การพัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์

ชนิตา ชูจิตร[1], กรณ์ดนัย วุฒิ[1] และ เสถียร หันตา[1*]

Development of Fall Detection System for Elderly with Computer Vision

Chanita Chujit[1], Korndanai Wutti[1] and Sathien Hunta[1*]

[1] School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

[*] Corresponding author: sathien.hu@up.ac.th

Received: 21 July 2025; Revised: 25 September 2025; Accepted: 21 October 2025

บทคัดย่อ

ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการล้ม งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อเฝ้าระวัง และดูแลความปลอดภัยของผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่เพียงลำพัง โดยใช้กล้องติดตั้งภายในบริเวณบ้านเพื่อจับภาพ ทำการอ่านเฟรมภาพแบบเรียลไทม์ด้วย OpenCV และประมวลผลภาพผ่าน Media Pipe วิเคราะห์ท่าทางของร่างกายจากจุดโครงร่าง จำนวน 33 จุด เพื่อตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่มีลักษณะเสี่ยงต่อการล้มได้ โดยการจับเวลาในช่วงที่มีการเคลื่อนตัวลงสู่พื้นอย่างรวดเร็ว

ผลการทดสอบผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์การล้มในทิศทางต่าง ๆ ได้แก่ ล้มทางซ้าย ล้มทางขวา ล้มคว่ำหน้า และล้มหงายหลัง แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับท่าทางการล้มได้ความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ ร้อยละ 90 ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อช่วยเฝ้าระวังความปลอดภัยของผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่เพียงลำพัง และลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นจากการล้มที่ไม่ได้รับความช่วยเหลืออย่างทันท่วงทีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบเฝ้าระวังและป้องกันอุบัติเหตุสำหรับผู้สูงอายุ และเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจศึกษาและต่อยอดเทคโนโลยีด้านการดูแลสุขภาพต่อไป

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ, การตรวจจับการล้ม, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง , คอมพิวเตอร์วิทัศน์

[1] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

Elderly individuals are particularly susceptible to fall-related accidents, especially those living alone. This study proposes the development of a computer vision-based fall detection system designed to enhance personal safety through real-time monitoring. The system integrates indoor video surveillance using OpenCV and processes the captured frames via Media Pipe to extract and analyze human postures based on 33 skeletal landmark points. Fall detection is achieved by identifying abrupt downward movements toward the ground, measured in terms of both direction and duration.

Experimental simulations covering various fall scenarios—namely forward, backward, leftward, and rightward—demonstrated that the system achieved an average detection accuracy of 90%. These findings underscore the system's potential to reduce the risk of injury among elderly individuals by enabling timely intervention in the event of a fall. It is anticipated that the outcomes of this research will contribute to the advancement of intelligent fall detection technologies and provide a foundation for future developments in elderly care and health monitoring systems.

Keywords: Elderly person, Fall detection, Internet of things, Computer vision

Introduction

ปัจจุบันสังคมไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ (Aged Society) สัดส่วนของประชากรที่อายุ 60 ปีขึ้นไปมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 20 ของประชากรทั้งประเทศไทย และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2566) อายุที่เพิ่มมากขึ้นมาพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงทั้งร่างกาย จิตใจ และสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ทั้งใน ด้านสุขภาพ และด้านความปลอดภัย อุบัติเหตุที่พบได้บ่อยในกลุ่มผู้สูงอายุการหกล้มเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บ กระดูกหัก (Leelathian & Phararat, 2024) และพิการอาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้หากไม่ได้รับการช่วยเหลือทันท่วงที (World Health Organization, 2021) ผู้สูงอายุที่ล้มโดยไม่มีผู้พบเห็น หรือไม่สามารถขอความช่วยเหลือได้ทันท่วงที (Nualtim et al., 2023)ใช้เวลานานหลายชั่วโมงกว่าจะมีคนพบเห็น ความล่าช้าในการช่วยเหลือส่งผลต่ออัตราการอัตราการฟื้นตัว และคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ (Delahoz & Labrador, 2014) การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเฝ้าระวัง และดูแลความปลอดภัยของผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่เพียงลำพังจังเป็นเรื่องที่ควรได้รับความสำคัญอย่างยิ่งโดยการประยุกต์ใช้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) (Rattanapratum et al., 2025)

ในการพัฒนาระบบดูแลสุขภาพ โดยการเฝ้าระวังพฤติกรรมของผู้สูงอายุภายในที่พักอาศัย โดยไม่รบกวนการดำเนินชีวิตประจำวัน ช่วยเพิ่มความปลอดภัย และเสริมสร้างความมั่นใจให้แก่สมาชิกในครอบครัวที่ไม่สามารถดูแลได้ตลอดเวลา การตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุจึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถติดตามพฤติกรรม และสภาพร่างกายได้อย่างใกล้ชิด (Abdul Rahman et al., 2021) มีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการล้มหลากหลายรูปแบบ โดยหนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมคือการนำอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ (Chung et al., 2023) เพื่อประเมินความเสี่ยงและโอกาสที่จะเกิดการล้มอย่างแม่นยำ ช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บรุนแรงที่อาจเกิดจากการล้มโดยไม่ได้รับความช่วยเหลืออย่างทันท่วงที (Yacchirema et al., 2018) อุปกรณ์เหล่านี้ควรมีความสามารถในการติดตามการเคลื่อนไหวในอิริยาบถต่าง ๆ และประเมินลักษณะกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการล้ม (Zhang et al., 2022) มีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการล้มในรูปแบบต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์สวมใส่เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง (accelerometer) กล้องวงจรปิด หรือ

ระบบที่รวมเซนเซอร์หลายประเภทเข้าด้วยกัน ได้รับความสนใจ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) ร่วมกับ AI และ IoT มาร่วมพัฒนา เพื่อให้สามารถตรวจจับพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการล้ม ได้จากภาพวิดีโอหรือภาพเคลื่อนไหวโดยตรง (Zereen et al., 2021) โดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ติดตัว โดยจะอาศัยกล้องเพียงตัวเดียวร่วมกับวิเคราะห์ภาพแบบเรียลไทม์ เช่น การตรวจจับจุดโครงร่างร่างกาย (Pose Estimation) และ การวิเคราะห์ท่าทาง (Posture Analysis) ช่วยให้สามารถคาดการณ์พฤติกรรมที่เข้าข่ายการล้มได้อย่างแม่นยำ และไม่รบกวนกิจวัตรของผู้สูงอายุเพื่อให้สามารถตรวจจับพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการล้มได้อย่างแม่นยำ โดยไม่ต้องพึ่งพาอุปกรณ์สวมใส่ตลอดเวลา

การวิจัยนี้ ได้นำเสนอระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบที่สามารถตรวจจับพฤติกรรมที่เข้าข่าย การล้ม แบบเรียลไทม์ โดยไม่ต้องอาศัยการติดตั้งเซนเซอร์บนร่างกาย สร้างความสะดวกไม่ขัดขวางการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ ระบบเริ่มต้นจากการติดตั้ง กล้อง ภายในบริเวณบ้านหรือพื้นที่อยู่อาศัยของผู้สูงอายุ โดยกล้องจะทำหน้าที่จับภาพเคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์อย่างต่อเนื่อง จากนั้นใช้ OpenCV ทำหน้าที่อ่านเฟรมจากวิดีโอแบบเรียลไทม์ และส่งข้อมูลภาพเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ Media Pipe ตรวจจับลักษณะของร่างกายจากภาพ Media Pipe จะทำการระบุตำแหน่งของ จุดโครงร่างร่างกาย ทั้งหมด 33 จุด ครอบคลุมจุดสำคัญ เช่น ศีรษะ ไหล่ สะโพก เข่า และข้อเท้า จุดเหล่านี้จะถูกใช้ในการคำนวณท่าทาง และประเมินลักษณะการเคลื่อนไหวใน แนวแกน Y แสดงถึงการเคลื่อนตัวขึ้นหรือลงของร่างกาย เมื่อระบบตรวจพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดสำคัญบางจุดในแนวดิ่งลงสู่พื้น ในระยะเวลารวดเร็ว จะถือว่าเหตุการณ์นั้นเป็น การล้ม ระบบยังมีการ จับเวลาระยะการล้ม ตั้งแต่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงของท่าทางจนถึงตำแหน่งต่ำสุดของร่างกาย เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ ในการจำแนกเหตุการณ์การล้ม ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับ

โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์ จะเป็นแนวทางในการเสริมสร้างความปลอดภัยให้กับผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่เพียงลำพัง ลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุที่อาจไม่ได้รับความช่วยเหลืออย่างทันท่วงที เพื่อให้ครอบครัวหรือผู้ดูแลสามารถรับทราบเหตุการณ์ได้ในเวลาจริง ช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าช่วยเหลืออย่างรวดเร็วและลดผลกระทบจากการบาดเจ็บที่รุนแรง นอกจากนี้ ระบบยังสามารถต่อยอดเพื่อสนับสนุนการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในระยะยาว ทั้งในด้านการวิเคราะห์พฤติกรรมประจำวัน การติดตามภาวะเสี่ยง และการเชื่อมโยงกับแพลตฟอร์มสุขภาพดิจิทัลอื่น ๆ เพื่อสร้างระบบเฝ้าระวังแบบองค์รวมที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

Objectives

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุโดยใช้ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Performance Evaluation of Models) ในการประยุกต์ใช้ Media Pipe ของระบบ

Relevant Concepts and Theories

การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขอบเขตความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้านนิยามของผู้สูงอายุ ลักษณะทางกายภาพ ปัจจัยเสี่ยงต่อการล้ม เทคโนโลยีการตรวจจับพฤติกรรม และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

ผู้สูงอายุ ตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546 หมายถึง บุคคลที่มีสัญชาติไทยและมีอายุตั้งแต่ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ทั้งนี้ผู้สูงอายุมีลักษณะแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันไปตามช่วงอายุ โดยแบ่งกลุ่มผู้สูงอายุไว้ 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้สูงอายุตอนต้น อายุ 60 – 69 ปี เป็นผู้สูงอายุที่ยังมีกำลังช่วยเหลือตนเองได้ กลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้สูงอายุตอนกลาง อายุ 70 – 79 ปี เป็นผู้สูงอายุที่เริ่มมีอาการเจ็บป่วย ร่างกายเริ่มอ่อนแอ มีโรคประจำตัวหรือ

โรคเรื้อรัง และ กลุ่มที่ 3 กลุ่มผู้สูงอายุตอนปลาย อายุ 80 ปีขึ้นไป เป็นผู้สูงอายุที่เจ็บป่วยบ่อยขึ้น อวัยวะเสื่อมสภาพ และ อาจมีภาวะทุพพลภาพ

การจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุตามศักยภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้ประยุกต์เกณฑ์การประเมินความสามารถในการดำเนินชีวิตประจำวัน หรือ ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล (Barthel ADL Index) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ติดสังคม ผู้สูงอายุที่ช่วยเหลือตนเองได้สามารถช่วยเหลือผู้อื่น สังคม และชุมชนได้ สามารถเดินขึ้นบันไดเองโดยไม่ต้องช่วยเหลือ เดินออกนอนบ้านได้ เดินตามลำพังบนทางเรียบได้ รับประทานอาหารด้วยตนเองได้ดี ใช้สุขาด้วยตนเองได้อย่างเรียบร้อย กลุ่มที่ 2 ติดบ้าน ผู้สูงอายุกลุ่มที่ช่วยเหลือตนเองได้บ้าง ไม่สามารถเดินตามลำพังบนทางเรียบได้ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือ ต้องการความช่วยเหลือขณะรับประทานอาหาร ต้องการความช่วยเหลือพาไปห้องน้ำ กลุ่มที่ 3 ติดเตียง ผู้สูงอายุที่ป่วยและช่วยเหลือตนเองไม่ได้ พิการหรือทุพพลภาพไม่สามารถย้ายตนเองขณะนั่งได้ ไม่สามารถขยับได้ในท่านอน การรับประทานอาหารกลืนลำบาก แม้ว่าผู้ดูแลจะป้อนอาหารให้ ต้องขับถ่ายในท่านอนหรืออยู่บนเตียง สวมใส่ผ้าอ้อมตลอดเวลาต้องเปลี่ยนผ้าอ้อมประจำ (Department of Health, Ministry of Public Health, 2021)

เมื่อร่างกายของผู้สูงอายุเริ่มมีการเสื่อมสภาพลง ไม่ว่าจะเป็น สมอง สายตา กล้ามเนื้อ กระดูก และ ข้อ ขาดความหนาแน่นของมวลกระดูก ทำให้กระดูกเปราะและแตกหักได้ง่าย โดยเฉพาะกระดูกสันหลัง กระดูกข้อสะโพก และกระดูกข้อมือ ทำให้เกิดการหกล้มและบาดเจ็บได้ง่าย ซึ่งหากไม่ได้รับการรักษาที่เหมาะสมในเวลาที่รวดเร็ว อาจต้องพบกับภาวะแทรกซ้อนตามมามากมาย และการสูญเสียการทรงตัวของผู้สูงอายุ ทำให้แขน ขา ศีรษะ หรือส่วนอื่น ๆ เกิดการกระแทกกับพื้นหรือสิ่งของต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บทั้งมากและน้อย กรณีที่เลวร้ายที่สุดคือการเสียชีวิต โดยเกิดจากปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ จำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปัจจัยเสี่ยงภายใน เช่น การเปลี่ยนแปลงด้านสายตาของผู้สูงอายุ โดยเฉพาะปัญหาสายตายาว และโรคต้อ ทำให้ผู้สูงอายุมองเห็นไม่ชัด จึงเกิดการหกล้มได้ หรือ ข้อต่อ และ เอ็นอ่อนแอลง ทำให้ผู้สูงอายุมีปัญหาในการทรงตัว ปัสสาวะบ่อย ปัสสาวะเล็ด หรือโรคแทรกซ้อนบางชนิดที่ส่งผลต่อการหกล้ม เช่น โรคหลอดเลือด โรคพาร์กินสัน การใช้ยาบางชนิดที่ทำให้ผู้สูงอายุหกล้มเนื่องจากฤทธิ์ของยาที่ทำให้เกิดอาการง่วงหรืออาการวูบได้ และ ปัจจัยภายนอกที่เป็นสภาพแวดล้อมรอบตัวผู้สูงอายุ เช่น พื้นบ้านที่ลื่นหรือมีสิ่งกีดขวางบริเวณทางเดินทำให้ผู้สูงอายุมีอุปสรรคในการเดิน ขั้นบันไดที่สูงและชัน พื้นที่ห้องน้ำที่เปียก รองเท้าที่ลื่นไม่สามารถยึดเกาะพื้นได้ ส่งผลให้ผู้สูงอายุสะดุดหกล้มได้ง่าย (Department of Older Persons, 2021)

ในส่วนของการจับภาพ องค์ประกอบหลักของกล้องประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ เลนส์ (Lens), เซ็นเซอร์รับภาพ (Image Sensor) และหน่วยประมวลผล (Processor) โดยเลนส์จะทำหน้าที่โฟกัสแสงไปยังเซ็นเซอร์ จากนั้นหน่วยประมวลผลจะทำการแปลงสัญญาณแสงที่รับมาให้เป็นข้อมูลดิจิทัล และส่งต่อไปยังระบบที่เชื่อมต่อ (Lenovo, 2025) ความสามารถนี้นำไปสู่การประยุกต์ใช้ในระบบอัจฉริยะ เช่น ระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ ในการจับภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อระบุเหตุการณ์ผิดปกติอย่างแม่นยำ มีต้นทุนต่ำ ติดตั้งง่าย และไม่สร้างภาระให้กับผู้ใช้งาน เช่น ไม่ต้องสวมใส่อุปกรณ์บนร่างกาย จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ลำพัง ทั้งยังสามารถทำงานร่วมกับระบบ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อตรวจจับเหตุการณ์แบบเรียลไทม์ (Alam et al., 2023)

ในส่วนของการทำงานของกล้อง จะใช้ OpenCV (Open Source Computer Vision Library) เป็นไลบรารีโอเพนซอร์สที่พัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนงานด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ทั้งในเชิงวิชาการ และเชิงอุตสาหกรรม ไลบรารีนี้ได้รับความนิยมจากองค์กรขนาดใหญ่ เช่น Google และ NVIDIA ตลอดจนสตาร์ทอัพ ด้านเทคโนโลยีจำนวนมากทั่วโลก OpenCV ได้รับการออกแบบให้สามารถใช้งานได้บนหลายแพลตฟอร์ม ได้แก่ Windows, Linux, macOS และ Android รองรับภาษาการเขียนโปรแกรมหลักอย่าง C++, Python, Java และ MATLAB จุดแข็งของ OpenCV มีอัลกอริทึมที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพในการทำงานแบบเรียลไทม์ เช่น

การจดจำใบหน้า การติดตามการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ สามารถปรับใช้ร่วมกับเทคโนโลยีเร่งการประมวลผล เช่น CUDA และ OpenCL ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบตรวจจับพฤติกรรม OpenCV ใช้ในการพัฒนาระบบวิเคราะห์วิดีโอจากกล้องเพื่อเฝ้าระวังพฤติกรรมที่ผิดปกติ เช่น การบุกรุก พฤติกรรมเสี่ยง หรือการล้มของบุคคล โดยเทคนิคการลบพื้นหลัง (Background Subtraction) ที่ช่วยให้สามารถแยกวัตถุเคลื่อนไหวออกจากฉากนิ่ง และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มเติมได้แบบทันที อัลกอริทึมเหล่านี้สามารถแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมักเป็นแกนหลักของระบบอัจฉริยะในงานด้านความปลอดภัย หุ่นยนต์ และยานยนต์ไร้คนขับ (Roboflow Inc., 2025)

ในส่วนของการประมวลผลภาพ จะใช้ Media Pipe เป็นเฟรมเวิร์กโอเพนซอร์ส โดยมีจุดเด่นในการประมวลผลภาพและวิดีโอแบบเรียลไทม์ สามารถตรวจจับองค์ประกอบสำคัญของร่างกายมนุษย์ได้อย่างแม่นยำ ใบหน้า มือ และท่าทางในคราวเดียวกัน จุดแข็งของ Media Pipe คือการออกแบบ Pipeline แบบรวมศูนย์ (Unified Pipeline) ที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถผสานการประมวลผลจากโมดูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันภายในกรอบการทำงานเดียวกัน ทั้งยังรองรับการโอนถ่ายข้อมูลหน่วยความจำระหว่างโมดูลต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้สามารถทำงานได้ต่อเนื่องและสม่ำเสมอในระดับเรียลไทม์ ความสามารถขั้นสูงของ Media Pipe การตรวจจับใบหน้า มือ และร่างกายแบบเต็มตัวเข้าด้วยกัน โดยระบบสามารถตรวจจับจุดสำคัญ ได้มากกว่า 540 จุด แบ่งเป็น จุดโครงร่างร่างกาย 33 จุด, มือข้างละ 21 จุด และใบหน้า 468 จุด (Sertis, 2021) ดังแสดง Figure 1 ซึ่งเป็นจำนวนที่มากกว่าระบบทั่วไปในระดับเดียวกัน ความแม่นยำของการตรวจจับมาจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายใน Pipeline ที่ได้รับการออกแบบให้มีความเร็วและเสถียรสูง ทั้งยังสามารถแสดงผลได้ใกล้เคียงกับเวลาจริง (Near Real-time) แม้จะรันบนอุปกรณ์พกพา คือ โทรศัพท์มือถือ Media Pipe จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบต่าง ๆ คือ การติดตามพฤติกรรมมนุษย์ การควบคุมด้วยท่าทาง และระบบตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติ เช่น การล้มในกลุ่มผู้สูงอายุ

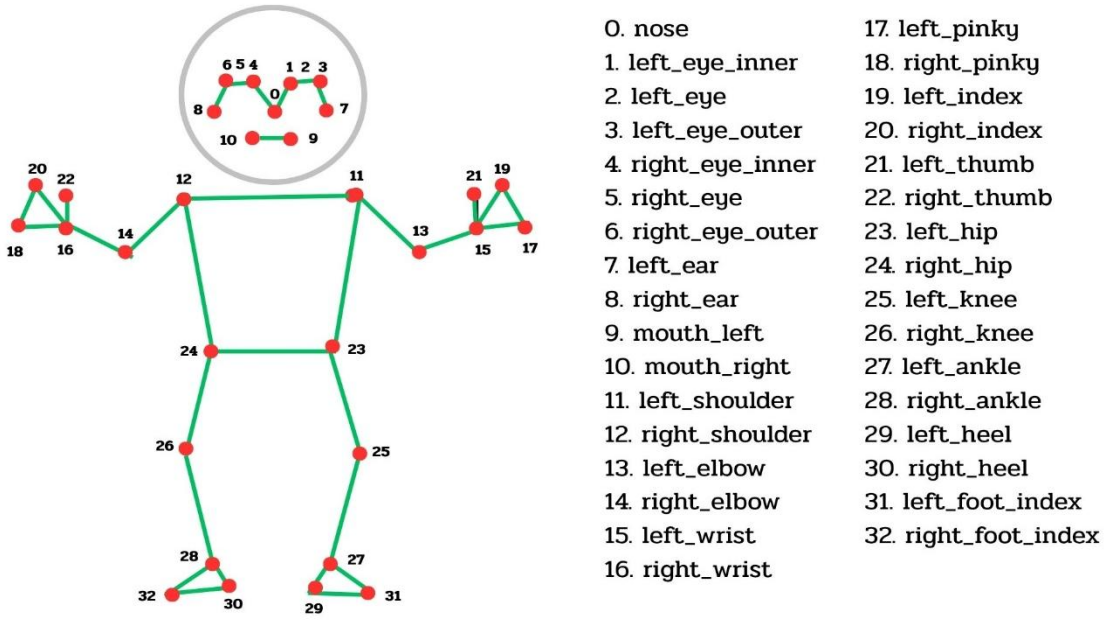

Figure 1 Image showing body landmarks and connections using Media Pipe

การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Performance Evaluation of Models) ในส่วนของการวัดประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุแบบจำลอง โดยใช้ค่าดังนี้ต่อไปนี้

Accuracy คือ อัตราส่วนของจำนวนครั้งที่ระบบตรวจจับการล้มสามารถทำนายผลได้ถูกต้อง เทียบกับจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการประเมินผล ดังสมการที่ 1

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

Precision คือ อัตราส่วนของจำนวนครั้งที่แบบจำลองตรวจจับว่าเกิดการล้ม และเป็นการล้มจริง เทียบกับจำนวนครั้งทั้งหมดที่แบบจำลองตรวจจับว่าเกิดการล้ม ดังสมการที่ 2

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

Recall คือ อัตราส่วนของจำนวนครั้งที่ระบบสามารถตรวจจับเหตุการณ์ ล้ม ได้อย่างถูกต้อง เทียบกับจำนวนเหตุการณ์ที่มีการล้มจริงทั้งหมดในชุดข้อมูล (Google Developers, 2025) ดังสมการที่ 3

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

โดยที่

TP (True Positives) = จำนวนครั้งที่ระบบทำนายว่า ล้ม และเกิดการล้มจริง

FN (False Negatives) = จำนวนครั้งที่ระบบทำนายว่า ไม่ล้ม และไม่มีการล้มจริง

FP (False Positives) = จำนวนครั้งที่ระบบทำนายว่า ล้ม แต่ไม่มีการล้มจริง

TN (True Negatives) = จำนวนครั้งที่ระบบทำนายว่า ไม่ล้ม แต่เกิดการล้มจริง

การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ โดยอาศัยการตรวจจับท่าทาง และเทคโนโลยี Media Pipe ในการวิเคราะห์โครงสร้างร่างกายร่วมกับเทคนิคจดจำใบหน้าด้วยวิธี Local Binary Pattern Histogram (LBPH) ระบบยังถูกเชื่อมต่อกับบริการแจ้งเตือน Line Notify เพื่อส่งการแจ้งเตือนเมื่อเกิดการล้มโดยกล้อง IP ถูกนำมาใช้ในการตรวจจับวิดีโอภาพเคลื่อนไหว เมื่อระบบตรวจพบเหตุการณ์ล้ม ระบบจะส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลทันทีผ่านแอปพลิเคชัน Line ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบพบว่า ความแม่นยำในการจดจำใบหน้าอยู่ที่ 93.1% และความแม่นยำในการตรวจจับการล้มอยู่ที่ 90.5 (Nilsukhum & Yawai, 2023) ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเอียง GP1S036HEZ ที่ติดตั้งบริเวณลำตัว เพื่อวัดค่าการเปลี่ยนมุมจากแนวตั้งสู่แนวนอน โดยเมื่อผู้สูงอายุเกิดการล้ม เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณไปยังลำโพง buzzer ให้แจ้งเตือนทันทีในระดับความดัง 85 dB และความถี่ 2,400 Hz โดยระบบมีวงจรควบคุมที่ทำงานร่วมกับแบตเตอรี่ AA ขนาด 6V ผลการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุจำนวน 10 คน พบว่าระบบสามารถตรวจจับการล้มได้อย่างแม่นยำในระดับปานกลาง โดยมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ 81.5% (Thaworawong et al., 2011) ใช้กล้องบันทึกภาพร่วมกับการประมวลผลด้วยโมเดล Media Pipe และ Open Pose เพื่อดึงค่ามุมจากจุดสำคัญของร่างกาย แล้วนำมาวิเคราะห์ความถูกต้องของท่าทางการยืนผ่านค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error: RMSE และ Mean Absolute Error: MAE) โดยเปรียบเทียบความแม่นยำของโมเดลทั้งสอง พบว่า Media Pipe ให้ค่า RMSE และ MAE ต่ำกว่าชัดเจน ในการประเมินผลใช้ค่ามุมจากท่าทางการยืนของกลุ่ม

ตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ พบว่า Media Pipe ให้ค่า RMSE = 25.19 และ MAE = 20.35 และมีความแม่นยำเฉลี่ยของระบบอยู่ที่ 74.55% (Saenkaew et al., 2024)

Methodology

ระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อเฝ้าระวังและติดตามเหตุการณ์การหกล้มที่อาจเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุอย่างใกล้ชิด โดยมุ่งเน้นการลดความเสี่ยงจากการได้รับบาดเจ็บรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นจากการล้มเพื่อได้รับการช่วยเหลือได้ทันท่วงที โดยการพัฒนาระบบมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความมั่นใจและความปลอดภัยในการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่เพียงลำพัง ระบบตรวจจับการล้มที่ให้ความแม่นยำมากขึ้น โดยพัฒนาจาก Media Pipe ได้สร้างภาพจำลองการตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ ดังแสดง Figure 2

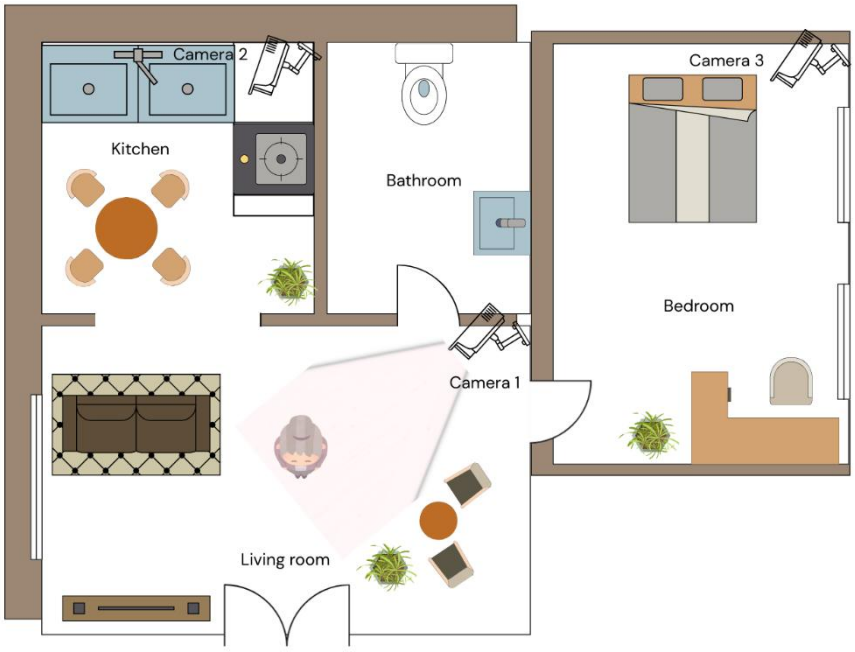

Figure 2 Simulated image of elderly fall detection

จาก Figure 2 ระบบจะตรวจจับภาพของผู้สูงอายุโดยกล้องที่ติดตั้งไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ ภายในบ้าน โดยกล้องจะทำหน้าที่ตรวจจับภาพเคลื่อนไหว กล้องจะถูกเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากกล้อง โดยกล้องจะถูกวางในจุดที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดการล้ม กล้องจะทำการจับภาพ ทำการอ่านเฟรมภาพแบบเรียลไทม์ด้วย OpenCV และประมวลผลภาพผ่าน Media Pipe ตรวจจับโครงร่างร่างกายวิเคราะห์ท่าทาง ที่กำหนด หากระบบตรวจพบลักษณะท่าทางที่เข้าข่ายการล้ม มีการเคลื่อนที่ผิดปกติอย่างกะทันหันในช่วงที่มีการเปลี่ยนท่าทางจากการยืนหรือนั่ง ไปสู่ท่านอนราบกับพื้นเป็นสัญญาณของการล้ม ระบบจะทำการจับเวลาในช่วงระยะเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของท่าทาง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ว่าเป็นการล้ม

ขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจจับการล้ม เริ่มต้นระบบด้วยการเปิดกล้อง ขึ้นมาผ่าน OpenCV และตรวจสอบว่ากล้องใช้งานได้หรือไม่ หากไม่สามารถเปิดกล้องได้ระบบจะสิ้นสุดการทำงานทันที เมื่อเปิดกล้องได้ จะทำการอ่านภาพจากกล้อง และแปลงภาพเป็น RGB จากนั้นตรวจจับท่าทางด้วย Media Pipe และตรวจสอบว่าพบจุดแลนมาร์คหรือไม่ ถ้าไม่พบระบบจะกลับไปอ่านภาพใหม่ แต่ถ้าหากพบ ระบบจะทำการวิเคราะห์ตำแหนงท่าทางของร่างกายโดยการคำนวณค่ากลางของตำแหน่งสะโพกและไหล่เพื่อวิเคราห์ลักษณะการล้มและเริ่มการจับเวลา ถ้าค่าสะโพกในแกน

y และค่าไหล่ในแกน y มีค่าใกล้เคียงกัน ระบบจะเริ่มทำการจับเวลาและตรวจสอบซ้ำว่ายังอยู่ในท่าล้มอยู่หรือไม่ ถ้าไม่ได้อยู่ในท่าล้ม ให้รออ่านภาพต่อไป แต่ถ้ายังอยู่ระบบจะหยุดเวลาจากนั้นแสดงสถานะ “Fall Detected” แต่ถ้าไม่ใช่การล้ม ระบบจะตรวจสอบเงื่อนไขถัดไป ถ้า ค่าสะโพกในแกน z และค่าไหล่ในแกน z มีค่าใกล้เคียงกับ ค่าสะโพกในแกน y และค่าไหล่ในแกน y ระบบจะแสดงสถานะ “Sitting” และถ้าค่าสะโพกในแกน y มากกว่าค่าไหล่ในแกน y โดยที่ไม่เข้าเงื่อนไขที่กล่าวมาระบบจะแสดงสถานะ “Standing” แต่ถ้าหากไม่เข้าเงื่อนไขใดๆเลยระบบจะแสดงสถานะ “Unknown” หลังจากวิเคราะห์เสร็จระบบจะทำการวาดเส้น Media pipe และแสดงสถานะและเวลาที่ใช้และแสดงผลผ่านหน้าต่าง OpenCV ระบบจะทำงานไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้ใช้จะกดปุ่ม q เพื่อสิ้นสุดการทำงาน แสดงดัง Figure 3

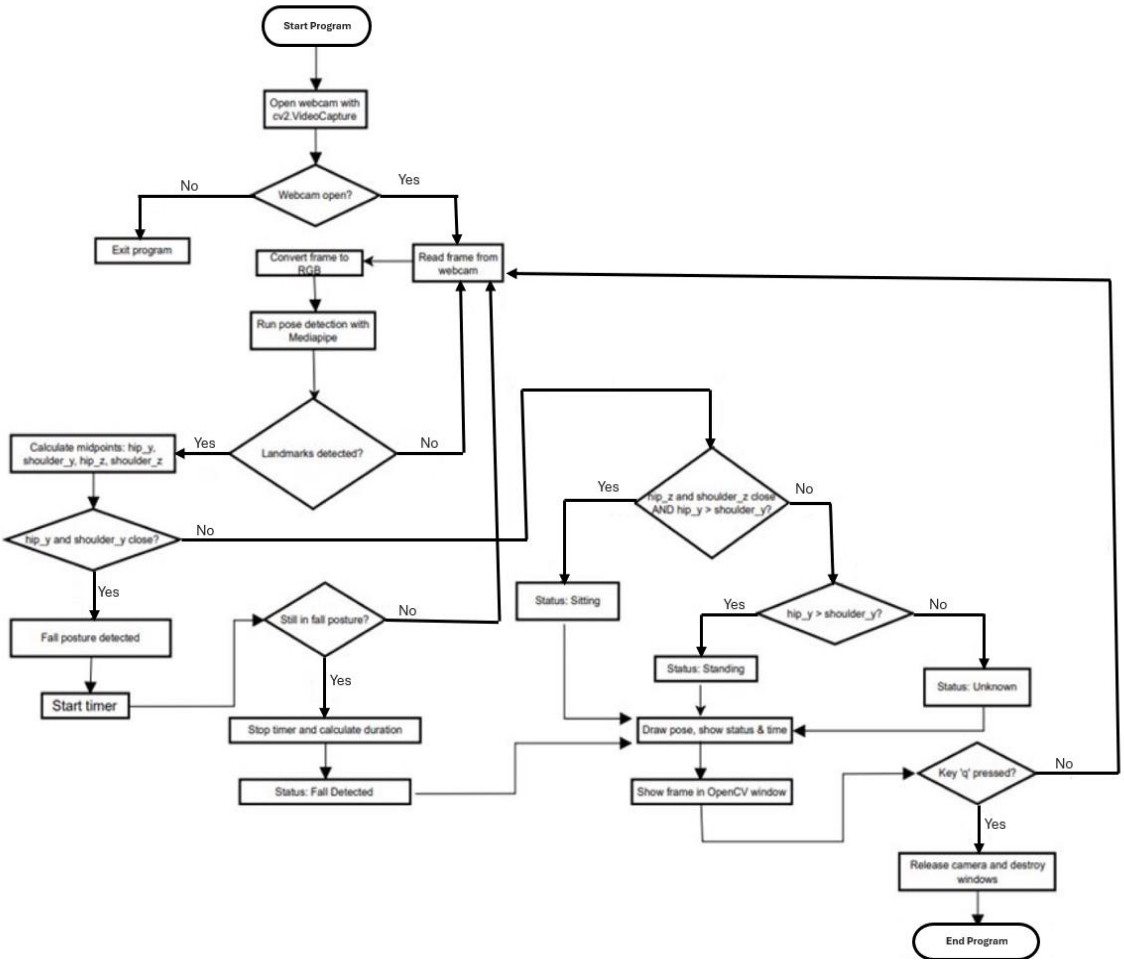

Figure 3 Steps in developing a simulation model of the elderly fall detection system

ส่วน 1 ใช้กล้องการจับภาพ ทำการอ่านเฟรมภาพแบบเรียลไทม์ด้วย OpenCV และประมวลผลภาพผ่าน Media Pipe ที่ใช้สำหรับตรวจจับโครงร่างร่างกาย เมื่อกล้องเริ่มทำงาน ระบบจะจับภาพจากสภาพแวดล้อมจริงและแปลงเป็นเฟรมภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะถูกส่งต่อเข้าโมดูล Media Pipe เพื่อทำการวิเคราะห์ในแต่ละเฟรม โดย Media Pipe จะทำการตรวจจับจุดสำคัญบนร่างกายทั้งหมด 33 จุด เช่น ศีรษะ ไหล่ สะโพก เข่า และเท้า แสดงดัง Figure 4

Figure 4 Example of 33 body landmarks detected in both standing and sitting postures

ส่วนที่ 2 ระบบจะใช้ตำแหน่งของจุดสำคัญโดยตำแหน่งของจุดไหล่ และสะโพก เป็นหลัก เพื่อวิเคราะห์ว่าผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงท่าทางในแนวดิ่งแกน Y หากตรวจพบว่าร่างกายเคลื่อนไหวจากตำแหน่งสูง เช่น การยืนหรือนั่ง ลงสู่พื้นอย่างรวดเร็วภายในช่วงเวลา ไม่เกิน 1.5 วินาที และจุดไหล่หรือสะโพกมีค่าแกน Y > 0.8 ระบบจะพิจารณาว่าเป็นเหตุการณ์การล้ม และแสดงผลบนหน้าจอทันทีพร้อมระบุระยะเวลาที่ใช้ในการล้ม เช่น Fall Detected (0.55s to fall) แสดงดัง Figure 5

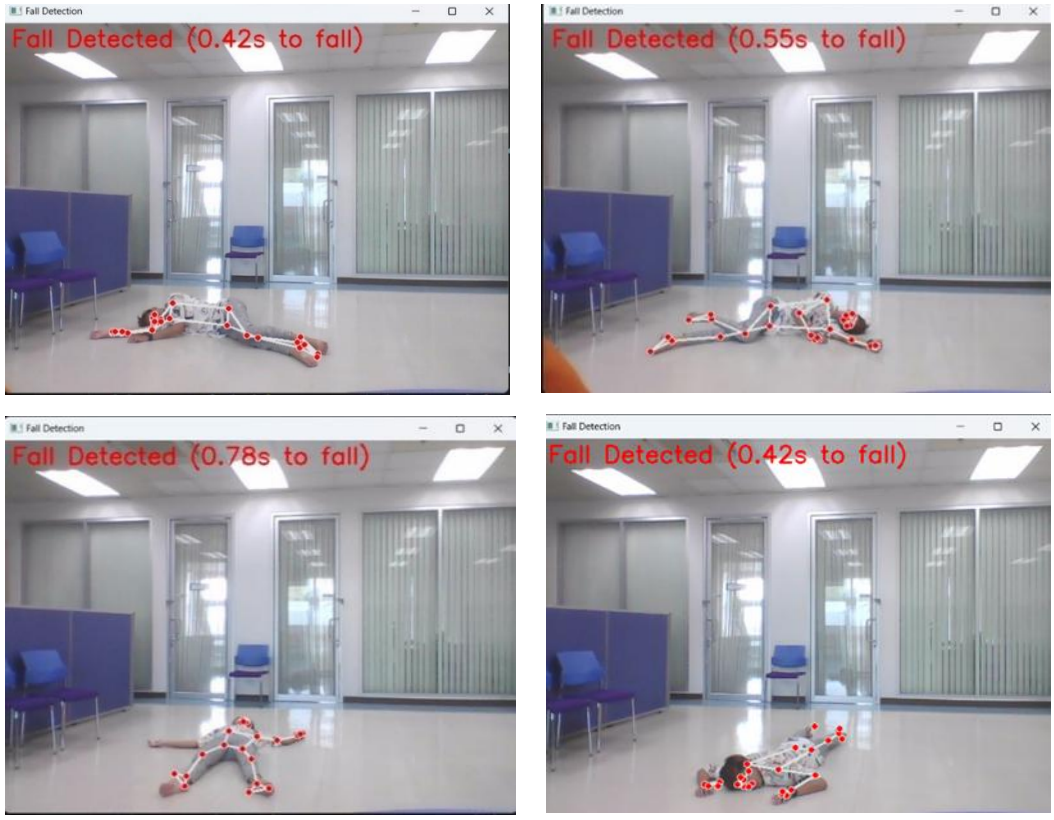

Figure 5 Simulation results of four fall types (left, right, forward, and backward) with recorded fall duration

การเคลื่อนไหวของจุดสำคัญในร่างกายทั้งในแนวแกน X และ Y มาวิเคราะห์ร่วมกัน ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกพฤติกรรมการล้มของผู้สูงอายุอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแกน Y การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งแนวดิ่ง (Vertical Axis) ใช้ระบุว่าร่างกายมีการเคลื่อนจากตำแหน่งที่สูง เช่น ท่ายืนหรือนั่ง ลงสู่ระดับที่ต่ำอย่างรวดเร็ว เป็นการบ่งชี้สำคัญของการล้มลักษณะตรงหรือแนวดิ่ง เช่น การทรุดตัวลงพื้นอย่างกะทันหัน แกน X เคลื่อนไหวแนวระนาบ (Horizontal Axis) ในการวิเคราะห์ลักษณะการล้มที่มีการเอียงตัวไปด้านข้าง เช่น การล้มทางด้านซ้ายหรือขวา โดยระบบจะพิจารณาจากค่าการเปลี่ยนแปลงของพิกัดตำแหน่งของจุดไหล่และสะโพก ในช่วงเวลารวดเร็ว หากตรวจพบว่าค่าในแกน X มีความเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาอันรวดเร็ว การวิเคราะห์ร่วมกันของทั้งสองแกนยังสามารถนำมาใช้จำแนกประเภทของการล้ม เช่น ล้มจากท่ายืน ล้มจากท่านั่ง ซึ่งแต่ละรูปแบบมีลักษณะการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน ในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีพฤติกรรมการล้มที่หลากหลายและไม่แน่นอน จุดสำคัญ เช่น ไหล่, สะโพก, เข่า ที่โมเดลตรวจจับได้จะถูก Normalize ค่าพิกัดภาพ (X,Y) ให้อยู่ในช่วง 0–1, 0.0 ขอบบนสุดของภาพ (Top) 1.0 ขอบล่างสุดของภาพ (Bottom) มีค่าเกิน 0.8 (Normalized Coordinate) ภายในเวลาน้อยกว่า 1.5 วินาที ระบบจะพิจารณาว่าเกิดเหตุการณ์การล้มลักษณะตรงหรือล้มในแนวดิ่ง (Vertical Fall) การวิเคราะห์ร่วมกันของแกน X และ Y ทำให้สามารถจำแนกประเภทของการล้มได้ เช่น ล้มจากท่ายืน (Standing Fall) จุดไหล่, สะโพกเคลื่อนลงอย่างรวดเร็ว ค่า Y เปลี่ยนจากตำแหน่งสูง > 0.8 ล้มจากท่านั่ง (Sitting Fall) การเปลี่ยนแปลงค่า Y เริ่มจากตำแหน่งที่ต่ำกว่า ดังแสดงใน Figure 6

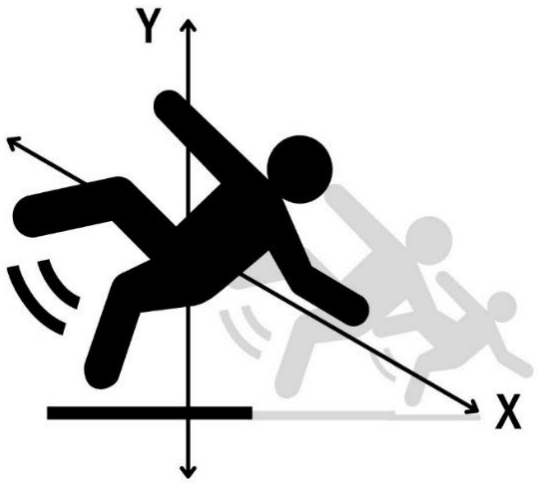

Figure 6 Example of movement along the X–axis and Y–axis

Results

การพัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองอย่างเป็นระบบ เพื่อประเมินความแม่นยำ และประสิทธิภาพของระบบสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด การทดสอบใช้กล้องในการจับภาพเคลื่อนไหวแบบต่อเนื่อง กล้องติดตั้งในระดับความสูงประมาณ 1.6 เมตรจากพื้นดิน และอยู่ห่างจากบริเวณที่ผู้ทดสอบเคลื่อนไหวประมาณ 3.5 เมตร ตำแหน่งดังกล่าวได้รับการกำหนด เพื่อให้สามารถจับภาพได้ครอบคลุมร่างกายของผู้ทดสอบอย่างสมบูรณ์ตลอดช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์การล้ม ตั้งแต่จุดเริ่มต้น กลาง และสิ้นสุดของการเคลื่อนไหว เพื่อให้ระบบสามารถวิเคราะห์ลักษณะท่าทางและพฤติกรรมของการล้มได้อย่างแม่นยำ รูปแบบของการล้มที่ใช้ในการทดสอบได้รับการจำลองจากสถานการณ์จริงที่อาจเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุในชีวิตประจำวัน โดยการกำหนดท่าทางตั้งต้นในลักษณะ ยืน และ นั่ง ซึ่งเป็นท่าทางล้มที่พบได้บ่อยที่สุด จากนั้นจึงจำแนกการล้ม

ออกเป็น 4 ทิศทางหลัก ได้แก่ ล้มไปทางด้านซ้าย, ล้มไปทางด้านขวา, ล้มคว่ำหน้า, และล้มหงายหลัง การทดลองดำเนินการภายในห้องทดลองที่มีการควบคุมแสงสว่างในระดับปกติ

เพื่อให้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถประเมินผลของระบบ ได้ดำเนินการทดสอบในแต่ละทิศทางของการล้ม จำนวน 100 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 800 ครั้ง นำข้อมูลไปประมวลผลและระบุเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นว่าเป็น การล้ม หรือ ไม่ใช่การล้ม ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิภาพของระบบ แสดงดังในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

Table 1 Testing of an Elderly Fall Detection System Using a Simulation Model from Standing to Falling Posture

Initial posture	Fall direction	Number of trials	Detection count	Missed detection count	Accuracy (%)	Mean fall duration (s)
Standing	Left–side fall	100	97	3	97%	1.48
Standing	Right–side fall	100	94	6	94%	1.51
Standing	Forward fall	100	87	13	90%	1.60
Standing	Backward fall	100	92	8	92%	1.75

Table 2 Testing of an Elderly Fall Detection System Using a Simulation Model from Sitting to Falling Posture

Initial posture	Fall direction	Number of trials	Detection count	Missed detection count	Accuracy (%)	Mean fall duration (s)
Sitting	Left–side fall	100	90	10	90%	1.70
Sitting	Right–side fall	100	91	9	91%	1.64
Sitting	Forward fall	100	85	15	85%	1.91
Sitting	Backward fall	100	88	12	88%	1.86

ในการประเมินความสามารถของแบบจำลองในการจำแนกเหตุการณ์ “การล้ม” และ “ไม่ล้ม” ผู้วิจัยได้ใช้ Confusion Matrix จากชุดข้อมูลทดสอบที่มีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 800 ครั้งเพื่อแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของแบบจำลองในการจำแนกผลลัพธ์ในแต่ละประเภทอย่างชัดเจน โดยแสดงจำนวนกรณีที่แบบจำลองจำแนกได้ถูกต้องและกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดในแต่ละคลาส ดัง Figure 7

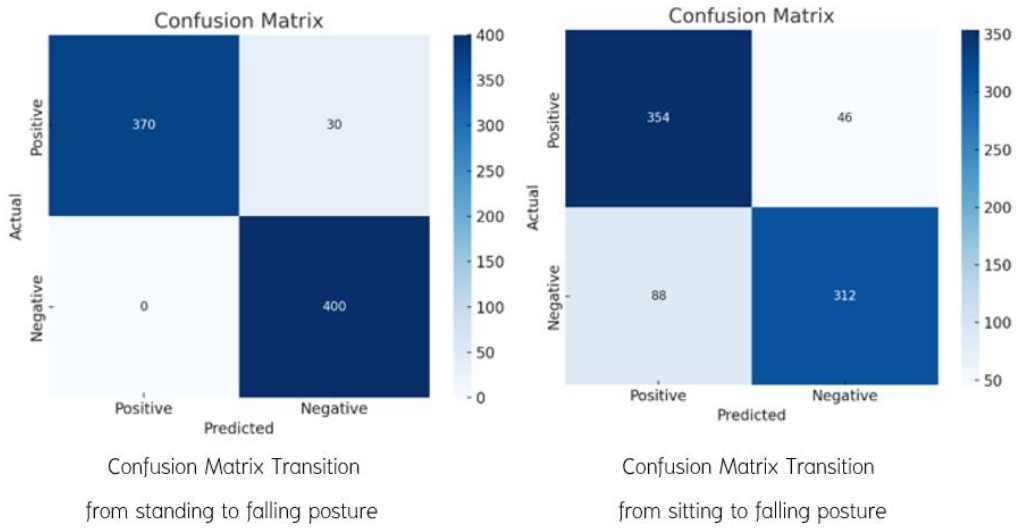

Figure 7 Confusion Matrix of each model

การล้มเฉลี่ยในแต่ละทิศทางการล้ม ท่านั่งมีระยะเวลาเฉลี่ยมากกว่า การล้มจากท่ายืนในทุกทิศทาง โดยทิศทางที่ใช้เวลาล้มนานที่สุดคือ ล้มคว่ำหน้าจากท่านั่ง 1.91 วินาที รองลงมาคือ หงายหลังจากท่านั่ง 1.86 วินาที ส่วนทิศทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุดคือ ล้มทางซ้ายจากท่ายืน 1.48 วินาที จะเห็นได้ว่า การล้มจากท่านั่ง มีลักษณะการเปลี่ยนท่าที่ช้ากว่า การเคลื่อนไหวของร่างกายระหว่างการล้มจากท่ายืนและท่านั่ง การล้มจากท่านั่ง มักเกิดจากการเอนตัวหรือเลื่อนตัวลงอย่างช้า ๆ ทำให้ระยะเวลาของการล้มยาวขึ้นเมื่อเทียบกับการล้มจากท่ายืนที่มักเกิดขึ้นอย่างฉับพลับพลัน จากการเสียสมดุล ตำแหน่งศูนย์ถ่วงที่ต่ำกว่า หรือรูปแบบการเคลื่อนไหวที่แตกต่างจากการล้มในท่ายืน จึงมีความสำคัญในการออกแบบระบบตรวจจับการล้มให้สามารถรองรับพฤติกรรมที่หลากหลาย แสดงดัง Figure 8

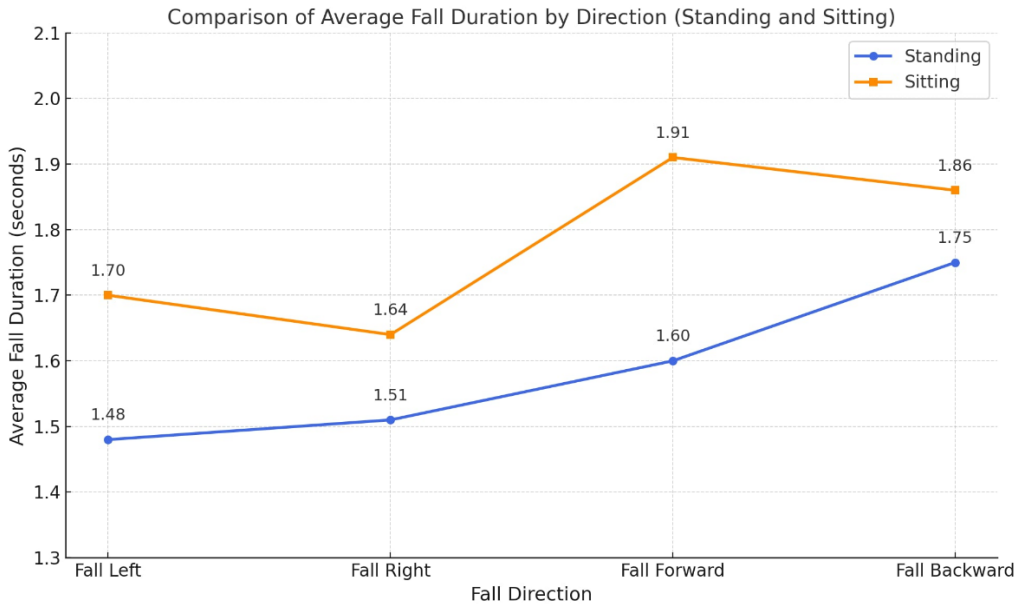

Figure 8 Line graph comparing the average fall duration

Discussion and Conclusion

จากการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ระบบได้พัฒนาร่วมกับการประมวลผลภาพแบบเรียลไทม์ โดยอาศัยกล้องเป็นอุปกรณ์ในการจับภาพการเคลื่อนไหวภายในพื้นที่อยู่อาศัยของผู้สูงอายุ โดยใช้ OpenCV ในการอ่านเฟรมภาพ และ Media Pipe ในการประมวลผลเพื่อวิเคราะห์จุดโครงร่างของร่างกายมนุษย์ เพื่อใช้ในการติดตามท่าทางและพฤติกรรมของผู้สูงอายุ ระบบทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในแนวแกน Y ซึ่งสะท้อนถึงการเคลื่อนตัวขึ้นหรือลงของร่างกาย และตรวจจับเหตุการณ์ที่มีลักษณะของการล้มโดยอาศัยเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดสำคัญในแนวดิ่งลงสู่พื้นในระยะเวลารวดเร็ว หากการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างฉับพลันและต่อเนื่อง ระบบจะประเมินว่าเป็นเหตุการณ์ที่เข้าข่ายการล้ม และทำการจับเวลาในช่วงของการล้มเพื่อนำมาประกอบการประเมิน ผลการทดลองทั้งหมด 800 ครั้ง แบ่งเป็นการทดสอบจากท่ายืนและท่านั่งอย่างละ 400 ครั้ง และแยกออกเป็น 4 ทิศทางของการล้ม ได้แก่ ล้มทางซ้าย ล้มทางขวา ล้มคว่ำหน้า และล้มหงายหลัง ระบบสามารถตรวจจับการล้มได้ด้วยค่า Accuracy เฉลี่ยร้อยละ 90 การล้มจากท่ายืนทางซ้ายระบบตรวจจับได้แม่นยำสูงสุดที่ร้อยละ 97 ส่วนที่มีความแม่นยำต่ำสุดคือ การล้มจากท่านั่งคว่ำหน้า มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 85 เนื่องจากความเร็วในการเปลี่ยนแปลงของจุดโครงร่างช้ากว่าท่าทางอื่น ๆ ทำให้ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจจับภายในเวลาที่กำหนดระบบสามารถจับระยะเวลาการล้ม โดยมีช่วงเวลาตั้งแต่ 1.48 ถึง 1.91 วินาที ถือว่าอยู่ในช่วงเวลาจริงของการล้มในผู้สูงอายุทั่วไปที่มักเกิดภายในเวลาไม่เกิน 2 วินาที ช่วยในการจำแนกพฤติกรรมการล้มออกจาก การล้มตัวธรรมดาได้ ลดโอกาสของการแจ้งเตือนผิดพลาด และเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ

ผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีมีประสิทธิภาพ ในการนำไปใช้งานจริงภายในบ้านของผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่เพียงลำพัง โดยสามารถทำหน้าที่เป็นระบบเฝ้าระวังอัตโนมัติที่มีความแม่นยำ และไม่รบกวนการใช้ชีวิตประจำวันของผู้ใช้งาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัย พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้ม โดยใช้ Media Pipe Pose Landmark โดยระบบใช้กล้องเว็บแคมในการเก็บภาพแบบเรียลไทม์และประเมินผลด้วยค่า Accuracy, Precision, Recall และ F1–score ระบบใช้โมเดล Random Forest และมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 88 ระบบของผู้วิจัยมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 90 และสามารถตรวจจับการล้มจากท่ายืนทางซ้ายได้แม่นยำถึงร้อยละ 97 รวมถึงสามารถวัดระยะเวลาการล้มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.48 ถึง 1.91 วินาที (Choonhaphatrakun, 2024) พัฒนาระบบตรวจจับการล้มโดยใช้อุปกรณ์สวมใส่ร่วมกับระบบฝังตัวและเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง พบว่าระบบสามารถตรวจจับการล้มไปทางซ้ายได้แม่นยำสูงสุดที่ร้อยละ 93.64 และค่าความถูกต้องสูงสุดสำหรับการล้มทางขวาที่ร้อยละ 89.60 ทั้งนี้มีค่า Recall และ Specificity เฉลี่ยในกลุ่มผู้มีความเสี่ยงอยู่ที่ร้อยละ 92.14 และ 88.82 ตามลำดับ ระบบของผู้วิจัยจะใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์สวมใส่ สามารถแสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 90 (Boonliang, 2019)

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนลักษณะพฤติกรรมการล้มอย่างแท้จริง ควรมีการทดสอบระบบกับกลุ่มผู้สูงอายุในสภาพแวดล้อมจริง ควรพัฒนาระบบให้สามารถรองรับผู้ใช้งานที่มีความหลากหลายทางกายภาพ เช่น ความสูง รูปร่าง หรือการใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน อาจส่งผลต่อรูปแบบการล้มที่แตกต่างกันไป รวมถึงควรพิจารณาขยายระบบให้รองรับการแจ้งเตือนเหตุการณ์ล้มแบบอัตโนมัติผ่านเครือข่ายไร้สายไปยังผู้ดูแลหรือแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา เพื่อให้สามารถตอบสนองได้อย่างทันท่วงทีในกรณีฉุกเฉิน

References

Alam, M., Ullah, S., Munir, A., Rahman, A., & Kim, D. (2023). Fall detection using IoT-enabled computer vision and edge computing. *Sensors, 23*(5), 2408. Form https://www.mdpi.com/1424-8220/23/5/2408.

Boonliang, C. (2019). Development of a fall detection device for the elderly using wearable devices combined with embedded systems and IoT technology. *Thai-Nichi Institute of Technology Journal of Technology and Innovation, 5*(1), 12–22. Form https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/TNIJournal/article/view/198035. (in Thai)

Chung, G. C., Naeim, M. K. M., Lee, I. E., Tiang, J. J., & Tan, S. F. (2023). A mobile IoT-based elderly monitoring system for senior safety. *International Journal of Technology, 14*(6), 1185–1195. Form https://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/6634.

Choonhaphatrakun, T. (2024). Research and development of a web application for elderly fall detection and alerting using the MediaPipe framework. *Journal of Science and Technology, Southeast Bangkok University, 4*(1), 55–67. Form https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSCI/article/view/253061. (in Thai)

Delahoz, Y. S., & Labrador, M. A. (2014). Survey on fall detection and fall prevention using wearable and external sensors. *Sensors, 14*(10), 19806–19842. Form https://www.mdpi.com/1424-8220/14/10/19806.

Department of Health, Ministry of Public Health. (2021). *Guidelines for promoting healthy aging and longevity*. Bangkok: Department of Health. Form https://hp.anamai.moph.go.th/...493d895eb11327ff493e710419ee454c.pdf.

Department of Older Persons. (2021). *[Title of the report, guideline, or document]*. Bangkok: Department of Older Persons. Form https://www.dop.go.th/download/knowledge/th1663828576-1747_1.pdf.

Google Developers. (n.d.). *Classification: Accuracy, recall, precision, and related metrics*. Retrieved June 9, 2025, Form https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/classification/accuracy-precision-recall?hl=th.

Leelathian, P., & Phararat, K. (2024). Fall detection according to severity for the elderly using WiFi signals. *King Mongkut's University of Technology North Bangkok Academic Journal, 34*(1). Form https://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/kjournal/article/view/5732. (in Thai)

Lenovo. (2025). *How does a webcam work?* Retrieved From https://www.lenovo.com.

National Statistical Office. (2023). *Report on the number and proportion of the elderly population in Thailand, 2023*. Form https://www.nso.go.th. (in Thai)

Nilsukhum, N., & Yawai, W. (2023). Intelligent fall alert system for person recognition and fall detection. *Journal of Applied Informatics and Technology, 6*(1), 65–83. Form https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/251838. (in Thai)

Nualtim, W., Piulalong, T., Wongsri, N., & Khambu, A. (2023). Walking aid using face detection and fall alert system through LINE application for the elderly. *Journal of Science and Technology, Udon Thani Rajabhat University, 11*(1), 65–83. Form https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru/article/view/251495. (in Thai)

Rahman, A., Ahmad, A., Ismail, M. M., Shukor, S. A. A., & Mohamed, A. (2023). Fall detection device design for elderly people using quality function deployment (QFD). *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology, 32*(1), 28–42. Form https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/23337214221148245.

Rattanapratum, S., Kaena, P., & Hanta, S. (2025). Object monitoring system in smart homes for visually impaired persons. *Journal of Academic Innovation for Area-Based Development, 6*(2). (in Thai)

Roboflow Inc. (2025). *What is OpenCV?* Retrieved Form https://roboflow.com/learn/opencv/.

Saenkaew, P., Phumthuean, C., Boonsob, J., Waristhanit, N., Tarathong, T., & Srijiranon, K. (2024). Standing posture monitoring system for the elderly. *Journal of Information Science and Technology, 14*(2), 54–61. Form https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST/article/view/253465. (in Thai)

Sertis Team. (2021). Media Pipe Holistic: Full body tracking for the future. *Medium*. Form https://sertiscorp.medium.com/mediapipe-holistic-full-body-tracking-for-the-future-278ff7d83ebf.

Thaworawong, N., Akaraseth, A., & Makhasorn, P. (2011). Design of a fall detection suit for the elderly using tilt sensors. *Naresuan University Journal, Special Issue*, 43. Form https://www.thaiscience.info/journals/Article/NUJ/10896657.pdf. (in Thai)

World Health Organization. (2021). *Falls.* Retrieved Form https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls.

Yacchirema, D., Suárez de Puga, J., Palau, C., & Esteve, M. (2018). Fall detection system for elderly people using IoT and Big Data. *Procedia Computer Science, 130*, 603–610. Form https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918304721.

Zereen, A. N., Gurung, A., Rajak, A., Moonrinta, J., Dailey, M. N., Ekpanyapong, M., Vachalathiti, R., & Bovonsunthonchai, S. (2021). Automatic elderly fall and unstable movement detection system using frame wise and LSTM based video analytics on an embedded device. *NBTC Journal, 5*(5), 117–134. Form https://so04.tci-thaijo.org/index.php/NBTC_Journal/article/view/253616.

Zhang, Z., Zhu, C., Wu, H., Wang, W., & Wang, Z. (2022). Fall detection system based on wearable sensors and Internet of Things. *IEEE Access, 10*, 40215–40228. Form https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9792277.