การตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือน

น.ส.จันทิมา ทุมมะลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fall detection of the elderly using camera module with notification system

Miss Jantima Thummala

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือน
โดย	น.ส.จันทิมา ทุมมะลา
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันเฉลิม โปรา)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จันทิมา ทุมมะลา : การตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือน. (Fall detection of the elderly using camera module with notification system) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์

ปัจจุบันวิสัยทัศน์คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นทั้งในที่ทำงานและที่บ้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการดูแลสุขภาพเพื่อช่วยและแบ่งเบาภาระของผู้ดูแลในสถานพยาบาลหรือภายในบ้าน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอระบบการตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือน การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการดูแลผู้สูงอายุ ระบบทำงานเสมือนเป็นกล้องวงจรปิดที่สามารถตรวจจับกิจกรรมของผู้สูงอายุและสามารถส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลทันทีที่ตรวจพบการหกล้ม ระบบแบ่งกลุ่มกิจกรรมออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กิจวัตรประจำวัน (เช่น เดิน นั่ง และวิ่ง) และกิจกรรมที่ไม่ปกติ (การหกล้ม) การตรวจจับการหกล้มแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน: ขั้นตอนที่หนึ่งระบบใช้แบบจำลองภาพประวัติการเคลื่อนไหว เพื่อคำนวณค่าประมาณการเคลื่อนไหวในช่วงระยะเวลาหนึ่งและคำนวณเป็นตัวเลขในค่าเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนไหว เมื่อระบบตรวจจับได้ว่ามีเคลื่อนไหวมากกว่า 65% จากขั้นตอนที่หนึ่ง ระบบวิเคราะห์การเสียรูปทรงของคนด้วย 3 พารามิเตอร์ คือ อัตราส่วน ค่าความเร็วการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะ ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถตรวจจับการหกล้มได้อย่างถูกต้องที่ความแม่นยำ 93.3% ในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีสิ่งของบดบังคนและในพื้นที่ที่มีแสงสว่างคงที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	ลายมือชื่อนิสิต	
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก	

6170121521 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORD: fall detection, motion history image, shape deformation, multiple human detection, gaussian mixture model

Jantima Thummala : Fall detection of the elderly using camera module with notification system. Advisor: Asst. Prof. SUREE PUMRIN, Ph.D.

Computer vision takes more roles in daily life both at work and at home. Especially, in the healthcare area, it assists and relieves the burden of caregivers at either nursing homes or home environments. This thesis presents a fall event detection applying computer image processing techniques as an assistant tool for a caregiver to look after the elderly. The system works as video surveillance that detects activities of an elderly and notifies a caregiver at certain events. Our system classifies activity into two categories: (1) a normal daily activity such as walking, sitting, and running, (2) an abnormal activity such as falling. The fall detection separates into two steps: first, the system applies a Motion History Image (MHI) to quantify human motion for a moment in terms of its percentage. Next, it analyzes human shape deformation after detecting a large motion (MHI >65%). Shape deformation consists of a ratio, speed of change in shape, and head position changes. The experimental results demonstrate that our system can accurately achieve fall detection by 93.3%. The system can accurately detect the fall in an occur environment that does not block some people in the frame and uneven lighting environment.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Electrical Engineering	Student's Signature ....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาชี้แนะและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วันเฉลิม โปรา อาจารย์ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอดการทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณอธิบดีกรมกิจการผู้สูงอายุ ที่อนุญาติให้เข้าเยี่ยมเยียนศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงอายุบ้านบางแค รวมทั้งผู้ดูแลผู้สูงอายุและผู้สูงอายุภายในบ้านพักที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล สังเกตการณ์ เรียนรู้การดำเนินชีวิตของผู้สูงอายุและผู้ดูแล และสอบถามข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ ศึกษา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการ Embedded System and IC Design Research Laboratory หรือ ESID Lab ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเพื่อนพี่น้องในห้องปฏิบัติการ ที่สนับสนุนและช่วยเหลือให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนร่วมดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล จนทำให้วิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

กราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่สนับสนุนและให้กำลังใจจนงานวิจัยสำเร็จด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาพระคุณบิดามารดาและบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน และให้ความความรู้มาโดยตลอดทำให้การศึกษาวิจัยเล่มนี้สำเร็จลงได้

จันทิมา ทุมมะลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... ง

กิตติกรรมประกาศ .... จ

สารบัญ .... ฉ

สารบัญตาราง .... ฌ

สารบัญรูปภาพ .... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้สูงอายุ 6

2.2 ระบบการตรวจจับการหกล้ม 9

2.2.1 อุปกรณ์สวมใส่ 9

2.2.2 อุปกรณ์รอบข้าง 12

2.2.3 กล้อง (Camera) 14

2.2.4 ระบบตรวจจับการหกล้มในปัจจุบัน 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 การแบ่งส่วนภาพสีโดยใช้แบบจำลองผสมของเกาส์เซียนและอัลกอริธึมอีเอ็ม (Color Image Segmentation using Gaussian Mixture Model and EM Algorithm): 24

2.3.1 แบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน (Gaussian Mixture Model: GMM) 24

2.3.2 อัลกอริธึมอีเอ็ม 26

2.4 ภาพประวัติการเคลื่อนไหว (Motion History Image: MHI) 26

2.4.1 เอ็มเอชไอกับการจดจำการกระทำหรือท่าทาง 27

2.4.2 เอ็มเอชไอกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 27

2.4.3 เอ็มเอชไอกับระบบโต้ตอบได้ 28

2.5 การเสียรูปทรง (Shape deformation) 29

2.6 Non-maximum Suppression algorithm 30

2.7 โอเพนซีวี (OpenCV) 33

2.8 โอเพนโพส (OpenPose) 34

2.9 การแจ้งเตือนเข้าไลน์ 37

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 39

3.1 หลักการทำงานของระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุเพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ดูแล . 39

3.2 การเตรียมคุณภาพของภาพ 40

3.3 การตรวจจับและนับจำนวนคน 41

3.4 เทคนิคการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธีเอ็มเอชไอ 45

3.5 เทคนิคการสกัดคุณลักษณะการวิเคราะห์การเสียรูปทรงและตรวจหาตำแหน่งศีรษะของคน 47

3.6 การออกแบบอุปกรณ์ 47

3.6.1 โมดูลกล้อง 47

3.6.2 มินิคอมพิวเตอร์ (Nvidia Jetson Nano) 48

3.6.3 อุปกรณ์ต้นแบบ 49

บทที่ 4 การทดลองและประเมินผล 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1 ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบระบบ 51

4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการวัดประสิทธิภาพ 53

4.3 ทดสอบระบบตรวจจับคนและการติดตามคน 54

4.4 ทดสอบระบบตรวจจับการหกล้มและการแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันไลน์ 61

4.5 ทดสอบระบบตรวจจับการหกล้มกับวิดีโอจากยูทูป 66

4.6 ประสิทธิภาพของระบบ 69

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผล 70

บรรณานุกรม 71

ประวัติผู้เขียน 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลการทดลองหาค่าเอ็มเอชไอจากเหตุการณ์ต่าง ๆ 46

ตารางที่ 2 Confusion matrix table 53

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบตรวจจับคนจาก 60 วิดีโอ 61

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์วัดประสิทธิภาพของระบบตรวจจับคน 61

ตารางที่ 5 ผลการทดลองระบบตรวจจับการหกล้ม 65

ตารางที่ 6 พารามิเตอร์วัดประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการหกล้ม 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ตัวอย่างห้องพักรวมแบบ 5 เตียง มีห้องน้ำในตัว 7

รูปที่ 2 ตัวอย่างห้องพักรวมใหญ่ มีห้องน้ำในตัว 8

รูปที่ 3 โครงสร้างและหลักการทำงานเซนเซอร์วัดความเร่ง 9

รูปที่ 4 อุปกรณ์ตรวจสอบสุขภาพแบบสวมใส่ข้อมือ [5] 11

รูปที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ SIMSAD สำหรับการทดลอง [6] 11

รูปที่ 6 มาตรวัดความเร่งสามแกนบนร่างกายมนุษย์ทั้ง 6 ส่วน [7] 12

รูปที่ 7 วงจรต้นแบบสำหรับระบบดูแลบ้านอัจฉริยะ [8] 13

รูปที่ 8 ตัวอย่างสัญญาณเสียงที่บันทึกได้ 13

รูปที่ 9 เครื่องตรวจจับเหตุการณ์หกล้มจากการสั่นสะเทือนของพื้น [10] 14

รูปที่ 10 ITMIs ของสถาณการณ์ที่แตกต่างกัน [13] 15

รูปที่ 11 การทำงานของอุปกรณ์ในสถานการณ์ต่าง ๆ [14] 16

รูปที่ 12 ตัวอย่างการตรวจจับด้วยกล้องที่ติดตั้งบนผนังสูงจากพื้น 2 เมตร [15] 17

รูปที่ 13 ตัวอย่างระบบการตรวจจับการหกล้มในสถานการณ์ต่าง ๆ [16] 17

รูปที่ 14 คุณลักษณะ 3 ประการสำหรับการวิเคราะห์เหตุการณ์ล้ม [17] 18

รูปที่ 15 สถานะการเปลี่ยนท่าทางสำหรับ 4 ท่าหลัก 19

รูปที่ 16 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะมนุษย์ [21] 20

รูปที่ 17 ตัวอย่างภาพจำลองและภาพเชิงลึกของห้องประดิษฐ์ 21

รูปที่ 18 กระบวนการทำงานของระบบตรวจจับการหกล้ม [23] 22

รูปที่ 19 โครงสร้างระบบ IoT based fall detection and ambient assisted system for the elderly [24] 23

รูปที่ 20 สถาปัตยกรรมของระบบใน [25] 24

Chulalongkorn University

รูปที่ 21 ตัวอย่างแบบจำลองการผสมของเกาส์เซียนที่ประกอบด้วยฟังก์ชันความหนาแน่นของเกาส์เซียน 3 ฟังก์ชัน 25

รูปที่ 22 หลักการทำงานของอัลกอริธึมอีเอ็ม (ภาพโดย: RAMAN BHADAURIA) 26

รูปที่ 23 ผลการประมวลผลด้วยวิธีเอ็มเอชไอเมื่อมีการเคลื่อนไหว [34] 27

รูปที่ 24 ตัวอย่างระบบการเฝ้าระวังการจราจร [35] 28

รูปที่ 25 ผู้ฝึกสอนแอโรบิกเสมือนจริง (ภาพโดย: Webb Chappell) 29

รูปที่ 26 The Kid's Room [37] 29

รูปที่ 27 คุณลักษณะของรูปร่างมนุษย์ [38] 30

รูปที่ 28 (ซ้าย) ก่อนผ่านกระบวนการ NMS, (ขวา) หลังผ่านกระบวนการ NMS [40] 31

รูปที่ 29 รูปแบบการคำนวณ IOU [41] 32

รูปที่ 30 อัลกอริธึม NMS 33

รูปที่ 31 ภาพรวมการเชื่อมโยงส่วนของร่างกายมนุษย์ [43] 34

รูปที่ 32 สถาปัตยกรรมของซีเอ็นเอ็นหลายขั้นตอนแบบสองสาขา [43] 35

รูปที่ 33 การวิเคราะห์จุดต่าง ๆ บนร่างกายมนุษย์ [44] 36

รูปที่ 34 กลยุทธ์การเชื่อมโยงจุดต่าง ๆ [44] 37

รูปที่ 35 การแจ้งเตือนจากเว็บเซอร์วิสทาง LINE 38

รูปที่ 36 แผนผังการทำงานของระบบวิเคราะห์การหกล้ม 40

รูปที่ 37 ตัวอย่างการเตรียมภาพก่อนนำไปประมวลผล 41

รูปที่ 38 ตัวอย่างผลการประมวลผลภาพที่ยังมีสัญญาณรบกวน, (ก) และ (ค) ภาพต้นฉบับ, (ข) และ (ง) ผลจากการประมวลผลภาพ 42

รูปที่ 39 ภาพการประมวลผลภาพหลังใช้ฟังก์ชัน Adaptive threshold, (ก) ภาพต้นฉบับ, (ข) ผลจากการประมวลผลภาพ 43

รูปที่ 40 ผลโปรแกรมนับจำนวนคน 44

รูปที่ 41 ตัวอย่างการประมวลผลภาพเอ็มเอชไอ 46

รูปที่ 42 โมดูลกล้อง Raspberry Pi Camera (B) 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 43 ชุดพัฒนา NVIDIA Jetson Nano Developer Kit 48

รูปที่ 44 อุปกรณ์ต้นแบบระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือน 50

รูปที่ 45 ภาพบางส่วนจากการบันทึกวิดีโอจากสภาพแวดล้อมบริเวณระเบียงแบบเปิด 52

รูปที่ 46 ภาพบางส่วนจากการบันทึกวิดีโอในสภาพแวดล้อมภายในบ้าน 52

รูปที่ 47 ผลการประมวลผลระบบตรวจจับคน 57

รูปที่ 48 การตรวจจับคนที่ผิดพลาด 60

รูปที่ 49 ผลการทดสอบระบบตรวจจับการหกล้ม 62

รูปที่ 50 การแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบการหกล้ม 63

รูปที่ 51 การทดสอบระบบตรวจจับการหกล้ม 64

รูปที่ 52 การตรวจจับที่ผิดพลาดจากสาเหตุการบดบังของสิ่งของหรือคน 65

รูปที่ 53 ผลการทดสอบระบบกับวิดีโอผู้สูงอายุที่เกิดเหตุการณ์หกล้ม 68

รูปที่ 54 ผลการทดสอบระบบกับวิดีโอการต่อสู้คล้ายกังฟู 68

รูปที่ 55 ผลการทดสอบระบบกับวิดีโอคนทั่วไปที่มีการหกล้ม 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการแพทย์และสาธารณสุข ส่งผลให้ประเทศไทยก้าวเข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุในระยะเวลาอันสั้น กล่าวคือ ประชากรสูงอายุในประเทศได้เพิ่มจาก 1.7 ล้านคน หรือ ประมาณร้อยละ 4.9 ของประชากรทั้งหมด ในพ.ศ. 2513 เป็นจำนวนสูงถึง 7.5 ล้านคน หรือร้อยละ 11.8 ของประชากรทั้งหมด ซึ่งประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุมาตั้งแต่ปี 2548 จำนวนประชากรในตอนนั้นมีผู้สูงอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 10.4 และมีแนวโน้มว่าในอีก 20 ปีข้างหน้าสังคมไทยจะเป็นสังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ โดยพิจารณาจากจำนวนประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 20[1] นอกจากนี้สังคมในปัจจุบันทุกคนดิ้นรนทำมาหากิน เพื่อปากท้องของตนเองและครอบครัวและในบางสังคมที่แยกครอบครัวออกมา ทำให้การดูแลผู้สูงอายุลดลงและต้องอาศัยอยู่ตามลำพังโดยส่วนใหญ่ [2] ซึ่งผู้สูงอายุในปัจจุบันต้องเผชิญต่อโรคเรื้อรังและความเสื่อมของร่างกายตามธรรมชาติ เช่น ข้อเสื่อม สายตาไม่ดี มีปัญหาด้านการบดเคี้ยว ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ความกังวลของลูกหลานที่ต้องให้พ่อแม่สูงอายุอยู่บ้านตามลำพังขณะที่ตนเองต้องออกไปทำงาน

ในกลุ่มผู้สูงอายุซึ่งอยู่ตัวคนเดียวและมีเงินเก็บอยู่ไม่มากบางคนใช้บ้านพักคนชรา (Nursing home) เป็นสถานที่พักพิงในตอนปลายของชีวิต อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Bose[3] ได้ศึกษาการบริการในบ้านพักคนชราในเกาหลีใต้ จีน สิงคโปร์ มาเลเซีย และศรีลังกา พบว่าได้คะแนนความพึงพอใจต่ำ ทั้งนี้คนส่วนใหญ่ไม่ได้ต้องการเข้ามาอาศัยในบ้านพักคนชรา แต่ด้วยสภาพร่างกายที่เจ็บป่วยหรืออ่อนแอจึงต้องการผู้ช่วยเหลือดูแลในระยะยาว ในขณะที่สภาพเศรษฐกิจของผู้สูงอายุบางท่านไม่ดีนัก บ้านพักคนชราจึงเป็นลักษณะที่อยู่อาศัยซึ่งบางคนเลี่ยงไม่ได้ Knodel และ Chayovan [4] ได้สำรวจความเป็นอยู่ของผู้สูงอายุไทยพบว่า แม้สังคมไทยจะเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วแต่คนไทยยังนิยมให้ลูกหลานดูแลผู้สูงอายุดังเดิม สำหรับผู้ที่พอมีฐานะแม้ผู้สูงอายุและลูกหลานจะไม่ได้พักอาศัยอยู่บ้านหลังเดียวกัน ก็จะซื้อที่อยู่อาศัยให้กับบิดาและมารดาหรือครอบครัวของบุตร ให้อยู่ในบริเวณเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน โดยทั่วไปการขาดความเป็นส่วนตัวไม่จัดเป็นปัญหาใหญ่ของผู้สูงอายุชาวไทยแต่อย่างใด แม้ว่าสัดส่วนของผู้สูงอายุที่พักอาศัยอยู่ในบ้านพักคนชราทั้งของรัฐบาลและเอกชนในปัจจุบันจะมีไม่มาก เมื่อเทียบกับฐานประชากรผู้สูงอายุที่ขยายใหญ่ขึ้น นอกเหนือจากปัญหาเรื่องสุขภาพ การเสียชีวิตของคู่สมรส ความต้องการความมั่นคงปลอดภัย ความด้อยสมรรถภาพทางร่างกาย ทำให้ไม่อาจอยู่บ้านได้ด้วยตนเองดังเดิม [5] ทั้งนี้ในปัจจุบันได้มีการเตรียมความพร้อมของ

ประเทศในระดับหนึ่งเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว แต่ยังถือว่าไม่ตื่นตัวเท่าที่ควร การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการรองรับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ถือได้ว่ายังน้อยมาก

การเฝ้าดูกิจวัตรของผู้สูงอายุที่มีความผิดปกติด้วยภาพวิดีโอ สามารถลดความกังวลให้กับผู้สูงอายุเมื่ออาศัยอยู่ลำพังหรือไม่มีผู้ดูแลอยู่ด้วย โดยไม่รู้สึกว่าถูกละเมิดสิทธิเกินไป ส่วนผู้ดูแลสามารถทำงานอื่น ๆ ไปพร้อมกับการเฝ้าดูผู้สูงอายุได้ งานวิจัยนี้เสนอระบบการตรวจจับเหตุการณ์หกล้มของผู้สูงอายุเพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ดูแล ระบบการตรวจจับนี้สามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลเมื่อตรวจเจอเหตุการณ์หกล้มผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้สูงอายุได้ทันเวลา ขั้นตอนการตรวจจับใช้วิธีการประมวลผลภาพแบบเวลาจริง (real-time) โดยประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนสำคัญ (1) การตรวจจับบุคคล (human detection) (2) การติดตามตัวบุคคล (human tracking) และ (3) การวิเคราะห์ตัวบุคคล (classification)

1.2 ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ประยุกต์ทฤษฎีการแยกองค์ประกอบภาพด้วยวิธีการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์เซียนเพื่อตรวจจับวัตถุที่สนใจ ทฤษฎีการสกัดคุณลักษณะด้วยรูปประวัติการเคลื่อนไหวและรูปร่างของตัวบุคคล และวิธีการวิเคราะห์เหตุการณ์หกล้ม

1.2.1 การแยกองค์ประกอบภาพด้วยวิธีการประมาณรูปร่างของเกาส์เซียน

วิธีการตรวจจับวัตถุที่สนใจใช้วิธีการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์เซียน เพื่อแยกองค์ประกอบระหว่างวัตถุพื้นหน้ากับพื้นหลัง วิธีการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์เซียนใช้หลักการเดียวกับการประมาณค่าสูงสุดหรือ Expectation Maximization (EM) [6], [7], [8] ซึ่งเป็นกระบวนการทำซ้ำ (recursive) กระบวนการดังกล่าวแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) ประมาณค่าขึ้นมาหนึ่งค่า 2) ปรับปรุงค่าประมาณแล้วส่งกลับไปแทนค่าประมาณเดิม กระบวนการนี้จะทำซ้ำวนไปเรื่อย ๆ จนได้ค่าประมาณใหม่ที่ใกล้เคียงกับค่าประมาณเดิมมากที่สุด งานวิจัยนี้ประมาณค่าความเข้มของจุดภาพโดยใช้ฟังก์ชันเกาส์เซียน เพื่อจัดกลุ่มความน่าจะเป็นของจุดภาพว่าจัดอยู่ในกลุ่มใด (วัตถุพื้นหน้าหรือพื้นหลัง) ความเข้มของจุดภาพถูกอธิบายด้วยกราฟความถี่ตามความเข้มของแต่ละจุดภาพ (histogram)

1.2.2 การสกัดคุณลักษณะด้วยรูปภาพประวัติการเคลื่อนไหว

การสกัดคุณลักษณะด้วยภาพประวัติการเคลื่อนไหวนำเสนอครั้งแรกโดย Bobick และ Davis [9] ภาพประวัติการเคลื่อนไหว (Motion History Image: MHI) คือการออกแบบเพื่อจำลองลำดับการเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องกัน [10] เพื่ออธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวของวัตถุ การอธิบายในรูปแบบของเอ็มเอชไอจะสร้างประวัติการเคลื่อนไหวเป็นชั้น ๆ (layered history) บอกถึงระดับความเข้มของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิกเซล (threshold) ตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป การเคลื่อนไหวล่าสุดจะมีค่าความเข้มสูงสุดและการเคลื่อนไหวก่อนหน้าจะมีค่าความเข้มลดลงไปเรื่อย ๆ เอ็มเอชไอเป็นวิธีแม่แบบชั่วคราวตามมุมมองที่เป็นพื้นฐานแต่มีประสิทธิภาพในการแสดงการเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดี และมีการใช้อย่างแพร่หลายสำหรับงานวิจัยด้านการรู้จำพฤติกรรม (action recognition) และการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis) [11]

1.2.3 การสกัดคุณลักษณะด้วยการเสียรูปทรงของวัตถุ

ความเยื้องศูนย์กลาง (eccentricity) คือการวัดอัตราส่วน (aspect ratio) ระหว่างความยาวของแกนหลักต่อความยาวของแกนย่อย [12] การวัดอัตราส่วนสามารถคำนวณได้จากการหาขอบเขตขั้นต่ำของสี่เหลี่ยมผืนผ้า (minimum bounding rectangle) ขอบเขตขั้นต่ำของสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือกล่องขอบเขตขั้นต่ำ (minimum bounding box) คือสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่ครอบคลุมทุกจุดของรูปร่างวัตถุสำหรับรูปร่างที่ไม่เฉพาะเจาะจง ความเยื้องศูนย์กลางคืออัตราส่วนระหว่างความยาว (L) และความกว้าง (W) ของขอบเขตสี่เหลี่ยมที่น้อยที่สุด การยืดตัวคือการวัดที่ใช้ค่าในช่วง 0 ถึง 1 โดยที่รูปร่างสมมาตรในทุกแกน เช่น วงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะมีการยืดตัวที่ 0 ในขณะที่รูปร่างที่มีอัตราส่วนกว้างใหญ่จะมีการยืดตัวใกล้เคียง 1 งานวิจัยด้านการรู้จำพฤติกรรมและการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวหลาย ๆ งานเลือกใช้การสกัดคุณลักษณะการเสียรูปทรงร่วมกับภาพประวัติการเคลื่อนไหว [13] โดยระบบจะคำนวณเอ็มเอชไอก่อน เมื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวขนาดใหญ่ (large motion) ระบบจะวิเคราะห์รูปร่างเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของขอบเขตต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เสนอวิธีการตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุ

1.3.2 ประยุกต์ใช้วิธีการแยกองค์ประกอบของภาพด้วยการประมาณรูปร่างผสมของเกาส์เซียน

1.3.3 ประยุกต์ใช้วิธีการตรวจจับคนแบบหลายคนในเฟรมเดียว

1.3.4 ประยุกต์ใช้วิธีการสกัดคุณลักษณะเด่นของคนเพื่อระบุกิจกรรม โดยกิจกรรมจัดเป็น 2 กลุ่มคือ กิจกรรมทั่วไปและกิจกรรมไม่ปกติ (fall event)

1.3.4.1 วิธีการสกัดคุณลักษณะด้วยภาพประวัติการเคลื่อนไหว

1.3.4.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของคน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 การออกแบบและการสร้างวิธีการตรวจจับคนและการหกล้มเพื่อแจ้งเตือนขอความช่วยเหลือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ระบบสามารถทำงานได้ในระบบเวลาจริง
- ระบบสามารถตรวจจับคนได้หลายคนในเฟรมเดียว
- ระบบสามารถตรวจจับการล้มของคนได้ด้วยความแม่นยำไม่ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์
- ระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไลน์แอพพลิเคชันได้
- ระบบใช้กล้องราสเบอร์รี่พาย 1 ตัว

1.4.2 ใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux) และโปรแกรมด้วยภาษาไพทอน (python) ร่วมกับโอเพนซีวี (OpenCV) ในการสร้างระบบ

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษาการสร้างโปรแกรมประเภทไพทอน (python) บนระบบปฏิบัติการอูบุนตู (Ubuntu 18.04)

1.5.2 ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน สำหรับการใช้งานในการประมวลผลรูปภาพ

1.5.3 ศึกษาขั้นตอนวิธีการตรวจจับตัวคนด้วยการแยกองค์ประกอบของภาพ

1.5.4 ศึกษาวิธีการติดตามคน

1.5.5 ศึกษาวิธีการแยกแยะกิจกรรม ระหว่างกิจกรรมปกติกับกิจกรรมที่ไม่ปกติ (ล้ม)

1.5.6 ศึกษาการสกัดคุณลักษณะด้วยภาพประวัติการเคลื่อนไหว

1.5.7 ศึกษาวิธีการสกัดคุณลักษณะด้วยการเรียนรู้การเสียรูปทรง

1.5.8 ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมตรวจจับคน

1.5.9 ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมติดตามคน

1.5.10 ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมตรวจจับและติดตามคนหลายคนในเฟรมเดียว

1.5.11 ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมประยุกต์การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธีภาพประวัติการเคลื่อนไหวและการเสียรูปทรงของคน เพื่อหาคุณลักษณะเด่นสำหรับแยกกลุ่มกิจกรรม

1.5.12 ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมตรวจจับการล้มโดยพิจารณาจากการสกัดคุณลักษณะเด่น

1.5.13 ออกแบบ และทดสอบโปรแกรมการแจ้งเตือนเมื่อตรวจเจอการหกล้มของคนผ่านไลน์แอพพลิเคชัน

1.5.14 ทดสอบการใช้งานโปรแกรมกับวิดีโอ ที่มีการจำลองเหตุการณ์ไว้

1.5.15 ทดสอบการใช้งานโปรแกรมกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นและจำลองเหตุการณ์หกล้มเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใช้งานระบบสำหรับเฝ้าระวังความปลอดภัยของผู้สูงอายุที่อยู่ในความดูแลได้สะดวกมากขึ้น

1.6.2 ขั้นตอนวิธีการแยกองค์ประกอบภาพด้วยรูปร่างผสมของเกาส์เซียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยอื่น ที่มีความต้องการแยกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม

1.6.3 ขั้นตอนวิธีการสกัดคุณลักษณะด้วยภาพประวัติการเคลื่อนไหวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยอื่น ที่มีความต้องการเรียนรู้ลักษณะหรือทิศทางการเคลื่อนไหวของวัตถุ

1.6.4 ขั้นตอนวิธีการตรวจจับและติดตามคนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่น เพื่อสร้างระบบเฝ้าระวังและระบบตรวจตรา

1.6.5 ขั้นตอนวิธีการเขียนโปรแกรมในระบบเวลาจริง มีผลต่อระบบการประมวลผลที่รวดเร็ว ซึ่งหากมีผู้พัฒนานำโครงสร้างดังกล่าวไปใช้งานสามารถทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ

1.6.6 ความรู้ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบงานอื่น ๆ ในเชิงการสร้างโปรแกรมและพัฒนาระบบได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทความรู้พื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอทฤษฎีพื้นฐานและแสดงแนวคิดของวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับผู้สูงอายุ ระบบการตรวจจับการหกล้ม การแบ่งส่วนภาพสีโดยใช้แบบจำลองผสมของเกาส์เซียนและอัลกอริธึมอีเอ็ม ภาพประวัติการเคลื่อนไหว การเสียรูปทรง Non-maximum suppression algorithm โอเพนซีวี โอเพนโพส และการแจ้งเตือนผ่านไลน์

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้สูงอายุ

จากการลงพื้นที่สำรวจการอยู่อาศัยของผู้สูงอายุภายในศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงอายุบ้านบางแค กรุงเทพฯ วันที่ 22 เมษายน พ.ศ.2562 ทราบข้อมูลเกี่ยวกับผู้สูงอายุภายในดังนี้ จำนวนผู้สูงอายุแบ่งตามศักยภาพการช่วยเหลือตนเองออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A คือช่วยเหลือตัวเองได้ดี จำนวน 118 คน กลุ่ม B คือช่วยเหลือตัวเองได้ปานกลาง จำนวน 39 คน และกลุ่ม C คือไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ จำนวน 80 คน และจำนวนผู้สูงอายุแบ่งตามประเภทที่พักออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทสามัญ (ห้องรวม) จำนวน 196 คน ประเภทหอพัก (ห้องส่วนบุคคล) จำนวน 44 คน และประเภทบังกะโล จำนวน 11 คน การดูแลในแต่ละโซนจะมีผู้ดูแลประจำ ตัวอย่างห้องพักประเภทต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2

จากการสังเกตการณ์ สอบถามความเป็นอยู่และปัญหาในการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่สามารถดูแลตัวเองได้ดี สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องมีผู้ติดตาม หากแต่มีความกังวลในเรื่องการเกิดอุบัติเหตุที่สามารถเกิดขึ้นได้ในขณะทำกิจกรรม นอกจากนี้พบว่าผู้สูงอายุมักประสบปัญหาการตกเตียงในช่วงเวลากลางคืนและไม่สามารถตะโกนขอความช่วยเหลือจากผู้ดูแลได้ ต้องรอจนกระทั่งมีผู้ดูแลมาเดินสอดส่อง เนื่องจากช่วงเวลากลางคืนจะมีผู้ดูแลเพียง 1 คนต่อห้องหรือต่อโซน ทำให้การเข้าช่วยเหลือล่าช้า บางรายทำให้อาการสาหัสต้องนอนรักษาตัวที่โรงพยาบาล ผู้วิจัยจึงเสนอระบบการตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุเพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ดูแลให้ทันท่วงที ทั้งนี้ผู้วิจัยให้ความสนใจในส่วนห้องพักประเภทสามัญหรือห้องพักรวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ก) 3 เตียง มุมซ้ายของห้อง

(ข) 2 เตียง มุมขวาของห้อง

รูปที่ 1 ตัวอย่างห้องพักรวมแบบ 5 เตียง มีห้องน้ำในตัว

(ก) 8 เตียง มุมซ้ายของห้อง

(ข) 8 เตียง มุมขวาของห้อง

รูปที่ 2 ตัวอย่างห้องพักรวมใหญ่ มีห้องน้ำในตัว

2.2 ระบบการตรวจจับการหกล้ม

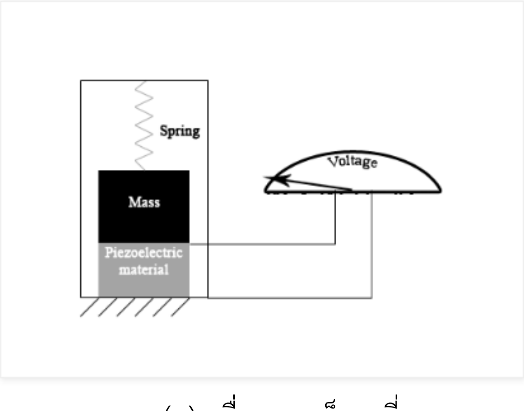
คุณภาพชีวิตของบุคคลนั้นได้รับผลกระทบมาจากระดับความสามารถในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิต [1] งานวิจัยหลายงานพัฒนาระบบและอัลกอริธึมเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำกิจกรรมของผู้สูงอายุหรือผู้ป่วย มีการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น กล้อง เซนเซอร์ และคอมพิวเตอร์ ระบบดังกล่าวไม่เพียงแต่จะเพิ่มความสามารถในการดำรงชีวิตอย่างอิสระของผู้สูงอายุ โดยการเพิ่มความเชื่อมั่นในสภาพแวดล้อมการดูแล แต่ยังช่วยประหยัดแรงงานคนในแง่ของการมีพยาบาลหรือพนักงานให้ความช่วยเหลือตลอดเวลา

2.2.1 อุปกรณ์สวมใส่

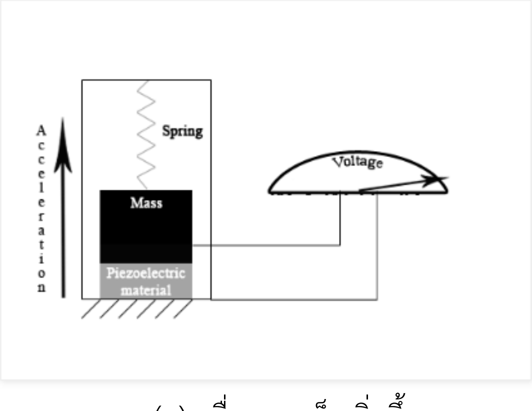
วิธีการนี้ต้องอาศัยเสื้อผ้าหรืออุปกรณ์ที่สามารถฝังเซนเซอร์ เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวและตำแหน่งของร่างกาย

- เซนเซอร์วัดความเร่ง:

เครื่องวัดความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ปัจจุบันมีการนำเซนเซอร์นี้มาใช้ในโทรศัพท์มือถือหรือนาฬิกาอัจฉริยะ เพื่อใช้ในระบบการตรวจจับการล้มเช่นกัน หลักการนี้ใช้วัดความเร่งของร่างกายหรือส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อตรวจสอบรูปแบบกิจกรรม โครงสร้างและหลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเร่งแสดงดังรูปที่ 3



(ก) เมื่อความเร็วคงที่



(ข) เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น

รูปที่ 3 โครงสร้างและหลักการทำงานเซนเซอร์วัดความเร่ง

ใน Accelerometry: providing an integrated, practical method for long-term, ambulatory monitoring of human movement โดย Merryn J Mathie และคณะ [2] ได้นำเสนอวิธีการติดตามการเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่ประหยัดและใช้ได้จริง เซนเซอร์วัดความเร่งถูกใช้

เพื่อตรวจสอบช่วงของการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน คือ การเดิน การเปลี่ยนจากนั่งเป็นยืนหรือยืนเป็นนั่ง การทรงตัว และการล้ม

ใน Barometric Pressure and Triaxial Accelerometry-Based Falls Event Detection โดย Federico Bianchi และคณะ [3] บทความนี้ศึกษาการเพิ่มเซนเซอร์ความดันบรรยากาศเข้ากับระบบตรวจจับการหกล้มด้วยเซนเซอร์วัดความเร่งเดิม เป็นมาตรวัดระดับความสูงเพื่อช่วยในการจำแนกเหตุการณ์ล้มจริงจากกิจกรรมปกติ

➢ เซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดตำแหน่ง:

การตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น อัตราการเต้นของหัวใจที่แตกต่างกันหรือความดันโลหิตอาจเป็นผลมาจากการออกกำลังกายและการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของร่างกาย นั่นทำให้การประเมินการเคลื่อนไหวและท่าทางเป็นปัจจัยสำคัญในสภาพแวดล้อมการติดตามผู้ป่วยนอก

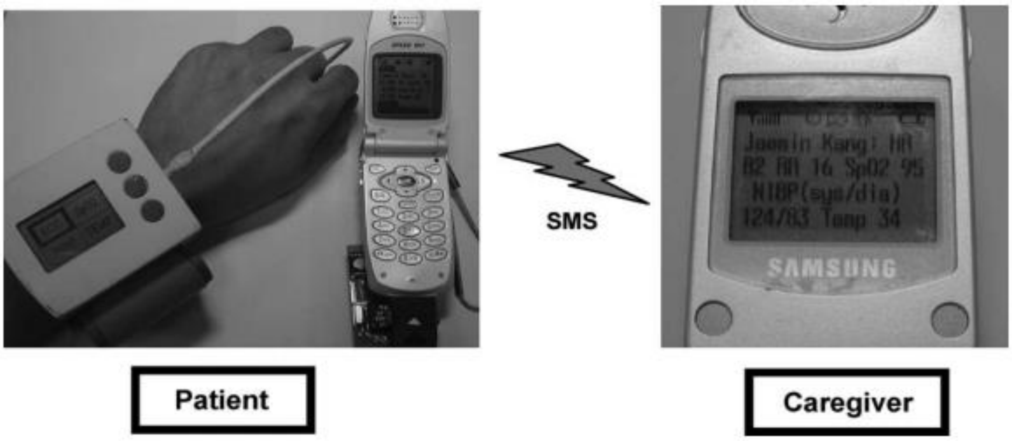
บทความใน A dynamic motion pattern analysis approach to fall detection โดย Suhuai Luo และ Qingmao Hu [4] ได้ติดเซนเซอร์วัดความเร่งไว้ที่เอว และสร้างแบบจำลองการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นเวกเตอร์ความเร่งแบบ 3 มิติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับท่าทางร่างกายต่าง ๆ และมาตรความเร่งสองแกนพร้อมเซนเซอร์ตำแหน่งถูกนำมาใช้ใน [5] สำหรับการตรวจจับการหกล้มอุปกรณ์ตรวจสอบสุขภาพแบบสวมใส่ข้อมูล (Wrist-worn integrated health monitoring device: WIHMD) แสดงดังรูปที่ 4

➢ กิจกรรมผิดปกติกับเซนเซอร์วัดความเร่ง:

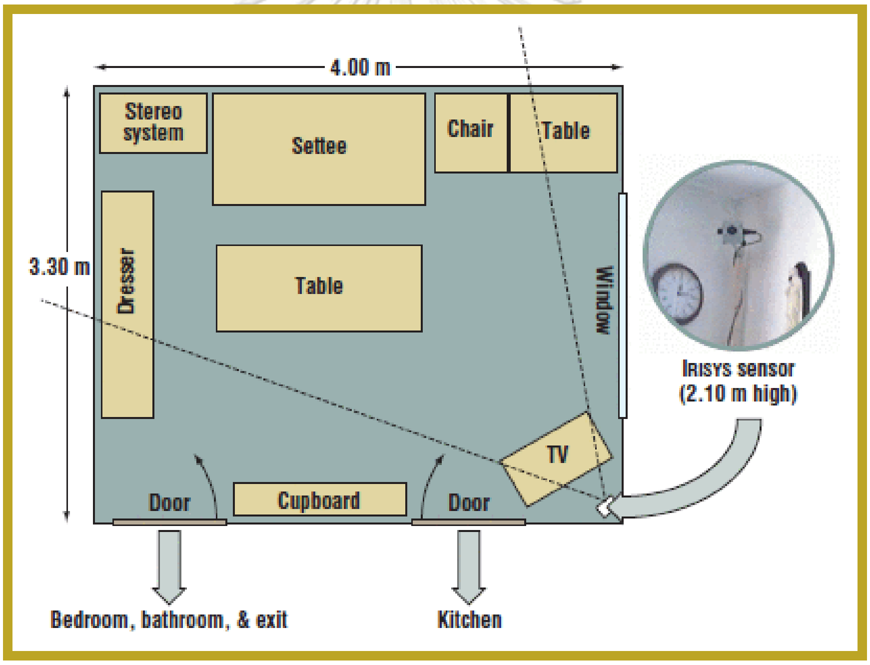
เซนเซอร์วัดความเร่งให้ข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับพฤติกรรม เช่น การออกกำลังกายและการไม่เคลื่อนไหว ข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เพื่อวัดความสัมพันธ์ที่ครอบคลุมมากขึ้นระหว่างความถี่การเคลื่อนไหว ความเข้ม และเวลา

A. Sixsmith และ N. Johnson [6] ใช้เครื่องตรวจจับอินฟราเรดจำนวนหนึ่ง สำหรับการออกแบบระบบสวมใส่ได้เรียกว่า Smart Inactivity Monitor โดยใช้ Array-Based Detectors (SIMBAD) เทคโนโลยีนี้สามารถค้นหาและติดตามเป้าหมายการระบายความร้อนในมุมมองของเซนเซอร์ โดยให้ข้อมูลขนาดตำแหน่งและข้อมูลความเร็วแสดงในรูปที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4 อุปกรณ์ตรวจสอบสุขภาพแบบสวมใส่ข้อมือ [5]



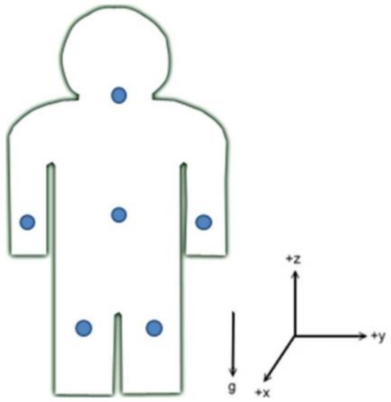
รูปที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ SIMSAD สำหรับการทดลอง [6]

➢ มาตรวัดความเร่งแบบ 3 แกน:

มาตรวัดความเร่งสามแกนถูกออกแบบมาสำหรับการตรวจจับการเร่งความเร็วพร้อมกันในสามทิศทางตามแนวแกน

Chin-Feng Lai และคณะ [7] ใช้เซนเซอร์ความเร่งสามแกนหลายตัวสำหรับการตรวจจับข้อต่อชิ้นส่วนของร่างกายที่ได้รับบาดเจ็บเมื่อเกิดการล้มโดยไม่ได้ตั้งใจ โดยติดเซนเซอร์ลงบนร่างกาย

มนุษย์ทั้งหกส่วนที่มักจะสวมใส่หรือพกพา เช่น นาฬิกา รองเท้า เข็มขัด สร้อยคอ ดังแสดงในรูปที่ 6 ระบบมีการกำหนดช่วงความเร่งสำหรับวิเคราะห์เมื่อเกิดการหกล้ม อย่างไรก็ตามการติดอุปกรณ์บนร่างกายมนุษย์ยังเป็นข้อเสียของระบบแบบสวมใส่



รูปที่ 6 มาตรวัดความเร่งสามแกนบนร่างกายมนุษย์ทั้ง 6 ส่วน [7]

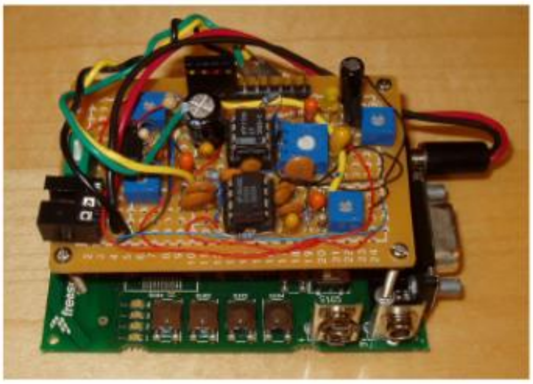
อุปกรณ์สวมใส่มีทั้งข้อดีและข้อเสีย [1] ข้อได้เปรียบที่สุดของอุปกรณ์เหล่านี้คือต้นทุนต่ำ การออกแบบและการติดตั้งไม่ซับซ้อน ข้อเสียเปรียบคือการที่ทำให้มนุษย์รู้สึกถูกละเมิดสิทธิในการใช้ชีวิต ทำให้การใช้ชีวิตประจำวันไม่สะดวก และเนื่องจากมนุษย์มีการเคลื่อนไหวร่างกายในปริมาณมาก อาจส่งผลให้อุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อได้ง่าย ข้อเสียเปรียบดังกล่าวจึงไม่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ

2.2.2 อุปกรณ์รอบข้าง

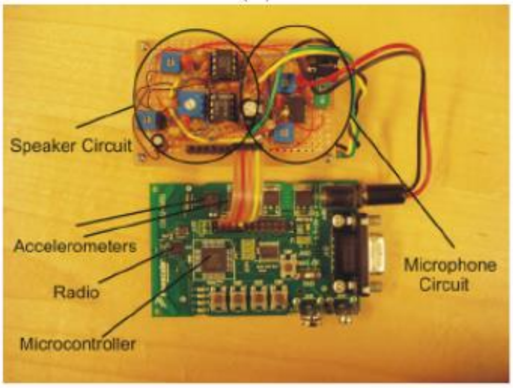
อุปกรณ์รอบข้างได้นำข้อมูลเสียงและภาพมาใช้ เพื่อการตรวจจับการหกล้มผ่านข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไป

- เสียงและวิดีโอ:

บทความหัวข้อ Smart home care network using sensor fusion and distributed vision-based reasoning โดย Ali Maleki Tabar และคณะ [8] เสนอเทคนิคการตรวจจับการหกล้มโดยอาศัยเซนเซอร์พร้อมกับวิธีการวิเคราะห์ เพื่อตรวจจับอุบัติเหตุและติดตามตำแหน่งโดยประมาณของผู้ใช้ ระบบประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่ง อุปกรณ์ส่งวิทยุ (Radio device) และกล้อง ดังแสดงในรูปที่ 7 อัลกอริธึมคือเมื่อเซนเซอร์วัดความเร่งตรวจจับได้ว่ามีการล้ม ต่อมาวิเคราะห์ต่อด้วยระบบประมวลผลภาพ และเมื่อตรวจจับได้ว่าล้ม ต้องมีการร้องขอความช่วยเหลือจากผู้ใช้ ระบบจึงจะขอความช่วยเหลือไปยังศูนย์ควบคุม



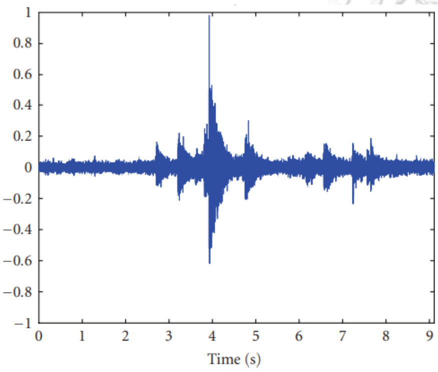
(ก) วงจรต้นแบบ



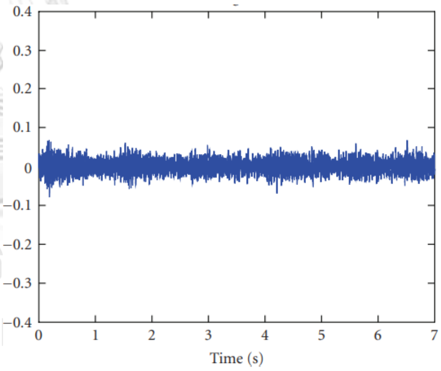
(ข) ส่วนประกอบในวงจร

รูปที่ 7 วงจรต้นแบบสำหรับระบบดูแลบ้านอัจฉริยะ [8]

Xiaodan Zhuang และคณะ [9] เสนอระบบที่ตรวจจับการหกล้มของมนุษย์ในบริเวณบ้านด้วยสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนตัวเดียว โดยเสนอเป็นแบบจำลองการแยกเสียงล้มกับเสียงรบกวนโดยใช้แบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน เพื่อจัดหมวดหมู่ของเสียง ตัวอย่างการแยกสัญญาณเสียงแสดงดังรูปที่ 8



(ก) สัญญาณเสียงการล้ม



(ข) สัญญาณเสียงการเดิน

รูปที่ 8 ตัวอย่างสัญญาณเสียงที่บันทึกได้

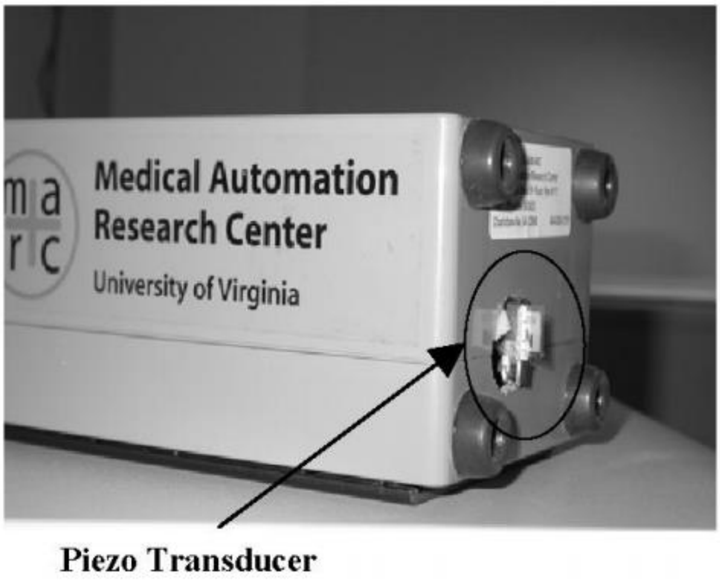
- การตรวจจับเหตุการณ์โดยใช้ข้อมูลการสั่นสะเทือน:

การตรวจจับเหตุการณ์และการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ข้อมูลการสั่นสะเทือนให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตรวจสอบ ติดตาม และมีนัยสำคัญ

Majd Alwan และคณะ [10] ได้เสนอระบบที่ไม่โต้ตอบและไม่ละเมิดผู้ใช้งาน ที่พัฒนาหลักการทำงานและการออกแบบเครื่องตรวจจับการหกล้มกระแทกพื้น การหกล้มของมนุษย์จะ

พิจารณาจากรูปแบบการสั่นสะเทือนของพื้น ผลการทดลองพบว่าเครื่องตรวจจับนี้สามารถตรวจจับการล้มได้ถูกต้อง 100%

Charles J. Robinson และคณะ [11] เสนอระบบตรวจจับการลื่นล้มโดยใช้ sliding linear investigative platform การระบุการล้มที่แท้จริงมีการประยุกต์เอาข้อมูลมาจากเซนเซอร์วัดความเร่งมาพิจารณา และใช้ข้อมูลในการสั่นสะเทือนประกอบการตัดสินใจ เนื่องจากการสั่นสะเทือนให้ข้อมูลที่แตกต่าง สามารถแปลความหมายได้ง่าย แนวคิดการสั่นสะเทือนของพื้นพร้อมการตรวจจับเสียงนั้นมีเอกลักษณ์ในแบบของตัวเองใน [12] ระบบนี้ใช้การสั่นสะเทือนของพื้นและการตรวจจับเสียงมาประมวลผลในรูปแบบสัญญาณคลื่นความถี่ และใช้อัลกอริธึมการจดจำรูปแบบเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างการล้มและเหตุการณ์อื่น ๆ อุปกรณ์ตรวจจับการลื่นล้มแสดงดังรูปที่ 9



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 9 เครื่องตรวจจับเหตุการณ์หกล้มจากการสั่นสะเทือนของพื้น [10]

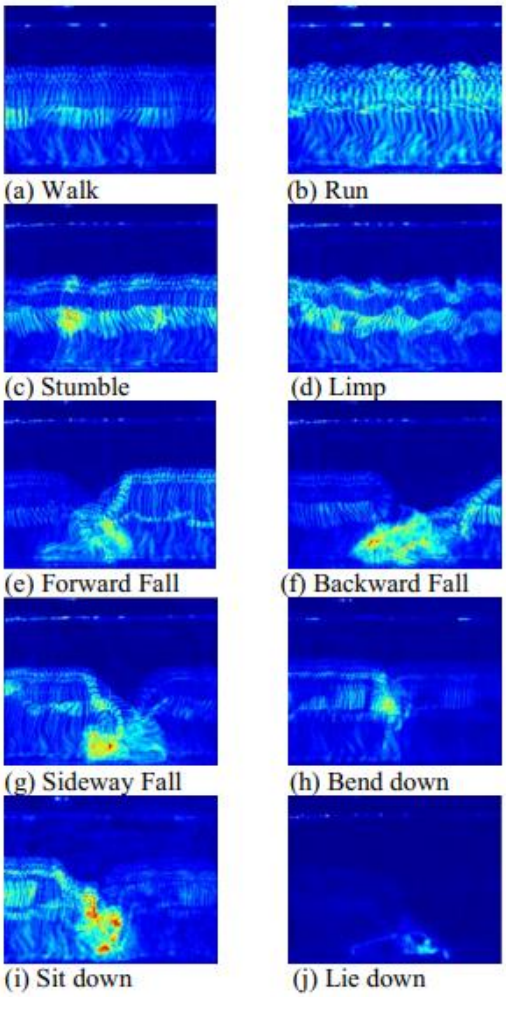
การใช้อุปกรณ์รอบข้างส่วนใหญ่ใช้เซนเซอร์วัดความดันสำหรับการตรวจจับและติดตามวัตถุ และมักเป็นเซนเซอร์ตรวจจับแรงดันสูงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของอุปกรณ์ในกลุ่มนี้ยังคงเหมือนกับการใช้อุปกรณ์สวมใส่

2.2.3 กล้อง (Camera)

ปัจจุบันมีการนำกล้องเข้ามาช่วยในระบบช่วยเหลือและดูแลรักษาบ้านมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากมีข้อดีหลายประการมากกว่าระบบเซนเซอร์อื่น ๆ กล้องสามารถใช้ในการตรวจจับเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ละเมิดตัวบุคคลมากเกินไป

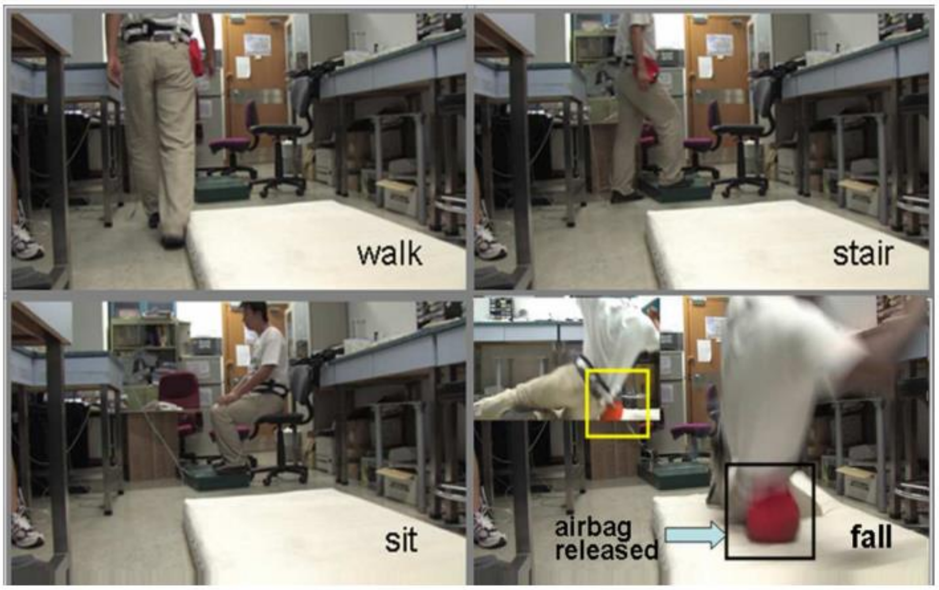
➢ การเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ (Spatiotemporal):

การสร้างแบบจำลองรูปร่างโดยใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ ให้ข้อมูลที่สำคัญของกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งใช้ในการตรวจสอบเหตุการณ์ที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์รูปภาพต้องการวิธีการสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำ Homa Foroughi และคณะ [13] พัฒนาวิธีการตรวจจับการหกล้มโดยใช้วิธีการรวมกันของปริภูมิลักษณะเฉพาะ (eigenspace) และภาพเวลาการเคลื่อนไหว (Integrated Time Motion Image: ITMI) ไอทีเอ็มไอสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ในรูปของฐานข้อมูลได้ ดังแสดงในรูปที่ 10 โดยข้อมูลการเคลื่อนไหวจะมีการประทับเวลาของการเคลื่อนไหวนั้น ๆ ด้วย และจะเน้นการดำเนินการขั้นสุดท้ายการลดคุณสมบัติทำได้โดยใช้เทคนิคปริภูมิลักษณะเฉพาะ คุณสมบัติเวกเตอร์ที่ได้จากกระบวนการลดคุณสมบัตินั้นจะถูกส่งไปยังตัวจำแนกประเภท (Motion recognition) ที่สามารถจัดการกับข้อมูลการเคลื่อนไหวได้อย่างสมบูรณ์



รูปที่ 10 ITMIs ของสถาณการณ์ที่แตกต่างกัน [13]

ในงานวิจัยระบบปล่อยถุงลมนิรภัยของมนุษย์บนมือถือ [14] ได้รับการออกแบบเพื่อป้องกันการล้มของผู้สูงอายุ การทำงานแสดงในรูปที่ 11 ระบบประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่ง (3D MEMS accelerometer), ไจโรสโคป (gyroscope), ไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลบลูทูธ ข้อมูลการเคลื่อนไหวของวัตถุจะถูกบันทึกโดยเครื่องวัดความเร่ง กล้องที่มีความเร็วสูงถูกใช้สำหรับการวิเคราะห์การหกล้ม ใช้เทรสโซไจโรเพื่อตรวจจับการล้มด้านข้าง การจำแนกประเภทของการตกจะดำเนินการโดยใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชิน (SVM) และระบบตรวจจับการล้มแบบเรียลไทม์ประกอบด้วยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลในตัว



รูปที่ 11 การทำงานของอุปกรณ์ในสถานการณ์ต่าง ๆ [14]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

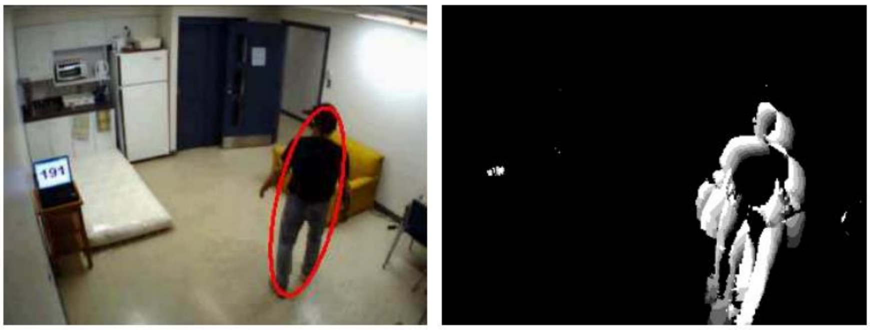
- กิจกรรมที่ไม่ปกติ /การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง:

เมื่อมนุษย์ทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ลักษณะของรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงไปตามกิจกรรมนั้น ๆ ด้วยเหตุผลนี้ทำให้มีงานวิจัยหลายงานนำปัจจัยส่วนนี้มาวิเคราะห์ประกอบกับการตัดสินใจอื่น ๆ ในระบบตรวจจับการหกล้มในปัจจุบัน

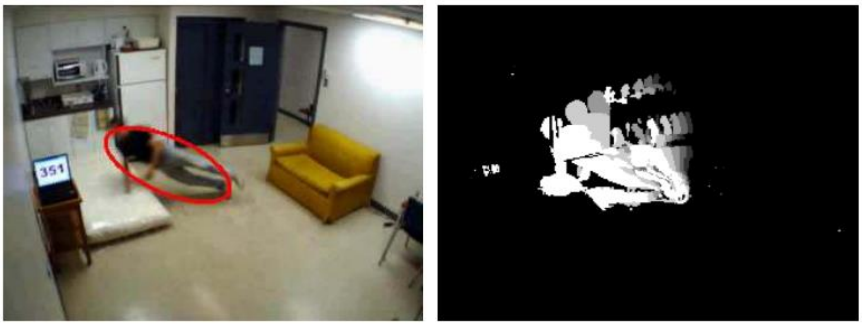
Ji Tao และคณะ [15] ได้เสนอระบบเฝ้าระวังอัจฉริยะในการตรวจสอบการหกล้มของมนุษย์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยภายในบ้าน ระบบประกอบด้วย 2 ส่วนคือ การตรวจจับ และการติดตามการเคลื่อนไหวในมุมมองของกล้อง คุณลักษณะการสังเกตอาศัยการดึงเอาอัตราส่วนกว้าง ยาว ของบุคคลดังแสดงในรูปที่ 12 ตรวจสอบเหตุการณ์ล้ม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหันในชั่วขณะหนึ่งการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับเหตุการณ์ล้มได้แบบเรียลไทม์

วิธีการของ Caroline Rougier และคณะ [16] มีการผสมผสานระหว่างภาพประวัติการเคลื่อนไหว (Motion History Image: MHI) และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของมนุษย์ ตัวอย่างผลลัพธ์จากอัลกอริธึมนี้แสดงในรูปที่ 13 เอ็มเอชไอเป็นภาพที่ฉายจากภาพเคลื่อนไหวหลายภาพ ข้อมูลการเคลื่อนไหวล่าสุดในลำดับภาพจะแสดงโดยความเข้มของพิกเซล และการเคลื่อนไหวล่าสุดจะมีความเข้มมากกว่าการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในอดีต การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรูปร่างใช้การประมาณวงรี

รูปที่ 12 ตัวอย่างการตรวจจับด้วยกล้องที่ติดตั้งบนผนังสูงจากพื้น 2 เมตร [15]



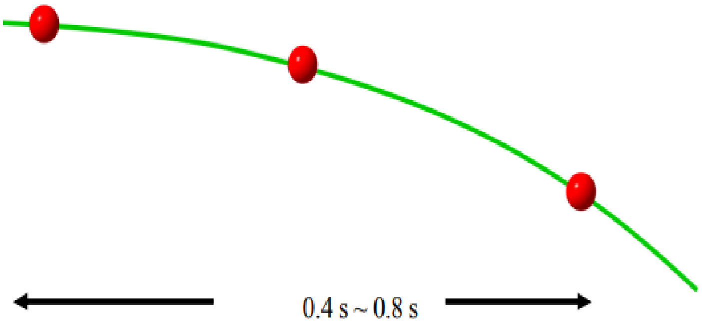
(ก) ขณะเดินปกติ



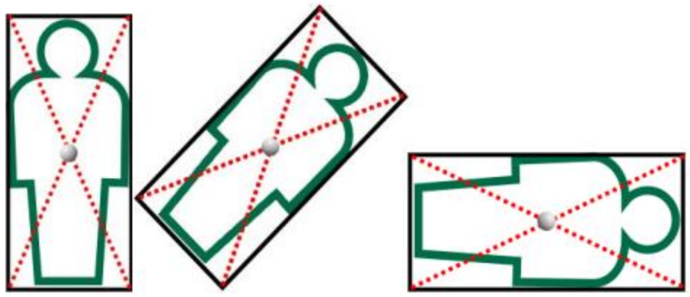
(ข) ขณะล้ม

รูปที่ 13 ตัวอย่างระบบการตรวจจับการหกล้มในสถานการณ์ต่าง ๆ [16]

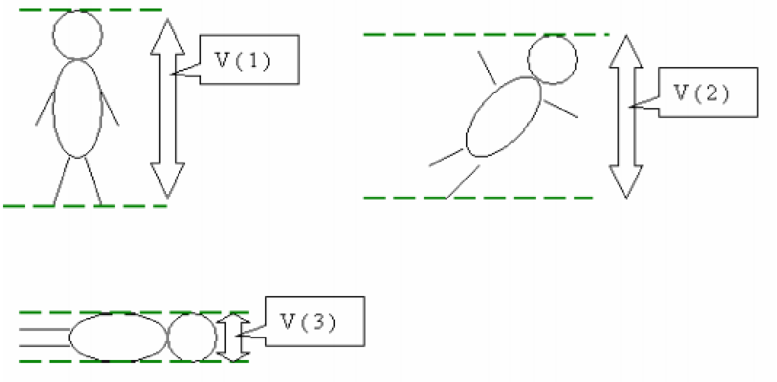
การตรวจจับการหกล้มโดยใช้วิดีโอที่บีบอัดถูกกล่าวใน [17] การแบ่งส่วนวัตถุภายในบริเวณที่ถูกบีบอัดถูกนำไปใช้สำหรับการแยกวัตถุที่เคลื่อนไหว โดยใช้การประมาณค่าการเคลื่อนที่และการจัดกลุ่มการเคลื่อนที่ คุณลักษณะที่ใช้พิจารณามี 3 คุณลักษณะ ได้แก่ ช่วงเวลาสั้น ๆ ในการล้ม การเปลี่ยนแปลงจุดกึ่งกลางอย่างรวดเร็วเมื่อล้ม และฮิสโตแกรมฉายแนวตั้งของมนุษย์ ดังแสดงในรูปที่ 14 ระบบสามารถแยกความแตกต่างจากการนั่งยอง ๆ โดยคำนึงถึงระยะเวลาของเหตุการณ์



(ก) ระยะเวลาของเหตุการณ์



(ข) ตำแหน่งและการเปลี่ยนแปลงของจุดกึ่งกลาง



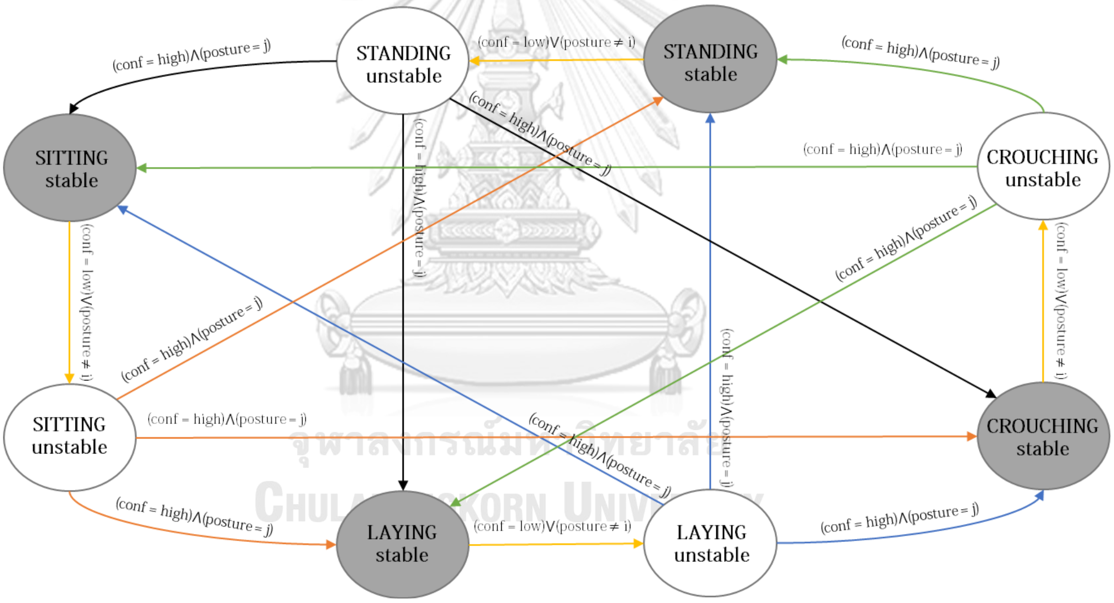
(ค) การฉายฮิสโตแกรมในแนวตั้งของวัตถุ

รูปที่ 14 คุณลักษณะ 3 ประการสำหรับการวิเคราะห์เหตุการณ์ล้ม [17]

- ท่าทาง (Posture):

การใช้ข้อมูลของท่าทางสามารถช่วยให้การตรวจจับการหกล้มได้แม่นยำมากขึ้น [1] ตำแหน่งร่างกายที่แตกต่างกันสามารถใช้ในการวิเคราะห์ท่าทางได้ ท่าที่เฉพาะเจาะจงจะถูกระบุและแปลเป็นภาษารูปภาพอย่างเป็นลำดับ

R. Cucchiara และคณะ [18] ได้ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของมนุษย์โดยการจำแนกตำแหน่งของบุคคลที่ถูกตรวจจับได้และวิเคราะห์หาเหตุการณ์หกล้ม การคำนวณฮิสโตแกรมเพื่อประมาณการและนำมาเปรียบเทียบกับท่าทางที่จัดเก็บไว้ (การฝึกอบรม) นอกจากนี้การติดตามตัวบุคคลยังเกี่ยวข้องกับกรณีที่มีสิ่งกีดขวางหรือบดบังด้วย ทั้งนี้อัลกอริธึมนี้มีระดับความแม่นยำที่ทำได้สูงสุดคือ 95% การวิเคราะห์ท่าทางหลัก 4 ท่า เป็นไปตามรูปที่ 15 การพิจารณาเปลี่ยนสเตจใช้ 2 พารามิเตอร์ คือ ท่าทางในสเตจปัจจุบัน (โดยที่ S_i คือสเตจ stable และ s_i คือสเตจ unstable) และค่าความน่าเชื่อถือของการจำแนกประเภท (conf)



รูปที่ 15 สถานะการเปลี่ยนท่าทางสำหรับ 4 ท่าหลัก

วิธีการจำแนกท่าทางที่แตกต่างกันด้วยฟัซซี่ลอจิกและโครงข่ายประสาทเทียมถูกเสนอโดย Sven Fleck และคณะ [19] โดยท่าที่จำแนกประกอบด้วย ท่ายืน ท่างอตัวหรือก้ม ท่านั่ง และท่านอน หลังจากขั้นตอนการลบภาพพื้นหลัง (background subtraction) และการแยกคุณสมบัติ (feature extraction) ระบบจะทำการคำนวณฮิสโตแกรม จากนั้นวิเคราะห์โดยใช้ฟูเรียร์ทรานฟอร์ม (Fourier transform) และใช้ฟัซซี่ลอจิกและโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจำแนกประเภท ผลลัพธ์จากวิธีดังกล่าวสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วยการปรับปรุงขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพ เช่น การกำจัดเงาและการกรองอิทธิพลของการส่องสว่างจากแสง

Nicolas Thome และคณะ [20] ได้พัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนไหวที่มี 2 ชั้น ชื่อว่า Hierarchical Hidden Markov Model (HHMM) ชั้นแรกประกอบด้วย 2 สถานะ คือ ท่ายืนตรง และท่านอน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน และคุณสมบัติการเคลื่อนไหวเฉพาะที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ สำหรับความสัมพันธ์ของมุมมองแบบ 3 มิติและการคาดการณ์ระนาบของภาพมีการสังเกตอย่างรอบคอบ เหตุการณ์หกล้มสามารถพิจารณาจากมุมหรือองศาของรูปร่างที่ผิดปกติไป ในระหว่างกระบวนการสร้างภาพ ดังนั้นแต่ละท่าจะมีความแตกต่างออกไป ทำให้การตรวจจับการหกล้มตรวจจับได้อย่างแม่นยำจากการกระทำอื่น ๆ เช่น การเดิน การนั่ง ในระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ (computer vision) มักใช้กล้องเพื่อการบันทึกและการจับสัญญาณวิดีโอเท่านั้น

- การวิเคราะห์ตำแหน่งของศีรษะแบบ 3 มิติ:

การวิเคราะห์ตำแหน่งศีรษะขึ้นอยู่กับการติดตามส่วนหัวของบุคคล ในบทความของ Caroline Rougier และ Jean Meunier [21] ได้เสนอวิธีการตรวจจับการหกล้ม โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์และติดตามตำแหน่งของศีรษะแบบ 3 มิติ เนื่องจากศีรษะของคนมักจะปรากฏอยู่ในมุมมองกล้องและส่วนศีรษะจะมีการเคลื่อนไหวขนาดใหญ่เมื่อเกิดเหตุการณ์ล้ม ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะมนุษย์แสดงดังรูปที่ 16 เมื่อตรวจจับศีรษะแล้วระบบจะติดตาม เพื่อตรวจจับการล้มโดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของศีรษะแบบ 3 มิติในการวิเคราะห์

(ก) ตำแหน่งศีรษะช่วงเวลา t-1 (ข) ตำแหน่งศีรษะช่วงเวลา t

รูปที่ 16 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะมนุษย์ [21]

ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของตำแหน่งศีรษะแบบ 3 มิติ หลักการที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งที่เร็วกว่าการเคลื่อนที่ในแนวนอนขณะเกิดเหตุการณ์ล้ม เสนอโดย Bart Jansen และ Rudi Deklerck [22] วิธีการนี้ใช้ข้อมูลภาพที่ดึงมาจากการใช้กล้อง 3 มิติ ร่วมกับแบบจำลองเหตุการณ์ ในรูปที่ 17 โดยแบบจำลองเหตุการณ์จะตีความเหตุการณ์ล้มที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเวลา สถานที่ และระยะเวลาในการเกิดเหตุการณ์

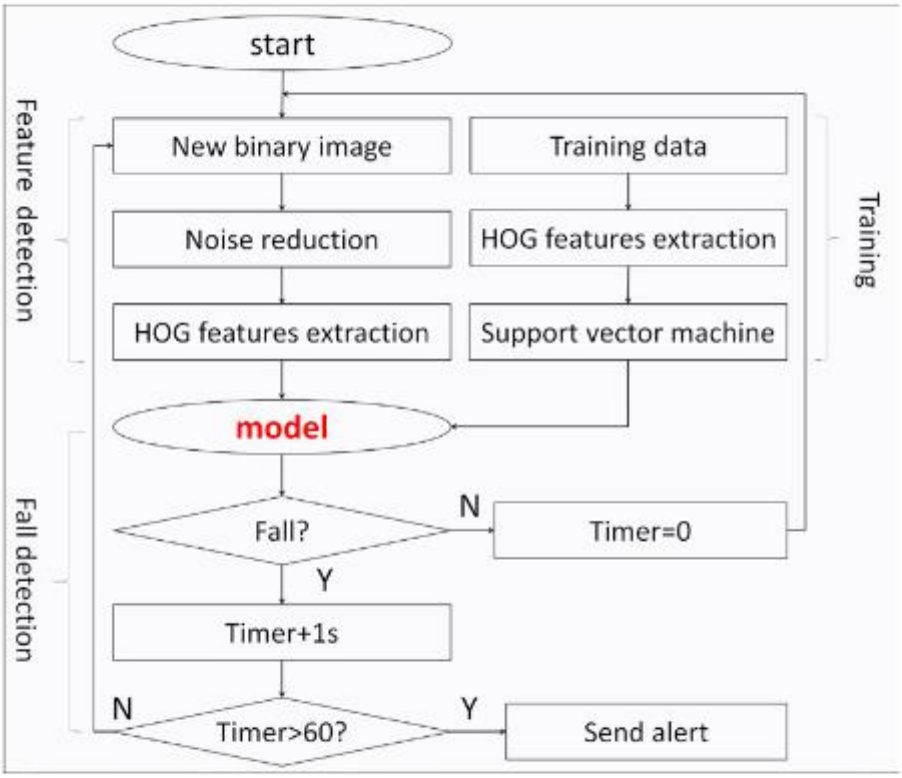
รูปที่ 17 ตัวอย่างภาพจำลองและภาพเชิงลึกของห้องประดิษฐ์

วิธีการที่ใช้กล้องมีแนวโน้มว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการจัดการกับปัญหาด้านการละเมิดความเป็นส่วนตัวของคน งานวิจัยหลายงานให้ความสนใจเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับระบบการเฝ้าระวัง ส่วนใหญ่ในระบบการเฝ้าระวังใช้การประมวลผลภาพมุ่งเน้นที่ระบบสามารถทำงานได้ตามเวลาจริง โดยใช้ระบบการคำนวณพื้นฐานและกล้องราคาถูก

2.2.4 ระบบตรวจจับการหกล้มในปัจจุบัน

ปัจจุบันมีนักวิจัยหลายคนให้ความสนใจเรื่องการพัฒนาระบบตรวจจับการหกล้มเป็นจำนวนมาก และได้มีการวิจัยผลงานออกมาหลายงาน เพื่อนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ร่วมด้วย อย่างไอโอทีหรือ Internet of Things มาใช้สนับสนุนระบบการดูแลผู้สูงอายุ

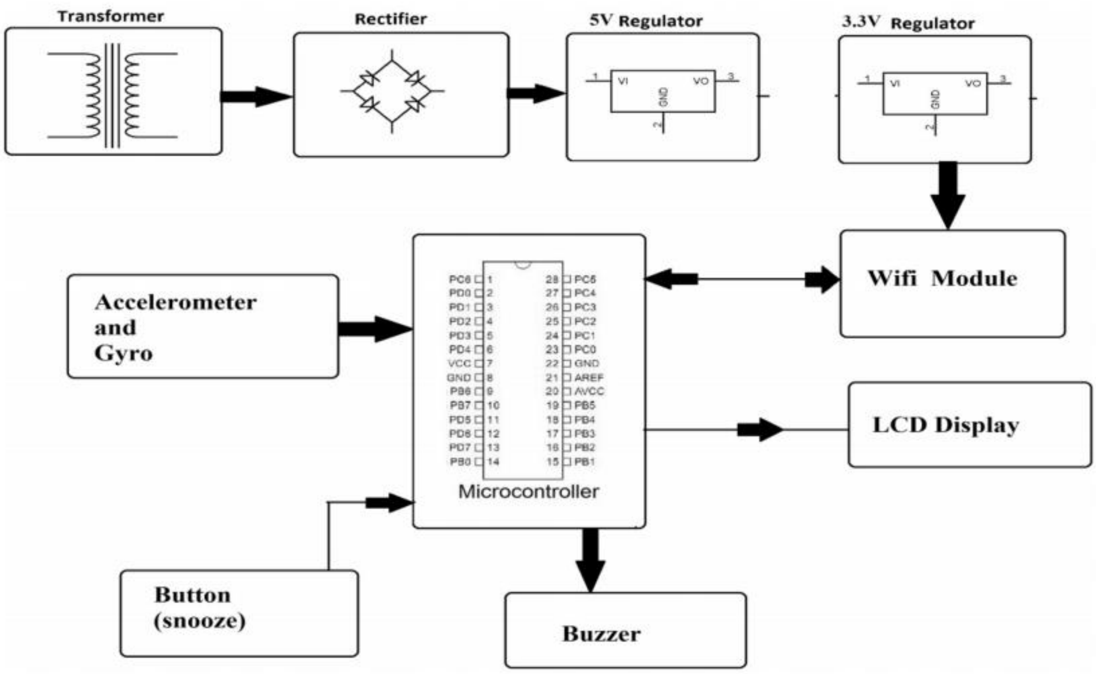
ผลงานวิจัยหัวข้อ “A HOG-SVM Based Fall Detection IoT System for Elderly Persons Using Deep Sensor” ของ Xiangbo Kong และคณะ [23] มองว่าเพื่อความเป็นส่วนตัวของผู้สูงอายุและเพื่อความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง จึงได้ใช้เซ็นเซอร์ที่เรียกว่า Deep sensor แทนการใช้กล้องแบบ RGB เพื่อให้ได้ภาพแบบไบนารี การตรวจจับและติดตามบุคคลใช้ Microsoft Kinect SDK และลดเสียงรบกวนที่ไม่พึงประสงค์โดยอัลกอริธึมลดเสียงรบกวนคุณสมบัติของบุคคลถูกสกัดโดยฮิสโตแกรมของการไล่ระดับสีและการจำแนกภาพจะดำเนินการสำหรับการตัดสินสถานะการล้มโดยเครื่องสนับสนุนเวกเตอร์หรือ Support Vector Machine หากตรวจพบการหกล้มระบบไอโอทีจะส่งการแจ้งเตือนไปยังโรงพยาบาลหรือสมาชิกในครอบครัวกระบวนการดังกล่าวแสดงรูปที่ 18



รูปที่ 18 กระบวนการทำงานของระบบตรวจจับการหกล้ม [23]

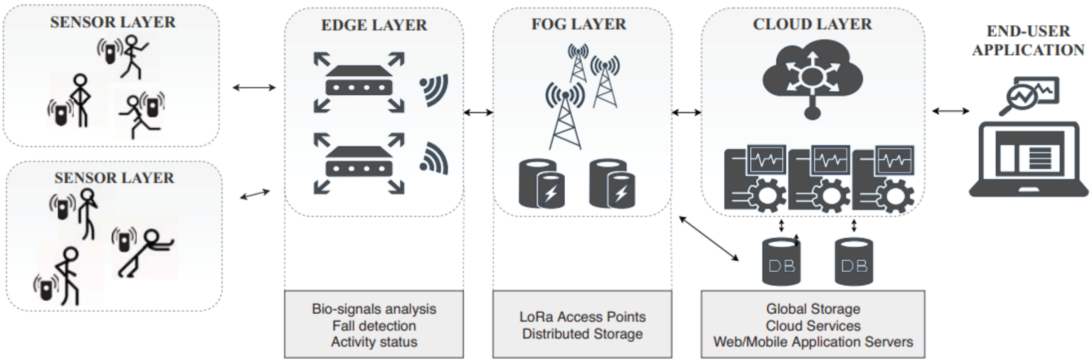
งานวิจัยนี้สร้างชุดข้อมูลทั้งหมด 3,500 ภาพสำหรับการฝึกสอนโปรแกรม (Training data) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพมากกว่า 90% ในแง่ของความถูกต้อง

ในงานวิจัยของ I. Chandra และคณะ [24] ในหัวข้อ “IoT based fall detection and ambient assisted system for the elderly” ได้เสนออัลกอริธึมการตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุ กิจกรรมของมนุษย์ในทุกวันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ตำแหน่งคงที่และตำแหน่งแบบไดนามิก การตรวจจับการหกล้มโดยสร้างแบบจำลองจากการใช้เซนเซอร์วัดความเร่ง 3 แกน สามารถตรวจจับการหกล้มได้ 4 ลักษณะ คือ การล้มไปข้างหน้า การล้มหงายหลัง การกระโดด และการนั่งอย่างรวดเร็ว การเร่งความเร็วของบุคคลถูกใช้เพื่อกำหนดลักษณะของการหกล้ม อัลกอริธึมของงานวิจัยนี้ใช้เซนเซอร์วัดความเร่งและไจโรสโคปดังแสดงในรูปที่ 19 ในการทำนายการหกล้มอย่างถูกต้อง



รูปที่ 19 โครงสร้างระบบ IoT based fall detection and ambient assisted system for the elderly [24]

งานวิจัยหัวข้อ “Edge-AI in LoRa-based Health Monitoring: Fall Detection System with Fog Computing and LSTM Recurrent Neural Networks” ของ J. Peña Queralta และคณะ [25] มองว่าการดูแลสุขภาพระยะไกลนั้นมีการเจริญเติบโตอย่างทวีคูณในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของแพลตฟอร์ม Internet of Things (IoT) จึงได้เสนอสถาปัตยกรรมระบบด้วยปัญญาประดิษฐ์แบบผสมผสานที่รวมการคำนวณ Edge และ Fog, เทคโนโลยี LPWAN, IoT และอัลกอริธึมการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อดำเนินงานตรวจจับการหกล้ม และเกตเวย์ Edge ไปยังบริการคลาวน์และแอพพลิเคชันผู้ใช้ปลายทางดังแสดงในรูปที่ 20 ความแม่นยำโดยเฉลี่ยของระบบมากกว่า 90%



รูปที่ 20 สถาปัตยกรรมของระบบใน [25]

2.3 การแบ่งส่วนภาพสีโดยใช้แบบจำลองผสมของเกาส์เซียนและอัลกอริธึมอีเอ็ม (Color Image Segmentation using Gaussian Mixture Model and EM Algorithm):

การแบ่งส่วนภาพเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ภาพอัตโนมัติและการจดจำรูปแบบ (pattern recognition) รูปภาพแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ที่มีความหมายต่างกันในแต่ละภูมิภาค คุณสมบัติบางอย่างของภูมิภาคที่คล้ายกันจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มพิกเซลเดียวกัน คุณภาพของการแบ่งส่วนภาพและขอบเขตมีผลต่อการวิเคราะห์และทำความเข้าใจภาพ และเป็นประเด็นทางเทคนิคที่สำคัญในงานด้านระบบประมวลผลภาพ เทคนิคดั้งเดิมของการแบ่งส่วนภาพคือ การแบ่งส่วนตามขอบ (edge) และการแบ่งส่วนตามภูมิภาค (region) โดยเมื่อก่อนใช้การแยกส่วนที่เป็นขอบจากวัตถุเป้าหมาย แต่ช่วงหลังนิยมกำหนดขอบเขตของวัตถุจากลักษณะเชิงพื้นที่บางส่วนของภาพ เช่น คุณสมบัติสีเทา (gray), พื้นผิว (texture), และคุณสมบัติทางสถิติอื่น ๆ ของพิกเซล อัลกอริธึมอีเอ็มเป็นวิธีการแบ่งส่วนภูมิภาคตามการจดจำรูปแบบทางสถิติซึ่งมีความรวดเร็วและสามารถดัดแปลงนำไปใช้ได้หลากหลาย

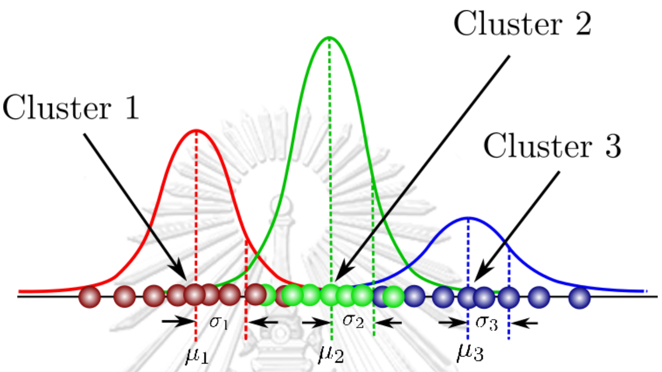
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.1 แบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน (Gaussian Mixture Model: GMM)

แบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน [26], [27] เป็นแบบจำลองทางสถิติที่สามารถอธิบายการกระจายตัวเชิงพื้นที่และลักษณะข้อมูลในพื้นที่หนึ่ง ๆ แบบจำลองการผสมของเกาส์เซียนคือการรวมกันของฟังก์ชันความหนาแน่นของเกาส์เซียนแบบเส้นตรง ส่วนผสมแบบเกาส์เซียน (Gaussian Mixture) นี้ เป็นฟังก์ชันที่ประกอบด้วยฟังก์ชันความหนาแน่นแบบเกาส์เซียนหลาย ๆ ฟังก์ชัน และแต่ละฟังก์ชันระบุด้วย k โดยที่ K คือจำนวนองค์ประกอบของภาพทั้งหมด ฟังก์ชันความหนาแน่นแบบเกาส์เซียนแต่ละตัวประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยความเข้มที่กำหนดศูนย์กลางของข้อมูล (μ), ความแปรปรวนร่วมที่กำหนดความกว้างของข้อมูล ($\sum$), และสัดส่วนการผสมสำหรับแต่ละกลุ่ม (ω) ดังแสดงในสมการที่ (1) ตัวอย่างแบบจำลองของฟังก์ชันการผสมแบบเกาส์เซียนแสดงดังรูปที่ 21 จะเห็น

ว่ามีฟังก์ชันความหนาแน่นแบบเกาส์เซียน 3 ฟังก์ชัน นั่นหมายความว่า $K = 3$ โดยแต่ละฟังก์ชันอธิบายข้อมูลที่มีอยู่ในแต่ละกลุ่ม

$$p(x) = \sum_{i=1}^{K} \omega_i N_i(x \mid \mu_i, \sum{}_i) \quad (1)$$



รูปที่ 21 ตัวอย่างแบบจำลองการผสมของเกาส์เซียนที่ประกอบด้วยฟังก์ชันความหนาแน่นของเกาส์เซียน 3 ฟังก์ชัน

ที่มา: httpstowardsdatascience.comgaussian-mixture-models-explained-6986aaf5a95

การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันความหนาแน่นแบบเกาส์เซียนเพื่อแน่ใจว่าแต่ละจุดตรงกับจุดข้อมูลที่เป็นของแต่ละกลุ่ม โดยใช้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (likelihood function maximization) มารับค่าประมาณ แต่ในทางปฏิบัติมักมีปัญหาเรื่องข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเกิดจากตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงและโมเดลที่มีตัวแปรแฝง สำหรับปัญหาการจัดกลุ่มข้อมูลนี้สามารถสรุปได้ว่าตัวแปรมีค่าไม่ต่อเนื่องกัน แทนด้วยตัวแปร Z ถ้า $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$ เป็นชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยเวกเตอร์ n ตัวที่สามารถสังเกตได้ ดังนั้นจะได้ว่า $Z = \{z_1, z_2, \ldots, z_n\}$ คือค่าตัวแปรที่สอดคล้องกับองค์ประกอบข้อมูลที่สังเกตได้ตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่น z_i เชื่อมโยงกับองค์ประกอบข้อมูล x_i หมายความว่า z_i คือเลเบลกลุ่มที่มองไม่เห็นขององค์ประกอบข้อมูล ฟังก์ชันความหนาแน่น ($p(x \mid \theta_i)$) ของการแบ่งส่วนภูมิภาคโดยใช้ฟังก์ชันเกาส์เซียน ดังแสดงในสมการที่ (2)

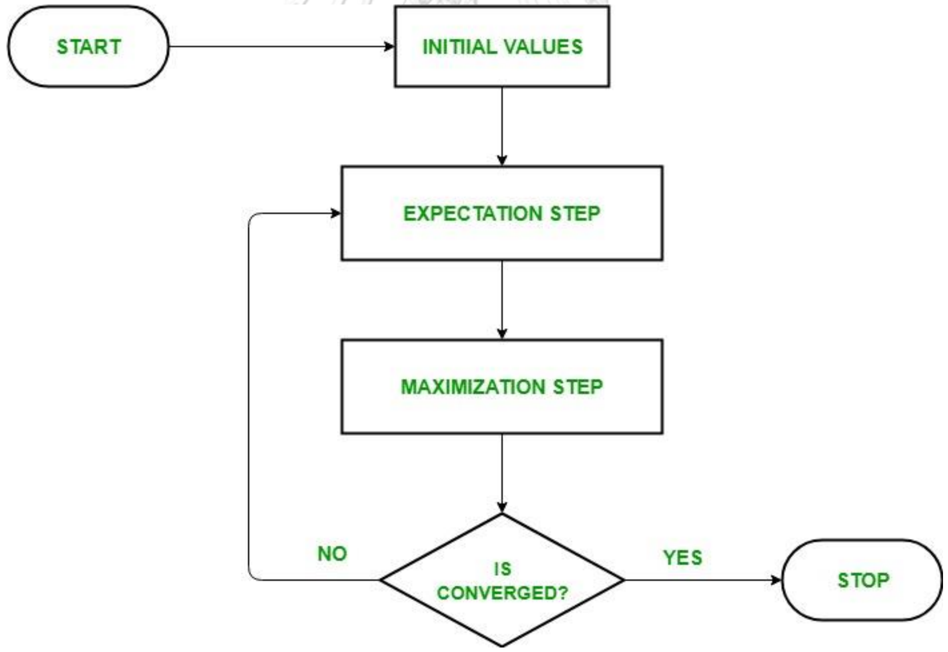
$$p(x \mid \theta_i) = N(x \mid \mu, \Sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)^T \sum^{-1}(x-\mu)} \quad (2)$$

ดังนั้นสำหรับรูปภาพ X (ที่ประกอบด้วย s พิกเซล) มีความน่าจะเป็นตามสมการที่ (3)

$$p(X \mid \omega, \mu, \Sigma) = \prod_{j=1}^{s} \left\{ \sum_{i=1}^{K} \omega_i N(x_j \mid \mu_i, \Sigma_i) \right\} \tag{3}$$

2.3.2 อัลกอริธึมอีเอ็ม

อัลกอริธึมอีเอ็มเป็นอัลกอริธึมทางเลือกสำหรับการประมาณค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการใช้งานจริง อัลกอริธึมอีเอ็มเป็นวิธีปรับค่าประมาณซ้ำ ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าประมาณที่เหมาะสมที่สุด กระบวนการทำซ้ำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน [28], [29] ขั้นตอนแรกเรียกว่า ขั้นตอนอี (E step) ขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ของค่าเริ่มต้นหรือค่าประมาณก่อนหน้านี้ ในการคำนวณค่าที่คาดหวังของฟังก์ชันความน่าจะเป็น ขั้นตอนที่สองเรียกว่า ขั้นตอนเอ็ม (M step) ขั้นตอนนี้จะเปลี่ยนฟังก์ชันความน่าจะเป็นสูงสุดเพื่อรับค่าพารามิเตอร์ใหม่ กระบวนการเฉพาะของอัลกอริธึมอีเอ็มจะถูกทำซ้ำ และวนจนกว่าค่าประมาณจากทั้งสองขั้นตอนใกล้เคียงหรือเท่ากันแล้ว หลักการทำงานของอัลกอริธึมอีเอ็มแสดงดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 หลักการทำงานของอัลกอริธึมอีเอ็ม (ภาพโดย: RAMAN BHADAURIA)

2.4 ภาพประวัติการเคลื่อนไหว (Motion History Image: MHI)

วิธีการบันทึกภาพประวัติการเคลื่อนไหว [30] เป็นวิธีที่มีแนวคิดมาจากมุมมองของมนุษย์คือ เมื่อสายตามนุษย์ให้ความสนใจสิ่งใดและติดตามเฝ้ามองสิ่งนั้น สมองมนุษย์สามารถนำภาพจากสายตา

เหล่านั้นมาประมวลผลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ภาพประวัติการเคลื่อนไหวจะถูกบันทึกเป็นเทมเพลตที่แสดงความเข้มของพิกเซลของภาพช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ การเคลื่อนไหวล่าสุดจะถูกแสดงด้วยพิกเซลที่มีความเข้มมากที่สุด และการเคลื่อนไหวในอดีตจะมีค่าความเข้มลดลงตามลำดับภาพ

2.4.1 เอ็มเอชไอกับการจดจำการกระทำหรือท่าทาง

เริ่มต้นด้วยวิธีการเอ็มเอชไอจะใช้ในการรับรู้การกระทำที่แตกต่างกันใน [31], [32] ต่อมาใช้ในการจดจำการเคลื่อนไหวของมนุษย์และการติดตามวัตถุเคลื่อนที่ต่าง ๆ Tao Xiang และ Shaogang Gong [33] เสนอแนวคิดที่คล้ายกันในการจดจำกิจกรรมการช้อปปิ้งในร่มและกิจกรรมการบรรทุกสินค้ากลางแจ้ง K. LEMAN และคณะ [34] พัฒนาระบบรู้จำโดยใช้ Personal Digital Assistant ด้วยวิธีของเอ็มเอชไอ ดังแสดงในรูปที่ 23 ผลการทดลองพบว่าแอพพลิเคชันสามารถจดจำท่าทางได้ 5 ท่าทาง ได้แก่ ท่าแกว่งแขน ท่าเดินจากซ้ายและขวาของกล้อง ท่าเอียงศีรษะ และท่าเอนตัวไปด้านหน้า

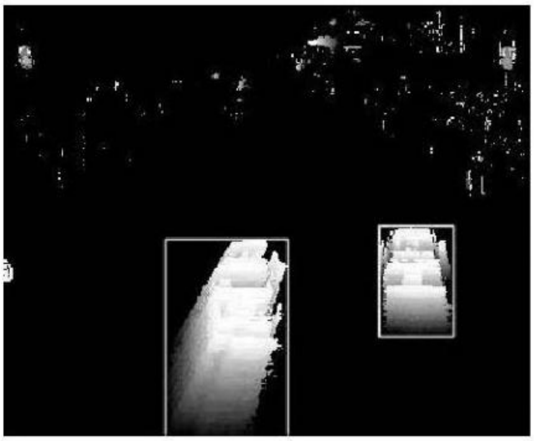
รูปที่ 23 ผลการประมวลผลด้วยวิธีเอ็มเอชไอเมื่อมีการเคลื่อนไหว [34]

2.4.2 เอ็มเอชไอกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว

นอกเหนือจากการกระทำของมนุษย์และการจดจำกิจกรรมแล้ว วิธีการเอ็มเอชไอยังใช้สำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับระบบการเฝ้าระวังอัตโนมัติ การตรวจจับและการติดตาม

บุคคลหรือยานพาหนะที่เคลื่อนที่ถูกพูดถึงใน [35] การติดตามเงาของวัตถุที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องจะถูกบันทึกไว้ในภาพประวัติการเคลื่อนไหวแบบชั่วขณะหนึ่ง โดยแต่ละเฟรมภาพจะมีการระบุวันที่และเวลาด้วย จากการทดลองพบว่าวิธีการของเอ็มเอชไอมีประสิทธิภาพในการติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุแบบเรียลไทม์สำหรับระบบเฝ้าระวัง จากรูปที่ 24 แสดงตัวอย่างการทดลองระบบเฝ้าระวังการจราจรด้วยวิธีเอ็มเอชไอ

(ก) ฉากการจราจรในช่วงกลางวัน



(ข) ผลการติดตามแบบเอ็มเอชไอ

(ค) ฉากการจราจรในช่วงกลางคืน

(ง) ผลการติดตามแบบเอ็มเอชไอ

รูปที่ 24 ตัวอย่างระบบการเฝ้าระวังการจราจร [35]

2.4.3 เอ็มเอชไอกับระบบโต้ตอบได้

ระบบโต้ตอบหลายระบบที่ประสบความสำเร็จถูกสร้างขึ้นโดยใช้เอ็มเอชไอเป็นกลไกหลัก ตัวอย่างเช่น ในงานของ James W. Davis และ Aaron F. Bobick [36] ได้พัฒนาผู้ฝึกสอนแอโรบิกเสมือนจริงที่คอยเฝ้าดูและตอบสนองต่อผู้ใช้ เมื่อเขาทำการออกกำลังกาย ดังแสดงในรูปที่ 25 หรือพื้นที่เล่นแบบโต้ตอบและการเล่าเรื่องสำหรับเด็กที่เรียกว่า KidsRoom [37] ได้รับการพัฒนาโดย

วิธีการเอ็มเอชไอที่ประสบความสำเร็จ งานวิจัยนี้ได้สร้างสภาพแวดล้อมตามการรับรู้ ดังแสดงในรูปที่ 26 ซึ่งเด็ก ๆ สามารถตอบโต้กับสัตว์ประหลาดในขณะที่เล่นในสถานการณ์เล่าเรื่อง

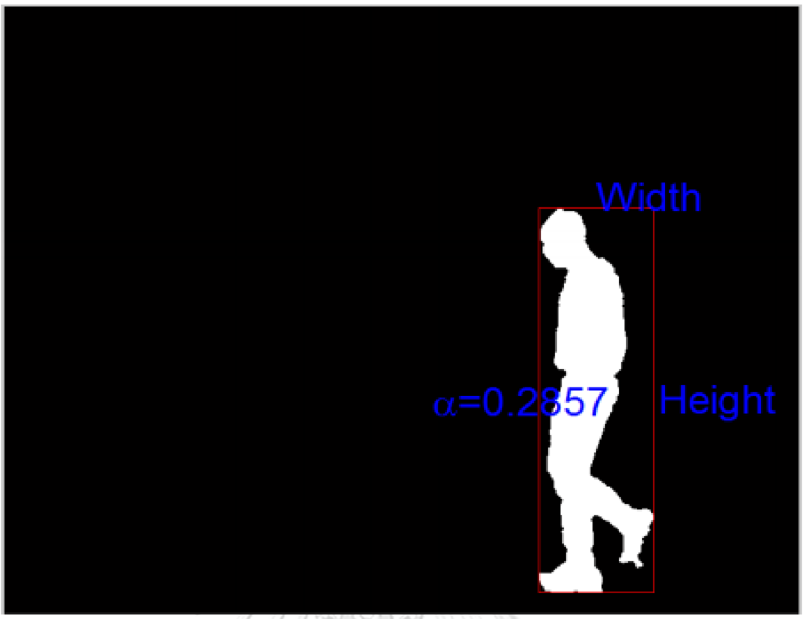
รูปที่ 25 ผู้ฝึกสอนแอโรบิกเสมือนจริง (ภาพโดย: Webb Chappell)

รูปที่ 26 The Kid's Room [37]

2.5 การเสียรูปทรง (Shape deformation)

คุณสมบัติการเสียรูปทรงของมนุษย์ใช้ในการวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่ของมนุษย์ในงานวิจัยของ Mabrouka Hagui และ Mohamed Ali Mahjoub [38] เทคนิคการคำนวณความกว้างและความสูงของวัตถุในแต่ละเฟรม เพื่อหาลักษณะเด่นของพารามิเตอร์ทั้งสอง และนำมาจำแนก

กิจกรรมที่แตกต่างกันของมนุษย์ จากรูปที่ 27 แสดงกล่องขอบเขตของภาพเงามนุษย์ ประกอบด้วยความกว้างและความสูง



รูปที่ 27 คุณลักษณะของรูปร่างมนุษย์ [38]

โดยสมมติว่า w คือความกว้างกรอบของวัตถุ และความสูงคือ h สำหรับเฟรมภาพที่ n และ w' และ h' คือความกว้างและความสูงสำหรับเฟรมภาพที่ $n+1$ คุณสมบัติที่จะแยกได้เป็นไปตามสมการที่ (4) และ (5)

$$\alpha = \frac{w}{h} \tag{4}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

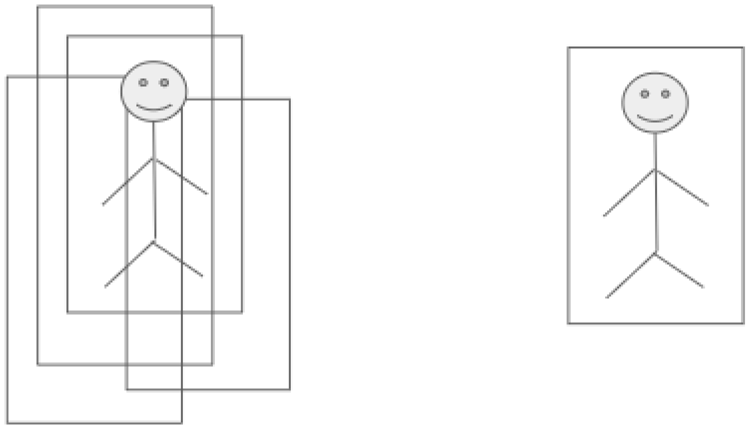
และ
$$\beta = \sqrt{(w-w')^2 + (h+h')^2} \tag{5}$$

α ใช้เพื่อแยกความแตกต่างของท่าทางการยืน และ β แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นไปอย่างรวดเร็ว

2.6 Non-maximum Suppression algorithm

วิธีการ Non Maximum Suppression หรือ NMS เป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในงานด้านการประมวลผลภาพคอมพิวเตอร์อย่างแพร่หลายทั้งการตรวจจับวัตถุหรือการหาขอบของวัตถุ เป็นคลาสของอัลกอริธึมในการเลือกกรอบของวัตถุหนึ่งอันจากกรอบที่ซ้อนกันหลาย ๆ อัน ดังแสดงในรูปที่ 28

โดยทั่วไปเกณฑ์การเลือกกรอบนี้เป็นรูปแบบของจำนวนความน่าจะเป็นและการเหลื่อมกันของกรอบวัตถุ [39]



รูปที่ 28 (ซ้าย) ก่อนผ่านกระบวนการ NMS, (ขวา) หลังผ่านกระบวนการ NMS [40]

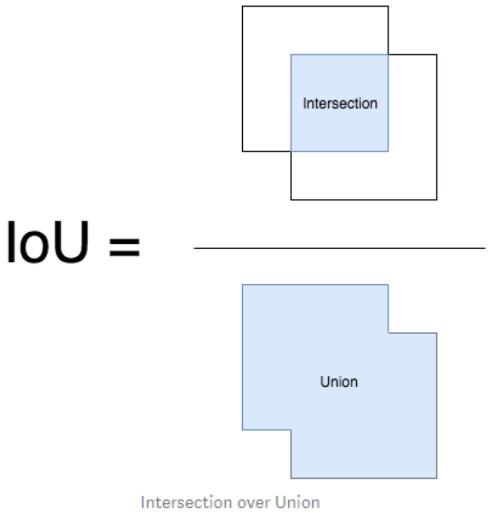
การตรวจจับวัตถุส่วนใหญ่ใช้เอ็นเอ็มเอสเพื่อลดขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ตรวจพบจำนวนมากให้เหลือน้อย เอ็นเอ็มเอสเป็นรูปแบบของอัลกอริธึมการจัดกลุ่ม โดยใช้อัลกอริธึมการจัดกลุ่มมาตรฐาน เช่น as k-means, Nearest Neighbor, และ DB Scan เป็นต้น ในการตรวจจับข้อมูล

อัลกอริธึมของเอ็นเอ็มเอส [41]:
<u>อินพุต:</u> ได้แก่ รายการของกล่องที่ถูกเสนอ (B), คะแนนความเชื่อมั่นที่สอดคล้องกัน (S), และเกณฑ์ที่ซ้อนทับกัน (N)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>เอาต์พุต:</u> ได้แก่ รายการของกล่องที่กรองแล้ว (D)

1) เลือกกล่องที่มีคะแนนความเชื่อมั่นสูงสุด และย้ายกล่องนั้นออกจากกลุ่ม B และนำไปเก็บไว้ในกลุ่ม D แทน (ในขั้นตอนเริ่มต้นกลุ่ม D จะเป็นกลุ่มที่ว่างเปล่า)
2) จากนั้นนำกล่องที่ได้จากข้อ 1 มาเปรียบเทียบกับกล่องอื่น ๆ ที่ถูกเสนอ โดยการคำนวณจุดตัดเหนือสหภาพหรือ Intersection Over Union (IOU) ดังแสดงในรูปที่ 29 ของกล่องในกลุ่ม D กับกล่องอื่น ๆ ในกลุ่ม B โดยมีเงื่อนไขว่า ถ้า IOU มากกว่าเกณฑ์ที่ซ้อนทับกัน (N) ให้ย้ายกล่องนั้นออกจากกลุ่ม B ไปกลุ่ม D
3) จากนั้นทำซ้ำข้อ 1 และ 2 อีกครั้ง จนกว่าจะไม่มีกล่องเหลืออยู่ในกลุ่ม B



รูปที่ 29 รูปแบบการคำนวณ IOU [41]

การคำนวณ IOU ใช้เพื่อวัดการทับซ้อนกันระหว่างกล่องที่ถูกเสนอทั้งสองกล่อง การคำนวณคะแนนความเชื่อมั่น คำนวณจากสมการ (6):

$$s_i = \begin{cases} s_i, & \text{iou}(\mathcal{M}, b_i) < N_t \\ s_i(1 - \text{iou}(\mathcal{M}, b_i)), & \text{iou}(\mathcal{M}, b_i) \geq N_t \end{cases}, \tag{6}$$

และในรูปที่ 30 แสดงทั้งอัลกอริธึม NMS และ Soft+NMS ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเทียบกับ NMS เนื่องจากมีการวิเคราะห์กล่องที่ถูกนำเสนอตามสัดส่วนกับมูลค่า IOU เปรียบได้กับการ weight ข้อมูลตามคะแนนความเชื่อมั่นด้วย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
Input  : B = {b_1, .., b_N}, S = {s_1, .., s_N}, N_t
         B is the list of initial detection boxes
         S contains corresponding detection scores
         N_t is the NMS threshold
begin
    D ← {}
    while B ≠ empty do
        m ← argmax S
        M ← b_m
        D ← D ⋃ M; B ← B − M
        for b_i in B do
            if iou(M, b_i) ≥ N_t then
                B ← B − b_i; S ← S − s_i
            end                                   NMS

            s_i ← s_i f(iou(M, b_i))              Soft-NMS
        end
    end
    return D, S
end
```

รูปที่ 30 อัลกอริธึม NMS

2.7 โอเพนซีวี (OpenCV)

โอเพนซีวี หรือ OpenCV หรือ Open Source Computer Vision เป็นไลบรารีสำหรับเขียนโปรแกรม [42] หรือพัฒนาซอร์ฟแวร์ด้านการประมวลผลภาพ โดยส่วนใหญ่มุ่งประเด็นไปที่การแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ OpenCV เป็นไลบรารีแบบข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-platform) และใช้งานฟรีภายใต้ลิขสิทธิ์ของ BSD แบบโอเพนซอร์ส (Open-Source BSD License) นอกจากนี้ยังสนับสนุนเฟรมเวิร์กการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Frameworks) ได้แก่ TensorFlow, Torch/PyTorch และ Caffe

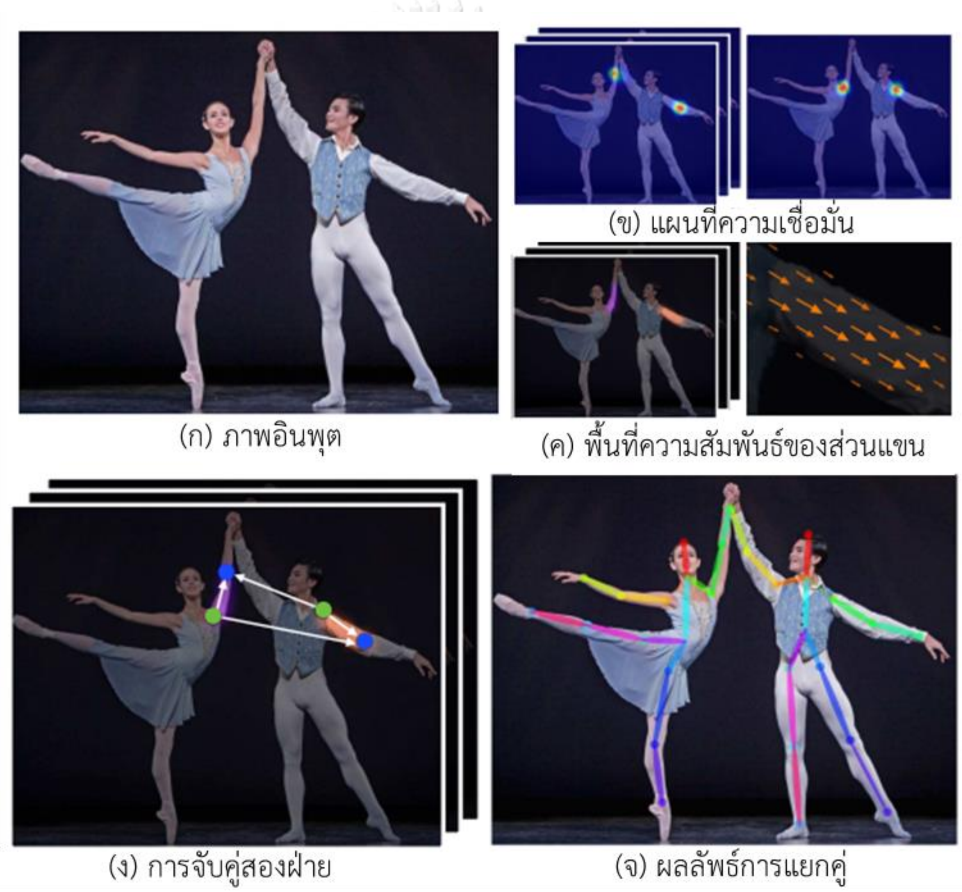
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน OpenCV มีดังนี้

- ชุดเครื่องมือคุณลักษณะ 2 มิติ และ 3 มิติ (2D and 3D feature toolkits)
- การประมาณระยะในขณะเคลื่อนที่ (Egomotion Estimation)
- ระบบรู้จำใบหน้า (Facial recognition system)
- การจดจำท่าทาง (Gesture recognition)
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human-Computer interaction; HCI)

2.8 โอเพนโพส (OpenPose)

โอเพนโพส (OpenPose) เป็นระบบตรวจจับจุดร่วมหรือข้อต่อของร่างกายมนุษย์ มือ ใบหน้าและเท้า แบบเรียลไทม์ โดยสามารถตรวจจับได้ทั้งหมด 135 จุด การคาดการณ์ท่าทางมนุษย์แบบ 2 มิติตามเวลาจริงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการทำให้คอมพิวเตอร์หรือเครื่องจักรมีความเข้าใจผู้คนในภาพหรือวิดีโอได้ Zhe Cao และคณะ [43] ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับท่าทางมนุษย์ 2 มิติ แบบ Nonparametric โดยเรียนรู้พื้นที่ความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ (Part Affinity Fields: PAFs) เพื่อเชื่อมโยงส่วนของร่างกายมนุษย์ในภาพ ในบทความก่อนหน้าของ Zhe Cao และคณะ [44] ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับท่าทางแบบ 2 มิติของหลาย ๆ คน ที่มีประสิทธิภาพ

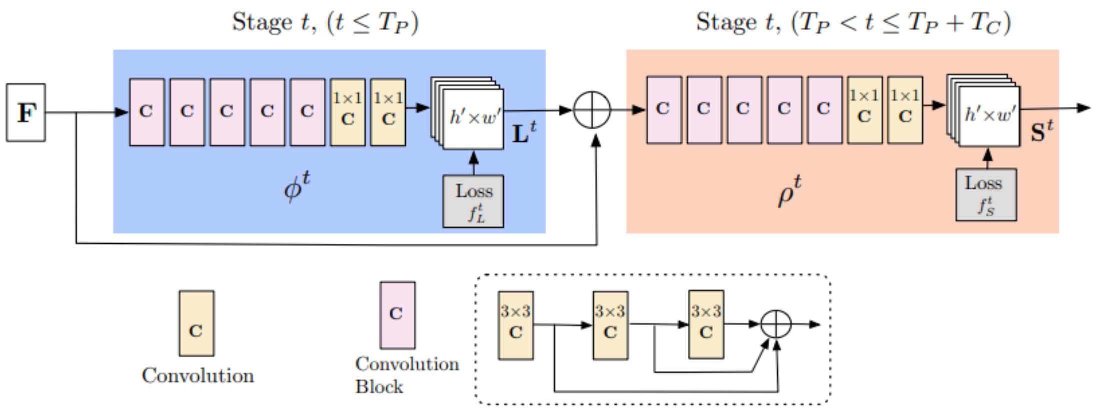


รูปที่ 31 ภาพรวมการเชื่อมโยงส่วนของร่างกายมนุษย์ [43]

จากรูปที่ 31 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการเชื่อมโยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์ ระบบจะนำภาพสีเป็นอินพุตสำหรับซีเอ็นเอ็น (Convolutional neural network: CNN) และสร้างตำแหน่ง 2 มิติของตำแหน่งทางกายภาพสำหรับแต่ละบุคคล เพื่อทำนายแผนที่ความเชื่อมั่นสำหรับการตรวจจับส่วนของร่างกายดังแสดงในรูปที่ 31(ข) และ PAFs สำหรับการเชื่อมโยงส่วนแสดงในรูปที่ 31(ค) และ

ในรูปที่ 31(ง) แสดงขั้นตอนการแยกวิเคราะห์ดำเนินการจับคู่เซตของสองฝ่าย เพื่อเชื่อมโยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์ของทั้งสองฝ่าย และขั้นตอนสุดท้ายคือรวมทุกจุดเข้าด้วยกันเพื่อส่งออก keypoint 2 มิติสำหรับทุกคนในภาพตามรูปที่ 31(จ)

สถาปัตยกรรมของซีเอ็นเอ็นหลายขั้นตอน สเตจแรกเป็นการทำนาย PAFs (L^t) ในขณะที่สเตจสุดท้ายทำนายแผนที่ความเชื่อมั่น (S^t) การทำนายหรือการคาดการณ์ในแต่ละสเตจและคุณสมบัติที่สอดคล้องกันของเซตข้อมูลจะถูกตัดแบ่งสำหรับแต่ละสเตจที่ตามมา ขนาดเคอร์เนลของการคอลโวลูชันคือ 7 จากวิธีการเดิมใน [44] ถูกแทนที่ด้วยคอลโวลูชัน 3 เลเยอร์ เคอร์เนลขนาด 3 ดังแสดงในรูปที่ 32



รูปที่ 32 สถาปัตยกรรมของซีเอ็นเอ็นหลายขั้นตอนแบบสองสาขา [43]

การตรวจจับและการเชื่อมโยงในเวลาเดียวกัน ภาพถูกวิเคราะห์โดยซีเอ็นเอ็นสร้างชุดฟีเจอร์แมป (F) ที่ป้อนเข้าสู่สเตจแรก ในขั้นตอนนี้เครือข่ายจะสร้างชุด PAFs ($L^1 = \phi^1(F)$) โดยที่ ϕ^1 หมายถึงการอนุมานของซีเอ็นเอ็นในสเตจที่ 1 ในแต่ละสเตจที่ตามมา การคาดการณ์จากสเตจก่อนหน้าและฟีเจอร์ของภาพดั้งเดิมถูกต่อกันและใช้เพื่อสร้างการคาดการณ์ที่ละเอียดตามสมการ (7)

$$L^t = \phi^t(F, L^{t-1}), \forall 2 \leq t \leq T_P \tag{7}$$

โดยที่ ϕ^t หมายถึงการอนุมานของซีเอ็นเอ็นในสเตจ t และ T_P เป็นจำนวน PAF ทั้งหมด หลังจากนั้นกระบวนการจะทำซ้ำเพื่อหาแผนที่ความเชื่อมั่น เริ่มต้นจากการทำนาย PAF ที่อัพเดตล่าสุดจากสมการ (8) และ (9)

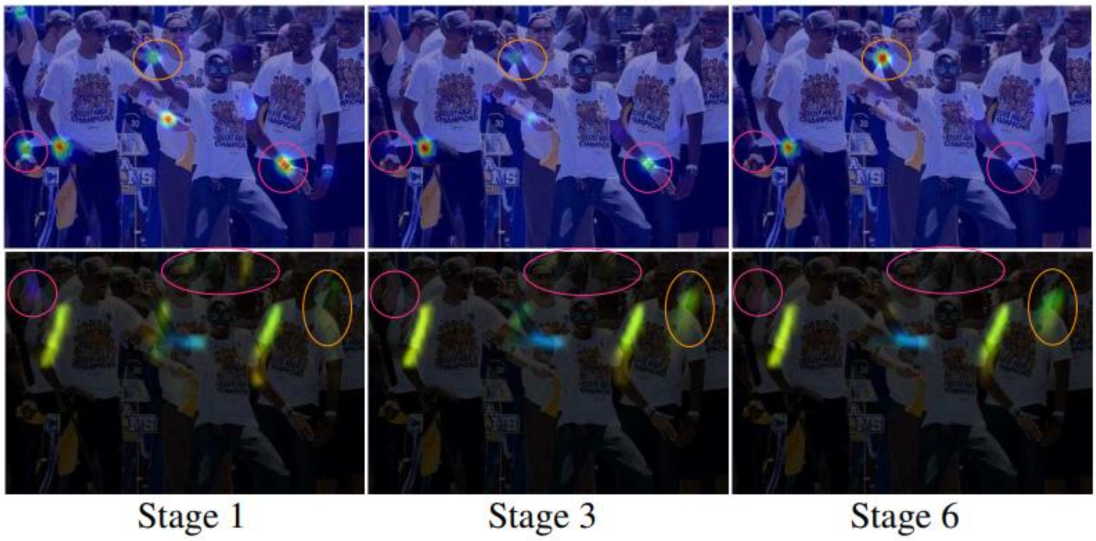
$$S^{T_P} = \rho^t(F, L^{T_P}), \forall t = T_P, \tag{8}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และ $$S^t = \rho^t(F, L^{T_P}, S^{t-1}), \forall T_P < t \leq T_P + T_C \quad (9)$$

โดยที่ ρ^t หมายถึงการอนุมานของซีเอ็นเอ็นในสเตจ t และ T_C คือจำนวนของสเตจแผนที่ความเชื่อมั่นทั้งหมด

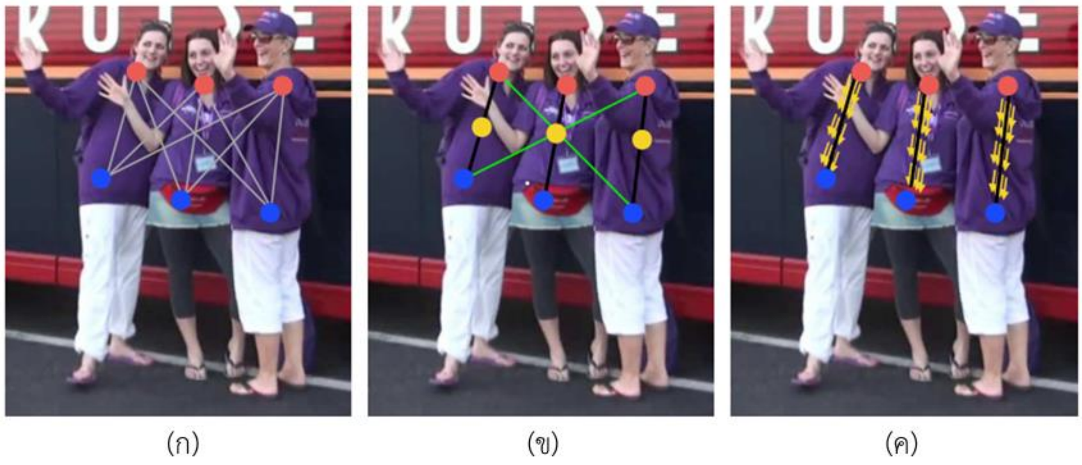
การปรับแต่งแผนที่ความเชื่อมั่นและพื้นที่ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องในสเตจต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 33 แผนที่ความเชื่อมั่นของข้อมือขวา (แถวบน) และ PAFs ของแขนขวาในแต่ละสเตจ (แถวล่าง) แม้ว่าจะมีความสับสนระหว่างด้านซ้ายและด้านขวาของร่างกายและแขนขาในระยะแรก การคาดการณ์นั้นยิ่งละเอียดขึ้นเมื่อผ่านการอนุมานในสเตจต่อไป ดังแสดงในพื้นที่ที่ถูกเน้นสี



รูปที่ 33 การวิเคราะห์จุดต่าง ๆ บนร่างกายมนุษย์ [44]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเชื่อมโยงส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันแสดงดังรูปที่ 34 ตัวตรวจจับส่วนของร่างกาย (จุดสีแดงและสีน้ำเงิน) สำหรับสองส่วนของร่างกายและตัวเลือกการเชื่อมต่อทั้งหมด (เส้นสีเทา) แสดงในรูปที่ 34(ก) จากรูปที่ 34(ข) แสดงผลลัพธ์การเชื่อมต่อโดยใช้การแทนจุดกึ่งกลาง (จุดสีเหลือง) โดยเส้นการเชื่อมต่อที่ถูกต้องแสดงด้วยเส้นสีดำและเส้นการเชื่อมต่อที่ไม่ถูกต้องแสดงด้วยเส้นสีเขียว และรูปที่ 34(ค) แสดงผลลัพธ์โดยใช้ PAFs (ลูกศรสีเหลือง) การเข้ารหัสตำแหน่งและการวางแนวสนับสนุนของแขนและขา PAFs จะกำจัดการเชื่อมโยงที่ผิดพลาดออกไป



รูปที่ 34 กลยุทธ์การเชื่อมโยงจุดต่าง ๆ [44]

PAFs สำหรับการเชื่อมโยงส่วน PAFs จะเก็บข้อมูลตำแหน่งและการวางแนวทั่วทั้งพื้นที่การสนับสนุนส่วนของแขนขาตามรูปที่ 34(ค) โดยแต่ละ PAF เป็นเซตข้อมูลเวกเตอร์ 2 มิติ สำหรับส่วนแขนและขา และแต่ละพิกเซลในพื้นที่ที่เป็นแขนขา เวกเตอร์ 2 มิติจะเข้ารหัสทิศทางที่ชี้จากส่วนหนึ่งของขาไปยังอีกส่วนหนึ่ง

2.9 การแจ้งเตือนเข้าไลน์

ไลน์เป็นแอพพลิเคชันแชทยอดนิยมในประเทศไทย [45] ปัจจุบันมีการใช้งานไลน์ในรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้น ทั้งการขายสินค้า การชำระเงิน การพูดคุยกันในหน่วยงาน ส่วนสำหรับ API หรือส่วนสำหรับนักพัฒนาได้มีการเปิดส่วนของ LINE Notify ขึ้นมาให้ใช้งานเพื่อให้นักพัฒนาได้ส่งการแจ้งเตือนต่าง ๆ ผ่านไลน์ได้ง่ายขึ้น สามารถส่งข้อความไปยังกลุ่มหรือบุคคลก็ได้ ทั้งนี้ LINE Notify จะมีข้อจำกัดการใช้งาน โดยสามารถใช้งานได้กับบุคคลเดียวหรือกลุ่มเดียวเท่านั้น การติดต่อกับไลน์จะใช้โปรโตคอล HTTPs ในการติดต่อและใช้สิ่งที่เรียกว่า Token เป็นรหัสผ่านเข้าไปเพื่อขอส่งข้อความเข้าไลน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การใช้งาน LINE Notify [45] ต้องเพิ่ม LINE Notify เป็นเพื่อนโดยการสแกน QR Code จากเว็บไซต์ จากนั้นจึงขอ Access Token สำหรับผู้พัฒนาโดย Access Token นี้จะเป็นตัวแทนที่ใช้กำหนดว่าจะให้ส่งการแจ้งเตือนไปที่ไหน เนื่องจากเมื่อส่งข้อความไปแล้ว ข้อความที่ขึ้นจะปรากฏในรูปแบบ [ชื่อ Token]: [ข้อความ] ดังนั้นสามารถตั้งชื่อ Token เป็นอะไรก็ได้จากนั้นเลือกว่าจะส่งข้อความไปที่ใด เมื่อได้รหัส Token ออกมาแล้วให้นำไปใช้ในโปรแกรม

รูปที่ 35 การแจ้งเตือนจากเว็บเซอร์วิสทาง LINE

การสื่อสารผ่าน HTTPS หรือ Hypertext Transfer Protocol Secure จะได้รับการรักษาความปลอดภัยผ่านโปรโตคอลความปลอดภัยชั้นการรับส่งข้อมูล ซึ่งให้การปกป้องหลัก 3 ชั้นดังนี้

1) การเข้ารหัส หมายถึง การเข้ารหัสข้อมูลที่แลกเปลี่ยนเพื่อรักษาความปลอดภัยจากผู้ลักลอบดูข้อมูล
2) ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล หมายถึง จะไม่สามารถแก้ไขหรือทำให้ข้อมูลเสียหายในช่วงที่ถ่ายโอนข้อมูลไม่ว่าจะมีเจตนาหรือไม่ก็ตาม โดยที่ไม่มีการตรวจพบ
3) การตรวจสอบสิทธิ์ หมายถึง การพิสูจน์ว่าผู้ใช้สื่อสารกับเว็บไซต์ที่เขาต้องการ โดยจะป้องกันการโจมตีจากบุคคลที่อยู่ตรงกลางและทำให้ผู้ใช้เกิดความเชื่อมั่น ซึ่งทำให้เกิดผลประโยชน์อื่น ๆ ในทางธุรกิจตามมา

CHULALONGKORN UNIVERSITY

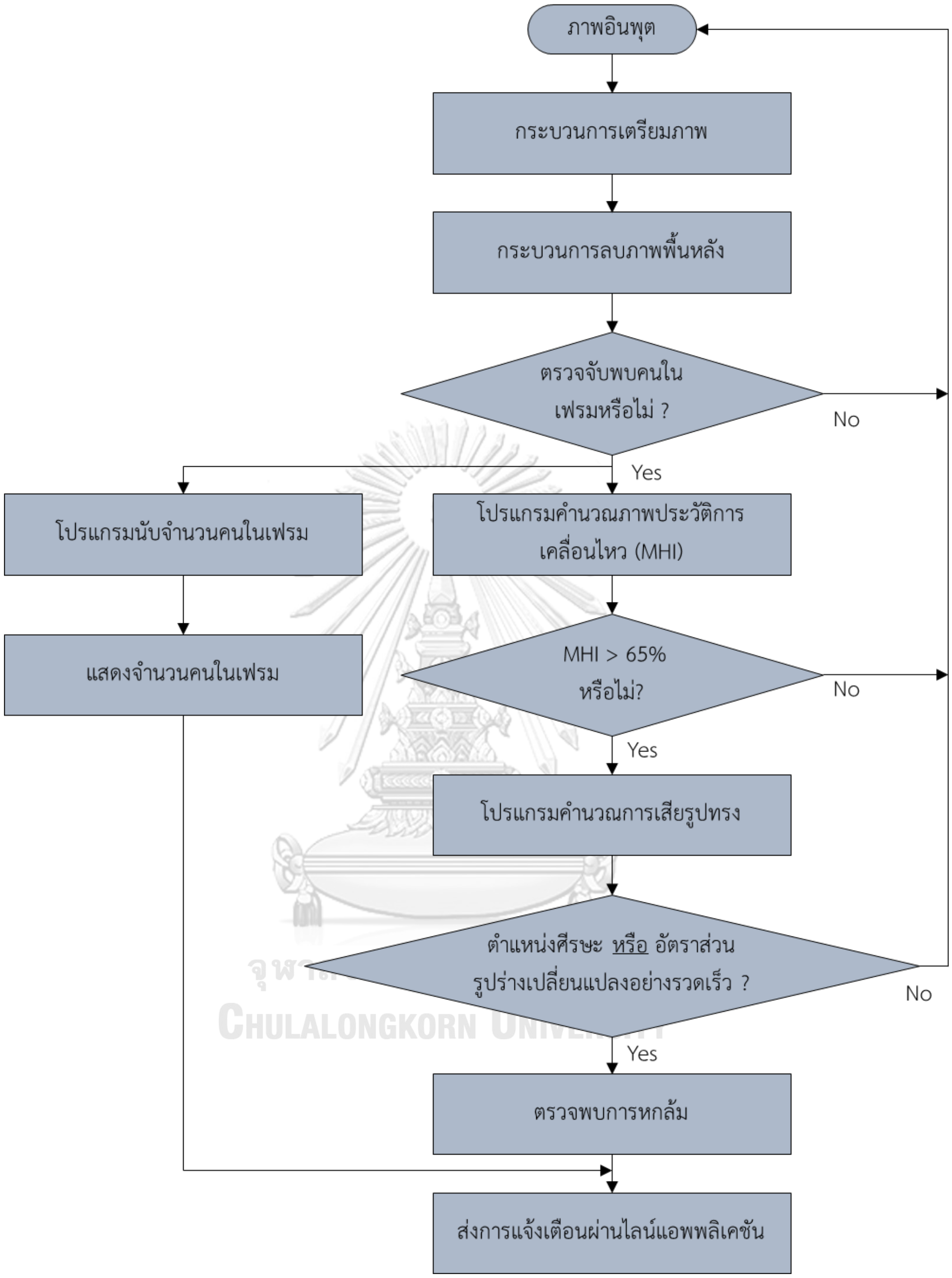
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้เป็นการอธิบายวิธีการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย หลักการทำงาน การออกแบบ และการทดลองโปรแกรมย่อยของระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุพร้อมระบบแจ้งเตือน

3.1 หลักการทำงานของระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุเพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ดูแล

ระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุเพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ดูแล ออกแบบเป็นระบบที่ใช้กล้องจับภาพ 1 ตัว (Single camera) ระบบกล้องจะถูกติดตั้งไว้บริเวณที่สูงบริเวณมุมของห้องเพื่อให้ได้มุมมองที่กว้างที่สุด ระบบทำหน้าที่เป็นระบบเฝ้าระวัง เมื่อผู้สูงอายุหกล้มหรือตกจากเตียงระบบสามารถตรวจจับและแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผ่านไลน์แอพพลิเคชัน เพื่อเข้าช่วยเหลือได้ทันท่วงที อัลกอริธึของระบบตรวจจับการหกล้มแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ การเตรียมคุณภาพของภาพถ่าย (image preprocessing) โปรแกรมการตรวจจับและนับจำนวนคนในเฟรม (detection and counting) การสกัดคุณสมบัติเด่นของภาพ (feature extraction) และการวิเคราะห์การหกล้ม (fall analysis) แผนผังภาพรวมลำดับการทำงานของระบบแสดงในรูปที่ 36 เริ่มต้นระบบรับภาพแบบเวลาจริงด้วยกล้องราสเบอร์รี่พาย 1 ตัว จากนั้นนำรูปภาพเข้าสู่กระบวนการเตรียมคุณภาพขั้นพื้นฐาน จากข้อมูลภาพที่รับเข้ามาเป็นภาพสี RGB แปลงเป็นภาพในโหมดโทนสีขาว-ดำ ก่อนเข้าสู่กระบวนการตรวจจับและนับจำนวน ด้วยวิธีการสกัดภาพพื้นหลังออกจากวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ด้วยแบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน และนำไปสู่กระบวนการสกัดคุณสมบัติเด่นของบุคคลด้วย 2 เทคนิคคือ ภาพประวัติการเคลื่อนไหวและการเสียรูปทรงของคน เพื่อนำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์ลักษณะท่าทางของคน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

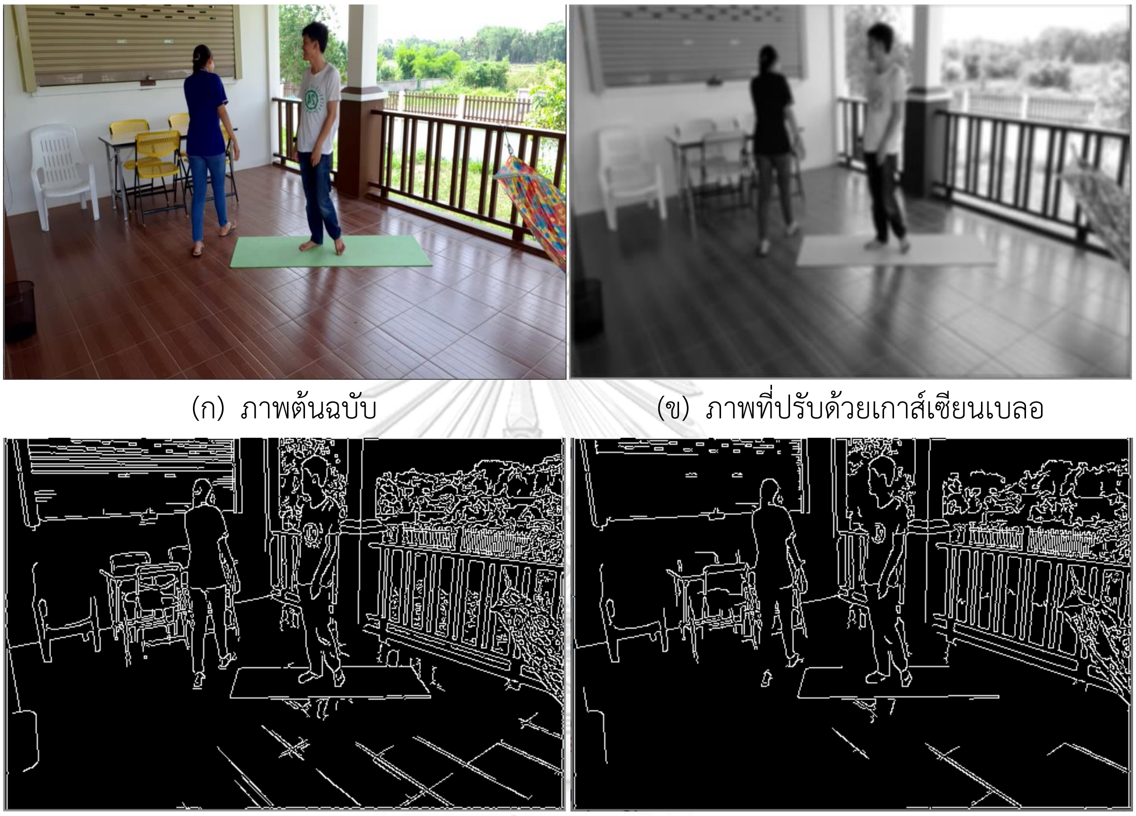


รูปที่ 36 แผนผังการทำงานของระบบวิเคราะห์การหกล้ม

3.2 การเตรียมคุณภาพของภาพ

ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนเข้าสู่กระบวนการประมวลผลด้วยการลดสัญญาณรบกวน (Noise) ขั้นต้น เทคนิคเกาส์เซียนเบลอ (Gaussian Blur) เพื่อลดรายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ หรือ

เชื่อมต่อช่องว่างเล็ก ๆ ของเส้นตรงหรือเส้นโค้งภายในภาพ และการเปลี่ยนภาพสี RGB เป็นโทนสีเทา (Gray scale) ที่มีค่าความเข้มของสีตั้งแต่ 0-255 ทำให้การวิเคราะห์รูปภาพง่ายขึ้น ตัวอย่างภาพที่มีการปรับใช้เกาส์เซียนเบลอและแปลงรูปภาพเป็นโทนสีเทาแสดงดังรูปที่ 37 กระบวนการเตรียมภาพนี้เป็นเพียงขั้นตอนข้างต้นในการลดสัญญาณรบกวน



(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่ปรับด้วยเกาส์เซียนเบลอ

(ค) ผลการตรวจจับขอบภาพต้นฉบับ (ง) ผลการตรวจจับขอบของภาพ (ข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

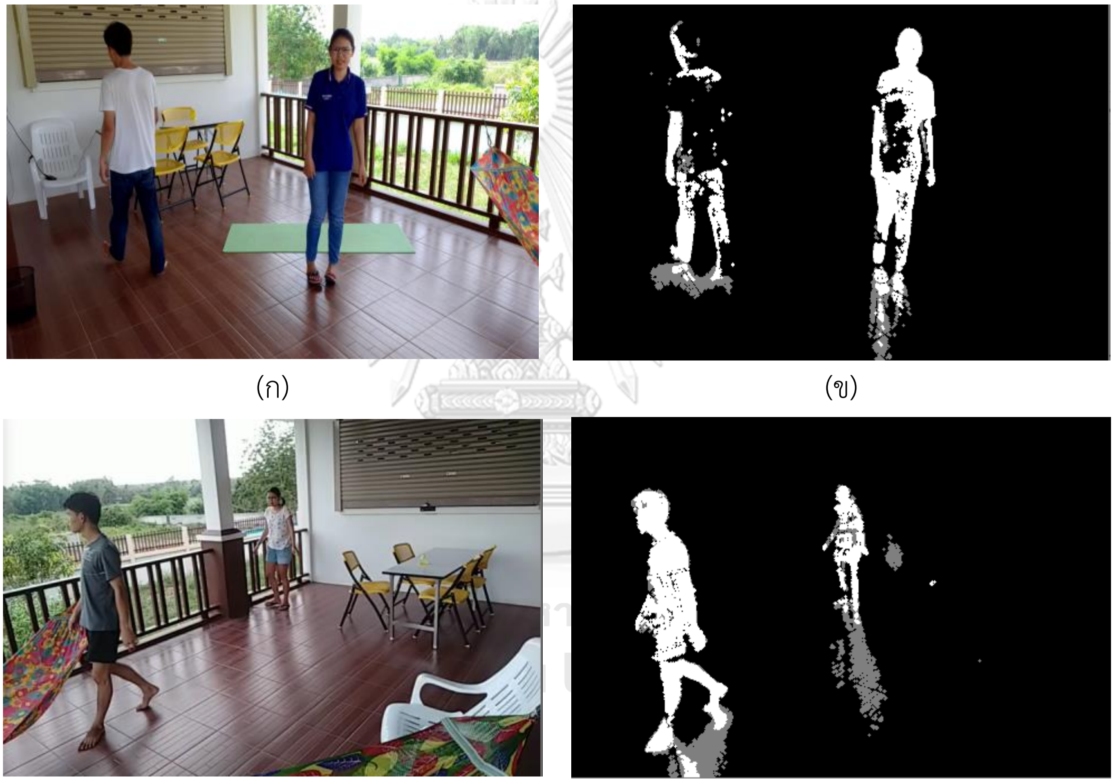
รูปที่ 37 ตัวอย่างการเตรียมภาพก่อนนำไปประมวลผล

การเปลี่ยนภาพสี RGB เป็นภาพโทนสีขาว-ดำด้วยฟังก์ชัน cv2.cvtColor() เพื่อเปลี่ยนรูปแบบสี โดยเลือกโหมดเป็น cv2.COLOR_BGR2GRAY คือเปลี่ยนเป็นแบบขาว เทา ดำ และลดรายละเอียดภาพด้วยตัวกรองเกาส์เซียนจากฟังก์ชัน cv2.GaussianBlur() กำหนดหรือระบุความกว้างและความสูงของเคอร์เนลเท่ากับ 5x5 และกำหนดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเคอร์เนลเท่ากับ 0.5 กระบวนการเตรียมภาพนี้เป็นเพียงขั้นตอนข้างต้นในการลดสัญญาณรบกวน

3.3 การตรวจจับและนับจำนวนคน

การตรวจจับคนในขั้นตอนนี้ใช้วิธีการแยกองค์ประกอบของภาพด้วยแบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน (Gaussian Mixture Model) ในการแยกองค์ประกอบของภาพระหว่างวัตถุเคลื่อนไหวกับ

ภาพพื้นหลังโดยอาศัยหลักการอีเอ็มอัลกอริธึม กระบวนการตรวจจับในขั้นตอนนี้สามารถแยกวัตถุเคลื่อนไหวออกจากภาพพื้นหลังได้ การประมาณค่าสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ประมาณค่าความน่าจะเป็นของความเข้ม (intensity) แต่ละจุดภาพ และนำมาจัดกลุ่มว่าแต่ละพิกเซลอยู่ในกลุ่มของวัตถุเคลื่อนไหวหรือกลุ่มภาพพื้นหลัง สร้างตัวลบพื้นหลังหรือวัตถุพื้นหลัง ด้วยฟังก์ชัน cv2.createBackgroundSubtractorMOG2() โดยพารามิเตอร์ทุกตัวถูกตั้งเป็น default value ได้ จากนั้นในฟังก์ชันวนซ้ำใช้ฟังก์ชัน backgroundsubtractor.apply() เพื่อหาหน้ากากของวัตถุเคลื่อนไหว (foreground mask) ภาพที่ได้จากการแยกองค์ประกอบภาพด้วยแบบจำลองการผสมของเกาส์เซียนแสดงในรูปที่ 38



(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 38 ตัวอย่างผลการประมวลผลภาพที่ยังมีสัญญาณรบกวน, (ก) และ (ค) ภาพต้นฉบับ, (ข) และ (ง) ผลจากการประมวลผลภาพ

จากรูปจะเห็นว่าเทคนิคการแยกองค์ประกอบภาพด้วยแบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน สามารถแยกแยะระหว่างคนกับพื้นหลังได้ แต่ยังมีสัญญาณรบกวนภายในภาพอยู่ โดยมองว่าเงาที่เคลื่อนที่ไปพร้อมคนนั้นเป็นส่วนหนึ่งของคน ๆ นั้น ซึ่งข้อผิดพลาดนี้จะส่งผลให้รูปร่างของคนเปลี่ยนไป ไม่ตรงกับรูปร่างจริง จึงเรียกใช้ฟังก์ชัน cv2.adaptiveThreshold() เพื่อหาค่า Threshold แบบปรับค่า

ตามสภาพแวดล้อมของข้อมูลสำหรับภาพที่มีความสว่างไม่สม่ำเสมอ และสามารถลดข้อผิดพลาดในการตรวจจับเงาได้ดังแสดงในรูปที่ 39

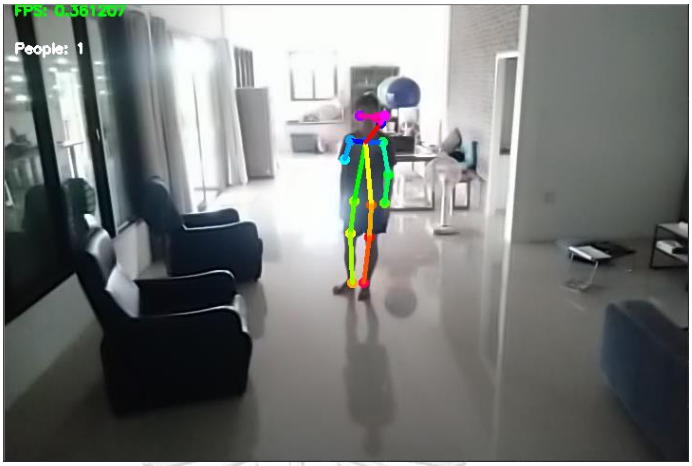
(ก)

(ข)

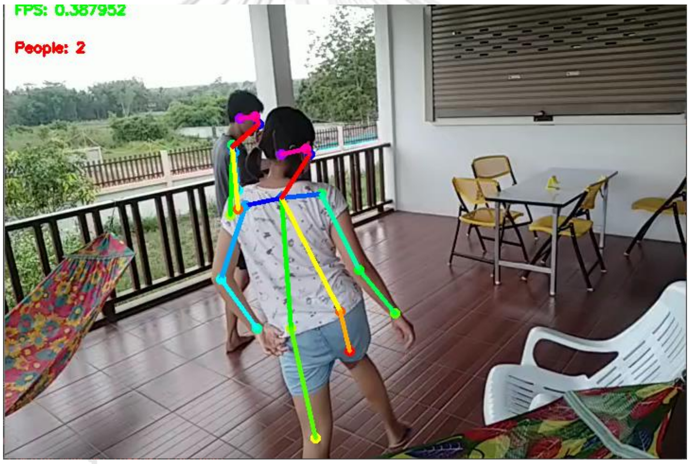
รูปที่ 39 ภาพการประมวลผลภาพหลังใช้ฟังก์ชัน Adaptive threshold, (ก) ภาพต้นฉบับ, (ข) ผลจากการประมวลผลภาพ

การนับจำนวนคนในเฟรมใช้ฟังก์ชัน inference() ในโอเพนโพสเฟรมเวิร์ก เป็นฟังก์ชันการอนุมานจำนวนคนในเฟรมและเก็บข้อมูลในรูปแบบของลิส (list) ภายในลิสนี้เก็บค่าตำแหน่งของจุดเชื่อมส่วนของร่างกายคน 1 คน (BodyPart) และใช้ฟังก์ชัน len() สำหรับเก็บค่าความยาวของตัว

แปรลิส ซึ่งเป็นจำนวนคนที่โปรแกรมสามารถนับได้พร้อมกับระบุตำแหน่งของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายด้วย ตัวอย่างโปรแกรมนับจำนวนคนแสดงในรูปที่ 40



(ก) ผลโปรแกรมนับจำนวนคน (1 คน)



(ข) ผลโปรแกรมนับจำนวนคน (2 คน)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ค) ผลโปรแกรมนับจำนวนคน (2 คน)

รูปที่ 40 ผลโปรแกรมนับจำนวนคน

3.4 เทคนิคการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธีเอ็มเอชไอ

เอ็มเอชไอออกแบบมาเป็นเทมเพลตสำหรับบันทึกการเคลื่อนไหวในช่วงเวลาหนึ่ง เป็นการจำลองลำดับเหตุการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนไหวนั้น เทมเพลตเอ็มเอชไอจะแสดงให้เห็นถึงค่าความเข้มของพิกเซล โดยที่เฟรมล่าสุดจะแสดงค่าความเข้มของพิกเซลมากที่สุด และเฟรมภาพก่อนหน้าจะแสดงค่าความเข้มของพิกเซลน้อยลงเรื่อย ๆ ตามลำดับ ดังรูปที่ 41 การสร้างเอ็มเอชไอใช้ฟังก์ชัน cv2.motempl.updateMotionHistory() อัพเดตภาพประวัติการเคลื่อนไหวโดยภาพเงาที่กำลังเคลื่อนไหว ฟังก์ชันอัพเดตภาพประวัติการเคลื่อนไหวเป็นไปตามสมการ (10)[31]

$$H_\tau(x,y,t) = \begin{cases} \tau; if\, \psi(x,y,t)=1, \\ \max(0, H_\tau(x,y,t-1)-\delta); otherwise, \end{cases} \tag{10}$$

โดยที่ x, y และ t คือตำแหน่งและเวลาตามลำดับ $\psi(x,y,t)$ คือสัญญาณภาพเงาอินพุตในปัจจุบัน τ คือการกำหนดขอบเขตของการเคลื่อนไหว และ δ คือพารามิเตอร์การสลายตัว ฟังก์ชัน $H_\tau(x,y,t)$ จะอัพเดตหลังจากฟังก์ชัน $\psi(x,y,t)$ อัพเดต พิกเซลในเฟรมของฟังก์ชันที่อัพเดตมีค่าเท่ากับ 1 จะแสดงแทนด้วย τ ซึ่งมีความเข้มอยู่ระหว่าง 0-255 และ δ จะลดความเข้มไปเรื่อย ๆ สำหรับพิกเซลที่ไม่ถือว่าเป็นการเคลื่อนไหวล่าสุด ดังแสดงในรูปที่ 41 ได้แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนไหวของคน จากนั้นใช้สมการของ blob มาคำนวณหาค่าของพิกเซลที่เชื่อมโยงกันในรูปภาพตามสมการที่ (11) ผลจากการคำนวณจะออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนไหวของวัตถุ เริ่มตั้งแต่ 0% คือไม่มีการเคลื่อนไหว และ 100% คือ การเคลื่อนไหวเต็มรูปแบบ ตัวเลขที่ได้ออกมานั้นจะถูกนำมาวิเคราะห์หาลักษณะเด่นของเหตุการณ์ล้ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$C_{motion} = \frac{\sum Pixel(x,y) \in blob H_\tau(x,y,t)}{\# Pixels \in blob} \tag{11}$$

(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพการประมวลผลเอ็มเอชไอ

รูปที่ 41 ตัวอย่างการประมวลผลภาพเอ็มเอชไอ

การทดลองหาคุณสมบัติของภาพด้วยวิธีการเอ็มเอชไอ ด้วยชุดข้อมูลทั้งหมด 60 วิดีโอ ประกอบด้วย วิดีโอบันทึกภาพในสภาพแวดล้อมภายในบ้าน 14 วิดีโอ และบริเวณระเบียงแบบเปิด 46 วิดีโอ แสดงดังตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงค่าเอ็มเอชไอ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลการทดลองหาค่าเอ็มเอชไอจากเหตุการณ์ต่าง ๆ

กิจกรรม	ค่าเอ็มเอชไอ (%)
เดิน (Walking)	50.6
นั่ง (Sitting)	46.3
ก้มผูกเชือกรองเท้า (Shoelace)	52.3
ล้มหงายหลัง (Falling)	68.9
ล้มตะแคงข้าง (Falling)	72.5

จากผลการทดลองพบว่ามีความสัมพันธ์กับงานวิจัยที่ [16] คือ สถานการณ์หกล้มมีค่าเอ็มเอชไอมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สามารถนำไปเป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์สถานการณ์หกล้มได้ อย่างไรก็ตามค่าเอ็มเอชไอสามารถมีค่ามากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ได้เช่นกันในสถานการณ์เดินเร็วหรือวิ่ง การเพิ่มเงื่อนไขสามารถลดข้อผิดพลาดของระบบได้ เนื่องจากระบบมองว่าสถานการณ์ที่มีความเร็วจนทำให้ค่าเอ็มเอชไอมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ เป็นการหกล้ม จึงเพิ่มเงื่อนไขในการตรวจสอบสัดส่วนร่างกายของคนและตำแหน่งของศีรษะโดยใช้เทคนิคของโอเพนโพส (OpenPose)

3.5 เทคนิคการสกัดคุณลักษณะการวิเคราะห์การเสียรูปทรงและตรวจหาตำแหน่งศีรษะของคน

เมื่อมนุษย์เคลื่อนไหวร่างกาย สัดส่วนของรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนไหวนั้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำคุณลักษณะดังกล่าวนี้มาเพื่อใช้ตรวจสอบลักษณะการทำกิจกรรมของมนุษย์ หลังจากวิธีการเอ็มเอชไอสามารถตรวจจับได้ว่า มนุษย์มีการเคลื่อนไหวมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ อัลกอริธึมใช้การเสียรูปทรงนี้มาตรวจสอบอีกครั้งเพื่อยืนยันสถานการณ์หกล้ม งานวิจัยหลายงานได้มีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบตรวจจับการหกล้มโดยใช้การแยกคุณสมบัติของเอ็มเอชไอและการเสียรูปทรงของคนถือว่ามากที่สุด [38] และให้ข้อมูลที่น่าสนใจ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้เงื่อนไขอื่น ๆ หรือแม้แต่การใช้เงื่อนไขเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งของเอ็มเอชไอหรือการเสียรูปทรง

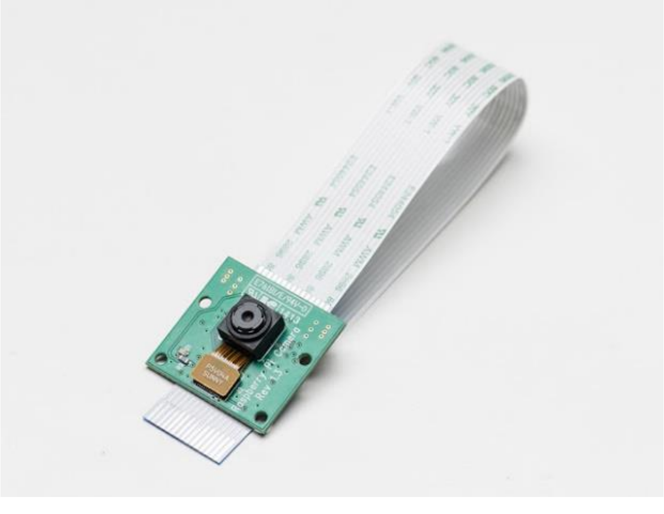
3.6 การออกแบบอุปกรณ์

เนื่องจากระบบดังกล่าวเป็นระบบตรวจจับเหตุการณ์หกล้มสำหรับผู้สูงอายุ การใช้งานจึงเน้นเป็นการใช้งานภายในอาคาร การออกแบบอุปกรณ์จึงไม่ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงมาก อุปกรณ์กล้องตรวจจับเหตุการณ์หกล้มที่ออกแบบมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

3.6.1 โมดูลกล้อง

โมดูลกล้อง Raspberry Pi Camera (B) ความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ใช้เซนเซอร์ OV5647 ตัวเดียวกันกับที่ใช้ในกล้องอย่างเป็นทางการของ Raspberry Pi สามารถใช้โปรแกรมคำสั่งสั่งงานเดียวกันได้ สามารถหมุนชิ้นเลนส์ด้านหน้าเพื่อปรับระยะโฟกัส เชื่อมต่อผ่านพอร์ต Camera Interface (CSI) โมดูลกล้อง Unofficial แต่ทำงานเข้ากันได้กับกล้องแบบ Official มุมของภาพ 75.7 องศา Resolution 1080p, Aperture (F) 2.0, Focal Length 6mm (adjustable) ขนาดโมดูลประมาณ 32mm x 32mm

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 42 โมดูลกล้อง Raspberry Pi Camera (B)

3.6.2 มินิคอมพิวเตอร์ (Nvidia Jetson Nano)

NVIDIA Jetson Nano Developer Kit [46] เป็นชุดพัฒนาขนาดเล็กที่รองรับการประมวลผล Neural Networks ได้ในตัว ชุดพัฒนานี้ออกแบบมาสำหรับนักพัฒนาและผู้ที่ต้องการเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ สามารถพัฒนา AI Application บนบอร์ดขนาดเล็กนี้ได้โดยง่าย โดยอุปกรณ์ชุดนี้กินพลังงานเพียง 5 Watt และสามารถเริ่มต้นใช้งานได้ทันทีที่เสียบการ์ด microSD ที่มี System Image ลงไป

รูปที่ 43 ชุดพัฒนา NVIDIA Jetson Nano Developer Kit

Chulalongkorn University

การพัฒนาซอร์ฟแวร์นั้นสามารถใช้ NVIDIA JetPack SDK ที่เว็บไซต์ของค่าย NVIDIA ซึ่งเป็น SDK กลางสำหรับใช้งานร่วมกับผลิตภัณฑ์ในตระกูล NVIDIA Jetson ได้ทั้งหมด รองรับการทำ Training และ Inference สำหรับ AI และสนับสนุน Framework หลากหลายทั้ง Tensorflow, PyTorch, Caffe และ MXNet และมี Linux Desktop สามารถแสดงผลระดับสูงให้พร้อมใช้งานทันทีได้ คุณสมบัติของ NVIDIA Jetson Nano Developer Kit มีดังนี้

- GPU 128-core Maxwell
- CPU Quad-core ARM A57 @ 1.43 GHz
- Memory 4 GB 64-bit LPDDR4 25.6 GB/s
- Storage microSD (not included)

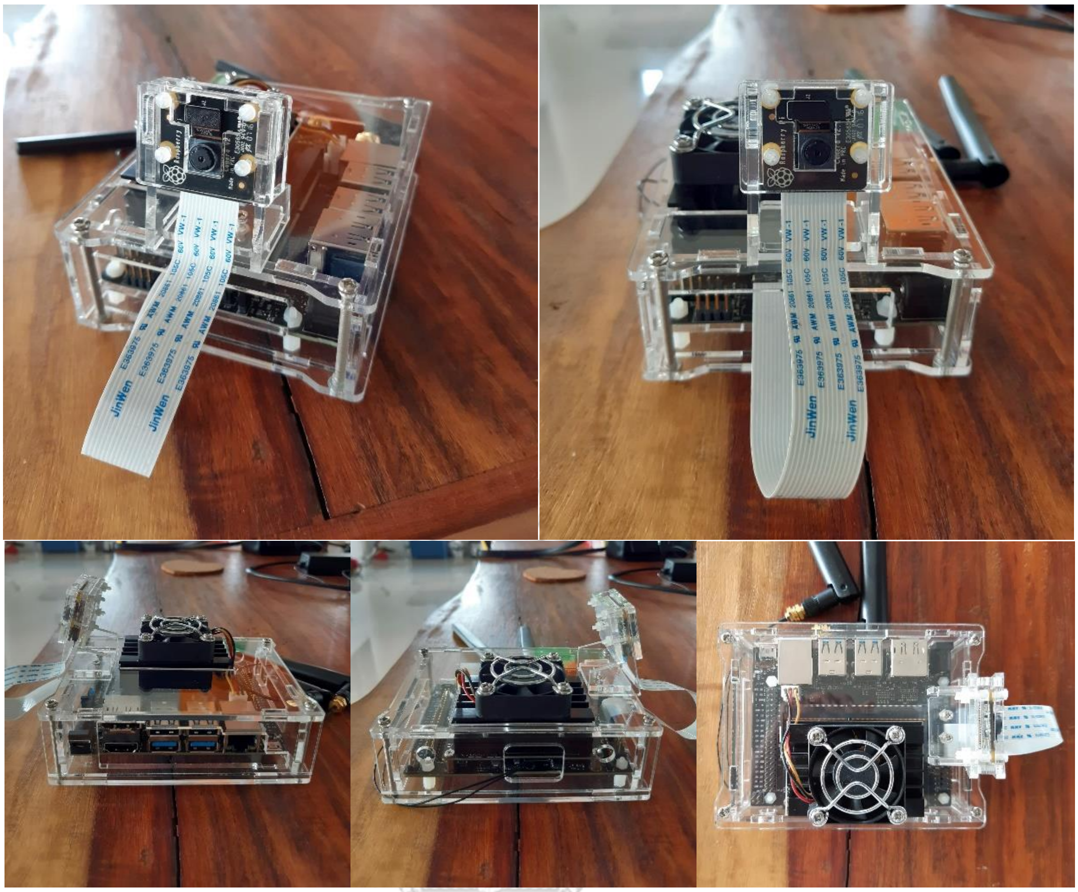
- Video Encode 4K @ 30 | 4x 1080p @ 30 | 9x 720p @ 30 (H.264/H.265)
- Video Decode 4K @ 60 | 2x 4K @ 30 | 8x 1080p @ 30 | 18x 720p @ 30 (H.264/H.265)
- Camera 1x MIPI CSI-2 DPHY lanes
- Connectivity Gigabit Ethernet, M.2 Key E
- Display HDMI 2.0 and eDP 1.4
- USB 4x USB 3.0, USB 2.0 Micro-B
- Others GPIO, I2C, I2S, SPI, UART
- Mechanical 100 mm x 80 mm x 29 mm

สำหรับบอร์ด Jetson Nano Developer Kit CPU เป็น Cortex-A57 ทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 1.43 GHz มี GPIO ทั้งหมด 40 pin พร้อมแรม LPDDR4 4GB และคอร์ Maxwell 128 cores มาพร้อมกับบอร์ด I/O พอร์ต USB 3.0 จำนวน 4 ช่อง, micro USB 1 ช่อง, HDMI 2.0, พอร์ต eDP 1.4 พร้อมใช้งาน

3.6.3 อุปกรณ์ต้นแบบ

อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือนนี้ประกอบด้วยมินิคอมพิวเตอร์และโมดูลกล้องอย่างละ 1 ตัว แสดงในรูปที่ 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 44 อุปกรณ์ต้นแบบระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
การทดลองและประเมินผล

งานวิจัยเรื่องการตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือน ใน 2 ส่วนแรกของบทนี้คือ ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบระบบและพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการวัดประสิทธิภาพของระบบ และแบ่งเป็นการทดลองการทำงานของระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ: (1) การตรวจจับหาคนและการติดตามคน หรือ People tracking และ (2) ส่วนของระบบการขอความช่วยเหลือเมื่อตรวจพบการหกล้มของผู้สูงอายุ จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนที่สอดคล้องกับการทำงานของระบบ

4.1 ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบระบบ

การวัดประสิทธิภาพของระบบจากวิดีโอบันทึกภาพในสถานที่ที่สภาพแวดล้อมต่างกัน 2 สถานที่ ได้แก่ สถานที่ภายในบ้านและสถานที่ภายนอกบ้าน สภาพแวดล้อมภายในบ้านมีลักษณะเป็นโถงภายในบ้านที่มีแสงจากภายนอกส่องเข้ามาเล็กน้อย มีโต๊ะ เก้าอี้ และโซฟาภายในเฟรมภาพ และสภาพแวดล้อมภายนอกมีลักษณะเป็นระเบียงแบบเปิด มีแสงส่องสว่างจากดวงอาทิตย์ มีโต๊ะ เก้าอี้ภายในเฟรมภาพ

การบันทึกวิดีโอในสภาพภายนอกที่มีลักษณะเป็นระเบียงแบบเปิด ตัวอย่างวิดีโอแสดงในรูปที่ 45 แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม: กลุ่มแรกประกอบด้วย 24 วิดีโอ (มีการหกล้ม) แสดงให้เห็นถึงการล้มที่หลากหลายทิศทางและหลากหลายมุมมอง กลุ่มที่สองประกอบด้วย 4 วิดีโอ (มีสิ่งของบดบังทัศนียภาพ) 3 วิดีโอนี้มีการหกล้มเกิดขึ้น กลุ่มที่สามประกอบด้วย 14 วิดีโอ (การนั่ง) วิดีโอเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงการนั่งในหลาย ๆ สถานการณ์และหลายตำแหน่งในห้อง กลุ่มที่สี่ประกอบด้วย 1 วิดีโอ (ไม่มีการหกล้ม) ทั้งสองวิดีโอจะแสดงบริบทของการใช้ชีวิตตามปกติ เดิน นั่ง และอาจมีสิ่งบดบังขึ้นในเฟรมภาพ

การบันทึกวิดีโอสภาพแวดล้อมภายในบ้าน ตัวอย่างภาพวิดีโอแสดงในรูปที่ 46 ประกอบด้วย 14 วิดีโอ วิดีโอเหล่านี้มีแสงสว่างที่ไม่สม่ำเสมอ แบ่งวิดีโอออกเป็น: 6 วิดีโอ แสดงให้เห็นถึงเหตุการณ์หกล้ม, 2 วิดีโอ สำหรับการนั่ง, 3 วิดีโอ สำหรับสภาพแวดล้อมที่บดบัง, 1 วิดีโอ สำหรับสภาพแวดล้อมที่บดบังและมีการหกล้มเกิดขึ้น, และ 2 วิดีโอ สำหรับกิจกรรมการใช้ชีวิตปกติ นั่ง เดิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 45 ภาพบางส่วนจากการบันทึกวิดีโอจากสภาพแวดล้อมบริเวณระเบียงแบบเปิด

รูปที่ 46 ภาพบางส่วนจากการบันทึกวิดีโอในสภาพแวดล้อมภายในบ้าน

การบันทึกวิดีโอแต่ละไฟล์มีความยาวประมาณ 10-30 วินาที ขนาดความละเอียดภาพ 240x432 ความเร็วในการแสดงผลภาพเคลื่อนไหว (Frame rate) 24 เฟรมต่อวินาที การบีบอัดข้อมูลเสียงและภาพวิดีโอ 614 กิโลบิตต่อวินาที ทั้งสองสภาพแวดล้อม โดยในขณะที่มีการบันทึกวิดีโอนั้น สิ่งของ อุปกรณ์ โต๊ะ เก้าอี้ มีการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้ายตามสถานการณ์การใช้ชีวิตปกติ

4.2 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการวัดประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพของระบบเพื่อนำไปใช้งานด้านต่าง ๆ โดยใช้ตารางสำคัญในการวัดความสามารถของ Machine learning ในการแก้ปัญหา classification หรือ Confusion matrix table แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Confusion matrix table

		Actual Values	
		Positive	Negative
Predicted Values	Positive	**TP**	**FP**
	Negative	**FN**	**TN**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยที่ True Positive (TP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า “จริง” และมีค่าเป็น “จริง”
True Negative (TN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า “ไม่จริง” และมีค่า “ไม่จริง”
False Positive (FP) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า “จริง” แต่ มีค่าเป็น “ไม่จริง”
False Negative (FN) คือ สิ่งที่โปรแกรมทำนายว่า “ไม่จริง” แต่ มีค่าเป็น “จริง”

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินการทดสอบคือค่าความไว หรือ Sensitivity (เปอร์เซ็นต์การตรวจพบการหกล้ม), ค่าความเฉพาะเจาะจง หรือ Specificity (เปอร์เซ็นต์ของเหตุการณ์ที่ตรวจจับได้ว่าไม่มีการหกล้ม), ค่าความเที่ยงตรง หรือ Precision (เปอร์เซ็นต์การแจ้งเตือนการหกล้มที่แสดงถึงการหกล้มจริง), และค่าความแม่นยำ หรือ Accuracy (เปอร์เซ็นต์ของเหตุการณ์ที่ตรวจพบอย่างถูกต้อง) มีนิยามตามสมการที่ (12), (13), (14), และ (15) ตามลำดับ

$$Sensitivity = \frac{TruePositives}{TruePositives + FalseNegatives}, \quad (12)$$

$$Specificity = \frac{TrueNegatives}{TrueNegatives + FalsePositives}, \quad (13)$$

$$Precision = \frac{TruePositives}{TruePositives + FalsePositives}, \quad (14)$$

$$Accuracy = \frac{(TruePositives + TrueNegatives)}{TotalEvents}. \quad (15)$$

พารามิเตอร์ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ค่าความไวเป็นสิ่งสำคัญที่สุดเพราะวัตถุประสงค์หลักของระบบตรวจจับการหกล้มคือสามารถตรวจจับเหตุการณ์หกล้มได้ทุกเหตุการณ์ นอกจากนั้นค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงยังน่าสนใจพอสมควรจากมุมมองของประสิทธิภาพการตรวจจับ

4.3 ทดสอบระบบตรวจจับคนและการติดตามคน

สำหรับการทดสอบระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือน ทดสอบด้วยชุดข้อมูลแบบวิดีโอ ทั้งหมด 60 วิดีโอ ความยาววิดีโอ 10-30 วินาที การทดสอบระบบตรวจจับคน แบบหลายคนในเฟรมเดียวระบบสามารถตรวจจับได้ ทั้งนี้เมื่อมีสิ่งของบดบังคน เช่น โต๊ะ เก้าอี้ โซฟา เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ระบบยังสามารถตรวจจับได้ อย่างไรก็ตามสัดส่วนรูปร่างที่ถูกบดบังระบบไม่สามารถตรวจจับได้ ทำให้รูปร่างที่ตรวจจับได้ไม่ถูกต้องตามสัดส่วนจริง ภาพผลลัพธ์บางส่วนจากการทดสอบระบบตรวจจับคนแสดงในรูปที่ 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ก) การตรวจจับคน 1 คนในสภาพแวดล้อมภายในบ้าน

(ข) การตรวจจับคน 2 คนในสภาพแวดล้อมภายในบ้าน

(ค) การตรวจจับคน 1 คนในสภาพแวดล้อมแบบระเบียงเปิด

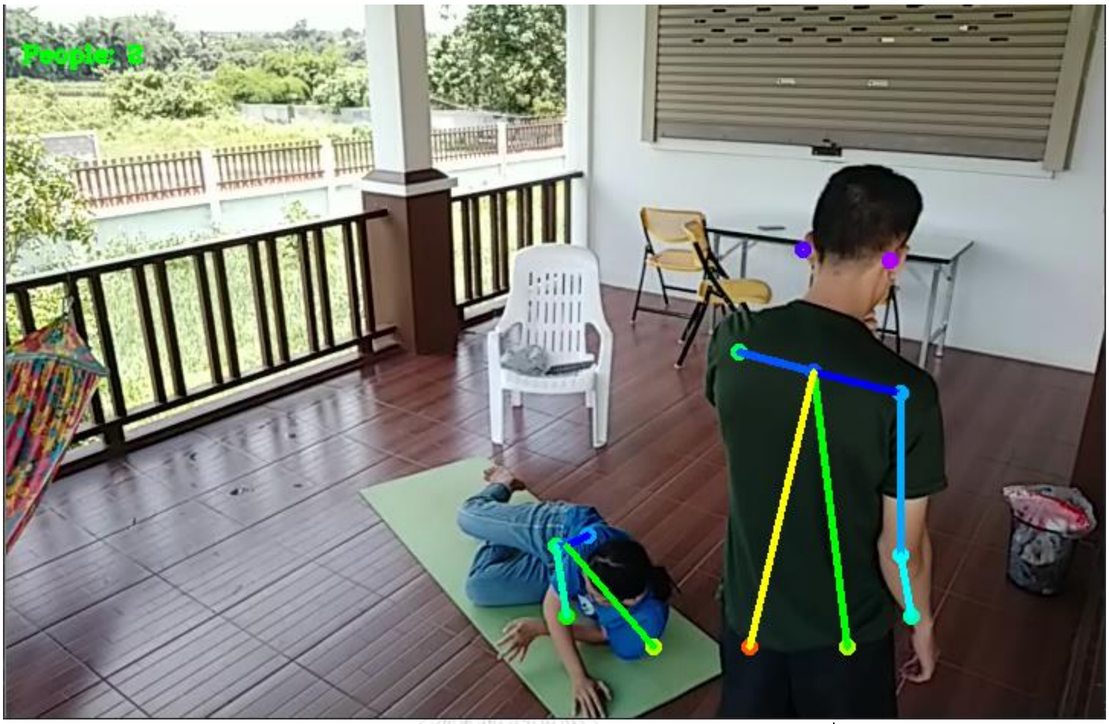
(ง) การตรวจจับคน 2 คนในสภาพแวดล้อมแบบระเบียงเปิด

(จ) การตรวจจับเมื่อมีสิ่งบดบังภายในเฟรม

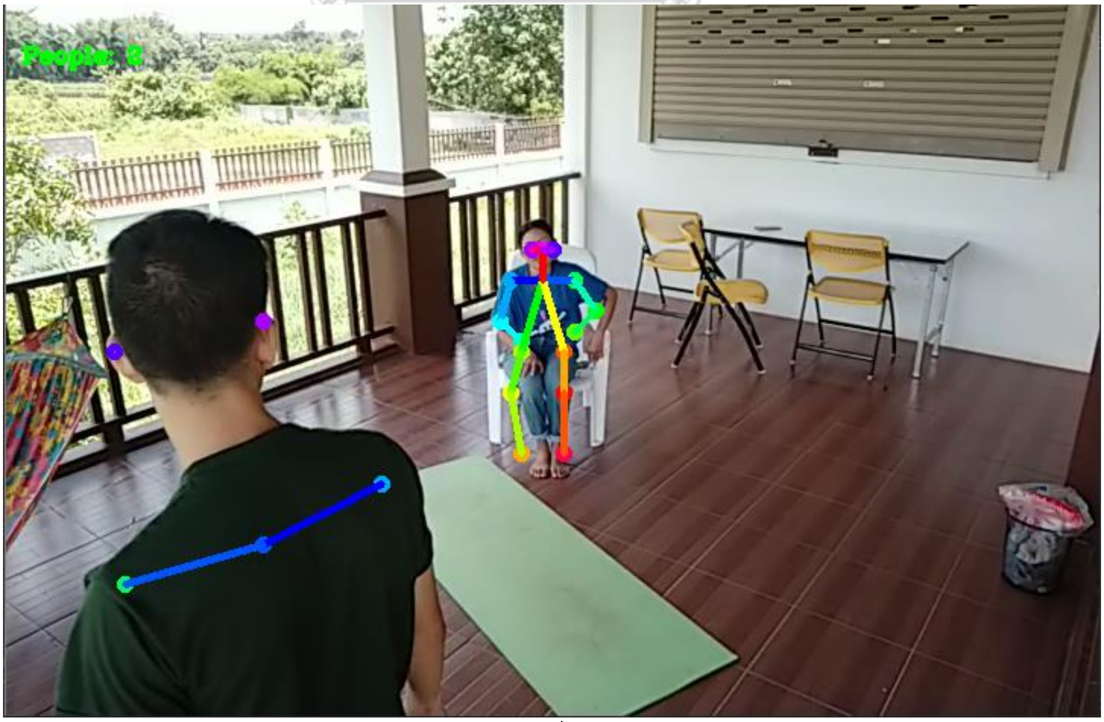
(ฉ) การตรวจจับเมื่อคน 2 คนมีมุมมองภาพที่ทับซ้อนกัน

รูปที่ 47 ผลการประมวลผลระบบตรวจจับคน

ระบบตรวจจับคนสามารถตรวจจับได้อย่างถูกต้อง 52 วิดีโอ คิดเป็น 86.7 เปอร์เซ็นต์ ตรวจจับผิดพลาดในบางช่วง 8 วิดีโอ พิจารณาจากการทดสอบโปรแกรม สาเหตุในการที่ระบบไม่สามารถตรวจจับคนได้อย่างถูกต้องแสดงในรูปที่ 48 และเกิดได้จาก 5 สาเหตุ ได้แก่

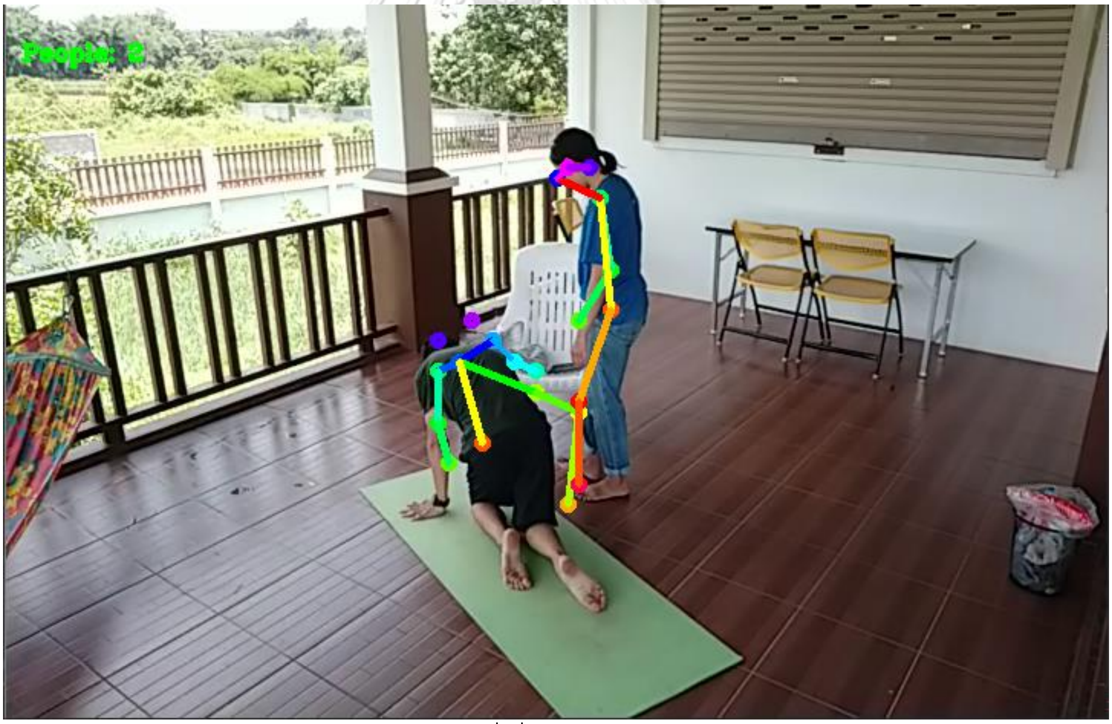


(ก) การตรวจจับผิดพลาดของคนในลักษณะส่วนหัวอยู่ต่ำกว่าเท้า

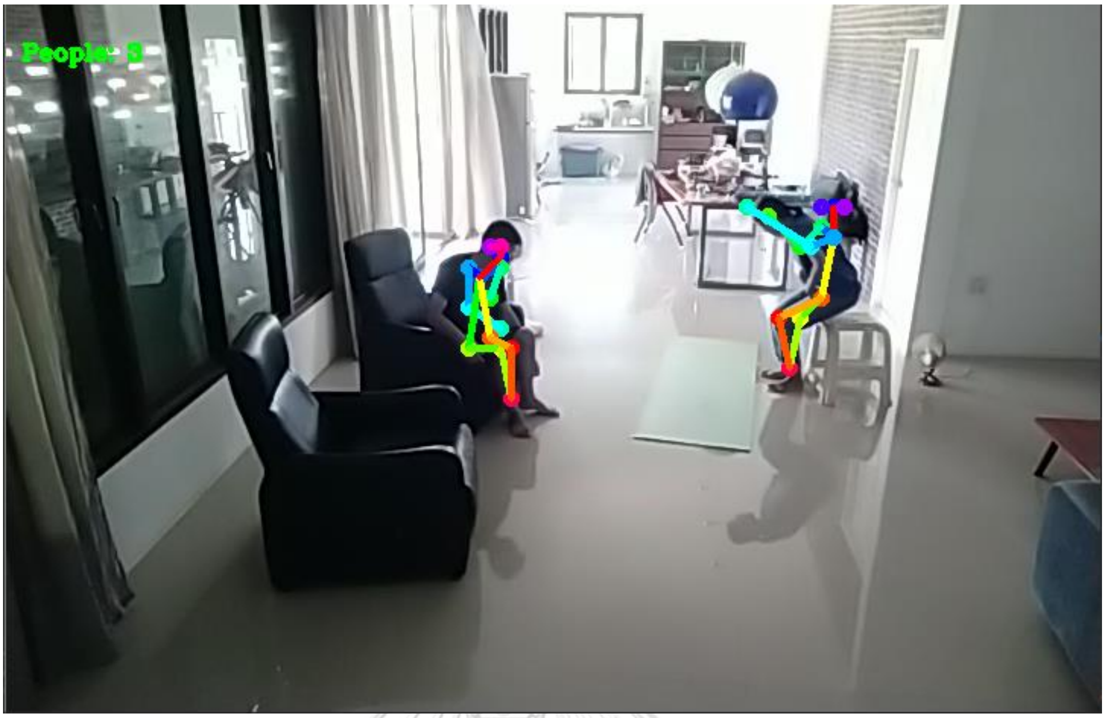


(ข) การตรวจจับคนในลักษณะที่มองเห็นเฉพาะส่วนบนของร่างกาย

(ค) การตรวจจับผิดพลาดจากการบดบัง



(ง) การตรวจจับที่เชื่อมโยงสัดส่วนร่างกายผิดพลาด



(จ) การตรวจจับผิดพลาดแบบ false positive

รูปที่ 48 การตรวจจับคนที่ผิดพลาด

1) ท่าทางที่คนส่วนใหญ่ไม่ค่อยแสดง หรือ ท่าทางไม่ปกติ เช่น ตีลังกา
2) การตรวจจับสัดส่วนที่ขาดหายหรือผิดพลาด
3) สัดส่วนของคนที่ทับซ้อนกัน
4) การเชื่อมโยงสัดส่วนของคนที่ผิดพลาด เช่น มีการเชื่อมโยงสัดส่วนของคน 2 คนเข้าด้วยกัน
5) ผลเป็นบวกที่ไม่ถูกต้องหรือ false positive ที่เกิดขึ้นจากโปรแกรม อาจมาได้จากการตรวจจับรูปปั้น หรือ รูปภาพ ที่มีลักษณะคล้ายคน หรือสัตว์

การตรวจจับที่ผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดขึ้น เนื่องจากเป็นการตรวจจับที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ ดังนั้นภาพที่ตามองเห็นระบบจะสามารถมองเห็นเช่นเดียว แต่เมื่อคนมองไม่เห็นสิ่งที่อยู่ด้านหลังของวัตถุหรือแม้แต่คนบดบังระบบจะไม่สามารถมองเห็นเช่นเดียวกัน อีกหนึ่งสาเหตุที่ไม่สามารถตรวจจับคนได้เนื่องจากระยะการมองเห็นของกล้องในสถานที่ที่มีแสงสว่างมากเกินไปหรือแสงสว่างที่ไม่สม่ำเสมอเป็นต้น

การประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับคน แบบหลายคนในเฟรมเดียว แสดงด้วยตารางสำคัญในการวัดความสามารถของ Machine learning ในการแก้ปัญหา classification

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Confusion matrix) แสดงในตารางที่ 3 และสรุปตารางประสิทธิภาพในตารางที่ 4 โดยแสดงด้วยค่าความไวและค่าความแม่นยำ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบตรวจจับคนจาก 60 วิดีโอ

		Actual Values	
		Positive	Negative
Predicted Values	Positive	52	5
	Negative	1	2

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์วัดประสิทธิภาพของระบบตรวจจับคน

พารามิเตอร์	ผลลัพธ์
ค่าความไว	98.1%
ค่าความแม่นยำ	90%

ค่าความไวคือสัดส่วนของผลบวกที่เป็นจริงสำหรับภาวะการตรวจเจอคน ดังนั้นการทดสอบที่ได้ค่าความไวมาก โอกาสการได้ผลลบที่ไม่เป็นจริงก็จะน้อยลง และค่าความแม่นยำคือสัดส่วนการทำนายที่โปรแกรมทำนายถูกต้อง

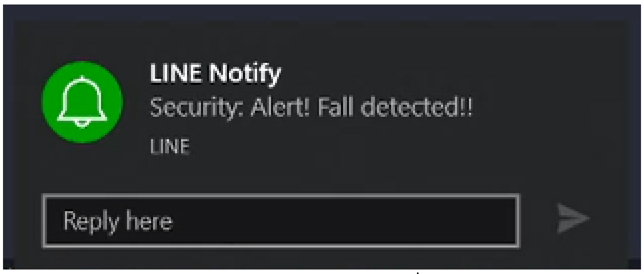
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4 ทดสอบระบบตรวจจับการหกล้มและการแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันไลน์

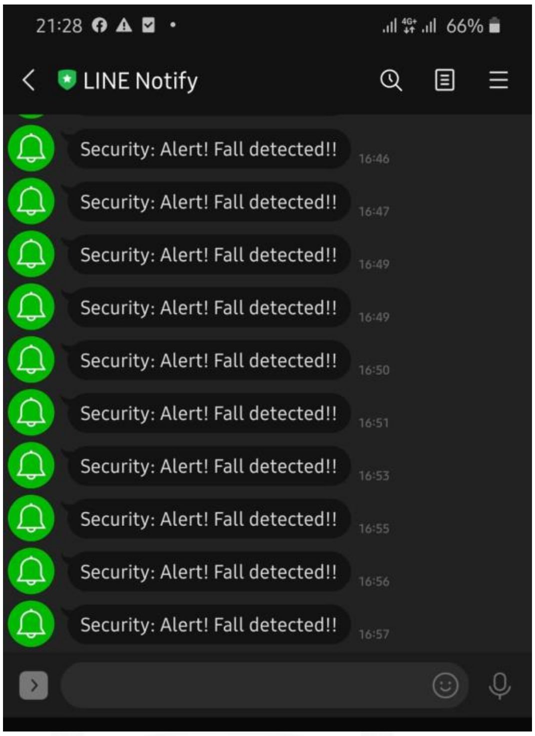
การทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับคนล้มโดยใช้ชุดข้อมูลวิดีโอ 60 วิดีโอ โดยแบ่งออกเป็น 2 สภาพแวดล้อม ที่ประกอบด้วยภาพวิดีโอบันทึกสถานการณ์จำลองการหกล้ม สถานการณ์เดิน นั่ง ทั้งในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีสิ่งของบดบังและในสภาพที่มีสิ่งของบดบัง การทดสอบประสิทธิภาพของระบบด้วยชุดข้อมูลดังกล่าวพบว่าระบบสามารถตรวจจับการหกล้มได้ดังแสดงในรูปที่ 49

รูปที่ 49 ผลการทดสอบระบบตรวจจับการหกล้ม

เมื่อระบบตรวจจับการหกล้มได้ ผู้ดูแลหรือคนสังเกตการณ์จะได้รับข้อความแจ้งเตือนผ่านไลน์แอพพลิเคชันที่ได้เข้าใช้งานไว้ ตัวอย่างในรูปที่ 50



(ก) การแจ้งเตือนผ่านไลน์แอพพลิเคชันที่เข้าระบบไว้บนวินโดวส์



(ข) การแจ้งเตือนผ่านไลน์แอพพลิเคชันที่เข้าระบบบนโทรศัพท์มือถือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 50 การแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบการหกล้ม

การทดสอบระบบด้วยวิดีโอชุดนี้พบว่า การหกล้มที่มีลักษณะปกติทั่วไป เช่น หกล้มโดยไม่มีสิ่งบดบังจากเฟอร์นิเจอร์หรือคนด้วยกัน ระบบสามารถตรวจจับการหกล้มได้ถูกต้องทั้งหมด 33 วิดีโอจาก 35 วิดีโอ ดังแสดงในรูปที่ 51 โดยการตรวจจับผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากการที่มีสิ่งบดบังทำให้ไม่สามารถตรวจจับคนหรือศีรษะของคนได้ดังแสดงในรูปที่ 52 ผลการทดลองและประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสดงไว้ในตารางที่ 5 และตารางที่ 6

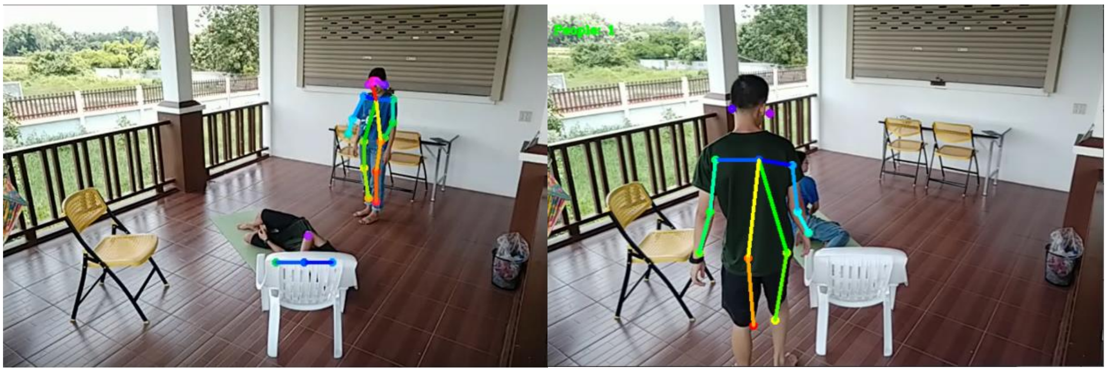
(ก) การหกล้มในลักษณะล้มไปข้างหน้า ในสภาพแวดล้อมแบบระเบียงเปิด

(ข) การหกล้มในลักษณะล้มด้านข้าง ในสภาพแวดล้อมแบบระเบียงเปิด

(ค) การหกล้มในลักษณะล้มด้านข้าง ในสภาพแวดล้อมแบบภายในบ้าน

(ง) การหกล้มในลักษณะล้มไปข้างหน้า ในสภาพแวดล้อมแบบภายในบ้าน

รูปที่ 51 การทดสอบระบบตรวจจับการหกล้ม



รูปที่ 52 การตรวจจับที่ผิดพลาดจากสาเหตุการบดบังของสิ่งของหรือคน

ตารางที่ 5 ผลการทดลองระบบตรวจจับการหกล้ม

กิจกรรม	จำนวนกิจกรรม	True positives	False positives	True negatives	False negatives
การหกล้ม	30	30	0	-	0
การหกล้มที่มีสิ่งบดบัง	5	3	0	-	2
การนั่งและเดินที่มีสิ่งบดบัง	4	-	1	3	-
การนั่งและเดิน	18	-	1	17	-
บริบททั่วไป	3	-	0	3	-
รวมกิจกรรม	**60**	**33**	**2**	**23**	**2**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 พารามิเตอร์วัดประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการหกล้ม

พารามิเตอร์	**ผลลัพธ์**
ค่าความไว	94.3%
ค่าความเฉพาะเจาะจง	92%
ค่าความเที่ยงตรง	94.3%
ค่าความแม่นยำ	93.3%

การตรวจจับแบบ false positive เกิดขึ้นจากชุดข้อมูลที่อยู่ในสภาพแวดล้อมภายในบ้าน ที่ซึ่งมีแสงสว่างน้อยและแสงสว่างมากในบางช่วง ทำให้สัดส่วนจากการตรวจจับคนไม่สมบูรณ์ ทำให้

การวิเคราะห์การหกล้มผิดพลาด อีกหนึ่งสาเหตุของการตรวจจับผิดพลาดคือในบางสถานการณ์ที่มีการก้มตัวลงนั่งอย่างรวดเร็ว ระบบมองว่าเกิดการหกล้มเกิดขึ้น ทั้งนี้ระบบจะมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอยู่กับระบบการตรวจจับคน

สาเหตุจากการไม่สามารถตรวจจับการหกล้มได้สำหรับการทดลองด้วยชุดข้อมูลนี้ พบว่า ไม่สามารถตรวจจับได้เกิดจากการหกล้มที่ล้มแล้วศีรษะของคนถูกบดบังด้วยคนหรือเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ทำให้ไม่สามารถหาตำแหน่งศีรษะสุดท้ายของคนล้มไม่ได้

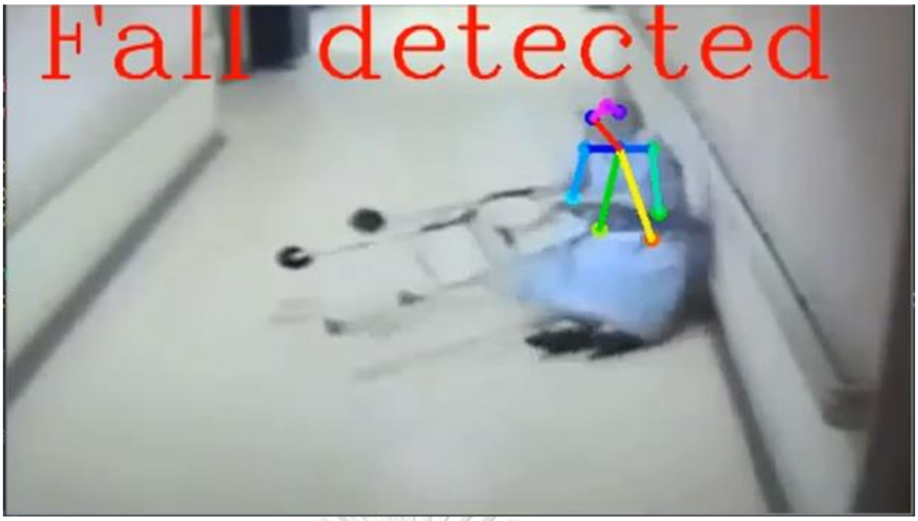
ผลจากค่าความไวและความเที่ยงตรง 94.3% บ่งบอกถึงเปอร์เซ็นต์การตรวจพบการหกล้มและการแจ้งเตือนการหกล้มที่แสดงถึงการหกล้มจริง, ค่าความเฉพาะเจาะจง 92% แสดงถึงความสามารถที่โปรแกรมจะตรวจจับสถานการณ์ปกติ (ไม่หกล้ม) ได้ถูกต้อง, ค่าความแม่นยำ 93.3% แสดงถึงการตรวจพบการหกล้มได้ถูกต้อง และจากการวิเคราะห์ระบบจากชุดข้อมูลที่นำมาทดสอบพบว่า ภาวะของความสว่าง สภาพแวดล้อมที่มีสิ่งของวางทำให้มองไม่เห็น และการทับซ้อนกันของคนมีผลต่อระบบการตรวจจับคนทำให้ประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการหกล้มลดลง

4.5 ทดสอบระบบตรวจจับการหกล้มกับวิดีโอจากยูทูป

เนื่องจากชุดข้อมูลวิดีโอสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจจับการหกล้มแบบหลายคนในเฟรมเดียวที่มีการเผยแพร่ในอินเตอร์เน็ตค่อยข้างน้อย ผู้วิจัยได้นำวิดีโอทั่วไปที่มีเหตุการณ์หกล้มและเผยแพร่ในยูทูปมา เพื่อทดสอบระบบการตรวจจับการหกล้มและการแจ้งเตือนผ่านไลน์แอพพลิเคชันนี้ ประกอบด้วยวิดีโอ 3 ประเภท [47], [48] ได้แก่ 1) วิดีโอผู้สูงอายุที่เกิดการหกล้ม 2) วิดีโอการต่อสู้ลักษณะคล้ายกังฟู และ 3) วิดีโอคนทั่วไปที่มีการหกล้ม ผลการทดสอบระบบแสดงในรูปที่ 53, รูปที่ 54, และรูปที่ 55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ก)



(ข)

(ค)

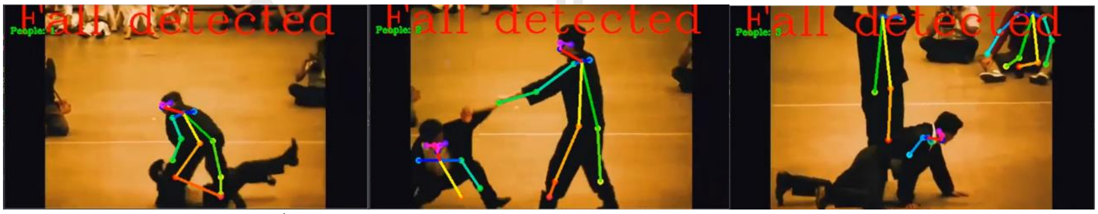
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ง)

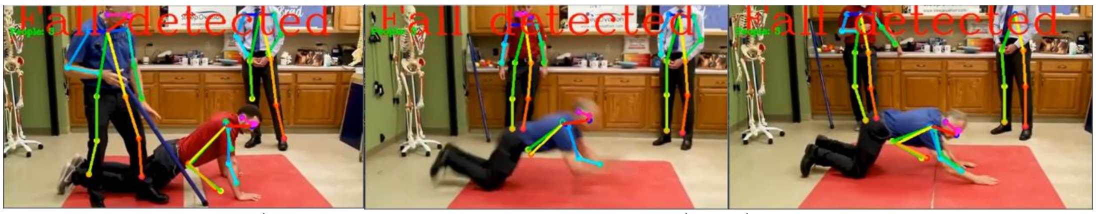
รูปที่ 53 ผลการทดสอบระบบกับวิดีโอผู้สูงอายุที่เกิดเหตุการณ์หกล้ม

จากการทดลองระบบกับวิดีโอผู้สูงอายุที่เกิดการหกล้มพบว่า ระบบสามารถตรวจจับการหกล้มได้ ทั้งนี้ปัญหาที่พบจากการทดสอบมีความสอดคล้องกับการทดสอบก่อนหน้าคือ เมื่อมีวัตถุบดบังรูปร่างของคนระบบสามารถตรวจจับการหกล้มได้ หากไม่บดบังศีรษะและช่วงตัวดังแสดงในรูปที่ 53 (ก) และ (ข) และระบบสามารถตรวจจับการหกล้มที่มีคนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปในเฟรมเดียวได้ ดังแสดงในรูปที่ 53 (ค) และ (ง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 54 ผลการทดสอบระบบกับวิดีโอการต่อสู้คล้ายกังฟู



รูปที่ 55 ผลการทดสอบระบบกับวิดีโอคนทั่วไปที่มีการหกล้ม

จากรูปที่ 54 และรูปที่ 55 เป็นผลการทดสอบระบบกับวิดีโอการต่อสู้คล้ายกังฟูและวิดีโอทั่วไปที่มีคนล้ม พบว่า ระบบสามารถตรวจจับการหกล้มได้ซึ่งภายในวิดีโอมีคนมากกว่า 2 คน วิดีโอการต่อสู้ระบบมีการตรวจจับคนบกพร่องเนื่องจากคนอยู่ใกล้และซ้อนกันหลายช่วง ทำให้จุดการเชื่อมโยงรูปร่างของคนผิดเพี้ยนไป ทั้งนี้หากระบบตรวจจับศีรษะและช่วงตัวของคนได้ ระบบก็สามารถตรวจจับการหกล้มได้ และในวิดีโอคนทั่วไปที่มีการล้มระบบสามารถตรวจจับการหกล้มได้ แต่เกิดข้อผิดพลาดในการตรวจจับคนเนื่องจากตรวจจับโครงกระดูกเป็นคน

4.6 ประสิทธิภาพของระบบ

ระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือนนี้ ทำงานที่ความเร็วประมาณ 4-8 ภาพต่อวินาทีบน NVIDIA Jetson Nano Developer Kit กำหนดค่าให้ทำงานด้วย GPU 128-core สถาปัตยกรรม Maxwell บนบอร์ด กระบวนการแยกองค์ประกอบภาพและภาพอินพุตสำหรับระบบการประมวลผลภาพมีความเชื่อมโยงกับการกินพลังงานในการคำนวณที่มากขึ้นตามขนาดภาพ

ขนาดของห้อง มุมมองของกล้อง และแสงสว่างภาพในเฟรมภาพ รวมถึงความละเอียดของภาพ ทั้งหมดมีข้อจำกัดสำหรับการทำงานของระบบเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ ขนาดของห้องที่ระบบสามารถทำงานได้ประมาณ 20 ตารางเมตร ตำแหน่งของกล้องควรอยู่ในมุมก้มได้ไม่เกิน 45 องศาเพื่อการประมาณสัดส่วนรูปร่างที่ถูกต้อง และมีสภาพแวดล้อมที่มีแสงสว่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้สามารถปรับค่าความสว่างจากอุปกรณ์ไว้เบื้องต้น ข้อจำกัดสุดท้ายคือความละเอียดภาพที่จะมีผลต่อการประมวลผลภาพของระบบโดยตรง เนื่องจากความละเอียดของภาพที่ดีมากเกินไปจะทำให้การประมวลผลช้าลง ทั้งนี้หากความละเอียดน้อยไปการประมวลผลก็จะไม่ได้ประสิทธิภาพมากพอสำหรับระบบนี้ตั้งค่าความละเอียดภาพไว้ที่ 480x320 พิกเซล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผล

ระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือนนี้ ใช้การประมวลผลภาพในการตรวจจับ โดยแยกองค์ประกอบของภาพเพื่อตรวจจับวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวด้วยแบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน จากนั้นใช้ฟังก์ชันในโอเพนซีวีเพื่อติดตามเงาเหล่านั้น จากนั้นใช้แบบจำลองภาพประวัติการเคลื่อนไหว (MIHI) ในการเรียนรู้ลักษณะการเคลื่อนไหวของคน เมื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวที่มีความเร็วเข้ากับเงื่อนไขของระบบ การวิเคราะห์สัดส่วนและรูปร่างของคนจะถูกวิเคราะห์ต่อไป และเมื่อตรวจพบว่าสัดส่วนรูปร่างของคนมีการเปลี่ยนไปในระยะเวลาอันสั้น ระบบมองได้ว่าเกิดการหกล้มเกิดขึ้น และกรณีที่สัดส่วนรูปร่างของคนไม่สมบูรณ์ ระบบวิเคราะห์ตำแหน่งของศีรษะที่เปลี่ยนแปลงไปในการตรวจจับ โดยเมื่อตำแหน่งของศีรษะเปลี่ยนตำแหน่งอย่างรวดเร็ว ระบบสามารถมองได้ว่าเกิดการหกล้มเกิดขึ้น และเมื่อระบบตรวจพบการหกล้ม ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลหรือผู้ที่เกี่ยวข้องผ่านไลน์แอพพลิเคชัน

ระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้โมดูลกล้องพร้อมระบบแจ้งเตือนนี้สามารถตรวจจับการหกล้มได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีสิ่งบดบัง และในที่ที่มีแสงสว่างเหมาะสม สามารถตรวจจับได้แบบหลายคนในเฟรมเดียว การทดสอบมีการทดสอบในหลายสถานการณ์ทั้งการเดิน ยืน นั่ง และการหกล้ม และให้ประสิทธิภาพความแม่นยำ 93% ในสภาพแวดล้อมที่จำกัด ด้วยการประมวลผลภาพด้วยการแยกองค์ประกอบภาพด้วยแบบจำลองการผสมของเกาส์เซียน การแยกคุณลักษณะเด่นด้วยแบบจำลองประวัติการเคลื่อนไหวและการสูญเสียรูปร่างของคนในการนำมาเป็นเงื่อนไข เพื่อแยกกลุ่มลักษณะการหกล้มกับกิจกรรมอื่น ๆ ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้สูงอายุที่ไม่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์บนข้อมือ หรือส่วนต่าง ๆ บนร่างกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แนวทางการพัฒนาระบบในอนาคต พัฒนาให้ระบบสามารถตรวจจับการหกล้มในหลากหลายสถานที่ โดยเฉพาะในสถานที่ดูแลพยาบาลที่เป็นห้องขนาดใหญ่หรือห้องโถงกว้าง ยกตัวอย่างในบ้านพักคนชราหรือโรงพยาบาล

บรรณานุกรม

[1] M. Mubashir, L. Shao, and L. Seed, "A survey on fall detection: Principles and approaches," *Neurocomputing,* vol. 100, pp. 144-152, 2013/01/16/ 2013, doi: https://doi.org/10.1016/j.neucom.2011.09.037.

[2] M. J. Mathie, A. C. F. Coster, N. H. Lovell, and B. G. Celler, "Accelerometry: providing an integrated, practical method for long-term, ambulatory monitoring of human movement," *Physiological Measurement,* vol. 25, no. 2, pp. R1-R20, 2004/02/17 2004, doi: 10.1088/0967-3334/25/2/r01.

[3] F. Bianchi, S. J. Redmond, M. R. Narayanan, S. Cerutti, and N. H. Lovell, "Barometric Pressure and Triaxial Accelerometry-Based Falls Event Detection," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering,* vol. 18, no. 6, pp. 619-627, 2010, doi: 10.1109/TNSRE.2010.2070807.

[4] L. Suhuai and H. Qingmao, "A dynamic motion pattern analysis approach to fall detection," in *IEEE International Workshop on Biomedical Circuits and Systems, 2004.*, 1-3 Dec. 2004 2004, pp. 1-5, doi: 10.1109/BIOCAS.2004.1454088.

[5] J. M. Kang, T. Yoo, and H. C. Kim, "A Wrist-Worn Integrated Health Monitoring Instrument with a Tele-Reporting Device for Telemedicine and Telecare," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement,* vol. 55, no. 5, pp. 1655-1661, 2006, doi: 10.1109/TIM.2006.881035.

[6] A. Sixsmith and N. Johnson, "A smart sensor to detect the falls of the elderly," *IEEE Pervasive Computing,* vol. 3, no. 2, pp. 42-47, 2004, doi: 10.1109/MPRV.2004.1316817.

[7] C. Lai, S. Chang, H. Chao, and Y. Huang, "Detection of Cognitive Injured Body Region Using Multiple Triaxial Accelerometers for Elderly Falling," *IEEE Sensors Journal,* vol. 11, no. 3, pp. 763-770, 2011, doi: 10.1109/JSEN.2010.2062501.

[8] A. M. Tabar, A. Keshavarz, and H. Aghajan, "Smart home care network using sensor fusion and distributed vision-based reasoning," presented at the

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Proceedings of the 4th ACM international workshop on Video surveillance and sensor networks, Santa Barbara, California, USA, 2006. [Online]. Available: https://doi.org/10.1145/1178782.1178804.

[9] Z. Xiaodan, J. Huang, G. Potamianos, and M. Hasegawa-Johnson, "Acoustic fall detection using Gaussian mixture models and GMM supervectors," in *2009 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 19-24 April 2009 2009, pp. 69-72, doi: 10.1109/ICASSP.2009.4959522.

[10] M. Alwan *et al.*, "A Smart and Passive Floor-Vibration Based Fall Detector for Elderly," in *2006 2nd International Conference on Information & Communication Technologies*, 24-28 April 2006 2006, vol. 1, pp. 1003-1007, doi: 10.1109/ICTTA.2006.1684511.

[11] C. J. Robinson, M. C. Purucker, and L. W. Faulkner, "Design, control, and characterization of a sliding linear investigative platform for analyzing lower limb stability (SLIP-FALLS)," *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering,* vol. 6, no. 3, pp. 334-350, 1998, doi: 10.1109/86.712232.

[12] Y. Zigel, D. Litvak, and I. Gannot*, "A Method for Automatic Fall Detection of Elderly People Using Floor Vibrations and Sound—Proof of Concept on Human Mimicking Doll Falls," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering,* vol. 56, no. 12, pp. 2858-2867, 2009, doi: 10.1109/TBME.2009.2030171.

[13] H. Foroughi, A. Naseri, A. Saberi, and H. S. Yazdi, "An eigenspace-based approach for human fall detection using integrated time motion image and neural network," in *2008 9th International Conference on Signal Processing*, 2008: IEEE, pp. 1499-1503.

[14] G. Shi, C. S. Chan, W. J. Li, K.-S. Leung, Y. Zou, and Y. Jin, "Mobile human airbag system for fall protection using MEMS sensors and embedded SVM classifier," *IEEE Sensors Journal,* vol. 9, no. 5, pp. 495-503, 2009.

[15] T. Ji, M. Turjo, W. Mun-Fei, W. Mengdi, and T. Yap-Peng, "Fall Incidents Detection for Intelligent Video Surveillance," in *2005 5th International Conference on Information Communications & Signal Processing*, 6-9 Dec. 2005

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2005, pp. 1590-1594, doi: 10.1109/ICICS.2005.1689327.

[16] C. Rougier, J. Meunier, A. St-Arnaud, and J. Rousseau, "Fall Detection from Human Shape and Motion History Using Video Surveillance," in *21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (AINAW'07)*, 21-23 May 2007 2007, vol. 2, pp. 875-880, doi: 10.1109/AINAW.2007.181.

[17] C. Lin and Z. Ling, "Automatic Fall Incident Detection in Compressed Video for Intelligent Homecare," in *2007 16th International Conference on Computer Communications and Networks*, 13-16 Aug. 2007 2007, pp. 1172-1177, doi: 10.1109/ICCCN.2007.4317978.

[18] R. Cucchiara, C. Grana, A. Prati, and R. Vezzani, "Probabilistic posture classification for Human-behavior analysis," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans,* vol. 35, no. 1, pp. 42-54, 2005, doi: 10.1109/TSMCA.2004.838501.

[19] S. Fleck and W. Straßer, "Smart Camera Based Monitoring System and Its Application to Assisted Living," *Proceedings of the IEEE,* vol. 96, no. 10, pp. 1698-1714, 2008, doi: 10.1109/JPROC.2008.928765.

[20] N. Thome and S. Miguet, "A HHMM-Based Approach for Robust Fall Detection," in *2006 9th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, 5-8 Dec. 2006 2006, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICARCV.2006.345146.

[21] C. Rougier and J. Meunier, "Fall detection using 3d head trajectory extracted from a single camera video sequence," in *First International Workshop on Video Processing for Security (VP4S-06), June*, 2006, pp. 7-9.

[22] B. Jansen and R. Deklerck, "Context aware inactivity recognition for visual fall detection," in *2006 Pervasive Health Conference and Workshops*, 29 Nov.-1 Dec. 2006 2006, pp. 1-4, doi: 10.1109/PCTHEALTH.2006.361657.

[23] X. Kong, Z. Meng, N. Nojiri, Y. Iwahori, L. Meng, and H. Tomiyama, "A hog-svm based fall detection iot system for elderly persons using deep sensor," *Procedia*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

computer science, vol. 147, pp. 276-282, 2019.

[24] I. Chandra, N. Sivakumar, C. B. Gokulnath, and P. Parthasarathy, "IoT based fall detection and ambient assisted system for the elderly," *Cluster Computing,* vol. 22, no. 1, pp. 2517-2525, 2019.

[25] J. P. Queralta, T. N. Gia, H. Tenhunen, and T. Westerlund, "Edge-AI in LoRa-based Health Monitoring: Fall Detection System with Fog Computing and LSTM Recurrent Neural Networks," in *2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, 1-3 July 2019 2019, pp. 601-604, doi: 10.1109/TSP.2019.8768883.

[26] H. Permuter, J. Francos, and I. H. Jermyn, "Gaussian mixture models of texture and colour for image database retrieval," in *2003 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2003. Proceedings. (ICASSP '03).* 6-10 April 2003 2003, vol. 3, pp. III-569, doi: 10.1109/ICASSP.2003.1199538.

[27] Z.-K. Huang and K.-W. Chau, "A new image thresholding method based on Gaussian mixture model," *Applied Mathematics and Computation,* vol. 205, no. 2, pp. 899-907, 2008/11/15/ 2008, doi: https://doi.org/10.1016/j.amc.2008.05.130.

[28] W. J. MacLean, A. D. Jepson, and R. C. Frecker, "Recovery of Egomotion and Segmentation of Independent Object Motion Using the EM Algorithm," in *BMVC*, 1994, pp. 1-10.

[29] A. L. Yuille, P. Stolorz, and J. Utans, "Statistical physics, mixtures of distributions, and the EM algorithm," *Neural Computation,* vol. 6, no. 2, pp. 334-340, 1994.

[30] M. A. R. Ahad, T. Jie, H. Kim, and S. Ishikawa, "Motion history image: Its variants and applications," *Machine Vision and Applications,* vol. 23, pp. 255-281, 03/01 2010, doi: 10.1007/s00138-010-0298-4.

[31] A. F. Bobick and J. W. Davis, "The recognition of human movement using temporal templates," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,* vol. 23, no. 3, pp. 257-267, 2001, doi: 10.1109/34.910878.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

[32] J. W. Davis, "Appearance-based motion recognition of human actions," Massachusetts Institute of Technology, 1996.

[33] T. Xiang and S. Gong, "Beyond Tracking: Modelling Activity and Understanding Behaviour," *International Journal of Computer Vision,* journal article vol. 67, no. 1, pp. 21-51, April 01 2006, doi: 10.1007/s11263-006-4329-6.

[34] K. Leman, G. Ankit, and T. Tan, "PDA based human motion recognition system," *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering,* vol. 15, no. 02, pp. 199-204, 2005.

[35] L. Li, Z. Qingshuang, J. Yonglin, and X. Hongwei, "Spatio-temporal motion segmentation and tracking under realistic condition," in *2006 1st International Symposium on Systems and Control in Aerospace and Astronautics*, 19-21 Jan. 2006 2006, pp. 4 pp.-232, doi: 10.1109/ISSCAA.2006.1627617.

[36] J. Davis and A. Bobick, "Virtual PAT: A Virtual Personal Aerobics Trainer," 10/15 2001.

[37] J. W. Davis, F. Baird, C. S. Pinhanez, L. W. Campbell, Y. A. Ivanov, and A. Wilson, "The KidsRoom: A Perceptually-Based Interactive and."

[38] M. Hagui and M. A. Mahjoub, "Features selection in video fall detection," in *International Image Processing, Applications and Systems Conference*, 5-7 Nov. 2014 2014, pp. 1-5, doi: 10.1109/IPAS.2014.7043269.

[39] R. Rothe, M. Guillaumin, and L. Van Gool, *Non-Maximum Suppression for Object Detection by Passing Messages between Windows*. 2015.

[40] S. Goswami, "Reflections on Non Maximum Suppression (NMS)," Jan 13 2020. [Online]. Available: https://medium.com/@whatdhack/reflections-on-non-maximum-suppression-nms-d2fce148ef0a.

[41] S. K, "Non-maximum Suppression (NMS)," Oct 1 2019. [Online]. Available: https://towardsdatascience.com/non-maximum-suppression-nms-93ce178e177c.

[42] OpenCV. "Introduction." https://docs.opencv.org/master/d1/dfb/intro.html

(accessed 1 Feb, 2020).

[43] Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S.-E. Wei, and Y. Sheikh, "OpenPose: realtime multi-person 2D pose estimation using Part Affinity Fields," *arXiv preprint arXiv:1812.08008,* 2018.

[44] Z. Cao, T. Simon, S.-E. Wei, and Y. Sheikh, "Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields," in *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2017, pp. 7291-7299.

[45] ร้านไอโอเอ็กซ์ฮ็อบ, "LINE Notify ส่งการแจ้งเตือนเข้าไลน์," December 8 2019. [Online]. Available: https://store.kidbright.info/plugin/5/LINE+Notify+ส่งการแจ้งเตือนเข้าไลน์/.

[46] F. News, "เปิดตัว NVIDIA JETSON NANO DEVELOPER KIT รองรับการทำ NEURAL NETWORKS ในราคา 99 เหรียญ," March 20 2019. [Online]. Available: https://techfeedthai.com/2019/03/20/เปิดตัว-nvidia-jetson-nano-developer-kit-รองรับการทำ-neu/.

[47] T. Lancet, "Falls in elderly people," December 13 2013. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=p5i4z3sNaKM.

[48] Y. MEDIA, "Bruce Lee REAL Fight at Karate Tournament 1967," October 29 2019. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=ZCploYzPRi8.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวจันทิมา ทุมมะลา
วัน เดือน ปี เกิด	6 มีนาคม 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดสกลนคร
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศกรรมไฟฟ้า จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาในปีการศึกษา 2560 ในสังกัดห้องปฏิบัติการไฟฟ้าและการสื่อสารเพื่อการประดิษฐ์ (ECIL) ด้วยโครงงานแบบจำลองระบบจัดเก็บและเรียกคืนสินค้าอัตโนมัติ ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 222 หมู่ 24 อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร 47110
ผลงานตีพิมพ์	J. Thummala and S. Pumrin, "Fall Detection using Motion History Image and Shape Deformation," 2020 8th International Electrical Engineering Congress (iEECON), Chiang Mai, Thailand, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/iEECON48109.2020.229491.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY