

ระบบตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุโดยใช้โอเพ่นซีวีและมีเดียไปป์

Fall Detection System for Elderly Using Open CV and MediaPipe

ชลดา ปานมาศ¹ พีรัช หวังทอง¹ โซเฟีย อับดุลหามะ¹ และ นิดา แซ่จ้อง^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000

รับบทความ 28 สิงหาคม 2567

แก้ไขบทความ 1 มกราคม 2568

ตอบรับบทความ 10 มกราคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค โดยติดตั้งกล้องเว็บแคมบนเพดานและประมวลผลบนราสเบอร์รี่พาย เพื่อที่จะลดการละเมิดความเป็นส่วนตัวเป็นส่วนตัว ภาพที่ปรากฏจะมีลักษณะเป็นโครงกระดูกของมนุษย์ กระบวนการตรวจจับการล้มแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) รับภาพจากกล้องเว็บแคม (2) ประมวลผลภาพด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค (3) เก็บข้อมูลภาพในฐานข้อมูล (4) สร้างเงื่อนไขสำหรับตรวจจับการล้มและแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่าน Twilio ผลทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ระบบสามารถจำแนกท่าทางการล้มได้อย่างแม่นยำในตำแหน่งต่าง ๆ ของพื้นที่ทดสอบ โดยมีความถูกต้องสูงสุดที่ 99.67% ในบริเวณกลางพื้นที่ทดสอบ 2) ระบบสามารถจำแนกท่าทางการล้มได้แม่นยำสำหรับท่าทางการล้มไปด้านหลังมากกว่าท่าล้มไปด้านหน้าเนื่องจากข้อจำกัดของมุมกล้อง และ 3) เปอร์เซ็นต์การแจ้งเตือนเมื่อเกิดการล้มมีความแม่นยำถึง 97% อย่างไรก็ตามความผิดพลาดในการจำแนกการล้มเกิดขึ้นในกรณีที่ท่าทางคล้ายกับท่าล้ม

คำสำคัญ : การตรวจจับการล้ม; ผู้สูงอายุ; มีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค; ราสเบอร์รี่พาย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน E-mail : nida.s@pnu.ac.th

ระบบตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุโดยใช้โอเพ่นซีวีและมีเดียไพบ์

Fall Detection System for Elderly Using Open CV and MediaPipe

Chonlada Panmat¹ Pirayos Wangthong¹ Sofia Abdulhama¹ and Nida Sae Jong^{1*}

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University, Mueang District, Narathiwat Province, 96000

Received 28 August 2024

Revised 1 January 2025

Accepted 10 January 2025

Abstract

This research aims to develop a fall detection system for the elderly using the MediaPipe framework. A webcam is mounted on the ceiling, and processing is conducted on a Raspberry Pi to minimize privacy intrusions. The displayed images are represented as human skeletons. The fall detection process consists of four steps: (1) capturing images from the webcam, (2) pose estimation using the MediaPipe framework, (3) storing image data in a database, and (4) creating conditions for fall detection and sending alerts to caregivers via Twilio. The experimental results are divided into three parts: (1) the system accurately identifies falls in various positions within the test area, achieving a maximum accuracy of 99.67% in the center of the test area, (2) the system detects side falls more accurately than forward falls due to camera angle limitations, and (3) the fall alert accuracy reaches 97%. However, errors in fall detection occur when sitting postures resemble falling postures.

Keywords : Fall detection; Elderly; MediaPipe framework; Raspberry Pi

* Corresponding author E-mail : nida.s@pnu.ac.th

1. บทนำ

การหกล้มเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ ซึ่งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับสองในกลุ่มของการบาดเจ็บโดยไม่ตั้งใจ การหกล้มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทยมีผู้สูงอายุ เสียชีวิตกว่า 1,000 คน หรือเฉลี่ยวันละ 3 คน นอกจากนี้ความเสี่ยงต่อการหกล้มเพิ่มสูงขึ้นตามอายุ การเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย และความเสื่อมตามวัย ทำให้มีปัญหาทั้งโรคไม่ติดต่อ และการบาดเจ็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบาดเจ็บจากการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ มีตั้งแต่อาการเล็กน้อย เช่น อาการฟกช้ำ แผลถลอก และกระดูกหัก จนถึงขั้นรุนแรง และเสียชีวิตได้ นอกจากนี้พบว่าค่าใช้จ่ายของระบบบริการในผู้สูงอายุที่พลัดตกหกล้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนทั่วโลก [1]

ระบบตรวจจับการล้มในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท เพื่อใช้จดจำกิจกรรมของมนุษย์ (Human Activity Recognition) ได้แก่ 1) อุปกรณ์สวมใส่โดยติดเซ็นเซอร์บนร่างกาย เช่น เหว ออก หรือรองเท้า เป็นต้น โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทิศทางของเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย อย่างไรก็ตามการสวมใส่อุปกรณ์ตลอดเวลาอาจทำให้ไม่สะดวกและต้องชาร์จแบตเตอรี่สม่ำเสมอ [2] 2) ระบบกล้อง โดยติดตั้งกล้องตามมุมต่างๆ ของห้อง เพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของบุคคล โดยอาศัยปัญญาประดิษฐ์ในการตรวจจับพฤติกรรม แต่มีข้อจำกัดเรื่องความเป็นส่วนตัวและกฎหมาย PDPA ที่ต้องระมัดระวัง โดยเฉพาะในพื้นที่ส่วนตัว เช่น ห้องนอนหรือห้องน้ำ [3] และ 3) ระบบเซ็นเซอร์สภาพแวดล้อม เช่น เซ็นเซอร์เสียง เซ็นเซอร์ความดัน หรือคลื่นวิทยุที่กระจายโดยรอบ เป็นต้น ข้อจำกัดของเซ็นเซอร์สภาพแวดล้อมคือ มักจะตีความการเคลื่อนไหวปกติผิด เช่น การออกกำลังกายอย่างหนัก การเคลื่อนไหวกะทันหัน หรือแม้แต่สัตว์เลี้ยง ว่าเป็นการล้ม ซึ่งอาจนำไปสู่การเตือนที่ผิดพลาดและการแทรกแซงที่ไม่จำเป็น [4]

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับระบบตรวจจับการล้มพบว่า ระบบตรวจจับการล้มด้วยกล้องเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย [5-11] เนื่องจากง่ายต่อการติดตั้ง และการดูแลรักษา อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความเป็นส่วนตัว ระบบแจ้งเตือนล่าช้าเนื่องจากการประมวลผลที่ซับซ้อน และ จำนวนท่าทางการล้ม เป็นต้น

[4] ศรีณญ ทิตพุม และคณะ [5] นำเสนอระบบตรวจจับการล้มด้วยการประมวลผลภาพถ่ายความร้อน โดยใช้อัตราส่วนความยาวแกน x ต่อแกน y ของกล่องขอบเขต (bounding box) และ majority vote จำแนกท่าทาง 3 ท่า คือ ยืน นั่ง และ ล้ม พบว่าความถูกต้องของการจำแนกท่าทางสูงบริเวณกึ่งกลางของพื้นที่ทดสอบ อย่างไรก็ตามพบปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกท่าทาง ทินกร ชุณห์ทริกุล [6] นำเสนอเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุโดยใช้มีเดียไปบีเฟรมเวิร์ค ทำการทดสอบการล้ม 6 รูปแบบ จากอาสาสมัครจำนวน 10 คน และประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ Random forest และ K-NN พบว่า Random forest ให้ความแม่นยำในการตรวจจับการล้มที่ดีที่สุดคือ 88 เปอร์เซ็นต์ และระบบมีความแม่นยำในการตรวจจับการล้มในท่าทางหน้าตรงดีกว่าการล้มไปข้างซ้ายและขวา

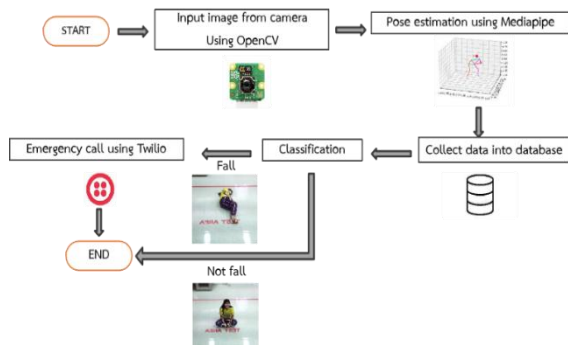
งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยโอเพ่นซีวีและมีเดียไปบี โดยรับภาพจากกล้อง RGB เนื่องจากผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการรักษาความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้งาน ดังนั้นภาพจะถูกแปลงจากรูปร่างมนุษย์เป็นรูปโครงกระดูก และบันทึกลงในฐานข้อมูล ซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถดูย้อนหลังได้ การทำงานของระบบตรวจจับการล้มเริ่มจากการรับภาพจากกล้องที่ติดตั้งบนเพดาน ถัดมานำภาพที่ได้มาประมวลผลด้วยโอเพ่นซีวี ซึ่งเป็นไลบรารีสำหรับการประมวลผลภาพ และมีเดียไปบี โดยใช้ไลบรารี Pose Landmark Detection ในการตรวจจับและระบุตำแหน่งของจุดสำคัญบนร่างกาย 33 จุด และทำการบันทึกภาพในฐานข้อมูล โดยภาพที่ได้มีลักษณะเป็นโครงกระดูก จากนั้นจำแนกการล้มโดยใช้เค้นคือองศาของหลัง หัวไหล่ และหน้า พร้อมกับการเรียนรู้เชิงลึก สุดท้ายเมื่อเกิดการล้มจะแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลแบบเรียลไทม์ ด้วยการโทรโดยใช้โปรแกรม Twilio แผนผังการทำงานของระบบตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุ แสดงดังภาพที่ 1

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบระบบการตรวจจับการล้ม มีขั้นตอนดังนี้

2.1 การติดตั้งและทดสอบอุปกรณ์

เริ่มจากเชื่อมต่อวงจรของกล้องเว็บแคมเข้ากับบอร์ด
Raspberry PI 4 Model B โดยใช้พอร์ต CSI จากนั้นทด



ภาพที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบตรวจจับการล้ม
สำหรับผู้สูงอายุ

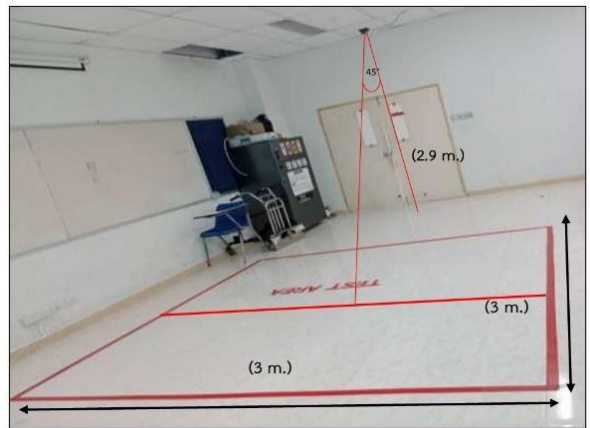
สอบการทำงานของกล้องโดยการใช้โปรแกรม Open CV ถัด
มาติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงในกล่องที่ออกแบบไว้ แสดงดัง
ภาพที่ 2 สุดท้ายติดตั้งบนเพดานห้องซึ่งมีความสูงจากพื้น
2.9 เมตร โดยมุมกล้องทำมุม 45° กับเส้นแนวดิ่งฉาก แสดง
ดังภาพที่ 3 เนื่องจากเป็นมุมที่สามารถเห็นพื้นที่ทดสอบได้
ทั่วถึง โดยพื้นที่ทดสอบมีขนาด 3x3 เมตร

2.2 การเก็บข้อมูล

การเก็บชุดข้อมูล เริ่มจากการเขียนโปรแกรมเก็บข้อมูลจาก
กล้องเว็บแคม โดยใช้โปรแกรม Open CV และทำการ
บันทึกภาพลงในไฟล์เดอร์ของ Raspberry PI ประกอบด้วย
ท่าทางการล้ม 16 รูปแบบ ได้แก่ 1) ท่าล้มหงายไปด้านหน้า
2) ท่าล้มหงายไปด้านหลัง 3) ท่าล้มหงายไปด้านขวา 4) ท่า
ล้มหงายไปด้านซ้าย 5) ท่าล้มคว่ำไปด้านหน้า 6) ท่าล้มคว่ำ
ไปด้านหลัง 7) ท่าล้มคว่ำไปด้านขวา 8) ท่าล้มคว่ำไป
ด้านซ้าย 9) ท่าล้มขวาไปด้านหน้า 10) ท่าล้มขวาไป
ด้านหลัง 11) ท่าล้มขวาไปด้านขวา 12) ท่าล้มขวาไป
ด้านซ้าย 13) ท่าล้มซ้ายไปด้านหน้า 14) ท่าล้มซ้ายไป
ด้านหลัง 15) ท่าล้มซ้ายไปด้านขวา และ 16) ท่าล้มซ้ายไป
ด้านซ้าย ซึ่งยังไม่พบงานวิจัยที่ประมาณท่าทางการล้มทั้ง
16 ท่า จากอาสาสมัครปกติจำนวน 5 คน ที่มีเพศ ความสูง
น้ำหนัก และรูปร่างแตกต่างกัน จำนวนท่าทางละ 20 ภาพ
จากนั้นจัดสร้างเป็นชุดข้อมูล (Dataset) และจัดเก็บข้อมูล
ในรูปแบบ csv สุดท้ายนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และสกัด
คุณลักษณะเด่น (feature extraction) ของแต่ละท่าทาง



ภาพที่ 2 กล่องใส่อุปกรณ์ประกอบด้วย Raspberry PI 4
และกล้อง



ภาพที่ 3 พื้นที่ทดสอบ

2.3 เขียนโปรแกรมการตรวจจับการล้ม

ภาพที่ 4 แสดงแผนภาพระบบตรวจจับการล้ม ซึ่ง
ถูกแบ่งเป็นสองส่วนหลักคือ การจำแนกการล้มและการแจ้ง
เตือนกรณีที่เกิดการล้ม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รับข้อมูลภาพจากกล้องเว็บแคม โดยใช้
ไลบรารี Open CV ที่เขียนด้วยภาษาไพทอน บน Visual
Studio

ขั้นตอนที่ 2 ประมาณท่าทางด้วย Mediapipe
ประกอบด้วยการตรวจจับตำแหน่งข้อต่อสำคัญของร่างกาย
33 จุดในรูปแบบ 3 มิติ ด้วย Pose Landmarker Model
และการแปลงจุดเป็นเวกเตอร์ จำนวน 3 เวกเตอร์ คือ หน้า
หลัง และไหล่ เพื่อใช้ในการเทียบองค์ และสร้างเงื่อนไขใน
การตรวจจับการล้ม และประมาณท่าทางการล้ม

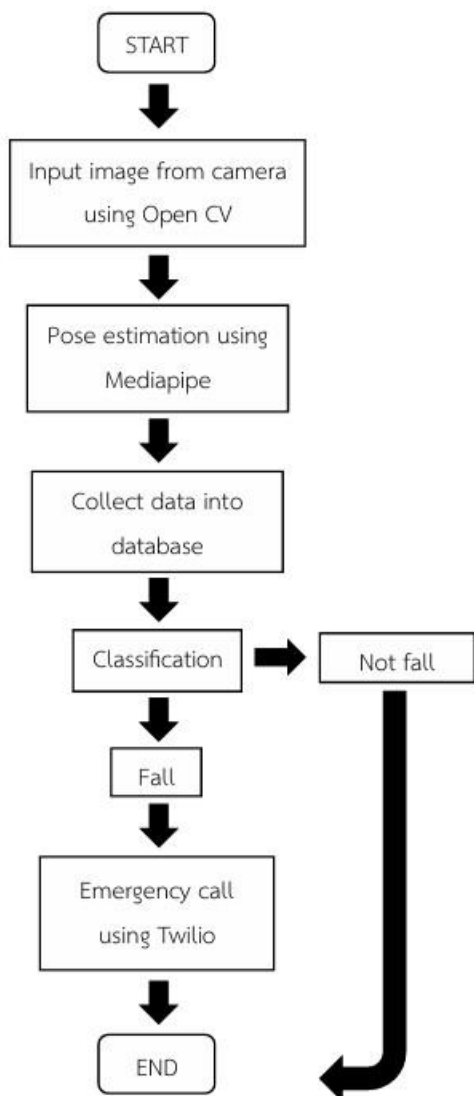
ขั้นตอนที่ 3 เก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล (Data
database) แสดงดังภาพที่ 5 และในกรณีที่เกิดการล้ม วัน
เวลา และท่าทางการล้มของผู้ล้มจะแสดงในเว็บไซด์ แสดง
ดังภาพที่ 6

Research article

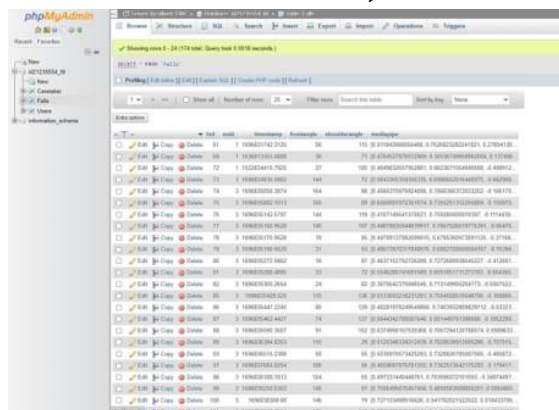
4(1), 1-10

ขั้นตอนที่ 4 จำแนกการล้มประกอบด้วยการสร้างลักษณะเด่นและเงื่อนไขในการตัดสินใจ ในส่วนการสร้างลักษณะเด่น (features) ประกอบด้วยองศาของจุดโคจรกระดูกด้านหลัง และการจับภาพแบบต่อเนื่อง แสดงรายละเอียดดังนี้

1. องศาจากจุดโคจรกระดูกด้านหลัง (Black angle) ที่ตั้งฉากกับพื้น ซึ่งเป็นค่าที่มีความแตกต่างระหว่างท่าล้มและไม่ล้ม หากค่าขององศาจุดโคจรกระดูกด้านหลังมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดการล้มมีค่าสูง



ภาพที่ 4 แผนภาพระบบตรวจจับการล้ม



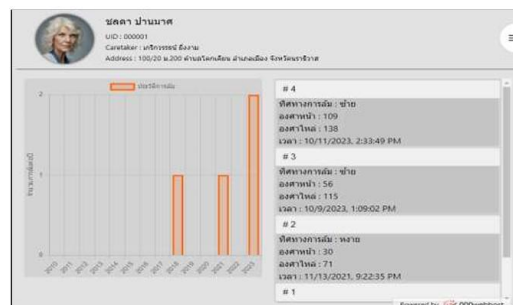
ภาพที่ 5 ฐานข้อมูล

2. การจับภาพแบบต่อเนื่อง ในกรณีนี้หากระบบพบว่าเป็นการล้มต่อเนื่องเกิน 10 ภาพ จะส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล หากเป็นเหตุที่จะกลับไปพิจารณาที่เงื่อนไขที่ 1 อีกครั้ง โดยนำลักษณะเด่นเหล่านี้มาสร้างเงื่อนไขการจำแนกท่าทาง

เงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจแสดงดังภาพที่ 7 สามารถอธิบายการจำแนกท่าทางตามเงื่อนไขได้ดังนี้

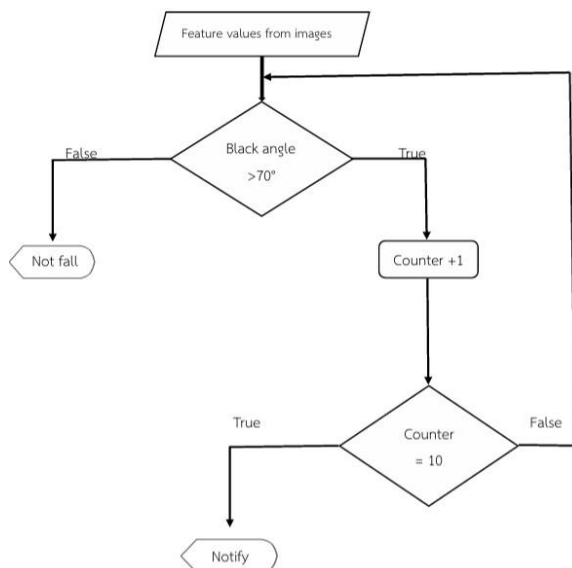
เงื่อนไขที่ 1 พิจารณาองศาจากจุดโคจรกระดูกด้านหลัง (Black angle) จากการทดสอบพบว่า ในขณะที่เกิดการล้ม ค่า Black angle น้อยที่สุด เท่ากับ 70 องศา ดังนั้นถ้าค่า Black angle มากกว่า 70 องศา จะถือว่าเป็นการล้ม และเงื่อนไขเป็นจริง ดังนั้นจะถูกส่งไปเงื่อนไขที่ 2 หากเงื่อนไขเป็นเหตุที่จะจำแนกว่าเป็นท่าทางที่ไม่ใช่การล้ม

เงื่อนไขที่ 2 การตรวจจับภาพ หากพบว่าการล้มอย่างต่อเนื่องเกิน 10 ภาพ ระบบจะส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล แต่หากเป็นเหตุที่จะกลับไปพิจารณาที่เงื่อนไขที่ 1 อีกครั้ง



ภาพที่ 6 เว็บไซต์แสดงข้อมูล

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อระบบตรวจจับว่ามีการล้มเกิดขึ้นก็จะส่งการแจ้งเตือนการล้มผ่านโปรแกรม Twilio แบบเรียลไทม์ ซึ่งจะทำให้การแจ้งเตือนด้วยการโทรไปยังเลขหมายที่กำหนด จนกว่าผู้ดูแลจะรับสาย นอกจากนี้สามารถดูข้อมูลการล้มผ่านเว็บไซต์ โดยบันทึกวัน เวลา และท่าทางการล้ม เพื่อนำมาช่วยในการประเมินความเสี่ยงของผู้สูงอายุได้แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 เงื่อนไขการประมาณท่าทางการล้ม



ภาพที่ 8 แจ้งเตือนการล้มผ่านโปรแกรม Twilio

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลที่ได้จากการทดลองถูกแบ่งเป็น 4 หัวข้อหลักคือการวิเคราะห์ข้อมูลของการจำแนกท่าทางแต่ละท่าทาง, ประสิทธิภาพของการจำแนกท่าทางของแต่ละตำแหน่งในพื้นที่ทดสอบ, ประสิทธิภาพของการประมาณท่าทางการล้ม และ ประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนการล้ม

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของการจำแนกท่าทางแต่ละท่าทาง

ในการทดสอบการจำแนกท่าทาง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลท่าทางที่ได้จากไลบรารี MediaPipe ประกอบด้วย 4 ท่าทาง คือ ท่าล้มไปด้านซ้าย ท่าล้มไปด้านขวา ท่าล้มหงาย และท่าล้มคว่ำ โดยทำการทดสอบท่าละ 20 ครั้ง ในแต่ละท่าทาง แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย องศาหน้า และองศาไหล่ พบว่าการล้มหงายกับการล้มคว่ำมีค่าองศาไหล่ที่ใกล้เคียงกัน แต่มีค่าขององศาหน้าต่างกัน ดังนั้นเงื่อนไขการตัดสินใจในการจำแนกท่าทางการล้มถูกกำหนดดังนี้ ถ้าองศาหน้าไม่เกิน 45 องศา จะเป็นการล้มหงาย แต่ถ้าเกิน 45 องศา จะเป็นการล้มคว่ำ ขณะเดียวกันการล้มไปด้านซ้ายกับการล้มไปด้านขวา พบว่ามีองศาหน้าและองศาไหล่ที่ต่างกัน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยองศาหน้าและองศาไหล่ของท่าทางการล้มสี่แบบ

ทิศทางการล้ม	ค่าเฉลี่ยองศาหน้า	ค่าเฉลี่ยองศาไหล่
ล้มไปด้านซ้าย	56	115
ล้มไปด้านขวา	106	56
ล้มหงาย	30	71
ล้มคว่ำ	144	72

3.2 ประสิทธิภาพของการจำแนกท่าทางของแต่ละตำแหน่งในพื้นที่ทดสอบ

พื้นที่ทดสอบถูกแบ่งออกเป็น 9 ตำแหน่ง แสดงดังภาพที่ 9 โดยทดสอบการจำแนกจำนวน 3 ท่าทาง คือท่ายืนนิ่ง และล้ม แสดงดังภาพที่ 10 (ก) ถึง (ค) โดยทำการทดสอบท่าละ 40 ครั้ง ในแต่ละตำแหน่ง

ค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกท่าทางของแต่ละท่าทางได้แก่ ท่ายืน นิ่ง และล้ม ที่แต่ละตำแหน่งของพื้นที่

Research article

4(1), 1-10

ทดสอบ แสดงดังภาพที่ 11 พบว่าตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นบริเวณตรงกลางพื้นที่ทดสอบมีค่าความถูกต้องในการจำแนกท่าทางทั้ง 3 ท่ามากที่สุด ขณะที่ตำแหน่งที่ 1, 7 และ 9 พบว่าค่าความถูกต้องในการจำแนกท่าทางของทั้ง 3 ท่าทาง มีค่าน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าท่าทางยืน มีความถูกต้องมากที่สุด รองลงมาคือท่านั่ง และท่าล้ม มีความถูกต้องน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากขณะทดสอบอาสาสมัครอาจจะอยู่บริเวณขอบของพื้นที่ทดสอบ (ตำแหน่งที่ 1, 3, 7 และ 9) ซึ่งเซ็นเซอร์มีมุมการตรวจจับ 45° ทำให้ลักษณะท่าทาง ท่านั่ง และท่าล้ม ในบางภาพระบบไม่สามารถตรวจจับได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณตำแหน่งที่ 1

ภาพที่ 12 แสดงค่าความถูกต้องเฉลี่ยของการจำแนกท่าทางทั้ง 3 ท่า ของอาสาสมัครทั้ง 5 คนในแต่ละตำแหน่งของพื้นที่ทดสอบ พบว่าตำแหน่งที่ 5 มีค่าความถูกต้องมากที่สุดคือ 99.67 เปอร์เซ็นต์ และตำแหน่งที่ 1 มีค่าความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 93 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 9 ตำแหน่งในพื้นที่ทดสอบ โดยด้านหน้าที่ติดกับกล้องคือตำแหน่ง 7 ถึง 9



(ก)

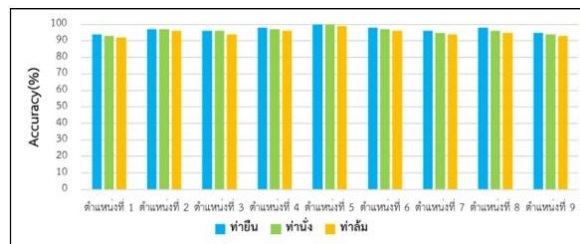
(ข)

(ค)

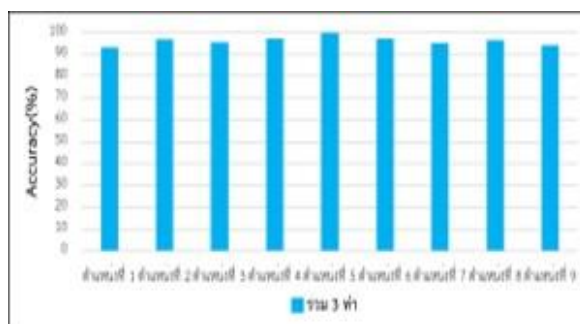
ภาพที่ 10 ท่าทางที่ใช้จำแนกประกอบด้วย (ก) ท่ายืน (ข) ท่านั่ง และ (ค) ท่าล้ม

3.3 ประสิทธิภาพของการประมาณท่าทางการล้ม

การทดสอบการประมาณท่าทางการล้มทั้งหมด 16 ท่าทาง ได้แก่ ล้มหงายไปด้านหน้า ล้มหงายไปด้านหลัง ล้มหงายไปด้านขวา ล้มหงายไปด้านซ้าย ล้มคว่ำไปด้านหน้า ล้มคว่ำไปด้านหลัง ล้มคว่ำไปด้านขวา ล้มคว่ำไปด้านซ้าย ล้มขวาไปด้านหน้าล้มขวาไปด้านหลัง ล้มขวาไปด้านขวา ล้มขวาไปด้านซ้าย ล้มซ้ายไปด้านหน้า ล้มซ้ายไปด้านหลัง ล้มซ้ายไปด้านขวา ล้มซ้ายไปด้านซ้าย

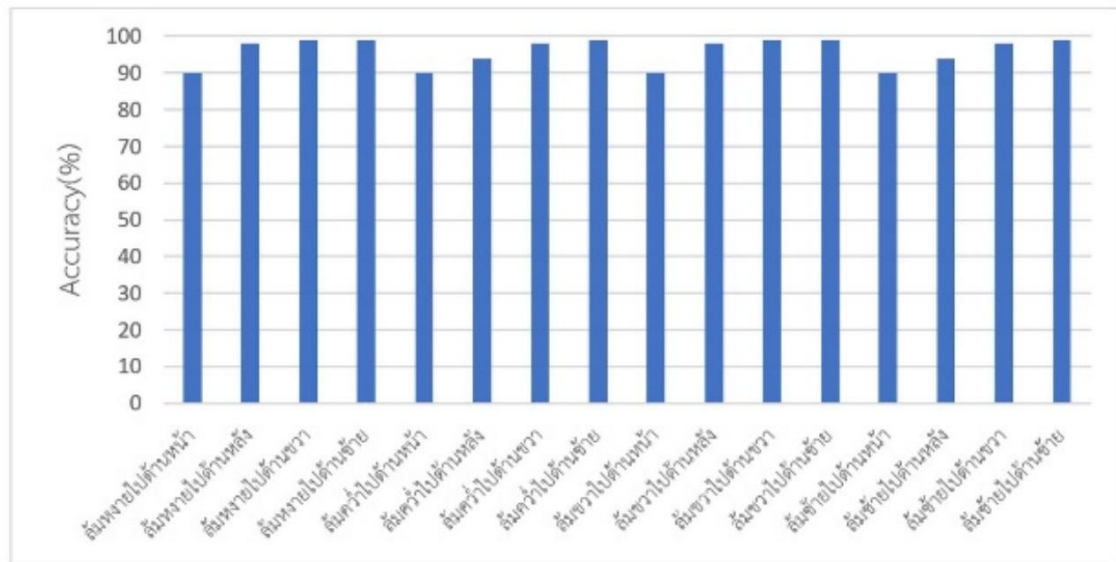


ภาพที่ 11 ค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกท่าทางของแต่ละท่าทาง ที่แต่ละตำแหน่งของพื้นที่ทดสอบ



ภาพที่ 12 ค่าความถูกต้องเฉลี่ยของการจำแนกท่าทางทั้ง 3 ท่า ที่แต่ละตำแหน่งของพื้นที่ทดสอบ

ขวาไปด้านซ้าย ล้มซ้ายไปด้านหน้า ล้มซ้ายไปด้านหลัง ล้มซ้ายไปด้านขวา และล้มซ้ายไปด้านซ้าย โดยทำการทดสอบท่าละ 10 ครั้ง ภาพที่ 13 แสดงค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการประมาณท่าทางการล้มทั้ง 16 ท่า ที่ได้จากการทดสอบของอาสาสมัครทั้ง 5 คน พบว่าท่าทางการล้มหงายไปด้านขวา ล้มหงายไปด้านซ้าย ล้มคว่ำไปด้านซ้าย ล้มขวาไปด้านขวา ล้มขวาไปด้านซ้าย ล้มซ้ายไปด้านซ้าย ล้มซ้ายไปด้านหน้า มีความถูกต้องในการจำแนกท่าทางมากที่สุดคือ 99 เปอร์เซ็นต์ และล้มซ้ายไปด้านหน้า มีความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกล้องไม่สามารถตรวจจับโครงกระดูกของภาพบางภาพได้ เพราะอยู่เกินขอบเขตของมุมมอง ดังนั้นจึงไม่สามารถตรวจพบว่ามีท่าล้มได้



ภาพที่ 13 ค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการประมาณท่าทางการล้มทั้ง 16 ท่า

3.4 ประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนของระบบแจ้งเตือนการล้ม

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนการล้ม ซึ่งประกอบด้วย ท่าล้มหงาย ท่าล้มคว่ำ ท่าล้มไปด้านขวา ท่าล้มไปด้านซ้าย ท่ายืน และท่านั่ง โดยทำการทดสอบท่าละ 50 ครั้ง เริ่มจากการจำแนกท่าทางการล้มด้วยอัลกอริทึมที่นำเสนอ จากนั้นจะแจ้งเตือนผ่านระบบทั้งกรณีที่เกิดการล้ม และไม่ล้ม สุดท้ายประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือน โดยแสดงในรูปแบบของ Confusion matrix ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับประเมินประสิทธิภาพของระบบแสดงรายละเอียดดังนี้

True Positive (TP) คือแจ้งเตือนว่าเกิดการล้มและเกิดการล้มขึ้นจริง

True Negative (TN) คือแจ้งเตือนว่าไม่เกิดการล้มและไม่เกิดการล้มขึ้นจริง

False Positive (FP) คือแจ้งเตือนว่าเกิดการล้มแต่ไม่เกิดการล้มขึ้นจริง

False Negative (FN) คือแจ้งเตือนว่าไม่เกิดการล้มแต่เกิดการล้มขึ้นจริง

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของระบบแจ้งเตือนแสดงดังสมการที่ 1

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

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนพบว่าค่าความถูกต้องเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถแจ้งเตือนว่าเกิดการล้มและเกิดการล้มขึ้นจริงเท่ากับ 179 ครั้ง (TP) แจ้งเตือนว่าไม่เกิดการล้มและไม่เกิดการล้มขึ้นจริงเท่ากับ 91 ครั้ง (TN) แจ้งเตือนว่าเกิดการล้มแต่ไม่เกิดการล้มขึ้นจริงเท่ากับ 9 ครั้ง (FP) แจ้งเตือนว่าไม่เกิดการล้มแต่เกิดการล้มขึ้นจริงเท่ากับ 21 ครั้ง (FN) นอกจากนี้ยังส่งการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ อย่างไรก็ตามการแจ้งเตือนจะเกิดขึ้นในกรณีที่ตรวจจับว่าเกิดการล้มเท่านั้น

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนของระบบแจ้งเตือนการล้ม

	Actually Positive (1)	Actually Negative (0)
Notify Positive (1)	TP=179	FP=9
Notify Negative (0)	FN=21	TN=91

4. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างต้นแบบระบบตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้ไลบรารีโอเพ่นซีวีและมีเดียไปป์ ซึ่งรันบนโปรแกรมไพทอน โดยรับภาพจากกล้องเว็บแคมที่ติดตั้งบนเพดาน และเชื่อมต่อกับบอร์ด Raspberry Pi เพื่อจำแนกการล้ม และทำการแจ้งเตือน ส่งการแจ้งเตือนด้วยโปรแกรม Twilio ซึ่งเป็นการโทรไปยังหมายเลขที่กำหนดไว้ ข้อดีของระบบนี้คือภาพที่แสดงมีลักษณะเป็นโครงกระดูกจึงไม่บุกรุกความเป็นส่วนตัวของผู้สูงอายุ คุณลักษณะเด่นที่ใช้จำแนกการล้มคือ องศาของหลัง ไหล่ และ หน้า พร้อมทั้งใช้การเรียนรู้เชิงลึกแบบ CNN สำหรับจำแนกท่าทางการล้ม

การทดลองถูกแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อดังนี้ (1) การวิเคราะห์ท่าทางการล้มหมายถึง ล้มคว่ำ ล้มขวา และล้มซ้าย โดยวัดจากองศาหน้าและองศาไหล่ พบว่าการล้มหงายกับการล้มคว่ำมีองศาไหล่ที่ใกล้เคียงกัน แต่ต่างกันที่ค่าขององศาหน้า นอกจากนี้การล้มไปด้านซ้ายกับด้านขวามีค่าองศาหน้าและองศาไหล่ที่ต่างกัน จึงทำให้สามารถจำแนกท่าทางการล้มแต่ละท่าทางได้ (2) ประสิทธิภาพของการจำแนกท่าทางของแต่ละตำแหน่งในพื้นที่ทดสอบ โดยทดสอบจำนวน 3 ท่าทาง คือ ยืน นั่ง และล้ม พบว่าการจำแนกท่าทางทั้ง 3 ท่า บริเวณตรงกลางพื้นที่ทดสอบมีค่าความถูกต้องมากที่สุด คือ 99.67 เปอร์เซ็นต์ และที่ขอบล่างด้านซ้าย (ตำแหน่งที่ 1) มีค่าความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 93 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากขณะทดสอบอาสาสมัครอาจจะอยู่บริเวณขอบของพื้นที่ทดสอบ ซึ่งเซ็นเซอร์ไม่สามารถตรวจจับได้ในบางภาพ (3) ประสิทธิภาพของการประมาณท่าทางการล้มจำนวน 16 ท่า ในพื้นที่ทดสอบ พบว่าท่าล้มหงายไปด้านขวาและด้านซ้าย ล้มขวาไปด้านขวาและด้านซ้าย มีค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงสุด ส่วนท่าล้มคว่ำไปด้านหน้า มีความถูกต้องน้อยที่สุด เนื่องจากกล้องไม่สามารถจับโครงกระดูกของบางภาพได้จึงไม่สามารถตรวจจับว่ามีการล้ม (4) ประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนการล้ม พบว่าความแม่นยำระบบแจ้งเตือนการล้มอยู่ที่ 97 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากขณะทดสอบอาสาสมัครอาจจะอยู่ในลักษณะทำนั่งกึ่งนอน ทำให้ลักษณะท่าทาง ในบางภาพมีลักษณะคล้ายกับท่าล้ม จึงเกิดความผิดพลาดในการตรวจจับ

งานวิจัยนี้สามารถใช้ในการตรวจจับการล้มในสถานที่ต่างๆ เช่น บ้านพักอาศัย บ้านพักคนชรา และโรงพยาบาล เป็นต้น โดยตรวจสอบได้ที่ละคน ต้นทุนการผลิตประมาณ 6,000 บาท งานในอนาคตผู้วิจัยมีความสนใจในการแก้ไขข้อจำกัดในเรื่องของมุมกล้องด้วยการให้กล้องติดตามตัวบุคคล ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการล้ม

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิพา ศรีช้าง และ ลลิตรา กำวิ, “การพยากรณ์การพลัดตกหกล้มของผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560-2564,” รายงาน สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2564, หน้า 1-8.
- [2] ชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์, “การตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุและจำแนกข้อมูลกิจกรรมการเคลื่อนไหวด้วยอัลกอริทึม Weighted k-Nearest neighbor บนระบบฝังตัวแบบพกพาที่ใช้ IoT,” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชวมงคลธัญบุรี, ปีที่ 18, ฉบับที่ 1, หน้า 45-46, 2563.
- [3] ภูสิต ฤกษ์เกษม, และคณะ, “การตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุในห้องพักในบ้านพักคนชรา,” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2559.
- [4] L. Zhixin, M. Yang, Y. Yuan, and K. Y. Chan, “Fall detection and personnel tracking system using infrared array Sensors,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 20, no. 16, pp. 9558-9566, 2020.
- [5] N. Zerrouki, F. Harrou, Y. Sun, A. Z. A. Djafer, and H. Amrane, “A survey on recent advances in fall detection systems using machine learning formalisms,” *In proceeding 7th International Conference on Frontiers of Signal Processing (ICFSP)*, Paris, France, 7-9 September 2022.
- [6] ศรัณยู ทิตพัฒน์ และคณะ, “ระบบตรวจจับการล้มบนพื้นฐานของการประมวลผลภาพถ่ายความร้อน

Research article

ด้วยวิธีอัตราส่วนความยาวแกน X ต่อแกน Y,”
ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ
วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 2565.

- [7] ทินกร ชุณหัทธกุล, “การวิจัยและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตรวจจับและแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุด้วยมีเดียไปป์เฟรมเวิร์ค,” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชาร์อีสท์บางกอก, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 55-67, 2567.
- [8] อีรศักดิ์ โชติกวณิชย์, “ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับตรวจจับการล้มขณะอาบน้ำด้วยกล้องที่รักษาความเป็นส่วนตัว,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555.
- [9] B. S. Kumar, “Real Time Camera based Human Fall Detection Using Raspberry Pi. The thesis of Engineering in Microelectronics and Embedded systems,” M.S. thesis, Dept. of Industrial Systems Engineering, School of Engineering and Technology, Asian Institute of Technology, Thailand, 2019.
- [10] L. Zhixin, M. Yang, Y. Yuan, and K. Y. Chan, “Fall detection and personnel tracking system using infrared array sensors,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 20, no. 16, pp. 9558-9566, 2020.
- [11] M. Fayad, M. Y. Hachani, K. Ghoumid, A. Mostefaoui, S. Chouali, F. Picaud, G. Herlem, I. Lajoie, and R. Yahiaoui, “Fall detection approaches for monitoring elderly healthcare using kinect technology: a survey,” *Applies Science*, vol. 13, no. 18, 10352, 2023.