

ระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่ามือ



นายสุธรงค์ สวัสดิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

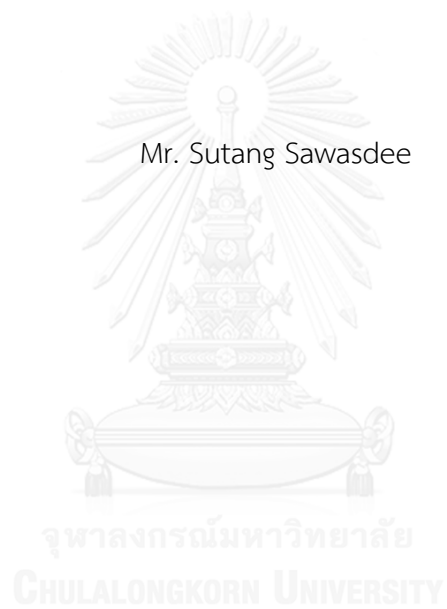
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ELDERLY CARE NOTIFICATION SYSTEM USING HAND POSTURE RECOGNITION

Mr. Sutang Sawasdee



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงอายุโดยวิธีจำแนกท่ามือ
โดย	นายสุธรงค์ สวัสดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ พุ่มรินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชานูชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ พุ่มรินทร์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศพล สอดระกุล)

สุธางค์ สวัสดิ์ : ระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงอายุโดยวิธีจำแนกท่ามือ (ELDERLY CARE NOTIFICATION SYSTEM USING HAND POSTURE RECOGNITION) อ.ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. สุรีย์ พุ่มรินทร์, 52 หน้า.

วิทยานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอการรับรู้ท่าทางมือเพื่อเป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกสำหรับการดูแลผู้สูงอายุ ระบบจะใช้คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ ขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอตาบูสต์และการจำแนกประเภทแบบลำดับขั้นในการตรวจหาท่ามือ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่เพิ่มการค้นหาเส้นรอบขอบ Histogram of Oriented Gradients และหลักในการตัดสินใจเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการจำแนกท่ามือที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์แอนดรอยด์ให้อ่านค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกท่ามือผ่านทางจอคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างการแจ้งเตือนบนโทรศัพท์ การตรวจหาท่ามือมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 93.22 เปอร์เซ็นต์และค่าความไวเฉลี่ยเท่ากับ 96.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการจำแนกท่ามือมีค่าความไวเฉลี่ยมากกว่า 89.18 เปอร์เซ็นต์และสามารถแจ้งเตือนด้วยโทรศัพท์ได้



ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

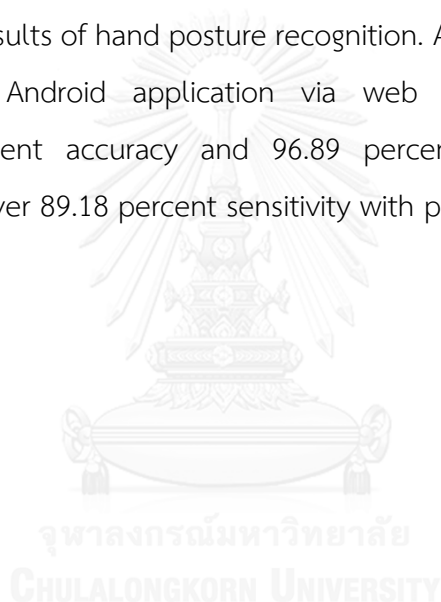
ปีการศึกษา 2557

5570421921 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS: HAND POSTURE RECOGNITION / ELDERLY CARE / HAAR-LIKE FEATURE / ADABOOST ALGORITHM / PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

SUTANG SAWASDEE: ELDERLY CARE NOTIFICATION SYSTEM USING HAND POSTURE RECOGNITION. ADVISOR: ASST. PROF. SUREE PUMRIN, Ph.D., 52 pp.

This thesis proposes a hand posture recognition as an assistive tool for elderly care. The system uses Haar-like feature, Adaboost algorithm, and Cascade Classification for hand detection. Principal Component Analysis (PCA) works together with contour detection, Histogram of Oriented Gradients (HOG), and Hand posture decision to achieve preferable results of hand posture recognition. A smart phone notification can be obtained from Android application via web simulation. Hand detection achieves 93.22 percent accuracy and 96.89 percent sensitivity. Hand posture recognition obtains over 89.18 percent sensitivity with phone notification realization.



Department: Electrical Engineering Student's Signature

Field of Study: Electrical Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง ระบบแจ้งเตือนสำหรับผู้ดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีการจำแนกท่ามือ สำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำจาก Embedded System and IC Design
Research Laboratory ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรีย์ พุ่มรินทร์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำใน
การทำวิทยานิพนธ์ให้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นผู้อยู่เบื้องหลังและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์
ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญกราฟ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 การทบทวนบทประพันธ์	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	3
1.4 ขอบเขต.....	3
1.5 ประโยชน์.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	4
2.1 การตรวจหาท่ามือ (Hand Detection).....	4
2.1.1 คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ (Haar-Like Features).....	4
2.1.2 ภาพอินทิกรัล (Integral Image).....	5
2.1.3 ขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอดาบู้สต์ (Adaboost Algorithm).....	6
2.1.4 การจำแนกประเภทแบบลำดับขั้น (Cascade Classification).....	7
2.2 การจำแนกท่ามือ (Hand Posture Recognition).....	8
2.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis, PCA).....	8
2.2.2 Histograms of Oriented Gradients (HOG).....	10

2.3	หลักการในการตัดสินใจ (Hand Posture Decision)	12
2.4	การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์ (Connection Between Computer and Smart Phone)	13
บทที่ 3	วิธีดำเนินการทดลอง	14
3.1	อุปกรณ์ในการทดลอง	14
3.2	โปรแกรมในการทดลอง	15
3.3	การตรวจหามือ	15
3.4	การค้นหาเส้นรอบขอบ (Contour Detection)	18
3.5	การจำแนกท่ามือ	18
3.5.1	การจำแนกท่ามือโดยวิธีการวิเคราะห์ห่องค์ประกอบหลัก	18
3.5.2	การจำแนกท่ามือโดยวิธีการวิเคราะห์ห่องค์ประกอบหลักและ HOG	21
3.6	การอ่านค่าบนโทรศัพท์	22
3.7	การจัดเตรียมการทดลอง	23
3.7.1	การทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือ	23
3.7.2	การทดลองในสถานการณ์จำลอง	24
3.7.3	การทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์	24
3.7.4	การทดลองกับผู้ดูแลและผู้สูงวัย	24
3.7.5	การทดลองกับผู้สูงวัย	24
บทที่ 4	ผลการทดลอง	25
4.1	ผลการทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือบนพื้นหลังเรียบ	26
4.1.1	ผลการทดลองการตรวจหาท่ามือ	26
4.1.2	ผลการทดลองการจำแนกท่ามือ	28
4.2	ผลการทดลองในสถานการณ์จำลอง	36

4.2.1 ผลการทดลองการตรวจหาท่ามือในสถานการณ์จำลอง	36
4.2.2 ผลการทดลองการจำแนกท่ามือในสถานการณ์จำลอง	37
4.3 ผลการทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์	40
4.4 ผลการทดลองกับผู้ดูแล	42
4.5 ผลการทดลองกับผู้สูงวัย	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือ	45
5.2 สรุปผลการทดลองในสถานการณ์จำลอง	45
5.3 สรุปผลการทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์	46
5.4 สรุปผลการทดลองกับผู้ดูแล	47
5.5 สรุปผลการทดลองกับผู้สูงวัย	47
5.6 สรุปผลการทดลอง	47
5.7 ข้อเสนอแนะ	47
รายการอ้างอิง	48
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	52

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ภาพรวมของระบบ	4
ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ของ Viola และ Jones	5
ภาพที่ 2.3 วิธีการคำนวณแบบอินทิกรัล.....	5
ภาพที่ 2.4 การทำงานของการจำแนกประเภทแบบลำดับชั้น	7
ภาพที่ 2.5 ตัวอย่าง HOG.....	10
ภาพที่ 2.6 ฝั่งงานการค้นหาและการจำแนกท่ามือ	11
ภาพที่ 2.7 ฝั่งงานแสดงการตัดสินใจ	12
ภาพที่ 2.8 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์.....	13
ภาพที่ 2.9 ฝั่งงานโปรแกรมบนโทรศัพท์.....	13
ภาพที่ 3.1 แผนภาพของระบบ.....	14
ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างชุดข้อมูลสำหรับภาพแสดงวัตถุที่สนใจ	15
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างชุดข้อมูลสำหรับภาพอื่นๆที่ไม่มีวัตถุที่สนใจ	16
ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างการแยกประเภทแบบลำดับชั้น	17
ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างผลจากการค้นหาเส้นรอบขอบ	18
ภาพที่ 3.6 ท่ามือพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง.....	19
ภาพที่ 3.7 ภาพที่นำไปใช้ในการสร้างฐานข้อมูลให้กับการจำแนกท่ามือ	19
ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการแปลงภาพให้อยู่ในรูปเมทริกซ์หนึ่งแถว.....	19
ภาพที่ 3.9 การเรียงแถวใหม่ของเมทริกซ์	20
ภาพที่ 3.10 การคำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละหลักของเมทริกซ์	20
ภาพที่ 3.11 การลบแต่ละแถวของเมทริกซ์ F ด้วยค่าเฉลี่ย.....	20

ภาพที่ 3.12 การซ้อนทับกันระหว่างบล็อกและจำนวนของช่องที่อยู่ภายในบล็อก.....	21
ภาพที่ 3.13 ค่าของคุณลักษณะของ HOG.....	22
ภาพที่ 3.14 โปรแกรม Eclipse IDE with built-in ADT.....	22
ภาพที่ 3.15 โปรแกรม XAMPP	23
ภาพที่ 4.1 การตรวจหาและการจำแนกท่ามือที่มีการหมุนท่ามือ.....	26
ภาพที่ 4.2 การตรวจหาและการจำแนกท่ามือที่มีการเปลี่ยนขนาดท่ามือ	26
ภาพที่ 4.3 การตรวจหาและการจำแนกท่ามือในสถานการณ์จำลอง	36
ภาพที่ 4.4 การอ่านค่าบนโทรศัพท์จากท่านิ้วชี้.....	40
ภาพที่ 4.5 การอ่านค่าบนโทรศัพท์จากท่ากำมือ.....	40
ภาพที่ 4.6 การอ่านค่าบนโทรศัพท์จากท่าสามนิ้ว	41
ภาพที่ 4.7 การอ่านค่าบนโทรศัพท์จากท่านิ้วก้อย	41
ภาพที่ 4.8 การตรวจหาและการจำแนกท่าท่ามือกับผู้สูงวัยคนที่ 1.....	43
ภาพที่ 4.9 การตรวจหาและการจำแนกท่าท่ามือกับผู้สูงวัยคนที่ 2.....	43
ภาพที่ 4.10 การตรวจหาและการจำแนกท่าท่ามือกับผู้สูงวัยคนที่ 3.....	44
ภาพที่ 4.11 การตรวจหาและการจำแนกท่าท่ามือกับผู้สูงวัยคนที่ 4.....	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 อัตราการเจอและอัตราการผิดพลาดเชิงบวกที่จำนวนชั้นต่างๆในทางทฤษฎี	18
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการตรวจหาทำมือในแต่ละจำนวนชั้น	26
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการจำแนกทำมือโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG	28
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการจำแนกทำมือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ	30
ตารางที่ 4.4 ผลของการทดลองการจำแนกทำมือโดยใช้ HOG	32
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการจำแนกทำมือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG	34
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการตรวจหาทำมือในสถานการณ์จำลอง	36
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการจำแนกทำมือในสถานการณ์จำลองโดยไม่มีการตัดสินใจ	37
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการจำแนกทำมือที่ในสถานการณ์จำลองในแต่ละจำนวนเฟรมที่สนใจ ..	38

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.1 ความแม่นยำและความไวของการตรวจหาทำมือในแต่ละจำนวนชั้น.....	27
กราฟที่ 4.2 ความไวของการจำแนกทำมือโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG.....	29
กราฟที่ 4.3 ความไวของการจำแนกทำมือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ	31
กราฟที่ 4.4 ความไวของการจำแนกทำมือโดยใช้ HOG	33
กราฟที่ 4.5 ความไวของการจำแนกทำมือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG.....	35
กราฟที่ 4.6 ความแม่นยำและความไวของการตรวจหาทำมือในสถานการณ์จำลอง.....	37
กราฟที่ 4.7 ความไวของการจำแนกทำมือในสถานการณ์จำลองโดยไม่มีการตัดสินใจ.....	38
กราฟที่ 4.8 ความไวของการจำแนกทำมือในสถานการณ์จำลองที่มีการตัดสินใจ	39

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของประชากรไทยช่วงล่างแต่กลับมีผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเนื่องจากภาวะการเจริญพันธุ์ที่ลดลงและความก้าวหน้าทางการแพทย์ที่ทำให้คนไทยมีอายุยืนยาวขึ้น ซึ่งจากบทความเราจะพบว่าในอนาคตจำนวนผู้สูงอายุจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นจนถึง 1 ใน 4 ของประชากรไทยทั้งหมด ส่งผลให้ในอนาคตสังคมไทยจะเข้าสู่สังคมของผู้สูงอายุ[1] ซึ่งผู้สูงอายุแต่ละคนก็ต้องการการดูแลจากบุตร หลานหรือบุคคลอื่นเข้ามาทำการดูแล ในกรณีที่บุตรหรือหลานของผู้สูงอายุไม่สามารถให้การดูแลได้เนื่องจากภาระหน้าที่ในชีวิตประจำวันต่างๆ ก็จำเป็นต้องจ้างบุคคลอื่นเข้ามาดูแลแทนก็จะมีค่าใช้จ่ายที่สูง เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของผู้สูงอายุ เทคโนโลยีหลายอย่างจึงถูกพัฒนาขึ้น เช่น การวัดความดันโลหิต[2] การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆเพื่อใช้ในการระบุกิจกรรม[3]หรือระบบที่ใช้ตรวจจับเหตุการณ์ไม่ปกติ[4] เทคโนโลยีที่กล่าวมานั้นส่วนใหญ่มุ่งจะอำนวยความสะดวกแก่ผู้สูงอายุและผู้ดูแล โดยสามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น โดยมีเพียงส่วนน้อยที่สามารถรับทราบถึงความต้องการของผู้สูงอายุได้ โดยเฉพาะในกรณีที่ผู้สูงอายุที่มีปัญหาในด้านของการสื่อสารด้วยเสียงและการเดิน

การตรวจสอบความต้องการของผู้สูงอายุโดยเฉพาะในกรณีที่ผู้สูงอายุที่มีปัญหาในด้านของการสื่อสารด้วยเสียงและการเดิน ปกติผู้ดูแลจะต้องอยู่ในบริเวณเดียวกันกับผู้สูงอายุเพื่อให้สามารถดูแลได้ทันที ทำให้ผู้ดูแลไม่สามารถทำงานอย่างอื่นได้โดยเฉพาะผู้ดูแลที่ดูแลผู้สูงอายุมากกว่าหนึ่งคน จึงเกิดแนวความคิดในการสร้างระบบที่นำท่าทางของมือซึ่งสามารถแสดงท่าทางออกมาได้หลายรูปแบบมาเป็นสัญลักษณ์แสดงความต้องการของผู้สูงอายุ โดยระบบจะทำการติดตั้งกล้องไว้บริเวณที่ผู้สูงอายุอยู่ เช่น ห้องนอน เป็นต้น เพื่อให้ได้รับภาพท่าทางของมือจากผู้สูงอายุ เมื่อผู้สูงอายุทำท่ามือตรงกับสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้จะทำให้ผู้ดูแลสามารถทราบถึงความต้องการของผู้สูงอายุผ่านโทรศัพท์

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้นำเสนอการสร้างวิธีการตรวจท่ามือและการจำแนกท่ามือเพื่อให้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์ได้

1.2 การทบทวนบทประพันธ์

ในการตรวจจับท่าทางของมือสามารถแบ่งออกเป็นสองวิธีคือ 1) วิธีการแบบจำลองมือสามมิติ (3D hand model based approach) และ 2) วิธีการแบบจำลองมือปรากฏ (Appearance based approach) จากวิธีของทั้งสองรูปแบบนั้น จะพบว่ามือในวิธีการแบบการแบบจำลองมือสามมิตินั้นเป็นวัตถุที่เคลื่อนไหวได้อย่างไม่แน่นอนเนื่องจากมือมีการเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ 27 องศา (27 degrees of freedom) ทำให้วิธีนี้เกิดความยุ่งยากในการคำนวณเพื่อสร้างฐานข้อมูลจากการที่ต้องใช้รูปภาพเป็นฐานข้อมูลจำนวนมากและการจัดการกับมุมมองที่ไม่ชัดเจน[5]

ในรูปแบบที่สองวิธีการแบบจำลองมือปรากฏจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างคุณลักษณะที่ได้จากการสกัดจากภาพที่ได้รับจากวิดีโอ โดยข้อดีของวิธีนี้จะสามารถทำงานได้แบบ real time วิธีการแบบจำลองมือปรากฏสามารถแบ่งออกได้เป็นแบบถุงมือข้อมูล (Data-glove based) และแบบวิสัยทัศน์ (Vision-based) เนื่องจากถุงมือข้อมูลต้องใช้อุปกรณ์คือถุงมือ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและสามารถนำไปใช้ได้จริงยาก เนื่องจากอุปกรณ์ที่ยุ่งยาก เราจึงพิจารณาที่แบบวิสัยทัศน์ซึ่งจะใช้กล้องวิดีโอเพียงตัวเดียว แบบวิสัยทัศน์จะมีคุณลักษณะแบบง่ายก็คือสีของผิว สีผิวเป็นเทคนิคที่สะดวกและมีความรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามจุดอ่อนที่สำคัญสำหรับสีผิวคือแสง และห้ามมีสิ่งของอื่นภายในภาพที่มีสีเดียวกันกับสีผิว[6-8]

เมื่อไม่นานมานี้ วิธีการที่เป็นที่นิยมคือ Local Invariant feature[9] ประสบความสำเร็จในการระบุท่ามือได้และมีความแม่นยำสูงโดยใช้ขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอดาบู้สต์ (Adaboost algorithm) และ Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) Viola และคณะ[10] ได้สร้างคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์โลค (Haar-Like Features) ขึ้นในปี 2001 คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์โลคคือการคำนวณค่าความแตกต่างของผลรวมความเข้มระหว่างพื้นที่สีขาวกับพื้นที่สีดำ จากนั้นใช้ขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอดาบู้สต์ในการเลือกตัวเลือกแบบอ่อนแอแล้วนำมารวมกันเพื่อสร้างตัวเลือกแบบแข็งแกร่ง วิธีของ Viola และคณะประสบความสำเร็จในเรื่องของความแม่นยำและเวลาในการคำนวณ หลังจากนั้นก็มีหลายงานวิจัยที่นำคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์โลคมาประยุกต์ใช้กับวิธีต่างๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น[11-13] ยังพบว่าม้งานวิจัยที่นำการตรวจจับและระบุท่ามือไปใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์[14] การแปลภาษามือ[15, 16] หรือการนำไปใช้ในจุดประสงค์อื่น[17]

1.3 วัตถุประสงค์

พัฒนาโปรแกรมเรียนรู้ทำมือและสามารถจำแนกทำมือโดยใช้ภาพมือจากค้นหาตำแหน่งของมือจากภาพวิดีโอ เพื่อรับทราบความต้องการของผู้สูงวัยจากทำมือที่ได้กำหนดไว้

1.4 ขอบเขต

โปรแกรมจะเรียนรู้จากทำมือและแปลเป็นความต้องการของผู้สูงวัยจากทำมือที่ได้ถูกกำหนดไว้ก่อนแล้ว และส่งผ่านความต้องการของผู้สูงวัยไปเตือนยังโทรศัพท์ของผู้ดูแล โดยฉากหลังไม่มีความซับซ้อน

1.5 ประโยชน์

ช่วยให้ผู้ดูแลสามารถทำกิจกรรมอย่างอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและช่วยให้ผู้สูงวัยสามารถแสดงความต้องการของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

การสร้างระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงอายุโดยวิธีจำแนกท่ามือนำทฤษฎีจากบทความ[13] เป็นพื้นฐานและพัฒนาเพิ่มเติม สามารถแบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ

1. การตรวจหามือ (Hand Detection)
2. การจำแนกท่ามือ (Hand Gesture Recognition)
3. หลักในการตัดสินใจ (Hand Gesture Decision)
4. การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์ (Connection Between Computer and Smart Phone)

เมื่อนำขั้นตอนทั้งหมดมารวมกันจะสามารถแสดงภาพรวมของระบบได้ตามภาพที่ 2.1

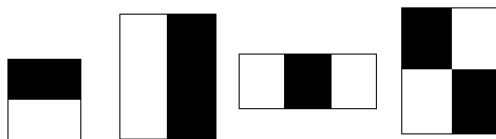


ภาพที่ 2.1 ภาพรวมของระบบ

2.1 การตรวจหาท่ามือ (Hand Detection)

2.1.1 คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ (Haar-Like Features)

คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ถูกนำเสนอโดย Viola และ Jones[10] เป็นครั้งแรกในปี 2001 และถูกพัฒนาเพื่อเพิ่มความสามารถโดย Lienhart และ Maydt[18] ในปี 2002 โดยค่าของคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ก็คือค่าของความแตกต่างระหว่างผลรวมค่าของสีภายในพื้นที่สีขาวและสีดำ



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ของ Viola และ Jones

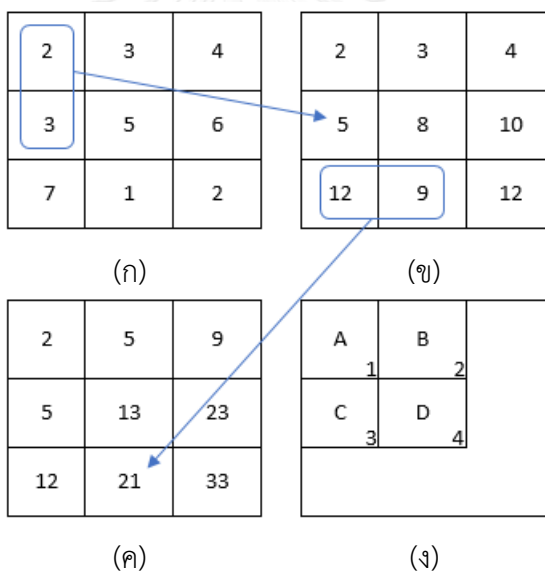
2.1.2 ภาพอินทิกรัล (Integral Image)

การคำนวณคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์นั้น เราจะใช้หลักการคำนวณภาพแบบอินทิกรัล โดยการคำนวณจะมีสมการดังนี้

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (1)$$

โดย $ii(x, y)$ คือ การคำนวณภาพแบบอินทิกรัล

$i(x, y)$ คือ ภาพต้นฉบับ



ภาพที่ 2.3 วิธีการคำนวณแบบอินทิกรัล (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ผลรวมค่าจุดสีในแนวตั้ง

(ค) ผลรวมค่าจุดสีในแนวนอนจากภาพที่ 2.3 (ข)

(ง) การคำนวณหาผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพในพื้นที่สี่เหลี่ยม D

การคำนวณภาพแบบอินทิกรัลสามารถแสดงการคำนวณหาผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพในพื้นที่สี่เหลี่ยมใดๆ ได้โดยใช้ตำแหน่งอ้างอิงทั้งหมด 4 ตำแหน่ง เช่น การคำนวณหาผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพในพื้นที่สี่เหลี่ยม D จะใช้ตำแหน่งอ้างอิง 1 2 3 และ 4 (จากภาพที่ 2.3 (ง)) โดยตำแหน่งอ้างอิงที่ 1 จะเท่ากับผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพในพื้นที่สี่เหลี่ยม A ตำแหน่งอ้างอิงที่ 2 จะเท่ากับผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพในพื้นที่

สี่เหลี่ยม A และ B ตำแหน่งอ้างอิงที่ 3 จะเท่ากับผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพในพื้นที่สี่เหลี่ยม A และ C และตำแหน่งอ้างอิงที่ 4 จะเท่ากับผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพในพื้นที่สี่เหลี่ยม A B C และ D ดังนั้นเราจะสามารถหาผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพในพื้นที่สี่เหลี่ยม D จากตำแหน่งอ้างอิงได้ดังนี้

$$D = 4 - 3 - 2 + 1 \quad (2)$$

ดังนั้นเมื่อนำการคำนวณภาพแบบอินทิกรัลไปคำนวณหาคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ เราจะใช้ตำแหน่งอ้างอิงทั้งหมด 6 ตำแหน่งในการคำนวณหาผลต่างของผลรวมของค่าความเข้มของจุดภาพของพื้นที่สี่เหลี่ยม 2 ชั้นที่อยู่ติดกัน และใช้ 8 และ 9 ตำแหน่งสำหรับพื้นที่สี่เหลี่ยม 3 และ 4 ชั้นที่อยู่ติดกันตามลำดับ

2.1.3 ขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอดาบัสต์ (Adaboost Algorithm)

- กำหนดภาพตัวอย่าง $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ โดยที่ $y_i = 0, 1$ สำหรับภาพอื่นๆ และภาพที่มีวัตถุที่สนใจตามลำดับ

- กำหนดค่าน้ำหนักเริ่มต้น $w_{1,i} = \frac{1}{2m}, \frac{1}{2l}$ สำหรับ $y_i = 0, 1$ โดยที่ m และ l คือจำนวนของภาพอื่นๆตามลำดับ

- ที่เวลา $t = 1, \dots, T$

1. ทำค่าน้ำหนักให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน (Normalize)

$$w_{t,i} \leftarrow \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,j}} \quad (3)$$

โดย w_t คือ การแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution)

2. สำหรับค่าของแต่ละคุณลักษณะ (j) จะมีการฟังก์ชันการแยกประเภทแบบอ่อนแอ (h_j) และความผิดพลาด (ϵ_t)

$$h_j(x_i) = \begin{cases} 1 & ; p_j f_j(x) < p_j \theta_j \\ 0 & ; \text{Otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$\epsilon_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i| \quad (5)$$

3. เลือกเอาเฉพาะคุณลักษณะเด่นที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด

4. ปรับค่าน้ำหนัก

$$w_{t+1,i} = w_{t,i} \beta_t^{1-e_i} \quad (6)$$

โดย $e_i = 0$ ถ้าตัวอย่าง x_i ถูกแยกประเภทได้ถูกต้อง

$e_i = 1$ ในกรณีอื่น

$$\beta_t = \frac{\varepsilon_t}{1 - \varepsilon_t}$$

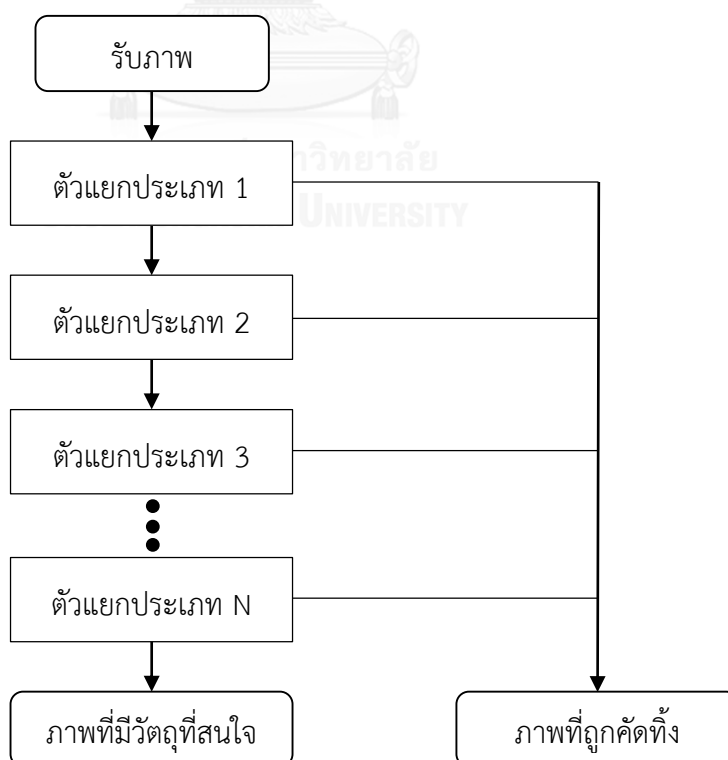
5. ฟังก์ชันสำหรับการแยกประเภทขั้นสุดท้ายแบบแข็งแกร่ง

$$h(x) = \begin{cases} 1 & ; \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0 & ; \text{Otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

โดย $\alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t}$

2.1.4 การจำแนกประเภทแบบลำดับขั้น (Cascade Classification)

การจำแนกประเภทแบบลำดับขั้นจะเริ่มจากการแบ่งภาพที่ต้องการตรวจหาวัตถุ ออกเป็นภาพย่อย และนำแต่ละภาพย่อยไปเปรียบเทียบกับคุณลักษณะเด่นของตัวแยกประเภทตามลำดับ เมื่อภาพย่อยถูกนำไปเทียบในลำดับใดๆ ถ้าไม่ใช่สิ่งที่เราตรวจหา กระบวนการก็จะตัดภาพนั้นทิ้งไป แต่ถ้าใช่ก็จะผ่านไปลำดับถัดไป หากผ่านทุกลำดับก็แสดงว่าภาพย่อยนั้นมีโอกาสที่จะเป็นสิ่งที่เราตรวจหา การจำแนกประเภทแบบลำดับขั้นทำให้เราสามารถตรวจหาวัตถุที่เราสนใจภายในภาพได้รวดเร็วยิ่งขึ้นเพราะภาพย่อยทุกภาพไม่จำเป็นต้องผ่านตัวแยกประเภททั้งหมด



ภาพที่ 2.4 การทำงานของการจำแนกประเภทแบบลำดับขั้น

2.2 การจำแนกท่ามือ (Hand Posture Recognition)

2.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis, PCA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเป็นวิธีการทางสถิติเพื่อใช้ในการอธิบายข้อมูลขนาดใหญ่ (ลดขนาดมิติของข้อมูล) และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล เราสามารถใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเพื่อจำแนก ได้โดยมีวิธีดังนี้

- การสร้างฐานข้อมูล

1. แทนภาพด้วย $I_i = []_{n \times n}$ แปลงเป็น $I_i = []_{1 \times n^2}$

โดย I_i คือ ภาพของท่ามือที่จะนำมาสร้างฐานข้อมูล

n คือ ขนาดของภาพ มีหน่วยเป็นจุดภาพ

2. นำ $I_i = []_{1 \times n^2}$ มาเรียงใหม่จะได้

$$F = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_M \end{bmatrix}_{m \times n^2} \quad (8)$$

โดย m คือ จำนวนภาพที่นำมาสร้างฐานข้อมูล

3. คำนวณค่าเฉลี่ย (แทนด้วยเมทริกซ์ M)

$$M = [M_1 \quad M_2 \quad \dots \quad M_{N^2}]_{1 \times n^2} \quad (9)$$

4. นำแต่ละแถวของ F มาลบด้วย M

$$A = F - M = []_{m \times n^2} \quad (10)$$

5. หาค่า Eigenvalue และ Eigenvector จากค่าความแปรปรวนร่วมเกี่ยว (Covariance) เท่ากับ $C = A^T A$ เนื่องจาก $A^T A = []_{n^2 \times n^2}$ มีขนาดของเมทริกซ์ที่ใหญ่ ทำให้หาค่า Eigenvalue และ Eigenvector ได้ยาก เราจึงเขียนสมการในการหา Eigenvalue และ Eigenvector ใหม่ได้ดังนี้

$$C v_i = u_i v_i \quad (11)$$

$$A^T A v_i = u_i v_i \quad (12)$$

โดย u_i คือ Eigenvalue

v_i คือ Eigenvector

นำ A คูณทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$A A^T A v_i = A u_i v_i \quad (13)$$

จัดรูปแบบใหม่

$$AA^T Av_i = u_i Av_i \quad (14)$$

จากสมการที่ (14) เราจะสามารถหา Eigenvalue และ Eigenvector ของ AA^T ได้
ง่ายกว่า เนื่องจาก AA^T มีมิติของข้อมูลน้อยกว่า $A^T A$ ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่า

$$V_c = v_i^T A \quad (15)$$

โดย V_c คือ Eigenvector ของ $A^T A$

v_i คือ Eigenvector ของ AA^T

เราเรียกค่าของ V_c ที่ได้ว่า Eigenface

6. โปรเจคข้อมูลของฐานข้อมูลลงบน Basis ใหม่

$$Projected = V_c A^T \quad (16)$$

• การจำแนก

1. นำภาพที่นำมาทดสอบลบด้วยค่าเฉลี่ย

$$I_{test} = I - M \quad (17)$$

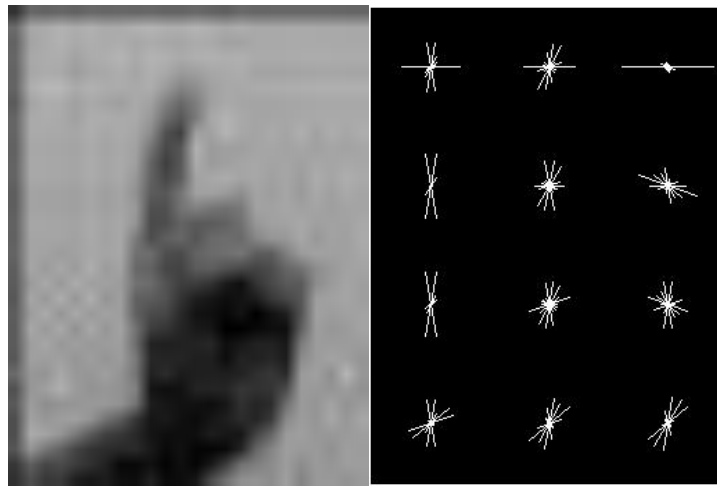
2. โปรเจคข้อมูลของภาพหลังจากที่ลบกับค่าเฉลี่ย

$$Projected Test = V_c I_{test}^T \quad (18)$$

3. คำนวณ Euclidean เพื่อหาระยะระหว่างโปรเจคข้อมูลของภาพจากสมการที่ (18)
กับโปรเจคข้อมูลของฐานข้อมูลจากสมการที่ (16) เราจะได้ว่าระยะที่น้อยที่สุด จะมีความ
ตรงกันของภาพในฐานข้อมูลมากที่สุด

2.2.2 Histograms of Oriented Gradients (HOG)

คุณลักษณะของ HOG [19] คือการอธิบายรูปร่างและลักษณะของวัตถุที่อยู่ภายในภาพ ด้วยการกระจายค่าของความเข้มสีหรือทิศทางของขอบ โดยค่าของคุณลักษณะของ HOG จะสามารถคำนวณได้จากการแบ่งรูปภาพออกเป็นภาพเล็กๆที่ติดกันเรียกว่าช่อง (cell) แต่ละช่องจะรวบรวมการกระจายค่าของความเข้มสีหรือทิศทางของขอบของจุดภาพที่อยู่ภายในช่อง และเพิ่มความแม่นยำด้วยการคำนวณค่าความเข้มสีภายในบล็อก (block) โดยบล็อกคือการต่อกันของช่อง แล้วใช้ค่าที่ได้ในการทำเป็นบรรทัดฐานเดียวกัน (Normalization) กับทุกช่องที่อยู่ภายในบล็อกการทำเป็นบรรทัดฐานเดียวกันจะทำให้ผลกระทบจากแสงและเงาลดลง

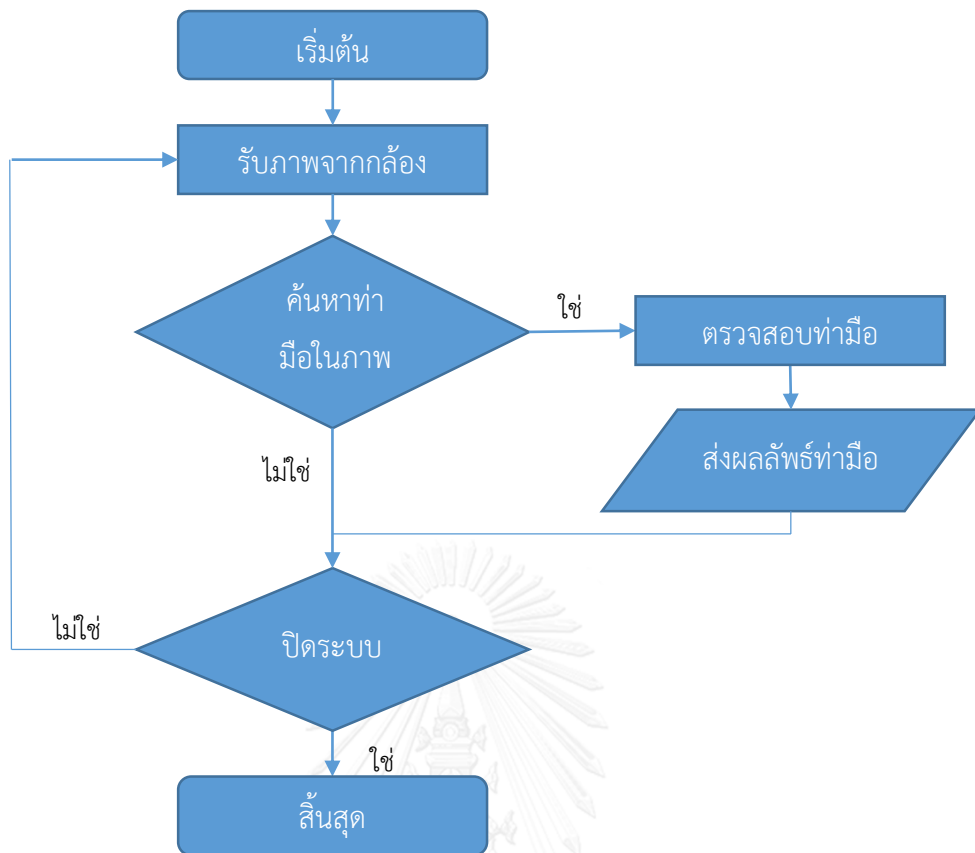


(ก)

(ข)

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่าง HOG (ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) การสร้างมโนภาพของ HOG (Visualization of HOG)

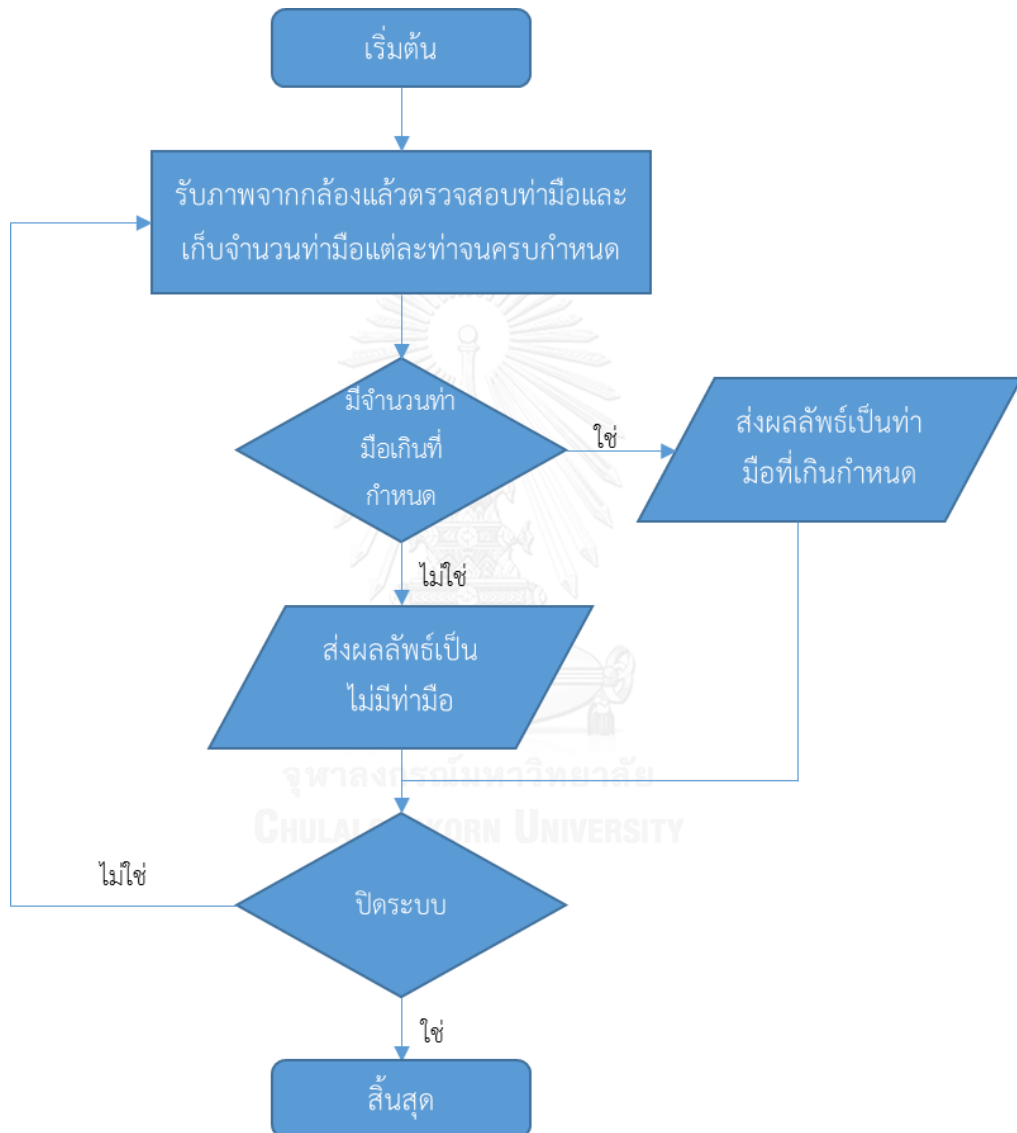


ภาพที่ 2.6 ผังงานการค้นหาและการจำแนกท่ามือ

การตรวจหาและการจำแนกท่ามือจะเริ่มจากการรับภาพจากกล้อง นำภาพที่ได้จากกล้องมาตรวจหาท่ามือ จากนั้นทำการตรวจสอบท่ามือหากมีท่ามือภายในภาพ แต่ถ้าไม่มีท่ามือภายในภาพก็นำภาพใหม่ที่ได้รับจากกล้องมาตรวจหาท่ามือใหม่ ดังนั้นสามารถเขียนผังงานได้ตามภาพที่ 2.6

2.3 หลักการในการตัดสินใจ (Hand Posture Decision)

เนื่องจากในการตรวจหามือและการจำแนกท่ามือไม่สามารถกระทำได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง เป็นผลให้เกิดการสร้างเงื่อนไขหรือการตัดสินใจให้กับระบบเพื่อให้สามารถตัดสินใจส่งผลลัพธ์ออกมาให้ได้ประสิทธิภาพของระบบดีที่สุด



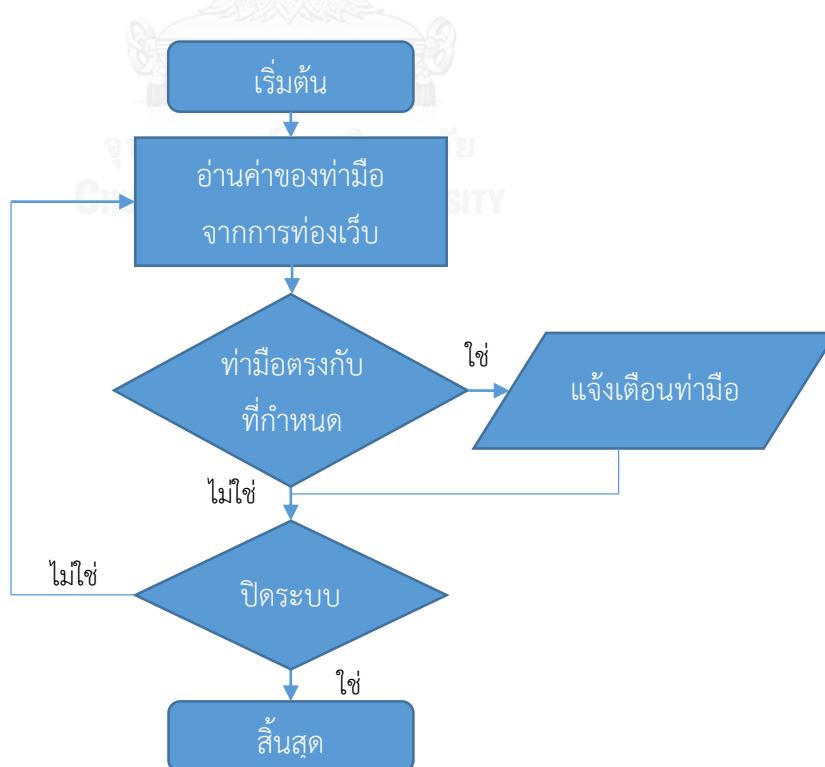
ภาพที่ 2.7 ผังงานแสดงการตัดสินใจ

2.4 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์ (Connection Between Computer and Smart Phone)

ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนใหญ่มีความสามารถเพิ่มมากขึ้นมาก สามารถใช้งานได้หลากหลายขึ้น เช่น ถ่ายรูป ท่องเว็บ ฯลฯ นอกเหนือจากที่ใช้รับสายโทรเข้าหรือโทรออก ดังนั้นในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์สามารถทำได้หลายวิธี แต่ในระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงอายุโดยวิธีจำแนกท่ามือนี้ เลือกใช้วิธีการให้คอมพิวเตอร์ปรับข้อมูลบนเว็บและใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในการท่องเว็บนั้นในการรับข้อมูล



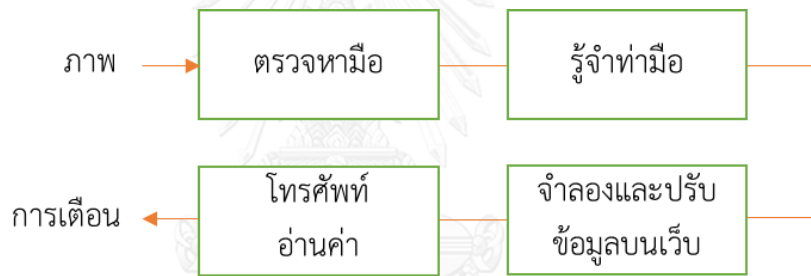
ภาพที่ 2.8 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์



ภาพที่ 2.9 ผังงานโปรแกรมบนโทรศัพท์

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการในการตรวจจับวัตถุที่สนใจจากภาพที่ได้รับจากกล้องเพื่อทำการประมวลผลออกมาจากการจำแนกท่ามือ ระบบโดยรวมแสดงในภาพที่เริ่มจากการนำภาพที่ได้จากกล้องมาหาวัตถุที่สนใจ ซึ่งในที่นี้คือมือของผู้สูงวัย โดยใช้คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์และการเรียนรู้แบบเอตาบูสต์ จากนั้นจึงนำภาพมือของผู้สูงวัยที่ได้มาทำการระบุว่าเป็นท่าทางแบบใดจากกระบวนการจำแนกท่ามือด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ทำให้ระบบทราบว่าผู้สูงวัยมีความต้องการอะไรและสามารถถ่ายทอดความต้องการของผู้สูงวัยนั้นไปยังผู้ดูแลโดยการปรับข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต ผู้ดูแลสามารถรับข้อมูลที่ระบบทำการปรับได้จากโทรศัพท์มือถือของผู้ดูแล โดยท่าทางของมือของผู้สูงวัยสามารถปรับหรือประยุกต์ได้เพื่อความเหมาะสม



ภาพที่ 3.1 แผนภาพของระบบ

3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

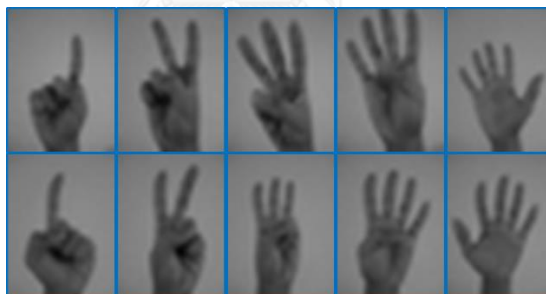
- 1.คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (หน่วยประมวลผล Intel Core i5-3317U ขนาด 1.7 กิกะเฮิร์ตซ์ และ แรมขนาด 8 กิกะไบต์) (เนื่องจากใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows 7 จะสามารถใช้แรมได้ 3.15 กิกะไบต์)
2. กล้องเว็บแคมขนาด 1.3 ล้านจุดภาพ ยี่ห้อ MobileGear
3. โทรศัพท์ยี่ห้อ Samsung รุ่น S3

3.2 โปรแกรมในการทดลอง

1. โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2013
2. OpenCV (Open Source Computer Vision) Library [20]
3. Eclipse IDE (Integrated Development Environment) with built-in ADT (Android Developer Tools) [21]
4. XAMMP [22]

3.3 การตรวจหามือ

การตรวจหามือด้วยขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอดาบุสต์ด้วยคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์เนื่องจากวิธีการเรียนรู้แบบเอดาบุสต์เป็นวิธีการที่ต้องการการเรียนรู้จากการวิเคราะห์ภาพ จึงต้องมีชุดข้อมูลของภาพที่ใช้สำหรับการเรียนรู้ ซึ่งชุดข้อมูลของภาพที่ใช้สำหรับการเรียนรู้ประกอบด้วย 2 ชุด คือ ชุดข้อมูลของภาพที่แสดงส่วนของวัตถุที่สนใจ ในที่นี้คือภาพของมือ และ ชุดข้อมูลของภาพที่ไม่แสดงส่วนของวัตถุที่สนใจ ในที่นี้คือภาพของสิ่งแวดล้อม ห้อง หรืออื่นๆ ที่ไม่มีภาพของมืออยู่ในภาพ



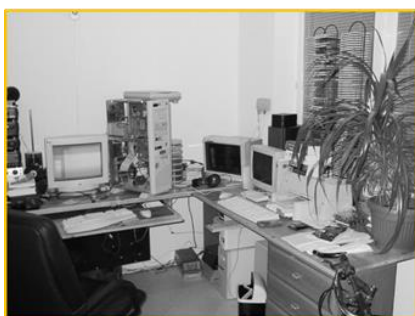
ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างชุดข้อมูลสำหรับภาพแสดงวัตถุที่สนใจ



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

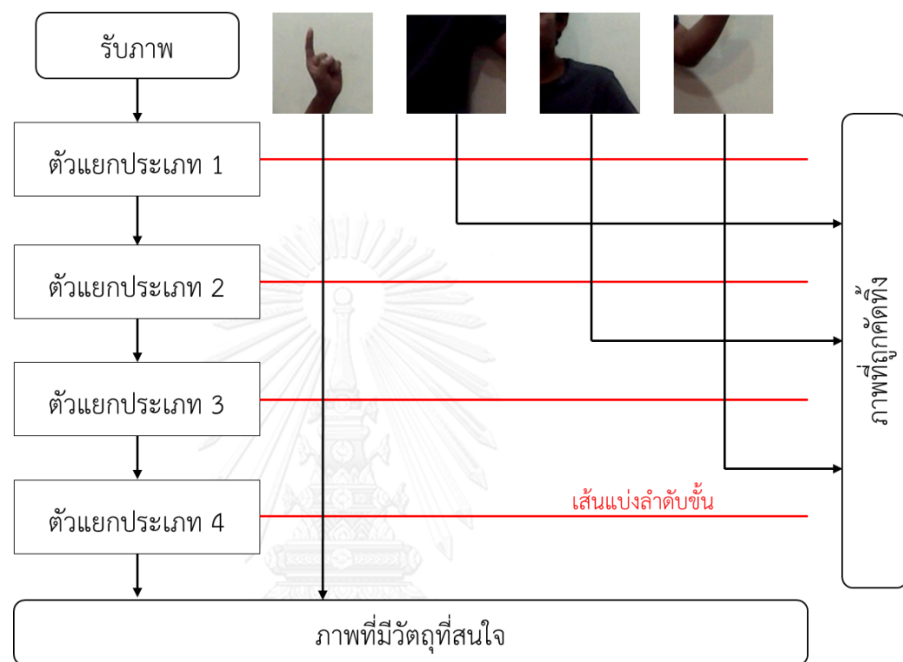
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างชุดข้อมูลสำหรับภาพอื่นๆที่ไม่มีวัตถุที่สนใจ

(ก) ภาพตึกและสิ่งก่อสร้าง (ข) ภาพต้นไม้ (ค) ภาพห้องทำงาน (ง) ภาพรถบนถนน

โดยในชุดข้อมูลของภาพสำหรับการเรียนรู้ควรมีจำนวนมากพอสมควร เพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับภาพเมื่อได้ถูกต้องแม่นยำ โดยทำการใช้ชุดข้อมูลของวัตถุที่สนใจและชุดข้อมูลของภาพอื่นๆ ที่ไม่มีวัตถุที่สนใจ เนื่องจากคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์โลคค์จะมีจำนวนมาก จึงนำขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอดาบาสต์มาใช้ในการคัดเลือกคุณลักษณะเด่นที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยจะคัดเลือกคุณลักษณะเด่นที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งจะถูกเรียกว่าตัวแยกประเภทแบบอ่อนแอ (Weak Classification) เมื่อเราได้ตัวแยกประเภทแบบอ่อนแอในจำนวนที่เพียงพอแล้ว จึงนำมารวมกันเป็นตัวแยกประเภทแบบแข็งแกร่ง (Strong Classification)

หลังจากที่ได้ตัวแยกประเภทแบบแข็งแกร่งแล้วจะทำการแบ่งตัวแยกประเภทแบบแข็งแกร่งออกเพื่อสร้างตัวแยกประเภทแบบลำดับชั้น (Cascade Classification) โดยตัวแยกประเภทแบบลำดับชั้นจะนำตัวแยกประเภทแบบแข็งแกร่งมาเรียงลำดับต่อกันเป็นขั้นๆ ในกระบวนการจะนำส่วนของภาพที่จะนำมาตรวจสอบมาผ่านในแต่ละขั้นของกระบวนการแยกประเภทแบบแข็งแกร่ง เมื่อภาพที่นำมาตรวจสอบผ่านขั้นตอนแรกก็จะนำไปสู่ขั้นต่อไป แต่ถ้าไม่ผ่านขั้นตอนใด ภาพก็就会被ตัดทิ้ง ซึ่งการสร้างตัวแยกประเภทแบบลำดับชั้นนั้นจะทำ

ให้ระบบประมวลผลได้เร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากภาพที่นำมาตรวจสอบทุกภาพจะไม่จำเป็นต้องคำนวณทุกลำดับชั้น โดยปกติแล้วถ้าไม่ทำการสร้างตัวแยกประเภทแบบลำดับชั้นแล้วนั้น ภาพที่นำมาตรวจสอบจะต้องถูกคำนวณทุกลำดับชั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ว่าเป็นภาพที่สนใจหรือไม่ แต่เมื่อสร้างตัวแยกประเภทแบบลำดับชั้นแล้ว หากภาพที่นำมาตรวจสอบไม่มีวัตถุที่สนใจก็จะไม่ทำการคำนวณทุกลำดับชั้น



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างการแยกประเภทแบบลำดับชั้น

การทดลองจะใช้ชุดข้อมูลของวัตถุที่สนใจจำนวน 684 ภาพ (ภาพที่ 3.2) คือภาพมือในลักษณะท่าทางต่างๆ ทางด้านหน้า และชุดข้อมูลของภาพอื่นๆที่ไม่มีวัตถุที่สนใจจำนวน 3019 ภาพ เช่น ภาพวิวทิวทัศน์ ภาพตึกอาคาร ภาพภาพในห้อง และอื่นๆ [23](ภาพที่ 3.3) ในการทำขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอดาบุสต์โดยใช้ค่าคุณลักษณะของฮาร์ไลค์จะต้องทำการกำหนดค่าตัวแปรหลักจำนวน 3 ค่าคือ อัตราการเจอขั้นต่ำ (Min Hit Rate) อัตราความผิดพลาดเชิงบวกขั้นสูง (Max False Positive Rate) และจำนวนชั้น (Stages) ในทางทฤษฎีเมื่อการฝึกสอนสิ้นสุดจะได้ค่าของอัตราการเจอ (Hit Rate) และอัตราความผิดพลาดเชิงบวก (False Positive Rate) ดังนี้

$$\text{อัตราการเจอ(\%)} = \frac{\text{อัตราการเจอขั้นต่ำ} \times \text{จำนวนชั้น}}{100} \quad (19)$$

$$\text{อัตราความผิดพลาดเชิงบวก(\%)} = \frac{\text{อัตราความผิดพลาดเชิงบวกขั้นสูง} \times \text{จำนวนชั้น}}{100} \quad (20)$$

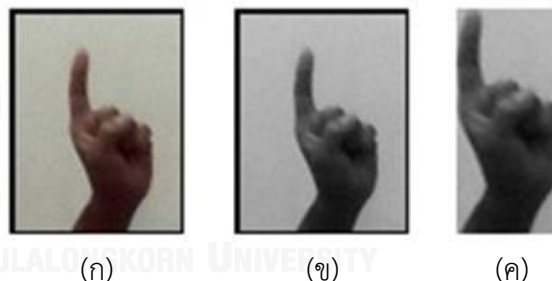
ในการทดลองได้กำหนดค่าอัตราการเจอขั้นต่ำและอัตราการผิดพลาดเชิงบวกขั้นสูงไว้ตามค่ามาตรฐานคือเท่ากับ 0.999 และ 0.5 ตามลำดับ ในส่วนของจำนวนชั้นจะถูกกำหนดที่ 20 22 25 และ 27 ตามลำดับเพื่อทดสอบหาจำนวนชั้นที่ดีที่สุด

ตารางที่ 3.1 อัตราการเจอและอัตราการผิดพลาดเชิงบวกที่จำนวนชั้นต่างๆในทางทฤษฎี

	20 ชั้น	22 ชั้น	25 ชั้น	27 ชั้น
อัตราการเจอ (%)	98.01	97.82	97.52	97.33
อัตราการผิดพลาดเชิงบวก (%)	9.53×10^{-7}	2.38×10^{-7}	2.98×10^{-8}	7.45×10^{-9}

3.4 การค้นหาเส้นรอบขอบ (Contour Detection)

การค้นหาเส้นรอบขอบใช้สำหรับค้นหาขอบของภาพในรูปภาพ เนื่องจากภาพบริเวณที่สนใจที่ได้รับจากการตรวจหามือด้วยขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอดาบุสต์ด้วยคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์จะได้ขนาดภาพมีขนาดไม่แน่นอนและอาจมีภาพวัตถุที่ไม่ต้องการติดเข้ามาด้วย โดยตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเส้นรอบขอบ จะแสดงอยู่ในภาพที่ 3.5

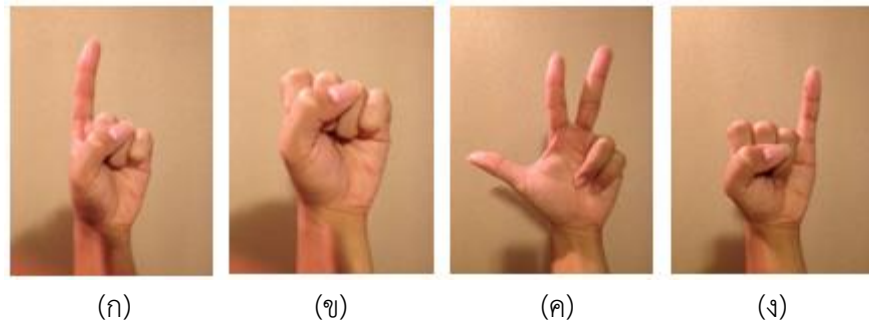


ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างผลจากการค้นหาเส้นรอบขอบ (ก) ภาพเริ่มต้น
(ข) ภาพขาวดำ (ค) ภาพหลังจากการค้นหาเส้นรอบขอบ

3.5 การจำแนกท่ามือ

3.5.1 การจำแนกท่ามือโดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

การจำแนกท่ามือโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจะเริ่มต้นจากการทำฐานข้อมูลให้กับระบบ ในงานวิจัยนี้จะใช้ท่ามือทั้งหมด 4 ท่า ดังภาพที่ 3.6 ในแต่ละท่ามือจะใช้จำนวนท่ามือละ 10 ภาพในการทำฐานข้อมูลและในแต่ละท่ามือจะมีการหมุนเอียงท่ามือและการเปลี่ยนแปลงขนาดท่ามือเพื่อเพิ่มความแม่นยำให้กับการจำแนกท่ามือ ดังภาพที่ 3.7



(ก)

(ข)

(ค)

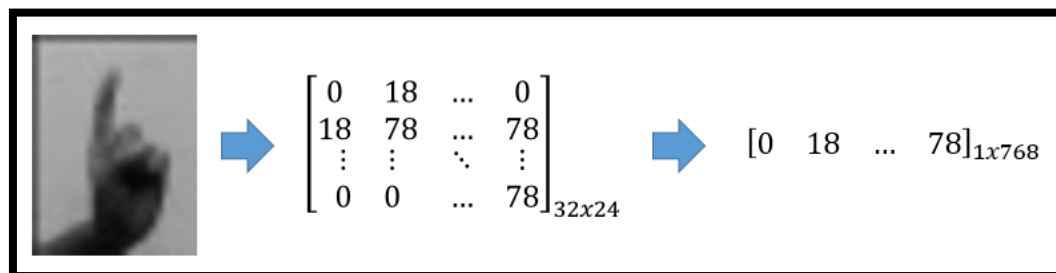
(ง)

ภาพที่ 3.6 ท่ามือพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง (ก) ทำนิ้วชี้
(ข) ทำกำมือ (ค) ทำสามนิ้ว (ง) ทำนิ้วก้อย



ภาพที่ 3.7 ภาพที่นำไปใช้ในการสร้างฐานข้อมูลให้การจำแนกท่ามือ

โดยปกติในการสร้างฐานข้อมูลให้การจำแนกท่ามือนั้น จะเริ่มจากการแปลงแต่ละภาพที่จะทำการจำแนกให้ออกมาอยู่ในรูปของเมทริกซ์ ค่าของเมทริกซ์คือค่าของความเข้มของแต่ละจุดภาพ จากนั้นแปลงเป็นเมทริกซ์หนึ่งแถว (ภาพที่ 3.8)



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการแปลงภาพให้อยู่ในรูปเมทริกซ์หนึ่งแถว

เมื่อแปลงภาพที่จะทำการจำแนกทั้งหมดเป็นเมทริกซ์หนึ่งแถวแล้วนำมาเรียงแถวใหม่ จะได้ 40 แถวเท่ากับจำนวนภาพที่จะทำการจำแนก (ภาพที่ 3.9)

$$\begin{array}{l}
 [0 \ 18 \ \dots \ 78]_{1 \times 768} \\
 [5 \ 19 \ \dots \ 12]_{1 \times 768} \\
 \vdots \\
 [87 \ 74 \ \dots \ 32]_{1 \times 768}
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{bmatrix}
 0 & 18 & \dots & 78 \\
 5 & 19 & \dots & 12 \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 87 & 74 & \dots & 32
 \end{bmatrix}_{40 \times 768}$$

ภาพที่ 3.9 การเรียงแถวใหม่ของเมทริกซ์

เรียกเมทริกซ์ที่ได้จากการเรียงแถวใหม่ว่าเมทริกซ์ F จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละหลักของเมทริกซ์ F แล้วสร้างเมทริกซ์ M แทนค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากแต่ละหลักของเมทริกซ์ F (ภาพที่ 3.10)

$$F = \begin{bmatrix}
 0 & 18 & \dots & 78 \\
 5 & 19 & \dots & 12 \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 87 & 74 & \dots & 32
 \end{bmatrix}_{40 \times 768}$$

$$\text{Mean}(M) = [65 \ 48 \ \dots \ 52]_{1 \times 768}$$

ภาพที่ 3.10 การคำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละหลักของเมทริกซ์

สร้างเมทริกซ์ A ด้วยการลบแต่ละแถวของเมทริกซ์ F ด้วยเมทริกซ์ M

$$A = \text{each row } F - \text{Mean} = \begin{bmatrix}
 -65 & -30 & \dots & 26 \\
 -60 & -29 & \dots & -40 \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 22 & 26 & \dots & -20
 \end{bmatrix}_{40 \times 768}$$

ภาพที่ 3.11 การลบแต่ละแถวของเมทริกซ์ F ด้วยค่าเฉลี่ย

จากนั้นคำนวณค่าของ Eigenvector จากค่าความแปรปรวนร่วมเกี่ยวของเมทริกซ์ A เมื่อได้ค่าของ Eigenvector แล้วนำไปโปรเจคข้อมูลตามสมการที่ (16)

3.5.2 การจำแนกท่ามือโดยวิธีการวิเคราะห์หองค์ประกอบหลักและ HOG

การจำแนกท่ามือโดยวิธีการวิเคราะห์หองค์ประกอบหลักและ HOG จะต่างกับการจำแนกท่ามือโดยวิธีการวิเคราะห์หองค์ประกอบหลักในขั้นตอนเริ่มต้น จากภาพที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าเป็นการแปลงจากภาพให้อยู่ในรูปเมทริกซ์หนึ่งแถว แต่วิธีนี้จะใช้ค่าของคุณลักษณะของ HOG มาใช้แทน ซึ่งการคำนวณสามารถทำได้ดังนี้



ภาพที่ 3.12 การซ้อนทับกันระหว่างบล็อกและจำนวนของช่องที่อยู่ภายในบล็อก

จากภาพที่ 3.12 หาค่าความเข้มสีภายในบล็อกและทำเป็นบรรทัดฐานเดียวกันภายในช่องแล้วคำนวณค่า Gradients ของแต่ละช่องเพื่อแยกเข้าสู่ Bins โดยค่าที่กำหนดคือ บล็อกมีขนาด 16x16 จุดภาพ และ ช่องมีขนาด 8x8 จุดภาพ ดังนั้นจะได้จำนวนค่าของคุณลักษณะของ HOG เท่ากับ

$$\text{จำนวนคุณลักษณะของ HOG} = \text{จำนวนของบล็อก} \times \text{จำนวนของช่องต่อบล็อก} \times \text{จำนวนของ Bins} \quad (21)$$

จะได้เท่ากับ $6 \times 4 \times 9 = 216$ คุณลักษณะ โดยค่าของคุณลักษณะของ HOG ที่ได้จะเป็นเมทริกซ์หนึ่งแถว จึงสามารถนำไปใช้แทนเมทริกซ์หนึ่งแถวในวิธีการวิเคราะห์หองค์ประกอบหลักได้ตามปกติ



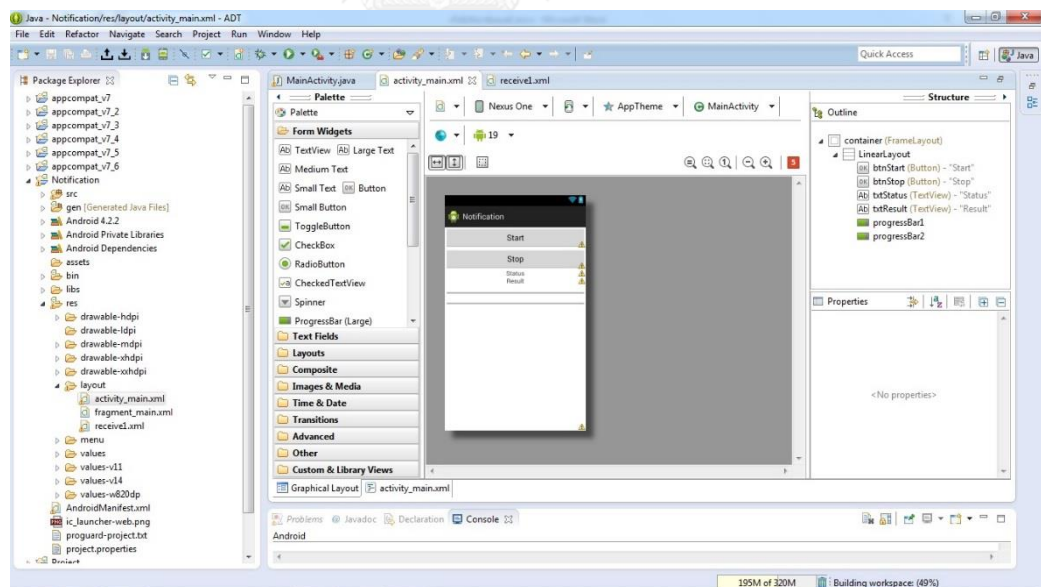
ภาพที่ 3.13 ค่าของคุณลักษณะของ HOG

ในภาพที่ 3.13 แต่ละแถบสีแสดงถึงค่าของคุณลักษณะของ HOG ที่มีค่าเท่ากับค่าของความเข้มสีที่แถบสีนั้น

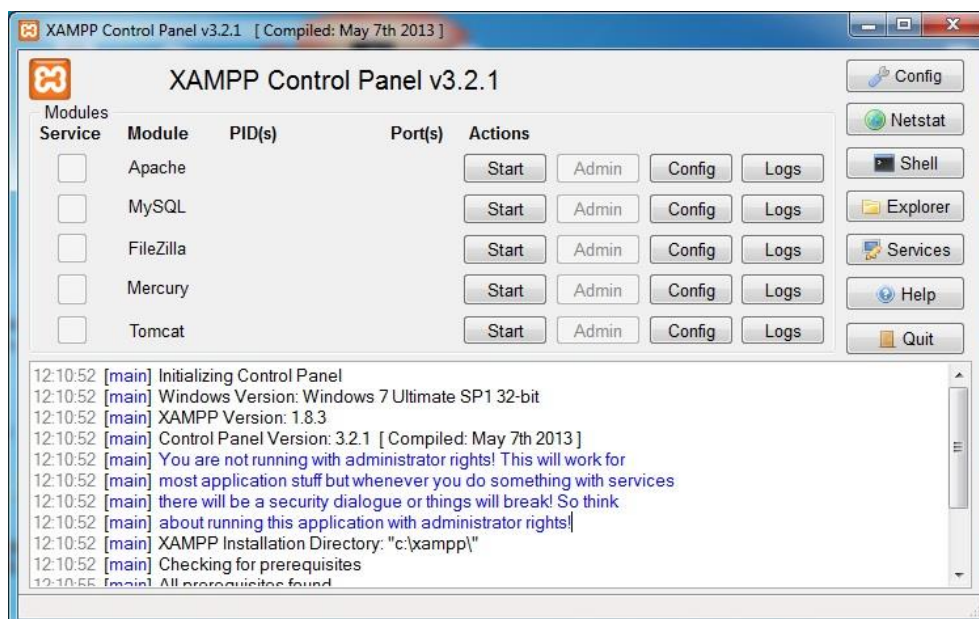
3.6 การอ่านค่าบนโทรศัพท์

เพื่อให้การอ่านค่าบนโทรศัพท์เป็นไปตามที่ต้องการ จึงต้องพัฒนาโปรแกรมโดยเฉพาะ เพื่อให้โทรศัพท์สามารถอ่านค่าได้ตามที่ต้องการ โดยใช้โปรแกรม Eclipse IDE with built-in ADT ในการพัฒนา

การอ่านค่าบนโทรศัพท์จะเริ่มจากเขียนเว็บขึ้นด้วยภาษา PHP (เนื่องจากการใช้งานแทนการรับส่งข้อมูล จึงเลือกใช้ภาษา PHP ที่ง่ายต่อการใช้งาน) โดยใช้โปรแกรม XAMMP ในการจำลองเว็บ และเมื่อระบบสามารถจำแนกท่ามือได้แล้ว ระบบจะปรับค่าที่ได้รับจากการจำแนกท่ามือขึ้นเว็บที่ได้จำลองไว้และโปรแกรมบนโทรศัพท์จะอ่านค่าจากการท่องเว็บและนำค่าที่ได้มาเทียบกับคำสั่งเพื่อให้โทรศัพท์ทำงานตามคำสั่งต่อไป



ภาพที่ 3.14 โปรแกรม Eclipse IDE with built-in ADT



ภาพที่ 3.15 โปรแกรม XAMMP

3.7 การจัดเตรียมการทดลอง

ในการทดลองจะถูกแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1. การทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือบนพื้นหลังเรียบ 2. การทดลองในสถานการณ์จำลอง 3. การทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์ 4. การทดลองกับผู้ดูแลและผู้สูงวัย และ 5. การทดลองกับผู้สูงอายุ

3.7.1 การทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือ

การทดลองได้ทำการสอนการจำแนกท่ามือโดยใช้รูปภาพท่ามือจำนวน 684 ภาพและรูปภาพอื่นที่ไม่มีท่ามือปรากฏอยู่จำนวน 3019 ภาพ ใช้จำนวนชั้นเท่ากับ 20 22 25 และ 27 ชั้นตามลำดับ และทุกจำนวนชั้นกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ขั้นต่ำและอัตราการเรียนรู้สูงสุดไว้ตามค่ามาตรฐานคือเท่ากับ 0.999 และ 0.5 ตามลำดับ ซึ่งรูปภาพที่นำมาทดลองจะเป็นภาพมือซ้ายที่ถ่ายจากกล้องเว็บแคมในสภาวะแสงปกติและปรากฏอยู่บนพื้นหลังที่ไม่ซับซ้อนจำนวน 4 ท่า ได้แก่ ทำนิ้วชี้ ทำกำมือ ทำสามนิ้ว และทำนิ้วก้อย โดยแต่ละท่าจะมีการหมุนท่ามือและเปลี่ยนขนาดท่ามือเล็กน้อย จำนวนท่าละ 520 ภาพ แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนคือ 1. การทดลองการตรวจหาท่ามือ และ 2. การทดลองการจำแนกท่ามือ โดยในส่วนของการทดลองการจำแนกท่ามือจะแบ่งการทดลองออกเป็น 4 แบบคือ 1. การทดลองโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG 2. การทดลองโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ 3. การทดลองโดยใช้ HOG และ 4. การทดลองโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG

3.7.2 การทดลองในสถานการณ์จำลอง

การทดลองได้ทำการสอนการจำแนกท่ามือโดยใช้รูปภาพท่ามือจำนวน 684 ภาพ และรูปภาพอื่นที่ไม่มีท่ามือปรากฏอยู่จำนวน 3019 ภาพ ใช้จำนวนชั้นเท่ากับ 27 ชั้น และทุกจำนวนชั้นกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้และอัตราการผิดพลาดเชิงบวกขั้นสูงไว้ตามค่ามาตรฐานคือเท่ากับ 0.999 และ 0.5 ตามลำดับ ซึ่งรูปภาพที่นำมาทดลองจะเป็นภาพมือซ้ายที่ได้จากการถ่ายผู้ทดลองที่นอนอยู่บนเตียงด้วยกล้องเว็บแคมในสภาวะแสงปกติจำนวน 4 ท่า ได้แก่ ท่านิ้วชี้ ท่ากำมือ ท่าสามนิ้ว และท่านิ้วก้อย โดยแต่ละท่าจะมีการหมุนท่ามือและเปลี่ยนขนาดท่ามือเล็กน้อย จำนวนท่าละ 520 ภาพ แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนคือ 1. การทดลองการตรวจหาท่ามือ และ 2. การทดลองการจำแนกท่ามือ โดยในส่วนของทดลองการจำแนกท่ามือจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 แบบคือ 1. การทดลองในสถานการณ์จำลองโดยไม่มีการตัดสินใจ 2. การทดลองในสถานการณ์จำลองโดยเพิ่มการตัดสินใจ

3.7.3 การทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์

การทดลองจะทำการจำลองเว็บบนคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษา PHP ในการเขียนเว็บและโปรแกรม XAMMP ในการจำลองเว็บ และใช้ฟังก์ชันฮอตสปอตส่วนบุคคล (Personal Hotspot) ของโทรศัพท์อีกเครื่องเพื่อเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์ที่ลงโปรแกรมเพื่อใช้ในการทดลอง

ทดลองโดยทำท่ามือเพื่อให้ระบบปรับข้อมูลบนเว็บ และเปิดโปรแกรมที่ได้ทำการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรมจะมีปุ่ม Start เพื่อเริ่มการทำงานและ ปุ่ม Stop เพื่อหยุดการทำงาน การทำงานของโปรแกรมจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1. การรับข้อมูลจากการท้วงเว็บ 2. การนำข้อมูลที่ได้มาเตือน

3.7.4 การทดลองกับผู้ดูแลผู้สูงอายุ

การทดลองจะจำลองสถานการณ์บางส่วน เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ดูแลและผู้สูงอายุเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการดูแลโดยปกติและการนำระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงอายุโดยวิธีจำแนกท่ามือมาใช้

3.7.5 การทดลองกับผู้สูงอายุ

การทดลองจะให้ผู้สูงอายุทำการทดลองกับระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงอายุโดยวิธีจำแนกท่ามือ โดยให้ผู้สูงอายุเป็นผู้ทำท่ามือจำนวน 4 ท่า เพื่อทดลองความสามารถในการค้นหาและการจำแนกท่ามือ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ 1. ผลการทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือบนพื้นหลังเรียบ 2. ผลการทดลองในสถานการณ์จำลอง 3. ผลการทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์ 4. ผลการทดลองกับผู้ดูแล และ 5. ผลการทดลองกับผู้สูงวัย

ผลการทดลองการตรวจหาท่ามือจะแสดงด้วยค่าความแม่นยำ (Accuracy) ที่แสดงถึงความถูกต้องของการตรวจหาท่ามือ และค่าความไว (Sensitivity) ที่แสดงถึงความสามารถในการตรวจหาท่ามือ โดยค่าความแม่นยำและค่าความไวสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ค่าความแม่นยำ} = \frac{\text{จำนวนภาพของ } (TP+TN)}{\text{จำนวนภาพของ } (TP+FP+TN+FN)} \quad (22)$$

$$\text{ค่าความไว} = \frac{\text{จำนวนภาพของ } TP}{\text{จำนวนภาพของ } (TP+FN)} \quad (23)$$

โดย	True Positive (TP)	คือ จำนวนภาพที่มีท่ามือและตรวจพบท่ามือ
	False Positive (FP)	คือ จำนวนภาพที่ตรวจพบอย่างอื่นที่ไม่ใช่ท่ามือ
	True Negative (TN)	คือ จำนวนภาพที่ไม่มีท่ามือ
	False Negative (FN)	คือ จำนวนภาพที่มีท่ามือแต่ไม่มีการตรวจพบ

ผลการทดลองการจำแนกท่ามือจะแสดงด้วยค่าความไวที่แสดงถึงความสามารถในการจำแนกท่ามือ โดยค่าความไวสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (23)

โดย	True Positive (TP)	คือ จำนวนภาพที่จำแนกท่ามือถูกต้อง
	False Negative (FN)	คือ จำนวนภาพที่จำแนกท่ามือผิด

4.1 ผลการทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือบนพื้นหลังเรียบ



ภาพที่ 4.1 การตรวจหาและการจำแนกท่ามือที่มีการหมุนท่ามือ

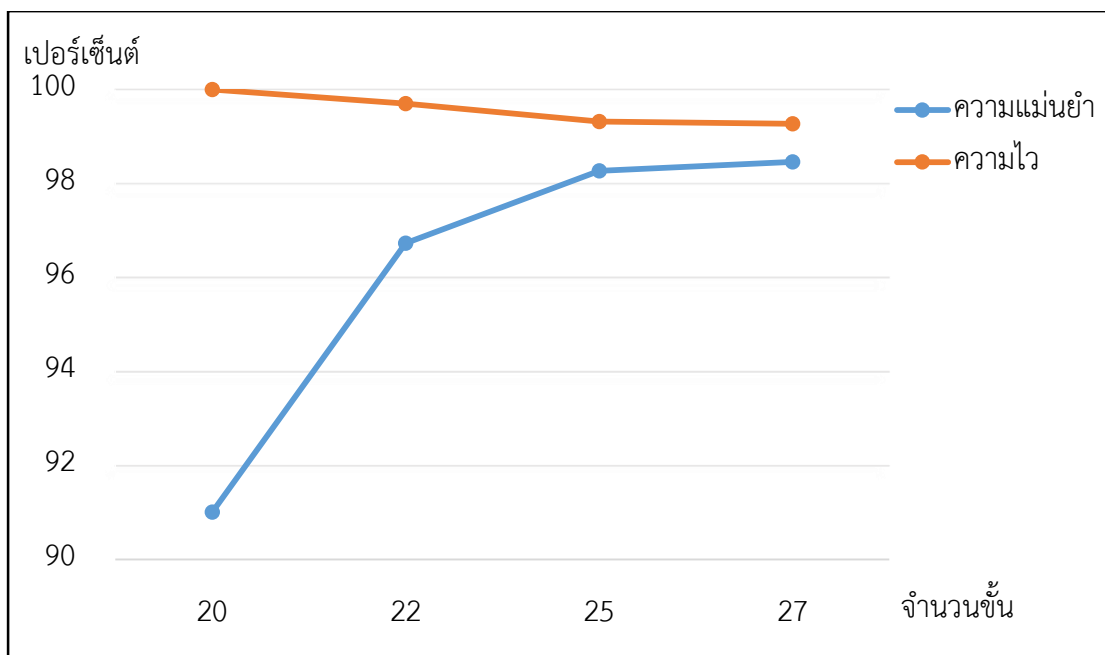


ภาพที่ 4.2 การตรวจหาและการจำแนกท่ามือที่มีการเปลี่ยนขนาดท่ามือ

4.1.1 ผลการทดลองการตรวจหาท่ามือ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการตรวจหาท่ามือในแต่ละจำนวนชั้น

จำนวนชั้น	ท่ามือ	จำนวนภาพที่ตรวจพบท่ามือ	จำนวนภาพที่ตรวจไม่พบท่ามือ	จำนวนภาพที่ตรวจพบอย่างอื่น
20	ทำนิ้วชี้	480	0	40
	ทำกำมือ	485	0	35
	ทำสามนิ้ว	440	0	80
	ทำนิ้วก้อย	488	0	32
22	ทำนิ้วชี้	503	0	17
	ทำกำมือ	509	0	11
	ทำสามนิ้ว	492	0	28
	ทำนิ้วก้อย	508	6	6
25	ทำนิ้วชี้	511	0	9
	ทำกำมือ	518	0	2
	ทำสามนิ้ว	511	0	9
	ทำนิ้วก้อย	504	14	2
27	ทำนิ้วชี้	513	0	7
	ทำกำมือ	519	0	1
	ทำสามนิ้ว	514	0	6
	ทำนิ้วก้อย	502	15	3



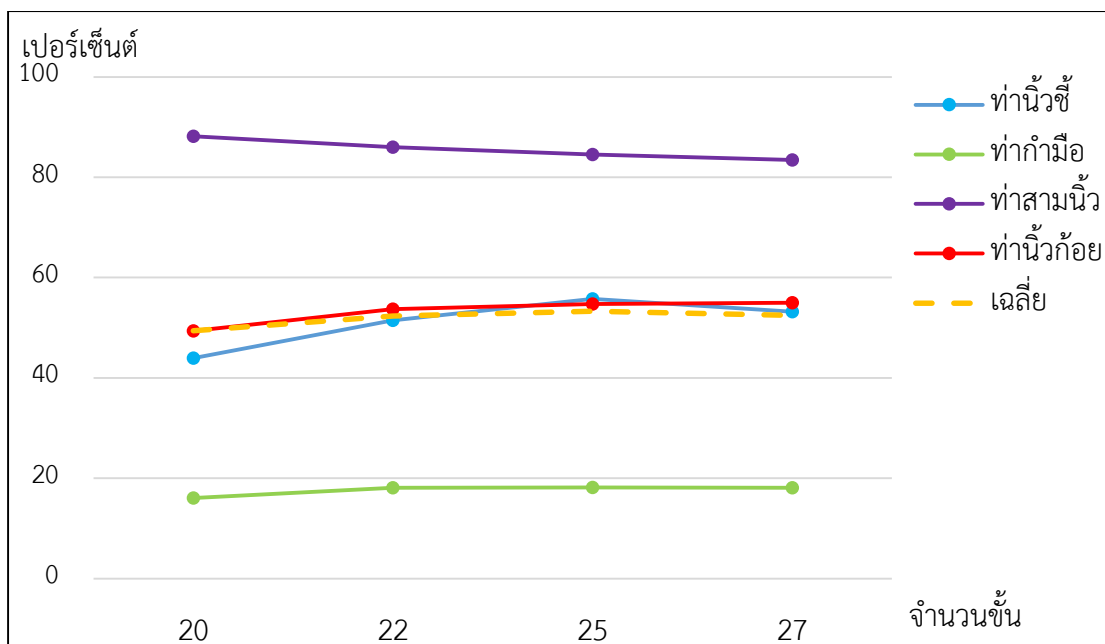
กราฟที่ 4.1 ความแม่นยำและความไวของการตรวจหาท่ามือในแต่ละจำนวนชั้น

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าเมื่อจำนวนชั้นในการสอนเพิ่มมากขึ้น จำนวนภาพที่ตรวจพบท่ามือและจำนวนภาพที่ตรวจไม่พบท่ามือจะเพิ่มขึ้น แต่จำนวนภาพที่ตรวจพบอย่างอื่นจะลดน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีตามตารางที่ 3.1 โดยเมื่อจำนวนชั้นในการสอนเพิ่มมากขึ้น อัตราการเจอและอัตราการผิดพลาดเชิงบวกจะลดลง เมื่อนำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำและค่าความไวตามสมการที่ (22) และ (23) จะพบว่าค่าความแม่นยำจะเพิ่มมากขึ้น แต่ค่าความไวจะลดลงเล็กน้อยตามกราฟที่ 4.1

4.1.2 ผลการทดลองการจำแนกท่ามือ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG

จำนวนชั้น	ท่ามือ	จำนวนท่ามือที่ นำมาจำแนก	จำนวนท่ามือที่ จำแนกถูกต้อง	จำนวนท่ามือที่ จำแนกผิดพลาด
20	ท่านิ้วชี้	480	211	269
	ท่ากำมือ	485	78	407
	ท่าสามนิ้ว	440	388	52
	ท่านิ้วก้อย	488	241	247
22	ท่านิ้วชี้	503	259	244
	ท่ากำมือ	509	92	417
	ท่าสามนิ้ว	492	423	69
	ท่านิ้วก้อย	508	273	235
25	ท่านิ้วชี้	511	285	226
	ท่ากำมือ	518	94	424
	ท่าสามนิ้ว	511	432	79
	ท่านิ้วก้อย	504	276	228
27	ท่านิ้วชี้	513	273	240
	ท่ากำมือ	519	94	425
	ท่าสามนิ้ว	514	429	85
	ท่านิ้วก้อย	502	276	226

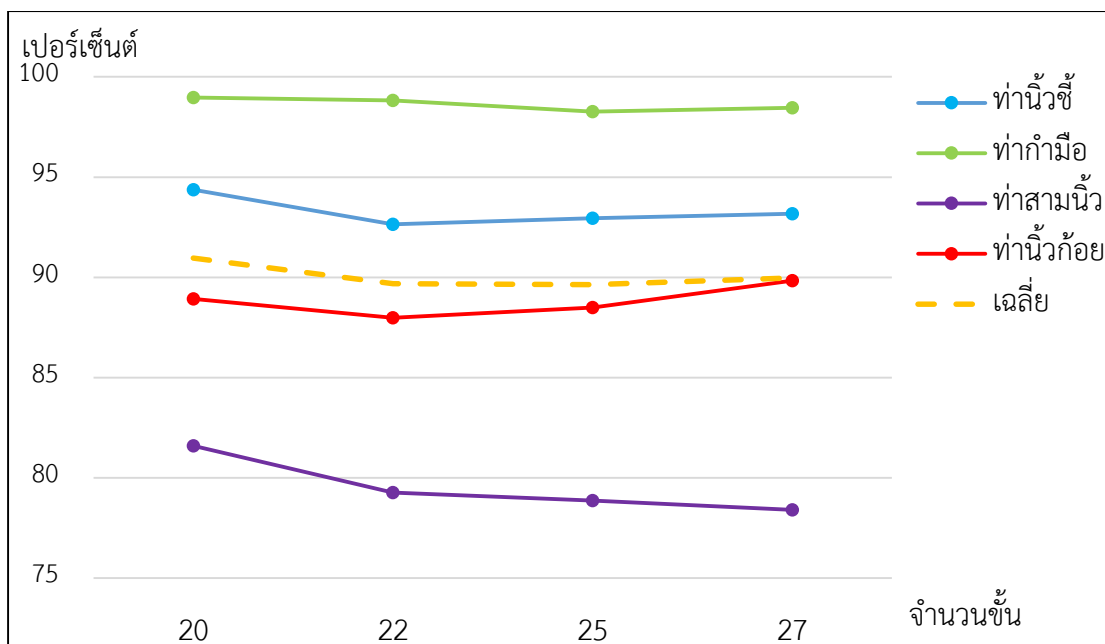


กราฟที่ 4.2 ความไวของการจำแนกท่ามือโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG

จากผลของการจำแนกท่ามือโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและคุณลักษณะของ HOG เมื่อนำมาคำนวณหาค่าความไวตามสมการที่ (23) จะได้ผลลัพธ์ตามกราฟที่ 4.2 จะพบว่าค่าความไวของแต่ละท่ามือในแต่ละจำนวนข้อของการสอนมีเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกัน โดยทำสามนิ้วมีค่าความไวมากที่สุดและทำกำมือมีค่าความไวน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ

จำนวนชั้น	ท่ามือ	จำนวนท่ามือที่ นำมาจำแนก	จำนวนท่ามือที่ จำแนกถูกต้อง	จำนวนท่ามือที่ จำแนกผิดพลาด
20	ทำนิ้วชี้	480	453	27
	ทำกำมือ	485	480	5
	ทำสามนิ้ว	440	359	81
	ทำนิ้วก้อย	488	434	54
22	ทำนิ้วชี้	503	466	37
	ทำกำมือ	509	503	6
	ทำสามนิ้ว	492	390	102
	ทำนิ้วก้อย	508	447	61
25	ทำนิ้วชี้	511	475	36
	ทำกำมือ	518	509	9
	ทำสามนิ้ว	511	403	108
	ทำนิ้วก้อย	504	446	58
27	ทำนิ้วชี้	513	478	35
	ทำกำมือ	519	511	8
	ทำสามนิ้ว	514	403	111
	ทำนิ้วก้อย	502	451	51

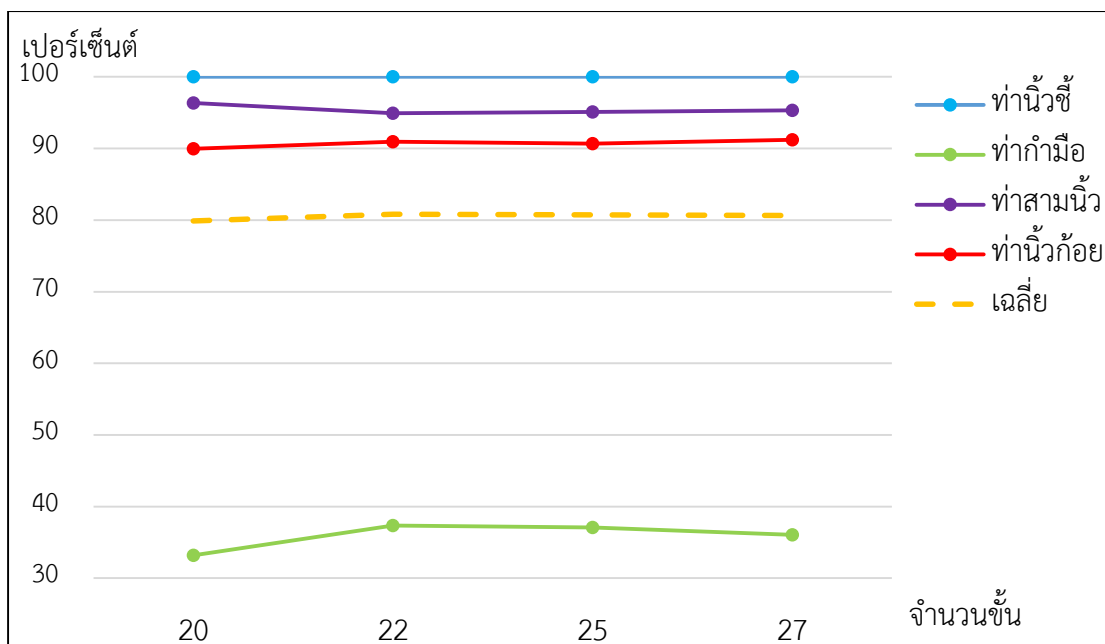


กราฟที่ 4.3 ความไวของการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ

จากผลของการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ แต่ไม่ใช่คุณลักษณะของ HOG เมื่อนำมาคำนวณหาค่าความไวตามสมการที่ (23) จะได้ผลลัพธ์ตามกราฟที่ 4.3 จะพบว่าค่าความไวของแต่ละท่ามือในแต่ละจำนวนข้อของการสอนมีเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกัน โดยท่ากำมือมีค่าความไวมากที่สุดและท่าสามนิ้วมีค่าความไวน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยความไวของแต่ละจำนวนข้อของการสอนจะมากกว่าค่าเฉลี่ยความไวของผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและคุณลักษณะของ HOG สอดคล้องกับบทความ[13]

ตารางที่ 4.4 ผลของการทดลองการจำแนกท่ามือโดยใช้ HOG

จำนวนชั้น	ท่ามือ	จำนวนท่ามือที่ นำมาจำแนก	จำนวนท่ามือที่ จำแนกถูกต้อง	จำนวนท่ามือที่ จำแนกผิดพลาด
20	ทำนิ้วชี้	480	480	0
	ทำกำมือ	485	161	324
	ทำสามนิ้ว	440	424	16
	ทำนิ้วก้อย	488	439	49
22	ทำนิ้วชี้	503	503	0
	ทำกำมือ	509	190	319
	ทำสามนิ้ว	492	467	25
	ทำนิ้วก้อย	508	462	46
25	ทำนิ้วชี้	511	511	0
	ทำกำมือ	518	192	326
	ทำสามนิ้ว	511	486	25
	ทำนิ้วก้อย	504	457	47
27	ทำนิ้วชี้	513	513	0
	ทำกำมือ	519	187	332
	ทำสามนิ้ว	514	490	24
	ทำนิ้วก้อย	502	458	44

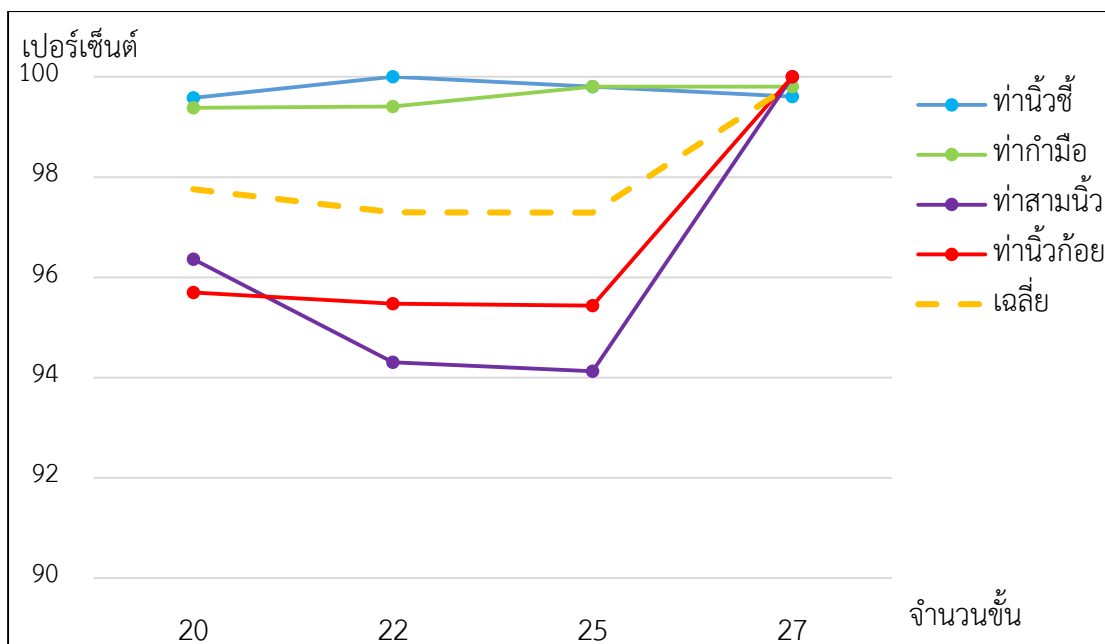


กราฟที่ 4.4 ความไวของการจำแนกท่ามือโดยใช้ HOG

จากผลของการจำแนกท่ามือโดยใช้คุณลักษณะของ HOG แต่ไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ เมื่อนำมาคำนวณหาค่าความไวตามสมการที่ (23) จะได้ผลลัพธ์ตามกราฟที่ 4.4 จะพบว่า ค่าความไวของแต่ละท่ามือในแต่ละจำนวนข้อของการสอนมีเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกัน โดยทำ นิ้วชี้มีค่าความไวมากที่สุดและทำกำมือมีค่าความไวน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยความไวของแต่ละจำนวน ข้อของการสอนจะมากกว่าค่าเฉลี่ยความไวของผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยไม่ใช้ การค้นหาเส้นรอบขอบและคุณลักษณะของ HOG แต่จะน้อยกว่าค่าเฉลี่ยความไวของ ผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ แต่ไม่ใช้คุณลักษณะของ HOG

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG

จำนวนชั้น	ท่ามือ	จำนวนท่ามือที่ นำมาจำแนก	จำนวนท่ามือที่ จำแนกถูกต้อง	จำนวนท่ามือที่ จำแนกผิดพลาด
20	ทำนิ้วชี้	480	478	2
	ทำกำมือ	485	482	3
	ทำสามนิ้ว	440	424	16
	ทำนิ้วก้อย	488	467	21
22	ทำนิ้วชี้	503	503	0
	ทำกำมือ	509	506	3
	ทำสามนิ้ว	492	464	28
	ทำนิ้วก้อย	508	485	23
25	ทำนิ้วชี้	511	510	1
	ทำกำมือ	518	517	1
	ทำสามนิ้ว	511	481	30
	ทำนิ้วก้อย	504	481	23
27	ทำนิ้วชี้	513	511	2
	ทำกำมือ	519	518	1
	ทำสามนิ้ว	514	514	0
	ทำนิ้วก้อย	502	502	0

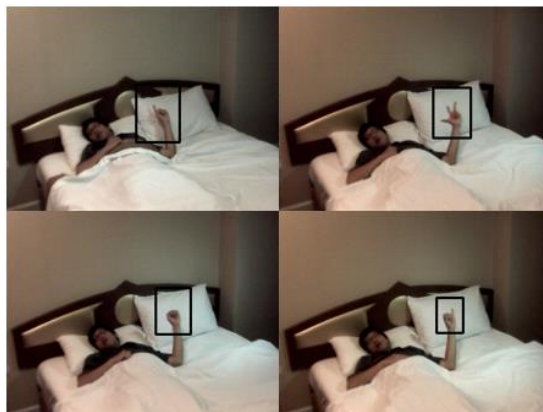


กราฟที่ 4.5 ความไวของการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG

ผลของการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและคุณลักษณะของ HOG เมื่อนำมาคำนวณหาค่าความไวตามสมการที่ (23) จะได้ผลลัพธ์ตามกราฟที่ 4.5 จะพบว่าค่าความไวของแต่ละท่ามือในแต่ละจำนวนข้อของการสอนมีเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกัน โดยค่าความไวของจำนวนข้อของการสอนที่ 27 ชั้นมีค่ามากที่สุด ค่าเฉลี่ยความไวของแต่ละจำนวนข้อของการสอนจะมากกว่าค่าเฉลี่ยความไวของผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและคุณลักษณะของ HOG ค่าเฉลี่ยความไวของผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ แต่ไม่ใช่คุณลักษณะของ HOG และค่าเฉลี่ยความไวของผลการทดลองการจำแนกท่ามือโดยใช้คุณลักษณะของ HOG แต่ไม่ใช่การค้นหาเส้นรอบขอบ

จากผลการทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือบนพื้นหลังเรียบจะพบว่าในจำนวนข้อของการสอนเท่ากับ 27 ชั้น จะให้ค่าความแม่นยำและค่าความไวของการตรวจหาท่ามือดีที่สุดและจำนวนข้อของการสอนไม่ส่งผลต่อการจำแนกท่ามือ และการจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและคุณลักษณะของ HOG จะให้ค่าความไวของการจำแนกท่ามือดีที่สุด

4.2 ผลการทดลองในสถานการณ์จำลอง

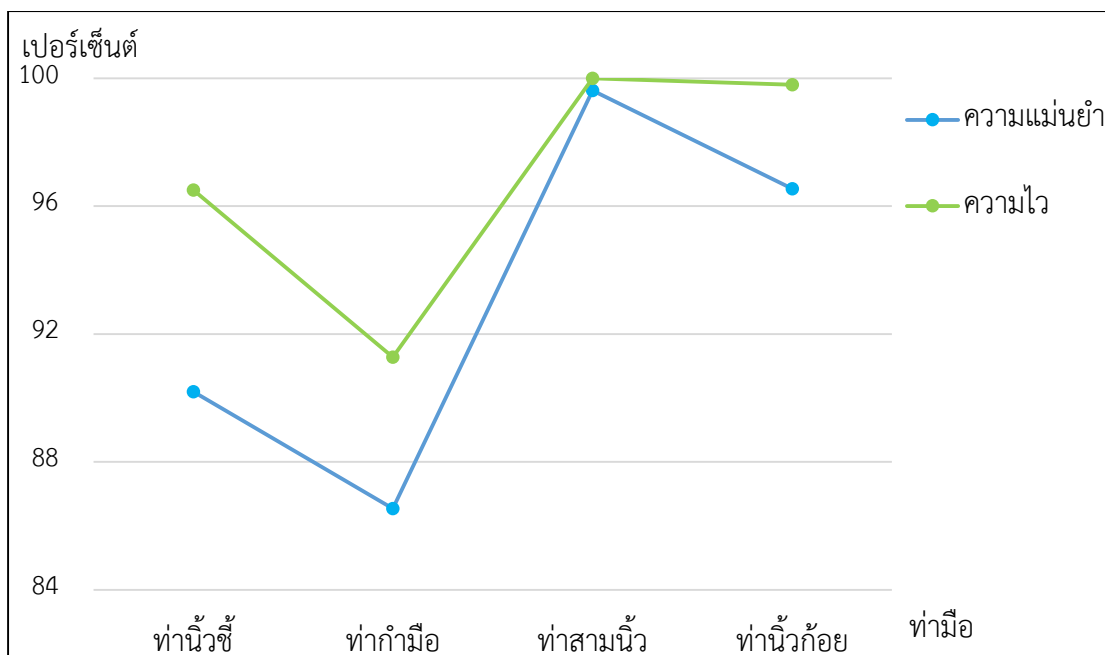


ภาพที่ 4.3 การตรวจหาและการจำแนกท่าทำมือในสถานการณ์จำลอง

4.2.1 ผลการทดลองการตรวจหาท่าทำมือในสถานการณ์จำลอง

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการตรวจหาท่าทำมือในสถานการณ์จำลอง

จำนวนชั้น	ท่ามือ	จำนวนภาพที่ตรวจพบท่ามือ	จำนวนภาพที่ตรวจไม่พบท่ามือ	จำนวนภาพที่ตรวจพบอย่างอื่น
27	ทำนิ้วชี้	469	17	34
	ท่ากำมือ	450	43	27
	ท่าสามนิ้ว	518	0	2
	ทำนิ้วก้อย	502	1	17



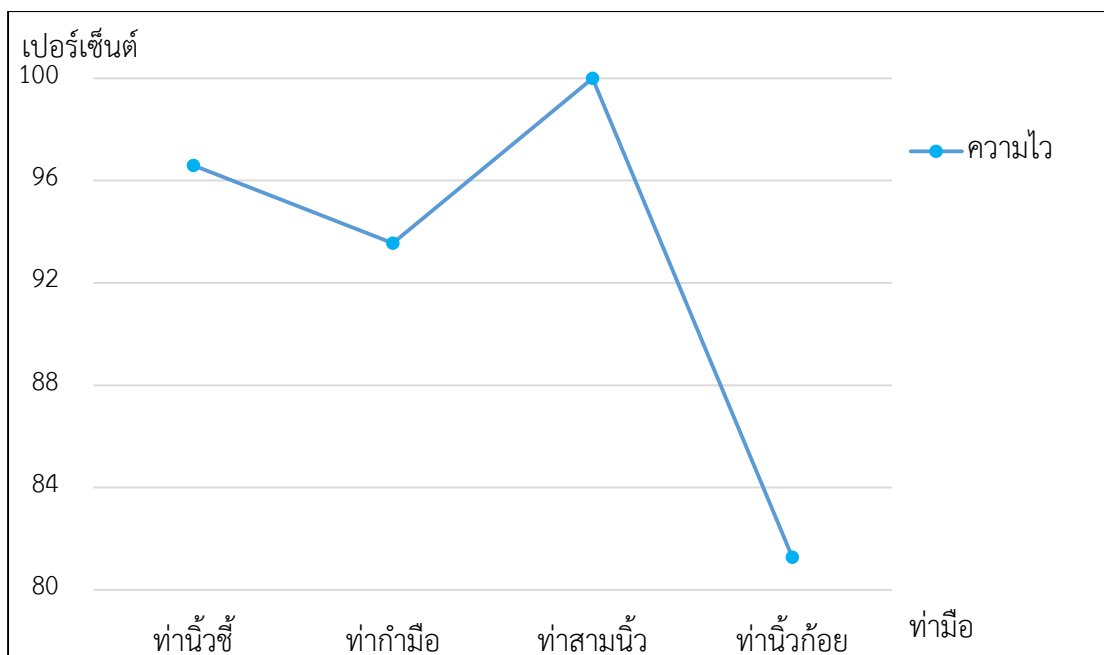
กราฟที่ 4.6 ความแม่นยำและความไวของการตรวจหาทำมือในสถานการณ์จำลอง

จากเมื่อนำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำและค่าความไวตามสมการที่ (22) และ (23) จะพบว่าทำสามนิ้วมีค่าความแม่นยำและค่าความไวมากที่สุด และทำกำมือมีค่าความแม่นยำและค่าความไวน้อยที่สุดตามกราฟที่ 4.6

4.2.2 ผลการทดลองการจำแนกทำมือในสถานการณ์จำลอง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการจำแนกทำมือในสถานการณ์จำลองโดยไม่มีการตัดสินใจ

จำนวนชั้น	ทำมือ	จำนวนทำมือที่นำมาจำแนก	จำนวนทำมือที่จำแนกถูกต้อง	จำนวนทำมือที่จำแนกผิดพลาด
27	ทำนิ้วชี้	469	453	16
	ทำกำมือ	450	421	29
	ทำสามนิ้ว	518	518	0
	ทำนิ้วก้อย	502	408	94

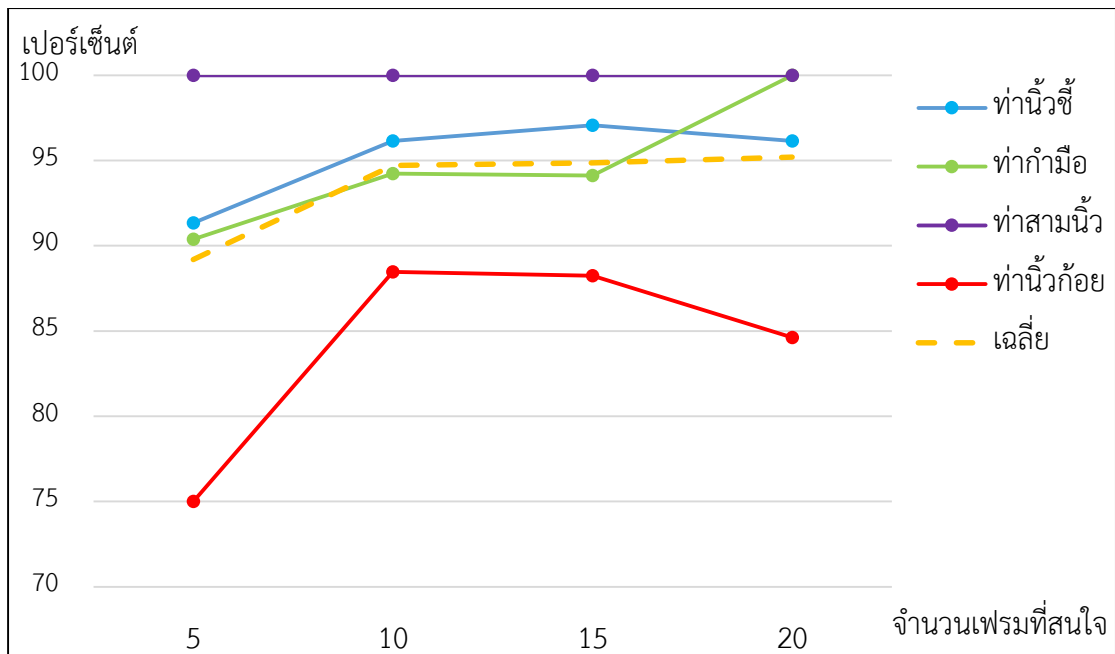


กราฟที่ 4.7 ความไวของการจำแนกท่ามือในสถานการณ์จำลองโดยไม่มี การตัดสินใจ

จากตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการจำแนกท่ามือในสถานการณ์จำลองโดยไม่มี การตัดสินใจ ใช้การจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและคุณลักษณะของ HOG เมื่อนำมาคำนวณหาค่าความไวตามสมการที่ (23) จะได้ผลลัพธ์ตามกราฟที่ 4.7 จะพบว่า ค่าความไวของท่าสามนิ้วมีค่าความไวมากที่สุดและทำนิ้วก้อยมีค่าความไวที่น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการจำแนกท่ามือที่ในสถานการณ์จำลองในแต่ละจำนวนเฟรมที่สนใจ

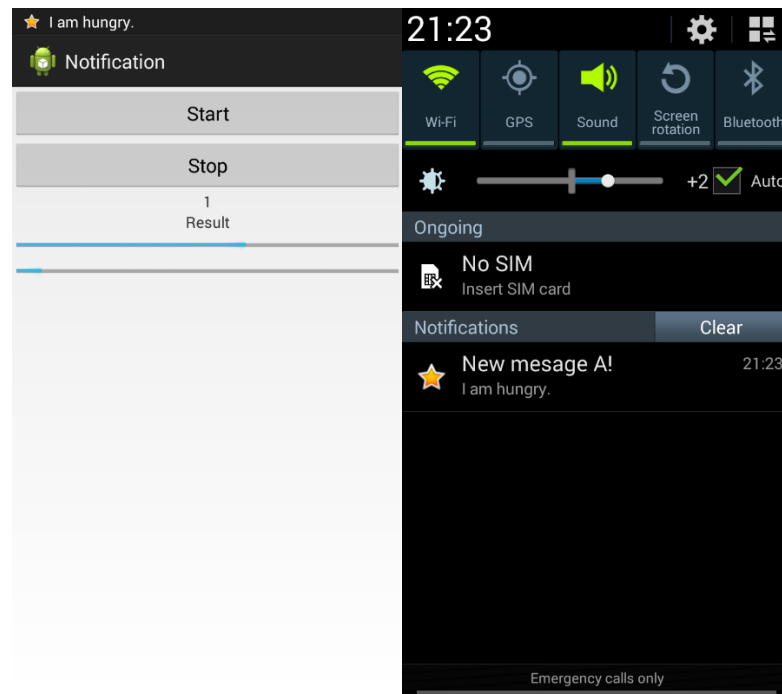
จำนวนเฟรมที่สนใจ	ทำนิ้วชี้	ทำกำมือ	ทำสามนิ้ว	ทำนิ้วก้อย
5 (104)	95	94	104	78
10 (52)	50	49	52	46
15 (34)	33	32	34	30
20 (26)	25	26	26	22



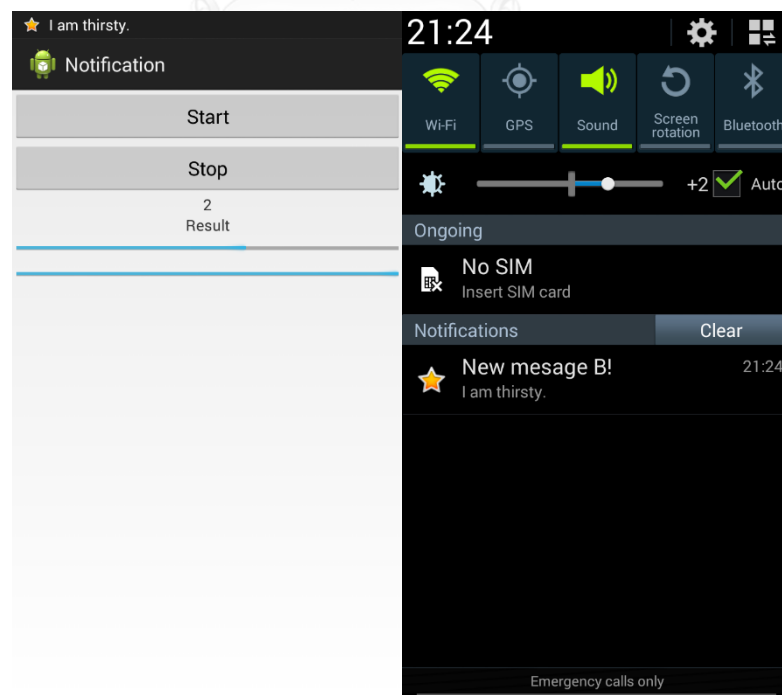
กราฟที่ 4.8 ความไวของการจำแนกมือในสถานการณ์จำลองที่มีการตัดสินใจ

จากผลการทดลองการจำแนกท่ามือในสถานการณ์จำลองโดยเพิ่มการตัดสินใจจะใช้การจำแนกท่ามือโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและคุณลักษณะของ HOG เมื่อนำมาคำนวณหาค่าความไวตามสมการที่ (23) จะได้ผลลัพธ์ตามกราฟที่ 4.8 จะพบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าความไวของแต่ละจำนวนเฟรมที่สนใจ จำนวนเฟรมที่สนใจเท่ากับ 5 จะมีค่าความไวเฉลี่ยน้อยที่สุด จำนวนเฟรมที่สนใจเท่ากับ 10 15 และ 20 จะมีค่าความไวเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่เมื่อจำนวนเฟรมที่สนใจมากขึ้นเวลาที่ใช้ก็จะมากขึ้นด้วย

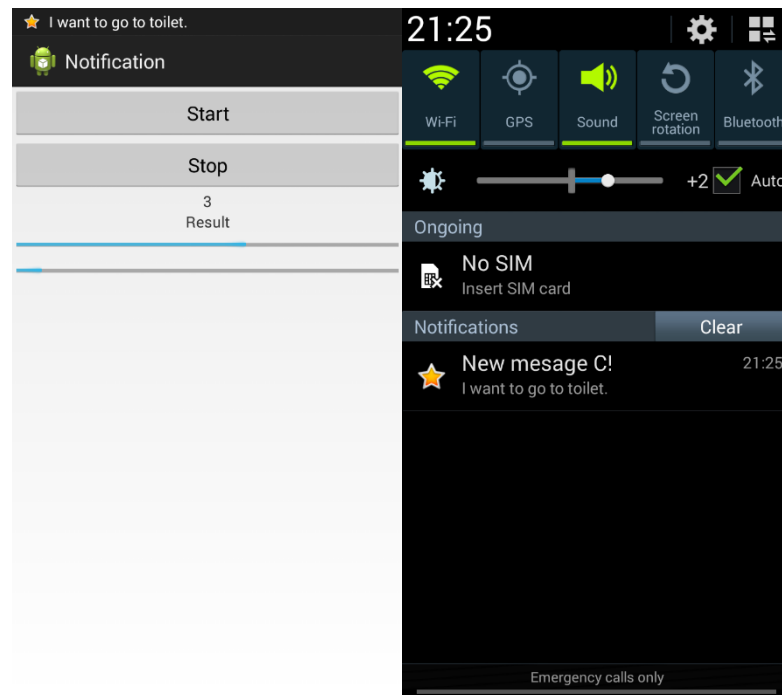
4.3 ผลการทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์



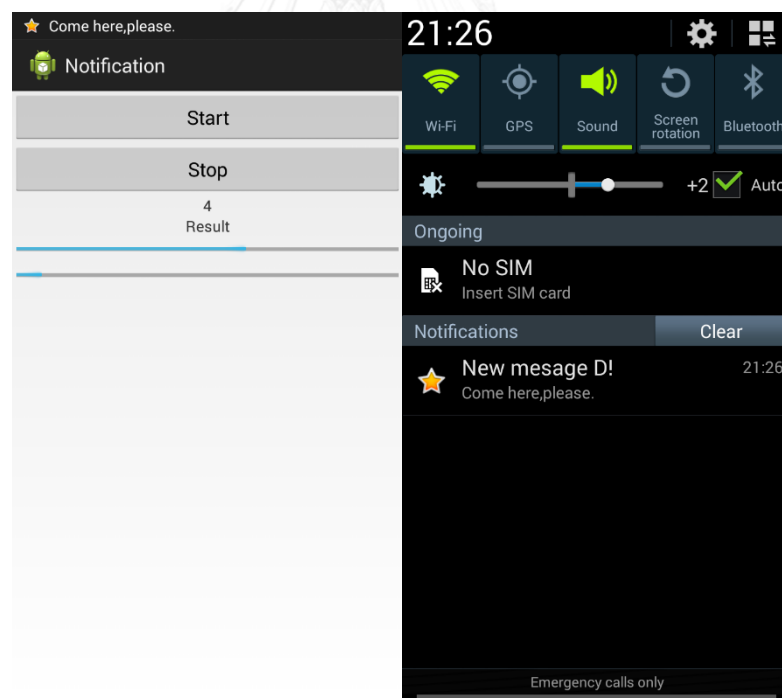
ภาพที่ 4.4 การอ่านค่าบนโทรศัพท์จากท่านิ้วชี้



ภาพที่ 4.5 การอ่านค่าบนโทรศัพท์จากท่ากำมือ



ภาพที่ 4.6 การอ่านค่าบนโทรศัพท์จากท่าสามนิ้ว



ภาพที่ 4.7 การอ่านค่าบนโทรศัพท์จากท่านิ้วก้อย

จากภาพที่ 4.4 ถึง ภาพที่ 4.7 แสดงภาพหน้าจอของโทรศัพท์เมื่อทำการเตือนหลังจากได้รับข้อมูลจากการท่องเที่ยว ทั้งนี้มีข้อสังเกตว่าในการรับข้อมูลจากการท่องเที่ยวในแต่ละครั้งนั้นใช้เวลาไม่เท่ากัน

4.4 ผลการทดลองกับผู้ดูแล

จากการทดลองระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่ามือกับผู้ดูแลที่เคยดูแลผู้สูงวัย เมื่อรวบรวมข้อคิดเห็นในเชิงเปรียบเทียบกับวิธีการดูแลปกติและนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่า

ในกรณี ความคิดเห็นเกี่ยวกับผู้สูงวัย คือ ผู้สูงวัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือผู้สูงวัยที่มีปัญหาในด้านของการสื่อสารด้วยเสียงและการเดิน มีเพิ่มเติมความคิดเห็นเพิ่มเติมในกรณีของความสามารถของผู้สูงวัย ในด้านของความจำว่าท่ามือไม่ควรมียหลายท่าเพราะอาจทำให้เกิดความสับสนได้ ในด้านของการทำท่ามือว่าอาจจะแสดงท่ามือผิดพลาดคือแจ้งเตือนคนละท่ามือกับที่ผู้สูงวัยต้องการ และในด้านความรู้สึกของผู้สูงวัยที่อาจจะรู้สึกโดนทอดทิ้งหรือการต่อต้านเทคโนโลยี เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการดูแลโดยปกติ

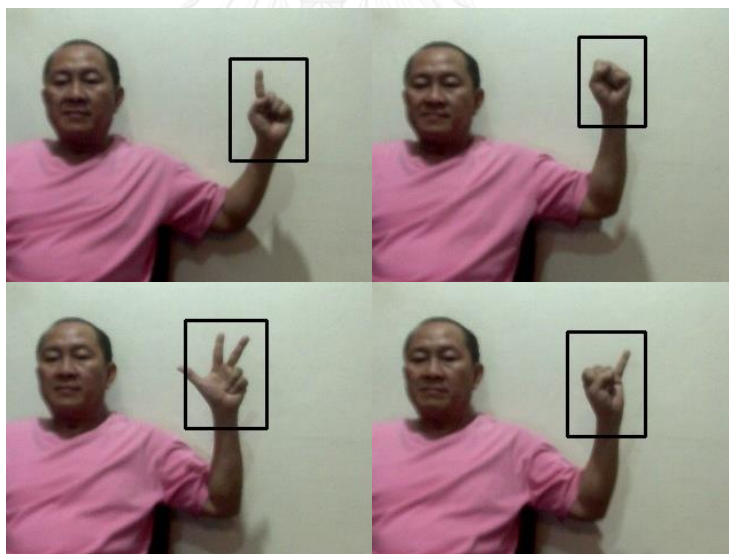
ในกรณี ความคิดของผู้ดูแล คือ มีความเหมาะสมกับการใช้งานในสังคมปัจจุบันที่มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีมากกว่าในอดีต ในด้านของระยะของผู้ดูแลว่าระบบมีระยะในการใช้งานใกล้เคียงเพียงใด ในด้านของความสัมพันธ์ระหว่างผู้ดูแลกับผู้สูงวัย และในด้านของความคุ้มค่าในการลงทุนกับระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่ามือนี้

เมื่อนำข้อคิดเห็นมาวิเคราะห์พบว่า ท่ามือที่นำมาใช้งานควรมีประมาณ 3-4 ท่าเพื่อป้องกันการสับสนของผู้สูงวัย และเพื่อลดความผิดพลาดจากการแสดงท่ามือผิดพลาดของผู้สูงวัยก่อนการใช้งานควรอธิบายและใส่ใจถึงผู้สูงวัยก่อนจะนำระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่ามือเข้ามาใช้งานเพื่อให้ผู้สูงวัยมีความรู้สึกที่ดี ระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่ามือในขั้นทดลองมีระยะการทำงานเท่ากับระยะของ Wi-Fi แต่จุดประสงค์ในด้านระยะการทำงานจะเท่ากับพื้นที่ที่โทรศัพท์สามารถทำการท่องเว็บได้

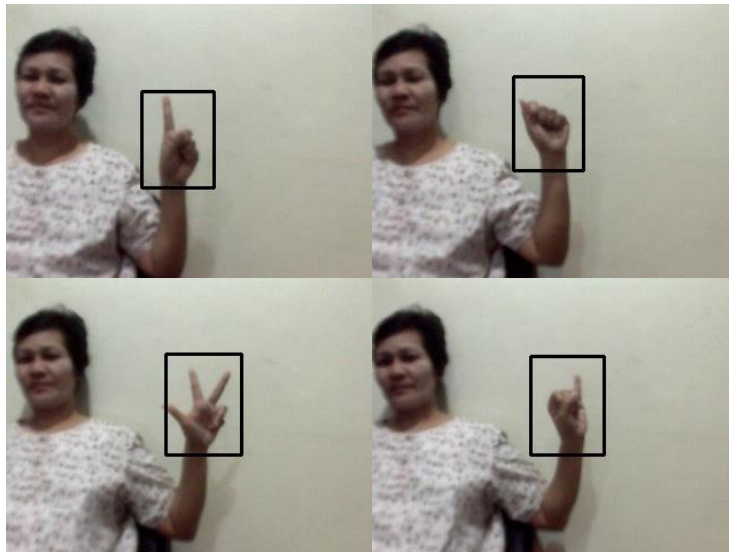
4.5 ผลการทดลองกับผู้สูงอายุ



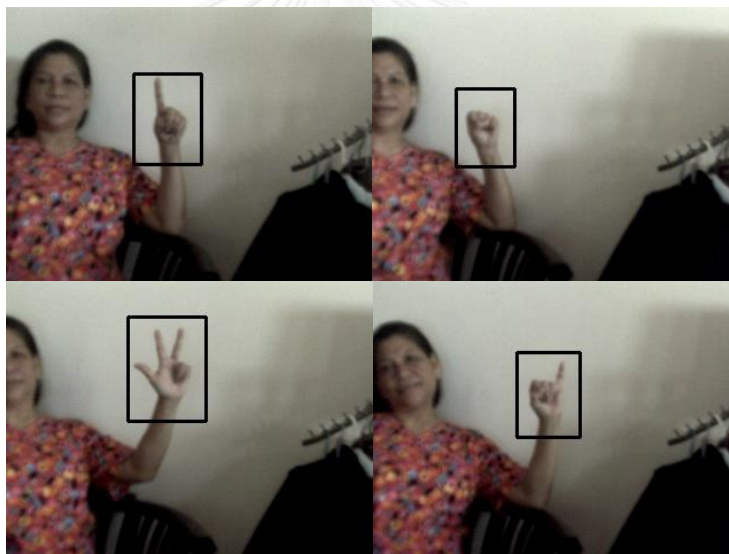
ภาพที่ 4.8 การตรวจหาและการจำแนกท่าทำมือกับผู้สูงอายุคนที่ 1



ภาพที่ 4.9 การตรวจหาและการจำแนกท่าทำมือกับผู้สูงอายุคนที่ 2



ภาพที่ 4.10 การตรวจหาและการจำแนกท่าทำมือกับผู้สูงวัยคนที่ 3



ภาพที่ 4.11 การตรวจหาและการจำแนกท่าทำมือกับผู้สูงวัยคนที่ 4

จากการทดลองระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่าทำมือกับผู้สูงวัย เพื่อทดสอบความสามารถในการค้นหาและการจำแนกท่าทำมือ พบว่าระบบสามารถตรวจหาท่าทำมือของผู้สูงวัยได้ แต่ธรรมชาติในการทำท่าทำมือของแต่ละบุคคลย่อมมีลักษณะที่แตกต่างกัน ถึงแม้จะทำท่าทำทางเดียวกันก็ตาม ส่งผลให้การจำแนกท่าทำมืออาจผิดพลาดได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือ

การทดลองได้ทำการสอนการจำแนกท่ามือโดยใช้รูปภาพท่ามือจำนวน 684 ภาพและรูปภาพอื่นที่ไม่มีท่ามือปรากฏอยู่จำนวน 3019 ภาพ ใช้จำนวนชั้นเท่ากับ 20 22 25 และ 27 ชั้นตามลำดับ และทุกจำนวนชั้นกำหนดค่าอัตราการเจอชั้นต่ำและอัตราการผิดพลาดเชิงบวกชั้นสูงไว้ตามค่ามาตรฐานคือเท่ากับ 0.999 และ 0.5 ตามลำดับ ซึ่งรูปภาพที่นำมาทดลองจะเป็นภาพมือที่ปรากฏอยู่บนพื้นหลังที่ไม่ซับซ้อนจำนวน 4 ท่า จำนวนท่าละ 520 ภาพ แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนคือ 1. การทดลองการตรวจหาท่ามือ และ 2. การทดลองการจำแนกท่ามือ โดยในส่วนของ การทดลองการจำแนกท่ามือจะแบ่งการทดลองออกเป็น 4 แบบคือ 1. การทดลองโดยไม่ใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG 2. การทดลองโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบ 3. การทดลองโดยใช้ HOG และ 4. การทดลองโดยใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG ผลจากการทดลองจะพบว่าจำนวนชั้นที่มากขึ้นส่งผลให้สามารถค้นหาท่ามือจากในรูปภาพได้ดีขึ้น อัตราการผิดพลาดเชิงบวกลดลง แต่ก็มีโอกาสเกิดความผิดพลาดคือไม่พบท่ามือเพิ่มขึ้น โดยผลที่ดีที่สุดคือที่จำนวนชั้นในการสอนเท่ากับ 27 ชั้นจะมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 98.46 เปอร์เซ็นต์และค่าความไวเท่ากับ 99.27 เปอร์เซ็นต์ และการใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจะทำให้ได้ผลการจำแนกท่ามือที่ดีที่สุดมีความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 98.07 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักกับ 3 แบบคือ 1. การเพิ่มการค้นหาเส้นรอบขอบเพียงอย่างเดียวจะให้ผลของความแม่นยำดีขึ้นเฉลี่ย 74.78 เปอร์เซ็นต์ 2. การเพิ่ม HOG เพียงอย่างเดียวจะให้ผลของความแม่นยำดีขึ้นเฉลี่ย 55.67 เปอร์เซ็นต์ และ 3. การเพิ่มการค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG ทั้งสองอย่างจะให้ผลของความแม่นยำดีขึ้นเฉลี่ย 90.17 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจากการทดลองการตรวจหาและการจำแนกท่ามือผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือการใช้การค้นหาเส้นรอบขอบและ HOG ที่จำนวนชั้นในการสอนการเรียนรู้เท่ากับ 27 ชั้น

5.2 สรุปผลการทดลองในสถานการณ์จำลอง

การทดลองในสถานการณ์จำลองจะใช้จำนวนชั้นในการสอนเท่ากับ 27 ชั้นในการทดลอง โดยจะจำลองรูปภาพมือที่ได้จากในห้องนอนบนเตียงทั้งหมด 4 ท่า จำนวนท่าละ 520 ภาพ โดยจากการตรวจสอบภาพที่นำมาทดสอบจะได้ขนาดของภาพมือเล็กที่สุดเท่ากับ

22x30 จุดภาพ และใหญ่ที่สุดเท่ากับ 45x59 จุดภาพ แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนคือ

1. การทดลองการตรวจหาท่ามือ และ
2. การทดลองการจำแนกท่ามือ โดยในส่วนของ การทดลองการจำแนกท่ามือจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 แบบคือ

1. การทดลองใน สถานการณ์จำลองโดยไม่มีการตัดสินใจ
2. การทดลองในสถานการณ์จำลองโดยเพิ่ม การตัดสินใจ โดยการทดลองในสถานการณ์จำลองโดยเพิ่มการตัดสินใจจะแบ่งออกตามจำนวน เฟรมที่สนใจเป็น 5 10 15 และ 20 เฟรม ผลการทดลองจะพบว่า การตรวจหาท่ามือจะได้ความ แม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 93.22 เปอร์เซ็นต์และความไวเฉลี่ยเท่ากับ 96.89 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า การเพิ่มการตัดสินใจจะให้ผลของความแม่นยำเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใช้การตัดสินใจคือ ค่าความแม่นยำเฉลี่ยเมื่อไม่ใช้การตัดสินใจเท่ากับ 92.85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มการตัดสินใจที่ จำนวนเฟรมที่สนใจเท่ากับ 5 เฟรมมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 89.18 เปอร์เซ็นต์ จำนวน เฟรมที่สนใจเท่ากับ 10 เฟรมมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 94.71 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเฟรมที่ สนใจเท่ากับ 15 เฟรมมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 94.85 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนเฟรมที่ สนใจเท่ากับ 20 เฟรมมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 95.19 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าในจำนวน เฟรมที่สนใจเท่ากับ 5 เฟรมจะได้ค่าความแม่นยำต่ำกว่าแบบไม่ใช้การตัดสินใจแต่เมื่อเพิ่ม จำนวนเฟรมที่สนใจขึ้นค่าความแม่นยำที่ได้ก็จะสูงขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้แม้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ตามจำนวนเฟรมที่สนใจนั้น จำนวนเฟรมที่สนใจเท่ากับ 5 เฟรมจะให้ผลของความแม่นยำน้อย ที่สุดก็ตาม แต่ในทางกลับกันก็จะใช้เวลาในการตอบสนองน้อยที่สุดเช่นกัน คือจำนวนเฟรมที่ สนใจเท่ากับ 10 15 และ 20 เฟรมก็จะใช้เวลาในการตอบสนองเป็น 2 3 และ 4 เท่าของ จำนวนเฟรมที่สนใจเท่ากับ 5 เฟรมตามลำดับ ทั้งนี้การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบ เพื่อนำไปใช้งาน

5.3 สรุปผลการทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์

การทดลองการอ่านค่าบนโทรศัพท์ที่ใช้โปรแกรม XAMMP ในการจำลองเว็บที่เขียน ขึ้นด้วยภาษา PHP และใช้ฟังก์ชันฮอตสเปคตส่วนบุคคลของโทรศัพท์เครื่องอื่นเพื่อใช้ในการ เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์ที่ลงโปรแกรมในการทดลอง ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าโทรศัพท์ที่ใช้โปรแกรมในการทดลองสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานได้เมื่อโทรศัพท์ รับข้อมูลที่ได้มาจากการท้วงเว็บ

5.4 สรุปผลการทดลองกับผู้ดูแล

การทดลองกับผู้ดูแลจะได้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะจากผู้ที่มีประสบการณ์ในการดูแลผู้สูงวัยสามารถนำมาปรับใช้ในระบบแจ้งเตือนสำหรับผู้ดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่ามือ นอกจากนี้ยังทำให้ได้แนวทางในการพัฒนาเพื่อตอบสนองถึงความต้องการของผู้ดูแลและผู้สูงวัยได้

5.5 สรุปผลการทดลองกับผู้สูงวัย

การทดลองกับผู้สูงวัยทำให้ทราบถึงธรรมชาติของการทำท่ามือที่แตกต่างกันแม้จะทำท่าทางอย่างเดียวกัน จึงส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกท่ามือได้ ซึ่งสามารถแก้ไขได้ก่อนการใช้งานระบบแจ้งเตือนสำหรับผู้ดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่ามือ ให้ผู้สูงวัยเป็นผู้ทำท่ามือเพื่อฝึกสอนในส่วนของการจำแนกท่ามือด้วยวิธีการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบหลัก

5.6 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าระบบแจ้งเตือนสำหรับการดูแลผู้สูงวัยโดยวิธีจำแนกท่ามือ สามารถสร้างได้โดยการนำคุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลค์ ภาพอินทริกัล ขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้แบบเอาดาบู้สต์ และการจำแนกประเภทแบบลำดับขั้นมาใช้ในการตรวจหาการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบหลัก การค้นหาเส้นรอบขอบ Histogram of Oriented Gradients และหลักในการตัดสินใจมาใช้ในการจำแนกท่ามือ และการนำโทรศัพท์มาใช้ในการแจ้งเตือน

5.7 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริงได้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

การพัฒนาในส่วนของความสามารถของโปรแกรม เช่น การแจ้งเตือนว่าผู้สูงวัยนอนอยู่บนที่นอนหรือไม่เพื่อป้องกันการตกจากที่นอน การตั้งค่าท่ามือและการตั้งค่าความหมายของแต่ละท่ามือเพื่อความเหมาะสมกับการใช้งาน

การพัฒนาในส่วนของอุปกรณ์ เช่น การสร้างอุปกรณ์เพื่อใช้ในการประมวลผลที่มีขนาดเล็กลงหรือไม่ต้องทำการประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้ง

รายการอ้างอิง

1. ปัทมา ว่าพัฒนวงศ์ และ ปราโมทย์ ประสาทกุล, ประชากรไทยในอนาคต. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2549.
2. Megalingam, R.K., et al. *Elder health care: Blood Pressure measurement*. in *India Conference (INDICON), 2012 Annual IEEE*. 2012.
3. Yu-Jin, H., et al. *Activity Recognition Using Wearable Sensors for Elder Care*. in *Future Generation Communication and Networking, 2008. FGCN '08. Second International Conference on*. 2008.
4. Cardile, F., G. Iannizzotto, and F. La Rosa. *A vision-based system for elderly patients monitoring*. in *Human System Interactions (HSI), 2010 3rd Conference on*. 2010.
5. Pragati, G., A. Naveen, and S. Sanjeev, *Vision Based Hand Gesture Recognition*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 2009: p. 972--977.
6. Brethes, L., et al. *Face tracking and hand gesture recognition for human-robot interaction*. in *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004 IEEE International Conference on*. 2004.
7. Hasanuzzaman, M., et al. *Real-time Vision-based Gesture Recognition for Human Robot Interaction*. in *Robotics and Biomimetics, 2004. ROBIO 2004. IEEE International Conference on*. 2004.
8. Yihu, Y., Q. Daokui, and X. Fang. *Face Detection Method Based on Skin Color Segmentation and Eyes Verification*. in *Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 2009. AICI '09. International Conference on*. 2009.
9. Wang, C.-C. and K.-C. Wang, *Hand Posture Recognition Using Adaboost with SIFT for Human Robot Interaction*, in *Recent Progress in Robotics: Viable*

- Robotic Service to Human*, S. Lee, I. Suh, and M. Kim, Editors. 2008, Springer Berlin Heidelberg. p. 317-329.
10. Viola, P. and M. Jones. *Rapid object detection using a boosted cascade of simple features*. in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on*. 2001.
 11. Bilal, S., et al. *A hybrid method using haar-like and skin-color algorithm for hand posture detection, recognition and tracking*. in *Mechatronics and Automation (ICMA), 2010 International Conference on*. 2010.
 12. Ghafouri, S. and H. Seyedarabi. *Hybrid method for hand gesture recognition based on combination of Haar-like and HOG features*. in *Electrical Engineering (ICEE), 2013 21st Iranian Conference on*. 2013.
 13. Sawasdee, S. and S. Pumrin. *Elderly care notification system using hand posture recognition*. in *Digital Information and Communication Technology and it's Applications (DICTAP), 2014 Fourth International Conference on*. 2014.
 14. Malima, A., E. Ozgur, and M. Cetin. *A Fast Algorithm for Vision-Based Hand Gesture Recognition for Robot Control*. in *Signal Processing and Communications Applications, 2006 IEEE 14th*. 2006.
 15. Starner, T. and A. Pentland. *Real-time American Sign Language recognition from video using hidden Markov models*. in *Computer Vision, 1995. Proceedings., International Symposium on*. 1995.
 16. Soontranon, N., S. Aramvith, and T.H. Chalidabhongse. *Improved face and hand tracking for sign language recognition*. in *Information Technology: Coding and Computing, 2005. ITCC 2005. International Conference on*. 2005.
 17. Hongmo, J., K. Jiman, and K. Daijin. *Hand Gesture Recognition To Understand Musical Conducting Action*. in *Robot and Human interactive Communication, 2007. RO-MAN 2007. The 16th IEEE International Symposium on*. 2007.

18. Lienhart, R. and J. Maydt. *An extended set of Haar-like features for rapid object detection*. in *Image Processing. 2002. Proceedings. 2002 International Conference on*. 2002.
19. Dalal, N. and B. Triggs. *Histograms of oriented gradients for human detection*. in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on*. 2005.
20. *OpenCV Library [Online]*. Available from: <http://www.opencv.org/>.
21. *ADT Plugin Release Notes [Online]*. Available from: <http://developer.android.com/tools/sdk/eclipse-adt.html>.
22. *XAMMP Installers and Downloads for Apache Friends [Online]*. Available from: <https://www.apachefriends.org/index.html>.
23. *tutorial-haartraining [Online]*. Available from: <http://tutorial-haartraining.googlecode.com/svn/trunk/data/negatives/>.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุธางค์ สวัสดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2533 สำเร็จการศึกษาปริญญา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรม
ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี
การศึกษา 2555

