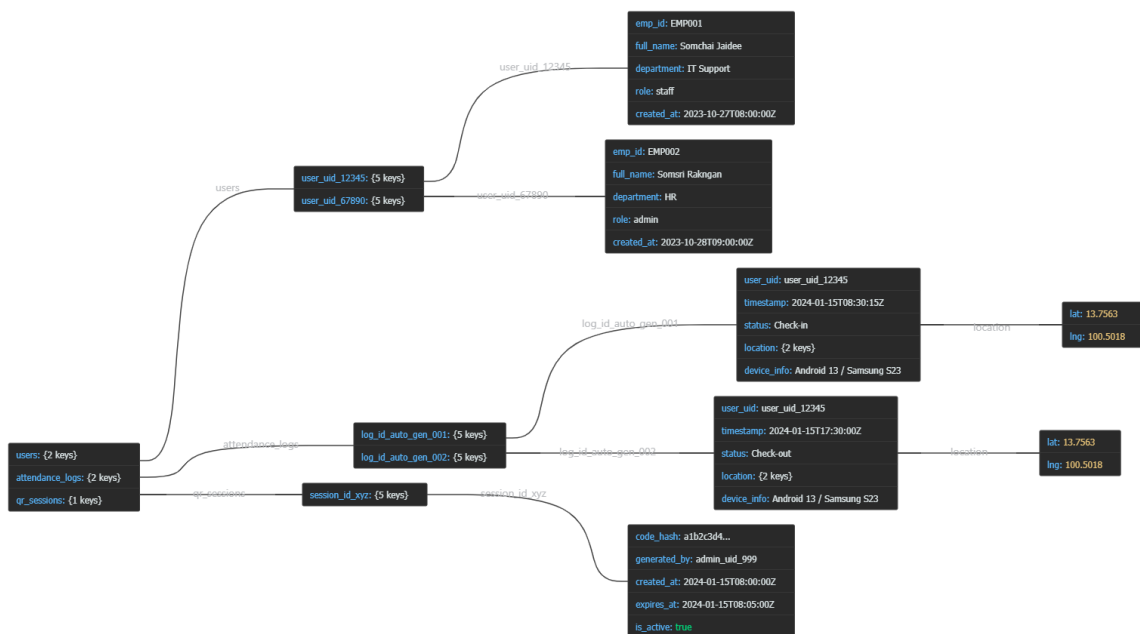
2.3 ส่วนประมวลผลรายงาน (Service Layer) ระบบย่อยสำหรับการออกรายงานและวิเคราะห์ข้อมูล ถูกพัฒนาและบูรณาการด้วยภาษา PHP เวอร์ชัน 8 ขึ้นไป (PHP 8+) ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (Middleware) ในการดึงชุดข้อมูลดิบจากฐานข้อมูลมาทำการประมวลผล และแปลงให้อยู่ในรูปแบบเอกสารที่พร้อมใช้งาน ได้แก่ ไฟล์ค่าที่คั่นด้วยจุลภาค (CSV) และไฟล์เอกสารแบบพกพา (PDF) เพื่อสนับสนุนการนำข้อมูลไปใช้งานต่อในเชิงบริหารจัดการ

3. การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) เพื่อให้สอดคล้องกับสถาปัตยกรรมระบบที่เน้นความรวดเร็วและการทำงานแบบเวลาจริง งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้รูปแบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงเอกสารบนระบบ Cloud Firestore ซึ่งเป็นฐานข้อมูลประเภท NoSQL โครงสร้างข้อมูลถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่น (Scalability) และลดความซับซ้อนในการเชื่อมโยงข้อมูล (Denormalization) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอ่านและเขียนข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน แผนผังข้อมูล (Data Schema) ถูกออกแบบเป็น JSON Tree และจัดแบ่งออกเป็นกลุ่มเอกสาร (Collections) หลัก ตามขอบเขตหน้าที่การทำงาน ดังภาพ 3

3.1 ส่วนข้อมูลผู้ใช้งาน (Users) ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลอัตลักษณ์และข้อมูลส่วนบุคคลของระบบ เชื่อมโยงกับรหัสประจำตัวผู้ใช้ (UID) ที่ได้จากระบบ Firebase Authentication ภายในเอกสารประกอบด้วยเขตข้อมูล (Fields) ที่สำคัญ ได้แก่ ชื่อ-นามสกุล, รหัสประจำตัวบุคลากร, สังกัดหรือแผนก และระดับสิทธิ์การเข้าถึง (Role) เพื่อรองรับการตรวจสอบสิทธิ์แบบ Role-based Access Control

3.2 ส่วนประวัติการลงเวลา (Attendance Logs) ทำหน้าที่บันทึกธุรกรรม (Transaction) การลงเวลาทำงานของบุคลากร ข้อมูลในส่วนนี้จัดเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับ วันที่และเวลาที่ประทับ (Timestamp), พิกัดสถานที่ (Geolocation) หากมีการระบุ, และสถานะการตรวจสอบความถูกต้อง ข้อมูลชุดนี้จะถูก Service Layer ดึงไปประมวลผลเพื่อสร้างรายงานสรุปในรูปแบบ CSV และ PDF

3.3 ส่วนจัดการสถานะคิวอาร์โค้ด (QR Sessions) ใช้ควบคู่กับ Realtime Database เพื่อบริหารจัดการวงจรชีวิต (Lifecycle) ของคิวอาร์โค้ดที่ถูกสร้างขึ้นในแต่ละครั้ง โดยเก็บข้อมูลรหัสชุดคำสั่ง, เวลาเริ่มต้น, และเวลาหมดอายุ (Time-to-Live) เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) และป้องกันการนำคิวอาร์โค้ดที่หมดอายุหรือถูกใช้แล้วกลับมาใช้ซ้ำ



ภาพ 3 การออกแบบฐานข้อมูล NoSQL ด้วย JSON Tree

4. แผนผังการทำงานของระบบ (System Flowchart) แผนผังการทำงานของระบบแสดงลำดับขั้นตอนตรรกะ (Logic Flow) ของกระบวนการลงเวลาด้วยรหัสคิวอาร์ โดยเริ่มจากปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน (Frontend) ไปจนถึงการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลที่ระบบหลังบ้าน (Backend) ดังแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้ ในภาพ 4

4.1 จุดเริ่มต้น (Start) ผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบแอปพลิเคชันผ่านกระบวนการยืนยันตัวตน (Authentication) เพื่อระบุสิทธิ์การใช้งาน

4.2 การรับข้อมูลนำเข้า (Input) ผู้ใช้งานเปิดฟังก์ชันกล้องถ่ายรูปและทำการสแกนรหัสคิวอาร์ (Scan QR Code) ที่ระบบสร้างขึ้น

4.3 การตรวจสอบเงื่อนไข (Validation Decision) ระบบทำการส่งรหัสที่สแกนได้ไปยังฐานข้อมูล Firebase เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (Validity) และสถานะการหมดอายุ (Expiration Check) ของคิวอาร์โค้ด

- เงื่อนไขเท็จ (No) หากคิวอาร์โค้ดไม่ถูกต้องหรือหมดอายุ ระบบจะแสดงข้อความแจ้งเตือนข้อผิดพลาด (Error Message) และให้ผู้ใช้สแกนใหม่

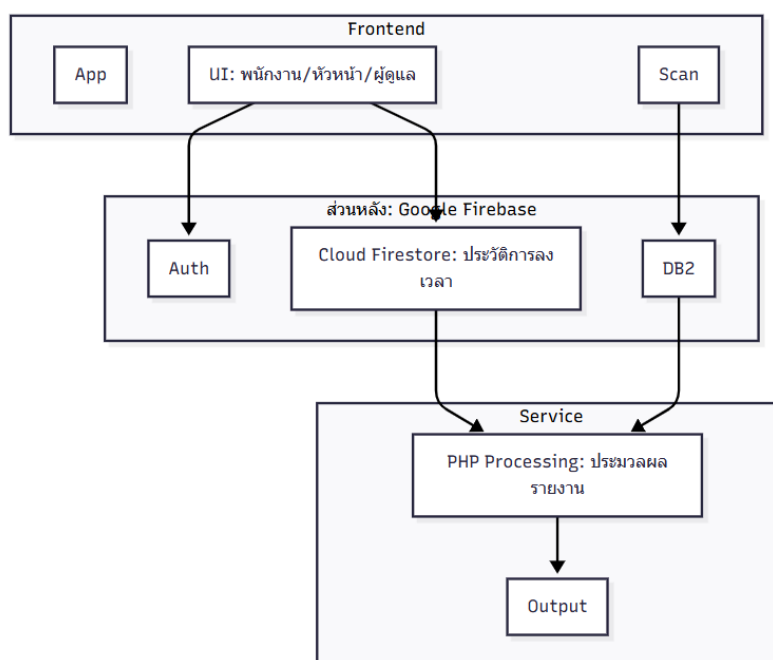
- เงื่อนไขจริง (Yes) หากตรวจสอบผ่าน ระบบจะดำเนินการในขั้นตอนถัดไป

4.4 การประมวลผลข้อมูล (Processing) แอปพลิเคชันทำการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ รหัสประจำตัวผู้ใช้ (User ID), เวลาปัจจุบัน (Timestamp), และพิกัดสถานที่ (Geolocation)

4.5 การบันทึกข้อมูล (Data Recording) ข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปบันทึกลงในฐานข้อมูล Cloud Firestore ในคอลเลกชัน attendance_logs

4.6 การแสดงผลลัพธ์ (Output) ระบบส่งสัญญาณตอบกลับ (Callback) มายังแอปพลิเคชันเพื่อแสดงสถานะ "ลงเวลาสำเร็จ" แก่ผู้ใช้งาน

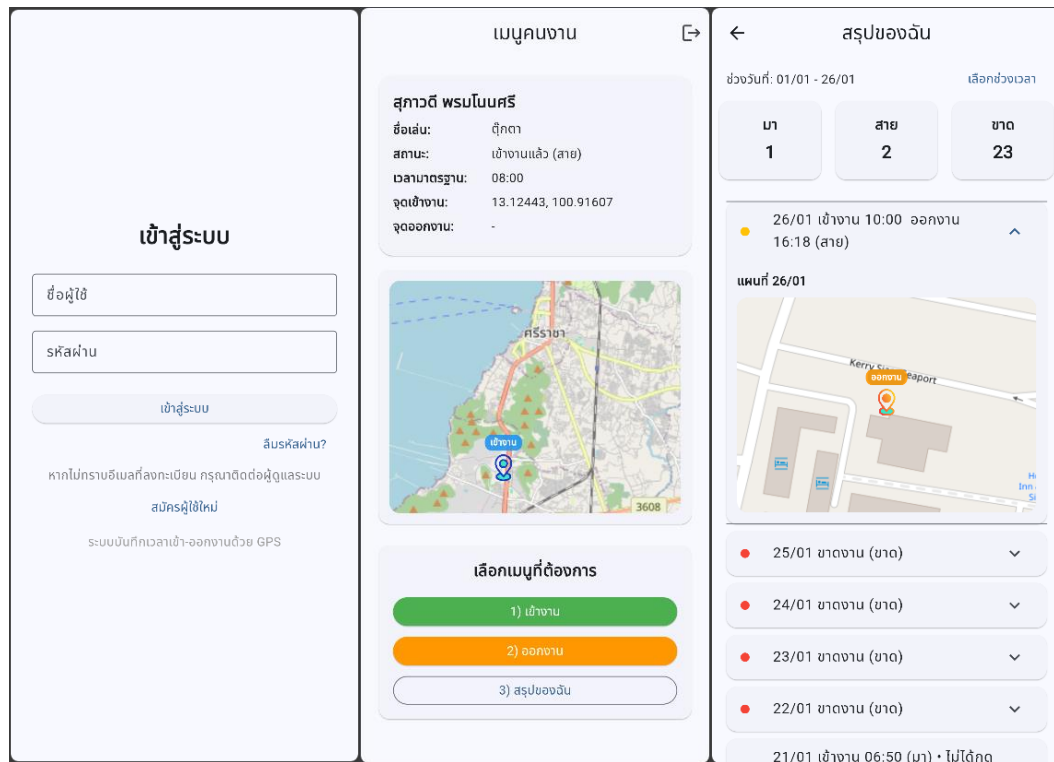
4.7 สิ้นสุดการทำงาน (End) จบกระบวนการลงเวลาในรอบนั้น ๆ



ภาพ 4 แผนผังการทำงานของระบบ (System Flowchart)

5. การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface Design) พัฒนาแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยี Flutter Web โดยยึดหลักการออกแบบที่เน้นความเรียบง่าย (Minimalist Design) เพื่อลดความสับสนของกลุ่มตัวอย่างคนงาน ส่วนติดต่อผู้ใช้งานประกอบด้วย (1) หน้าจอเข้าสู่ระบบที่เชื่อมต่อกับ

Firebase Authentication (2) เมนูคนงานที่แสดงพิกัดละติจูด-ลองจิจูดพร้อมแผนที่ Interactive Map แบบเรียลไทม์ และ (3) ปุ่มปฏิบัติการขนาดใหญ่ที่ใช้สื่อความหมายชัดเจน เช่น สีเขียวสำหรับการ "เข้างาน" และสีส้มสำหรับการ "ออกงาน" เพื่อความสะดวกในการสัมผัสหน้าจอบนขณะปฏิบัติงาน ดังภาพ 5



ภาพ 5 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design)

5.1 หน้าจอเข้าสู่ระบบ (Authentication Interface) เป็นด่านแรกสำหรับการคัดกรองสิทธิ์การเข้าใช้งาน การออกแบบเน้นความสะอาดตา (Clean Interface) ประกอบด้วยช่องกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน พร้อมปุ่มยืนยันการเข้าสู่ระบบ มีการแสดงสถานะการโหลด (Loading Indicator) และข้อความแจ้งเตือน (Toast Message) หากเกิดข้อผิดพลาดในการตรวจสอบสิทธิ์ เพื่อให้ผู้ใช้งานรับทราบสถานะของระบบอย่างชัดเจน

5.2 หน้าจอหลักและฟังก์ชันสแกน (Dashboard & Scanning Interface) หน้าจอหลักทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการทำงาน แสดงข้อมูลสรุปของผู้ใช้งาน เช่น ชื่อ-นามสกุล และสถานะการลงเวลาล่าสุด โดยมีปุ่มลัด (Action Button) ขนาดใหญ่สำหรับเข้าสู่โหมดสแกน แสดงภาพจากกล้องถ่ายรูปเต็มหน้าจอ พร้อมกรอบเล็ง (Overlay Frame) เพื่อช่วยให้ผู้ใช้จัดตำแหน่งคิวอาร์โค้ดได้แม่นยำ เมื่อสแกนสำเร็จระบบจะแสดงหน้าต่างยืนยัน (Popup Dialog) พร้อมเสียงหรือระบบสั่นตอบรับ (Haptic Feedback) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ฟังก์ชันการกวดเช็คคือนจากตำแหน่ง GPS อัตโนมัติได้

5.3 หน้าจอประวัติการลงเวลา (History Interface) ใช้สำหรับแสดงรายการบันทึกเวลาเข้า-ออกงานของผู้ใช้งานในรูปแบบรายการ (List View) โดยเรียงลำดับจากปัจจุบันไปหาอดีต ข้อมูลแต่ละรายการจะแสดงวันที่ เวลา และสถานะ (เข้า/ออก) อย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตนเองได้ทันที

6. การตรวจสอบความแม่นยำตำแหน่ง ในการคำนวณพื้นที่เสมือน (Geofencing) เพื่อใช้ในการอนุญาตหรือปฏิเสธการลงเวลา ระบบจะใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ เพื่อระบุระยะห่างระหว่างตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์กับจุดศูนย์กลางของไซต์งานก่อสร้าง โดยใช้สูตร Haversine ซึ่งให้ความแม่นยำสูงบนผิวทรงกลมของโลก ดังนี้

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$d = R \cdot c$$

ภาพ 6 สูตรคำนวณความแม่นยำตำแหน่ง GPS

โดยที่ ϕ คือละติจูด, λ คือลองจิจูด, R คือรัศมีของโลก (ประมาณ 6,371 กิโลเมตร) และ d คือระยะห่างที่ได้ ซึ่งระบบจะใช้ค่านี้เป็นตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ในการอนุญาตหรือปฏิเสธการลงเวลา การศึกษาวิจัยซึ่งดำเนินการในช่วงเดือนกันยายน 2567 ถึงมีนาคม 2568 ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยแรงงานก่อสร้าง 50 คน ผู้ควบคุมงาน 5 คน และผู้รับเหมา 2 ราย โดยมีกระบวนการทดสอบความแม่นยำของระบบจีพีเอส (GPS) อย่างเป็นทางการผ่านการกำหนดจุดทดสอบ 12 จุดทั่วพื้นที่โครงการ และทำการเก็บพิกัดซ้ำจุดละ 3 ครั้ง ณ ช่วงเวลา 1, 30 และ 60 วินาที รวมทั้ง 36 ชุดข้อมูล เพื่อนำมาเปรียบเทียบเชิงสถิติกับค่าพิกัดฐาน (Static Baseline) ที่ได้จากการรังวัดแบบสถิตต่อเนื่อง 90 นาที ผลการประเมินในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าระบบมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSE) อยู่ในช่วง 3-10 เมตรในพื้นที่เปิดโล่ง ซึ่งให้ความแม่นยำและความน่าเชื่อถือทางสถิติสูงถึงร้อยละ 99 (โดยมีค่า RMSE ต่ำเพียง 0.113) กว่าระบบเดิมที่ไม่สามารถระบุพิกัดได้ ช่วยลดช่องโหว่การทุจริตลงเวลาได้อย่างมีนัยสำคัญและเพิ่มความโปร่งใสในการตรวจสอบพิกัดละติจูดและลองจิจูดจริงหน้างาน

ผลการวิจัย

ระบบลงเวลาออนไลน์ระบุตำแหน่ง GPS ที่พัฒนาด้วย Flutter และ Firebase Realtime Database สามารถตอบโจทย์การควบคุมงานของผู้รับเหมาก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ กลไกการตรวจสอบ 3 ระดับช่วยลดช่องโหว่ในการทุจริตเวลา และการใช้ระบบฐานข้อมูล JSON Tree ช่วยให้การรับส่งข้อมูลมีความรวดเร็ว ส่งผลให้การบริหารจัดการงานมีความถูกต้อง มีประสิทธิภาพการประมวลผลสูงขึ้นร้อยละ 90 และลดต้นทุนได้ร้อยละ 20

จากการพัฒนาและทดสอบระบบบนแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน (worktime-gps-2.web.app) ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบเดิม (Manual/Paper) และระบบที่พัฒนาขึ้นใหม่ (Flutter GPS Online) ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบดั้งเดิมและระบบใหม่

| ประเด็นการประเมิน | ตัวชี้วัดเชิงสถิติ (KPIs) | ระบบเดิม | ระบบใหม่ |
|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1. ความแม่นยำของพิกัด | Root Mean Square Error (RMSE) | ไม่สามารถระบุได้ (N/A) | 3 - 10 เมตร (n=12 จุด, 36 ครั้ง) |
| 2. ความน่าเชื่อถือของเวลา | Time Variance Percentage | สูง (> 15% จากการแก้ไขมือ) | < 0.1% (Server Sync) |
| 3. ความสะดวกของผู้ใช้งาน | System Usability Scale (SUS) | 2.15 (ระดับต่ำมาก) | 4.78 (ระดับดีมาก) |
| 4. ความรวดเร็วของข้อมูล | Data Latency (Hours) | 24 - 72 ชั่วโมง | < 0.01 ชั่วโมง (Real-time) |
| 5. กลไกลดการทุจริต | Fraud Detection Rate (%) | < 5% (ตรวจสอบยาก) | > 95% (Geofencing/Mock-up) |
| 6. ประสิทธิภาพประมวลผล | Reporting Lead Time (Min) | 120 - 240 นาที | < 2 นาที |
| 7. ต้นทุนแฝงต่อรายการ | Administrative Cost per Entry | 15 - 25 บาท | < 2 บาท (Digital Automation) |

จากการวิเคราะห์ในตาราง 1 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงจากระบบเดิมสู่ระบบดิจิทัลทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพในทุกมิติ โดยเฉพาะความแม่นยำของพิกัดที่สามารถระบุได้ถึงระดับละติจูดและลองจิจูดที่ชัดเจน เช่น (13.71300, 100.43650) ซึ่งแตกต่างจากระบบเดิมที่ไม่สามารถตรวจสอบได้เลยว่าเป็นคนงานลงเวลา ณ ไซต์งานจริงหรือไม่

ตาราง 2 สรุปข้อมูลเชิงตัวเลขด้านผลประโยชน์จากการใช้ระบบ

| ประเภทผลประโยชน์ | รายละเอียดเชิงปริมาณ |
|--|---------------------------------|
| 1. การลดต้นทุนค่าจ้างจากการทุจริต | 15% - 20% ของต้นทุนแรงงานรวม |
| 2. การลดเวลาประมวลผลเงินเดือน | ลดลง 80% - 90% ของเวลาปกติ |
| 3. การเพิ่มผลผลิตโดยรวม (Productivity) | เพิ่มขึ้น 15% - 25% |
| 4. อัตราความแม่นยำของรายงานบัญชี | เพิ่มขึ้นจาก 80% เป็น 99.9% |
| 5. การประหยัดต้นทุนบริหารจัดการคลาวด์ | 30% - 41% เมื่อเทียบกับระบบเดิม |

จากการวิเคราะห์ในตาราง 1 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงจากระบบเดิมสู่ระบบดิจิทัลทำให้เกิด
การ

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาาระบบลงเวลาออนไลน์ด้วย Flutter และ Firebase Realtime Database สามารถ
ตอบโจทย์ธุรกิจก่อสร้างได้ตามวัตถุประสงค์ โดยโครงสร้างการตรวจสอบ 3 ระดับช่วยลดปัญหาการทุจริต
เวลาทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ ระบบสามารถระบุพิกัดตำแหน่งได้อย่างแม่นยำและแสดงผลแบบเรียลไทม์
ผ่านอินเทอร์เน็ตที่ใช้งานง่าย ส่งผลให้การบริหารจัดการงานและต้นทุนแรงงานของผู้รับเหมามีความ
ถูกต้องและโปร่งใสเพิ่มขึ้นร้อยละ 90

อภิปรายผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยี GPS และ Geofencing ช่วยลดช่องโหว่ของการลงเวลา
แทนกันได้ดีกว่าวิธีดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sadeghi et al., 2026) ที่ระบุว่าระบบคลาวด์
ช่วยเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลได้สูงกว่าร้อยละ 90 อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำของตำแหน่งอาจลดลง
ในพื้นที่ที่มีตึกสูงหรือโครงสร้างเหล็กหนาแน่น การใช้ watchPosition() เป็นแนวทางที่จำเป็นเพื่อกรอง
พิกัดที่เสถียรที่สุดก่อนการบันทึก นอกจากนี้ การใช้ Firebase RTDB ให้ประสิทธิภาพการซิงค์ข้อมูลที่
รวดเร็วกว่าระบบฐานข้อมูลทั่วไป ซึ่งเหมาะสมกับงานก่อสร้างที่ต้องการการตัดสินใจหน้างานแบบเรียลไทม์
(Pankulab & Khruahong, 2025)

ในยุคที่ข้อมูลคือสินทรัพย์ที่มีค่า การจัดเก็บพิกัดตำแหน่งของพนักงานก่อสร้าง (Honda et al.,
2025) ก่อให้เกิดคำถามสำคัญด้านจริยธรรมและความเป็นส่วนตัว (Privacy) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้บูรณาการ
กรอบแนวคิดของพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 (PDPA) ของประเทศไทยอย่าง
เคร่งครัด ตามหลัก PDPA ข้อมูลพิกัดจีพีเอสถือเป็นข้อมูลส่วนบุคคลที่ระบุตัวตนได้ การเก็บรวบรวมต้อง
ได้รับความยินยอม (Consent) จากเจ้าของข้อมูล ระบบที่พัฒนาขึ้นจึงกำหนดให้มีหน้าจอบอกแจ้งเงื่อนไข
ความเป็นส่วนตัว (Privacy Notice) ตั้งแต่การเข้าใช้งานครั้งแรก โดยระบุชัดเจนว่าพิกัดจะถูกเก็บรวบรวม
เฉพาะในขณะที่มีการกด "เข้างาน" หรือ "ออกงาน" เท่านั้น ไม่มีการติดตามพิกัดแบบต่อเนื่อง (Background
Tracking) ตลอดทั้งวัน ซึ่งเป็นการปฏิบัติตามหลักการ Data Minimization หรือการเก็บข้อมูลเท่าที่
จำเป็น

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการนำระบบลงเวลาออนไลน์ระบุตำแหน่งจีพีเอสไปประยุกต์ใช้งานในธุรกิจก่อสร้างและพัฒนาต่อยอดในอนาคต ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยโดยการบูรณาการระบบยืนยันตัวตนด้วยอัตลักษณ์บุคคล (Biometric Verification) เช่น การสแกนใบหน้าควบคู่ไปกับการระบุพิกัดจีพีเอส เพื่อป้องกันความเสี่ยงในกรณีที่คนงานส่งมอบอุปกรณ์หรือบัญชีผู้ใช้งานให้บุคคลอื่นทำการลงเวลาแทนภายในพื้นที่ไซต์งาน แม้ว่าระบบในปัจจุบันจะมีการออกแบบอินเทอร์เฟซให้ใช้งานง่ายและแสดงผลพิกัดละติจูด-ลองจิจูดที่ชัดเจนพร้อมแผนที่ประกอบดังที่ปรากฏในผลการศึกษาก็ตาม นอกจากนี้ในเชิงเทคนิคควรมีการพัฒนาอัลกอริทึม Geofencing ให้รองรับรูปทรงหลายเหลี่ยม (Polygon) ตามแนวเขตโฉนดที่ดินจริงเพื่อความแม่นยำในโครงการที่มีลักษณะแนวยาวหรือพื้นที่ซับซ้อนและควรขยายผลความสามารถของระบบให้สามารถเชื่อมต่อข้อมูล (Integration) เข้ากับระบบบัญชีเงินเดือนและระบบบริหารจัดการต้นทุนแรงงานของบริษัทโดยตรง เพื่อลดภาระงานธุรการและยกระดับสู่การบริหารจัดการโครงการก่อสร้างในรูปแบบดิจิทัล (Construction 4.0) อย่างเต็มรูปแบบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Dzylo, V. T. (2026, January 26). *The Ultimate Construction Site Attendance Solution*.
<https://dzylo.com/construction-site-attendance/>
- Honda, P., Theerachaipaisarn, J., & Numprasertchai, S. (2025). Design and Implementation of a Web-based Information System for on-site Construction Workers' Management. *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology Association of Thailand*, 5(2), 25-33. <https://doi.org/10.37936/ectiard.2025-5-2.258900>
- Hong, Y., & Cho, J. (2023). Enhancing Individual Worker Risk Awareness: A Location-Based Safety Check System for Real-Time Hazard Warnings in Work-Zones. *Buildings*, 14(1), 90. <https://doi.org/10.3390/buildings14010090>
- Mane, S., Gandhi, N., Bharambe, A., Gawade, M., & Bhanwase, S. (2025). Geofencing Based Attendance Tracking and Monitoring System. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology International Open-Access, Double-Blind, Peer-Reviewed, Refereed, Multidisciplinary Online Journal*, 5(10). www.ijarsct.co.in
- Pankulab, P., & Khruahong, S. (2025). *Development of Time Management System Among Personal In Faculty of Nursing*.

- Sadeghi, J., Ahmadi, A., & Phipps, R. (2026). Internet of Things in construction: trends and adoption insights from a scientometric perspective. *International Journal of Construction Management*, 26(1), 113-130. <https://doi.org/10.1080/15623599.2025.2508905>
- Wassay, A., Budhewar, A. S., Prajapati, A., Tile, P. M., Sonawane, S. B., & Patil, H. (n.d.). *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology (IJIRSET) Geoworktrack: Real-Time GPSbased Employee Monitoring and Attendance Management System*. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2025.1404224>