ระบบตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุ

(Fall Detection System for Elderly People)

โครงงานสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โดย

นายกรฤต เกียรติธนพร

นายคุณานนท์ หาญทวิชัย

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ครูที่ปรึกษา

นายศวิษฐ์ วีระยุทธวัฒนะ

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา

สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1

วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2568

บทคัดย่อ (Executive Summary)

โครงงานนี้นำเสนอระบบตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุแบบใช้การมองเห็น (Vision-based Fall Detection System) ที่มีต้นทุนต่ำและสามารถทำงานบนอุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำได้ โดยไม่ต้องพึ่งพาค่าบริการรายเดือน แตกต่างจากระบบตรวจจับการล้มเชิงพาณิชย์ที่มีอยู่ในท้องตลาดซึ่งส่วนใหญ่อาศัยอุปกรณ์สวมใส่หรือมีค่าใช้จ่ายต่อเนื่อง ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถตรวจสอบผู้ใช้งานหลายคนพร้อมกันโดยใช้กล้องเพียงตัวเดียว เหมาะสำหรับบ้านพักอาศัยและสถานดูแลผู้สูงอายุขนาดเล็ก

ระบบใช้โมเดล YOLOv12 สำหรับการตรวจจับมนุษย์จากวิดีโอแบบเรียลไทม์ที่บันทึกผ่านกล้องซึ่งเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์พกพา การตรวจจับการล้มจะพิจารณาจากอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของกรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบตัวบุคคล ร่วมกับการตรวจสอบตามช่วงเวลาเพื่อลดการแจ้งเตือนผิดพลาด เมื่อระบบยืนยันเหตุการณ์การล้มแล้ว จะส่งการแจ้งเตือนผ่านเซิร์ฟเวอร์ Flask ไปยังแอปพลิเคชันบนมือถือและแพลตฟอร์ม Discord เพื่อให้ผู้ดูแลได้รับการแจ้งเตือนอย่างทันท่วงที

แอปพลิเคชันบนมือถือพัฒนาด้วยภาษา Kotlin ส่วนระบบ Webhook พัฒนาด้วยภาษา JavaScript และโฮสต์ผ่าน Cloudflare ระบบได้รับการทดสอบบนอุปกรณ์เก่าหรืออุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำ เช่น คอมพิวเตอร์พกพารุ่นเก่า โดยสามารถประมวลผลได้เฉลี่ยประมาณ 10 เฟรมต่อวินาที ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับการล้มได้อย่างแม่นยำในระดับสูง พร้อมทั้งยังคงความคุ้มค่าและง่ายต่อการนำไปใช้งานจริง

บทนำ (Introduction)

การล้มเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเสียชีวิตจากการบาดเจ็บ และเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ ในปี ค.ศ. 2025 มีผู้เสียชีวิตจากการล้มทั่วโลกประมาณ 700,000 ราย และมีเหตุการณ์การล้มมากกว่า 37 ล้านครั้งต่อปีที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์ นอกจากนี้ ยังมีผู้เสียชีวิตมากกว่า 7.8 ล้านรายต่อปีจากโรคทางการแพทย์ เช่น โรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งมักแสดงอาการผ่านการล้มอย่างกะทันหัน

ด้วยจำนวนผู้สูงอายุทั่วโลกที่มากกว่า 1.1 พันล้านคน ความจำเป็นในการมีระบบตรวจจับการล้มที่มีประสิทธิภาพจึงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงสูงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา โรคเรื้อรัง และการเคลื่อนไหวที่ลดลง แม้ว่าจะมีระบบตรวจจับการล้มมาเป็นเวลานานแล้ว แต่ระบบเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การพึ่งพาอุปกรณ์สวมใส่ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ใช้ การมีค่าบริการรายเดือนที่เพิ่มภาระค่าใช้จ่ายระยะยาว หรือระบบแจ้งเตือนที่ไม่น่าเชื่อถือในสถานการณ์ฉุกเฉินจริง

เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว โครงงานนี้จึงเสนอระบบตรวจจับการล้มแบบใช้การมองเห็นที่มีต้นทุนต่ำ ไม่รบกวนผู้ใช้งาน และสามารถตรวจสอบผู้สูงอายุหลายคนพร้อมกันได้ ระบบถูกออกแบบให้ทำงานบนอุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำ และให้ความสำคัญกับกลไกการแจ้งเตือนที่เชื่อถือได้เพื่อให้เหตุการณ์การล้มถูกแจ้งไปยังผู้ดูแลอย่างรวดเร็ว

วัตถุประสงค์ของโครงงาน (Objective)

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ ได้แก่

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการล้มที่มีราคาประหยัดและสามารถทำงานบนคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพต่ำหรือคอมพิวเตอร์พกพาที่นำกลับมาใช้งานใหม่ได้

2. เพื่อออกแบบกลไกการแจ้งเตือนที่เชื่อถือได้และสามารถดึงดูดความสนใจของผู้ดูแลในสถานการณ์ฉุกเฉิน

3. เพื่อพัฒนาระบบติดตั้งให้มีความความยืดหยุ่น ไม่ซับซ้อนและใช้งานง่ายสำหรับประชาชนทั่วไป

4.เพื่อออกแบบระบบที่คำนึงถึงความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้งาน โดยมีการเบลอใบหน้าในภาพที่มีการใช้แจ้งเตือน

งานวิจัยและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง (State of the Art)

อุปกรณ์ตรวจจับการล้มสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ อุปกรณ์สวมใส่ อุปกรณ์ตรวจจับจากสภาพแวดล้อม และอุปกรณ์ตรวจจับแบบใช้การมองเห็น

อุปกรณ์สวมใส่ (Wearable Sensors)

ข้อดี

• วัดการเคลื่อนไหวและทิศทางได้โดยตรง มีความไวสูง

• พกพาได้และใช้งานส่วนบุคคล

• ใช้พลังงานต่ำและมีต้นทุนไม่สูง

ข้อจำกัด

• ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ใช้ในการสวมใส่

• อาจเกิดการแจ้งเตือนผิดพลาดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นอันตราย

• อายุการใช้งานแบตเตอรี่จำกัด

• ไม่เหมาะกับผู้ที่ลืมสวมอุปกรณ์

• มีต้นทุนสูงเมื่อใช้งานในสถานดูแลขนาดใหญ่

อุปกรณ์ติดตั้งภายในพื้นที่ (Ambient Devices)

ข้อดี

• ไม่รบกวนผู้ใช้งาน

• เหมาะสำหรับพื้นที่เฉพาะ เช่น เตียงหรือห้องน้ำ

• การบำรุงรักษาต่ำหลังติดตั้ง

ข้อจำกัด

• ตรวจจับได้เฉพาะพื้นที่ที่ติดตั้ง

• ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง

• ขยายระบบได้ยาก

• ความแม่นยำลดลงหากอุปกรณ์ชำรุดหรือถูกบัง

อุปกรณ์แบบใช้การมองเห็น (Vision-Based Devices)

ข้อดี

• ครอบคลุมพื้นที่กว้างและตรวจสอบหลายคนได้พร้อมกัน

• ไม่ต้องสัมผัสตัวผู้ใช้งาน

• สามารถวิเคราะห์ท่าทางและรูปแบบการเคลื่อนไหวได้

• เชื่อมต่อกับแอปและระบบแจ้งเตือนได้ง่าย

ข้อจำกัด

• มีประเด็นด้านความเป็นส่วนตัว

• ประสิทธิภาพขึ้นกับแสงและมุมกล้อง

• ต้องใช้การประมวลผลค่อนข้างสูง

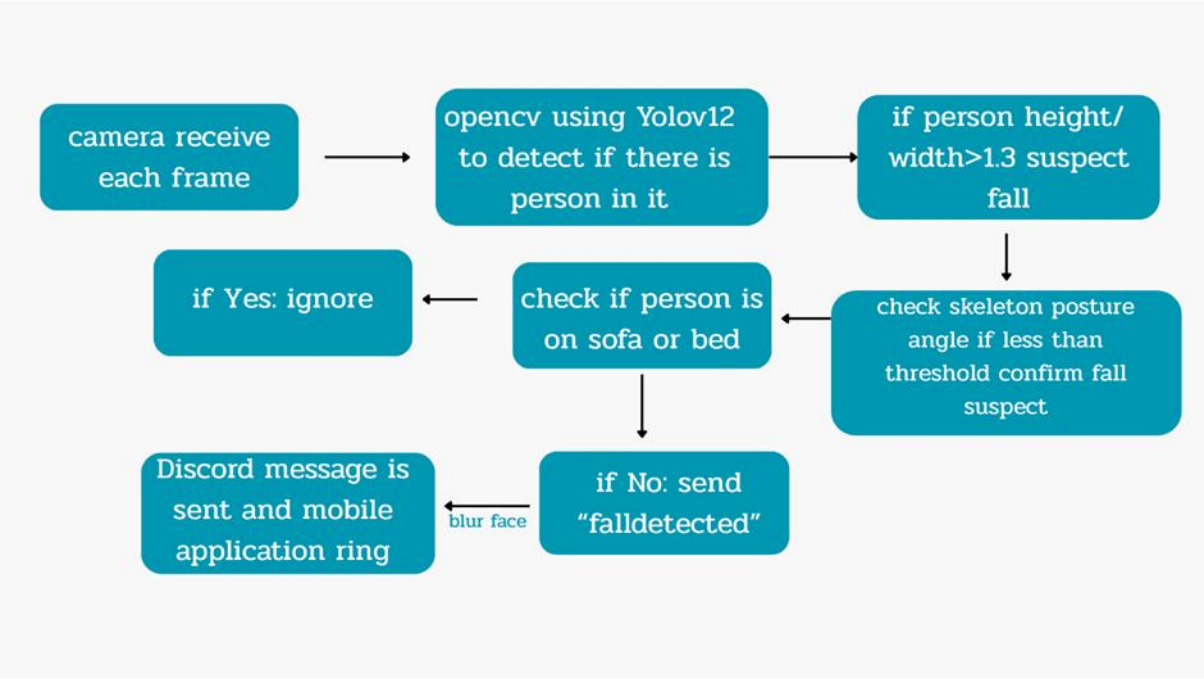
• อาจตรวจจับพลาดหากกล้องถูกบัง

Type	Pros	Cons
Wearable Sensors (accelerometers, gyroscopes, smartwatches)	- Direct measurement of motion and orientation → high sensitivity - Portable and personal → works anywhere - Often low power and cost-effective	- User compliance required (must be worn at all times) - Can generate false positives from sudden but non-harmful movements - Battery life limits continuous monitoring - Not suitable for people who forget to wear devices - higher total cost in large scale facility
Ambient Devices (pressure mats, floor sensors, infrared sensors)	- Non-intrusive → no need for user to wear anything - Can cover specific areas (bed, bathroom) effectively - Low maintenance once installed	- Limited to monitored area → cannot detect falls outside sensor range - Installation cost can be high - Hard to scale for multi-room or multi-person coverage - Sensor malfunction or obstruction can reduce accuracy

Vision-Based Devices (cameras with AI detection)	- Wide coverage → can monitor multiple people in real time - Non-contact and passive → no user compliance needed - Can provide rich contextual data (posture, movement patterns) - Alerts can be integrated with apps and notifications easily	- Privacy concerns → video monitoring may not be acceptable in all environments - Lighting conditions and occlusion can affect accuracy - Computationally intensive → requires powerful processing - Risk of false negatives if camera is blocked or angles are poor

เนื้อหาโครงงาน (**Main Body)**

1. ภาพรวมระบบและสถาปัตยกรรม (**System Overview / Architecture)**



2. วิธีดำเนินงาน (Methodology)

โครงงานนี้ดำเนินการตามกระบวนการอย่างเป็นระบบ เริ่มจากการออกแบบระบบ การพัฒนา การทดสอบ และการปรับปรุงระบบ

เริ่มต้นจากการใช้กล้องบันทึกวิดีโอแบบเรียลไทม์ในพื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบ จากนั้นประมวลผลภาพแต่ละเฟรมด้วยโมเดล YOLOv12 เพื่อทำการตรวจจับบุคคล เมื่อพบบุคคล ระบบจะคำนวณอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของกรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบร่างกาย

ต่อมาจะใช้เงื่อนไขเชิงตรรกะเพื่อตรวจสอบว่าท่าทางดังกล่าวเข้าข่ายการล้มหรือไม่ โดยมีการตรวจสอบเพิ่มเติมว่าบุคคลนั้นอยู่บนวัตถุ เช่น เตียง เก้าอี้ หรือโซฟา หรือไม่ พร้อมทั้งใช้การตรวจสอบตามช่วงเวลาเพื่อลดการแจ้งเตือนผิดพลาด หากระบบยืนยันว่าเป็นการล้มจริง จะส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านเซิร์ฟเวอร์ Flask ไปยังแอปพลิเคชันบนมือถือและ Discord

สุดท้าย ระบบถูกทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบหลายคนทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การล้มจริง การพักผ่อน และการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน เพื่อนำผลลัพธ์มาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ

3. อัลกอริทึมการตรวจจับ (Detection Algorithm)

ระบบจะตรวจสอบภาพจากกล้องเพื่อค้นหาบุคคล หากตรวจพบ จะคำนวณอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของร่างกาย จากนั้นตรวจสอบว่าบุคคลมีลักษณะเข้าข่ายการล้มหรือไม่ หากเข้าข่าย ระบบจะตรวจสอบเพิ่มเติมว่าบุคคลนั้นอยู่บนวัตถุ เช่น เตียง เก้าอี้ หรือโซฟา หรือไม่ และบันทึกการแจ้งเตือนไว้

เพื่อจำกัดจำนวนการแจ้งเตือนผิดพลาด ระบบจะตรวจสอบว่ามีการตรวจพบการล้มซ้ำภายใน 15 วินาทีหรือไม่ และจะเปรียบเทียบตำแหน่งหลังจากผ่านไป 5 วินาทีเพื่อยืนยันว่าบุคคลไม่สามารถลุกขึ้นได้ด้วยตนเอง

เหตุผลที่เลือกใช้ YOLOv12

YOLOv12 เป็นโมเดลตรวจจับภาพที่มีความแม่นยำสูง เป็นโอเพนซอร์ส ทำให้ง่ายต่อการปรับแต่งและฝึกโมเดลเพิ่มเติม อีกทั้งยังไม่เป็นโมเดลที่มีความซับซ้อนสูงเกินไป จึงสามารถทำงานบนอุปกรณ์เก่าหรืออุปกรณ์ต้นทุนต่ำซึ่งมีราคาต่ำกว่า 3000 บาท หรือ 100 ดอลลาร์สหรัฐ

4. ระบบการแจ้งเตือน (Alerting Mechanism)

เมื่อระบบยืนยันการล้มแล้ว จะส่งข้อความแจ้งเตือนและภาพผ่านเซิร์ฟเวอร์ Flask ไปยังแอปพลิเคชัน Discord

5. คุณสมบัติและข้อได้เปรียบของระบบ (System Features & Advantages)

• อุปกรณ์ตรวจจับหลักเป็นคอมพิวเตอร์รุ่นราคาถูก ไม่มีค่าใช้จ่ายสมาชิกรายเดือนและรองรับผู้ใช้งานได้หลายคน

• ตรวจจับและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์

• การติดตั้งอุปกรณ์หลักและเสริม ง่าย ยืดหยุ่น ไม่ซับซ้อน

• ปกป้องข้อมูลส่วนบุคคล โดยมีการเบลอใบหน้าในภาพที่มีการใช้แจ้งเตือน

	Normal fall detector in market	Our fall detector
price	300-1000$	Less than 100$
Usage lifespan	Some requires monthly subscription	Free
Alerting system	Unreliable mostly message only	- In main chat app - In our own app which can alert in alarm clock like manner which is more noticeable -blur face when send image to chat app

installation	Expensive and complex	Minimal and flexible can upgrade or attach external camera
Ethics /Privacy	In most existing fall detection systems, face blurring is not commonly implemented	Our system incorporates face blurring to preserve user privacy

6. การเก็บข้อมูล การประเมินผล และผลการทดสอบ (**Data Collection, Evaluation and Testing Results**)

Person/data	Height(cm)	Weight(kg)	Gender (Birth)
Person 1	175	60	Male
Person 2	182	72	Male
Person 3	158	49	Female
Person 4	163	65	Female
Person 5	166	69	Female
Person 6	173	55	Male
Person 7	149	46	Female
Person 8	176	63	Male
Person 9	165	72	Female
Person 10	173	60	Female

Result:

Each done 10 rounds in order to get 100%

True positive = actually fall and is reported

- report carried out within 10 seconds = 1 point
- within 15 seconds = 0.5 point.
- 10 point = 100%

True negative 2 = sleep on bed/sofa/chair and walking freely for 15 second

True negative 1 = walking pass and doing daily activity freely for 15 second/round

Reported in accuracy rate

Person\type	True negative 1	True negative 2	True positive
Person 1	100%	90%	90%
Person 2	100%	90%	90%
Person 3	100%	100%	95%
Person 4	100%	100%	100%
Person 5	100%	90%	100%
Person 6	100%	90%	85%
Person 7	100%	100%	100%
Person 8	100%	90%	90%
Person 9	100%	100%	95%
Person 10	100%	90%	90%
Over all	100%	94%	93.5%

7. อุปสรรคและการปรับปรุง (Obstacle and Improvement)

ในช่วงการพัฒนาระยะแรก มีแผนจะใช้ระบบแจ้งเตือนด้วยเสียง แต่พบว่าไม่เสถียรในสภาพแวดล้อมจริง จึงมีการออกแบบระบบแจ้งเตือนใหม่ รวมถึงเปลี่ยนแพลตฟอร์มจาก LINE เป็น Discord เพื่อให้สามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลหลายคนพร้อมกัน เพื่อเพิ่มความเสถียร ลดความหน่วง และรองรับการขยายระบบในอนาคต

8. ระยะการทำงานของระบบ (Working Distance)

ระบบสามารถทำงานได้ในระยะประมาณ 90 เซนติเมตร ถึง 6.9 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 6 × 6 ตารางเมตร และระบบแจ้งเตือนสามารถส่งได้ทั่วประเทศ โดยใช้เวลาแจ้งเตือนไม่เกิน 2 นาที

9. แผนการพัฒนา (Development Timeline)

Day(s)	**activity**
1	Plan
2 - 5	Simple detector and algorithm

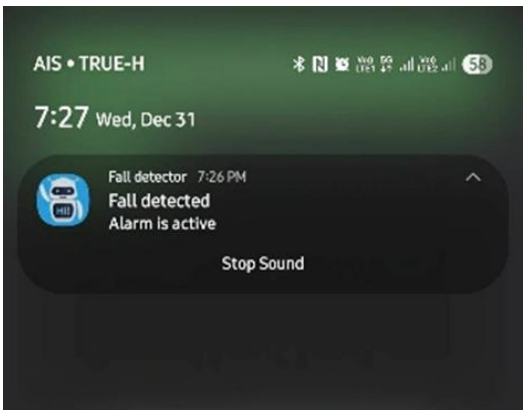
6-9	Real server
9-11	Message sending and webhook
11-13	Beta deployment
14-15	Real test + convert into exe
16-19	Change webhook from Line app to Discord and fix android alerting system
20	Writing conclusion

10. การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI and User Interface Design)

ประกอบด้วย Web UI แอปพลิเคชันบนมือถือ และระบบแจ้งเตือนผ่าน Discord

- Web UI

- Mobile app UI and dialog box



- Discord alert

11. คุณลักษณะของฮาร์ดแวร์ (Hardware Specifications)

• หน่วยประมวลผล Intel Core i5 รุ่นที่ 3

• กราฟิก Intel HD Graphics 4000

• หน่วยความจำ RAM 4 GB DDR3

12. การอภิปรายและจริยธรรม (Discussion and Ethics)

ระบบสามารถตรวจจับผู้ใช้งานได้หลายคนพร้อมกัน จึงต้องมีการแจ้งให้ผู้ที่อยู่ในพื้นที่ทราบล่วงหน้าว่ามีการใช้งานระบบ และข้อมูลภาพที่บันทึกควรถูกเก็บไว้ภายในเซิร์ฟเวอร์ที่กำหนดเท่านั้น ไม่นำข้อมูลเผยแพร่สู่สาธารณะ

13. ข้อจำกัดของระบบ (Limitation)

การพึ่งพาอินเทอร์เน็ต (Internet Dependency)

ระบบจำเป็นต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่ใช้งานได้ตลอดเวลาเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากการแจ้งเตือนจะถูกส่งผ่านเซิร์ฟเวอร์ Flask และบริการภายนอก เช่น Discord หากไม่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ระบบจะไม่สามารถส่งการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ไปยังผู้ดูแลได้

ขอบเขตพื้นที่การทำงานที่จำกัด (Limited Operational Coverage Area)

ระยะการตรวจจับที่มีประสิทธิภาพของระบบถูกจำกัดด้วยมุมมองของกล้องและประสิทธิภาพของโมเดลตรวจจับ ระบบสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมในระยะประมาณ 1.2 เมตร ถึง 6.9 เมตรจากอุปกรณ์ โดยมีขอบเขตการตรวจจับในแนวด้านข้างประมาณ 6 เมตร ส่งผลให้พื้นที่ตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพอยู่ที่ประมาณ 6 × 6 ตารางเมตร

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Power Requirement)

เนื่องจากเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบจึงจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องในการทำงาน ในกรณีที่เกิดไฟฟ้าดับ ระบบจะไม่สามารถใช้งานได้ เว้นแต่จะมีแหล่งพลังงานสำรองเพิ่มเติม

บทสรุป (Conclusion)

โครงงานนี้แสดงให้เห็นว่าระบบตรวจจับการล้มที่มีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาได้ด้วยต้นทุนต่ำ โดยใช้เทคโนโลยีการมองเห็นและอุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำ ช่วยลดข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายและเพิ่มความเข้าถึงได้สำหรับครัวเรือนและสถานดูแลขนาดเล็ก

ผลลัพธ์สำคัญของโครงงาน (Key Outcomes)

ด้านความคุ้มค่า (Affordability):

อุปกรณ์หลักเป็นคอมพิวเตอร์รุ่นเก่าทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า 3000 บาท และไม่มีค่าใช้จ่ายสมาชิกรายเดือน ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดด้านการเงิน และทำให้ผู้รายได้น้อยสามารถเข้าถึงระบบได้

ด้านความน่าเชื่อถือของการระบบแจ้งเตือน (Reliable Alerting):

มีระบบการแจ้งเตือนแบบสองช่องทาง คือ ภาพและเสียง ช่วยให้เหตุการณ์การล้มถูกแจ้งไปยังผู้ดูแลได้ทันท่วงที โดยลดโอกาสที่การแจ้งเตือนจะถูกมองข้าม

ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Ease of Use):

ระบบได้รับการออกแบบให้ติดตั้งง่าย ไม่ซับซ้อนและใช้งานง่าย สำหรับประชาชนทั่วไปโดยไม่ต้องอาศัยเทคนิคขั้นสูง