ระบบแจ้งเตือนอัจฉริยะเพื่อป้องกันภัยสำหรับนักเรียนพลัดตกอาคารเรียน

Smart Alert System for Preventing School Students from Falling Off Building

ณัฐพล วงษ์มี, วิยดา ยะไวทย์*

Natthaphon Wongmee, Wiyada Yawai*

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Computer Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

บทคัดย่อ

ปัญหาการพลัดตกอาคารในช่วงเวลากลางคืนหรือในช่วงเวลาที่ไม่มีคนอยู่ เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยและไม่สามารถจะช่วยเหลือได้ทันท่วงที ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดเหตุการณ์เหล่านี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนเพื่อป้องกันการพลัดตกอาคารในสถานศึกษาเพื่อช่วยป้องกันการเกิดเหตุร้าย โดยใช้การตรวจจับร่างกายผ่านกล้องไอพีโดยใช้มีเดียไปป์ จำแนกท่าทางโดยใช้ Long Short-Term Memory (LSTM) และแจ้งเตือนผ่านลำโพงบลูทูธเมื่อตรวจพบบุคคล และจับเวลาเพื่อแจ้งเตือนเป็นระยะๆ เพื่อให้พนักงานรักษาความปลอดภัยเข้าช่วยเหลือได้ทันท่วงที ผลการทดสอบกับบุคคลจำนวน 10 คน พบว่าความแม่นยำของการแจ้งเตือนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 96.5 โดยสามารถระบุท่าทางของบุคคลในขณะนั้นได้ และมีความแม่นยำสูงเมื่อระยะการทดสอบไม่เกิน 1 เมตร

คำสำคัญ: การพลัดตกอาคาร การล้ม การป้องกั มีเดียไปป์ แอลเอสทีเอ็ม

Abstract

The problem of accidental falls from buildings at night or during times when the area is unoccupied, which is a frequent issue and cannot be immediately addressed. The researcher has the concept for the development of alert system to prevent falls from buildings in educational institutions in order to prevent the occurrence of accidents. This system uses body detection through IP cameras with Mediapipe applying, distinguishes gestures using Long Short-Term Memory (LSTM), and alerts through a Bluetooth speaker when a person is detected. It also features a timer for periodic notifications to allow security personnel to respond promptly. In tests with 10 individuals, the system demonstrated an average alert accuracy of 96.5%, capable of identifying a person's posture at that moment. The testing system showed high accuracy within a range of no more than 1 meter.

Keywords: Falling from buildings, Falling, Prevention, Mediapipe, LSTM

* *Corresponding author : wiyada.y@nrru.ac.th*

Received: 25 ม.ค. 67; Revised: 20 ก.ค. 67; Accepted: 2 ต.ค. 67

1. บทนำ

จากสถิติข้อมูลขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO, 2023) อุบัติเหตุจากการพลัดตกเป็นสาเหตุการเสียชีวิตที่ไม่ตั้งใจเป็นอันดับที่ 2 ของโลก ในแต่ละปีมีผู้เสียชีวิตจากการพลัดตกประมาณ 684,000 คนทั่วโลก มากกว่าร้อยละ 80 เกิดขึ้นในประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง นอกจากนี้มีการบาดเจ็บจากการพลัดตกที่รุนแรงที่ต้องได้รับการรักษาประมาณ 37.3 ล้านครั้งต่อปี ในส่วนของสถานศึกษาการเสียชีวิตของนักเรียนและนักศึกษาที่เกิดจากการพลัดตกจากอาคารเรียนเป็นเหตุการณ์ที่น่าสลดใจ ก่อให้เกิดความสูญเสีย และความกังวลในหมู่ผู้ปกครองและสังคมทั่วไป อุบัติเหตุเหล่านี้มักเกิดขึ้นกับนักเรียนในช่วงวัยมัธยมศึกษา ตลอดจนกระทั่งนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา โดยมีหลายสาเหตุที่นำไปสู่เหตุการณ์นี้ ไม่ว่าจะเป็นความประมาท ความเครียด โรคซึมเศร้า หรือปัญหาส่วนตัว (Thai PBS, 2566; มติชนออนไลน์, 2566) ซึ่งสร้างความตกใจและเสียใจให้กับทุกคนที่อยู่ในเหตุการณ์และครอบครัวของผู้บาดเจ็บหรือผู้เสียชีวิต สถานที่เกิดเหตุส่วนใหญ่มักเป็นตึกหรืออาคารที่เปลี่ยวและเหตุการณ์มักเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน หรือช่วงนอกเวลาทำการ

จากการที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อรับมือกับปัญหานี้ได้อย่างทันท่วงที ผู้พัฒนาจึงได้พัฒนาระบบเฝ้าระวังผ่านกล้องไอพีที่ติดไว้บนอาคารใกล้บริเวณหน้าต่าง หรือระเบียง โดยมีการตรวจจับท่าทางของบุคคลแบบเรียลไทม์ และแจ้งเตือนผ่านลำโพงในกรณีที่มีคนอยู่บนอาคารเรียนซึ่งอาจจะมีความเสี่ยงในการกระโดดอาคารเรียนลงมา หรือพลัดตกอาคารเรียนโดยไม่ได้ตั้งใจ เพื่อแจ้งให้ผู้ที่อยู่ใกล้กับจุดที่มีการแจ้งเตือน ครูเวร และพนักงานรักษาความปลอดภัย ได้เข้าไปช่วยเหลือทันท่วงทีก่อนที่จะเกิดเหตุร้ายแรง ดังนั้น บทความนี้จึงได้นำเสนอระบบแจ้งเตือนอัจฉริยะเพื่อป้องกันภัยสำหรับนักเรียนหรือนักศึกษาพลัดตกอาคารเรียน เพื่อป้องกันและดูแลนักเรียนนักศึกษาในสถานศึกษาเพื่อช่วยลดความเสี่ยงและป้องกันเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ท่าทางในลักษณะต่าง ๆ การตรวจจับท่าทางเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ การพลัดตกหกล้ม มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ชลธิศา รัตนชู และคณะ (2564) ได้พัฒนาระบบเฝ้าระวังเด็กเล็กด้วยการประมวลผลภาพวิดีโอ มีวัตถุประสงค์หลักในการตรวจจับพฤติกรรมของเด็กเล็กที่อยู่ในเตียงลูกกรง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการพลัดตกหรือการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นกับเด็กเล็ก ระบบนี้มีความสามารถในการวิเคราะห์ภาพวิดีโอเพื่อตรวจจับและวิเคราะห์ท่าทางของเด็กเล็ก รวมถึงการประเมินความถูกต้องของท่าทางเหล่านั้น ระบบทำงานโดยใช้วิธีการ Optical Flow ในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของเด็กและวิเคราะห์ทิศทางและขนาดของการเคลื่อนที่ สามารถจำแนกท่าทางเป็น 3 ประเภท ท่าปกติ ท่าปีน และท่าตกจากเตียง โดยระบบจะแจ้งเตือนผู้ปกครองเมื่อมีการตรวจจับพฤติกรรมที่อาจนำไปสู่อันตราย เช่น การปีนหรือตกจากเตียง เป็นต้น ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบนี้มีความถูกต้องในการวิเคราะห์ท่าทางของเด็กเล็กได้ถึงร้อยละ 80.7 การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้ปกครองสามารถดูแลเด็กได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับเด็กเล็กในขณะที่ผู้ปกครองไม่อยู่ในห้อง

ดุษฎีนิพนธ์ของพงศกร เจริญเนตรกุล (2561) เรื่องการวิเคราะห์ท่าทางของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลสีและความลึกจากหลายมุมมอง งานวิจัยนี้พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อจำแนกท่าทางมนุษย์และติดตามบุคคล สามารถตรวจจับเหตุการณ์ที่น่าสนใจ ตัวอย่างเช่น การล้ม การโบกมือ และการกระโดด

โดยการทดสอบใช้ภาพสีและความลึกจากหลายมุมมอง มีการใช้การฟิวชันข้อมูลระดับสูงและระดับฟีเจอร์เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการรู้จำ โดยทดสอบกับชุดข้อมูล Northwestern UCLA, i3DPost และชุดข้อมูล PSU ผลการทดสอบมีความแม่นยำอยู่ระหว่างร้อยละ 86.4 ถึง 99.31

งานวิจัยการจำแนกท่าทางการปีนเตียงแบบลูกกรงของเด็กเล็ก พัฒนาโดยอธิป วณิชย์รุจี (อธิป วณิชย์รุจี, 2559) นำเสนอวิธีการตรวจจับท่าทางการปีนป่ายของเด็กเล็กเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการตกจากที่สูง โดยใช้กล้องวีดีโอวงจรปิดหรือกล้องไอพี สำหรับเฝ้าระวัง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 เป็นการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วย Optical Flow ขั้นที่ 2 เป็นขั้นตอนการเชื่อมต่อขอบภาพด้วยวิธี Morphological ส่วนขั้นที่ 3 เป็นการกำหนดขอบเขตวัตถุ ขั้นที่ 4 เป็นการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG และขั้นสุดท้ายเป็นการจำแนกท่าทางด้วยวิธี Multi-SVM โดยได้ทดสอบคลิปวิดีโอทั้งหมด 75 วิดีโอ ผลการทดสอบมีความแม่นยำในการจำแนกท่าทางการปีนป่ายของเด็กอยู่ที่ร้อยละ 82.76

นวัตกรรมเรื่องระบบการแจ้งเตือนการล้มและการระบุตัวตนผ่านไลน์โดยใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องของนโรตม์ นิลสุขุม และวิยดา ยะไวทย์ (2566) พัฒนาระบบตรวจจับการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องและกล้อง ไอพีในการตรวจจับและแจ้งเตือนการหกล้มผ่านแอปพลิเคชัน LINE ระบบนี้รวมถึงการระบุตัวตนด้วยเทคโนโลยี LBPH สำหรับการยืนยันตัวตนโดยใช้ใบหน้า และใช้เทคนิคมีเดียไปป์ (Mediapipe) เพื่อการตรวจจับท่าทางการล้มใน 4 ท่าทาง คือ ล้มซ้าย ล้มขวา ล้มคว่ำหน้า และล้มหงายหลัง โดยคำนวณมุมและระยะของจุดต่าง ๆ บนร่างกาย สำหรับการตรวจจับท่าทางการล้มมีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 90 และการตรวจจับใบหน้ามีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 93.1 ระบบนี้มีประโยชน์ในการป้องกันการบาดเจ็บหรือการสูญเสียชีวิตจากการหกล้ม โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ การติดตั้งใช้งานราคาไม่แพงเหมาะกับการใช้งานได้ทุกครอบครัว

อนุชา ทยาอานุภาพ และวิยดา ยะไวทย์ (2565) บทความวิจัยเรื่องระบบตรวจจับการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาการหกล้มในผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ลำพัง โดยใช้กล้องไอพี ตรวจจับการหกล้มและส่งการแจ้งเตือนไปยังญาติผ่าน LINE เพื่อให้ได้รับความช่วยเหลืออย่างทันท่วงที งานวิจัยนี้ได้นำการใช้กล่องขอบเขต (Bounding box) มาเปรียบเทียบหาสัดส่วนระหว่างความกว้างและความสูงของลำตัวเพื่อระบุท่าทางการยืนและการล้มตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ และนับจำนวนเฟรมภาพขณะที่ล้มเพื่อนับระยะเวลาล้มตามกำหนด เมื่อครบตามกำหนดจะทำการแจ้งเตือนไปยังญาติพี่น้องใกล้ชิดผ่าน LINE ผลการทดสอบการตรวจจับการล้ม มีความแม่นยำเฉลี่ยที่ร้อยละ 88.3

S. Pires และคณะ (2021) ได้นำเสนอบทความเรื่อง A Real-Time Position Monitoring System for Fall Detection and Analysis Using Human Pose Estimation บทความนี้นำเสนอระบบตรวจสอบท่าทางเพื่อการตรวจจับการล้มในผู้สูงอายุแบบเรียลไทม์ วัตถุประสงค์ของระบบคือการลดผลกระทบจากการล้มที่อาจนำไปสู่อันตรายหรือการเสียชีวิตในผู้สูงอายุ โดยใช้กล้อง IR สำหรับจับภาพวิดีโอแบบเรียลไทม์และใช้งานอัลกอริทึมการตรวจจับวัตถุและการประมาณท่าทางของมนุษย์ ระบบนี้ใช้ทั้งอัลกอริทึมตรวจจับการล้มและอุปกรณ์สวมใส่เพื่อส่งการแจ้งเตือนไปยังญาติพี่น้องของผู้สูงอายุหากเกิดการล้ม พร้อมด้วยข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิต ผลดีของระบบนี้คือการตรวจจับการล้มและการระบุสาเหตุของการล้มได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ ในขณะที่ผลเสียที่อาจเกิดขึ้นอยู่ที่ความทนทานของอุปกรณ์ที่ต้องสวมใส่ตลอดเวลาเพื่อการตรวจจับที่แม่นยำ

Y. Shi และคณะได้นำเสนอบทความเรื่อง Indoor Fall Detection Based on Yolov5 And Openpose (Shi, Zhou, Ma, & Ma, 2022) บทความวิจัยนี้เสนอวิธีการตรวจจับการล้มภายในอาคารโดยใช้ Yolov5 และ OpenPose วัตถุประสงค์หลักคือการตรวจจับการล้มและป้องกันอันตรายต่อร่างกายในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร วิธีการนี้ประกอบด้วยการสร้างโครงสร้างเครือข่าย Yolov5 และการเพิ่มเครือข่ายการรวมเส้นทาง, ตามด้วยการใช้ OpenPose ในการสกัดจุดข้อต่อของกระดูกมนุษย์ จากนั้นใช้ข้อมูลจุดข้อต่อเพื่อตรวจจับพฤติกรรมการล้มและทำให้โมเดลมีน้ำหนักเบา ผลดีของวิธีนี้คือการตรวจจับพฤติกรรมการล้มได้มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูง แต่ยังจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและย้ายโมเดลไปยังฮาร์ดแวร์เพื่อการใช้งานจริงต่อไป

งานวิจัยที่กล่าวถึงข้างต้นได้มุ่งเน้นไปที่การตรวจจับพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวของมนุษย์ในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ เช่น ภายในอาคารหรือเตียงลูกกรงของเด็ก อย่างไรก็ตาม งานเหล่านี้ไม่ได้ครอบคลุมถึงการป้องกันการพลัดตกอาคารโดยตรง จึงเป็นที่มาที่ผู้พัฒนามีแนวคิดในการพัฒนาระบบการป้องกันการพลัดตกอาคารในสถานศึกษา เพื่อช่วยป้องกันการเกิดเหตุร้ายซึ่งเป็นปัญหาที่ประสบอยู่ในปัจจุบันเพื่อให้เข้าช่วยเหลือก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์ขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนเพื่อป้องกันภัยจากการพลัดตกอาคารเรียนแบบเรียลไทม์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

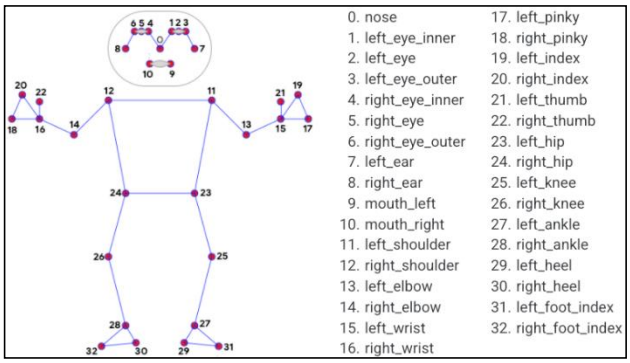
ในส่วนนี้ กล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัยและวิธีดำเนินงานวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1.1 มีเดียไปป์ (Mediapipe)

มีเดียไปป์ (Grishchenko & Bazarevsky, 2022) พัฒนาโดย Google เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ในรูปแบบของ Pipeline ซึ่งมีความสามารถในการระบุจุดต่าง ๆ บนร่างกาย ใบหน้า และมือ โดยการใช้กระบวนการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง Interference Backend ทำให้การใช้งานทั้งสะดวกและหลากหลาย ได้แก่ การนำไปใช้ในการออกกำลังกายหรือตรวจจับภาษากาย ความแม่นยำในการติดตามท่าทางของร่างกายมาจากการวิเคราะห์จุดสังเกต 3 มิติ จำนวน 33 จุด ดังภาพที่ 1 การกำหนดท่าทางทำโดยการนำจุดเหล่านี้มากำหนดตามแนวแกน X และ Y พร้อมกับการคำนวณมุมหรือระยะทางผ่านสูตรคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถจำแนกท่าทางได้หลากหลาย เช่น การตรวจจับท่าทางการหกล้ม การเดิน นั่ง กระโดด เป็นต้น

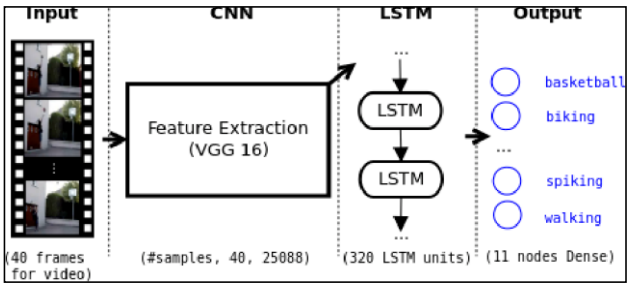


ภาพที่ 1 ตำแหน่งจุดและเส้นบนร่างกายของมีเดียไปป์ (Grishchenko & Bazarevsky, 2022)

3.1.2 LSTM (Long Short-Term Memory)

CNN-LSTM (Convolutional Neural Network - Long Short-Term Memory) (Orozco, Buemi, & Berlles, 2019) เป็นโครงสร้างในด้านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) (ณัฐโชติ และสัจจาภรณ์, 2564; Singh, 2019) ที่ใช้สำหรับการรู้จำและจำแนกการกระทำในวิดีโอ ดังตัวอย่างดังภาพที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานทางด้าน Computer Vision โมเดลนี้ถูกออกแบบมาเพื่อรวมความสามารถของ CNN ในการดึงคุณลักษณะสำคัญจากแต่ละเฟรมของวิดีโอและ LSTM ในการจัดการกับลำดับและความเกี่ยวข้องของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวิดีโอ โครงสร้างนี้ช่วยในการประมวลผลวิดีโอโดยการจับคุณลักษณะเฉพาะของเหตุการณ์และวัตถุในแต่ละเฟรมด้วย CNN และเชื่อมโยงลำดับของเหตุการณ์เหล่านั้นผ่าน LSTM เพื่อจำแนกและรู้จำการกระทำที่เกิดขึ้นในลำดับเวลา ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและมีเนื้อหาที่สมเหตุสมผล

ในการวิจัยเกี่ยวกับการจำแนกท่าทาง LSTM ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ผ่านกล้องไอพี เช่น การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ยืน เดิน วิ่ง นั่ง และกระโดด โดยการใช้ LSTM ช่วยให้ระบบสามารถจำแนกและทำนายท่าทางที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 2 ตัวอย่างสถาปัตยกรรม CNN-LSTM สำหรับการรู้จำการกระทำในวิดีโอ (Orozco, Buemi, & Berlles, 2019)

3.1.3 ค่าการสูญเสีย (Loss) ความแม่นยำ (Accuracy) ค่าการสูญเสียในการตรวจสอบ (Validation loss) และค่าความแม่นยำของการตรวจสอบ (Validation accuracy)

หลักการทำงานของความแม่นยำ ค่าการสูญเสียในการตรวจสอบ และค่าความแม่นยำของการตรวจสอบ (ณัฐโชติ และสัจจาภรณ์, 2564; บัญชา ปะสีละเตสัง, (2564) อธิบายดังรายละเอียดดังนี้

การสูญเสีย เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องในการทำนายผลลัพธ์เมื่อเทียบกับคำตอบจริง ในกระบวนการฝึกสอน โมเดลจะทำการทำนายจากชุดข้อมูลฝึกสอนและคำนวณความต่างระหว่างการทำนายกับคำตอบจริง ซึ่งค่านี้จะถูกใช้ในการปรับแต่งพารามิเตอร์ของโมเดล

ความแม่นยำ เป็นตัวชี้วัดที่แสดงอัตราการทำนายที่ถูกต้องของโมเดลเมื่อเทียบกับจำนวนตัวอย่างทั้งหมดในชุดข้อมูล อย่างไรก็ตาม ค่านี้ไม่สามารถบ่งบอกถึงความผิดพลาดในรายละเอียดหรือเข้าใจถึงความเหลื่อมล้ำระหว่างคลาสต่าง ๆ ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าหนึ่งคลาสมีจำนวนตัวอย่างมากกว่าคลาสอื่น ค่าความแม่นยำอาจจะสูงเพราะการทำนายที่ถูกต้องในคลาสนั้นโดยไม่บ่งบอกถึงความผิดพลาดในคลาสอื่น

ค่าสูญเสียในการตรวจสอบ เป็นค่าที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องบนชุดข้อมูลตรวจสอบ ซึ่งโมเดลไม่ได้ใช้ในระหว่างการฝึกสอน ค่านี้ช่วยให้เข้าใจว่าโมเดลมีประสิทธิภาพอย่างไรกับข้อมูลใหม่และยังเป็นตัวบ่งชี้ว่าโมเดลอาจเกิดปัญหา overfitting หรือไม่ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่โมเดลเรียนรู้จากชุดข้อมูลฝึกสอนจนละเอียดเกินไปและไม่สามารถทำนายข้อมูลใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความแม่นยำของการตรวจสอบ คือตัวชี้วัดความสามารถของโมเดลในการทำนายข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการฝึกฝน (ชุดข้อมูลตรวจสอบ) โดยแสดงสัดส่วนของตัวอย่างที่ทำนายถูกต้อง ช่วยประเมินประสิทธิภาพของโมเดลในสภาวะใหม่ๆ ที่ไม่เคยพบมาก่อน

3.2 การพัฒนาและออกแบบระบบ

การพัฒนาและออกแบบระบบในงานวิจัยนี้ กล่าวถึงหัวข้อที่สำคัญ ดังนี้

3.2.1 อุปกรณ์ ภาษา และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

3.2.1.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

3.2.1.1.1 Notebook

3.2.1.1.2 กล้องไอพี Camera EZVIZ รุ่น C6TC แสดงดังภาพที่ 3

3.2.1.1.3 ลำโพงบลูทูธ (Bluetooth Speaker)

3.2.1.2 อุปกรณ์ซอฟต์แวร์ (Software)

3.2.1.2.1 ระบบปฏิบัติการ Windows 11

3.2.1.3 ภาษาและเครื่องมือ (Language and Tools)

3.2.1.3.1 Python

3.2.1.3.2 Opencv

3.2.1.3.3 Mediapipe

3.2.1.3.4 Bluetooth และ Wi-Fi

ภาพที่ 3 ตัวอย่างภาพกล้องไอพี EZVIZ รุ่น C6TC (Yawai, 2023)

ภาพที่ 3 แสดงกล้องไอพีที่ใช้ในระบบตรวจจับและแจ้งเตือนที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ กล้องไอพีที่ใช้มีคุณลักษณะดังนี้

1. การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต รองรับการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการเข้าถึงและควบคุมจากระยะไกล

2. ความละเอียดสูง สามารถบันทึกภาพและวิดีโอด้วยความละเอียดสูงเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจน

3. การหมุนและปรับมุมกล้อง (PT) สามารถหมุนและปรับมุมกล้องได้ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการตรวจจับ

4. การบันทึกวิดีโอ รองรับการบันทึกวิดีโอทั้งในรูปแบบออนไลน์และออฟไลน์

กล้องที่มีคุณลักษณะเหล่านี้สามารถรองรับการใช้งานกับระบบตรวจจับและแจ้งเตือนที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและป้องกันอุบัติเหตุจากการตกจากอาคาร

การวิจัยนี้เลือกใช้กล้องไอพี เพราะกล้องมีราคาประมาณ 500 - 2,000 บาท ซึ่งมีราคาไม่แพงมาก สามารถหาซื้อได้ทั่วไป กล้องสามารถส่งภาพและวิดีโอแบบเรียลไทม์ผ่านอินเทอร์เน็ต ติดตั้งง่ายและสามารถครอบคลุมพื้นที่กว้าง และมีความคมชัดสูงและสามารถทำงานในสภาพแสงน้อยได้ดี แต่ทั้งนี้ มีข้อจำกัดที่การทำงานต้องพึ่งพาสัญญาณอินเทอร์เน็ต ซึ่งอาจมีปัญหาเมื่อสัญญาณไม่เสถียร การติดตั้งกล้องไอพีเพื่อเฝ้าระวังพื้นที่ต่าง ๆ ภายในและภายนอกอาคารมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและป้องกันอุบัติเหตุ เช่น อาคารเรียนที่มีนักเรียนหรือบุคคลเข้ามาใช้พื้นที่บ่อยครั้ง โดยการติดตั้งกล้องไอพีในบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง เช่น หน้าต่าง ระเบียง และชั้นดาดฟ้า สามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการพลัดตกได้ การปรับเปลี่ยนมุมมองของกล้องให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการเฝ้าระวัง เช่น การติดตั้งกล้องในมุมที่สามารถมองเห็นได้ทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงสุด

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานประกอบรายละเอียด ดังนี้

3.3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

3.3.1.1 การศึกษารายละเอียดของงานวิจัย

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการกระโดดอาคารเรียนผ่านข่าวที่ออกไม่ว่าจะทั้งในหรือต่างประเทศ โดยศึกษาถึงสาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้เด็กคิดจะกระโดดตึกและสถานที่ที่เด็กมักจะไปกระโดดตึกหรืออาคารว่ามีสภาพแวดล้อมเป็นอย่างไร แล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์และออกแบบระบบเพื่อป้องกันและลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น

3.3.1.2 การรวบรวมข้อมูล ความต้องการของระบบ

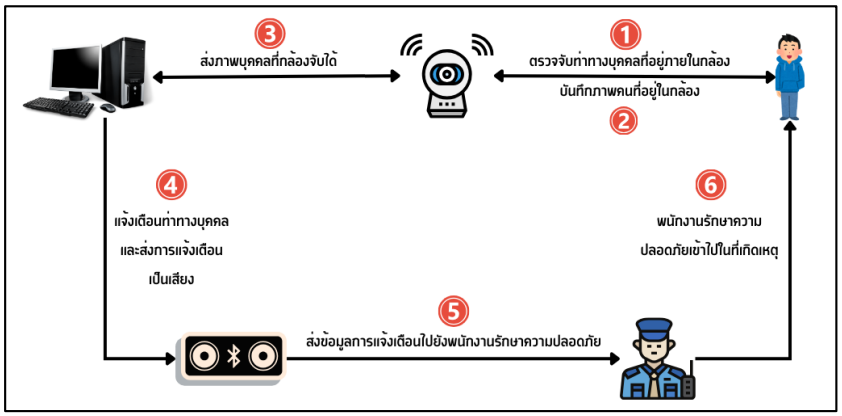
-กล้องไอพี เวลาจะเดินไปเรื่อย ๆ แบบเรียลไทม์

-หากกล้องไอพี ตรวจพบบุคคล ตัวระบบจะส่งการแจ้งเตือนด้วยเสียงผ่านลำโพงภายในโรงเรียน และหากกล้องไอพีตรวจพบบุคคลที่มีท่าทีกำลังจะกระโดด ระบบจะส่งการแจ้งเตือนผ่านลำโพงทันที

-ตัวกล้องไอพีจะเริ่มนับเวลาหลังจากที่มีการตรวจพบเด็กและส่งการแจ้งเตือน หากถึงเวลาที่กำหนดแต่เด็กยังไม่ออกจากในเฟรมกล้องระบบจะส่งการแจ้งเตือนผ่านเสียงออกไปยังลำโพงของในโรงเรียนอยู่เรื่อย ๆ เพื่อให้บุคลากรในโรงเรียนได้รับทราบ

3.3.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลความต้องการของระบบใหม่ที่กล่าวไว้ข้างต้น ภาพที่ 4 แสดงภาพการทำงานของระบบ ดังนี้



ภาพที่ 4 การทำงานของระบบ (Work Flow Diagram)

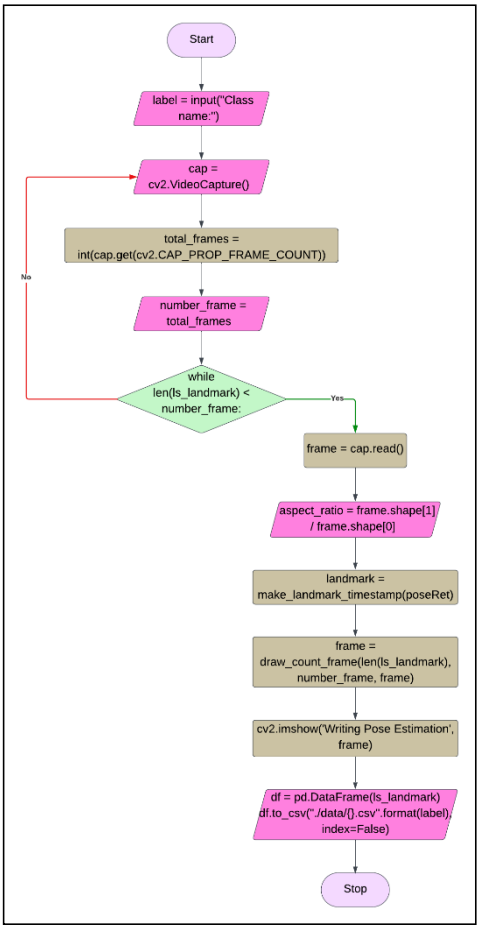
จากภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบเมื่อกล้องตรวจพบบุคคลเข้ามาอยู่ในพื้นที่ระยะของกล้องไอพีเป็นขั้นตอนที่ 1 จะมีการบันทึกภาพคนที่อยู่ในกล้องตามหมายเลขในขั้นตอนที่ 2 และกล้องจะส่งภาพไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลดังขั้นตอนที่ 3 และส่งการแจ้งเตือนด้วยผ่านลำโพงบลูทูธตามหมายเลข 4 เพื่อส่งข้อมูลการแจ้งเตือนไปยังพนักงานรักษาความปลอดภัยตามขั้นตอนหมายเลข 5 เพื่อให้พนักงานรักษาความปลอดภัยได้เข้าไปถึงในที่เกิดเหตุตามขั้นตอนหมายเลข 6 เพื่อเข้าช่วยเหลือได้อย่างทันที เพื่อลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น

3.3.3 การพัฒนาและการทดสอบระบบ

การพัฒนาและการทดสอบระบบแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.3.3.1 การสร้างข้อมูล (Data generation)

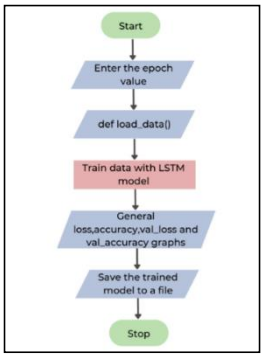
ขั้นตอนการทำงานในส่วนของการสร้างข้อมูล แสดงดังภาพที่ 5 อธิบายขั้นตอนแรกเป็นการพิมพ์ชื่อไฟล์วิดีโอที่ต้องการจัดประเภทท่าทาง ยืน เดิน นั่ง วิ่ง และกระโดด ที่จะใช้ในการฝึก (training) แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยที่ข้อมูลเหล่านี้มักจะเป็นตัวอย่างของข้อมูลที่แบบจำลองคาดหวังจะได้เรียนรู้และทำนายในภายหลัง เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน ตัวระบบจะให้ตั้งชื่อไฟล์ ซึ่งชื่อไฟล์ที่ตั้งคือชื่อของท่าทางที่ต้องการสร้างเพื่อให้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ได้เรียนรู้ท่าทางจากวิดีโอ เมื่อตั้งชื่อเสร็จก็จะแสดงหน้าต่างวิดีโอพร้อม แถบการรัน frame ในมุมบนซ้าย เมื่อการรัน frame สิ้นสุดลงก็จะทำการบันทึกข้อมูลการคัดแยกท่าทางโดยเก็บเฉพาะจุด โดยเก็บค่า x, y, z และค่าการมองเห็น (Visibility) ของส่วนสำคัญ 33 จุดของร่างกายไว้ในรูปแบบของไฟล์ .csv โดยแยกชื่อไฟล์ตามท่าทาง เช่น Walk.csv เป็นต้น



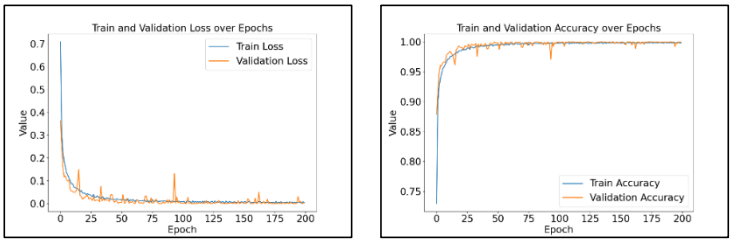
ภาพที่ 5 ภาพแสดงการทำงานของการสร้างข้อมูล

3.3.3.2 การฝึก (Training)

ขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนการฝึกแบบจำลองด้วย LSTM กระบวนการเริ่มต้นด้วยการป้อนค่า epoch ซึ่งกำหนดจำนวนรอบการฝึกซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้จำนวน 200 epoch ต่อมาระบบจะโหลดข้อมูลจากไฟล์ Comma-Separated Values (CSV) โดยใช้คำสั่ง load_data() เช่น Walk.csv, Run.csv, Stand.csv เป็นต้น ที่ได้จากการสร้างข้อมูล จากนั้นทำการฝึกข้อมูลด้วยโมเดลระหว่าง Long Short-Term Memory (LSTM) เพื่อจำแนกพฤติกรรม (Behavior Classification) โดยอาศัยลำดับข้อมูล (sequential data) เพื่อฝึกโมเดลให้สามารถทำนายพฤติกรรมของข้อมูลที่ได้รับมาในรูปแบบลำดับเวลา (Time steps) ซึ่งตั้งค่า Time steps เป็น 10 เพื่อช่วยให้โมเดลสามารถจำและคาดการณ์พฤติกรรมได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ในขั้นตอนการฝึก ประกอบด้วย 9 ชั้น โดยใช้วิธีสลับระหว่าง LSTM และใช้ Dropout เพื่อป้องกัน overfitting โมเดลนี้ใช้ optimizer แบบ Adam และ Loss function แบบ categorical_crossentropy ข้อมูลถูกแบ่งเป็นร้อยละ 80 สำหรับฝึก และร้อยละ 20 สำหรับทดสอบ หลังจากการฝึกเสร็จสิ้น ระบบจะสร้างกราฟแสดงค่าการสูญเสียและความแม่นยำ ทั้งจากการฝึกและการตรวจสอบ ผลลัพธ์การฝึกและโมเดลที่ฝึกแล้วจะได้ไฟล์ชื่อ Body_model.h5 ซึ่งถูกบันทึกและอัปโหลดไปยัง Firebase Storage เพื่อให้ผู้ใช้สามารถดึงไปใช้งานต่อได้ กระบวนการทั้งหมดจะสิ้นสุดลงเมื่อการฝึกเสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 6 ภาพแสดงการทำงานของการฝึกสอนโมเดล



ภาพที่ 7 ค่าการสูญเสีย และค่าความแม่นยำ ขณะเทรนข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจำนวน 200 Epoch

สัญญาณที่บ่งบอกว่าไม่มีการ overfitting มีดังนี้

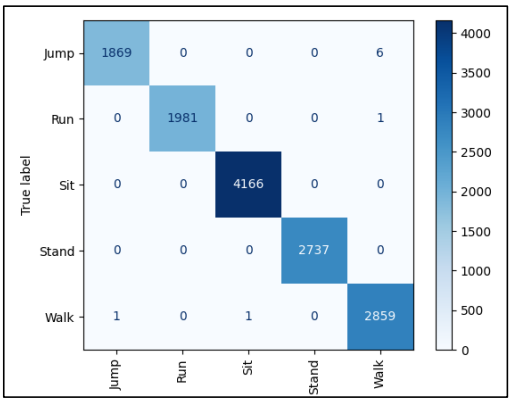
1. ความแม่นยำใกล้เคียงกัน ค่าความแม่นยำของการฝึกอบรมและการตรวจสอบความถูกต้องใกล้เคียงกันตลอดทุก Epoch

2. เส้นกราฟไม่แยกจากกัน เส้นกราฟของความแม่นยำทั้งสองเส้นจะไม่แยกจากกันอย่างชัดเจน ซึ่งบ่งชี้ว่าโมเดลสามารถทำงานได้ดีทั้งกับข้อมูลฝึกอบรมและข้อมูลตรวจสอบความถูกต้อง

จากภาพที่ 7 แสดงผลค่าการสูญเสีย และค่าความแม่นยำ ขณะเทรนข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจำนวน 200 Epoch โดยแกน x แสดงจำนวน Epoch ของการฝึก และแกน y แสดงค่าอัตราความแม่นยำ โดยภาพที่ 7 ในภาพซ้าย กราฟนี้บ่งชี้ว่าโมเดลสามารถฝึกและตรวจสอบได้ดี โดยมีการลดลงของการสูญเสียอย่างรวดเร็วและคงที่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นสัญญาณที่ดีสำหรับการเรียนรู้ของโมเดล การที่ค่า Train Loss และ Validation Loss ใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นว่าโมเดลไม่มีการ overfitting เพราะถ้ามีการ overfitting ค่า Validation Loss มักจะสูงกว่า Train Loss อย่างชัดเจน

และจากภาพที่ 7 ในภาพขวา กราฟแสดงความแม่นยำของการฝึกอบรม (Train Accuracy) และการตรวจสอบความถูกต้อง จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากตลอดทุก Epoch ซึ่งเป็นสัญญาณที่ดีว่ามีการเรียนรู้ที่ดีและไม่มีปัญหา overfitting อย่างชัดเจน

สรุปได้ว่า จากกราฟที่ 7 แสดงว่าโมเดลของไม่มีการ overfitting อย่างชัดเจน



ภาพที่ 8 เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix)

เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) (Jayaswal, 2021) ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานการจำแนกประเภท (Classification) แสดงถึงจำนวนของการทำนายที่ถูกต้องและผิดพลาดในแต่ละประเภท ซึ่งจากงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 5 ประเภท คือ กระโดด (Jump), วิ่ง (Run), นั่ง (Sit), ยืน (Stand) และเดิน (Walk) ซึ่งแสดงอยู่ใน Confusion Matrix ดังภาพที่ 8 โดยแกนแนวนอน (Horizontal Axis) เป็นการทำนาย (Predicted) ส่วนแกนแนวตั้ง (Vertical Axis) เป็นค่าจริง (True) อธิบายได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 อธิบายการทำนายและค่าความจริงของเมทริกซ์ความสับสน

ทำนาย / ความจริง	กระโดด (Jump)	วิ่ง (Run)	นั่ง (Sit)	ยืน (Stand)	เดิน (Walk)
กระโดด (Jump)	1,869	0	0	0	6
วิ่ง (Run)	0	1,981	0	0	1
นั่ง (Sit)	0	0	4,166	0	0
ยืน (Stand)	0	0	0	2,737	0
เดิน (Walk)	1	0	1	0	2,859

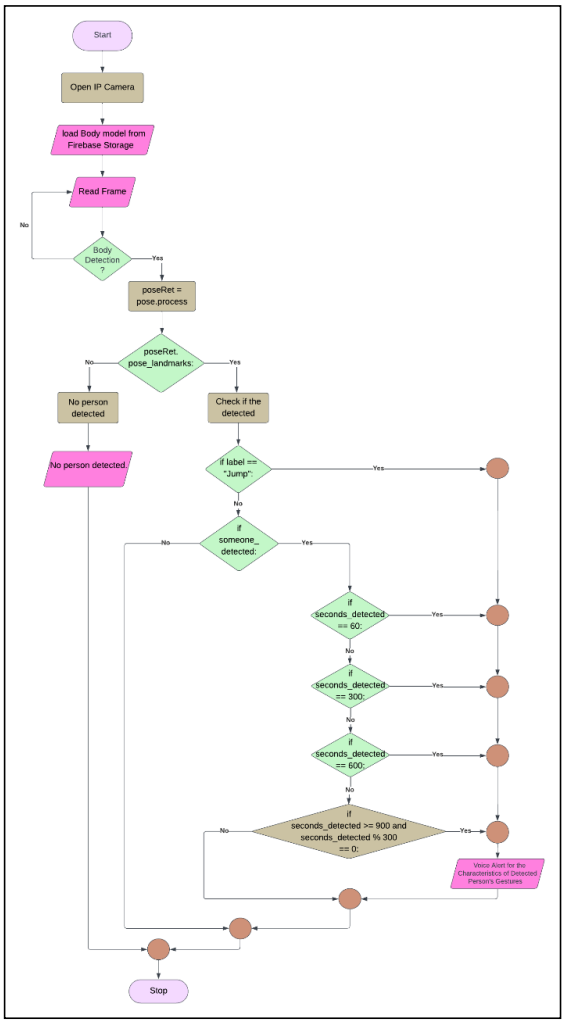
จากตารางที่ 1 แสดงการอธิบายผลในแต่ละแถว ดังนี้

- การกระโดด มีการทำนายถูกต้อง 1,869 ครั้ง และมีการทำนายผิดเป็นเดิน 6 ครั้ง
- การวิ่ง มีการทำนายถูกต้อง 1,981 ครั้ง และมีการทำนายผิดเป็นเดิน 1 ครั้ง
- การนั่ง มีการทำนายถูกต้องทั้งหมด 4,166 ครั้ง
- การยืน มีการทำนายถูกต้องทั้งหมด 2,737 ครั้ง
- การเดิน มีการทำนายเป็นถูกต้อง 2,859 ครั้ง มีการทำนายผิดเป็นกระโดด 1 ครั้ง และทำนายผิดเป็นนั่ง 1 ครั้ง

สรุปจากตารางที่ 1 การทำนายที่ถูกต้องอยู่ในแนวทแยงมุมของเมทริกซ์ (Diagonal) การทำนายที่ผิดอยู่ในช่องที่ไม่ใช่แนวทแยงมุม (Off-Diagonal) ดังนั้น เมทริกซ์ความสับสนแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความแม่นยำสูงมากในการจำแนกประเภทต่าง ๆ โดยมีการทำนายผิดเพียงเล็กน้อยในบางประเภทเท่านั้น

3.3.3.3 การทำนาย (Prediction)

ขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 9 เมื่อมีการเปิดกล้องไอพี ซึ่งติดตั้งอยู่ที่บริเวณมุมตึกที่มองเห็นระเบียงหรือหน้าต่างตรงที่คาดว่ามีความเสี่ยง ถ้าหากตัวกล้องไอพีตรวจจับบุคคลกล้องจะส่งการแจ้งเตือนด้วยเสียงไปยังลำโพงบลูทูธภายในโรงเรียนหรือสถานศึกษา และมีการแจ้งเตือนเมื่อครบ 1, 5, 10, 15 นาที ตามลำดับ ถ้ามากกว่า 15 นาทีจะมีการแจ้งเตือนทุก ๆ 5 นาที ลักษณะการแจ้งเตือนเป็นการแจ้งเตือนทางเสียงผ่านลำโพงบลูทูธของโรงเรียนหรือสถานศึกษาจนกว่าตัวบุคคลที่ถูกตรวจจับอยู่จะเดินออกจากระยะกล้องไอพีไม่สามารถตรวจจับบุคคลได้ตัวกล้องก็จะปิดการนับเวลาการแจ้งเตือนจนกว่าจะมีคนเดินเข้ามาในระยะของกล้องไอพีสามารถตรวจจับได้ และถ้าหากตัวกล้องสามารถตรวจจับได้ว่ามีคนที่กำลังจะกระโดดหรือพลัดตกอาคารเรียน ตัวกล้องจะส่งเสียงแจ้งเตือนออกทางลำโพงบลูทูธเพื่อให้พนักงานรักษาความปลอดภัยหรือครูเวรได้ยินและรีบมายังที่จุดเกิดเหตุโดยเร็วที่สุด



ภาพที่ 9 ภาพแสดงการทำงานของไฟล์ทำนายข้อมูล

โดยสรุปแล้ว จากภาพที่ 9 ระบบแจ้งเตือนนี้ใช้มีเดียไปป์ ในการตรวจจับท่าทางของบุคคล เช่น การยืน การเดิน การนั่ง การวิ่ง และการกระโดด ผ่านกล้องไอพีแบบเรียลไทม์ และใช้ CNN-LSTM ในการจำแนกพฤติกรรมเสี่ยงโดยการอ่านโมเดลที่ได้สร้างไว้แล้ว เพื่อช่วยในการจำแนกพฤติกรรมผ่านกล้องไอพีแบบเรียลไทม์ ทำให้ระบบสามารถตรวจจับพฤติกรรมเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ การใช้เทคโนโลยีมีเดียไปป์และ CNN-LSTM ช่วยยกระดับการตรวจจับและแจ้งเตือนเป็นระยะ ๆ ตามช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อเฝ้าระวังและป้องกันการพลัดตกจากอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ผลการวิจัย

ผู้พัฒนาได้ทำการสร้างระบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานเป็นเมนู การเริ่มให้ระบบทำงาน ผู้ใช้ต้องติดตั้งโปรแกรมระบบ (AlertSystem.exe) ลงบนระบบปฏิบัติการ Windows 11 และเรียกใช้โปรแกรมระบบจะปรากฏดังภาพที่ 10 ซึ่งเป็นหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้ กดปุ่ม Start เมื่อต้องการใช้การระบบป้องกันการพลัดตกอาคารเรียน หลังจากนั้น ระบบจะทำการเชื่อมต่อกล้องไอพีผ่าน Wi-Fi ของโรงเรียนหรือสถานศึกษาและตรวจจับบุคคลผ่านกล้องไอพี เพื่อค้นหาความผิดปกติโดยมีการจับเวลาเป็นช่วง ๆ และมีการส่งเสียงแจ้งเตือนระบุว่าพบบุคคลในท่าทางต่าง ๆ ถ้ามีบุคคลอยู่บริเวณนั้นตามระยะเวลาที่กำหนด จะมีการแจ้งเตือนผ่านลำโพงบลูทูธ (Bluetooth Speaker) เพื่อให้พนักงานรักษาความปลอดภัย หรือครูเวร เข้ามาตรวจสอบในบริเวณดังกล่าวโดยเร็ว เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดเหตุร้ายขึ้น โดยในการทดสอบแบ่งผลการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นผลการทดสอบการตรวจจับร่างกายโดยใช้มีเดียไปป์ ส่วนที่ 2 เป็นผลการทดสอบความแม่นยำของการตรวจจับท่าทาง และส่วนที่ 3 เป็นผลการทดสอบการแจ้งเตือน ดังรายละเอียดในแต่ละส่วน ดังนี้

ภาพที่ 10 ภาพเมนูระบบป้องกันการพลัดตกอาคารเรียน

4.1 ผลการทดสอบการตรวจจับร่างกายโดยใช้มีเดียไปป์

ผลการทดสอบนี้ได้ทดสอบการตรวจจับร่างกายโดยใช้มีเดียไปป์ว่าสามารถตรวจจับร่างกายได้ถูกต้องหรือไม่ โดยทดสอบแบ่งตามระยะห่างระหว่างผู้เข้ารับการทดสอบกับกล้องไอพี โดยมีผู้ที่เข้ารับการทดสอบทั้งหมด 10 คน แบ่งเป็นชาย 8 คน และหญิง 2 คน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง 4 สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ทดสอบคนละ 100 ครั้ง การทดสอบคือให้ผู้ทดสอบทำท่าทางอยู่ในระยะห่างจากกล้องไอพีแตกต่างกัน เช่น 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร, 4 เมตร และ 5 เมตรตามลำดับ เพื่อทดสอบว่าในระยะดังกล่าวสามารถตรวจจับได้ถูกต้องหรือไม่ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการตรวจจับร่างกายโดยใช้มีเดียไปป์

ระยะ / คนที่	1 เมตร	2 เมตร	3 เมตร	4 เมตร	5 เมตร	เฉลี่ย
1	98	96	93	93	90	94.00
2	97	97	95	92	91	94.40
3	99	96	95	91	88	93.80
4	97	96	95	93	90	94.20
5	98	98	94	91	87	93.60
6	96	97	97	94	90	94.80
7	95	93	93	91	91	92.60
8	97	94	95	91	89	93.20
9	97	96	94	90	88	93.00
10	99	99	95	91	90	94.80
เฉลี่ย(%)	97.30	96.20	94.60	91.70	89.40	93.84

จากตารางที่ 2 ระยะห่างระหว่างกล้องไอพีและตำแหน่งของผู้ทดสอบมีผลต่อการตรวจจับท่าทางโดยใช้มีเดียไปป์ โดยระยะ 1 เมตรสามารถตรวจจับท่าทางได้โดยเฉลี่ยมากที่สุดร้อยละ 97.30 เมื่อระยะห่างมากขึ้นเป็น 2, 3, 4 และ 5 เมตรตามลำดับ การตรวจจับท่าทางจะมีความแม่นยำลดลงเรื่อย ๆ ร้อยละ 96.20, 94.60, 91.70 และ 89.40 ตามลำดับ โดยความแม่นยำภายในระยะ 5 เมตรคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 93.84

4.2 ผลการทดสอบความแม่นยำของการตรวจจับท่าทาง

การทดสอบในส่วนนี้ ทดสอบเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการตรวจจับท่าทางทั้งหมด 5 ท่าทาง ได้แก่ ท่ายืน ท่านั่ง ท่าเดิน ท่าวิ่ง และท่ากระโดด สถานที่ที่ใช้ทำการทดสอบ คือ อาคาร 32 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยทำการทดสอบบริเวณชั้น 1 แทนการทดสอบบนชั้นดาดฟ้า เนื่องจากคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้เข้ารับการทดสอบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตราย โดยใช้ Wi-Fi เชื่อมต่อกล้องไอพีและโน้ตบุ๊คคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ความเร็วของการทดสอบขึ้นกับสัญญาณ Wi-Fi ที่เชื่อมต่อกล้องไอพีกับโปรแกรมระบบที่ติดตั้งไว้ในโน้ตบุ๊คคอมพิวเตอร์ ใช้ลำโพงบลูทูธแสดงผลทางเสียงบอกลักษณะท่าทาง พร้อมกับแสดงผลบนหน้าจอระบบ ผู้เข้ารับการทดสอบ 10 คน แบ่งเป็นชาย 8 คน และหญิง 2 คน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง 4 สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ แต่ละคนทำท่าทางทั้งหมด 5 ท่าทาง คือ ยืน นั่ง เดิน วิ่ง และกระโดด ท่าละ 10 ครั้ง ดังภาพที่ 11 และ 12 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ภาพที่ 10 ภาพตัวอย่างการตรวจจับท่ายืน นั่ง และ เดิน

ภาพที่ 11 ภาพตัวอย่างการตรวจจับท่าวิ่ง และกระโดด

ตารางที่ 3 ผลการทดลอบความแม่นยำในการตรวจจับท่าทางที่ถูกต้อง

ท่าทาง / คนที่	ยืน (Stand) (10)	นั่ง (Sit) (10)	เดิน (Walk) (10)	วิ่ง (Run) (10)	กระโดด (Jump) (10)	ทดสอบ(ครั้ง) (50/คน)
1	9	10	10	10	8	47
2	10	9	10	10	8	47
3	10	8	9	10	10	47
4	9	10	10	8	10	47
5	9	9	9	10	10	47
6	10	10	10	10	9	49
7	10	10	10	9	9	48
8	10	10	10	9	9	48
9	9	10	9	8	10	46
10	10	10	10	10	10	50
รวม	96	96	97	94	93	476
เฉลี่ย(%)	96.00	96.00	97.00	94.00	93.00	95.20

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบโปรแกรมสามารถจำแนกท่าทางและมีเสียงแจ้งเตือนขึ้นสอดคล้องกับท่าทางที่ผู้ที่เข้ารับทำการทดสอบ โดยมีความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 95.20 ท่าเดินที่มีความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 97 ท่ายืนและนั่งมีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 96 เท่ากัน ท่าวิ่งมีความแม่นยำร้อยละ 94 และท่ากระโดดมีค่าความแม่นยำน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 93

ทั้งนี้ ถ้านำผลการทดสอบจากตารางที่ 2 มาพิจารณาประกอบ จะเห็นว่าความแม่นยำขึ้นกับระยะห่างระหว่างกล้องไอพีกับตำแหน่งของผู้ที่เข้ารับการทดสอบ โดยตำแหน่งผู้เข้ารับการทดสอบจะเปลี่ยนไปมาตามท่าทางต่าง ๆ เช่น ยืน, นั่ง, เดิน, วิ่ง และกระโดด ดังนั้น ถ้าห่างระยะห่างเกิน 1 เมตร ความแม่นยำในการตรวจจับท่าทางต่าง ๆ จะเริ่มลดลงตามไปด้วยเช่นกัน

4.3 ผลการทดสอบการแจ้งเตือน

การทดสอบการแจ้งเตือนเพื่อป้องกันการพลัดตกอาคาร ในการทดสอบใช้บริเวณชั้น 1 แทนชั้นดาดฟ้าเพื่อป้องอันตรายกับผู้เข้ารับการทดสอบ ณ อาคาร 32 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

โปรแกรมจะเริ่มส่งเสียงเตือนเมื่อตรวจพบบุคคลผ่านกล้องไอพี และเริ่มจับเวลาว่าบุคคลนั้นอยู่นานเท่าใด มีท่าทางอย่างไร เพื่อส่งเสียงแจ้งเตือนผ่านลำโพงบลูทูธ เพื่อให้พนักงานรักษาความปลอดภัย ครูเวร หรือบุคคลที่อยู่ใกล้เคียงได้เข้าช่วยเหลือได้ทันท่วงทีก่อนที่จะเกิดเหตุร้ายขึ้น การทดสอบแบ่งการแจ้งเตือนออกเป็น 5 ระดับ ระดับที่ 1 เมื่อตรวจพบบุคคล และเริ่มจับเวลา ระดับที่ 2 เมื่อครบ 1 นาที ระดับที่ 3 เมื่อครบ 5 นาที ระดับที่ 4 เมื่อครบ 10 นาที และแจ้งเตือนระดับที่ 5 เมื่อครบ 15 นาที และถ้ามากกว่า 15 นาทีจะแจ้งเตือนทุก ๆ 5 นาที และแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบการกระโดด ในการทดสอบมีผู้ที่เข้ารับการทดสอบจำนวน 10 คน แบ่งเป็นชาย 8 คน และหญิง 2 คน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง 4 สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ แต่ละคนทดสอบ 10 ครั้ง ในระหว่างการทดสอบผู้เข้ารับการทดสอบทำท่าทางต่าง ๆ เช่น ยืน เดิน นั่ง วิ่ง และกระโดด แต่ละคนใช้เวลาในการทดสอบมากกว่า 15 นาที เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการแจ้งเตือนตามช่วงเวลาต่าง ๆ โปรแกรมจะส่งเสียงแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบบุคคล หรือครบระยะเวลาตามที่กำหนดโดยส่งเสียงเตือนว่าตรวจพบบุคคลมีลักษณะท่าทางอย่างไร หรือตรวจพบการกระโดด ดังแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 แสดงผลการนับเฉพาะที่มีการแจ้งเตือนการตรวจพบบุคคล การแจ้งเตือนตามช่วงเวลา และการตรวจจับการกระโดดที่ถูกต้อง การทดสอบแจ้งเตือนทั้งหมด 60 ครั้งต่อ 1 คน รวม 10 คน รวมจำนวนครั้งในการทดสอบการแจ้งเตือนทั้งหมด 600 ครั้ง ในการทดสอบเมื่อผู้เข้ารับการทดสอบเข้าไปอยู่ในระยะที่กล้องไอพีสามารถตรวจจับได้ ระบบจะเริ่มจับเวลา จากการทดสอบพบว่ามีการแจ้งเตือนโดยแบ่งระดับการแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 96.5 โดยแยกระดับที่ 1 เมื่อตรวจพบบุคคลมีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 97 ระดับที่ 2 เมื่อครบ 1 นาที มีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 98 ระดับที่ 3 ถึง 5 มีความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากันคือร้อยละ 97 และการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบการกระโดด มีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 93

ตารางที่ 4 การแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบบุคคล การกระโดด และระบุลักษณะท่าทางที่ตรวจพบตามช่วงเวลาที่กำหนด

แจ้งเตือน / คนที่	ตรวจพบบุคคล	1 นาที	5 นาที	10 นาที	15 นาที	กระโดด	รวม
1	9	10	10	9	10	8	56
2	9	10	10	10	10	8	57
3	10	10	9	10	10	10	59
4	10	9	10	10	9	10	58
5	10	10	9	9	10	10	58
6	10	10	10	9	10	9	58
7	9	10	10	10	10	9	58
8	10	10	10	10	9	9	58
9	10	9	10	10	9	10	58
10	10	10	9	10	10	10	59
รวม	97	98	97	97	97	93	579
เฉลี่ย(%)	**97**	**98**	**97**	**97**	**97**	**93**	**96.5**

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบการตรวจจับเพื่อป้องกันการพลัดตกอาคารเรียนแบบเรียลไทม์ มีผลสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ผลของการตรวจจับร่างกายโดยใช้มีเดียไปป์ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระยะห่างระหว่างกล้องไอพีกับผู้เข้ารับทดสอบมีผลต่อความแม่นยำของการตรวจจับบุคคล ระยะ 1 เมตรมีความแม่นยำสูงสุดถึงร้อยละ 97.30 และความแม่นยำจะลดลงเมื่อระยะห่างมากกว่า 1 เมตร ส่วนที่ 2 การทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับท่าทาง ซึ่งใช้การโหลดโมเดลที่ได้ฝึกไว้แบบ LSTM (Long Short-Term Memory) แล้วจาก Firebase และนำมาทำการทำนาย เพื่อให้ระบบตรวจจับท่าทาง ยืน นั่ง เดิน วิ่ง และกระโดดผ่านกล้องไอพี พบว่าระบบตรวจจับท่าเดินมีความแม่นยำสูงสุดถึงร้อยละ 97.00 และท่ากระโดดมีความแม่นยำต่ำสุดร้อยละ 93 เนื่องจากผู้เข้ารับการทดสอบอยู่บริเวณขอบอาคารเพราะเป็นการกระโดดลงจากอาคาร ซึ่งอยู่ในระยะไกลสุดจากกล้องไอพี ดังนั้น ค่าความแม่นยำจึงน้อยที่สุด ผลสรุปค่าความแม่นยำเฉลี่ยในการตรวจจับท่าทางทั้ง 5 ท่าทาง มีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 95.20 ส่วนที่ 3 ส่วนของการแจ้งเตือนผ่านทางเสียงออกลำโพงบลูทูธ เพื่อให้พนักงานรักษาความปลอดภัย หรือครูเวร ตลอดจนกระทั่งผู้ที่อยู่ใกล้สามารถเข้าช่วยเหลือได้ทันเวลาก่อนพลัดตกอาคาร โดยมีการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบบุคคลบริเวณนั้นและเริ่มจับเวลาแจ้งเตือนตามช่วงเวลาที่กำหนดพร้อมระบุลักษณะท่าทางที่ตรวจพบในช่วงเวลาดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบการกระโดดลงอาคารด้วย ความแม่นยำของการแจ้งเตือนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 96.5

โดยสรุปแล้วงานวิจัยนี้ ได้ทำการแจ้งเตือนเพื่อป้องกันการพลัดตกอาคารเรียนแบบเรียลไทม์ได้จริง โดยสามารถบอกลักษณะท่าทางของบุคคลที่กระทำให้ขณะนั้นได้ แต่ความแม่นยำในการตรวจจับบุคคลจะลดลงเมื่อบุคคลอยู่จากกล้องไอพีมากเกินกว่า 1 เมตรขึ้นไป รวมถึงการกระโดดลงจากอาคาร ซึ่งอยู่บริเวณขอบอาคารมีระยะไกลมากที่สุดทำให้การตรวจจับแม่นยำน้อยกว่าท่าทางแบบอื่น ๆ

5.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ มีรายละเอียด ดังนี้

5.2.1 เนื่องจากการตรวจจับท่าทางยังมีข้อผิดพลาด โดยเฉพาะท่ากระโดดลงอาคาร เนื่องจากอยู่ในระยะไกลจากกล้องไอพีมากที่สุด วิธีแก้ปัญหาควรมีการติดกล้องไอพีให้มากขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมทุกมุมของอาคารเรียนในแต่ละชั้น จะทำให้ตรวจจับได้แม่นยำมากยิ่งขึ้นและควรมีการเพิ่มข้อมูลการเทรนท่าทางต่าง ๆ ในหลาย ๆ มุมกล้องให้มากยิ่งขึ้น จะส่งผลให้เกิดความแม่นยำในการตรวจจับท่าทางได้มากยิ่งขึ้นด้วย

5.2.2 ลักษณะสภาพแวดล้อม เช่น บริเวณที่มีแสงมาก หรือน้อย หรือในช่วงเวลากลางคืน จะมีผลต่อการตรวจจับบุคคล ควรจะมีการเพิ่มการทดสอบระบบด้วยชุดข้อมูลขนาดใหญ่และสภาพแวดล้อมที่หลากหลายกว่าเดิม อาจมีการเพิ่มการตรวจจับเสียง ถ้ามีคนอยู่จะมีเสียงเดิน หรือเสียงคุย หรือการทะเลาะวิวาท หรือมีการทำร้ายร่างกายกัน หรือใช้อุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ช่วยในการตรวจจับ

ความผิดปกติอื่น ๆ ได้อีกทางหนึ่ง เพื่อสามารถนำไปป้องกันการเกิดเหตุร้ายได้ เช่น การลอบวางเพลิง การชิงทรัพย์ กลั่นแกล้ง ผลักตกอาคาร เป็นต้น

5.2.3 เนื่องด้วยข้อจำกัดของมีเดียไปป์สามารถตรวจจับบุคคลได้เพียงครั้งละ 1 คนเท่านั้น กรณีถ้ามีบุคคลมากกว่า 1 คนขึ้นไป จะไม่สามารถตรวจจับได้ทั้งหมดทุกคน ดังนั้นควรหาเทคนิคอื่นที่สามารถตรวจจับบุคคลพร้อมกันมากกว่า 1 คนขึ้นไปแทนการใช้มีเดียไปป์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบระบบในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

7. เอกสารอ้างอิง

ชลธิศา รัตนชู, นูรไอดา เซ็ง, นัซรียะห์ รือสะ และ รชต เรืองกาญจน์. (2564). การพัฒนาระบบเฝ้าระวังเด็กเล็กด้วยวิธีการประมวลภาพวิดีโอ. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 13*(3), 229-244. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pnujr/article/view/250130

ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์ และ สัจจาภรณ์ ไวจรรยา. (2564). *Fundamental of DEEP LEARNING in Practice*. นนทบุรี: สำนักพิมพ์ไอดีซี พรีเมียร์.

นโรตม์ นิลสุขุม และ วิยดา ยะไวทย์. (2566). ระบบการแจ้งเตือนการล้มและการระบุตัวตนผ่านไลน์โดยใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง. *การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคอมพิวเตอร์ภูมิภาคเอเชีย ครั้งที่ 11* (หน้า 15-17). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

บัญชา ปะสีละเตสัง. (2564). *สร้างการเรียนรู้สำหรับ AI ด้วย Python Machine learning*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พงศกร เจริญเนตรกุล. (2561). *การวิเคราะห์ท่าทางของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลสีและความลึกจากหลายมุมมอง* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มติชนออนไลน์. (2566, 27 พฤศจิกายน). *ด่วน! สาวหมดสติ พลัดตกจากชั้น 8 มหาวิทยาลัยดัง ย่านสุขุมวิท เสียชีวิต*. https://www.matichon.co.th/local/news_4303960

อธิป วณิชย์รุจี. (2559). *การจำแนกท่าทางการปีนเตียงแบบลูกกรงของเด็กเล็ก*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อนุชา ทยาอานุภาพ และ วิยดา ยะไวทย์ (2565). *ระบบตรวจจับการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุ. การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคอมพิวเตอร์ภูมิภาคเอเชีย ครั้งที่ 10* (หน้า 267-275). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, ชลบุรี.

Grishchenko, I., & Bazarevsky, V. (2022, November 26). *MediaPipe Holistic Simultaneous Face, Hand and Pose Prediction*. https://ai.googleblog.com

Jayaswal, V. (2021). *Performance Metrics: Confusion matrix, Precision, Recall, and F1 Score. Towards Data Science*. https://towardsdatascience.com/performance-metrics-confusion-matrix-precision-recall-and-f1-score-a8fe076a2262

Orozco, C. I., Buemi, M. E., & Berlles, J. J. (2019). *CNN-LSTM architecture for action recognition in videos*. http://170.210.201.137/pdfs/saiv/SAIV-02.pdf

Pires, S., Rodrigues, S., Arokiadass, L. B., & Chopra, S. (2021). A Real-Time Position Monitoring System for Fall Detection and Analysis Using Human Pose Estimation. In Proceedings of *the 2021 4th Biennial International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE)* (pp. 1-7). NaviMumbai, India.

Shi, Y., Zhou, X., Ma, H., & Ma, L. (2022). Indoor fall detection based on Yolov5 and Openpose. *In 2022 4th International Academic Exchange Conference on Science and Technology Innovation (IAECST)* (pp. 721-726). Guangzhou, China.

Singh, H. (2019). *Practical Machine Learning and Image Processing*. Apress.

Thai PBS. (2566). *แม่เด็ก ม.3 ร้องโรงเรียน จ.สงขลา ชี้แจงปมลูกชายตกตึก เจ็บสาหัส*. https://www.thaipbs.or.th/news/content/324620

World Health Organization. (2023, November 29). *Falls*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls

Yawai, W. (2566). *การเชื่อมต่อไอพี camera โดยใช้โปรแกรม Python*. https://medium.com/@wiyadayawai/การติดต่อผ่าน-ip-camera-โดยใช้โปรแกรม-python-f520caf133c