

Received: 5 ก.ค. 2569

Revised: 11 ก.ย. 2569

Accepted: 25 ก.ย. 2569

การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับแพลตฟอร์ม Blynk สำหรับระบบตรวจจับและ
แจ้งเตือนการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยติดเตียง

Application of Internet of Things and Blynk Platform for Bedridden Patient
Movement Detection and Notification System

ชนิษฐา สิริธิเทียมจันทร์*, นิพล โอภาสี และ ปิยะบุตร ผ่านด่าน
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Khanittha Sittitiamjan, Nipon Opasee and Piyabut Phandan
Information Technology Program, Faculty of Computer Science and Information
Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Thailand, 22000

*Corresponding author: khanittha.s@rbru.ac.th

Abstract

This research aims to develop a prototype motion detection device and apply the Blynk IoT platform to transmit real-time emergency alerts to smartphones. The ESP32 microcontroller processes signals from a passive infrared (PIR) sensor to transmit data. Accuracy and response time were evaluated in 50 experiments (25 people per group). Confusion matrix analysis showed that condition B had the fastest alert speed, with an average response time of 1.05 seconds. Furthermore, Condition B achieved an overall accuracy of 92.00%, precision, recall, and F1-score of 93.33%, significantly outperforming Condition A (80.00% accuracy). However, this heightened sensitivity yielded an average of 4.60 false positives, demonstrating stable emergency alert capability, effectively alleviating caregiver concerns and enhancing security.

Keywords: *Internet of Things; Blynk Platform; Passive Infrared Sensor*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดอุปกรณ์ต้นแบบตรวจจับพฤติกรรมเคลื่อนไหวและการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม Blynk IoT ส่งผ่านข้อมูลแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินไปยังสมาร์ทโฟนแบบทันที (Real-time) เครื่องมือที่ใช้ประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและสัญญาณไฟในการส่งข้อมูล ตลอดจนประเมินสมรรถนะความแม่นยำภายใต้การทดสอบ 2 เงื่อนไขจำนวน 50 การทดลอง ($n=25$ ต่อกลุ่ม) ผลการวิเคราะห์ผ่านเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) พบว่า เงื่อนไข B มีความรวดเร็วสูงสุดในการแจ้งเตือนได้โดยมีเวลาตอบสนองเฉลี่ยเพียง 1.05 วินาที และมีค่าความถูกต้องภาพรวม (Accuracy) สูงคิดเป็นร้อยละ 92.00 มีค่าความแม่นยำในการคาดการณ์ตรง (Precision) และอัตราการตรวจจับได้จริง (Recall) และค่าคะแนนประสาน (F1-Score) เท่ากันที่ร้อยละ 93.33 ซึ่งสูงกว่าเงื่อนไขปกติ A ที่มีความแม่นยำร้อยละ 80.00 อย่างชัดเจน ประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ที่สูงเกินไปของเงื่อนไข B ส่งผลให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือนผิดพลาด (False Positive) เฉลี่ย 4.60 ครั้ง บ่งชี้ถึงความสามารถในการแจ้งเตือนฉุกเฉินที่เสถียรภาพ บรรเทาความกังวลของผู้ดูแลและเพิ่มความปลอดภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง; แพลตฟอร์มบลิงก์; เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว

1. บทนำ

ในปัจจุบันโครงสร้างประชากรโลกและประเทศไทยได้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ โดยก้าวเข้าสู่ภาวะสังคมสูงวัย (Aged Society) อย่างเต็มรูปแบบและรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลโดยตรงต่อมิติทางสาธารณสุขและระบบบริหารทางการแพทย์ เนื่องจากจำนวนผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง (Dependence) และผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยติดเตียง (Bedridden Patients) มีอัตราการเติบโตที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี ผู้ป่วยในกลุ่มนี้จำเป็นต้องได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเนื่องจากสูญเสียความสามารถในการควบคุมกลไกทางร่างกาย หรือมีข้อจำกัดทางสรีรวิทยาอันเนื่องมาจากโรคเรื้อรัง อุบัติเหตุ หรือความเสื่อมถอยตามอายุขัย การจัดการสุขภาวะสำหรับผู้ป่วยติดเตียงจึงไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่การรักษาทางยาหรือการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดเท่านั้น หากแต่รวมถึงการสร้างสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและสภาวะการเฝ้าระวังที่รัดกุมรอบด้าน ความเสี่ยงจากการเคลื่อนไหวหรือการพยายามลุกออกจากเตียงโดยไม่มีผู้ดูแลรับทราบ พฤติกรรม

ลูกนั่งหรือพยายามก้าวออกจากเตียงของผู้ป่วยติดเตียงมักเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เมื่อผู้ป่วยเหล่านี้พยายามเคลื่อนไหวโดยไม่มีการช่วยเหลือพยุงการทรงตัวที่ลดต่ำลงรวมกับความอ่อนแรงของกล้ามเนื้อจะทำให้เกิดการพลัดตกหกล้ม (Falls) ซึ่งอุบัติเหตุจากการตกเตียงหรือล้มในห้องนอนของผู้ป่วยติดเตียงมักนำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงและอันตราย เช่น กระดูกสะโพกหัก กระดูกสันหลังบาดเจ็บ หรือการกระทบกระเทือนทางสมองขั้นรุนแรง นอกจากกระบวนการรักษาเดิมใช้วิธีการเฝ้าไข้แบบเผชิญหน้าตลอด 24 ชั่วโมง วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดและช่องว่างของเวลา (Time Gaps) ที่ไม่สามารถคาดการณ์พฤติกรรมของผู้ป่วยได้ หากผู้ป่วยเกิดการเคลื่อนไหวหรือพยายามลุกจากเตียงในช่วงเวลาที่ผู้ดูแลอยู่นอกห้องพัก ระบบดั้งเดิมจะไม่สามารถส่งสัญญาณตอบสนองหรือแจ้งเตือนใด ๆ ได้เลย ทำให้กระบวนการเฝ้าระวังเหตุและช่วยเหลือมีความล่าช้า ซึ่งในสภาวะวิกฤตทางการแพทย์ (Medical Emergencies) ทุกวินาทีมีความสำคัญต่อการรอดชีวิตและการลดความรุนแรงของอาการบาดเจ็บในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยด้วยเทคโนโลยี IoT การรับส่งข้อมูลพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวผ่านระบบคลาวด์จำเป็นต้องคำนึงถึงมาตรการรักษาความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูลผู้ป่วยทั้งนี้ยังป้องกันการรั่วไหลของข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดระบบตรวจวัดที่เน้นการรักษาความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้งาน (Liu et al., 2018)

Yaramchitti and Kakarlapudi (2024) ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) ได้กลายมาเป็นกลไกเชิงรุกและเป็นสิ่งสำคัญในการเปลี่ยนผ่านระบบการดูแลสุขภาพดั้งเดิมไปสู่ยุคระบบสุขภาพและการพยาบาลอัจฉริยะ (Smart Healthcare) (กรกช ศรีอันประเสริฐ และคณะ, 2569) เทคโนโลยี IoT มีคุณสมบัติเด่นในการเชื่อมโยงเครื่องมือฮาร์ดแวร์ และเซนเซอร์ในพื้นที่กายภาพเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและระบบประมวลผลบนคลาวด์ช่วยให้สามารถทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสถานภาพแปลงผลและส่งผ่านข้อมูลสารสนเทศข้ามแพลตฟอร์มได้อย่างไร้รอยต่อ การนำระบบ IoT มาประยุกต์ใช้กับการเฝ้าระวังผู้ป่วยติดเตียงจะช่วยหลายข้อจำกัดเรื่องช่องว่างของเวลาอย่างสิ้นเชิง โดยเปลี่ยนกระบวนการทำงานจากการตั้งรับ (Reactive) ที่จะทราบเหตุเมื่ออุบัติเหตุเกิดขึ้นแล้ว ให้กลายเป็นการแจ้งเตือนเชิงรุกแบบทันทีทันใด (Proactive Real-time Notification) ในวินาทีแรกที่มีพฤติกรรมเสี่ยง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญและดำเนินการวิจัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับแพลตฟอร์ม Blynk สำหรับระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยติดเตียง โดยมุ่งเน้น

การออกแบบและบูรณาการระบบฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ฝังตัวประสิทธิภาพสูงร่วมกับโครงข่ายคลาวด์สาธารณะระดับสากล เพื่อสร้างสถาปัตยกรรมระบบมอนิเตอร์ที่มีความหน่วงต่ำและความเชื่อมั่นสูง (High Reliability) ซึ่งช่วยลดต้นทุนการจัดซื้ออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ราคาสูง อีกทั้งระบบใช้งานง่ายและมีการจัดเก็บข้อมูลพฤติกรรมของผู้ใช้งานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ป้องกันความเสี่ยง การเกิดอุบัติเหตุจากการพลัดตกของผู้ป่วยติดเตียงได้ ทีมผู้วิจัยเพิ่มความสามารถของระบบเชิงพื้นที่ด้วยสัญญาณไฟกระพริบบอกสถานะการลุกออกจากบริเวณเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และประการสำคัญหากผู้ดูแลไม่อยู่ดูแลตลอดเวลา หากเกิดเหตุการณ์ระบบยังสามารถส่งแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้นทำให้บรรเทาความวิตกกังวลของผู้ดูแลหรือสมาชิกในครอบครัวได้ ต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นนี้หากมีประสิทธิภาพสูงจักส่งผลนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในยุคสังคมแห่งสุขภาวะดิจิทัลต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์ต้นแบบ (Hardware Prototype) สำหรับตรวจจับพฤติกรรมการเคลื่อนไหวและการลุกออกจากเตียง

2.2 เพื่อประยุกต์ใช้งานซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศผ่านแพลตฟอร์ม Blynk IoT ในการส่งผ่านข้อมูลสถานะและแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินไปยังสมาร์ทโฟนของผู้ดูแลแบบเวลาจริง (Real-time)

2.3 เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องภาพรวม (Accuracy) และเวลาในการตอบสนอง (Response Time) ของระบบภายใต้สภาพแวดล้อมและพฤติกรรมจำลองรูปแบบต่าง ๆ

3. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการตื่นตัวในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัลมาประยุกต์ใช้เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและลดภาวะพึ่งพิงของผู้สูงอายุและผู้ป่วยอย่างกว้างขวางเป็นรากฐานสำคัญของระบบสาธารณสุขยุคใหม่ (Firouzi et al., 2018) ในประเทศไทยพบว่างานวิจัยของรุจา รอดเข็ม และสุตารัตน์ ไชยประสิทธิ์ (2562) ได้ชี้ให้เห็นความสำคัญของการปรับตัวสู่ยุคดิจิทัลและเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการใช้เทคโนโลยีสาธารณสุขทางไกล (Telehealth) (Majumder et al., 2017) รวมถึงอุปกรณ์สวมใส่ (Wearable Devices) เพื่อส่งเสริมศักยภาพในการดำเนินชีวิตและลดความโดดเดี่ยวของผู้สูงอายุ สอดคล้องกับผลการศึกษาของสุพิชพงษ์ ธนาเกียรติภิญโญ และคณะ (2567) ที่สำรวจความต้องการของผู้ใช้งานพบว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการระบบ

ติดตามสุขภาพเพื่อป้องกันการหกล้มในระดับมาก โดยเฉพาะฟังก์ชันแจ้งเตือนเหตุฉุกเฉินไปยังญาติทันที และต้องการอุปกรณ์ที่ออกแบบง่ายไม่ซับซ้อนสอดคล้องกับงานวิจัยของกิริติยา ไชยโกฏี และคณะ (2564) ได้พัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับการหกล้ม 4 ทิศทางโดยใช้บอร์ด Arduino UNO R3 ร่วมกับเซนเซอร์ความเร่งและความเร็วเชิงมุม (Accelerometer and Gyroscope) ส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย NB-IoT ไปยังแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) ซึ่งเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับได้สูงถึงร้อยละ 85-90 ขณะที่รัฐพงศ์ ส่งเนียม และคณะ (2564) ได้บูรณาการระบบผู้ช่วยดูแลผู้สูงอายุ (Elderly Healthcare Buddy) ผ่านบอร์ด NodeMCU ESP8266 รวมทั้งเซนเซอร์ตรวจจับการล้มเซนเซอร์วัดสัญญาณชีพ และระบบแจ้งเตือนเข้าด้วยกันพร้อมเก็บบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล Google Sheets นอกจากนี้ รุ่งอุษา นาคคงคำ และพรรศนีย์ บุญมัน (2568) ได้ทำการวิจัยถึงทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบเฝ้าระวังการหกล้มด้วย IoT พบว่ากลุ่มที่ใช้ระบบมีความสามารถในการป้องกันอุบัติเหตุสูงกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าระบบแจ้งเตือนอุบัติเหตุแบบเดิมยังมีข้อจำกัดด้านอัตราสัญญาณเตือนผิดพลาดสูง การแก้ปัญหาแบบแยกส่วนระหว่างฮาร์ดแวร์กับซอฟต์แวร์ และขาดการประเมินความแม่นยำเชิงสถิติผ่าน Confusion Matrix ในสถานะควบคุมและเกิดช่องว่างทางการวิจัยในการบูรณาการระบบที่สมดุลระหว่างความเร็วและความแม่นยำ งานวิจัยนี้จึงโดดเด่นด้วยการประยุกต์ใช้ฮาร์ดแวร์ต้นทุนต่ำทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์อย่างเป็นระบบเพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว

4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT กับสุขภาพ

การวิจัยครั้งนี้สามารถจำแนกองค์ประกอบเชิงเทคนิคออกเป็นโครงสร้างหลักดังนี้

4.1 ระบบ IoT มีโพรโทคอลการส่งข้อมูลในรูปแบบ Message Queue Telemetry Transport (MQTT) มีการทำงานแบบ Broker ทำให้อุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ โดยเชื่อมต่อโมดูลสัญญาณไร้สาย (Wi-Fi) ในการทำงานร่วมกับแพลตฟอร์ม Blynk เพื่อบริหารจัดการข้อมูล (Santos, R., n.d.)

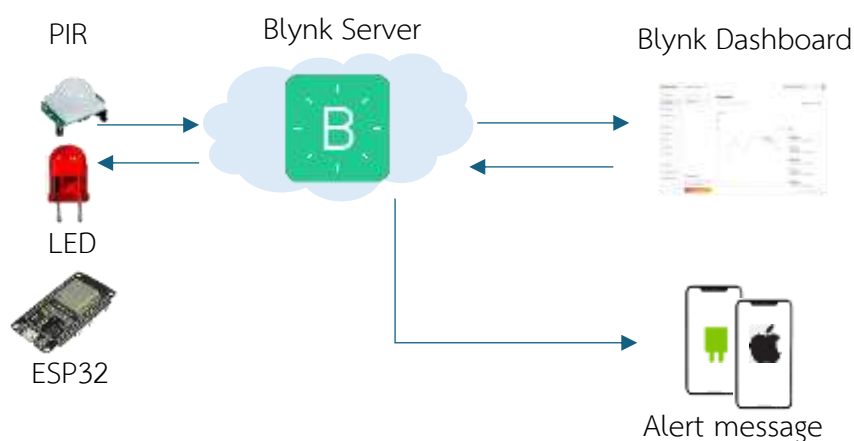
4.2 โมดูลประมวลผลเลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 แบบ System on Chip (SoC) ขับเคลื่อนด้วยซีพียู Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6 ความเร็วสูงสุด 240 MHz ทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผลคำสั่ง มีหน่วยความจำ SRAM ขนาด 520 KB สำหรับการพักข้อมูล

(Buffering) ป้องกันข้อมูลสูญหายเมื่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต ช่วยให้บอร์ดตอบสนองต่อสัญญาณอินพุตจากเซนเซอร์ได้ทันทีโดยไม่ต้องรอรอบลูปคำสั่งปกติ

4.3 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว PIR ทำหน้าที่ตรวจจับรังสีอินฟราเรดจากมวลความร้อนของร่างกายมนุษย์ เมื่อผู้ป่วยเคลื่อนไหวผ่านหน้าเลนส์เฟรเนล (Fresnel Lens) สัญญาณจะถูกแปลงเป็นค่าดิจิทัลสถานะ “High” (1) สัญญาณนี้สามารถปรับแต่งความไวและระยะเวลาหน่วงเอาต์พุตได้ผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้บนตัวโมดูล

4.5 การจัดการฐานข้อมูลคลาวด์ของ Blynk ช่วยให้การรับส่งโครงสร้างข้อมูลหรือข้อความแจ้งเตือนฉุกเฉินมีความยืดหยุ่นสูง ข้อมูลการเคลื่อนไหวจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลแบบอนุกรมเวลา พร้อมประทับตราเวลา (Timestamp) ของเหตุการณ์จริง ช่วยให้ผู้ใช้ดูแลสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์พฤติกรรมย้อนหลัง (Retrospective Analysis) ได้ พร้อมทั้งมีฟังก์ชัน Blynk.logEvent ในการจัดการลำดับการแจ้งเตือนและระบบป้องกันข้อความซ้ำซ้อนข้อมูลและโครงสร้าง (Blynk IoT, 2024)

จากข้อมูลที่กำลังมาข้างหน้าทีมผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นแผนภาพรวมการทำงานของระบบเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการทำงานดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวนการทำงานระบบ

5. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Experimentation) เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของระบบต้นแบบ (Prototype Development) ในสภาวะแวดล้อมจำลองก่อนนำไปใช้เชิงพื้นที่ โดยมีวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ อาสาสมัครประชาชนทั่วไปและกลุ่มผู้ดูแลที่ปฏิบัติหน้าที่ดูแลผู้ป่วยติดเตียงหรือผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในขณะที่เคลื่อนไหวร่างกาย

5.2 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างทดสอบ ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นอาสาสมัครจำนวน 25 คน กำหนดรหัสทดสอบเป็น Sub-01 ถึง Sub-25 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 เงื่อนไขตามระดับความไวของเซนเซอร์โดยกำหนดหน่วยทดลอง (Experimental Unit) เป็นจำนวนครั้งในการทดลอง ($n = 25$ ครั้งต่อกลุ่มทดลอง) ดังนี้คือ

กลุ่มทดลอง A มีเงื่อนไขในการปรับระดับความไวของเซนเซอร์ไว้ที่ระดับปกติ เพื่อทดสอบการตรวจจับในสภาวะการทำงานทั่วไป โดยเน้นความเสถียรของสัญญาณและลดการเกิดสัญญาณลวง

กลุ่มทดลอง B มีเงื่อนไขในการปรับระดับความไวของเซนเซอร์ไว้ที่ระดับสูงสุด เพื่อทดสอบขีดความสามารถในการตอบสนองที่รวดเร็วต่อการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม การปรับระดับความไวสูงสุดส่งผลเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณลวงจากปัจจัยแทรกซ้อนเมื่อนำไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมจริงได้

5.3 การออกแบบขั้นตอนการวิจัยและการทดลอง (Research and Experimental Design) ผู้วิจัยดำเนินงานตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา โดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาวิจัยออกเป็น 3 ระยะ คือ

5.3.1 ระยะที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ (Analysis Phase) ดำเนินการศึกษาค้นคว้าหาการแจ้งเตือนอุบัติเหตุที่ล่าช้าในอดีต พร้อมทั้งวิเคราะห์ความต้องการเชิงพื้นที่และสภาวะแวดล้อมของผู้ป่วยเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุล้นรอบเตียง

5.3.2 ระยะที่ 2 การพัฒนาต้นแบบ (Prototyping Phase) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นบอร์ดประมวลผลหลักเชื่อมต่อเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR Sensor) และระบบไฟแจ้งเตือน (LED) ควบคู่กับการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งเน้นการดึงข้อมูลและเขียนรหัสคำสั่ง (Logic Control) ให้ไฟกระพริบตามเงื่อนไขที่กำหนด

5.3.3 ระยะที่ 3 การทดสอบและประเมินผล (Testing and Evaluation Phase) ดำเนินการทดสอบระบบและเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านสถานการณ์จำลองจริงจำนวน 25 ครั้งต่อเงื่อนไขการทดลอง

5.4 เครื่องมือและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

5.4.1 เครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware Components) ได้แก่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32, เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว PIR โมดูล HC-SR501, หลอดไฟ LED, โมดูลรีเลย์ และเครื่องมือด้านซอฟต์แวร์ (Software Tools) ได้แก่ โปรแกรม Arduino IDE และ Blynk IoT

5.4.2 เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพ (Success Criteria) ได้แก่ การประเมินสมรรถนะเชิงจำแนกได้แก่ ค่าความถูกต้องภาพรวม (Accuracy), ค่าความแม่นยำในการคาดการณ์ตรง (Precision), อัตราการตรวจจับจริง (Recall) และค่าคะแนนประสาน (F1-Score) โดยกำหนดเกณฑ์ความถูกต้องในการแยกแยะท่าทางปกติและการลุกจากเตียงไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

5.5 ขั้นตอนการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ผล (Data Collection and Analysis)

5.5.1 ขั้นตอนและกระบวนการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกและจำแนกแยกตามแผนงานในไฟล์ระบบฐานข้อมูลสเปรดชีตเพื่อความเป็นระเบียบและง่ายต่อการประมวลผล โดยทำการบันทึกและจัดกลุ่มผลลัพธ์การตรวจจับจำแนกประเภท

5.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ข้อมูลที่จัดเก็บและรวบรวมได้นำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติศาสตร์ได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) คำนวณหาค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากคะแนนการประเมินประสิทธิภาพระบบทั้ง 5 ด้าน เพื่อเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\Delta \bar{X} = B - A$) ระหว่างเงื่อนไขของกลุ่มทดลอง A และกลุ่มทดลอง B ตามเกณฑ์ที่กำหนด

2) การวิเคราะห์ผลลัพธ์การตรวจจับและแจ้งเตือนพฤติกรรมมาแจกแจงความถี่ในตารางเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) เพื่อคำนวณค่าทางสถิติได้แก่ Accuracy, Precision, Recall และ F1-Score เปรียบเทียบกับเกณฑ์ความสำเร็จขั้นต่ำที่ร้อยละ 90

6. ผลการศึกษา (Results)

การทดสอบประสิทธิภาพเพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์สามารถใช้งานได้จริงในสถานการณ์ต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบจำลองเหตุการณ์ที่มักเกิดขึ้นกับผู้ป่วยติดเตียง โดยทำการทดสอบซ้ำสถานการณ์ละ 5 ครั้ง ซึ่งมีผลการทดสอบดังตารางที่ 1 และแดชบอร์ดการแสดงผลการจับการเคลื่อนไหวดังภาพที่ 2 และการแจ้งเตือนผ่านข้อความบนโทรศัพท์มือถือดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แดชบอร์ดการตรวจจับการเคลื่อนไหว

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับและการแจ้งเตือน

สถานการณ์จำลอง	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	การแสดงผลบน Blynk (0/1)	การแจ้งเตือนบนมือถือ	ท่าทางทดสอบ	แจ้งเตือน
นอนนิ่ง	5	แสดงเลข 1 (ถูกต้อง)	แจ้งเตือนทันที		ตรวจพบการขยับ
ขยับตัวหรือพลิกตัว	5	แสดงเลข 1 (ถูกต้อง)	แจ้งเตือนทันที		ตรวจพบการขยับ
การนั่งบนเตียง	5	แสดงเลข 1 (ถูกต้อง)	แจ้งเตือนทันที		ตรวจพบการขยับ
ลุกขึ้นจากเตียง	5	แสดงเลข 1 (ถูกต้อง)	แจ้งเตือนทันที		ตรวจพบการขยับ

จากผลการศึกษาวิจัยตารางที่ 1 พบว่า สภาวะแสงภายนอกไม่มีผลกระทบต่อเซนเซอร์ PIR ระบบยังคงตรวจจับได้อย่างแม่นยำร้อยละ 100 ทั้งนี้ในระยะตรวจจับการเคลื่อนไหวระหว่าง 1–3 เมตร พบว่าระบบตอบสนองได้ดีและมีความเสถียรสูงของสัญญาณเอ้าตพุตที่ส่งไปยัง ESP32 และส่งค่าการแจ้งเตือนผ่าน Blynk ไปยังโทรศัพท์มือถือได้ในทันทีดังข้อความที่ปรากฏในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ข้อความแจ้งเตือนเรียลไทม์

จากนั้นผู้วิจัยได้นำระบบต้นแบบไปทดสอบภายใต้เงื่อนไขการตั้งค่าความไวของเซนเซอร์ PIR ที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ กลุ่มทดลองเงื่อนไข A (ความไวระดับปกติ) และกลุ่มทดลองเงื่อนไข B (ความไวระดับสูงสุด) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินประสิทธิภาพของระบบเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง A และกลุ่มทดลอง B

รายการประเมินผล	กลุ่มทดลอง A (n=25)		กลุ่มทดลอง B (n=25)		ผลต่างค่าเฉลี่ย (B - A)
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	
1. ความรู้สึกปลอดภัยในการดูแล	3.68	0.85	4.12	1.13	0.44
2. ความสะดวกรวดเร็วในการแจ้งเตือน	3.80	0.79	4.00	1.14	0.20
3. ความแม่นยำของการตรวจจับ	4.00	0.81	3.40	1.15	-0.60
4. ความง่ายในการใช้งานแอปพลิเคชัน	3.60	0.83	3.44	1.15	-0.16
5. ความเหมาะสมของความยาก	3.40	0.85	3.20	1.16	-0.20
รวมทั้งหมด	3.70	0.83	3.63	1.15	-0.07

จากตารางที่ 2 พบว่าผลประเมินภาพรวมประสิทธิภาพของระบบในกลุ่มทดลอง A ($\bar{X} = 3.70$, S.D. = 0.83) มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มทดลอง B ($\bar{X} = 3.63$, S.D. = 1.15) เล็กน้อย โดย

มีผลต่างค่าเฉลี่ยภาพรวมเท่ากับ -0.06 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่ากลุ่มทดลอง B โดดเด่นที่สุดในด้านความรู้สึกปลอดภัยในการดูแล ($\bar{X} = 4.12$) ซึ่งสูงกว่ากลุ่ม A อย่างชัดเจนด้วยผลต่าง 0.44 รองลงมาคือด้านความสะดวกรวดเร็วในการแจ้งเตือน ($\bar{X} = 4.00$) อย่างไรก็ตาม ในด้านความแม่นยำของการตรวจจับกลุ่มทดลอง A กลับได้คะแนนนำสูงที่สุด ($\bar{X} = 4.00$) ในขณะที่กลุ่ม B ได้คะแนนต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัดด้วยผลต่างถึง -0.60 ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้ในเงื่อนไขของกลุ่ม B จะสามารถส่งเสริมความรู้สึกปลอดภัยและการแจ้งเตือนที่รวดเร็วให้แก่ผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี แต่ยังคงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาปรับปรุงในมิติของความแม่นยำในการวิเคราะห์พฤติกรรม รวมถึงการลดความซับซ้อนในการใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อยกระดับประสิทธิภาพในภาพรวมต่อไป

ตารางที่ 3 ผลต่างการตอบสนองของระบบ

ตัวชี้วัดจากบันทึกเหตุการณ์	เงื่อนไข A (ระดับปกติ)	เงื่อนไข B (ระดับสูงสุด)	ผลต่าง ($\Delta=B-A$)	คำอธิบาย
1. เวลาตอบสนองระบบ (วินาที)	1.24	1.05	-0.19	เงื่อนไข B มีเวลาตอบสนองที่สั้นและแจ้งเตือนได้รวดเร็วกว่า
2. อัตราตรวจจับสำเร็จ (ร้อยละ)	1.00	1.00	0.00	ทั้งสองเงื่อนไขไม่พลาดเหตุการณ์สำคัญทางกายภาพ
3. จำนวนการแจ้งเตือนผิดพลาด (ครั้ง)	0.00	4.60	4.60	การปรับความไวสูงสุดเงื่อนไข B ก่อให้เกิดสัญญาณลวง
4. ระยะเวลาไฟ LED ทำงาน (วินาที)	3.80	5.40	1.60	ไฟ LED ทำงานยาวนานขึ้นตามรอบการตรวจจับซ้ำ

ข้อมูลในตารางที่ 3 พบว่ามีความเชื่อมโยงเชิงลอจิกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างระดับความพึงพอใจของผู้ใช้และดัชนีทางเทคนิคจากระบบบันทึกเหตุการณ์ (Event log) โดยเมื่อพิจารณาในแง่ความเร็ว การปรับตั้งค่าเซนเซอร์ PIR ให้มีความไวสูงสุดในเงื่อนไข B ส่งผลให้เวลาตอบสนอง (Response Time) เฉลี่ยสั้นลงเหลือเพียง 1.05 วินาที ซึ่งเร็วกว่าเงื่อนไขปกติ A อยู่ 0.19 วินาที ส่งผลให้ผู้ดูแลประเมินความพึงพอใจด้านความสะดวกรวดเร็วในการแจ้งเตือนสูงถึง 4.00 คะแนน อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความไวทางฮาร์ดแวร์ดังกล่าวส่งผลกระทบข้างเคียงคือ เกิดสัญญาณลวงหรือ

การแจ้งเตือนผิดพลาด (False Positive) เฉลี่ยสูงถึง 4.60 ครั้งต่อรอบการทดสอบ สัญญาณลวงที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งนี้เป็นปัจจัยหลักที่ลดทอนคะแนนความพึงพอใจด้านความแม่นยำของการตรวจจับในกลุ่ม B ลงเหลือเพียง 3.40 คะแนน ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่ม A ที่ได้ค่าคะแนนที่ 4.00 คะแนน แม้ระบบไฟส่องสว่างนำทางในเงื่อนไข B จะทำงานได้ยาวนานขึ้นเฉลี่ย 5.40 วินาที เพื่อรักษาความปลอดภัยเชิงพื้นที่และส่งผลให้คะแนนความรู้สึกปลอดภัยสูงที่สุดถึง 4.12 คะแนนก็ตาม แต่คะแนนภาพรวมของประสิทธิภาพระบบกลุ่ม B ยังคงถูกดึงลงมาอยู่ที่ 3.63 คะแนน เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านความแม่นยำดังกล่าวจากการใช้สมการในการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเชิงจำแนกจากสมการ (1) - (4) สามารถวิเคราะห์ผลสรุปดังตารางที่ 4 และ 5

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}} \quad (1)$$

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \quad (3)$$

$$\text{F1-Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (4)$$

โดยที่

TP (True Positive) คือ สถานการณ์ที่มีการเคลื่อนไหวจริงและระบบแจ้งเตือนถูกต้อง

TN (True Negative) คือ สถานการณ์ที่ไม่มีการเคลื่อนไหวและระบบแจ้งเตือนไม่ถูกต้อง

FP (False Positive) คือ สถานการณ์ที่ไม่มีการเคลื่อนไหวแต่ระบบแจ้งเตือนผิดพลาด

FN (False Negative) คือ สถานการณ์ที่มีการเคลื่อนไหวจริงแต่ระบบไม่แจ้งเตือน

ตารางที่ 4 เมทริกซ์ความสับสนสำหรับกลุ่มทดลอง A และกลุ่มทดลอง B

สถานะจริง	กลุ่มทดลอง A (ความไวปกติ)	กลุ่มทดลอง B (ความไวสูงสุด)
เกิดเหตุการณ์จริง	TP (13) / FN (2)	TP (14) / FN (1)
ไม่เกิดเหตุการณ์	FP (3) / TN (7)	FP (1) / TN (9)

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเชิงจำแนก

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	กลุ่มทดลอง A (%)	กลุ่มทดลอง B (%)
ความถูกต้องภาพรวม (Accuracy)	80.00	92.00
ความแม่นยำในการคาดการณ์ตรง (Precision)	81.25	93.33
อัตราการตรวจจับได้จริง (Recall)	86.67	93.33
ค่าคะแนนประสาน (F1-Score)	83.87	93.33

จากข้อมูลในตารางที่ 5 พบว่า กลุ่มทดลอง B มีค่าความถูกต้องภาพรวม (Accuracy) สูงถึงร้อยละ 92.00 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มทดลอง A ที่มีค่าความแม่นยำเพียงร้อยละ 80.00 อย่างเห็นได้ชัด ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความแม่นยำในการคาดการณ์ตรง (Precision) และอัตราการตรวจจับได้จริง (Recall) ของกลุ่มทดลอง B ที่มีค่าสูงเท่ากันในระดับร้อยละ 93.33 แสดงถึงสมรรถนะของระบบในการระบุเหตุการณ์และการควบคุมสัดส่วนความผิดพลาดได้อย่างสมดุล นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าคะแนนประสาน (F1-Score) พบว่ากลุ่มทดลอง B มีคะแนนสูงถึงร้อยละ 93.33 ขณะที่กลุ่มทดลอง A อยู่ที่ร้อยละ 83.87 ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นว่าการทำงานของระบบภายใต้เงื่อนไข B มีประสิทธิภาพกว่ากลุ่มทดลอง A อย่างชัดเจน

7. สรุปผล และอภิปรายผล

การวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่สามารถประมวลผลและประสานการทำงานผ่าน Blynk IoT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถตรวจจับและแจ้งเตือนไปยังสมาร์ทโฟนของผู้ดูแลแบบเรียลไทม์ ด้านผลการทดสอบสมรรถนะเชิงปริมาณจำแนกแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 เงื่อนไขการทดลอง รวมทั้งสิ้น 50 การทดลอง พบว่า ในเงื่อนไข B กำหนดระดับความไวสูงสุดสามารถตอบสนองได้ที่ 1.05 วินาที ซึ่งเร็วกว่าเงื่อนไขระดับความไวปกติ A อยู่ 0.19 วินาที ส่งผลให้กลุ่ม B มีคะแนนประเมินความพึงพอใจด้านความรู้สึกปลอดภัยในการดูแลสูงที่สุดถึงระดับ 4.12 คะแนนและความสะดวกรวดเร็วในการแจ้งเตือนมีค่าเท่ากับ 4.00 คะแนน การปรับตั้งค่าฮาร์ดแวร์ให้มีความไวสูงเกินไปในเงื่อนไข B ได้ก่อให้เกิดผลกระทบข้างเคียงคือ สัญญาณเตือนผิดพลาดเฉลี่ยสูงถึง 4.60 ครั้งต่อรอบการทดสอบซึ่งสัญญาณดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักที่ลดทอนคะแนนความพึงพอใจด้านความแม่นยำของการตรวจจับในกลุ่ม B ลงเหลือระดับคะแนนเท่ากับ 3.40 และในขณะที่กลุ่ม A ได้คะแนนความแม่นยำทาง

พฤติกรรมสูงถึงระดับคะแนนเท่ากับ 4.00 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพเชิงสถิติผ่าน Confusion Matrix พบว่า เจ็อนไซ B มีค่าความถูกต้องภาพรวม ร้อยละ 92.00 ส่วนค่า Precision และ Recall มีค่าเท่ากับร้อยละ 93.33 เท่ากัน และ F1-Score ร้อยละ 93.33 ซึ่งสูงกว่าเจ็อนไซ A ที่มีค่า Accuracy เท่ากับร้อยละ 80.00 และ ค่า F1-Score มีค่าร้อยละ 83.87 อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ผลการทดลอง สภาวะแวดล้อมควบคุมยืนยันว่าแสงและอุณหภูมิไม่ส่งผลกระทบต่อเซนเซอร์ โดยโฟตอนมิติทำงาน ต่อเนื่องได้อย่างเสถียร

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำต้นแบบที่พัฒนาขึ้นไปใช้ประโยชน์ในสถานที่จริงที่มีความแตกต่างด้านสภาพแวดล้อมที่บ้านของผู้ป่วยติดเตียงได้ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดการวิจัยนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของระบบต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab-scale testing) ซึ่งไม่ได้ทำการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงกับผู้ป่วยติดเตียง ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนางานวิจัยระยะถัดไป ควรปรับปรุงอัลกอริทึมระบบเพื่อขจัดสัญญาณรบกวนและทำให้ระบบมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- กรกช ศรีอันประเสริฐ, อัจฉรีย์ พะคะพิกุล, & ประภาส ทองรัก. (2569). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันบริหารจัดการศูนย์ดูแลผู้สูงอายุเพื่อยกระดับการบริหารจัดการศูนย์ดูแล. **วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล** 12(1), 80–98.
- กิริติยา ไชยโกฏี, วรัญญา มนัสถิรนาถ, & ปรวัดน์ ทันทศนะวงศ์. (2564). การพัฒนาต้นแบบระบบติดตามการหกล้มของผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุโดยใช้อินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง. **วารสารสมาคมเวชสารสนเทศไทย** 2(2): 69-75.
- นัฐพงศ์ ส่งเนียม, ชนิตา จารุวัชรเศรษฐ์, ธนิก บัวเปียน, ชุศักดิ์ โสตา, & กอบเกียรติ บุญเงิน. (2564). การพัฒนาระบบผู้ช่วยดูแลสุขภาพผู้สูงอายุโดยใช้อินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง. ใน: **รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติคอมพิวเตอร์ศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 15** (หน้า 1-10). มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- รุจา รอดเข็ม, & สุภารัตน์ ไชยประสิทธิ์. (2562). สังคมสูงวัย: เทคโนโลยีและผู้สูงอายุ. **EAU HERITAGE Journal Science and Technology**. 13(2): 35-44.
- รุ่งอุษา นาคคงคำ, & ทรรศนีย์ บุญมัน. (2568). ประสิทธิภาพของระบบเฝ้าระวังการหกล้มด้วยเทคโนโลยีไอโอทีร่วมกับการมีส่วนร่วมของครอบครัวและชุมชน ในอำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย. **วารสารสิ่งแวดล้อมศึกษา การแพทย์ และสุขภาพ** 10(3): 85-98.

- สุพิชพงษ์ ชนาเกียรติวิทย์, ลลิตา โอเจริญ, & คมกริช ทัดโพธิ์. (2567). ความต้องการรูปแบบการติดตามสุขภาพด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อป้องกันการหกล้มในผู้สูงอายุ. **วารสารสร้างสรรค์สุขภาพและอาหาร** 2(2): 41-52.
- Blynk IoT. (2024). Blynk Documentation: Mobile App Builder and Device Management. Retrieved July 5, 2026, from <https://docs.blynk.io/>
- Firouzi, F., Rahmani, A. M., Mankodiya, K., Badaroglu, M., Merrett, G. V., Wong, P., & Farahani, B. (2018). Internet-of-Things and big data for smarter healthcare: From device to architecture, applications and analytics. **Future Generation Computer Systems** 78: 583-586. Retrieved July 5, 2026, from <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.016>.
- Liu, R., Liang, J., Gao, W., & Yu, R. (2018). Privacy-based recommendation mechanism in mobile participatory sensing systems using crowdsourced users' preferences. **Future Generation Computer Systems** 81: 74-86. Retrieved July 5, 2026, from <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.08.055>.
- Majumder, S., Aghayi, E., Noferesti, M., Memarzadeh-Zavareh, H., Bani-Tabaa, H., Al-Fagih, O., & Ghasemzadeh, H. (2017). Smart Homes for Elderly Healthcare-Recent Advances and Research Challenges. **Sensors** 17(11): 2496. Retrieved July 5, 2026, from <https://doi.org/10.3390/s17112496>.
- Santos, R. (n.d.). *What is MQTT and how it works. Random Nerd Tutorials*. Retrieved July 5, 2026, from <https://randomnerdtutorials.com/what-is-mqtt-and-how-it-work>.
- Yaramchitti, J. K., & Kakarlapudi, R. V. (2024). Real-time data analytics in AI-driven IoT ecosystems: Leveraging edge AI for processing massive data streams from smart devices, enabling applications in healthcare monitoring and industrial automation. **International Journal of Emerging Trends in Computer Science and Information Technology**, 5(4), 142–146. Retrieved August 8, 2026, from <https://doi.org/10.63282/3050-9246.IJETCSIT-V5I4P115>.