

การวิจัยและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้ม
สำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค

RESEARCH AND DEVELOPMENT FALL DETECTION AND NOTIFICATION
WEB APPLICATION FOR THE ELDERLY USING THE MEDIAPIPE FRAMEWORK

ทินกร ชุมหัทธกุล
Thinnagorn Chunhapataragul

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
Information Technology, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

Author email: thinnagorn_chu@dusit.ac.th

Received: March 12, 2024
Revised: April 22, 2024
Accepted: May 15, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันตรวจจับการล้ม กลุ่มตัวอย่าง โดยขอบเขตในการพัฒนาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ระบบจัดการกล้องเพื่อนำเข้าข้อมูลวิดีโอซึ่งใช้การเชื่อมต่อแบบ Real Time Streaming Protocol ส่วนที่ 2 ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยใช้แบบจำลอง Pose Landmarker Model ใน MediaPipe ของ Google ตรวจจับตำแหน่งข้อต่อสำคัญของร่างกาย 33 จุดในรูปแบบ 3 มิติ วิธีการทดลอง ใช้การทดสอบรูปแบบการล้ม 6 รูปแบบ ประกอบด้วย 1) หน้าตรงล้มไปข้างหน้า 2) หน้าตรงล้มไปข้างหลัง 3) หันข้างล้มไปด้านขวา 4) หันหน้าล้มไปด้านขวา 5) หันหน้าล้มไปด้านซ้าย และ 6) หันข้างล้มไปด้านซ้าย จากอาสาสมัครจำนวน 10 คนตรวจจับรูปภาพและระบุตำแหน่งข้อต่อสำคัญของร่างกาย 33 จุด เป็นชุดข้อมูลทั้งหมด 1,000 รายการ ผลการประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับการล้มโดยใช้ Random forest และ K-NN สร้างโมเดลและชุดข้อมูลทดสอบพบว่า โมเดลที่สร้างด้วย Random forest ได้มีผลการตรวจจับการล้มได้ดีที่สุดมีความแม่นยำ 88.00% และระบบมีความแม่นยำในการตรวจจับการล้มในท่าทางหน้าตรงดีกว่าการล้มไปด้านข้างซ้ายและขวา

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชันตรวจจับการล้ม, ผู้สูงอายุ, มีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค

Abstract

The purposes of the research were to develop fall detection and notification web application for the elderly using MediaPipe framework, and to evaluate the effectiveness of the application. The scope of development is divided into two parts: Part 1: Camera management system, imports video data using a Real Time Streaming Protocol connection. Part 2: Detection and notification application through

the LINE application using MediaPipe Framework's Pose Landmarker Model to detect and track skeletons 33 point. The experimental is six fall patterns: 1) straight face falling forward, 2) straight face falling backward, 3) turning sideways falling to the right, 4) facing forward falling to the right, 5) facing forward. fall to the left, and 6) turn to fall to the left were collected from 10 volunteers, the photos captured and identified 33 important key landmark points were conducted, and approximately 1,000 data records. The results of evaluating the performance of fall detection using Random Forest and K-NN model and testing data sets found that the Random Forest model had the best fall detection results, with an accuracy of 88.00%, and the system is more accurate at detecting falls in a straight-faced position than falls to the left and right side.

Keywords: Fall Detection and Notification Web Application, Elderly, MediaPipe Framework

บทนำ

ในสังคมผู้สูงอายุ การดูแลความเป็นอยู่และความปลอดภัยในการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง อุบัติเหตุจากการล้มเป็นสาเหตุสำคัญของการบาดเจ็บและส่งผลกระทบอย่างรุนแรงในผู้สูงอายุมากกว่าคนในวัยอื่น ๆ จากสถิติทั่วโลกพบว่า 30% ของผู้ที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไป และ 50% ของผู้ที่มีอายุ 81 ปีขึ้นไป ได้รับอันตรายจากการล้มที่รุนแรง [1] เกือบ 45% ของการเข้ารับการรักษาก่อเกิดจากอุบัติเหตุจากการหกล้ม และยังเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตโดยไม่ได้ตั้งใจเป็นอันดับสอง รองจากอุบัติเหตุทางรถยนต์ ซึ่งในแต่ละปีมีจำนวนผู้เสียชีวิตจากการหกล้มทั่วโลกสูงถึง 684,000 คน [2]

จากสถิติของศูนย์อนามัย ผู้สูงอายุที่เคยมีประวัติการล้ม ร้อยละ 55 ระบุว่าตนเองเกิดอุบัติเหตุภายในบ้านเป็นการล้มลื่นหรือสะดุด ในพื้นระดับเดียวกัน เช่น ภายในห้องนอนหรือห้องน้ำ ซึ่งเป็นสถานที่ที่ต้องการรักษาความเป็นส่วนตัว จึงไม่สามารถติดกล้องวงจรปิดได้ และไม่สามารถสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันการล้มติดตัวขณะอาบน้ำได้ ส่งผลให้ผู้สูงอายุหกล้มในห้องน้ำแล้วไม่มีใครทราบ บ่อยครั้งทำให้ไม่สามารถเข้ารับการรักษาทันท่วงที [3] การบาดเจ็บของผู้สูงอายุ หลังการล้มสามารถแบ่งอาการบาดเจ็บออกเป็น 3 ระดับตามความรุนแรง คือ ระดับที่หนึ่งบาดเจ็บเล็กน้อย ไม่มีอาการบาดเจ็บหรือฟกช้ำ ระดับที่สองบาดเจ็บปานกลาง เช่น ข้อเท้าพลิก ถลอก เลือดออก และระดับที่สาม บาดเจ็บรุนแรง เช่น หมดสติ กระดูกหัก ไม่สามารถขยับร่างกายได้จำเป็นต้องได้รับการรักษาอย่างทันที [4] สถิติของผู้สูงอายุที่เคยมีประวัติหกล้ม ร้อยละ 51.4 บาดเจ็บเล็กน้อย หรือฟกช้ำ ซึ่งในผู้สูงอายุที่มีอาการบาดเจ็บเล็กน้อยนี้เลือกที่จะพบแพทย์เพื่อรับการตรวจรักษาร้อยละ 41.0 เท่านั้น คือ ร้อยละ 59.0 เลือกที่จะไม่ไปพบแพทย์เพื่อรับการตรวจรักษาเพราะคิดว่าเป็นเรื่องเล็กน้อย [5] อุบัติเหตุจากการล้มที่รุนแรงส่งผลให้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เกิดความกลัวและทำให้ความมั่นใจในการใช้ชีวิต การทำกิจกรรมหรือการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจะลดลง ส่งผลให้เกิดภาวะซึมเศร้าและเจ็บป่วยได้ในที่สุด [6] ดังนั้นความต้องการระบบตรวจจับการล้มจึงมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่า ระบบการตรวจจับและเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้สูงอายุ จัดกลุ่มเซนเซอร์สำหรับการตรวจจับออกเป็น 4 ประเภท [7] คือ 1) สวมใส่ติดตัวตลอดเพื่อตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าภายในร่างกายมนุษย์ เช่น สัญญาณกล้ามเนื้อ สัญญาณหัวใจ ชีพจร เช่น นาฬิกาอัจฉริยะ 2) การมองเห็นด้วยสายตา ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ตามมุมต่างๆ ของห้อง เช่น กล้องวงจรปิด กล้องอินฟราเรดเพื่อบันทึกวิดีโอและตรวจจับการกระทำผิดปกติ 3) การตรวจจับตามสภาพแวดล้อม หรือการตรวจจับตามคลื่นวิทยุที่กระจายโดยรอบ อุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อกระจายสัญญาณ เช่น Wi-Fi เรดาร์ และ 4) การรวมเซนเซอร์ อาจเป็นเซนเซอร์ประเภทเดียวกันหรือคนละประเภทได้ เช่น การใช้ตัววัดความเร่งร่วมกับกล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่

การใช้อุปกรณ์หรือโปรแกรมตรวจจับการล้มในผู้สูงอายุได้รับความนิยมแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีความแม่นยำมากขึ้นในการตรวจจับการล้มแม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งหรือในบ้าน และไม่เป็นการรบกวนกิจกรรมส่วนตัวหรือกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุมากเกินไป การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวที่ระบบแจ้งเตือนคนล้มอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องมักจะบันทึก ได้แก่ การหมุน ความเร็ว และทิศทางการเคลื่อนไหว [8]

การแยกความแตกต่างระหว่างอุบัติเหตุการล้มกับการทำกิจกรรมประจำวันตามปกติของผู้สูงอายุ หรือระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันได้ทันทีที่ผู้สูงอายุล้ม ซึ่งหนึ่งในเทคโนโลยีตัวเลือกที่เป็นไปได้คือการตรวจจับการล้มโดย MediaPipe Framework ซึ่งเป็น Machine Learning ร่วมกับกล้อง Webcam หรือ CCTV โดยทำงานบนเว็บแอปพลิเคชัน ร่วมกับ Firebase มาใช้ในการดูแลผู้สูงอายุให้ปลอดภัยขึ้น

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค
- 1.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค

2. สมมติฐานการวิจัย

- 2.1 เว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์คที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับการล้ม

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Machine Learning [9] คือ ส่วนการเรียนรู้ของเครื่อง ถูกใช้งานเสมือนเป็นสมองของ AI (Artificial Intelligence) เราอาจพูดได้ว่า AI ใช้ Machine Learning ในการสร้างความฉลาด มักจะใช้เรียกโมเดลที่เกิดจากการเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์ ไม่ได้เกิดจากการเขียนโดยมนุษย์ มนุษย์มีหน้าที่เขียนโปรแกรมให้ AI (เครื่อง) เรียนรู้จากข้อมูลเท่านั้น ที่เหลือเครื่องจัดการเอง Machine Learning เรียนรู้จากสิ่งที่เราส่งเข้าไปกระตุ้น แล้วจดจำเอาไว้เป็นมันสมอง ส่งผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเลข หรือ code ที่ส่งต่อไปแสดงผล หรือให้เจ้าตัว AI นำไปแสดงการกระทำ Machine Learning เองสามารถเอาไปใช้งานได้หลายรูปแบบ ต้องอาศัยกลไกที่เป็นโปรแกรม หรือเรียกว่า Algorithm ที่มีหลากหลายแบบ โดยมี Data Scientist เป็นผู้ออกแบบ หนึ่งใน Algorithm ที่ได้รับความนิยมสูง คือ Deep Learning ซึ่งถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่ายและประยุกต์ใช้ได้หลายลักษณะงาน อย่างไรก็ตาม ในการทำงานจริง Data Scientist จำเป็นต้องออกแบบตัวแปรต่างๆ ทั้งในตัวของ Deep Learning เอง และต้องหา Algorithm อื่นๆ มาเป็นคู่เปรียบเทียบ เพื่อมองหา Algorithm ที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานจริง

MediaPipe Framework [10] คือ เฟรมเวิร์คที่พัฒนาโดย Google เพื่อช่วยในการสร้างและพัฒนาแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพและวิดีโอ โดยเน้นการใช้งานที่ง่าย และมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่ง MediaPipe มีความสามารถในการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) การติดตามวัตถุ (Object Tracking) การตรวจจับมือ (Hand Tracking) การตรวจจับใบหน้า (Facial Detection) การตรวจจับร่างกาย (Pose Landmark Detection) นอกจากนี้ MediaPipe ยังมีเครื่องมือช่วยในการสร้างโมเดล และการประมวลผลข้อมูลที่ง่ายต่อการใช้งานด้วย Python API

นิยมใช้ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และพัฒนาแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ และวิดีโอ สามารถประมวลผล และตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ได้ดี

Pose Landmark Detection [11] คือ กระบวนการในการตรวจจับและระบุตำแหน่งของจุดสำคัญบนร่างกาย 33 จุด ของมนุษย์หรือสัตว์จากภาพ หรือวิดีโอ ซึ่งจุดเหล่านี้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ท่าทาง การเคลื่อนไหวหรือคุณลักษณะอื่นๆ ของร่างกาย เช่น ใช้ในการตรวจจับท่าทางของมนุษย์ในการเรียนรู้การเดิน การเคลื่อนไหวท่าทาง Pose Landmark Detection ใช้เทคโนโลยีเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เพื่อให้มีความแม่นยำ และเชื่อถือได้ในการตรวจจับจุดสำคัญบนร่างกาย มีโมเดลตรวจจับร่างกายมนุษย์

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sugil Jeong, Sungjoo Kang, and Ingeol Chun [12] จัดทำงานวิจัยเรื่อง Human-skeleton based Fall-Detection Method using LSTM for Manufacturing Industries จากสถิติของสำนักงานความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของประเทศเกาหลีใต้ อุบัติเหตุการล้มในโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงต้องการแนะนำวิธีตรวจจับการล้มโดยอิงข้อมูลโครงกระดูกที่ได้รับจากกล้องวงจรปิด 2D RGB ที่ติดตั้งในโรงงาน วิธีแยกคุณลักษณะเพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการตรวจจับการล้ม และการสร้างระบบตรวจจับการล้มโดยใช้ LSTM การทดลองได้ดำเนินการผ่านชุดข้อมูลสาธารณะ เพื่อค้นหาวิธีการแยกคุณลักษณะที่สามารถบรรลุความแม่นยำในการจำแนก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับการล้มแบบ Raw + HCLC มีความแม่นยำมากที่สุด

Chirag Dilip Jawale, Kevel Ashok Joshi, Swaroop Kusumakar Gogate, and Chetana Badgujar [13] จัดทำงานวิจัยเรื่อง Elderly Care With Fall Detection การเติบโตอย่างต่อเนื่องของประชากรสูงอายุในช่วงหลายปีที่ผ่านมาทั่วโลกแสดงให้เห็นความท้าทายด้านสถานพยาบาลเพื่อสุขภาพที่ดี ผู้สูงอายุนั้นเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพมากมายเนื่องจากระบบภูมิคุ้มกัน ระบบกล้ามเนื้อ และกระดูกอ่อนแอลง การล้มเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่ภาวะทางการแพทย์ที่ร้ายแรง เช่น อัมพาต หรือเสียชีวิต การตรวจจับการล้มอย่างรวดเร็ว สามารถช่วยลดความรุนแรง ความช่วยเหลือทางการแพทย์ บทความนี้จะกล่าวถึงการใช้การประมาณท่าทาง และอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ใช้เซ็นเซอร์ ระบบการตรวจจับท่าทางของ MediaPipe เพื่อสร้างโครงสร้างโครงกระดูกของบุคคล การใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติต่าง ๆ เช่นการเปลี่ยนแปลงของแกนพิกัด มุมเอียงขณะล้ม และการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างกะทันหันระหว่างการล้มจะช่วยยืนยันความถูกต้องของการล้ม ที่ใช้เซ็นเซอร์มือถือ และบันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าเพื่อตัดสินใจว่าการล้มนั้นเกิดขึ้นหรือไม่ การผสมผสานระหว่างวิธีการทั้งสองทำให้มีกลไกการตรวจจับการล้มที่แม่นยำ จากนั้นระบบจะแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องผ่านเทคนิคการตอบรับแบบเรียลไทม์ เช่น ข้อความ

Jiaji Liu, Xiaofang Mu, Zhenyu Liu, and Hao Li [14] จัดทำงานวิจัยเรื่อง Human skeleton behavior recognition model based on multi-object pose estimation with spatiotemporal semantics การตรวจจับท่าทางของวัตถุหลายจุดเป็นสิ่งที่ต้องเฝ้าระวัง เนื่องจากการเคลื่อนไหวของวัตถุ และก่อให้เกิดการบาดเจ็บข้อมูลวิดีโอ โดยกำหนดเป้าหมาย การเชื่อมโยงกันระหว่างเฟรมวิดีโอ แบบจำลองการตรวจจับสำหรับระดับ และท่าทางที่แตกต่างกันของวิดีโอหลายชิ้น 1) ด้วยกรอบการตรวจจับแบบ end-to-end จะตรวจจับเป้าหมายหลายรายการในวิดีโอ 2) เป็นการเสริมตำแหน่งของร่างกายในเฟรมวิดีโอร่างกายมนุษย์โดยใช้สัญญาณชั่วคราวระหว่างเฟรมวิดีโอ และออกแบบส่วนแยกเป็นสี่ของท่าทาง ข้อมูลการปรับแต่งการประมาณท่าทางอย่างมีประสิทธิภาพ จำลองการจดจำพฤติกรรมโครงกระดูกมนุษย์ที่ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น เพื่อรับรู้พฤติกรรมผ่านการทดลองจากสตรีมวิดีโอ ทำให้เห็นพฤติกรรมโครงกระดูกมนุษย์สำหรับตรวจจับหลายวัตถุ

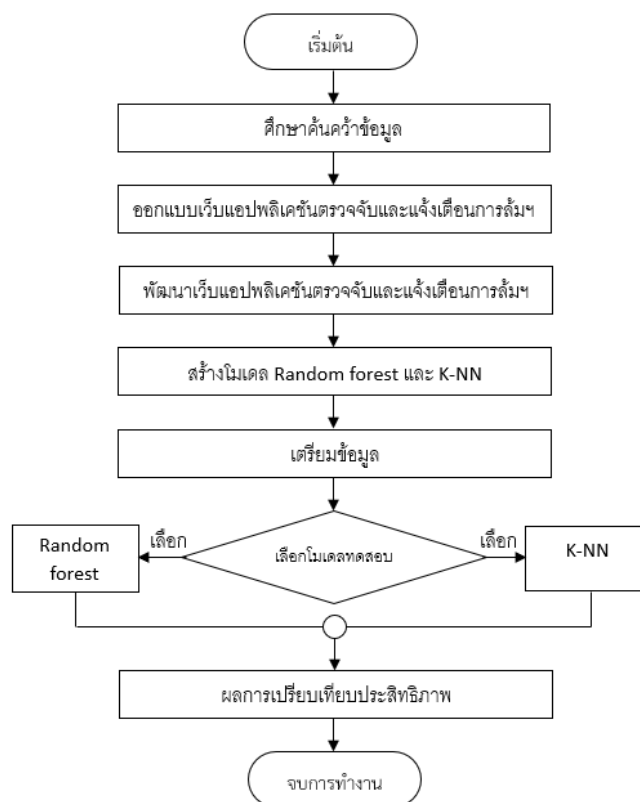
พิญญติกานต์ วงศ์เกียรติขจร [15] ศึกษาวิจัยเรื่อง การประมาณการถ่วงท่าเพื่อตรวจจับการล้มในบ้าน ด้วยการใช้มีเดียไปป์ จากชุดข้อมูลวิดีโอคลิป เพื่อศึกษามุมกล้องที่ดีที่สุดและนำเสนอตำแหน่งที่เหมาะสมกับการตรวจจับการหกล้มจากระบบที่จะนำเสนอ ด้วยวิธีการตรวจจับการล้มด้วยระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์และการตัดสินใจการหกล้ม

ด้วยการนำการเรียนรู้ของเครื่อง โดยได้แบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 2 ส่วนหลัก ในส่วนแรก จะเป็นการทดลองโดยใช้วิดีโอคลิปกับวิธีการตรวจจับการล้มแบบใช้ค่าเกณฑ์ ประกอบด้วยการใช้อัตราส่วนของขอบเขตสี่เหลี่ยมรอบร่างกายมนุษย์และมุมมองสกร่างกายมนุษย์ (สะโพก ข้อเท้า เส้นพื้นดิน) และจะใช้ผลลัพธ์ที่ได้นำมาปรับปรุงหมวดหมู่และใช้เป็นชุดข้อมูลในการตรวจจับการล้มแบบไม่ใช้ค่าเกณฑ์ (ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง) โดยใช้โมเดล Random forest และ K-NN จากการทดลองและการวิเคราะห์ผลลัพธ์พบว่า มุมกล้องที่ดีที่สุดคือมุมกล้องที่ 2 ส่วนผลการตรวจกับการล้มที่ดีที่สุดจะเป็นการตรวจจับการล้มโดยใช้ random forest จากชุดข้อมูลผลลัพธ์การทดลองมุมมองสกร่างกาย มนุษย์ (สะโพก ข้อเท้า เส้นพื้นดิน) ด้วยความแม่นยำอยู่ที่ 98% ในตรวจจับเหตุการณ์ของการล้มในสถานที่ที่กำหนดได้

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในปัจจุบันพบว่า การตรวจจับการล้มเป็นเรื่องที่สำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการล้มในผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยเพื่อให้เข้าถึงการช่วยเหลือและการรักษาพยาบาลได้อย่างทันท่วงที ซึ่งปัจจุบันพบว่ายังขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะการตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มอย่างทันท่วงที (Realtime) รวมไปถึงการตรวจจับและแจ้งเตือนที่แม่นยำ ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค โดยการนำเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องมาใช้ในการศึกษาค้นคว้าของร่างกายและตรวจจับการล้มและแจ้งเตือนด้วยโมเดล Random forest และ K-NN

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีรูปแบบเป็นการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research & development) เพื่อศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค การประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์คมีขั้นตอนดังรูปที่ 1

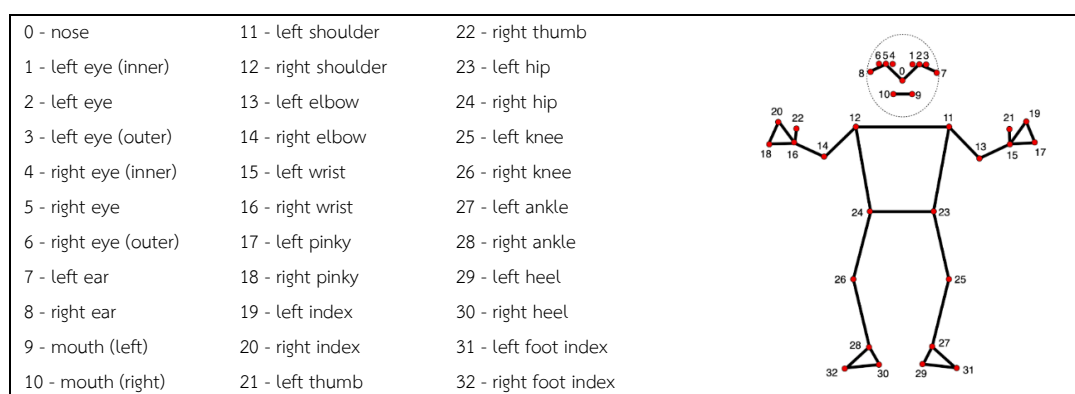


รูปภาพที่ 1 วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

4.1.1 ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ Webcam ใช้สำหรับทดสอบการตรวจจับการล้ม นอกจากนี้ใช้กล้อง CCTV ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบด้วย URL ของกล้องผ่านโปรโตคอล RTSP

4.1.2 ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย 1) Visual Studio Code เป็นโปรแกรม Code Editor ที่ใช้ในการแก้ไขและปรับแต่งโค้ด 2) React Framework Web Frontend Framework ที่ใช้ในการพัฒนา Web Application ที่เรียกว่า SPA (Single Page-Web-Application) 3) Web Backend พัฒนาด้วย Flask Framework ซึ่งทำงานร่วมกับ MediaPipe Framework หรือ Machine Learning Solutions ใช้ประมวลผลภาพวิดีโอแบบเรียลไทม์เพื่อตรวจจับการล้มด้วย Pose Landmarker Model จะตรวจจับตำแหน่งข้อต่อสำคัญของร่างกาย 33 จุดในรูปแบบ 3 มิติโดยการค้นหาพิกัด X, Y และ Z ของข้อต่อ ซึ่งแสดงถึงตำแหน่งส่วนต่างๆ ของร่างกายดังรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 แสดงการวิเคราะห์จุดสังเกตสำคัญของร่างกาย 33 จุดด้วยโมเดลโพสแลนด์มาร์ค [16]

4) Firebase Platform ที่รวบรวมเครื่องมือต่างๆ สำหรับการจัดการในส่วน Backend หรือ Server side และ 5) Axios เป็น Promise based HTTP Client Library เพื่อทำการดึงข้อมูล ส่งข้อมูลและเชื่อมต่อกับ API2.1

4.2 การพัฒนาและออกแบบระบบ

การพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์คแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก

4.2.1 ระบบจัดการกล้อง โดยสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข กล้องที่นำเข้าข้อมูลวิดีโอซึ่งใช้การเชื่อมต่อแบบ RTSP หรือ Real Time Streaming Protocol เป็นโปรโตคอลที่ใช้รูปแบบ client/server ที่ถูกออกแบบเพื่อใช้ในการแสดงสื่อมัลติมีเดีย สำหรับ Real Server

4.2.2 ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการล้ม โดยใช้ Pose Landmarker Model ของ MediaPipe Framework ที่พัฒนาโดยทีมวิจัยของ Google เมื่อรับข้อมูลภาพวิดีโอจากกล้องจะทำการตรวจจับตำแหน่งจุดข้อต่อสำคัญของร่างกาย 33 จุด ดังรูปภาพที่ 3



รูปภาพที่ 3 การตรวจจับด้วย Pose Landmarker

4.2.3 การสร้างโมเดล โดยใช้ Random Forest และ K-NN ใน Scikit-Learn Library และใช้ภาษา Python สร้างโมเดลเพื่อวิเคราะห์การตรวจจับการล้มโดยใช้ชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Training Set) และทดสอบโมเดลด้วยชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set)

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.3.1 การจัดเก็บข้อมูล (Data Collections) ผู้วิจัยจัดเก็บข้อมูลโดยใช้กล้องเว็บแคมบนที่กวีวิดีโอท่าทางการเคลื่อนไหว 10 รูปแบบเพื่อเพิ่มความหลากหลายของข้อมูล ประกอบด้วย ท่าทางการล้ม 6 รูปแบบ ได้แก่ 1) หน้าตรงล้มไปข้างหน้า 2) หน้าตรงล้มไปข้างหลัง 3) หันข้างล้มไปด้านขวา 4) หันข้างล้มไปด้านซ้าย 5) หันหน้าล้มไปด้านขวา และ 6) หันหน้าล้มไปด้านซ้าย และ ท่าทางไม่ล้ม 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การยืน 2) การเดิน 3) การนั่ง และ 4) การนอน จากอาสาสมัครจำนวน 10 คนที่มีเพศ ความสูง น้ำหนักและรูปร่างที่แตกต่างกัน ท่าทางละ 10 รายการต่อคน และใช้แบบจำลอง Pose Landmarker Model ใน MediaPipe ตรวจจับภาพจากวิดีโอและระบุตำแหน่งข้อต่อสำคัญของร่างกาย 33 จุด โดยแต่ละจุดจะระบุค่าข้อมูลสี่พิกัด (x, y, z และ v) โดยที่ 'v' หมายถึงระยะไกลสุดที่สามารถมองเห็นจุดสำคัญ รวมทั้งหมดท่าทางละ 100 รายการ นำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันเป็นจำนวน 1,000 รายการเพื่อจัดสร้างเป็นชุดข้อมูล (Dataset) และจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ csv

4.3.2 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) จากชุดข้อมูลทั้งหมดทำการสุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Training Set) และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set) สัดส่วน 70% และ 30% ตามลำดับ และนำชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้มาตรวจสอบและกำกับคำอธิบาย (Data Labeling) ด้วยคน โดยพิจารณาจากชนิด (Types) และประเภท (Classes) ของท่าทาง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำกับคำอธิบายข้อมูล

ท่าทาง	ชนิด	ประเภท
หน้าตรงล้มไปข้างหน้า	F1	Fall
หน้าตรงล้มไปข้างหลัง	F2	Fall
หันข้างล้มไปด้านขวา	F3	Fall
หันข้างล้มไปด้านซ้าย	F4	Fall

ท่าทาง	ชนิด	ประเภท
หันหน้าล้มไปด้านขวา	F5	Fall
หันหน้าล้มไปด้านซ้าย	F6	Fall
การยืน	N1	Not fall
การเดิน	N2	Not fall
การนั่ง	N3	Not fall
การนอน	N4	Not fall

4.4 การประเมินประสิทธิภาพ (Evaluation)

การประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับการล้มและการแจ้งเตือนของแบบจำลองการเรียนรู้ด้วยเครื่องโดยใช้ Confusion matrix ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดประสิทธิภาพ Accuracy, Recall, Precision และ F1-score เป็นตัวชี้วัดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Confusion matrix

	Predicted Positive	Predicted Negative
Actual Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN)
Actual Negative	False Positive (FP)	True Negative (TN)

True Positive (TP) คือ จำนวนครั้งที่ทำนายเป็นจริงและการทำนายเป็น ‘ล้ม’

True Negative (TN) คือ จำนวนครั้งที่ทำนายไม่เป็นความจริงและการทำนายเป็น ‘ไม่ล้ม’

False Positive (FP) คือ จำนวนครั้งที่ทำนายเป็นจริงและการทำนายเป็น ‘ไม่ล้ม’

False Negative (FN) คือ จำนวนครั้งที่ทำนายไม่เป็นความจริงและการทำนายเป็น ‘ล้ม’

จากตารางที่ 2 ใช้วัดประสิทธิภาพของโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นทำนายได้ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งสามารถนำมาใช้คำนวณค่าดังนี้

Accuracy ค่าความถูกต้องของโมเดล โดยพิจารณาทุกคลาส

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

Recall การวัดความถูกต้องของโมเดล โดยพิจารณาแยกทีละคลาส

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Precision การวัดความแม่นยำของข้อมูล โดยพิจารณาแยกทีละคลาส

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

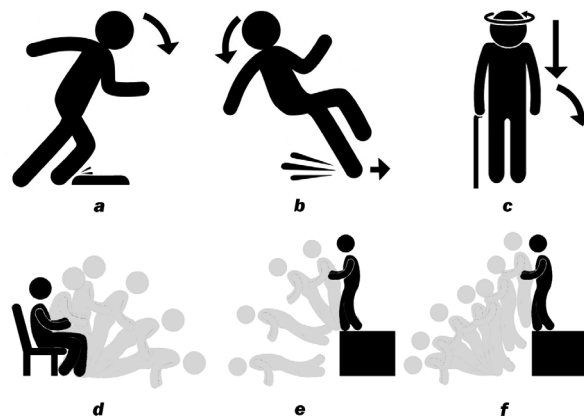
F1-Score ค่าเฉลี่ยแบบ Harmonic mean ระหว่าง Precision และ Recall สร้าง F1 ขึ้นมาเพื่อเป็น Single Metric ที่วัดความสามารถของโมเดล

$$F1\ Score = 2 \times \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right)$$

5. ผลการวิจัย

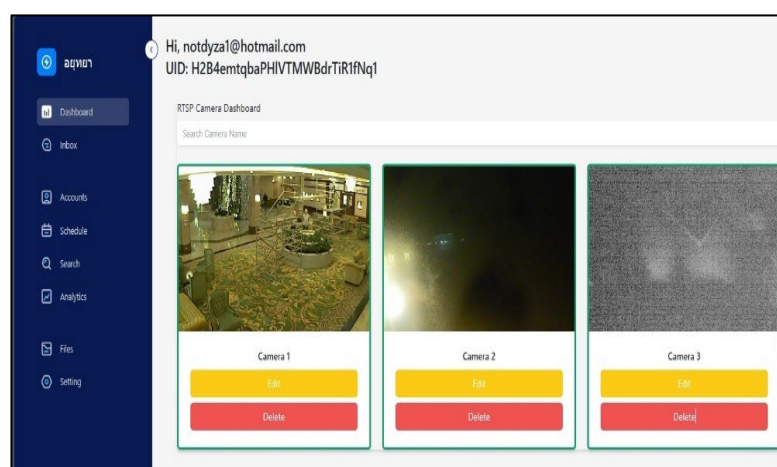
5.1 ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค

การทดลองผลการตรวจจับการล้ม การตรวจสอบกิจกรรมการเคลื่อนไหวและรูปแบบการล้ม งานวิจัยนี้ได้แบ่งผลการทดลองการล้มออกเป็น 6 รูปแบบ ได้แก่ 1) หน้าตรงล้มไปข้างหน้า 2) หน้าตรงล้มไปข้างหลัง 3) หันข้างล้มไปด้านขวา 4) หันหน้าล้มไปด้านขวา 5) หันหน้าล้มไปด้านซ้าย 6) หันข้างล้มไปด้านซ้าย ดังแสดงในรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 รูปแบบการล้มของมนุษย์ [17]

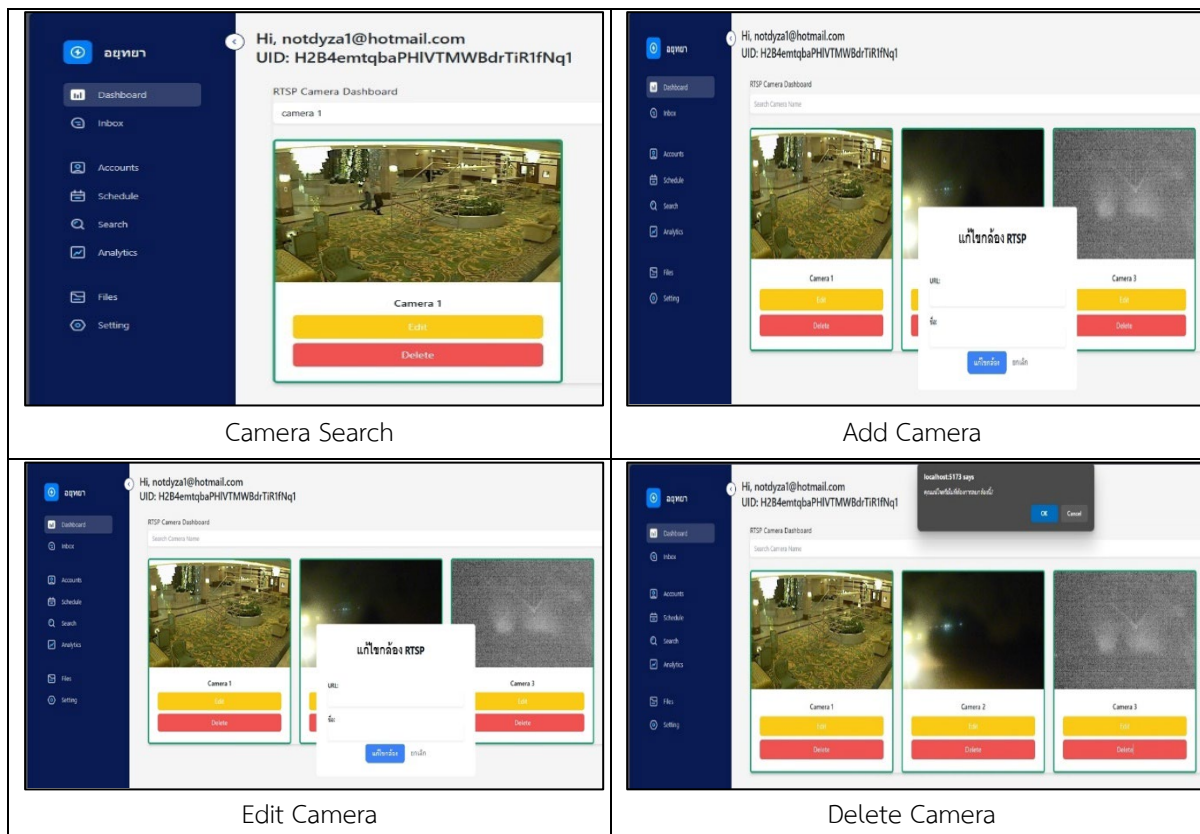
การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแจ้งเตือนคนล้มอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง คำสั่งการทำงานประกอบด้วย Dashboard Inbox Accounts Schedule Search Analytics Files และ Setting



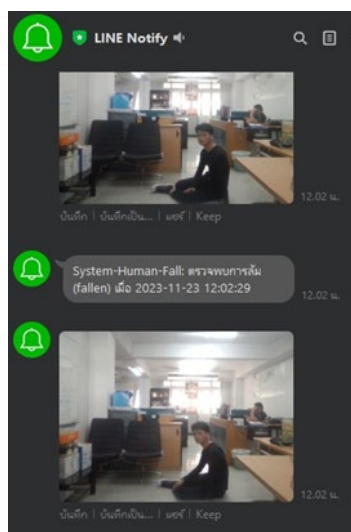
รูปภาพที่ 5 เว็บแอปพลิเคชันการตรวจจับและแจ้งเตือนการล้ม
สำหรับผู้สูงอายุโดยใช้ MediaPipe Framework

จากรูปที่ 5 หน้า Dashboard ของเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค และตารางที่ 3 คือส่วนประกอบของระบบที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ ค้นหากล้อง เพิ่มกล้อง แก้ไขกล้อง และลบกล้อง

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของระบบที่พัฒนาขึ้น



และเมื่อมีการตรวจพบการล้มของมนุษย์ ระบบจะทำการแจ้งเตือนผ่านไลน์ Line Application ดังรูปภาพที่ 6



รูปภาพที่ 6 โทเคนการแจ้งเตือนผ่านไลน์

5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับการล้ม

ผลการประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับการล้มของโมเดลที่สร้างด้วย Random forest และ K-NN ด้วยชุดข้อมูลทดสอบพบว่า การตรวจจับการล้มจากท่าทางทั้ง 6 แบบด้วยโมเดล Random forest ได้ผลดีที่สุด มีค่า accuracy = 0.88 ค่า recall = 0.91 ค่า precision = 0.90 และ ค่า F1 score = 0.90 และความแม่นยำในการตรวจจับการล้มในท่าทางหน้าตรงดีกว่าการล้มไปด้านข้างซ้ายและขวา ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับการล้มด้วยโมเดลที่สร้างด้วย Random forest และ K-NN

ชุดข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์	Accuracy	Recall	Precision	F1-score
F1 + Random Forest	0.90	0.90	0.93	0.92
F2 + Random Forest	0.90	0.93	0.90	0.92
F3 + Random Forest	0.88	0.87	0.93	0.90
F4 + Random Forest	0.88	0.90	0.90	0.90
F5 + Random Forest	0.88	0.93	0.88	0.90
F6 + Random Forest	0.86	0.90	0.87	0.89
F1+F2+F3+F4+F5+F6+ Random Forest	0.88	0.91	0.90	0.90
F1 + K-NN	0.85	0.89	0.89	0.89
F2 + K-NN	0.85	0.89	0.88	0.89
F3 + K-NN	0.85	0.90	0.87	0.88
F4 + K-NN	0.84	0.90	0.86	0.88
F5 + K-NN	0.84	0.88	0.89	0.88
F6 + KNN	0.83	0.89	0.85	0.87
F1+F2+F3+F4+F5+F6+ K-NN	0.84	0.89	0.87	0.88

6. อภิปรายผลการวิจัย

ในบทความนี้นำเสนอเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค โดยผู้วิจัยได้พิจารณาผลจากการล้มในรูปแบบที่แตกต่างกัน จำนวน 6 รูปแบบโดยการเรียนรู้ด้วยเครื่อง ผลลัพธ์ของการทดลองพบว่าการใช้ระบบที่พัฒนาตรวจจับการล้มด้วยโมเดล Random forest ได้ผลดีที่สุดมีความแม่นยำในการตรวจจับการล้ม 88.00 % การทำงานสามารถแจ้งเตือนผ่านโปรแกรมไลน์ได้ทันที ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พิญญศิกานต์ วงศ์เกียรติขจร [19] ศึกษาวิจัยเรื่อง การประมาณการณ่วงท่าเพื่อตรวจจับการล้มในบ้าน ด้วยการใช้มีเดียไปป์ จากชุดข้อมูลวิดีโอคลิป เพื่อศึกษามุมกล้องที่ดีที่สุดและนำเสนอตำแหน่งที่เหมาะสมกับการตรวจจับการล้มจากระบบที่จะนำเสนอ โดยใช้โมเดล Random forest และ K-NN จากการทดลองและการวิเคราะห์ผลลัพธ์พบว่า มุมกล้องที่ดีที่สุดคือมุมกล้องที่ 2 ส่วนผลการตรวจจับการล้มที่ดีที่สุดจะเป็น การตรวจจับการล้มโดยใช้ random forest จากชุดข้อมูลผลลัพธ์การทดลองมุมมองร่างกาย มนุษย์ (สะโพก ข้อเท้า เส้นพื้นดิน) ด้วยความแม่นยำอยู่ที่ 98% ในตรวจจับเหตุการณ์ของการล้มในสถานที่ที่กำหนดได้

การออกแบบแจ้งเตือนการล้ม นักวิจัยต่างพัฒนาระบบการตรวจจับการล้มในรูปแบบของการวิเคราะห์ผลจากภาพ โดยจะระบุสถานะหรือแจ้งเตือนการล้ม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ภูสิต กุลเกษม และคณะ [18] นำเสนอเทคนิคใหม่ สำหรับตรวจจับการล้ม ชื่อกล่องขอบเขตแบบทิศทาง (Directional Bounding Box: DBB) ที่สามารถตรวจจับการล้ม ในกรณีที่ทิศทางของการล้มขนานกับมุมมองของกล้องได้เป็นอย่างดี เนื่องจากกล่องขอบเขตถูกสร้าง ขึ้นมา มีคุณลักษณะ เหมือนมองเข้าด้านข้างของทิศทางการล้มในเชิงลึกเสมอที่สามารถนำมาใช้นับสนุนติดตามการเคลื่อนไหวของการล้มได้ โดยทำการทดสอบและประเมินผลกับภาพเคลื่อนไหวที่ได้จากอุปกรณ์รับภาพที่มีคุณสมบัติแสดงข้อมูลเชิง 3 มิติได้

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในถัดไป จากผลการวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้พบว่าระบบการตรวจจับการล้มที่พัฒนาขึ้น สามารถตรวจจับการล้มได้ดีหากกล้องวิดีโอถ่ายจากการล้มไปข้าง และล้มไปข้างหลัง หากต้องการนำเว็บแอปพลิเคชัน ที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริง การติดตั้งกล้องวงจรปิดในโถงทางเดินควรติดตั้งในมุมกล้องที่ถ่ายเห็นด้านหน้า และด้านหลังโดยตรง หรือเพิ่มกล้องในจุดที่ทิศทางการเดินของคนไม่มีทิศทางแน่นอนเพื่อให้ตรวจจับการล้มได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ผลวิจัยสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดในการเพิ่มการตรวจจับ ท่าทางในรูปแบบอื่น ๆ ของร่างกายมนุษย์หรือผู้ที่มีความบกพร่องทางร่างกายเพื่อให้ความช่วยเหลือและดูแลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Kulurkar , et al., “AI based elderly fall prediction system using wearable sensors: A smart home-care technology with IOT,” *Measurement: Sensors*, 100614, pp. 1-11, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100614>.
- [2] P. Leelatien , et al., “Severity-based fall detection for elderly using WiFi sensing,” *The Journal of KMUTNB*, vol.34, no.1, pp. 1-12, 2022.
- [3] Regional Health Promotion Center 5, “*The Effectiveness of Preparation and Fall Prevention Programs in Elderly*,” [Online]. Available: <https://apps.hpc.go.th/dmkm/web/uploads/2020/036008-20200317143424/b4d55b3ad74a37143daf28575f182905.pdf>. [Accessed: November 3, 2023].
- [4] K. Nuntaboot, “Accidental situation and self-care for prevention of accident among older People,” *Journal of Nursing and Health Care*, vol.37, no.3, pp. 164-172, 2019.
- [5] Regional Health Promotion Center 5, “*The Effectiveness of Preparation and Fall Prevention Programs in Elderly*,” [Online]. Available: <https://apps.hpc.go.th/dmkm/web/uploads/2020/036008-20200317143424/b4d55b3ad74a37143daf28575f182905.pdf>. [Accessed: November 3, 2023].
- [6] Pressac Communications, “*Wired or wireless sensors? The advantages and disadvantages of wired and wireless systems*,” [Online]. Available: <https://www.pressac.com/insights/wired-or-wireless-sensors/#>. [Accessed: November 7, 2023].
- [7] P. Leelatien , et al., “Severity-based fall detection for elderly using WiFi sensing,” *The Journal of KMUTNB*, vol.34, no.1, pp. 1-12, 2022.

-
- [8] X. Yang, et al., "WiFi-based multistage fall detection with channel state information," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol.14, no.10, pp 1-10, 2018.
- [9] M. Wiboonyasake, "Machine Learning," [Online]. Available: <https://www.aware.co.th/machine-learning-คืออะไร>. [Accessed: September 20, 2023].
- [10] Google Inc, "MediaPipe Framework," [Online]. Available: <https://developers.google.com/mediapipe/framework>. [Accessed: September 20, 2023].
- [11] Google Inc, "Pose Landmark Detection," [Online]. Available: https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker. [Accessed: September 20, 2023].
- [12] S. Jeong, et al., "Human-skeleton based Fall-Detection Method using LSTM for Manufacturing Industries," *2019 34th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC)*, JeJu, Korea (South), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ITC-CSCC.2019.8793342.
- [13] C. D. Jawale, et al., "Elderly Care With Fall Detection," *International Conference on Applications of Intelligent Computing in Engineering and Science (AICES-2022)*, Raipur, India, February 12-13, 2022.
- [14] J. Liu and others, "Human skeleton behavior recognition model based on multi-object pose estimation with spatiotemporal semantics," *Machine Vision and Applications*, vol.34, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00138-023-01396-0>.
- [15] P. Wongkietkajoh, "Pose Estimation for Indoor Fall Detection Using Mediapipe," Master's thesis, Srinakharinwirot University. 2023. [Online]. Available: <http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/handle/123456789/2576>. [Accessed: January 13, 2024].
- [16] Google Inc, "The pose landmarker model tracks 33 body landmark locations," [Online]. Available: https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker. [Accessed: December 20, 2023].
- [17] F. Shu, and J. Shu, "Human falling pattern," *Scientific Reports*, vol.11, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81115-9>.
- [18] P. Kulkasem, et al., "Fall Detection System for Monitoring an Elderly Person in Elderly Care Center," [Online]. Available: https://buuir.buu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/1234567890/1949/2560_103.pdf. [Accessed: January 13, 2024].