



ระบบตรวจสอบบุคคลเข้าออกแบบอัตโนมัติ
Automatic People Checkpoint System

กฤติกร แก้ววงศ์ศรี
Kriddikorn Kaewwongsri

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Computer Engineering
Prince of Songkla University

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ระบบตรวจสอบบุคคลเข้าออกแบบอัตโนมัติ

Automatic People Checkpoint System

กฤดิกร แก้ววงศ์ศรี

Kriddikorn Kaewwongsri

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Engineering in Computer Engineering

Prince of Songkla University

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ระบบตรวจสอบบุคคลเข้าออกแบบอัตโนมัติ
ผู้เขียน นายกฤติกร แก้ววงศ์ศรี
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม สุวรรณวร)

.....ประธานกรรมการ
(ดร.อนันต์ ชกสุริวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม สุวรรณวร)

.....กรรมการ
(ดร.เดือนเพ็ญ กชกรจรรุ่งพงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม สุวรรณวร)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นายกฤติกร แก้ววงศ์ศรี)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายกฤติกร แก้ววงศ์ศรี)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	ระบบตรวจสอบบุคคลเข้าออกแบบอัตโนมัติ
ผู้เขียน	นายกฤติกร แก้ววงศ์ศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

ในภาคใต้ของประเทศไทยจุดตรวจสอบเพื่อการเก็บประวัติและระบุตัวตนของบุคคลที่เข้าหรือออกนั้นถือเป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นสำหรับการจัดการความปลอดภัยอันเนื่องมาจากเหตุการณ์ความไม่สงบจากปัญหาชายแดนอย่างเช่นสำนักงานต่าง ๆ ของทางราชการ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอระบบจุดตรวจสอบอัตโนมัติซึ่งเป็นระบบยืนยันและตรวจสอบบุคคลโดยใช้ข้อมูลบนบัตรประจำตัวที่ทางราชการออกให้ร่วมกับคุณลักษณะของใบหน้า ในการยืนยันตัวบุคคลได้ใช้ข้อมูลพื้นฐานที่ปรากฏอยู่บนบัตรได้แก่ รหัสประจำตัวประชาชนและชื่อ และใบหน้าขณะเข้าจุดตรวจสอบจากกล้องวิดีโอที่ติดตั้งอยู่ ณ จุดตรวจสอบ ซึ่งระบบที่นำเสนอไปนี้คาดว่าจะมีผลช่วยส่งเสริมการทำงานในการเก็บประวัติและช่วยระบุตัวตนของบุคคลให้แก่เจ้าหน้าที่ท้องถิ่นได้เป็นอย่างมาก

Thesis Title	Automatic People Checkpoint System
Author	Mr. Kriddikorn Kaewwongsri
Major Program	Computer Engineering
Academic Year	2015

ABSTRACT

In the South of Thailand, the checkpoints for people verification are necessary procedures for the security management of risk zones, such as official buildings in the conflict area. This thesis proposes an automatic checkpoint system that can identify and verify persons by using information from ID cards and face features. The methods of person's information abstraction and verification are introduced based on useful information such as ID number and name extracted from official cards, and face image from videos. The proposed system shows promising results and has a real huge impact to the local society.

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับการดำเนินการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม สุวรรณวร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เอาใจใส่กับข้าพเจ้า ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการทำงานเป็นอย่างมากและยังกระตุ้นข้าพเจ้าให้มีความมุ่งมั่นในการทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดีเรื่อยมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ เพื่อนำมาใช้ในการวางแผน ศึกษา ค้นคว้า จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านธุรการต่าง ๆ ตลอดช่วงของการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ ๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ เป็นกำลังใจ สนับสนุน และให้ความร่วมมือในการจัดเก็บตัวอย่างข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์และคอยให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยอบรมสั่งสอน คอยเลี้ยงดู คอยให้การสนับสนุนด้านการศึกษาค้นคว้าหาความรู้เป็นอย่างดี เป็นกำลังใจที่สำคัญมาโดยตลอด อันช่วยผลให้ผู้ศึกษาได้ประสบความสำเร็จในครั้งนี้

กฤติกร แก้ววงศ์ศรี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(8)
รายการรูปภาพ.....	(10)
รายการตาราง.....	(13)
บทที่1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา.....	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
1.2.1 งานวิจัยประเภทสกัดข้อมูลจากบัตรประจำตัว.....	2
1.2.2 งานวิจัยประเภทรู้จำใบหน้า.....	5
1.3 วัตถุประสงค์.....	7
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ.....	8
2.1 บัตรประชาชนแบบอนเนกประสงค์.....	8
2.2 บัตรอนุญาตขับรถแบบอนเนกประสงค์.....	10
2.3 กระบวนการตรวจจับวัตถุที่สนใจ.....	12
2.3.1 Haar wavelet.....	12
2.3.2 คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลท์.....	13
2.3.3 อัลกอริทึมในการเรียนรู้แบบอดาบูสท์.....	15
2.3.4 การแยกประเภทแบบลำดับขั้น.....	16
2.4 การค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่.....	17
2.4.1 การปรับภาพให้เรียบ.....	17
2.4.2 คำนวณทิศทางเกรเดียนต์.....	18
2.4.3 การขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด.....	18
2.4.4 การกำหนดค่าเทรชโฮล.....	19
2.5 การหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติด้วยวิธีการของโอสู.....	19
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบ.....	21
3.1 การถอดข้อมูลส่วนบุคคล.....	22

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.1.1 การเลือกภาพที่ใช้ในการสกัดข้อมูล.....	22
3.1.2 การค้นหาตำแหน่งของบัตรและการหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง.....	28
3.1.3 การระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล.....	38
3.2 การตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล.....	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	43
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาและทดสอบ.....	43
4.2 การทดลองเพื่อการถอดข้อมูลส่วนบุคคล.....	43
4.2.1 การทดลองในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูล.....	43
4.2.2 การทดลองในการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง.....	44
4.2.3 การทดลองในการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล.....	44
4.3 การทดลองเพื่อการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล.....	45
4.4 การประเมินประสิทธิภาพการถอดข้อมูลส่วนบุคคล.....	52
4.4.1 การประเมินผลในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูล.....	52
4.4.2 การประเมินผลในการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง.....	53
4.4.3 การประเมินในด้านารระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล.....	55
4.5 การประเมินประสิทธิภาพการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล.....	57
4.6 ทดสอบการรวมระบบ.....	60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล.....	62
5.2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล.....	63
5.3 สรุปภาพรวมระบบ.....	63
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก ก.....	67
ประวัติผู้เขียน.....	74

รายการรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบที่ 1-1 การประมาณตำแหน่งและการสกัดข้อมูล.....	2
ภาพประกอบที่ 1-2 ขั้นตอนการดึงข้อมูล.....	3
ภาพประกอบที่ 1-3 ผังการทำงานการสกัดและรู้จำหมายเลขบัตร.....	3
ภาพประกอบที่ 1-4 ตำแหน่งลักษณะเด่นต่าง ๆ	4
ภาพประกอบที่ 1-5 การระบุจุดสำคัญบนใบหน้าโดยวิธีการ ASM.....	5
ภาพประกอบที่ 1-6 ผลลัพธ์จากการจำลองวีรรอยเพื่อใช้ในการรู้จำ.....	6
ภาพประกอบที่ 1-7 ลำดับการทำงานของกรู้อำนาจโดย Self-PCA.....	6
ภาพประกอบที่ 2-1 โครงร่างบัตรประจำตัวประชาชนนอกประเทศด้านหน้า.....	9
ภาพประกอบที่ 2-2 โครงร่างบัตรประจำตัวประชาชนนอกประเทศด้านหลัง.....	10
ภาพประกอบที่ 2-3 บัตรประจำตัวประชาชนนอกประเทศด้านหน้าและหลัง.....	10
ภาพประกอบที่ 2-4 ภาพด้านหน้าของใบอนุญาตขับรถแบบนอกประเทศ.....	11
ภาพประกอบที่ 2-5 ภาพด้านหลังของใบอนุญาตขับรถแบบนอกประเทศ.....	12
ภาพประกอบที่ 2-6 ลักษณะของ Sine wave และ Wavelet.....	12
ภาพประกอบที่ 2-7 ลักษณะของ Haar wavelet.....	13
ภาพประกอบที่ 2-8 คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์เวทที่ใช้สำหรับ.....	13
การตรวจจับลักษณะในแบบต่าง ๆ	
ภาพประกอบที่ 2-9 วิธีการคำนวณภาพแบบอินทิกัล.....	14
ภาพประกอบที่ 2-10 การคำนวณหาผลรวมค่าจุดสีในสี่เหลี่ยม D.....	15
ภาพประกอบที่ 2-11 การทำงานของอดาпусท์.....	16
ภาพประกอบที่ 2-12 การทำงานของการแยกประเภทแบบลำดับชั้น.....	17
ภาพประกอบที่ 2-13 การแบ่งคลาสด้วยค่า K.....	19
ภาพประกอบที่ 3-1 การทำงานของระบบจุดตรวจสอบบุคคลเข้าออกโดยอัตโนมัติ.....	21
ภาพประกอบที่ 3-2 รหัสเทียมของขั้นตอนในการตรวจสอบการวางบัตร.....	24
ภาพประกอบที่ 3-3 กระบวนการทำงานโดยรวมของขั้นตอนการตรวจสอบการวางบัตร.....	25
ภาพประกอบที่ 3-4 ค่าความถี่แต่ละช่วงเวลาของวิดีโอ.....	24
ภาพประกอบที่ 3-5 รหัสเทียมของขั้นตอนการตรวจสอบการวางบัตรโดยใช้เทคนิค.....	27
การเรียนรู้พื้นหลังอัตโนมัติ	

รายการรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพประกอบที่ 3-6 ค่าความถี่และค่าเทรซโสลในแต่ละช่วงเวลาของวิดีโอ.....	28
ภาพประกอบที่ 3-7 การเลือกภาพที่นำไปใช้ในการสกัดข้อมูล.....	28
ภาพประกอบที่ 3-8 ผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนในการเตรียมการหาตำแหน่งของบัตร.....	29
ภาพประกอบที่ 3-9 วิธีการประมาณรูปร่างวัตถุโดยวิธีการแบ่งภาพ.....	30
ภาพประกอบที่ 3-10 รหัสเทียมของขั้นตอนในตรวจหาหมุมของบัตรโดยวิธีการ.....	31
ประมาณรูปร่าง	
ภาพประกอบที่ 3-11 จุดผิดพลาดอื่นที่ไม่ใช่หมุมบัตรที่แท้จริง.....	32
ภาพประกอบที่ 3-12 การจัดกลุ่มของจุดที่มีระยะห่างกันไม่เกิน 60 พิกเซล.....	32
ภาพประกอบที่ 3-13 ผลของการรวมจุดที่อยู่ใกล้ ๆ กันด้วยการหาค่าเฉลี่ย.....	33
ภาพประกอบที่ 3-14 การคัดเลือกจุดเพื่อให้ได้หมุมบัตรที่แท้จริง.....	34
ภาพประกอบที่ 3-15 รหัสเทียมของขั้นตอนในการหาค่าเฉลี่ยจุดบริเวณที่อยู่ใกล้เคียง.....	35
ภาพประกอบที่ 3-16 การกำหนดหมายเลขประจำจุดของแต่ละหมุม.....	36
ภาพประกอบที่ 3-17 ผลการกำหนดหมายเลขประจำจุดของแต่ละหมุม.....	37
ภาพประกอบที่ 3-18 การตรวจจับขอบและการกำหนดขนาดของบัตร.....	38
ภาพประกอบที่ 3-19 การเปรียบเทียบค่า S ของบัตรประชาชนและใบขับขี่.....	39
ภาพประกอบที่ 3-20 จุดสำคัญที่ใช้ในการสกัดองค์ประกอบในการเปรียบเทียบใบหน้า.....	41
ภาพประกอบที่ 3-21 องค์ประกอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบ.....	41
ภาพประกอบที่ 3-22 วิธีการจับคู่ละองค์ประกอบเพื่อการเปรียบเทียบใบหน้า.....	42
ภาพประกอบที่ 4-1 การหาค่าเทรซโสลเพื่อแบ่งแยกประเภทของบัตร.....	44
ภาพประกอบที่ 4-2 ผลของการเปรียบเทียบภาพใบหน้าบุคคลที่หนึ่งกับบุคคลอื่น ๆ	47
ภาพประกอบที่ 4-3 ผลของการเปรียบเทียบภาพใบหน้าบุคคลที่สองกับบุคคลอื่น ๆ	48
ภาพประกอบที่ 4-4 ผลของการเปรียบเทียบภาพใบหน้าบุคคลที่สามกับบุคคลอื่น ๆ	49
ภาพประกอบที่ 4-5 ผลของการเปรียบเทียบภาพใบหน้าบุคคลที่สี่กับบุคคลอื่น ๆ.....	50
ภาพประกอบที่ 4-6 แนวโน้มประสิทธิภาพในการตรวจจับและคัดเลือกภาพ.....	53
ที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลของบัตรประจำตัวประชาชน	
ภาพประกอบที่ 4-7 แนวโน้มประสิทธิภาพในการตรวจจับและคัดเลือกภาพ.....	53
ที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลของบัตรใบอนุญาตขับขี่	

รายการรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพประกอบที่ 4-8 แนวโน้มประสิทธิภาพในการสกัดบัตร์ออกจากภาพและ.....	54
หมุนภาพให้อยู่ในแนวตรงของบัตร์ประจำตัวประชาชน	
ภาพประกอบที่ 4-9 แนวโน้มประสิทธิภาพในการสกัดบัตร์ออกจากภาพและ.....	54
หมุนภาพให้อยู่ในแนวตรงของใบอนุญาตขับขี่	
ภาพประกอบที่ 4-10 แนวโน้มประสิทธิภาพในการระบุบัตร์ประจำตัวประชาชน.....	56
ภาพประกอบที่ 4-11 แนวโน้มประสิทธิภาพในการระบุใบอนุญาตขับขี่.....	56
ภาพประกอบที่ 4-12 แนวโน้มประสิทธิภาพในการสกัดข้อมูลและ.....	56
แปลงตัวอักษรของบัตร์ประจำตัวประชาชน	
ภาพประกอบที่ 4-13 แนวโน้มประสิทธิภาพในการสกัดข้อมูลและ.....	57
แปลงตัวอักษรของใบอนุญาตขับขี่	
ภาพประกอบที่ 4-14 แนวโน้มความถูกต้องของการประเมินการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล.....	58
ภาพประกอบที่ 4-15 ส่วนต่าง ๆ ภายในโปรแกรมระบบของจุดตรวจสอบบุคคล.....	60
เข้าออกอัตโนมัติ	
ภาพประกอบที่ 4-16 ภาพการขณะทำงานของระบบของจุดตรวจสอบบุคคลเข้าออกอัตโนมัติ.....	61

รายการตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองในการถอดข้อมูลส่วนบุคคล.....	45
ตารางที่ 4-2 คะแนนการเปรียบเทียบบุคคลที่หนึ่งกับบุคคลอื่น ๆ	46
ตารางที่ 4-3 คะแนนการเปรียบเทียบบุคคลที่สองกับบุคคลอื่น ๆ	46
ตารางที่ 4-4 คะแนนการเปรียบเทียบบุคคลที่สามกับบุคคลอื่น ๆ	46
ตารางที่ 4-5 คะแนนการเปรียบเทียบบุคคลที่สี่กับบุคคลอื่น ๆ	46
ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองการยืนยันตัวตนบุคคลของระบบการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล.....	51
ตารางที่ 4-7 ประสิทธิภาพความแม่นยำของการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล.....	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

ในทางใต้ของประเทศไทย การรักษาความปลอดภัยถือเป็นปัญหาใหญ่ เนื่องจากผลกระทบจากความไม่สงบในภาคใต้ [1] โดยเฉพาะเขตที่อยู่ในพื้นที่สีแดง ซึ่งปัญหาดังกล่าวได้ครอบคลุมในหลายจังหวัด อันประกอบไปด้วย จังหวัดยะลา นราธิวาส ปัตตานี และบางพื้นที่ในจังหวัดสงขลา (รวมถึงหาดใหญ่) จังหวัดเหล่านี้ ณ ทางเข้าไปยังตึกหรือพื้นที่สาธารณะ เช่น มหาวิทยาลัย สถานีตำรวจ โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้าและอื่น ๆ ทางเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยจะทำการขอให้ผู้ที่เข้าสู่พื้นที่หรือขอให้ลูกค้าแสดงบัตรประจำตัว ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นบัตรประจำตัวประชาชนหรือใบขับขี่เพื่อทำการระบุตัวตน โดยทั่วไปแล้วจุดตรวจบริเวณทางเข้า จะมีการติดตั้งกล้องวงจรปิดไว้เป็นจำนวนอย่างน้อยสองตัว ซึ่งกล้องตัวหนึ่งจะจับภาพไปยังใบหน้าของผู้ขับขี่ และกล้องอีกตัวหนึ่งนั้นจะจับภาพไปที่บัตรประจำตัว แต่การบันทึกดังกล่าวยังคงเป็นการบันทึกข้อมูลรูปแบบของวิดีโอ ไม่ได้มีการวิเคราะห์สกัดข้อมูลในบัตรหรือใบหน้าของผู้เข้าออกแต่อย่างใด ทำให้การค้นหาข้อมูลย้อนหลังต้องใช้เวลาานาน ซึ่งเจ้าหน้าที่จะต้องค้นหาตั้งแต่ต้นวิดีโอและต้องคอยจับตาดูอยู่ตลอดเวลา จนกว่าจะพบบุคคลที่ต้องการ จึงทำให้ใช้เวลาานานและขาดประสิทธิภาพในการตรวจสอบเป็นอย่างมาก

งานวิจัยชิ้นนี้ ได้นำเสนอระบบที่จะมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบันทึกประวัติ ตรวจสอบ และการค้นหาของระบบที่กล่าวมาในข้างต้น ระบบดังกล่าวนี้จะใช้ประโยชน์จากกล้องวงจรปิดจำนวนสองตัวดังที่กล่าวมาในข้างต้น คือกล้องหนึ่งจะจับภาพไปที่บัตร ส่วนอีกกล้องหนึ่งจับภาพไปยังใบหน้าของผู้ขับขี่ โดยกล้องแรกจะทำหน้าที่สกัดดึงข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการระบุตัวบุคคลเช่น รหัสประจำตัวประชาชน ชื่อและนามสกุล ส่วนกล้องที่สองทำหน้าที่บันทึกภาพใบหน้าของผู้เข้าใช้พื้นที่ หลังจากนั้นระบบดังกล่าวจะทำการจับคู่ข้อมูลกับรูปภาพใบหน้าของเจ้าของบัตร ซึ่งจะถูกจัดเก็บและบันทึกไปยังฐานข้อมูล เมื่อบุคคลดังกล่าวได้ออกจากพื้นที่ ตัวระบบจะทำการสกัดข้อมูลเลขบัตรประจำตัวอีกครั้ง และใช้ข้อมูลดังกล่าวในการเรียกค้นข้อมูลรวมถึงภาพใบหน้าเจ้าของข้อมูลจากฐานข้อมูลและทำการยืนยันด้วยการเปรียบเทียบภาพใบหน้าปัจจุบัน ณ ตอนนั้น ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้คือ ผู้ที่เข้ามาติดต่อหรือทำธุระในพื้นที่นั้นได้ถูกทำดัชนี (Index) ไว้กับข้อมูลที่มีประโยชน์ที่ในการค้นหา ระบบจะยังมีประสิทธิภาพและความสามารถมากยิ่งขึ้น ในกรณีที่ระบบได้รับ

การเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลอาชญากรรมของประเทศ ทำให้ระบบมีความสามารถถึงขั้นแจ้งเตือนหรือติดตามหรือสืบประวัติในกรณีที่เป็นบุคคลที่ทางการต้องการตัวหรือต้องสงสัย

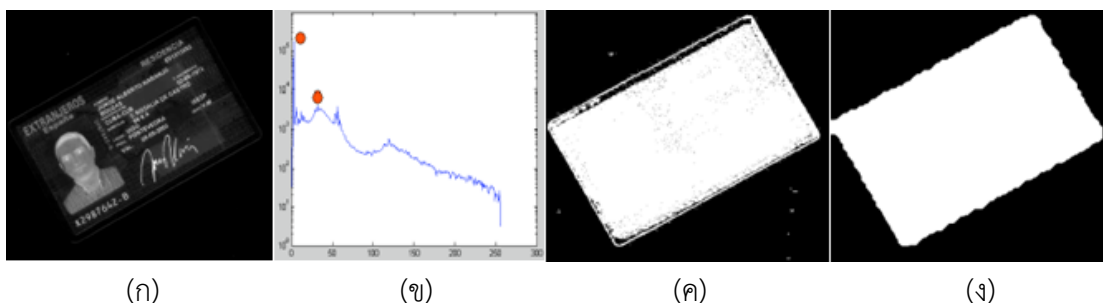
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบจุดตรวจบุคคลเข้าออกอัตโนมัติ คือระบบยืนยันตัวตนบุคคลโดยใช้ใบหน้าจริงของผู้ถือบัตรและข้อมูลจากบัตรประจำตัวที่ผู้ใช้นำมาแสดงตน มาทำการสกัดดึงข้อมูลแล้วทำการจัดเก็บลงฐานข้อมูล และได้ใช้ใบหน้า ในการเปรียบเทียบระหว่างตอนเข้ากับตอนออก ว่าเป็นบุคคลเดียวกันจริงหรือไม่ ซึ่งจากการศึกษามีงานวิจัย 2 ประเภทที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ ได้แก่ งานวิจัยประเภทสกัดข้อมูลจากบัตรประจำตัว และงานวิจัยประเภทรู้จำใบหน้าโดยไม่ขึ้นกับอายุ

1.2.1 งานวิจัยประเภทสกัดข้อมูลจากบัตรประจำตัว

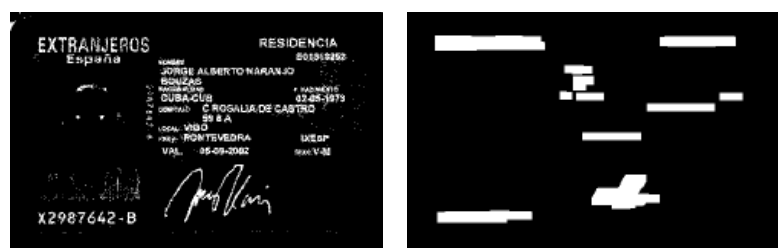
การสกัดข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชนเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดที่สุด เนื่องจากการประมวลผลภาพนั้นไม่ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการเก็บข้อมูล RFID แบบใด ๆ ทั้งสิ้น ซึ่งจากการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดข้อมูลจากบัตรประจำตัวมีดังนี้

F. Martin และ V. Maria [2] ได้นำเสนอการอ่านบัตรประจำตัวของประเทศสเปนโดยอัตโนมัติ (Automatic Reading of Spanish Identity Cards) งานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นเพื่อสกัดข้อมูลจากบัตรประจำตัวของประเทศสเปนที่ออกให้โดยรัฐบาล โดยจะรับข้อมูลเข้าเป็นภาพสแกนของบัตรประจำตัว งานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญกับการเก็บข้อมูลสำคัญอยู่สองส่วนคือรหัสประจำตัวที่อยู่บนบัตรและใบหน้าที่ปรากฏอยู่บนบัตร การแยกบัตรออกจากพื้นหลัง กระทำโดยการถ่ายภาพให้เป็นระดับขาวเทา แล้วทำการปรับความคมชัดโดยใช้ Logarithm Scale ดังภาพประกอบที่ 1-1 (ก) แล้วใช้วิธีการที่เรียกว่า “Peak Detection”[3] ตามภาพประกอบที่ 1-1 (ข) เพื่อหาค่าที่ใช้ในการเทรชโฮล ซึ่งจะได้ผลตามภาพประกอบที่ 1-1(ค) ต่อมานำภาพที่ได้มากระทำการทางลักษณะสัณฐานวิทยา (Morphology) โดยทำการ Closing ต่อด้วย Opening ได้ผลลัพธ์ตามภาพประกอบที่ 1-1(ง)



ภาพประกอบที่ 1-1 การประมาณตำแหน่งและการสกัดข้อมูล

ด้านความชัดของตัวอักษรได้ทำการกรองโดย Bottom-hat ซึ่งจะให้ผลตามภาพประกอบที่ 1-2(ก) และต่อด้วยการหาตำแหน่งของตัวอักษรด้วยการ Closing แล้วต่อด้วย Opening ซึ่งจะให้ผลตามภาพประกอบที่ 1-2(ข) แล้วทำการประมาณตำแหน่งของข้อมูล โดยที่รหัสบัตรจะอยู่ที่ตำแหน่งล่างซ้ายแล้วนำมาทำการ OCR โดยสนใจเฉพาะค่าที่เป็นตัวเลขแล้วนำมาคำนวณกับค่าประจำหลักเพื่อเป็นการตรวจสอบว่ารหัสที่ได้ทำการรู้จำมาถูกต้องหรือไม่

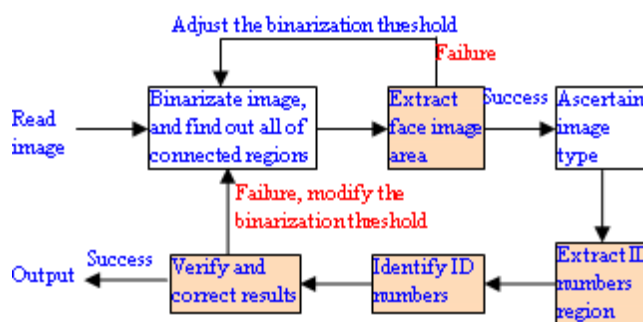


(ก)

(ข)

ภาพประกอบที่ 1-2 ขั้นตอนการดึงข้อมูล

S. Lu, Y. Qu, Y. Cheng และ Y. Xie [4] ได้นำเสนอการรู้จำและแปลความหมายเลขบัตรประจำตัว โดยการให้คะแนนน้ำหนักตัวอักษร (ID Numbers Recognition by Local Similarity Voting) งานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นเพื่อสกัดข้อมูลจากบัตรของประเทศจีนทั้งหมดสามชนิด ได้แก่ บัตรรุ่นที่หนึ่ง (First-generation Card) บัตรรุ่นที่สอง (Second-generation Card) และใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ในการระบุประเภทของบัตร กระทำโดยวิธีการค้นหาตำแหน่งรูปใบหน้าปรากฏอยู่บนบัตร หากว่ารู้อยู่บริเวณซ้ายของบัตรจะถูกระบุว่าเป็นบัตรประเภทรุ่นที่หนึ่ง หากว่ารู้อยู่บริเวณขวาของบัตรจะถูกระบุว่าเป็นบัตรประเภทรุ่นที่สอง หากว่ารู้อยู่บริเวณกลางของบัตรจะถูกระบุว่าเป็นใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์



ภาพประกอบที่ 1-3 ผังการทำงานการสกัดและรู้จำหมายเลขบัตร

การค้นหาใบหน้าพิจารณาจากตำแหน่งที่มีความโดดเด่นบนบัตรโดยทำการเทรซโฮลแบบปรับตัวได้ (Adaptive Threshold) โดยการกำหนดค่าพิทเชลที่มีค่าระหว่าง 180 – 255 เป็นค่า

พิกเซลสว่าง (Bright Pixel) หากมีค่าพิกเซลสว่างมากถึง 5% จะถือว่ารูปนั้นเป็นรูปสว่าง (Bright Image) แต่ถ้าหากว่ามีค่าพิกเซลสว่างไม่ถึง 5% จะถือว่ารูปนั้นเป็นรูปมืด (Dark Image) เริ่มแรกกำหนดค่าเทรชโฮลไว้ที่ 100 สำหรับรูปสว่าง และ 70 สำหรับรูปมืด และเมื่อผ่านค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมแล้วตำแหน่งของรูปใบหน้าจะมีรูปแบบเป็นจุดที่เชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุด โดยที่

- 1) บัตรรุ่นที่หนึ่ง ตำแหน่งของ ผม ปกเสื้อ และเครื่องหมายห้าดาว (Five-pointed Star) จะเด่นกว่าทั้งหมดในภาพ
- 2) บัตรรุ่นที่สอง ตำแหน่งของผม ปกเสื้อ และทั้งศีรษะ มักจะเด่นกว่าทั้งหมดภายในภาพ
- 3) ใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ตำแหน่งของ ผม ปกเสื้อ ตราเครื่องหมาย (Seals) และบริเวณศีรษะทั้งหมดมักจะเด่นกว่าทั้งหมดในภาพ



ภาพประกอบที่ 1-4 ตำแหน่งลักษณะเด่นต่าง ๆ

ต่อมาค้นหาตำแหน่งที่เชื่อมต่อกันและวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างจุดที่เชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดจากซ้ายไปขวาและทำการระบุประเภทของเอกสารโดย

- 1) ถ้าพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดทางด้านซ้ายมีอัตราส่วนน้อยกว่าพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดทางด้านขวา 0.5 รูปนั้นอาจจะเป็น Second Generation ID Card หรือใบอนุญาตขับขี่ ในกรณีนี้ต้องนำมาหาจุดที่เชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดอีกครั้ง โดยถ้าจุดเชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดอยู่ด้านขวาจะเป็น Second Generation ID Card หรือใบขับขี่ ในกรณีนี้ต้องมาพิจารณาอีกครั้งโดยถ้าจุดเชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดอยู่ด้านขวาจะเป็น Second Generation ID Card แต่ถ้าจุดเชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดอยู่ด้านขวาล่างจะเป็นใบอนุญาตขับขี่
- 2) ถ้าพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดทางด้านซ้ายมีอัตราส่วนมากกว่า 1 จะถูกตัดสินว่าเป็น First Generation ID Card
- 3) ถ้าพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันที่ใหญ่ที่สุดทางด้านซ้ายมีอัตราส่วนมากกว่า 0.75 และไม่ต่ำกว่า 2.5 จะถูกตัดสินว่าเป็นใบขับขี่

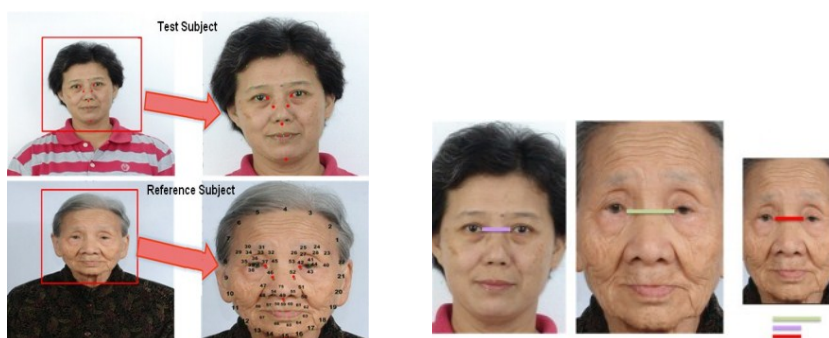
หลังจากนั้นนำบัตรที่ได้มาทำการเข้าสู่รูปแบบเพื่อเทียบตำแหน่งตัวอักษรที่อยู่ภายในบัตรเมื่อได้ตำแหน่งออกมาแล้วก็จะนำเข้าสู่ระบบ OCR เพื่อทำการรู้จำตัวอักษร โดยที่ทำการ

เรียงลำดับความเป็นไปได้ของตัวอักษรตั้งแต่มากที่สุดถึงน้อยสุด แล้วนำมาคำนวณด้วยค่าประจำหลักว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ก็จะนำลำดับต่อไปขึ้นมาคำนวณแทน

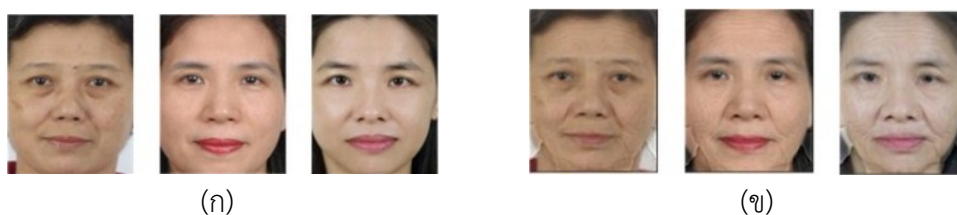
1.2.2 งานวิจัยประเภทรู้จำใบหน้า

การจดจำใบหน้าได้กลายมาเป็นส่วนสำคัญในการวิจัยทางด้านคอมพิวเตอร์วิชัน (Computer Vision) งานวิจัยทางด้านนี้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วจึงมีเทคนิคใหม่ ๆ เกิดขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพรู้จำให้สูงขึ้นหนึ่งในนั้นก็คือ เทคนิคในด้านการจดจำใบหน้าที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุ ซึ่งก็คือระบบที่สามารถจดจำใบหน้าของคน ๆ นั้นได้ ถึงแม้ว่าคน ๆ นั้นจะมีอายุเปลี่ยนแปลงไปเท่าใดก็ตาม ซึ่งได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

C. Hsieh, C. Hu และ C. Pan [5] ได้นำเสนอวิธีการสังเคราะห์การฟื้นฟูวัยรอยบนใบหน้าอย่างง่ายแบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรู้จำ (A Simple Automatic Facial Aging/Rejuvenating Synthesis Method) ได้เสนอระบบที่สามารถฟื้นคืนหรือสังเคราะห์วัยรอยบนใบหน้า (Reversible Human Facial Aging/Rejuvenating Synthesis System) ซึ่งเป็นการนำ Active Shape Model (ASM) มาใช้ร่วมกับ Log-Gabor Wavelet ซึ่งสามารถใช้ในการค้นหาและรู้จำผู้สูงอายุ (Dementia Elderly) ชั้นแรกใช้ข้อมูลจุดสำคัญบนใบหน้าและการตรวจจับใบหน้าและใช้ ASM เพื่อระบุจุดสำคัญบนใบหน้า แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขโดยให้เป็นไปตามหลักการของการไม่แปรเปลี่ยนทางรูปร่าง (Geometric Invariance) ซึ่งก็คือระยะห่างของมุมขอบตาภายในทั้งสองและระยะห่างระหว่างจมูกกับคาง หลังจากนั้นทำการเลือกภาพเป้าหมาย (Target Image) ขึ้นมาหนึ่งภาพซึ่งเป็นคน ๆ เดียวกันกับรูปที่ใช้ในการทดสอบ (Test Image) จากฐานข้อมูล และทำการวิเคราะห์ผิวบนใบหน้า (Texture) ของคน ๆ นั้นด้วย Log-Gabor Wavelet เพื่อที่ให้ได้รับการแยกส่วนประกอบ (Retrieve Decomposition) สุดท้ายทำการจำลอง (Simulate) ใบหน้าของบุคคลนั้น ๆ ในสภาพอายุที่แตกต่างกันโดยการควบคุมจำนวนครั้งของการแยกส่วนประกอบ ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาได้แสดงให้เห็นว่าวิธีที่นำเสนอไปนี้สามารถจำลองวัยรอยบนใบหน้าได้อย่างแม่นยำ

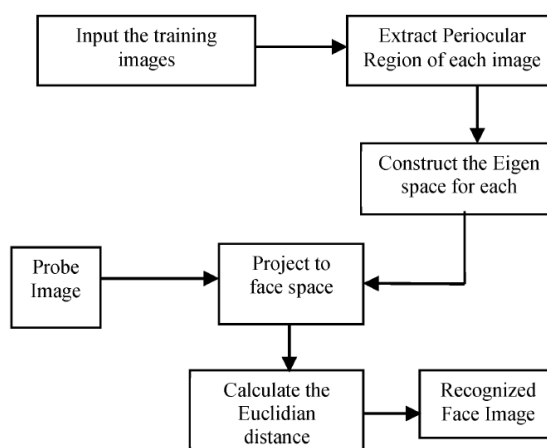


ภาพประกอบที่ 1-5 การระบุจุดสำคัญบนใบหน้าโดยวิธีการ ASM



ภาพประกอบที่ 1-6 ผลลัพธ์จากการจำลองรีวีรอยเพื่อใช้ในการรู้จำ

J.S Nayak, และ M. Indiramma [6] ได้นำเสนอการรู้จำอย่างมีประสิทธิภาพโดยชดเชยในความต่างของอายุ (Efficient Face Recognition with Compensation for Aging Variation) ได้นำเสนอการใช้ PCA ที่มีลักษณะเฉพาะของบุคคลเพื่อเป็นแนวทางพื้นฐานในการจดจำใบหน้าที่ไม่ขึ้นกับอายุ ซึ่งเฉพาะบริเวณดวงตาจะถูกตัดออกมาจากภาพใบหน้าที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมดมาใช้ในการรู้จำเนื่องจากบริเวณดวงตาได้รับการพิจารณาแล้วว่าเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอายุน้อยที่สุดและเป็นจุดที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคลมากที่สุด หลังจากตัดภาพมาแล้วไอเกนสเปซ (Eigen Space) จะถูกสร้างขึ้นสำหรับภาพแต่ละบุคคล ภาพที่ใช้ในการทดสอบจะถูกจับคู่โดยการฉาย (Projecting) ลงไปในไอเกนสเปซของแต่ละภาพแล้วทำการค้นหาระยะห่างแบบยูคลิด (Euclidean) ที่ต่ำที่สุดระหว่างแต่ละภาพ ซึ่งบุคคลไหนได้ระยะห่างน้อยที่สุดจะถูกตอบว่าเป็นบุคคลนั้น อย่างไรก็ตามวิธีนี้ในความเป็นจริงแล้วไอเกนสเปซจะไม่ถูกสร้างขึ้นสำหรับชุดการฝึกซ้อมทั้งหมดแต่จะสร้างเป็นของแต่ละบุคคลเท่านั้น



ภาพประกอบที่ 1-7 ลำดับการทำงานของกรรู้จำโดย Self-PCA

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1. เพื่อวิจัยและพัฒนาระบบตรวจสอบบุคคลเข้าออกบริเวณพื้นที่สนใจ เช่น มหาวิทยาลัย สถานีตำรวจ โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้าโดยใช้ข้อมูลบัตรประจำตัวร่วมกับข้อมูลใบหน้าจริง

1.3.2. เพื่อออกแบบและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ความเหมือนกันของใบหน้า

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1. งานวิจัยนี้ไม่รวมถึงการพัฒนาอัลกอริทึมในการเปรียบเทียบใบหน้าของบุคคล (แต่เป็นการเลือกอัลกอริทึมที่เหมาะสมที่สุดกับระบบ)

1.4.2. งานวิจัยชิ้นนี้อยู่ภายใต้การควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เช่น แสง พื้นหลัง ใบหน้าและบัตรขนานกับกล้อง

1.4.3. สามารถสกัดข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

- 1) เลขประจำตัวประชาชน
- 2) รูปภาพใบหน้าจริง
- 3) รูปภาพบนบัตรประชาชน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้บันทึกประวัติเพื่อใช้ในการตรวจสอบบุคคลเข้าออกตามพื้นที่ต่าง ๆ ได้

1.5.2. ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถยืนยันความเป็นเจ้าของข้อมูลของผู้เข้าออกบริเวณพื้นที่สนใจนำมาใช้แสดงตัวตน ด้วยการเปรียบเทียบใบหน้าได้อย่างถูกต้อง

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บัตรประชาชนแบบเอกประสงค์ [7]

บัตรประจำตัวประชาชนแบบเอกประสงค์ได้มีการเริ่มใช้งานตั้งแต่ปี 2548 เป็นต้นมา ซึ่งเป็นเอกสารราชการ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการแสดงตน พิสูจน์และยืนยันบุคคลในการติดต่อราชการ การขอรับบริการหรือสวัสดิการในด้านต่าง ๆ จากหน่วยงานของรัฐ รวมทั้งใช้ประกอบการทำธุรกิจต่าง ๆ ทำนิติกรรม ฯลฯ ซึ่งภายในบัตรจะมีพื้นที่เก็บข้อมูล (EEPROM) ขนาด 80 Kbytes บรรจุข้อมูลของหน่วยงานต่าง ๆ อีก 5 หน่วยงานได้แก่ กรมการปกครอง สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ข้อมูลของหน่วยบัญชาการกำลังสำรอง สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ข้อมูลพื้นฐานที่ปรากฏอยู่บนบัตรประชาชนของไทยประกอบไปด้วย ชื่อ สกุล วัน/เดือน/ปีเกิด ที่อยู่ตามทะเบียนบ้าน รูปถ่ายของผู้ถือบัตร วัน/เดือน/ปี/ที่ออกบัตร วัน/เดือน/ปีที่หมดอายุ กล้วยเล็บมือ ศาสนา ลายพิมพ์นิ้วมือ (ในส่วนของกล้วยเล็บมือ ศาสนา ลายพิมพ์นิ้วมือจะอยู่ภายในชิพบนบัตร) และเลขประจำตัวประชาชนจำนวน 13 หลัก ซึ่งแต่ละหลักมีความหมายเพื่อเป็นการแบ่งประชาชนให้ชัดเจน

หลักที่ 1 หมายถึง ประเภทบุคคล มีทั้งหมด 8 ประเภท

ประเภทที่ 1 คือ เด็กที่เกิดตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2527

ประเภทที่ 2 คือ เด็กประเภทที่ 1 ที่แจ้งเกิดเกินกำหนดเวลาภายใน 15 วัน หลังวันเกิด

ประเภทที่ 3 คือ คนไทยหรือคนต่างด้าวที่มีใบสำคัญประจำตัวคนต่างด้าว และมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านก่อนวันที่ 31 พฤษภาคม 2527

ประเภทที่ 4 คือ คนไทยหรือคนต่างด้าวที่มีใบสำคัญประจำตัวคนต่างด้าว แต่ไม่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านก่อนวันที่ 31 พฤษภาคม 2527

ประเภทที่ 5 คือ คนที่ได้รับอนุมัติให้มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านกรณีตรวจสอบ

ประเภทที่ 6 คือ คนที่มาอาศัยอยู่ในไทยแต่ไม่ได้มีสัญชาติไทย เช่น ชาวเขาหรือชาวต่างชาติที่มาอยู่ชั่วคราว

ประเภทที่ 7 คือ บุตรของบุคคลประเภทที่ 6 ที่เกิดในไทย

ประเภทที่ 8 คือ คนต่างด้าวที่เข้าเมืองอย่างถูกต้องตามกฎหมาย ได้รับใบสำคัญประจำตัวคนต่างด้าวหรือได้รับการแปลงเป็นสัญชาติไทย

หลักที่ 2-3 หมายถึง จังหวัดที่อยู่

หลักที่ 4-5 หมายถึง เขตหรืออำเภอในจังหวัดนั้น ๆ

หลักที่ 6-10 หมายถึง เลขประจำตัวในทะเบียนบ้านที่แต่ละเขตหรืออำเภอออกให้

หลักที่ 11-12 หมายถึง ลำดับที่ของบุคคลที่จัดลำดับว่าเป็นคนที่เท่าใดในกลุ่มของบุคคลประเภทนั้น

หลักที่ 13 เป็นตัวเลขตรวจสอบความถูกต้องของเลขทั้ง 12 ตัวแรก (Check Digit) โดยสามารถหาได้จากสมการที่ (2-1)

$$n_{13} = 11 - \left(\left(\sum_{i=1}^{12} (n_i \times w_i) \right) \% 11 \right) \tag{2-1}$$

เมื่อ i คือ หลักที่

n_i คือ ตัวเลขรหัสประจำตัวประชาชนในหลักที่ i

w_i คือ ค่าน้ำหนักประจำหลัก โดยหาได้จาก $w_i = 14 - i$

n_{13} คือ ตัวเลขหลักที่ 13 ในรหัสประจำตัวประชาชนซึ่งมีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของเลขทั้ง 12 ตัวแรก (หากค่ามากกว่า 9 ให้เอาหลักหน่วย)

ตัวอย่างเช่น เลขประจำตัวประชาชน 1-2345-67890-12-9-X เมื่อนำ 12 หลักแรกมาคำนวณด้วยสมการที่ (2-1) จะได้เป็น $(1*13) + (2*12) + (3*11) + (4*10) + (5*9) + (6*8) + (7*7) + (8*6) + (9*5) + (0*4) + (1*3) + (2*2) = 352$

Modulation 11: $352 \% 11 = 0$

11- Modulation: $11 - 0 = 11$ (เลือกหลักหน่วย)

ดังนั้นหลักที่ 13 มีค่าเท่ากับ 1



ภาพประกอบที่ 2-1 โครงร่างบัตรประจำตัวประชาชนนอกประเทศด้านหน้า

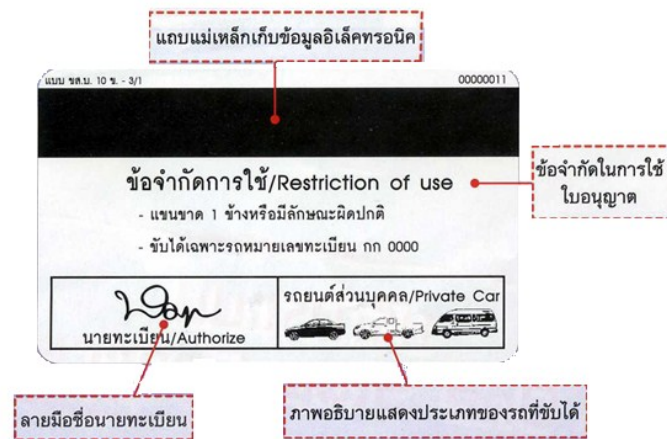
มาตรา 43(4) ใบอนุญาตขับรถมี 10 ชนิด คือ

- 1) ใบอนุญาตขับรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล หรือรถจักรยานยนต์ชั่วคราว
- 2) ใบอนุญาตขับรถยนต์ส่วนบุคคล
- 3) ใบอนุญาตขับรถยนต์สามล้อส่วนบุคคล
- 4) ใบอนุญาตขับรถสาธารณะ
- 5) ใบอนุญาตขับรถสามล้อสาธารณะ
- 6) ใบอนุญาตขับรถจักรยานยนต์
- 7) ใบอนุญาตขับรถบดถนน
- 8) ใบอนุญาตขับรถแทรกเตอร์
- 9) ใบอนุญาตขับรถชนิดอื่นนอกจาก 1 - 8
- 10) ใบอนุญาตขับรถระหว่างประเทศสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลหรือรถจักรยานยนต์

ใบอนุญาตขับรถตามชนิดที่ 1 ใช้สำหรับขับรถบริการให้เช่าเฉพาะในกรณีที่ผู้ขับเป็นผู้เช่าได้ด้วย ใบอนุญาตขับรถตามชนิดที่ 2 ใช้สำหรับขับรถบริการให้เช่าได้ด้วย ใบอนุญาตขับรถตามชนิดที่ 4 ใช้สำหรับขับรถบริการและใช้แทนใบอนุญาตขับรถตามชนิดที่ 2 ได้ด้วย และใบอนุญาตขับรถตามชนิดที่ 5 ใช้แทนใบอนุญาตขับรถตามชนิดที่ 3 ได้ นอกนั้นใช้แทนกันไม่ได้



ภาพประกอบที่ 2-4 ภาพด้านหน้าของใบอนุญาตขับรถแบบบอเนกประสงค์ [8]

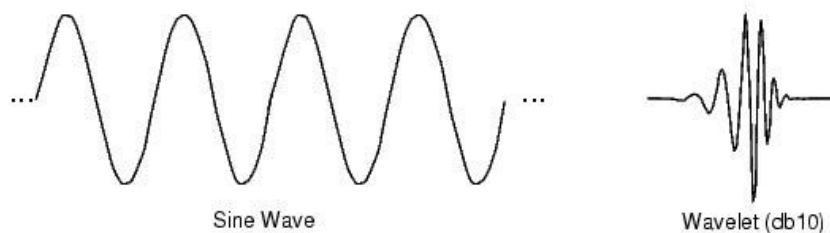


ภาพประกอบที่ 2-5 ภาพด้านหลังของใบอนุญาตขับรถแบบบอเนกประสงค์ [8]

2.3 กระบวนการตรวจจับวัตถุที่สนใจ (Object Detection)

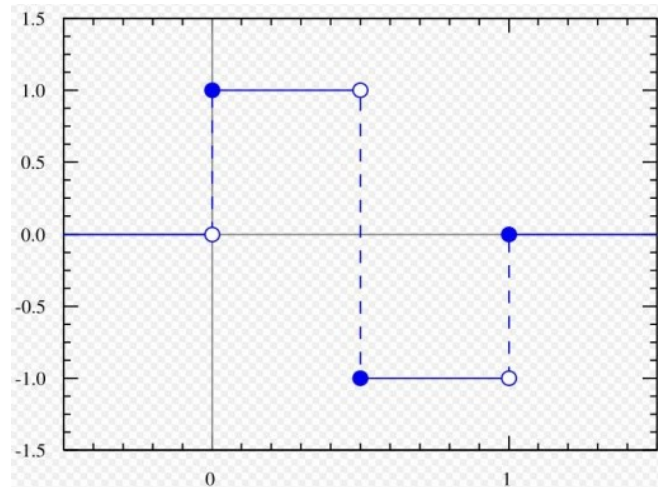
2.3.1 Haar Wavelet

Wavelet Transforms เป็นคณิตศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะของสัญญาณเฉพาะช่วงเวลาและความถี่ที่สนใจได้ ลักษณะของคลื่นแบบนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เป็น Asymmetric และมีค่าเฉลี่ยปฏิกิริยาผันจู่เข้าใกล้ศูนย์



ภาพประกอบที่ 2-6 ลักษณะของ Sine wave และ Wavelet

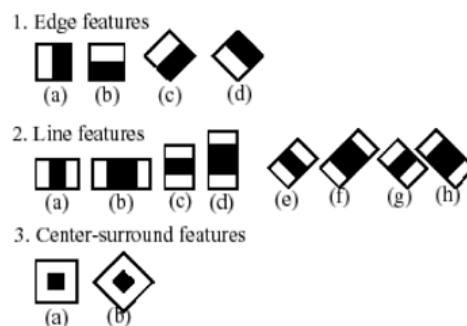
Haar Wavelet เป็น Wavelet พื้นฐาน มีลักษณะเป็น Discrete Function โดย Wavelet แบบนี้มีข้อด้อยคือ ไม่มีความต่อเนื่องของฟังก์ชัน



ภาพประกอบที่ 2-7 ลักษณะของ Haar wavelet

2.3.2 คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลท์ (Haar-Like feature) [9][10]

คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลท์ ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Viola และคณะ แล้วได้ถูกพัฒนาต่อโดย Rainer และคณะ คุณลักษณะเด่น (Feature) จะประกอบไปด้วยสี่เหลี่ยม 2-3 ชั้น (สีดำและสีขาว) ที่อยู่ติดกันและสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่งภายในภาพได้ โดยค่าของคุณลักษณะเด่นก็คือความแตกต่างระหว่างผลรวมของค่าจุดสีภายในพื้นที่สีขาวและสีดำ



ภาพประกอบที่ 2-8 คุณลักษณะเด่นแบบฮาร์ไลท์ที่ใช้สำหรับการตรวจจับลักษณะในแบบต่าง ๆ

การคำนวณค่าของคุณลักษณะเด่นนั้น ใช้หลักการคำนวณแบบอินทิกรัล (Integral Image) ซึ่งทำให้การคำนวณค่าคุณลักษณะเด่นนั้นทำได้เร็วมาก โดยการคำนวณภาพแบบอินทิกรัลที่ตำแหน่ง (x, y) ใด ๆ คือผลรวมของค่าในทุก ๆ จุดสีจนถึงตำแหน่ง (x, y) นั้น ๆ

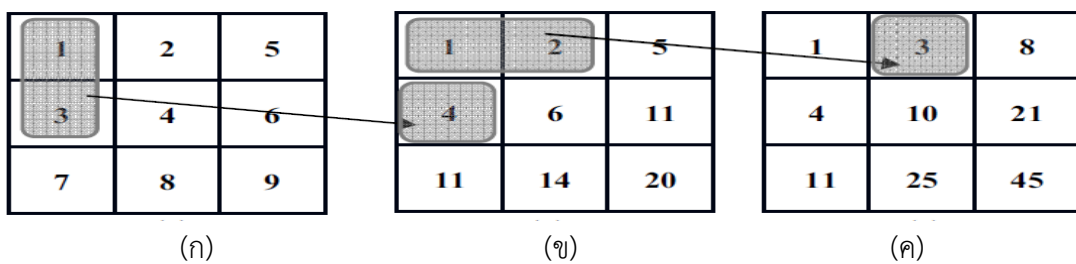
$$ii(x, y) = \sum_{x \leq x', y' \leq y} i(x', y') \quad (2-2)$$

ซึ่ง $ii(x, y)$ คือ การคำนวณภาพแบบอินทิกรัล และ $i(x, y)$ คือ ภาพต้นฉบับ โดยใช้วิธีการคำนวณดังสมการที่ (2-3) และ (2-4)

$$s(x, y) = s(x, y-1) + i(x, y) \quad (2-3)$$

$$ii(x, y) = ii(x-1, y) + s(x, y) \quad (2-4)$$

โดยที่ $s(x, y)$ คือ ค่าผลรวมค่าจุดสี่เหลี่ยม ส่วน $s(x, -1) = 0$ และ $ii(-1, y)$ (ภาพประกอบที่ 2-8)



ภาพประกอบที่ 2-9 วิธีการคำนวณภาพแบบอินทิกรัล (ก) ภาพต้นฉบับ $i(x, y)$ (ข) ผลรวมค่าจุดสี่เหลี่ยม y ($s(x, y)$) (ค) ผลรวมค่าจุดสี่เหลี่ยม x ($ii(x, y)$)

การใช้การคำนวณภาพแบบอินทิกรัลทำให้สามารถคำนวณหาผลรวมค่าจุดสี่เหลี่ยมที่ตำแหน่ง (x, y) ใด ๆ ได้โดยใช้ตำแหน่งอ้างอิง 4 ตำแหน่ง การหาค่าผลรวมจุดสี่เหลี่ยมในสี่เหลี่ยม D สามารถทำได้โดยใช้ตำแหน่งอ้างอิง 4 ตำแหน่ง ตำแหน่งค่าของการคำนวณภาพแบบอินทิกรัลในตำแหน่งที่ 1 ก็คือผลรวมค่าจุดสี่เหลี่ยม A ค่าในตำแหน่งที่ 2 คือ $A + B$ ในตำแหน่งที่ 3 คือ $A + C$ และตำแหน่งที่ 4 คือ $A + B + C + D$ ซึ่งผลรวมค่าจุดสี่เหลี่ยมในสี่เหลี่ยม D คือ $4 - 3 - 2 + 1$ (ภาพประกอบที่ 2-10) ดังนั้นถ้าต้องการหาผลต่างของค่าผลรวมจุดสี่เหลี่ยมของพื้นที่สี่เหลี่ยม 2 ชั้นที่อยู่ติดกัน สามารถทำได้โดยใช้ตำแหน่งอ้างอิง 6 ตำแหน่ง ใช้ตำแหน่งอ้างอิง 8 ตำแหน่งสำหรับพื้นที่สี่เหลี่ยม 3 ชั้นที่อยู่ติดกัน และใช้ตำแหน่งอ้างอิง 9 ตำแหน่งสำหรับพื้นที่สี่เหลี่ยม 4 ชั้นที่อยู่ติดกัน

A	1	B	2
C	3	D	4

ภาพประกอบที่ 2-10 การคำนวณหาผลรวมค่าจุดสี่เหลี่ยม D

2.3.3 อัลกอริทึมในการเรียนรู้แบบอดาบูสต์ (Adaboost Learning Algorithm)

หลักการของอดาบูสต์ (Adaboost) เป็นกระบวนการหาคุณลักษณะเด่นที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงและแตกต่างกับภาพนำเข้าซึ่งมีสองลักษณะ คือ รูปที่มีวัตถุนั้น ๆ ที่สนใจประกอบอยู่ในภาพ และภาพใด ๆ ที่ไม่มีวัตถุที่สนใจอยู่ในภาพ โดยมีการถ่วงน้ำหนักให้คุณลักษณะเด่นทุก ๆ ตัวภายในภาพทั้งบนภาพทั้งสองแบบเพื่อใช้หาลักษณะของวัตถุที่ “ใช่” และ “ไม่ใช่” ลักษณะต่าง ๆ มีกระบวนการดังนี้

- กำหนดภาพตัวอย่าง $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ โดยที่ $y_i = 0, 1$ สำหรับภาพอื่น ๆ และรูปที่มีวัตถุที่สนใจอยู่ตามลำดับ
- กำหนดค่าน้ำหนักเริ่มต้น $w_{1,i} = \frac{1}{2m}$ สำหรับ $y_i = 0, 1$ โดยที่ m และ 1 คือจำนวนของภาพอื่น ๆ และ ตามลำดับ
- ที่เวลา $t = 1, \dots, T$
 - 1) ทำค่าน้ำหนักให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน (Normalize)

$$w_{1,i} \leftarrow \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,j}} \quad (2-5)$$

w_t คือ การแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution)

- 2) สำหรับค่าของแต่ละคุณลักษณะ ($f_j(x)$) จะมีฟังก์ชันแยกตัวประกอบแบบอ่อน (Weak Classifier : $h_j(x)$) และความผิดพลาด (ϵ_j) ขึ้นอยู่กับค่าที่น้ำหนักถ่วงไว้ w_t

$$h_j(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } p_j f_j(x) < p_j \theta_j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-6)$$

$$\epsilon_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i| \quad (2-7)$$

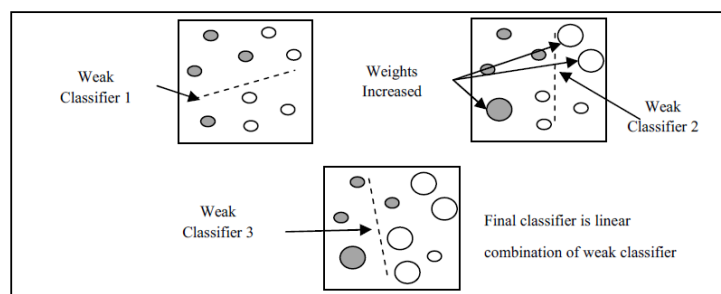
- 3) เลือกเอาเฉพาะคุณลักษณะเด่นที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด
- 4) ปรับค่าน้ำหนัก

$$w_{t+1,i} = w_{t,i} \beta^{1-e_i} \quad (2-8)$$

โดยที่ค่า $e_i = 0$ ถ้าตัวอย่าง x_i ถูกแยกประเภทได้อย่างถูกต้อง
ถ้าไม่เช่นนั้น $e_i = 1$ และ $\beta_t = \frac{\epsilon_t}{1-\epsilon_t}$

- ฟังก์ชันสำหรับแยกประเภทขั้นสุดท้ายแบบแข็งแกร่ง (Strong Classifier)

$$h(x) = \begin{cases} 1 & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t, \alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-9)$$

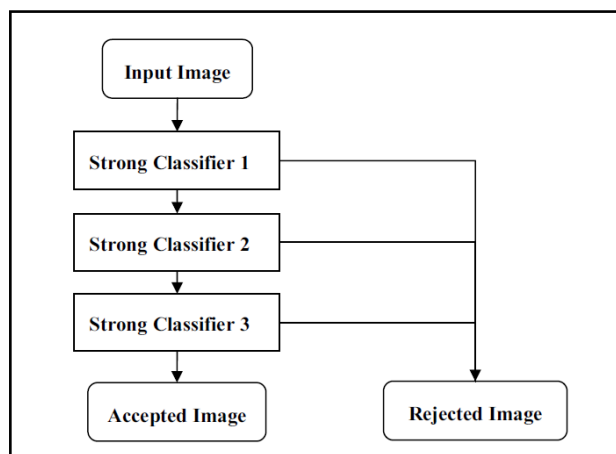


ภาพประกอบที่ 2-11 การทำงานของอดาบูสต์

2.3.4 การแยกประเภทแบบลำดับขั้น (Cascade Classifier)

การแยกประเภทแบบลำดับขั้น เป็นกระบวนการตรวจสอบวัตถุที่สนใจภายในภาพ โดยเริ่มต้นจากการตัดส่วนของภาพออกเป็นภาพย่อย ๆ (Sub Image) แล้วนำภาพย่อย ๆ แต่ละภาพไปเปรียบเทียบกับคุณลักษณะเด่นที่หามาได้ในกระบวนการเรียนรู้ โดยคุณลักษณะเด่นจะถูกจัดไว้เป็นลำดับขั้น ถ้าภาพย่อย ๆ ที่ถูกนำไปเปรียบเทียบกับคุณลักษณะเด่นในลำดับใด ๆ แสดงผลว่าไม่ใช่วัตถุ

ที่กำลังสนใจก็จะถูกตัดทิ้งไปโดยไม่นำมาเปรียบเทียบในลำดับถัดไป แต่ถ้าภาพย่อย ๆ ใดสามารถผ่านการเปรียบเทียบได้ทุกลำดับขั้นก็จะแสดงผลว่าภาพนั้นน่าจะเป็นส่วนของวัตถุที่กำลังสนใจ



ภาพประกอบที่ 2-12 การทำงานของการแยกประเภทแบบลำดับขั้น

2.4 การค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่ (Canny) [11]

ขั้นตอนการค้นหาขอบภาพโดยวิธีของแคนนี่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มต้นจากการ ปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาส์เซียน เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้น หาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง คำนวณค่าขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์ (Gradient) นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าของ Non-Maxima Suppression กับค่าขนาดของเกรเดียนต์เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลงและในขั้นตอน สุดท้าย ใช้การกำหนดจุดอ้างอิงสองระดับ (Double Thresholding) เพื่อระบุค่าของพิกเซลที่เป็น ขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบ โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 การปรับภาพให้เรียบ (Smoothing)

ขั้นตอนแรกการค้นหาขอบโดยอัลกอริธึมของแคนนี่ต้องกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) ออกก่อนด้วยวิธีการใช้ตัวกรองเกาส์เซียน สามารถคำนวณได้โดยการคอนวูลูชัน (Convolution) ด้วยกรอบขนาดเล็ก (Mask) วิธีการใช้ตัวกรองเกาส์เซียน หากมีขนาดกว้างมาก จะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก ถ้าขนาดกรอบกว้างมากเกินไปมีผลทำให้ขอบย่อย ๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดหายไป ผลของภาพที่ผ่านการปรับภาพให้เรียบด้วยตัวกรองเกาส์เซียนหาได้จาก สมการ (2-10)

$$S_{i,j} = I_{i,j} * G_{i,j,\sigma} \quad (2-10)$$

เมื่อ	$S_{i,j}$	คือ ภาพภายหลังการกรอง
	$I_{i,j}$	คือ ภาพที่ต้องการหาขอบ
	$G_{i,j}$	คือ ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian)
	σ	คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจาย

2.4.2 คำนวณทิศทางเกรเดียนต์ (Gradient Calculation)

ขั้นตอน ที่สอง การหาค่าของเกรเดียนต์ในทิศทางของแกน x และแกน y และกำหนดขนาดของอนุพันธ์ อันดับหนึ่งของ $Px_{(i,j)}$ และ $Qy_{(i,j)}$ ตามลำดับดังสมการที่ (2-11) และ (2-12)

$$Px_{(i,j)} = \frac{(S_{i,j+1} - S_{i,j} + S_{i+1,j+1} - S_{i+1,j})}{2} \quad (2-11)$$

$$Qy_{(i,j)} = \frac{(S_{i,j} - S_{i+1,j} + S_{i,j+1} - S_{i+1,j+1})}{2} \quad (2-12)$$

เมื่อ	$P_{i,j}$	คือ ค่าความต่างในแกนแนวนอน
	$Q_{i,j}$	คือ ค่าความต่างในแกนแนวอน

หลังจากนั้น ดำเนินการแปลงรูปแบบจาก Rectangular ไปเป็น Polar (Rectangular-To-Polar Conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของ Gradient ตามสมการที่ (2-13)

$$M_{i,j} = \sqrt{P_{i,j}^2 + Q_{i,j}^2} \quad (2-13)$$

$$\theta = \arctan \frac{Q_{i,j}}{P_{i,j}} \quad (2-14)$$

จากสมการข้างต้นจะสามารถหาค่ามุม θ ออกมาได้เมื่อแทนค่าตัวแปรในฟังก์ชัน $\tan^{-1}(x, y)$

2.4.3 การขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด (Non-maxima Suppression)

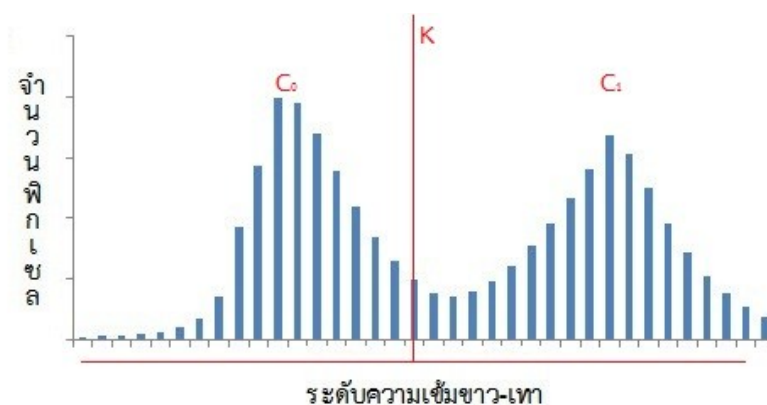
การค้นหาค่าขอบภาพด้วยวิธีการของแคนนี่จุดที่ถือเป็นเส้นขอบของภาพได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับเกรเดียนต์การค้นหาค่าขอบภาพโดยใช้อนุพันธ์อันดับหนึ่งทำให้ได้ขอบที่บางเพียงหนึ่งพิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำ Non-Maxima Suppression จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็น Local Maxima Point ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

2.4.4 การกำหนดค่าเทรชโฮลด์ (Thresholding)

แม้ว่าภาพจะผ่านการขจัดสัญญาณรบกวนในขั้นตอนแรกแล้วก็ตาม ภาพที่ได้ก็ยังมีส่วนที่มีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่อันเนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้น เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่าขีดแบ่งขึ้นมา 2 ค่าคือ High Threshold (T1) และ Low Threshold (T2) โดยพิกเซลที่มีค่า มากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น '1' (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า Threshold ทั้งสองการปรับเป็นค่า '0' หรือ '1' นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้างหากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ค่า > T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้วจะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น '1' และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน

2.5 การหาค่าเทรชโฮลด์โดยอัตโนมัติด้วยวิธีการของโอสุ (Otsu) [12]

การหาค่าเทรชโฮลด์โดยอัตโนมัติของโอสุนั้นได้ใช้หลักการของการกระจายค่าความน่าจะเป็นของฮิสโตแกรมบนข้อมูลภาพ โดยสมมติให้พิกเซลทั้งหมดในภาพสามารถจำแนกได้เป็นสองคลาส คือ C_0 และ C_1 โดยแทนพิกเซลที่มีความเข้มระดับ 0 ถึง K เป็น C_0 และค่า K+1 ถึง L เป็น C_1 เมื่อ L คือค่าความเข้มสูงสุดของภาพระดับขาวเทา (ภาพ $8 = 2^8 = 256$) ดังแสดงตาม ภาพประกอบที่ 2-13 ถัดจากนั้นหาค่าความน่าจะเป็นรวมภายในของแต่ละคลาส ตามสมการที่ (2-15) และ (2-16) เมื่อค่า P ในแต่ละแห่งฮิสโตแกรมได้มาจากสมการ (2-17)



ภาพประกอบที่ 2-13 การแบ่งคลาสด้วยค่า K

$$P(k)_0 = P_0 + P_1 + P_2 + P_k \quad (2-15)$$

$$P(k)_1 = P_{k+1} + P_{k+2} + P_{k+3} + P_L \quad (2-16)$$

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (2-17)$$

- เมื่อ $P(k)_0$ คือ ค่าความน่าจะเป็นรวมในคลาส C_0
 $P(k)_1$ คือ ค่าความน่าจะเป็นรวมในคลาส C_1
 n_i คือ จำนวนพิกเซลที่ในแต่ละแท่งฮิสโตแกรม
 N คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดในรูปภาพ

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยรวม

$$Av = P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4P_4 + \dots + LP_L \quad (2-18)$$

จากนั้นทำการเลื่อนค่า K และทำการคำนวณซ้ำเพื่อให้ได้ค่าสูงสุดของ y

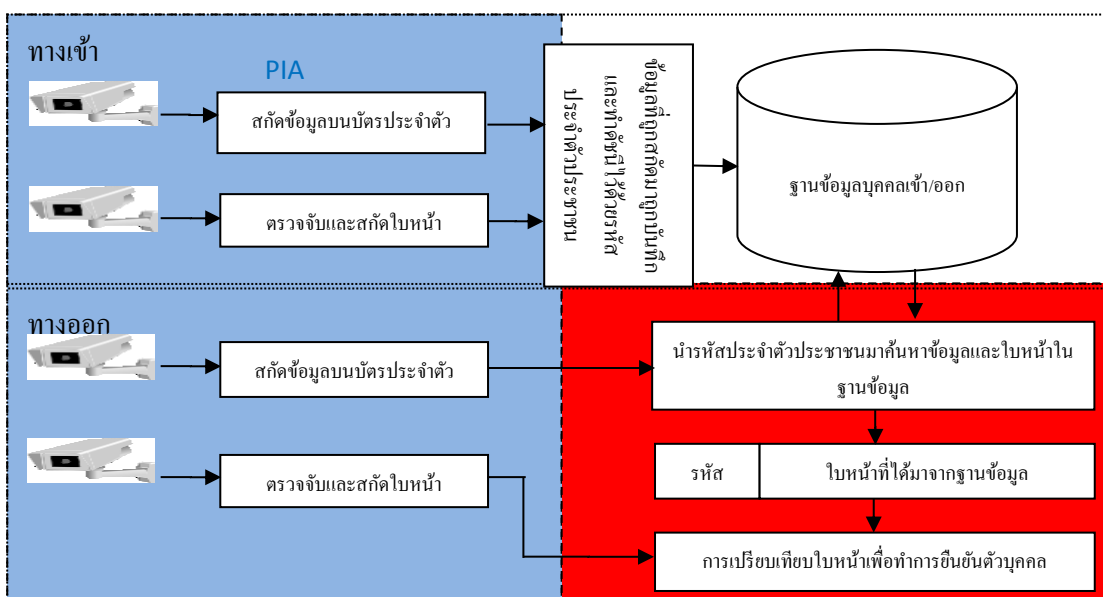
$$y = \frac{(Av(P(k)_0 - P(k)_1))^2}{P(k)_0 \times P(k)_1} \quad (2-19)$$

ค่า K ที่คำนวณได้ค่า y สูงสุดจะเป็นค่าที่นำมาใช้เป็นค่าเทรชโฮลกับรูปภาพนั้น

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบจุดตรวจสอบบุคคลเข้าออกโดยอัตโนมัติแบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ การถอดข้อมูลส่วนบุคคล (Person Information Abstraction - PIA) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่สกัดข้อมูลเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบ และการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล (Person Information Verification - PIV) ซึ่งเป็นส่วนของการตรวจสอบยืนยันความเป็นเจ้าของข้อมูล ในขั้นตอนของ PIA นั้นประกอบไปด้วยการสกัดข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการระบุตัวบุคคลที่บริเวณทางเข้าและออกของบริเวณที่สนใจ ซึ่งประกอบไปด้วยกล้อง CCTV สองตัว ซึ่งกล้องตัวแรกจะมีการตรวจจับและสกัดข้อมูลอันประกอบไปด้วยเลขประจำตัวประชาชนและชื่อของผู้ถือบัตร และกล้องตัวที่สองนั้นใช้สำหรับการตรวจจับและสกัดใบหน้าของผู้เข้าจุดตรวจ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลและมีการทำดัชนีชี้ไว้ด้วยรหัสบัตรประชาชน สำหรับ PIV นั้นถูกนำมาใช้เพื่อยืนยันตัวบุคคลที่ออกจากพื้นที่บริเวณที่สนใจ ซึ่งขั้นตอนของ PIA จะถูกเรียกใช้เพื่อสกัดใบหน้าและข้อมูลที่สำคัญอีกครั้ง ถัดจากนั้นรหัสประจำตัวประชาชนจะถูกนำมาใช้ในการสืบค้นภาพใบหน้าในฐานข้อมูลที่ทำการทำดัชนีชี้ไว้ด้วยหมายเลขประจำตัวประชาชนที่เหมือนกัน หลังจากนั้นจะดำเนินการยืนยันบุคคลโดยใช้การเปรียบเทียบใบหน้าระหว่างใบหน้าที่สกัดมาได้ ณ ขณะนั้นกับใบหน้าในฐานข้อมูล ภาพประกอบที่ 3-1 แสดงให้เห็นถึงภาพรวมของระบบจุดตรวจสอบอัตโนมัติ



ภาพประกอบที่ 3-1 การทำงานของระบบจุดตรวจสอบบุคคลเข้าออกโดยอัตโนมัติ

3.1 การถอดข้อมูลส่วนบุคคล

การถอดข้อมูลส่วนบุคคลเป็นกระบวนการที่ให้ได้มาซึ่งข้อมูลของตัวบุคคล ได้แก่ รหัสประจำตัวประชาชน ชื่อ นามสกุลและเพื่อให้ได้มาซึ่งใบหน้า ณ ที่จุดตรวจสอบ ในการให้ได้มาซึ่งใบหน้าจึงได้นำทฤษฎีของฮาโลทมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของใบหน้า ซึ่งใบหน้าที่ได้มานั้นจะถูกทำดัชนีไว้กับรหัสประจำตัวประชาชนที่ได้มาจากบัตรที่นำมาใช้ ในส่วนของการให้ได้มาซึ่งข้อมูลประจำตัวจากบัตรนั้นประกอบไปด้วยสี่ขั้นตอนหลัก ๆ อันได้แก่ การเลือกภาพที่ใช้ในการสกัดข้อมูล การค้นหาตำแหน่งของบัตร การระบุประเภทของบัตรและการแปลงข้อมูลภาพให้เป็นตัวอักษร (OCR) ในขั้นตอนการเลือกภาพที่ใช้ในการสกัดข้อมูลมีจุดประสงค์เพื่อเลือกภาพไหนมีคุณภาพที่ดีที่สุดจากลำดับภาพในวิดีโอ (Video Frame Sequence) ที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป โดยใช้หลักการตั้งสมมุติฐานเมื่อมีบัตรปรากฏขึ้นภายในภาพจะทำให้ข้อมูลเชิงความถี่ของภาพมีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับภาพที่ปรากฏเฉพาะพื้นหลัง ซึ่งในการที่จะทราบค่าความถี่นั้นได้ใช้เทคนิคการตรวจหาขอบของภาพ (Edge Detection) แล้วทำการนับพิกเซลที่เป็นขอบที่ปรากฏขึ้น ในขั้นตอนของการค้นหาตำแหน่งของบัตรภายในภาพที่ได้รับเลือกแล้วนั้น ได้นำเทคนิคการประมาณรูปทรงวัตถุ (Polygon Approximation) มาประยุกต์ใช้เพื่อหามุมของบัตรและได้ใช้เทคนิคการเปลี่ยนแปลงมุมมอง (Perspective Transformation) เพื่อกระทำการหมุนและปรับขนาดของบัตรให้อยู่ในขนาดที่เท่ากัน

3.1.1 การเลือกภาพที่ใช้ในการสกัดข้อมูล

ในขั้นตอนการเลือกภาพที่ใช้ในการสกัดข้อมูลมีจุดประสงค์เพื่อเป็นการเลือกภาพที่มีคุณภาพดีที่สุดจากลำดับภาพในวิดีโอเพื่อที่จะนำไปใช้ในการสกัดข้อมูล ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนย่อยดังนี้

1) การตรวจสอบความถี่โดยใช้การตรวจหาขอบด้วยวิธีการแคนนี่

ในกระบวนการนี้เป็นกระบวนการแรกที่ใช้ในการเลือกภาพที่จะทำการสกัดข้อมูล ซึ่งในการเลือกต้องทำการตรวจจับการวางบัตรก่อน โดยตั้งสมมุติฐานว่าภาพที่มีการวางบัตรจะเกิดเส้นขอบมากกว่าภาพที่เป็นเพียงพื้นหลังเพียงอย่างเดียวหรืออีกนัยหนึ่งคือภาพที่มีบัตรจะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับพิกเซลที่ถี่กว่าภาพที่มีแต่พื้นหลังเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแต่ละเฟรมวิดีโอที่ภาพแรกจะเป็นพื้นหลังดังนั้นจึงสามารถเลือกภาพแรกเพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการเปรียบเทียบความถี่ที่เป็นพื้นหลังได้ เพื่อคัดแยกภาพที่มีการวางบัตรและภาพที่มีแต่พื้นหลังเพียงอย่างเดียว การตรวจจับขอบภาพโดยวิธีการแคนนี่จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ โดยกำหนดให้ I_t เป็นลำดับภาพที่เข้ามาในปัจจุบัน และ I_b เป็นภาพอ้างอิงที่ได้ทำการรับเลือกให้เป็นพื้นหลัง ซึ่งก่อนจะทำการหาเส้นขอบนั้นจะทำการแปลงภาพให้เป็นระดับขาวเทา (Gray Scale) ก่อนแล้วจึงทำการหาขอบด้วยวิธีการแคนนี่ดังแสดงในสมการที่ (3-1) และ (3-2) ถัดจากนั้นทำการนับพิกเซลที่เป็นเส้นขอบทั้งหมด ดังแสดงในสมการที่ (3-3) และ (3-

4) ซึ่งค่าที่ได้มานั้นถือเป็นค่าความถี่ของภาพ โดยกำหนดให้ f_t และ f_b เป็นค่าความถี่ที่ได้จากภาพภาพปัจจุบันและเป็นค่าความถี่ที่ได้จากภาพที่เป็นพื้นหลัง

$$I'_t(x, y) = K * I_t = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} K(i, j) * I_t(x+i, y+j) \quad (3-1)$$

$$I'_b(x, y) = K * I_b = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} K(i, j) * I_b(x+i, y+j) \quad (3-2)$$

$$f_t = \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} I'_t(x, y) \quad (3-3)$$

$$f_b = \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} I'_b(x, y) \quad (3-4)$$

เมื่อ $I'_t(x, y)$	คือ ภาพหลังการหาขอบของภาพปัจจุบัน
$I_t(x, y)$	คือ ภาพปัจจุบัน
$K(i, j)$	คือ หน้าต่างแค่นี้ที่นำมาคอนวูลูชัน
f_t	คือ ค่าความถี่ของภาพที่เวลา t

ซึ่ง I'_t ที่ได้นั้นจะเป็นรูปภาพขาวดำ (Binary Image) ซึ่งจะถูกพิจารณาเป็นสองกรณีคือ ถ้าจุดภาพที่ (x, y) มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าเป็นบริเวณที่เป็นเส้นขอบหรืออีกนัยหนึ่งคือเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับพิกเซลที่มีความต่างกันมาก ๆ เมื่อเทียบกับพิกเซลรอบ ๆ ซึ่งตัวนี้เองที่จะเป็นการบอกถึงการเกิดความถี่หรือการเปลี่ยนแปลงของระดับพิกเซลขึ้นภายในภาพ ส่วนกรณีจุดภาพที่ (x, y) มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าเป็นบริเวณที่ไม่มีความถี่ใด ๆ เกิดขึ้น ซึ่งค่าเทรชโฮลจะเป็นค่าที่กำหนดว่าภาพนั้นมีการวางบัตรหรือไม่ ซึ่งถ้าค่าความต่างระหว่าง f_b และ f_t ที่ได้นั้นมีค่ามากกว่าค่า T ตามสมการที่ (3-5) จะถูกตัดสินว่าได้มีการวางบัตรเกิดขึ้น ภาพประกอบที่ 3-2 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนวิธีในการในการตรวจสอบการวางบัตรและภาพประกอบที่ 3-3 ได้แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำงานในการตรวจสอบความถี่ของภาพ

$$f_b - f_t > T \quad (3-5)$$

```

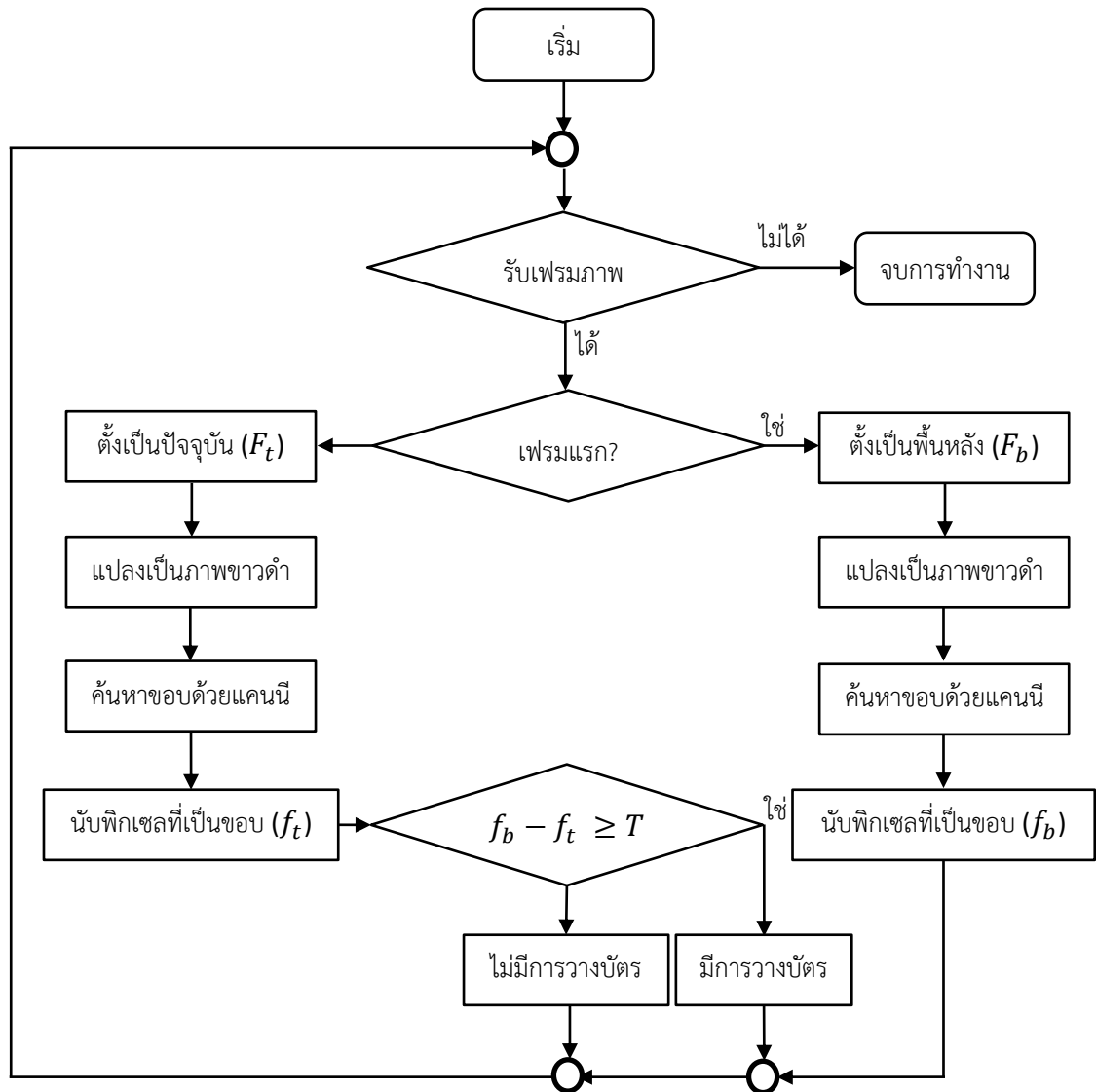
1. START
2. DO
3.   GET FRAME
4.   IF FIRST FRAME THEN
5.     Fb = FRAME
6.     CONVERT Fb TO GRAYSCALE
7.     Fb=CANNY(Fb)
8.     fb = 0
9.     FOR i = 1 TO n
10.      FOR j = 1 TO m
11.        fb = fb+ Fb(i,j)
12.      NEXT
13.    NEXT
14.    fb=100*(fb/nm)
15.  ENDIF
16.  Fi = FRAME
17.  CONVERT Fi TO GRAYSCALE
18.  Fi=CANNY(Fi)
19.  fi = 0
20.  FOR i = 1 TO n
21.    FOR j = 1 TO m
22.      fi = fi+ Fb(i,j)
23.    NEXT
24.  NEXT
25.  fi=100(fi/n*m)
26.  IF fb- fi >= T THEN "Card landing detected"
27.  ELSE "No card landing"
28.  ENDIF
29. UNTIL CAN NOT GET FRAME
30. END

```

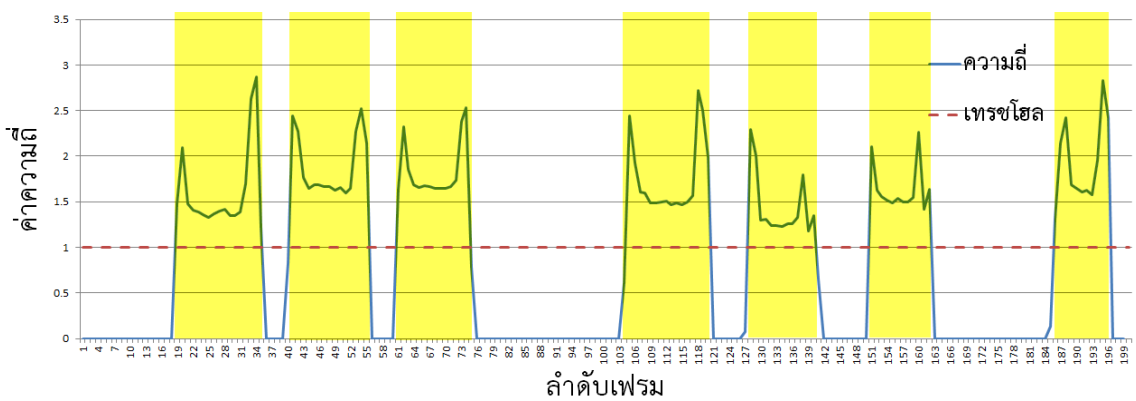
หากเป็นเฟรมแรกทำการรับเฟรมภาพไปไว้ที่ตัวแปร Fb (บรรทัดที่ 4-5) แล้วทำการแปลง Fb ให้เป็นภาพระดับขาวเทาและทำการค้นหาขอบด้วยวิธีการแคนนี่ (บรรทัดที่ 6-7) ถัดจากนั้นทำการนับพิกเซลที่เป็นขอบทั้งหมดใน Fb ไปเก็บไว้ใน fb (บรรทัดที่ 8-13) และทำการแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับจำนวนพิกเซลทั้งหมดภายในภาพ (บรรทัดที่ 14) ถัดจากนั้นวนกลับไปรับเฟรมถัดไปเข้าสู่โปรแกรม

หากไม่ใช่เฟรมแรกให้ทำการรับเฟรมภาพไปไว้ที่ตัวแปร Fi (บรรทัดที่ 16) แล้วทำการแปลง Fi ให้เป็นภาพระดับขาวเทาและทำการค้นหาขอบด้วยวิธีการแคนนี่ (บรรทัดที่ 17-18) ถัดจากนั้นทำการนับพิกเซลที่เป็นขอบทั้งหมดใน Fi ไปเก็บไว้ใน fi (บรรทัดที่ 19-24) และทำการแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับจำนวนพิกเซลทั้งหมดภายในภาพ (บรรทัดที่ 25) ถัดจากนั้นวนกลับไปรับเฟรมถัดไปเข้าสู่โปรแกรม จนกว่าจะรับเฟรมไม่ได้

ภาพประกอบที่ 3-2 รหัสเทียมของขั้นตอนในการตรวจสอบการวางบัตร



ภาพประกอบที่ 3-3 กระบวนการทำงานโดยรวมของขั้นตอนการตรวจสอบการวางบัตร



ภาพประกอบที่ 3-4 ค่าความถี่แต่ละช่วงเวลาของวิดีโอ

จากภาพประกอบที่ 3-4 เมื่อได้ทำการตั้งค่าเทรชโฮลไว้เท่ากับ 1 จะเห็นจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการป้อนวิดีโอเข้าสู่ระบบจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่สีเหลืองนั้นคือบริเวณที่มีค่าความถี่มากกว่าค่าเทรชโฮลซึ่งหมายความว่าภาพเหล่านั้นได้มีการวางบัตรเกิดขึ้น

2) การปรับแต่งหรือค้นหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติ

การให้โปรแกรมมีความสามารถในการที่จะหาค่าหรือปรับแต่งค่าเทรชโฮลได้อัตโนมัติเพื่อให้โปรแกรมเกิดความยืดหยุ่นในการใช้งาน จากการทำงานในสภาวะแสงและเงาที่แตกต่างกันในแต่ละสถานที่หรือต่างช่วงเวลาหรือมีการเปลี่ยนตัวกล้องที่ทำหน้าที่รับข้อมูล ซึ่งปัญหาเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของพิกเซลทั้งสีซึ่งแน่นอนว่าจะทำให้ส่งผลกระทบต่อความถี่ของภาพ ด้วย ดังนั้นระบบจึงจำเป็นต้องมีการเรียนรู้รูปแบบหรือค่าความถี่ที่เปลี่ยนไปเหล่านั้นเพื่อที่จะให้ระบบยังสามารถทำงานต่อไปได้

เพื่อให้การตรวจจับมีความยืดหยุ่นและสามารถจัดการกับปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น เทคนิคการเรียนรู้พื้นหลังอัตโนมัติโดยการหาค่าเฉลี่ยระหว่างการดำเนินการโดยมีเงื่อนไข (Running Average with Selectivity) จึงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุค่าความถี่ที่เป็นพื้นหลังตามสมการที่ (3-6)

$$\begin{aligned}\mu_t &= \alpha f_t + (1 - \alpha)\mu_{t-1} \\ \sigma_t^2 &= \alpha(f_t - \mu_{t-1})^2 + (1 - \alpha)\sigma_{t-1}^2\end{aligned}\quad (3-6)$$

เมื่อ	μ	คือ	ค่าเฉลี่ยของค่าความถี่พื้นหลัง
	α	คือ	ค่าความเร็วในการปรับแต่ง
	σ	คือ	ค่าความแปรปรวนระหว่างความถี่ภาพปัจจุบันกับความถี่พื้นหลัง
	f_t	คือ	ค่าความถี่ของภาพ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3-3)

จากสมการที่ (3-6) เมื่อมีการวางบัตรเกิดขึ้นจะทำให้ค่าความแปรปรวนของความถี่นั้นเปลี่ยนไปมากและถ้าหากค่าความถี่นั้นมีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮล T_t ตามสมการที่ (3-7) จะถูกตัดสินว่าได้มีการวางบัตรเกิดขึ้น

$$\begin{aligned}f_t - \mu_{t-1} &> T_t \\ \text{where } T_t &= K\sigma_{t-1}\end{aligned}\quad (3-7)$$


```

1. DO
2.     GET FRAME
3.     CONVERT FRAME TO GRAYSCALE
4.     Ft=CANNY(Frame)
5.     ft = 0
6.     FOR i = 1 TO n
7.         FOR j = 1 TO m
8.             ft = ft+ Ft(i,j)
9.         NEXT
10.    NEXT
11.    ft=100(ft/n*m)
12.    Threshold = K*Sigma
13.    IF fb-average >= Threshold THEN
14.        "Card landing detected"
15.    ELSE
16.        "No card landing"
17.    ENDIF
18.    Sigma = alpha(fb-Average)^2 + (1-alpha)Sigma^2
19.    Average = alpha*fb + (1-alpha)Average
20. UNTIL CAN NOT GET FRAME
21. END

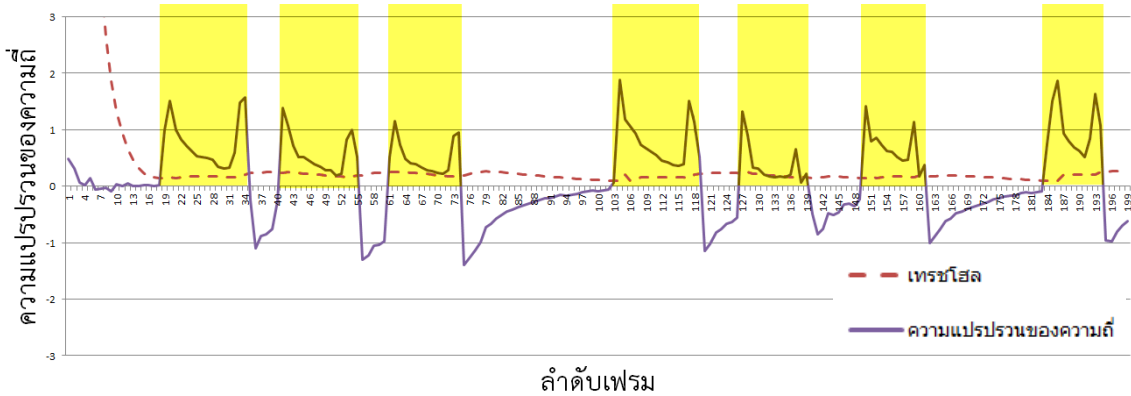
```

ทำการเทรชโฮลค่า fb ถ้าหากค่าความต่างระหว่าง fb กับ average มีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลตามสมการที่ (3-7) แสดงว่ามีการวางบัตรเกิดขึ้น

หาค่า μ และ σ ตามสมการที่ (3-6)

ภาพประกอบที่ 3-5 รหัสเทียมของขั้นตอนการตรวจสอบการวางบัตรโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้พื้นหลังอัตโนมัติ

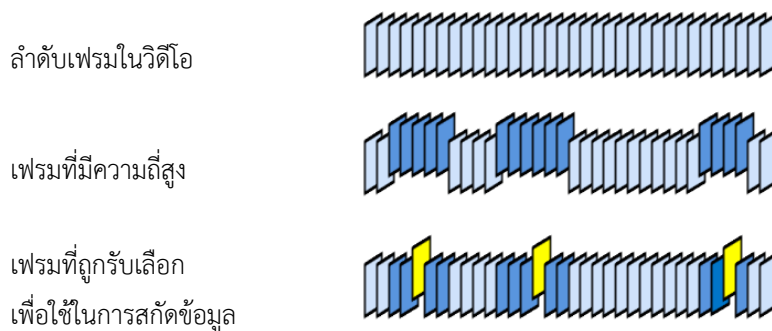
จากภาพประกอบที่ 3-5 คืออัลกอริทึมในการปรับแต่งหรือค้นหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติที่เขียนในรูปของรหัสเทียมที่ได้มาจากสมการที่ (3-6) และ (3-7) ในบรรทัดที่สี่ $F_t = \text{CANNY}(\text{Frame})$ ก็คือ $I_t'(x, y)$ ที่ได้มาจากสมการที่ (3-1) และในบรรทัดที่ 5 จนถึงบรรทัดที่ 11 ก็คือสมการที่ (3-3) หรือก็คือการหาค่า f_t



ภาพประกอบที่ 3-6 ค่าความถี่และค่าเทรชโฮลในแต่ละช่วงเวลาของวิดีโอ

จากภาพประกอบที่ 3-6 แสดงได้ผลลัพธ์ของการหาค่าเทรชโฮลอัตโนมัติที่ได้มาจากสมการที่ (3-7) โดยมีการตั้งค่าเริ่มต้น $\mu_0 = 0$ $\sigma_0 = 100$ $T_0 = 0$ และค่า $K = 1$ ถัดจากนั้นเมื่อมีภาพป้อนเข้าสู่ระบบก็จะมีการปรับแต่งค่าต่าง ๆ เองโดยอัตโนมัติ โดย 15 ภาพแรกใช้ค่า $\alpha = 0.5$ ถัดจากนั้นทำการปรับลดลงมาอยู่ที่ 0.1

อย่างไรก็ตามกระบวนการตรวจจับการวางบัตรตามวิธีข้างต้นนั้นทำให้ได้ภาพที่มีการวางบัตรเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง จึงทำให้บัตรใบเดียวกันปรากฏอยู่ในหลาย ๆ ภาพ ดังแสดงให้เห็นในภาพประกอบที่ 3-7 (สีฟ้า) ถัดจากนั้นภาพที่อยู่ตรงกลางจะถูกเลือกไปใช้ในการสกัดข้อมูล ดังภาพประกอบที่ 3-7 (สีเหลือง)



ภาพประกอบที่ 3-7 การเลือกภาพที่นำไปใช้ในการสกัดข้อมูล

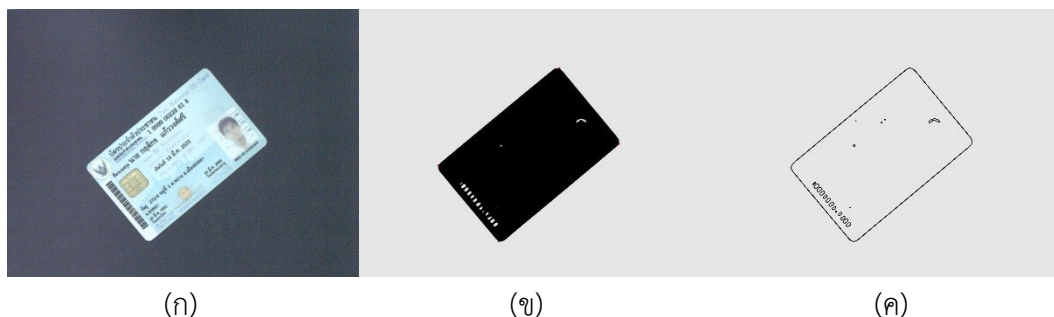
3.1.2 การค้นหาตำแหน่งของบัตรและการหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง

ในขั้นตอนนี้ทำหน้าที่ในการสกัดบัตรประจำตัวออกจากภาพที่ได้รับเลือกมาจากขั้นตอนที่แล้ว ได้นำเทคนิคการประมาณรูปร่างวัตถุ (Polygon Approximation) [13] มาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของบัตรและทำการสกัดบัตรนั้นออกจากภาพหลังจากนั้นทำการหมุนภาพให้กลับมาอยู่ใน

แนวตรงและทำการปรับขนาดโดยใช้เทคนิคการเปลี่ยนแปลงมุมมอง เพื่อเตรียมพร้อมให้แก่การประมวลผลขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ ดังต่อไปนี้

1) การค้นหาตำแหน่งของบัตร

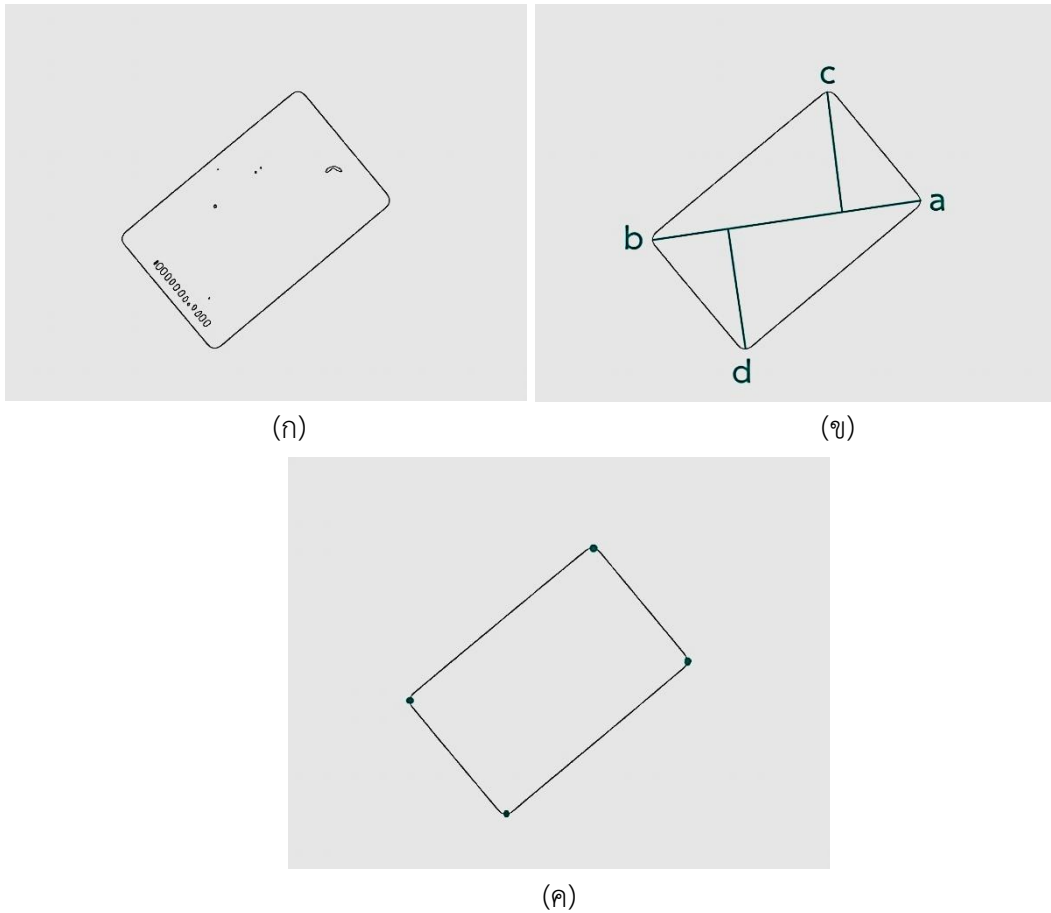
ในขั้นตอนของการค้นหาตำแหน่งของบัตรภายในภาพที่ได้รับเลือกแล้วนั้น ได้นำเทคนิคการประมวลรูปร่างวัตถุ เพื่อเป็นการเตรียมการในการตรวจหาตำแหน่งบัตรจึงได้ทำการปรับขนาดภาพให้มีขนาด 1440×1080 และแปลงภาพให้เป็นภาพขาวดำก่อนด้วยวิธีการของโอเอสและหลังจากนั้นทำการหาเส้นขอบของวัตถุด้วยวิธีการของแควนนี่ซึ่งจะทำให้ได้ขอบของบัตรที่วางอยู่ในภาพดังภาพประกอบที่ 3-8



ภาพประกอบที่ 3-8 ผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนในการเตรียมการหาตำแหน่งของบัตร

จากภาพประกอบที่ 3-8 แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนในการเตรียมการหาตำแหน่งของบัตรซึ่งภาพประกอบที่ 3-8(ก) เป็นภาพที่ถูกเลือกขึ้นมาเพื่อใช้ในการสกัดข้อมูลจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ ภาพประกอบที่ 3-8(ข) เป็นการแปลงภาพให้เป็นภาพขาวดำซึ่งจะทำให้สามารถลบพื้นหลังและยังคงเหลือแต่บัตร ภาพประกอบที่ 3-8(ค) เป็นการหาขอบของภาพจากภาพประกอบที่ 3-8(ข) ซึ่งจะทำให้ได้ขอบเขตของวัตถุทั้งหมดภายในภาพ

ถัดจากนั้นได้ทำการประมวลรูปร่างวัตถุเพื่อหามุมของบัตรจากวัตถุที่มีจำนวนสมาชิกเส้นขอบมากที่สุดในรูปแบบภาพ ซึ่งการประมวลรูปร่างวัตถุได้ใช้หลักการแบ่งภาพให้เล็กลงไปเป็นส่วนย่อย ๆ จนกระทั่งได้ตามเงื่อนไขจึงจะหยุดกระบวนการแบ่งดังภาพประกอบที่ 3-9



ภาพประกอบที่ 3-9 แสดงวิธีการประมาณรูปร่างวัตถุโดยวิธีการแบ่งภาพ

จากภาพประกอบที่ 3-9 แสดงวิธีการประมาณรูปร่างวัตถุโดยวิธีการแบ่งภาพออกเป็น ส่วนย่อย ๆ โดยทำการแบ่งภาพประกอบที่ 3-9(ก) ให้เล็กลงไปเป็นสองส่วน โดยใช้หลักการพิจารณา เลือกจุดตัดบนตำแหน่งที่ทำให้ได้เส้นแบ่งวัตถุยาวที่สุดและต้องมีระยะห่างระหว่างจุดมากกว่าค่า เอปซิลอน (Epsilon) โดยเส้นตรง ab ที่แสดงให้เห็นในภาพประกอบที่ 3-9(ข) เป็นเส้นที่ทำการตัด แบ่งในครั้งแรก จากนั้นในการแบ่งครั้งต่อ ๆ ไปให้ทำตามขั้นตอนเดิมโดยมีเงื่อนไขเพิ่มเติมว่าเส้นที่ทำการแบ่งครั้งต่อเป็นนั้นจะต้องตั้งฉากกับเส้นแบ่งเดิมซึ่งจากภาพประกอบที่ 3-9(ข) เส้นตัดแบ่งครั้งที่สองคือเส้นตั้งฉากจาก ab ลากไปยัง c จากนั้นทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่สามารถแบ่งเส้นใด ๆ ให้ตรงตามเงื่อนไขได้แล้วอีก จนท้ายสุดได้ผลลัพธ์ดังภาพประกอบที่ 3-9(ค) ซึ่งขั้นตอนดังที่กล่าวมาทั้งหมดของ Douglas Peucker ได้แสดงในรูปแบบของโค้ดเทียมตามภาพประกอบที่ 3-10

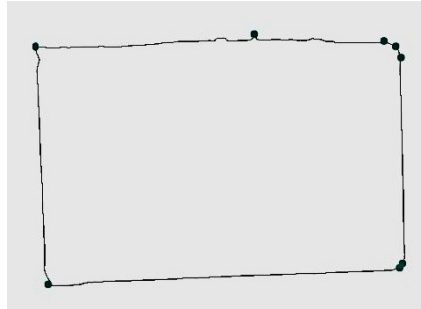
```

1. FUNCTION DouglasPeucker(PointList[], epsilon)
2.     // Find the point with the maximum distance
3.     dmax = 0
4.     index = 0
5.     end = length(PointList)
6.     FOR i = 2 TO ( end - 1)
7.         d = perpendicularDistance(PointList[i], Line(PointList[1],
           PointList[end]))
8.         IF ( d > dmax ) THEN
9.             index = i
10.            dmax = d
11.        ENDIF
12.    NEXT
13.    // If max distance is greater than epsilon, recursively simplify
14.    IF ( dmax > epsilon ) THEN
15.        // Recursive call
16.        recResults1[] = DouglasPeucker(PointList[1...index], epsilon)
17.        recResults2[] = DouglasPeucker(PointList[index...end], epsilon)
18.        // Build the result list
19.        ResultList[] = {recResults1[1...length(recResults1)-1],
           recResults2[1...length(recResults2)]}
20.    ELSE
21.        ResultList[] = {PointList[1], PointList[end]}
22.    ENDIF
23.    // Return the result
24.    RETURN ResultList[]
25. END

```

ภาพประกอบที่ 3-10 รหัสเทียมของขั้นตอนในตรวจหามุมของบัตร์โดยวิธีการประมาณรูปร่าง

อย่างไรก็ตามการหามุมของบัตรโดยเทคนิคการประมาณรูปร่างวัตถุในบางบัตรอาจพบข้อผิดพลาดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับภาพบัตรที่มีการบรรจุอยู่ในซองพลาสติก ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-11



ภาพประกอบที่ 3-11 จุดผิดพลาดอื่นที่ไม่ใช่มุมบัตรที่แท้จริง

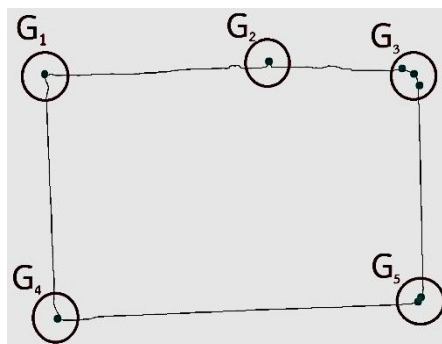
เพื่อให้ได้จุดยอดของมุมเพียงจุดเดียวของแต่ละมุม จึงได้ทำการรวมจุดที่อยู่ใกล้ ๆ กันด้วยการหาค่าเฉลี่ยโดยกำหนดให้

$$P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\} \quad (3-8)$$

เมื่อ

$$p_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix}$$

โดยที่ P คือจุดที่ได้มาจากระยะการประมาณรูปร่างวัตถุซึ่งมีจำนวนสมาชิกทั้งหมด n จุดตามสมการที่ (3-8) และกำหนดให้ G_j คือกลุ่มของจุดที่มีระยะห่างกันไม่เกินค่าเทรชโฮล (ในงานวิจัยนี้ตั้งค่าเทรชโฮลที่ 60) โดยที่ G_j มีค่าตั้งแต่ $G_1, G_2, G_3, \dots, G_m$ โดยที่ m ขึ้นอยู่กับจำนวน p_i ที่อยู่ติดกันเป็นกลุ่มดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-12



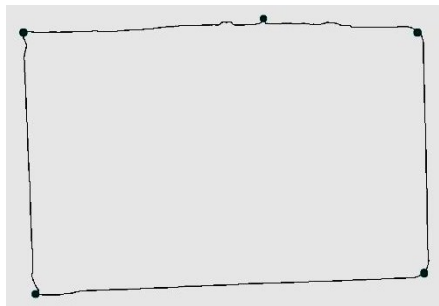
ภาพประกอบที่ 3-12 แสดงการจัดกลุ่มของจุดที่มีระยะห่างกันไม่เกิน 60 พิกเซล

จากนั้นคำนวณหาค่าจุดศูนย์กลางของ G_j โดยกำหนดให้ \bar{c}_j เป็นจุดศูนย์กลางของ G_j โดยที่ \bar{c}_j มีค่าตั้งแต่ $\bar{C}_1, \bar{C}_2, \bar{C}_3, \dots, \bar{C}_m$ ด้วยสมการที่ 3-9 ทำให้ได้ผลลัพธ์ดังภาพประกอบที่ 3-13

$$\bar{c}_j = \left[\frac{x_j}{y_j} \right]$$

$$\bar{c}_j = \frac{\sum_{p_i \in G_j} p_i}{n(G_j)} \quad (3-9)$$

เมื่อ \bar{c}_j คือ จุดศูนย์กลางหรือค่าเฉลี่ยของ G_j
 p_i คือ สมาชิกของ P ที่อยู่ใน G_j



ภาพประกอบที่ 3-13 ผลของการรวมจุดที่อยู่ใกล้ ๆ กันด้วยการหาค่าเฉลี่ย

จากภาพประกอบที่ 3-13 จะเห็นได้ว่าจำนวนจุดที่กระจายอยู่จะถูกรวมเข้าด้วยกันเป็นจุดเดียวโดยการหาค่าเฉลี่ยทำให้สามารถลบจำนวนจุดที่อยู่กันเป็นกลุ่มให้เหลือน้อยลงได้แต่ยังคงเหลือจุดอื่นที่ไม่ใช่เป็นมุมของบัตรที่แท้จริงอยู่

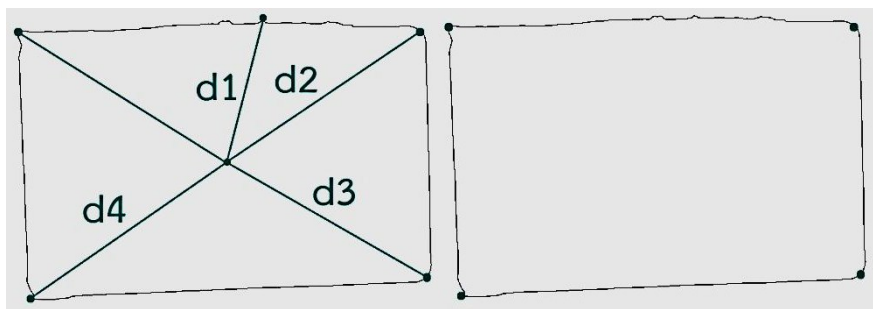
ในขั้นตอนต่อมาจึงเป็นขั้นตอนของการลบจุดที่ไม่ใช่มุมของบัตรโดยใช้สมมติฐานที่ว่าจุดพิทเชลที่เป็นเส้นขอบที่อยู่บริเวณมุมของบัตรจริง ๆ จะมีระยะห่างที่ไกลกว่าทุกจุดที่เป็นเส้นขอบของบัตร จากสมมติฐานดังกล่าวดังนั้นจึงได้ทำการวัดระยะห่าง d_j , จากจุดเฉลี่ย \bar{C}_j ที่ได้จากสมการ (3-9) ไปยังจุดศูนย์กลางของบัตรซึ่งแทนด้วย \bar{C} ที่สามารถหาได้จากสมการที่ (3-10) ดังแสดงให้เห็นตามภาพประกอบที่ 3-14(ก) โดยระยะ d_j , หาได้จากสมการที่ (3-11) และมีจำนวนตั้งแต่ $d_1, d_2, d_3 \dots d_m$ และถัดจากนั้นทำการเลือกเฉพาะจุดที่มีระยะห่างมากที่สุดเพียงสี่ค่ามาเป็นจุดยอดใน

แต่ละมุมดังภาพประกอบที่ 3-14(ข) และภาพประกอบที่ 3-15 นั้นได้แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำงานทั้งหมดตั้งแต่สมการที่ (3-8) จนถึงสมการที่ (3-11) ที่ใช้ในการหามุมของบัตร

$$\bar{C} = \begin{bmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \end{bmatrix}$$

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad (3-10)$$

$$d_j = \sqrt{|c_j - \bar{C}|^2} \quad (3-11)$$



(ก)

(ข)

ภาพประกอบที่ 3-14 การคัดเลือกจุดเพื่อให้ได้มุมบัตรที่แท้จริง


```

1. FUNCTION Grop_average(PointList[])
2.     Vector GroupList
3.     DO
4.         Vector SetGroup
5.         FOR p = 2 TO n
6.             distance= Euclidean(PointList[1], PointList[n])
7.             IF Distance < 60 THEN
8.                 PUSH PointList[n] to SetGroup
9.                 ERASE PointList[n]
10.                p-- //ไม่ต้องเพิ่มค่า q ในครั้งถัดไป เนื่องจาก PointList
                    //ถูกเลื่อนมาหนึ่งช่องจากการลบ
11.            ENDIF
12.        NEXT
13.        PUSH PointList[1] to SetGroup
14.        ERASE PointList[1]
15.        PUSH SetGroup TO GroupList
16.    UNTIL length(PointList[])==0
17.    Vector PointAverage
18.    FOR i = 1 TO length(GroupList[])
19.        FOR j = 1 TO length(GroupList[i])
20.            average = average + GroupList[i][j]
21.        NEXT
22.        average = average /length(GroupList[i])
23.        PUSH average TO PointAverage
24.    NEXT
25. RETURN PointAverage[]
26. END

```

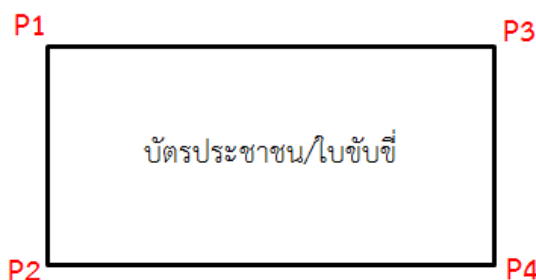
ภาพประกอบที่ 3-15 รหัสเทียมของขั้นตอนในการหาค่าเฉลี่ยจุดบริเวณที่อยู่ใกล้เคียง

2) การสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง

ในขั้นตอนนี้จะทำหน้าที่สกัดดึงบัตรประจำตัวออกจากภาพ ทำการหมุนให้กลับมาอยู่ในแนวตรงและปรับขนาดของบัตรให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน เพื่อเตรียมความพร้อมให้กับการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูลไปใช้งาน ในขั้นตอนนี้จะใช้เทคนิคการเปลี่ยนแปลงมุมมอง โดยใช้จุดทั้งสี่จุดที่เป็นมุมของบัตรโดยกำหนดให้

$$Q = \{q_1, q_2, q_3, q_4\} \quad (3-12)$$

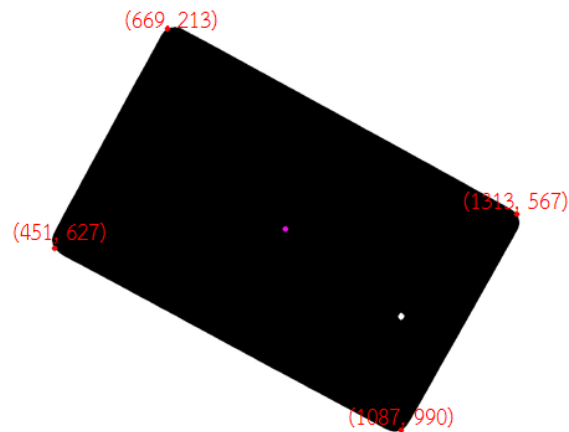
โดยที่เซต Q ในสมการที่ (3-12) คือเซตของ \bar{C}_j ที่มีค่า \bar{D}_j สูงสุดสี่ค่าที่ถูกเลือกมาจากขั้นตอนที่ผ่านมา ซึ่ง Q จะถูกนำมาใช้เป็นจุดอ้างอิงในการสกัดบัตรออกจากภาพ ซึ่งก่อนจะดำเนินการใด ๆ นั้น จำเป็นต้องรู้ให้ได้ก่อนว่าจุด q ใดคือมุมใดของบัตร โดยการกำหนดหมายเลขประจำจุดให้แก่ทุกจุดที่อยู่ใน Q โดยกำหนดให้หมายเลขประจำมุมบัตรเป็นไปตามภาพประกอบที่ 3-16



ภาพประกอบที่ 3-16 การกำหนดหมายเลขประจำจุดของแต่ละมุม

การกำหนดหมายเลขประจำจุดให้แก่จุดนั้นมาสามารถทำได้โดยเงื่อนไขดังต่อไปนี้ตามลำดับ

- ทำการเรียงจุดในเซต Q โดยเรียงจากจุดที่มีค่า x น้อยไปหาค่ามาก
- เลือกจุดคู่แรกทำการเรียงลำดับอีกครั้งโดยเรียงจากจุดที่มีค่า y มากขึ้นก่อน
- เลือกจุดคู่หลังทำการเรียงลำดับอีกครั้งโดยเรียงจากจุดที่มีค่า y มากขึ้นก่อน
- ทำการวัดระยะจากจุดที่หนึ่งไปยังจุดที่สองและสามหากระยะหนึ่งไปสามน้อยกว่าหนึ่งไปสองให้ทำการสลับตำแหน่งที่ y มากที่สุดกับค่า y น้อยที่สุด



ภาพประกอบที่ 3-17 ผลการกำหนดหมายเลขประจำจุดของแต่ละมุม

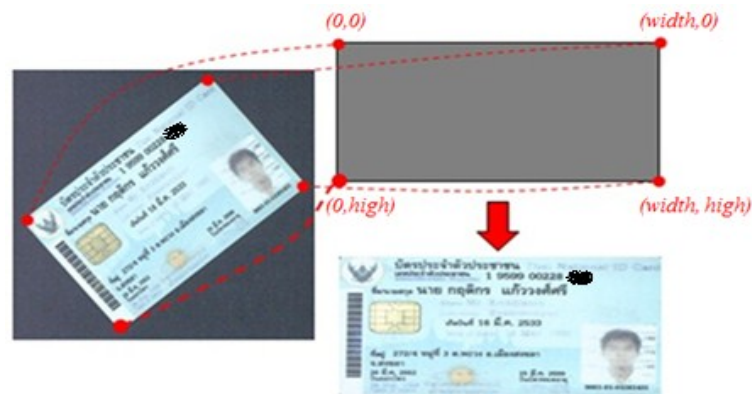
ถัดจากนั้นใช้คุณสมบัติของเทคนิคการเปลี่ยนแปลงมุมมองมาใช้ในการสกัดบัตรออกจากภาพตามสมการที่ (3-13) ซึ่งเป็นเมทริกซ์ที่มีคุณสมบัติในการหมุน (Rotation) การเลื่อน (Translation) และการย่อหรือขยาย (Scaling) ซึ่งสามารถเขียนใหม่ได้เป็นสมการที่ (3-16) ซึ่งการกระทำดังกล่าวเป็นการหมุนและปรับขนาดของบัตรให้อยู่ในขนาดที่เท่ากันภายในครั้งเดียว ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-18

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_0 & h_1 & h_2 \\ h_3 & h_4 & h_5 \\ h_6 & h_7 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3-13)$$

เมื่อ

$$x = \frac{x'}{z'}, y = \frac{y'}{z'}$$

$$\begin{bmatrix} x'_0 \\ y'_0 \\ x'_1 \\ y'_1 \\ x'_2 \\ y'_2 \\ x'_3 \\ y'_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 & y_0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_0x_0 & x_0y_0 \\ 0 & 0 & 0 & x_0 & y_0 & 1 & -y_0x_0 & y_0y_0 \\ x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1x_1 & x_1y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -y_1x_1 & y_1y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2x_2 & x_2y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -y_2x_2 & y_2y_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3x_3 & x_3y_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -y_3x_3 & y_3y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_0 \\ h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \\ h_6 \\ h_7 \end{bmatrix} \quad (3-14)$$



ภาพประกอบที่ 3-18 การตรวจจับขอบและการกำหนดขนาดของบัตร

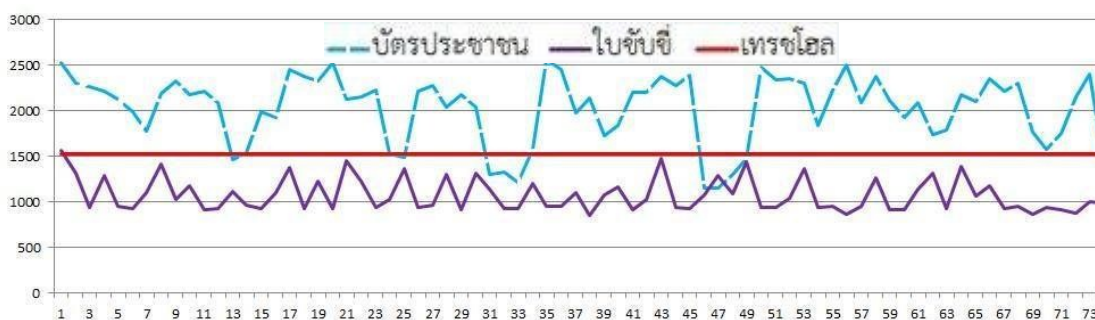
3.1.3 การระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล

ในการระบุประเภทของบัตรนั้นเป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นอย่างมากเพราะเป็นขั้นตอนที่ทำให้สามารถทราบตำแหน่งของข้อมูลบนบัตรที่จะทำการแปลงให้ออกมาเป็นตัวอักษรในขั้นตอนถัดไป ซึ่งในขั้นตอนนี้สนใจเพียงบัตรสองประเภทเท่านั้น ได้แก่ บัตรประจำตัวประชาชนและใบอนุญาตขับขี่ชนิดอเนกประสงค์ ซึ่งในการแยกประเภทของบัตรนั้นได้อาศัยคุณสมบัติความแปรปรวนของค่าความเข้มของแต่ละสีในโมเดลแดงเขียวน้ำเงิน (RGB Model) โดยใช้สมการที่ (3-15) และทำการหาขนาดแปรปรวนรวมของทั้งสามสีโดยสมการที่ (3-16) และได้ผลลัพธ์ตามภาพประกอบที่ 3-19

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{n \sum x_j^2 - (\sum x_j)^2}{n(n-1)}} \quad (3-15)$$

เมื่อ	x_j	คือ	จำนวนของพิกเซลที่ความเข้มที่ j
	σ_i	คือ	ค่าความแปรปรวนของสีในช่องสัญญาณสี (color channel) ที่ i
	s	คือ	ค่าความแปรปรวนรวมทั้งสามสีซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการระบุประเภทบัตร

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} \quad (3-16)$$



ภาพประกอบที่ 3-19 การเปรียบเทียบค่า S ของบัตรประชาชนและใบขับขี่

ซึ่งถ้าค่า S มีค่าสูงกว่าค่าเทอร์ชโฮลจะถูกระบุเป็นบัตรประจำตัวประชาชนในทางกลับกันถ้าต่ำกว่าจะถูกระบุให้เป็นใบอนุญาตขับขี่ โดยค่าเทอร์ชโฮลสามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยระหว่างค่าความแปรปรวนต่ำสุดของบัตรประชาชนและค่าความแปรปรวนสูงสุดของใบขับขี่ เมื่อระบุประเภทของบัตรได้แล้วก็จะทำการเทียบแม่แบบของตำแหน่งข้อมูลที่เตรียมไว้ (Template ROIs) สำหรับบัตรชนิดนั้น ๆ ซึ่งประกอบไปด้วยตำแหน่งของรหัสประจำตัวประชาชน ชื่อและนามสกุล แล้วทำการตัดภาพส่วนนั้นออกมา (Segmentation) และทำให้เป็นภาพขาวดำด้วยวิธีการของโอสุ สุดท้ายทำการแปลงภาพนั้นให้เป็นตัวอักษรโดย Tesseract OCR

3.2 การตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล

การตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคลเป็นกระบวนการยืนยันตัวบุคคลว่าบุคคลใดได้ออกจากบริเวณพื้นที่ที่สนใจ และยังเป็นกระบวนการเปรียบเทียบข้อมูลกับข้อมูลในช่วงที่เข้าสู่พื้นที่ เบื้องต้นกระบวนการถอดข้อมูลส่วนบุคคลจะถูกเรียกใช้อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ได้มาซึ่ง รหัสประจำตัวประชาชน ชื่อและนามสกุล และใบหน้า หลังจากนั้นรหัสประจำตัวประชาชนจะถูกนำไปใช้ค้นหาใบหน้าจากฐานข้อมูลและดำเนินการยืนยันบุคคลโดยใช้การเปรียบเทียบระหว่างใบหน้าที่สกัดมาได้ ณ ขณะนั้นกับใบหน้าที่ได้มาจากฐานข้อมูลซึ่งการที่จะระบุว่าเป็นบุคคลคนเดียวกันจริงก็ต่อเมื่อค่าคะแนนการเปรียบเทียบนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ในการเปรียบเทียบใบหน้านั้นจะใช้วิธีเทียบจากองค์ประกอบของใบหน้าอันได้แก่ ตา จมูก และ ปาก ในขั้นแรกเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบดังกล่าว เทคนิค Flandmark [14] จึงถูกนำมาใช้เพื่อค้นหาตำแหน่งของจุดสำคัญได้แก่ ขอบตาซ้ายและขวา มุมปากและจมูก โดยเทคนิคดังกล่าวใช้การจำแนกเอาที่พู่ที่มีโครงสร้างที่ขึ้นอยู่กับแบบจำลองการเปลี่ยนรูปทรง (Structured Output Classifier Based on The Deformable Part Models) ทำให้ได้จุดสำคัญบนใบหน้า (Landmark) $s = (s_0, \dots, s_{m-1}) \in S$ และถูกวัดคะแนนด้วยฟังก์ชัน $f: I \times S \rightarrow R$ ตามสมการที่ (3-17) เมื่อ I คือ ภาพใบหน้า

$$f(I, s) = \sum_{i=0}^{M-1} q_i(I, s) + \sum_{i=1}^{M-3} g_i(s_0, s_i) + g_5(s_1, s_5) + g_6(s_2, s_6) + g_7(s_0, s_7) \quad (3-17)$$

โดยที่ $q_i(I, s_i)$ และ $g_i(s_i, s_j)$ เป็นค่าที่มีลักษณะพอดีและเป็นค่าที่มีความผิดพลาดน้อยสุด (Appearance Fit and Deformation Cost) ซึ่งค่าเหล่านั้นได้มาจากการเรียนรู้จากภาพตัวอย่าง โดยการใช้วิธีการ Structured Output SVM โดยมีผู้ฝึกสอนทำการเลือกจุดเอง หลังจากนั้นหาค่าสูงสุดของ f โดยใช้การเขียนโปรแกรมแบบไดนามิก (Dynamic Programming) โดยใช้คุณสมบัติ Directed Acyclic Graph เพื่อทำการกรองให้เหลือจุดที่คาดว่าเป็นจุดสำคัญจริง ๆ ทำให้ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.20(ก) (จุดที่1-7) แต่จุดที่ได้มาเหล่านั้นยังไม่เพียงพอที่จะใช้ในการสกัดองค์ประกอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบออกมาได้ ดังนั้น จึงได้มีการคำนวณจุดอ้างอิงเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการสกัดหรือดึงองค์ประกอบเหล่านั้นออกมาซึ่งก็คือจุดที่ 8-12 โดยใช้สมการที่ (3-18)-(3-22) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-20(ข)

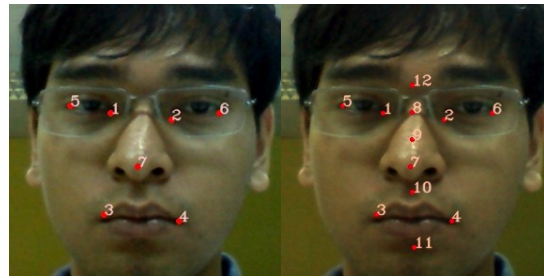
$$P8 = \left(\frac{P1_x + P2_x + P7_x}{3}, \frac{P5_y + P1_y + P2_y + P6_y}{4} \right) \quad (3-18)$$

$$P9 = \left(P8_x, \left(\frac{\left(\frac{P5_y + P1_y + P2_y + P6_y}{4} \right) + P7_y}{2} \right) \right) \quad (3-19)$$

$$P10 = \left(P8_x, \left(\frac{\left(\frac{P3_y + P4_y}{2} \right) + P7_y}{2} \right) \right) \quad (3-20)$$

$$P11 = \left(\frac{P3_x + P4_x}{2}, \frac{P3_y + P4_y}{2} + 1.5 \left(\frac{P3_y + P4_y}{2} - P10_y \right) \right) \quad (3.21)$$

$$P12 = \left(P8_x, \frac{P5_y + P1_y + P2_y + P6_y}{4} - (P9_y - P8_y) \right) \quad (3-22)$$

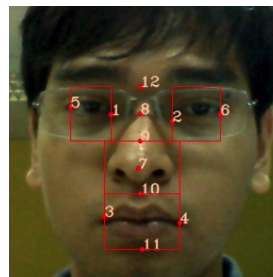


(ก)

(ข)

ภาพประกอบที่ 3-20 จุดสำคัญที่ใช้ในการสกัดองค์ประกอบในการเปรียบเทียบใบหน้า

หลังจากนั้นทำการประมาณตำแหน่งและทำการสกัดองค์ประกอบของใบหน้าจากจุดที่ 1-12 ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-21



ภาพประกอบที่ 3-21 องค์ประกอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

โดยกำหนดให้เซต R ในสมการที่ (3-23) เป็นเซตของตำแหน่งขอบเขตขององค์ประกอบต่าง ๆ บนใบหน้า

$$R = \{R_{r_eye}, R_{l_eye}, R_{nose}, R_{mouth}\} \quad (3-23)$$

โดยที่

$$R_{r_eye} = \{(P5_x, P12_y), (P5_x, P9_y), (P1_x, P12_y), (P1_x, P9_y)\}$$

$$R_{l_eye} = \{(P2_x, P12_y), (P2_x, P9_y), (P6_x, P12_y), (P6_x, P9_y)\}$$

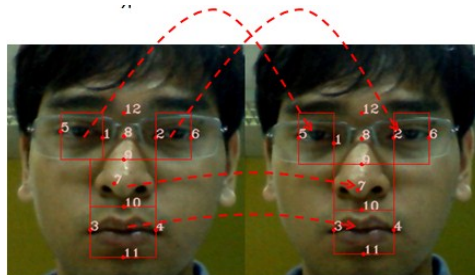
$$R_{nose} = \{(P3_x, P10_y), (P3_x, P11_y), (P4_x, P10_y), (P4_x, P11_y)\}$$

$$R_{mouth} = \{(P3_x, P9_y), (P3_x, P10_y), (P4_x, P9_y), (P4_x, P10_y)\}$$

เมื่อได้องค์ประกอบเหล่านี้ออกมาแล้วภาพองค์ประกอบเหล่านั้นจะถูกทำให้อยู่ในบรรทัดฐานเดียวกัน (Normalized) โดยจะถูกปรับขนาดให้เท่ากันทุกองค์ประกอบ (ในงานวิจัยนี้ใช้ 40×40) และทำการแบ่งภาพออกเป็น 3 ช่องสัญญาณสี ได้แก่ แดง เขียวและน้ำเงิน ซึ่งแต่ละช่องจะถูกทำการ

ขยายฮิสโทแกรมแบบสม่ำเสมอ (Histogram Equalization) แล้วทำการรวมภาพเหล่านั้นกลับเป็นภาพสีถัดจากนั้นทำการแปลงภาพสีนั้นให้เป็นภาพขาวเทา

จากนั้นทำการจับคู่และทำการเปรียบเทียบแต่ละองค์ประกอบของใบหน้าทั้งสองตามภาพประกอบที่ 3-22 โดยกำหนดให้ I_l คือภาพที่นำมาเปรียบเทียบและ I_r คือภาพที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ จากนั้นใช้วิธี Square root of Sum of Squared error (L2) ตามสมการที่ (3-24) ตั้งภาพประกอบที่ 3-21 เพื่อระบุถึงความแตกต่างกันขององค์ประกอบของใบหน้าทั้งสอง หลังจากนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบจากองค์ประกอบทั้งสองจะถูกนำมาหาความแตกต่างรวมโดยสมการยูคลิดีเนียน (Euclidean) ตั้งสมการที่ (3-25)



ภาพประกอบที่ 3-22 วิธีการจับคู่องค์ประกอบเพื่อการเปรียบเทียบใบหน้า

$$E_i = \frac{|I_l(R_i) - I_r(R_i)|}{N \times M} \quad (3-24)$$

$$S = \sqrt{\sum E^2} \quad (3-25)$$

เมื่อ	N	คือ	จำนวนแถวของ R_i
	M	คือ	จำนวนหลักของ R_i
	E_i	คือ	คะแนนความต่างระหว่าง $I_l(R_i)$ กับ $I_r(R_i)$
	S	คือ	คะแนนความต่างรวมระหว่าง I_l และ I_r

บทที่ 4

ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วน คือ การทดสอบการสกัดข้อมูลออกจากบัตร และการทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้า ซึ่งในการทดสอบทั้งสองส่วนนี้ยังอยู่ภายใต้การควบคุมแสง ในการทดสอบสกัดข้อมูลออกจากบัตรนั้นบัตรกับตัวกล้องห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตรและกล้องกับบัตรอยู่ในลักษณะตั้งฉากกัน ในการทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้านั้น ใบหน้าอยู่ในลักษณะตั้งตรงและสามารถมองเห็นบริเวณ ดวงตา จมูก และปากได้อย่างชัดเจน ระยะห่างระหว่างหน้ากับกล้องอยู่ห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตร

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาและทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาบนคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลรุ่น Intel P8700 ความเร็ว 2.5Ghz หน่วยความจำ 2GB ทำการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ Microsoft visual studio C++ 2012 ร่วมกับ OpenCV ในการประมวลผลภาพและใช้ Flandmark ในการหาจุดสำคัญเบื้องต้นบนใบหน้าและใช้ Tesseract OCR ในการแปลงข้อมูลภาพให้เป็นตัวอักษร

4.2 การทดลองเพื่อการถอดข้อมูลส่วนบุคคล

4.2.1 การทดลองในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูล

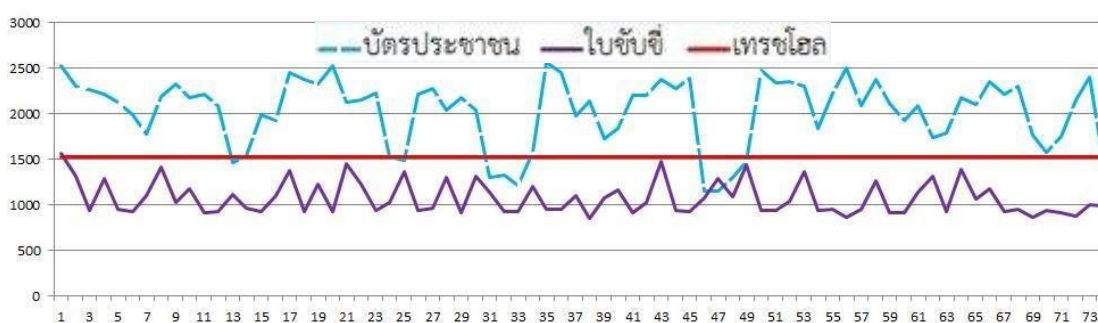
การทดลองในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลนั้น งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างที่เป็นวิดีโอ ซึ่งในวิดีโอประกอบไปด้วย ภาพใบขับขี่และบัตรประจำตัวประชาชน รวมกันทั้งหมด 105 ภาพที่เป็นภาพเคลื่อนไหว ซึ่งได้มาจากใบขับขี่จำนวนสามใบและบัตรประจำตัวประชาชนจำนวนสี่ใบ แต่ละใบจะถูกกระทำการวางทั้งหมดสามรูปแบบ ได้แก่ วางบัตรลงตรง ๆ เอียงซ้ายและเอียงขวา และแต่ละรูปแบบจะถูกทำซ้ำห้าครั้ง ซึ่งจะได้จำนวนภาพเท่ากับ $(3+4) \times 3 \times 5$ ซึ่งวิดีโอที่ได้มานี้ จะถูกนำมาตรวจจับการวางบัตรโดยสมการที่ (3-6) และ (3-7) และถัดจากนั้นเฟรมที่ถูกตรวจจับว่ามีการวางบัตรเหล่านั้นจะถูกนำไปเลือกเฟรมที่ใช้ในการสกัดข้อมูลตามภาพประกอบที่ 3-7 ซึ่งผลลัพธ์จากการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีที่ได้นำเสนอไปนั้นสามารถตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลได้อย่างถูกต้อง 100% ดังแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-1

4.2.2 การทดลองในการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง

การทดลองในการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรงนั้น ในขั้นตอนนี้จะใช้ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองของการตรวจจับและคัดเลือกภาพจากขั้นที่แล้ว ซึ่งได้ผลลัพธ์ 100% ซึ่งคิดเป็นจำนวน 105 ภาพหนึ่ง มาทำการหาตำแหน่งของบัตรโดยการประมาณรูปร่างวัตถุและถัดจากนั้นก็ทำการปรับความเอียงของบัตรโดยเทคนิคการเปลี่ยนแปลงมุมมอง ตามสมการที่ 3-12 ซึ่งผลลัพธ์จากการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีที่ได้นำเสนอไปนั้นสามารถปรับความเอียงของใบขับขี่ได้ 97.77% คิดเป็นจำนวน 44 ภาพ และบัตรประจำตัวประชาชนได้ 100% คิดเป็น 60 ภาพ ซึ่งคิดเป็นความแม่นยำโดยรวมของขั้นตอนนี้ได้ 98.89% ดังแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-1

4.2.3 การทดลองในการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล

ในการทดลองทางด้านการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูลนั้น ได้ใช้ภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนที่แล้วคือ ขั้นตอนการทดลองในการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง มาทำการทดลองซึ่งมีภาพบัตรทั้งหมด 104 ใบ มาทำการระบุประเภทของบัตรโดยใช้ค่าความแปรปรวนของค่าความเข้มแต่ละสีในโมเดลแดงเขียวน้ำเงินตามสมการที่ 3-14 และทำการหาค่าเทรซโฮลเพื่อระบุประเภทของบัตรโดยใช้ค่าความกระจายรวมของสีสูงสุดของใบขับขี่ ซึ่งอยู่ที่ 1620 สาเหตุที่เลือกค่าสูงสุดของใบขับขี่เนื่องจากว่าถ้าดูจากภาพประกอบที่ 4-1 ความแปรปรวนของเส้นกราฟจะมีค่าน้อยกว่าบัตรประจำตัวประชาชนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าเทรซโฮลเพื่อระบุประเภทของบัตร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในการระบุประเภทนั้น ในส่วนของใบอนุญาติขับขี่นั้นถูกต้องทั้งหมด 100% และในส่วนของบัตรประจำตัวประชาชนอยู่ที่ 96.66% ซึ่งถ้าคิดเป็นความแม่นยำในการระบุประเภทของบัตรโดยภาพรวมอยู่ที่ 98.50% ดังแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-1



ภาพประกอบที่ 4-1 การหาค่าเทรซโฮลเพื่อแบ่งแยกประเภทของบัตร

ถัดจากนั้นเมื่อทราบประเภทของบัตรก็ทำการเทียบแม่แบบที่เตรียมไว้สำหรับบัตรประเภทนั้น ๆ ซึ่งแม่แบบนี้ประกอบไปด้วยตำแหน่งข้อมูลต่าง ๆ บนบัตร ถัดจากนั้นก็ทำการตัดภาพส่วนที่

เป็นรหัสประจำตัวประชาชนไปทำการแปลงตัวอักษรภาพให้เป็นตัวอักษรคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สำหรับไบอัญญาตซ์บีและบัตรประจำตัวประชาชนอยู่ที่ 68.18% และ 79.31% ตามลำดับ ซึ่งถ้าคิดเป็นความแม่นยำโดยรวมในการทดลองในเรื่องของการระบุประเภทของบัตรจะอยู่ที่ 73.45% บัตรหนึ่งใบใช้เวลาในการถอดข้อมูลส่วนบุคคลเฉลี่ยใบละ 1686 ms ดังแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองในการถอดข้อมูลส่วนบุคคล

ประเภทของบัตร	การเลือกภาพที่ใช้สกัดข้อมูล	การปรับความเอียงของภาพ	การระบุประเภทของบัตร	การแปลงตัวอักษร
ไบซ์บี	100%	97.77%	100%	68.18%
บัตรประจำตัว	100%	100%	96.66%	79.31%
ความถูกต้องแม่นยำโดยรวม	100%	98.89%	98.50%	73.75%

4.3 การทดลองเพื่อการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล

ในการทดลองเพื่อการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคลนั้น งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างใบหน้าจากบุคคลทั้งหมดสี่คนคนละ 20 ภาพ จะทำให้ได้ภาพใบหน้าทั้งหมด 80 ภาพ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม 40 ภาพแรกจะถูกนำไปเป็นภาพเป้าหมาย (Target Image) และ 40 ภาพหลังจะถูกนำไปใช้เป็นการสอบถาม (Request Image) ในการทดสอบความสามารถในการวัดความเหมือนกันของใบหน้านั้น ใช้วิธีการนำทุกใบหน้าในกลุ่มภาพสอบถามมาเปรียบเทียบกับทุกใบหน้าในกลุ่มภาพเป้าหมายโดยใช้สมการที่ (3-11) ซึ่งคะแนนของการเปรียบเทียบแต่ละคู่ที่นั้นสามารถดูได้จากภาพประกอบที่ 4-2 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพสอบถามที่ได้มาจากบุคคลที่หนึ่งทำการเปรียบเทียบกับทุกภาพในกลุ่มภาพเป้าหมายจากผลลัพธ์ที่ได้มาแสดงให้เห็นว่าถ้าภาพใบหน้าของบุคคลเดียวกันได้รับการเปรียบเทียบกับ (เส้นสีฟ้า) คะแนนที่ได้ออกมาจะต่ำที่สุดซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยที่ 1.28 และในทางกลับกันในการเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ จะให้ค่าที่สูงกว่าคิดโดยเฉลี่ยเป็น 2.26 2.54 และ 3.5 ตามลำดับดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 4-2 ภาพประกอบที่ 4-3 แสดงให้เห็นถึงผลของการเปรียบเทียบของภาพใบหน้าที่ได้มาจากบุคคลที่สอง ซึ่งคะแนนในการเปรียบเทียบกับบุคคลเดียวกันเฉลี่ยอยู่ที่ 1.21 และคะแนนเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ อยู่ที่ 2.26 2.54 และ 3.5 ตามลำดับดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 4-3 และในภาพประกอบที่ 4-4 และ 4-5 นั้น ได้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบของบุคคลที่สามและบุคคลที่สี่กับทุกภาพในกลุ่มภาพเป้าหมายตามวิธีที่กล่าวมาเช่นกันซึ่งก็ได้ผลลัพธ์ในลักษณะที่เหมือนกัน คือ เมื่อเทียบกับบุคคลเดียวกันแล้วได้ค่าที่ต่ำที่สุดคิด

เป็นค่าเฉลี่ยเป็น 1.42 และ 1.71 ตามลำดับในทางกลับกันหากทำการเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นแล้ว จะทำให้ได้คะแนนที่สูงคิดเป็นค่าเฉลี่ยที่ 2.43 ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-2 คะแนนการเปรียบเทียบบุคคลที่หนึ่งกับบุคคลอื่น ๆ

เปรียบเทียบกับ	ค่าความต่างสูงสุด	ค่าความต่างต่ำสุด	ค่าความต่างโดยเฉลี่ย
บุคคลที่หนึ่ง	1.79	0.76	1.28
บุคคลที่สอง	2.51	1.95	2.26
บุคคลที่สาม	2.94	2.10	2.54
บุคคลที่สี่	4.16	2.96	3.51

ตารางที่ 4-3 คะแนนการเปรียบเทียบบุคคลที่สองกับบุคคลอื่น ๆ

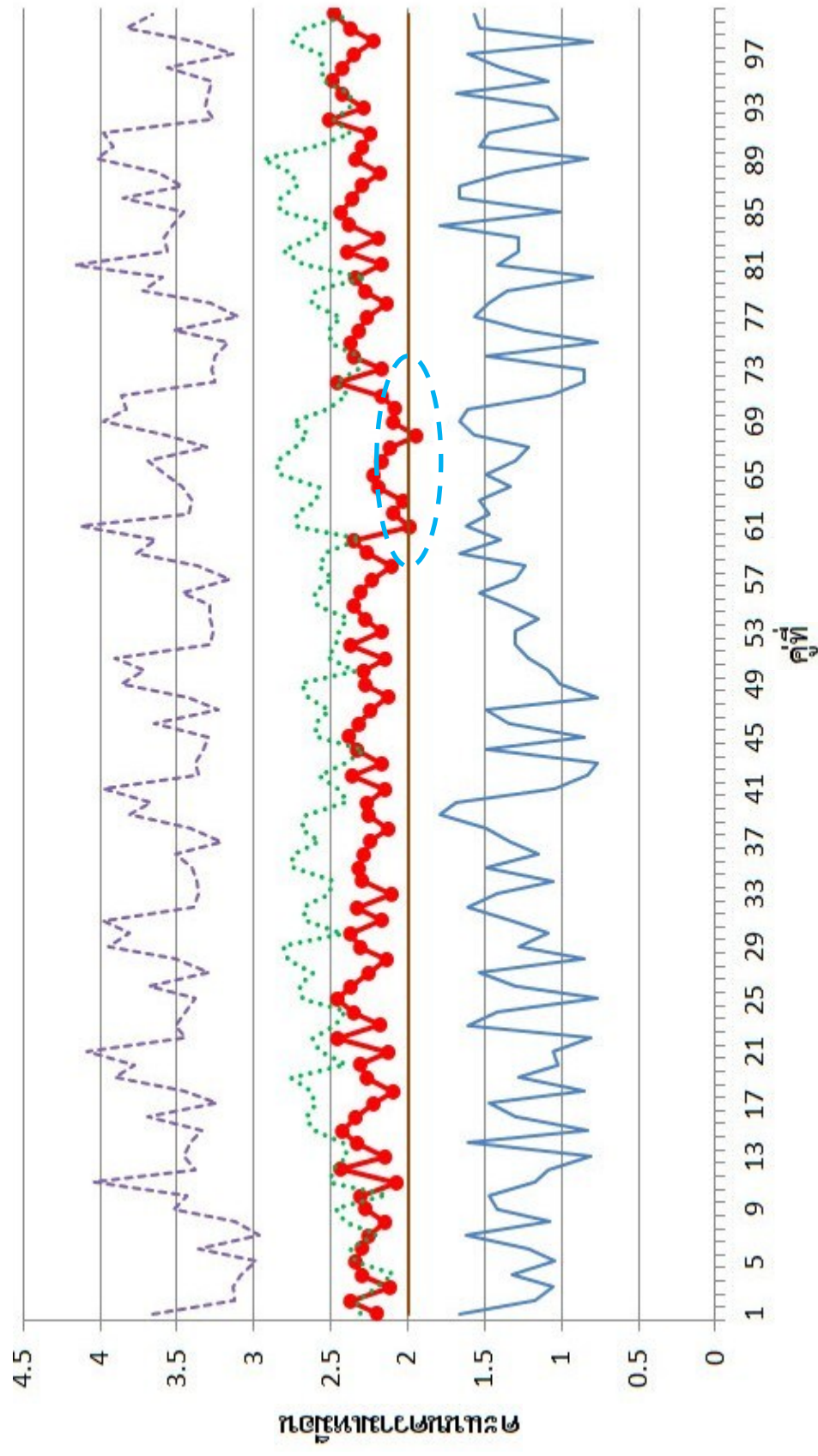
เปรียบเทียบกับ	ค่าความต่างสูงสุด	ค่าความต่างต่ำสุด	ค่าความต่างโดยเฉลี่ย
บุคคลที่หนึ่ง	2.51	1.95	2.26
บุคคลที่สอง	1.75	0.51	1.21
บุคคลที่สาม	3.00	2.50	2.85
บุคคลที่สี่	4.23	3.21	3.66

ตารางที่ 4-4 คะแนนการเปรียบเทียบบุคคลที่สามกับบุคคลอื่น ๆ

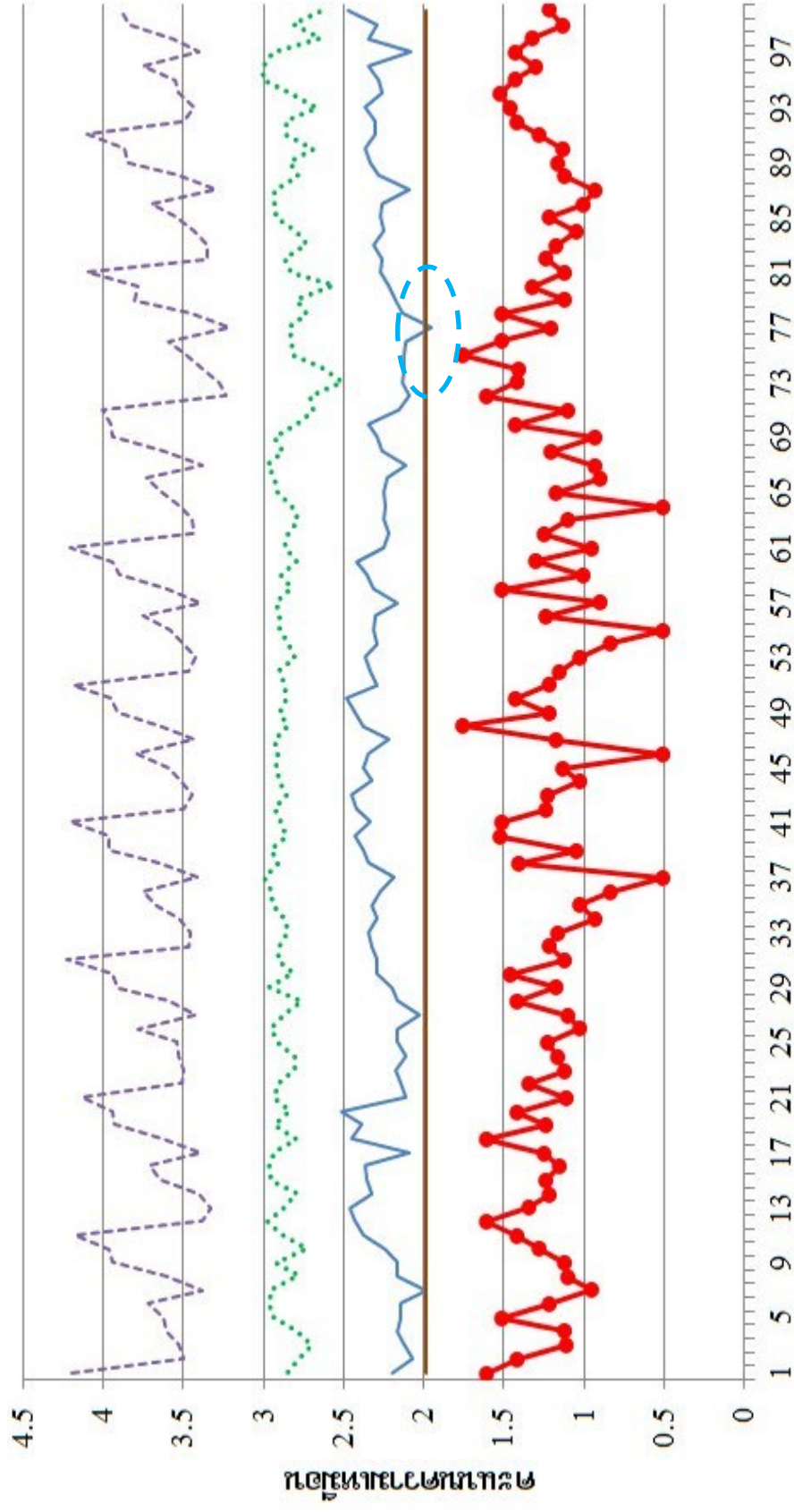
เปรียบเทียบกับ	ค่าความต่างสูงสุด	ค่าความต่างต่ำสุด	ค่าความต่างโดยเฉลี่ย
บุคคลที่หนึ่ง	2.94	2.10	2.54
บุคคลที่สอง	3.00	2.50	2.85
บุคคลที่สาม	1.91	0.66	1.42
บุคคลที่สี่	2.91	2.01	2.43

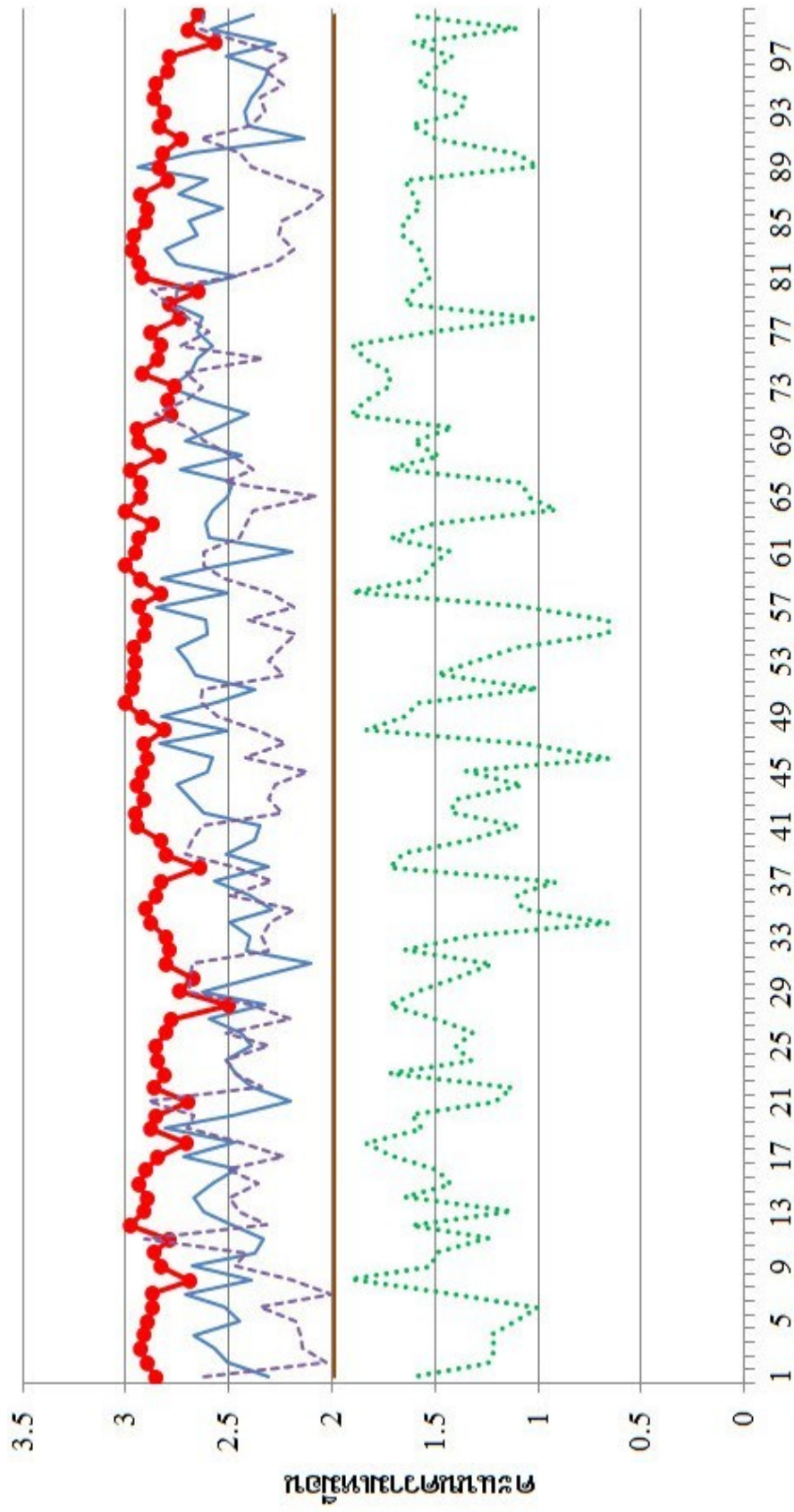
ตารางที่ 4-5 คะแนนการเปรียบเทียบบุคคลที่สี่กับบุคคลอื่น ๆ

เปรียบเทียบกับ	ค่าความต่างสูงสุด	ค่าความต่างต่ำสุด	ค่าความต่างโดยเฉลี่ย
บุคคลที่หนึ่ง	4.16	2.96	3.51
บุคคลที่สอง	4.23	3.21	3.66
บุคคลที่สาม	2.91	2.01	2.43
บุคคลที่สี่	2.15	1.09	1.70



ภาพประกอบที่ 4-2 ผลของการเปรียบเทียบภาพใบหน้าบุคคลที่หนึ่งกับบุคคลอื่น ๆ

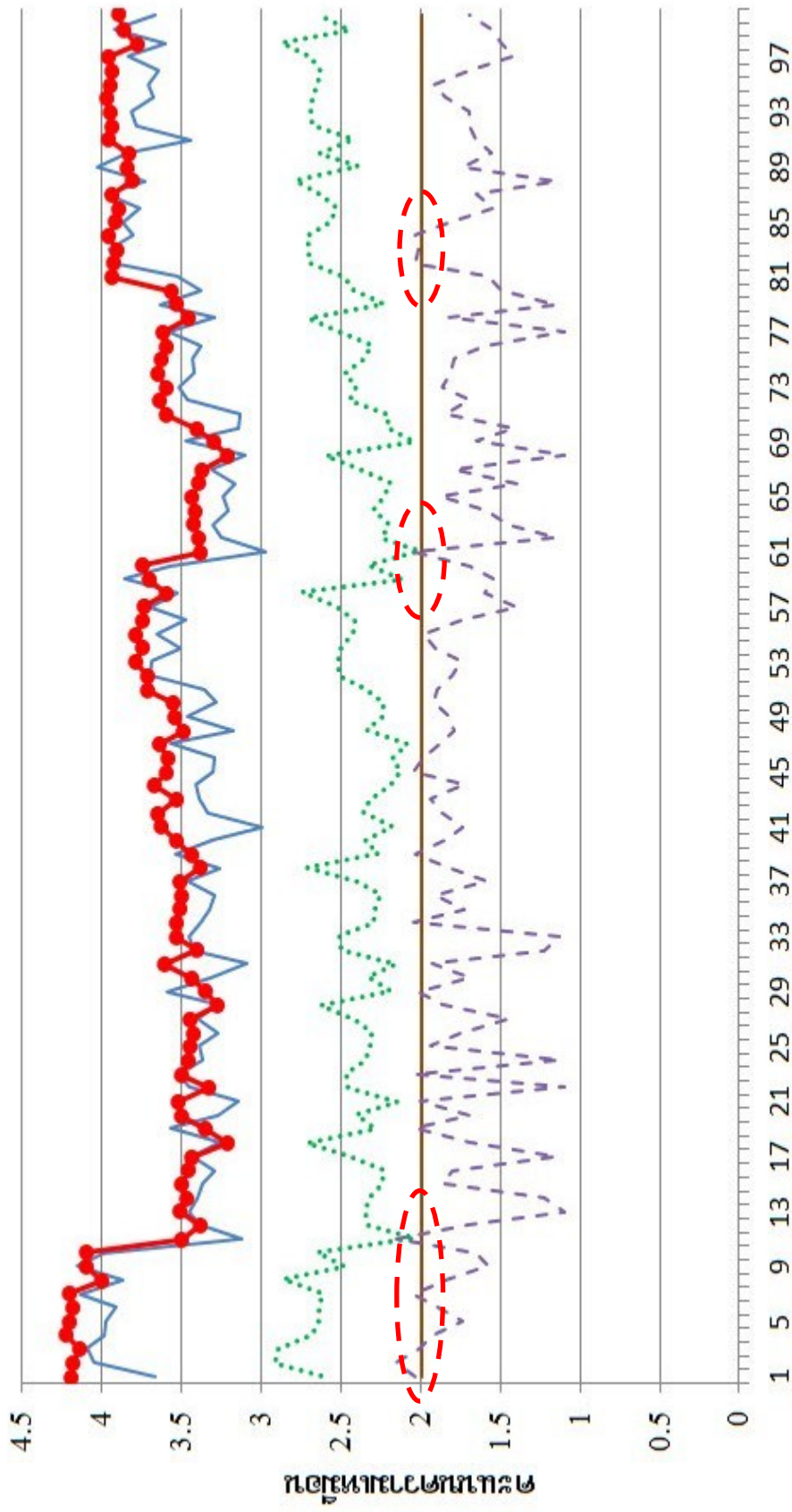




คู่ที่

- เปรียบเทียบกับบุคคลที่ 1 ● เปรียบเทียบกับบุคคลที่ 2 — เทรซโฮล (1.99)
- เปรียบเทียบกับบุคคลที่ 3 - - - - เปรียบเทียบกับบุคคลที่ 4

ภาพประกอบที่ 4-4 ผลของการเปรียบเทียบภาพใบหน้าบุคคลที่สามกับบุคคลอื่น ๆ



ภาพประกอบที่ 4-5 ผลของการเปรียบเทียบภาพใบหน้าบุคคลที่สี่กับบุคคลอื่น ๆ

จากการทดสอบดังกล่าวทำให้สามารถทราบค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมที่จะยอมรับว่าบุคคลนั้นเป็นบุคคลเดียวกันจริงอยู่ที่ 1.99 ซึ่งค่านี้ได้มาจากผลเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยต่ำสุดของภาพสอบถามเทียบกับภาพเป้าหมายที่เป็นคนละบุคคลกัน (Cross-Comparison) ซึ่งอยู่ที่ 2.26 และค่าเฉลี่ยสูงสุดของภาพสอบถามเทียบกับภาพเป้าหมายที่เป็นบุคคลคนกัน (Self-Comparison) ซึ่งอยู่ที่ 1.71 ค่าที่ได้มานี้เป็นตัวระบุว่าถ้าผลคะแนนจากการเปรียบเทียบมีค่าต่ำกว่า 1.99 ระบบจะทำการพิจารณาว่าบุคคลที่เข้ามาและออกไปจากบริเวณที่สนใจนั้นได้ใช้บัตรประจำตัวที่มีเลขรหัสประจำตัวประชาชนเดียวกันและเป็นบุคคลเดียวกัน

จากผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าผลคะแนนของการเปรียบเทียบของชุดภาพสอบถามกับชุดภาพเป้าหมายที่ได้มาจากบุคคลเดียวกันจะได้ผลคะแนนที่ต่ำกว่าการเปรียบเทียบระหว่างชุดภาพเป้าหมายจากบุคคลอื่น สรุปก็คือ ผลคะแนนที่ออกมาอย่างน้อยนั้นแสดงให้เห็นว่าใบหน้าสองใบหน้านั้นมีความคล้ายหรือเหมือนกัน จากการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าการยืนยันตัวบุคคลจะเสร็จสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อมีค่าคะแนนน้อยกว่า 1.99 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวอย่างข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมมา

ตารางที่ 4-6 ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในกระบวนการยืนยันตัวบุคคลเมื่อใช้ค่าเทรชโฮลที่ 1.99 ซึ่งจะเห็นได้ว่าความถูกต้องแม่นยำในการยืนยันของบุคคลที่หนึ่งและที่สองนั้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 99.66% บุคคลที่สามและที่สี่อยู่ที่ 100% และ 92% ตามลำดับ วงกลมสีฟ้าในภาพประกอบที่ 4-2 และ 4-3 นั้นแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดทางบวก (False Positives) และวงกลมสีแดงในภาพประกอบที่ 4-3 นั้นแสดงค่าผิดพลาดทางลบ (False Negative) ซึ่งในภาพรวมของระบบสามารถยืนยันตัวบุคคลได้ถึง 97.83%

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองการยืนยันตัวบุคคลของระบบการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล

การเปรียบเทียบ	บุคคลที่ 1	บุคคลที่ 2	บุคคลที่ 3	บุคคลที่ 4
เปรียบเทียบกับตนเอง (Self-Compared)	100%	100%	100%	84%
เปรียบเทียบกับบุคคลอื่น (Cross-Compared)	99.32%	99.32%	100%	100%
ความถูกต้องแม่นยำ	99.66%	99.66%	100%	92%
ความถูกต้องแม่นยำโดยรวม	97.83%			

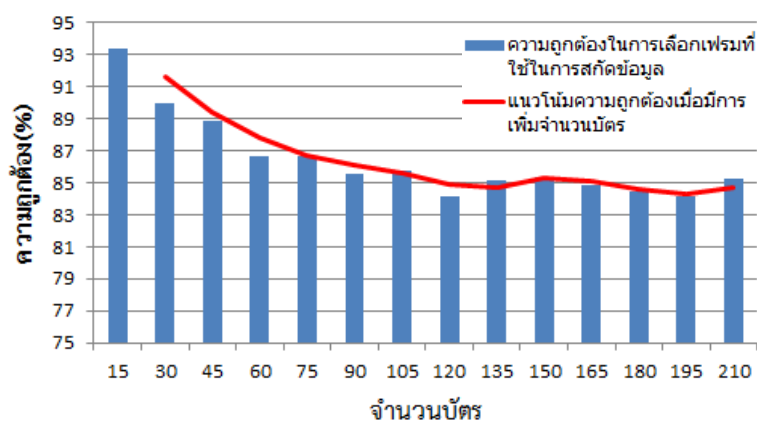
4.4 การประเมินประสิทธิภาพการถอดข้อมูลส่วนบุคคล

4.4.1 การประเมินผลในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูล

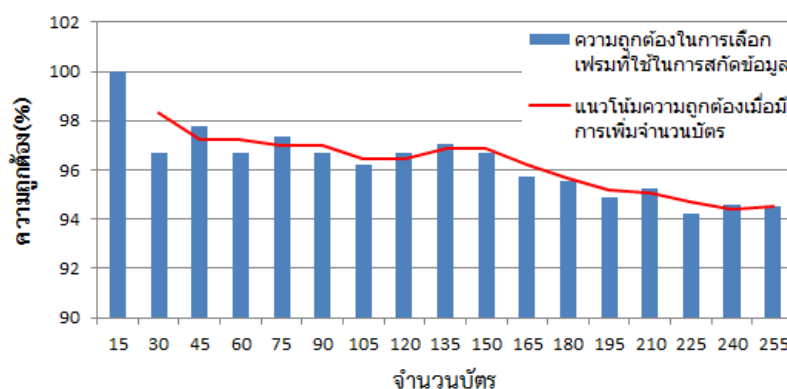
ในการประเมินผลในด้านการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำไปใช้ในการประมวลผลนั้น ในขั้นตอนนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างที่เป็นภาพวิดีโอด้วยวิธีการเดียวกันกับในขั้นตอนการทดลองในหัวข้อ 4.2.1 การทดลองในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูล โดยมีการวางตัวกันทั้งสามรูปแบบ ได้แก่ วางบัตรลงตรงๆ เอียงซ้ายและเอียงขวา จากบัตรที่ไม่ซ้ำกับบัตรที่ใช้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ซึ่งในขั้นตอนประเมินนี้ได้ใช้ภาพบัตรที่เป็นภาพเคลื่อนไหวเป็นจำนวน 465 ภาพ ซึ่งได้มาจากบัตรประจำตัวประชาชนจำนวน 14 ใบ และ ใบอนุญาตขับขี่แบบอนเนกประสงค์จำนวน 17 ใบ ซึ่งรวมเป็นจำนวนทั้งหมดได้ $(14+17) \times 3 \times 5 = 465$ ใบ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินในขั้นตอนนี้ ในการเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลสำหรับบัตรประจำตัวประชาชนนั้นได้ความแม่นยำอยู่ที่ 85.24% คิดเป็นภาพนิ่ง 179 ภาพ จากบัตรประจำตัวประชาชนทั้งหมด 210 ใบ และ ใบอนุญาตขับขี่ได้ความแม่นยำอยู่ที่ 94.51% คิดเป็นภาพนิ่ง 241 ภาพ จากใบอนุญาตขับขี่จำนวน 255 ใบ ซึ่งถ้าคิดเป็นความแม่นยำในส่วนของ การคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลอยู่ 89.88% ดังแสดงในตารางที่ 4-7 ภาพประกอบที่ 4-6 และ ภาพประกอบที่ 4-7 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มประสิทธิภาพความแม่นยำในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลของบัตรประจำตัวประชาชนและใบขับขี่ที่จำนวนบัตรที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าภาพประกอบที่ 4-6 ค่าความถูกต้องของบัตรประจำตัวประชาชนจะค่อย ๆ ลดลงและคงที่เมื่อใช้บัตรประมาณ 105 ใบ โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ประมาณ 85% และ ภาพประกอบที่ 4-7 สำหรับใบอนุญาตขับขี่ความถูกต้องจะค่อย ๆ ลดลงเช่นกันและจะคงที่เมื่อใช้บัตรประมาณ 195 ใบ โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ประมาณ 95%

ตารางที่ 4-7 การประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของการทดลองในการถอดข้อมูลส่วนบุคคล

ประเภทของบัตร	การเลือกภาพที่ใช้สกัดข้อมูล	การปรับความเอียงของภาพ	การระบุประเภทของบัตร	การแปลงตัวอักษร
ใบขับขี่	94.51%	94.61%	85.53%	75.38%
บัตรประจำตัว	85.24%	96.09%	80.23%	69.57%
ความถูกต้องแม่นยำโดยรวม	89.88%	95.35%	82.88%	72.48%



ภาพประกอบที่ 4-6 แนวโน้มประสิทธิภาพในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลของบัตรประจำตัวประชาชน

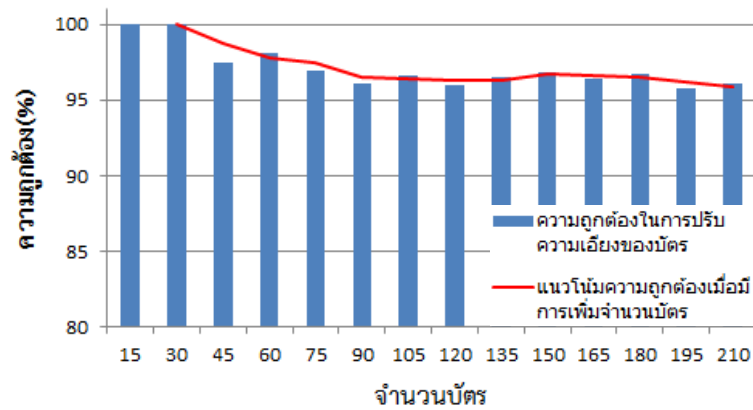


ภาพประกอบที่ 4-7 แนวโน้มประสิทธิภาพในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลของบัตรใบอนุญาตขับขี่

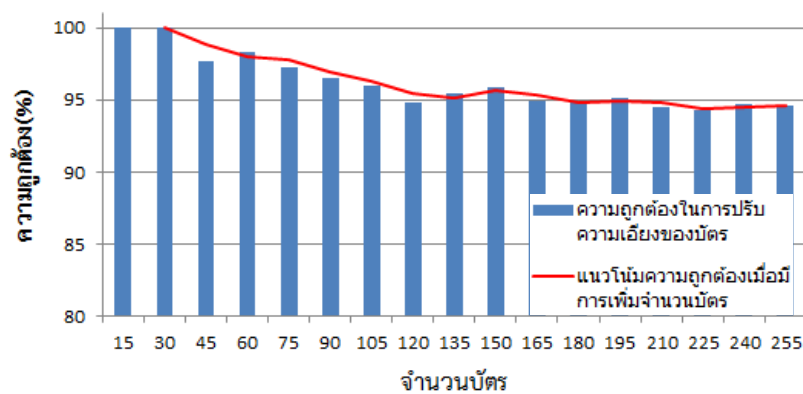
4.4.2 การประเมินผลในการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง

ในการประเมินผลการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรงนั้น ได้ใช้ภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนการประเมินผลในการตรวจจับและคัดเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการสกัดข้อมูล ซึ่งมีจำนวนบัตรที่เป็นภาพนิ่งทั้งหมด 420 ภาพ ประกอบไปด้วย บัตรประจำตัวประชาชนจำนวน 179 ภาพ และใบอนุญาตขับขี่จำนวน 241 ภาพ มาทำการหาตำแหน่งและทำการปรับภาพบัตรให้อยู่แนวตรงด้วยวิธีเช่นเดียวกับหัวข้อ 4.2.2 การทดลองในการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินในขั้นตอนนี้ บัตรประจำตัวประชาชนมีความแม่นยำอยู่ที่ 96.09% คิดเป็นจำนวน 172 ภาพ และใบอนุญาตขับขี่อยู่ที่ 94.61% คิดเป็นจำนวน 228 ภาพ คิดเป็นความแม่นยำโดยรวมในขั้นตอนการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรงอยู่ที่

95.35% ดังแสดงดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 4-7 ภาพประกอบที่ 4-8 และ ภาพประกอบที่ 4-9 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มประสิทธิภาพความแม่นยำในการสกัดบัตร์ออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรงของบัตร์ประจำตัวประชาชนและใบขับขี่ที่จำนวนบัตร์ที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าภาพประกอบที่ 4-8 ค่าความถูกต้องของบัตร์ประจำตัวประชาชนจะค่อย ๆ ลดลงและคงที่เมื่อใช้บัตร์ประมาณ 120 ใบ โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ประมาณ 96% และ ภาพประกอบที่ 4-9 สำหรับใบอนุญาตขับขี่ความถูกต้องจะค่อย ๆ ลดลงเช่นกันและจะคงที่เมื่อใช้บัตร์ประมาณ 120 ใบ โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ประมาณ 94%



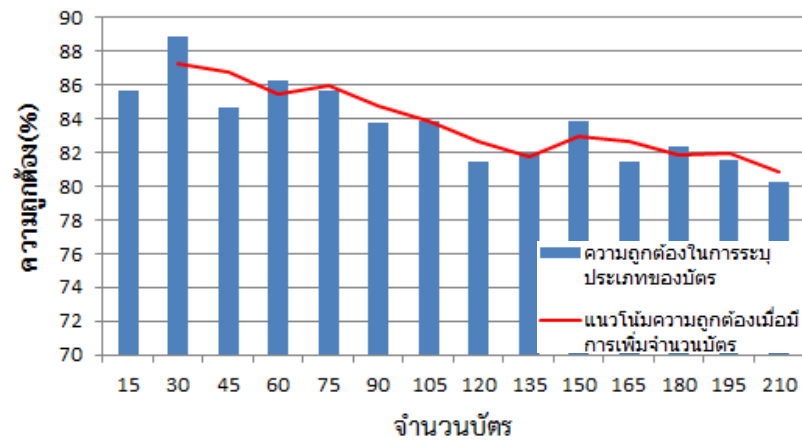
ภาพประกอบที่ 4-8 แนวโน้มประสิทธิภาพในการสกัดบัตร์ออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรงของบัตร์ประจำตัวประชาชน



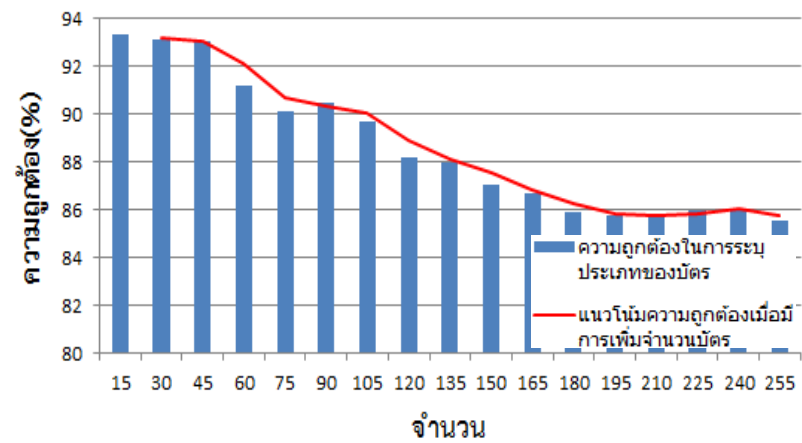
ภาพประกอบที่ 4-9 แนวโน้มประสิทธิภาพในการสกัดบัตร์ออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรงของใบอนุญาตขับขี่

4.4.3 การประเมินในด้านการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล

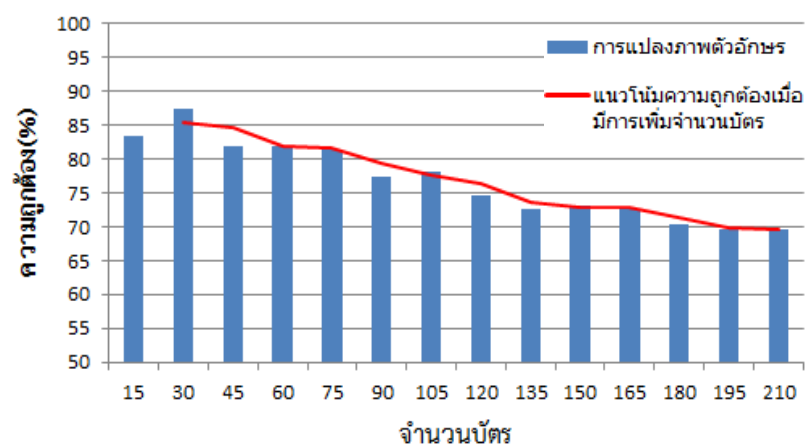
การประเมินในด้านการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูลนั้น ได้ใช้วิธีใช้ภาพผลลัพธ์จากการประเมินผลในการสกัดบัตรออกจากภาพและหมุนภาพให้อยู่ในแนวตรง ซึ่งมีภาพบัตรจำนวนทั้งหมด 400 ใบ ประกอบไปด้วยบัตรประจำตัวประชาชนเป็นจำนวน 172 ใบ และใบอนุญาตขับขี่เป็นจำนวน 228 ใบ และใช้ค่าเทรซโฮลที่ 1620 (ได้มาจากหัวข้อที่ 4.2.3 การทดลองในการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล) มาทำการระบุประเภทของบัตรโดยใช้สมการที่ (3-16) ซึ่งผลลัพธ์ของการประเมินนั้น ในส่วนของใบอนุญาตขับขี่นั้นสามารถระบุได้ถูกต้อง 195 ใบ คิดเป็น 85.53% และบัตรประจำตัวประชาชนได้ 138 ใบ คิดเป็น 80.23% ซึ่งคิดเป็นภาพรวมในขั้นตอนการระบุประเภทของบัตรอยู่ที่ 82.88% ดังแสดงในตารางที่ 4-7 และในภาพประกอบที่ 4-10 และ 4-11 นั้นได้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของประสิทธิภาพในด้านการระบุประเภทของบัตรที่จำนวนบัตรที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าภาพประกอบที่ 4-10 ค่าความถูกต้องในการระบุประเภทของบัตรสำหรับบัตรประจำตัวประชาชนจะค่อย ๆ ลดลงและคงที่เมื่อใช้บัตรประมาณ 120 ใบ โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ประมาณ 96% และ ภาพประกอบที่ 4-11 สำหรับการระบุประเภทของใบอนุญาตขับขี่ความถูกต้องจะค่อย ๆ ลดลงเช่นกันและจะคงที่เมื่อใช้บัตรประมาณ 180 ใบ โดยค่าความแม่นยำอยู่ที่ประมาณ 85% จากได้นั้นนำจำนวนบัตรที่สามารถระบุประเภทของบัตรได้อย่างถูกต้องมาทำการสกัดข้อมูลและทำการแปลงตัวอักษรภาพให้เป็นตัวอักษรในคอมพิวเตอร์ ในส่วนของใบอนุญาตขับขี่นั้นสามารถแปลงเป็นตัวอักษรคอมพิวเตอร์ได้ถูกต้อง 147 ใบ คิดเป็น 75.38% และสำหรับบัตรประจำตัวประชาชนสามารถแปลงเป็นตัวอักษรคอมพิวเตอร์ได้ 96 ใบ คิดเป็น 69.56% ซึ่งคิดเป็นความแม่นยำโดยรวมของขั้นตอนการแปลงภาพตัวอักษรอยู่ที่ 72.47% ดังแสดงในตารางที่ 4-7 ภาพประกอบที่ 4-12 และ ภาพประกอบที่ 4-13 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มประสิทธิภาพความแม่นยำในการสกัดข้อมูลและทำการสกัดและแปลงตัวอักษรภาพให้เป็นตัวอักษรในคอมพิวเตอร์จากบัตรประจำตัวประชาชนและใบขับขี่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องของบัตรประจำตัวประชาชนจะค่อย ๆ ลดลงดังภาพประกอบที่ 4-12 และ ภาพประกอบที่ 4-13 ค่าความถูกต้องของใบอนุญาตขับขี่จะเริ่มคงที่เมื่อใช้บัตรจำนวน 120 ใบ โดยอยู่ที่ประมาณ 76%



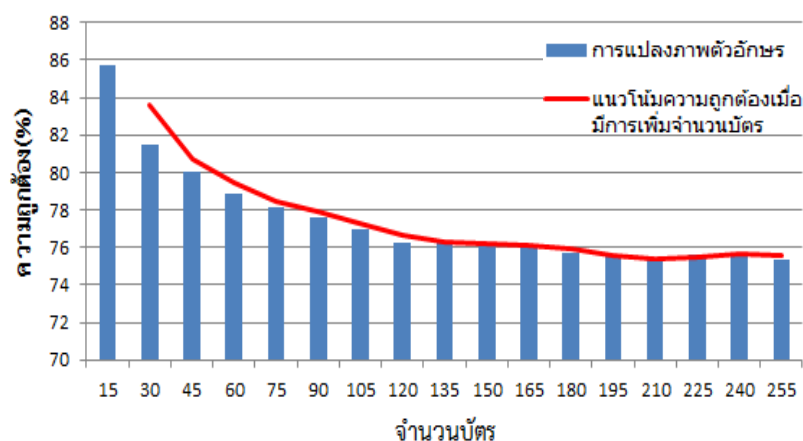
ภาพประกอบที่ 4-10 แนวโน้มประสิทธิภาพในการระบุบัตรประจำตัวประชาชน



ภาพประกอบที่ 4-11 แนวโน้มประสิทธิภาพในการระบุใบอนุญาตขับขี่



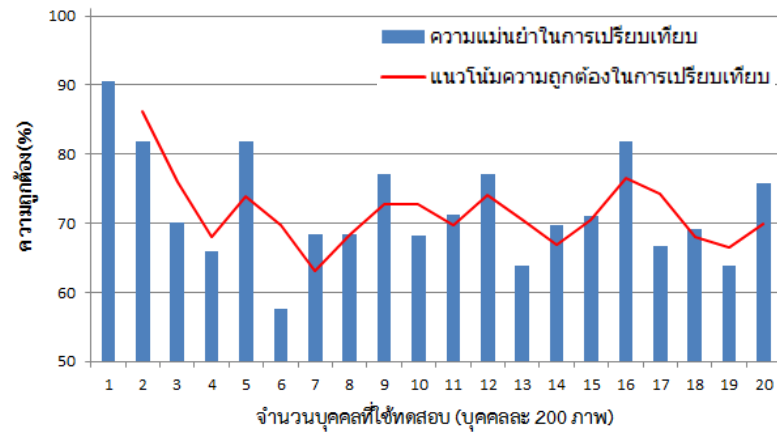
ภาพประกอบที่ 4-12 แนวโน้มประสิทธิภาพในการสกัดข้อมูลและแปลงตัวอักษรของบัตรประจำตัวประชาชน



ภาพประกอบที่ 4-13 แนวโน้มประสิทธิภาพในการสกัดข้อมูลและแปลงตัวอักษรของใบอนุญาตขับขี่

4.5 การประเมินประสิทธิภาพการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล

ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ การตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคลนั้น งานวิจัยนี้ได้ใช้ใบหน้าจากบุคคลทั้งหมด 20 คน คนละ 200 ภาพ โดยให้ S1 S2 S3... S20 แทนบุคคลที่หนึ่ง สอง สามถึงบุคคลที่ 20 ซึ่งรูปของแต่ละบุคคลจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มโดย 100 ภาพแรกจะถูกนำไปเป็นภาพสอบถามและ 100 ภาพหลังจะถูกนำไปเป็นภาพเป้าหมาย และทดสอบวัดความเหมือนกันของใบหน้าด้วยวิธีการนำทุกใบหน้าในกลุ่มภาพสอบถามมาเปรียบเทียบกับทุกใบหน้าในกลุ่มภาพเป้าหมายโดยใช้สมการที่ (3-11) และใช้ค่าเทรซโฮลที่ 1.99 ที่ได้มาจากขั้นตอนก่อนหน้า (4.3.1 การหาค่าคะแนนการเปรียบเทียบที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้) ซึ่งได้ผลลัพธ์ตามที่ได้แสดงในตารางที่ 4-7 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบกับตนเองจะได้ความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 72.03% และเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นมีความแม่นยำ 77.87% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความแม่นยำของระบบโดยรวมอยู่ที่ 74.95% และภาพประกอบที่ 4-14 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความแม่นยำโดยรวมของระบบการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล เมื่อทำการเพิ่มจำนวนบุคคลที่ใช้ในการประเมินจะเห็นได้ว่าแนวโน้มของความถูกต้องนั้นมีลักษณะที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำเข้ามาทำการประเมิน ถ้าดูจากผลลัพธ์ในการประเมินนั้นค่าความถูกต้องมีความแปรปรวนอยู่ที่ 53.13 ซึ่งมีค่าความถูกต้องต่ำสุดอยู่ที่ 57.65% และค่าความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ 81.84%



ภาพประกอบที่ 4-14 แนวโน้มความถูกต้องของการประเมินการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล

ตารางที่ 4-7 ประสิทธิภาพความแม่นยำของการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล

		ภาพเป้าหมาย																			
ภาพเป้าหมาย		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
	S1	90.63	19.83	34.44	18.55	25.42	11.74	41.81	15.93	42.28	10.55	9.19	12.23	34.74	38.87	42.22	12.22	25.83	41.62	35.92	31.49
	S2	20.56	81.84	18.29	17.25	47.68	5.42	15.2	6.91	6.86	39.29	39.86	35.29	25.68	28.75	31.29	4.09	17.26	31.09	25.69	39.58
	S3	34.61	17.63	70.14	15.9	20.53	23.21	36.71	30.94	29.33	29.34	31.72	45.56	15.68	18.78	29.48	56.48	14.58	38.49	28.59	14.57
	S4	17.98	17.27	15.5	65.99	11.85	37.08	32.67	33.27	31.24	54.11	42.29	47.07	15.93	23.21	29.39	25.42	47.32	15.61	17.98	39.29
	S5	24.02	47.32	20.17	11.77	81.81	32.67	31.06	27.12	27.64	34.87	36.72	23.64	52.76	32.17	29.78	31.26	37.35	33.78	30.21	39.93
	S6	11.82	4.89	23.01	37.24	32.61	57.65	19.81	21.84	22.02	44.82	44.92	26.12	36.12	16.61	31.23	45.27	23.26	36.62	45.59	38.01
	S7	42.1	15.61	37.49	33.23	30.74	21.27	68.37	35.06	32.17	32.79	32.6	23.15	33.29	38.13	31.53	29.02	34.98	32.49	28.98	42.27
	S8	15.4	7.1	28.78	30.87	29.39	21.7	35.1	68.37	45.63	20.9	20.43	28.25	37.42	41.29	35.73	21.97	39.7	27.92	20.1	37.53
	S9	41.62	6.91	28.98	31.22	27	21.23	33.07	37.82	77.1	33.08	32.76	21.11	32.17	25.46	40.37	39.44	32.36	37.59	22.36	22.1
	S10	10.92	39.35	29.52	47.07	39.62	45.42	37.21	26.46	32.35	68.27	30.61	21.39	30.26	39.91	28.77	21.59	37.85	39.86	33.9	35.79
	S11	8.99	39.55	31.22	41.47	37.31	44.31	36.93	20.34	33.5	29.79	71.15	35.84	29.34	21.23	33.19	38.25	32.62	22.88	21.73	34.67
	S12	15.22	36.06	42.68	45.29	23.98	24.12	28.35	22.67	20.62	15.89	42.99	77.15	40.48	36.75	40.37	33.23	36.4	43.59	32.03	38.33
	S13	28.68	29.83	16.58	22.68	39.64	38.21	33.67	22.47	31.69	28.04	26.96	41.26	63.83	37.75	36.69	39.76	39.69	33.26	35.75	37.05
	S14	35.85	12.48	19.54	29.79	31.37	19.26	38.62	39.61	25.34	42.57	17.27	35.82	35.62	69.77	40.35	36.67	31.88	39.63	41.47	35.77
	S15	42.68	32.68	21.97	29.38	25.69	29.83	34.26	39.16	40.23	30.15	36.66	42.93	39.62	38.87	71.13	40.71	35.90	34.56	38.26	39.86
	S16	14.68	9.24	48.29	45.45	33.32	44.97	22.29	37.86	39.34	27.22	43.56	32.73	37.25	36.28	47.64	81.84	33.47	34.91	33.92	38.11
	S17	28.29	16.37	13.12	42.59	35.29	22.29	32.49	42.58	32.35	36.64	38.27	43.1	33.79	33.40	39.27	35.04	66.72	34.02	36.36	38.87
	S18	39.68	38.37	42.75	21.11	33.01	33.94	21.26	30.62	37.22	47.58	20.5	41.05	33.36	31.14	32.28	40.26	39.22	69.15	35.12	39.75
	S19	35.29	24.54	38.27	17.99	28.98	42.68	21.19	21.52	21.73	38.48	16.55	28.62	32.78	39.95	37.63	28.52	38.89	30.54	63.93	37.76
	S20	32.79	36.45	14.56	31.64	37.23	38.09	39.97	43.74	22.53	38.57	32.59	35.77	36.99	36.26	34.83	41.05	35.35	37.53	36.21	75.78

4.6 ทดสอบการรวมระบบ

ในหัวข้อนี้ได้ทำการทดสอบระบบระบบตรวจสอบบุคคลเข้าออกแบบอัตโนมัติในแบบภาพรวมโดยได้นำวิธีที่ได้นำเสนอไปทั้งหมดในบทที่สามมาทำการเชื่อมต่อกันและทำงานร่วมกันซึ่งในการรวมโปรแกรมนั้นได้แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อดังต่อไปนี้

1) การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม

การออกแบบส่วนต่างในการแสดงผลของการประมวลผลระบบจุดตรวจสอบบุคคลเข้าออกอัตโนมัติ ได้แสดงให้เห็นในภาพประกอบที่ 4-15



ภาพประกอบที่ 4-15 ส่วนต่าง ๆ ภายในโปรแกรมระบบของจุดตรวจสอบบุคคลเข้าออกอัตโนมัติ

บริเวณหมายเลข (1) คือ ภาพวิดีโอที่ทำการจับภาพไปที่บัตร

บริเวณหมายเลข (2) คือ รหัสประจำตัวประชาชนที่สกัดออกมาได้จากพื้นที่หมายเลข (1)

บริเวณหมายเลข (3) คือ ภาพใบหน้าที่ค้นพบในฐานข้อมูลโดยใช้รหัสประจำตัวประชาชน

บริเวณหมายเลข (4) คือ ภาพวิดีโอที่ทำการจับภาพไปยังใบหน้าของผู้เข้าจุดตรวจ

บริเวณหมายเลข (5) คือ ใบหน้าที่สกัดมาได้จากจากภาพวิดีโอพื้นที่หมายเลข (4)

2) ลำดับการทำงานของโปรแกรม

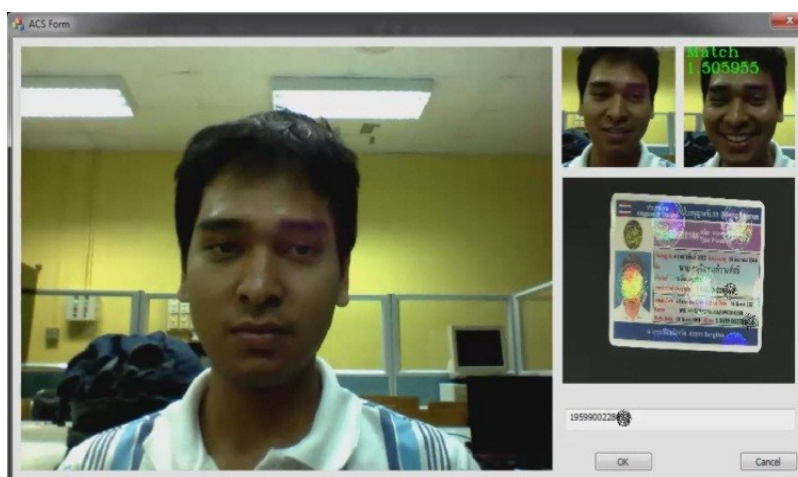
ในขั้นตอนนี้แสดงให้เห็นถึงลำดับกระบวนการทำงานของระบบของระบบตรวจสอบบุคคลเข้าออกแบบอัตโนมัติซึ่งมีขั้นตอนทำงานดังนี้

1. รับภาพจากกล้องตัวที่หนึ่งซึ่งทำการจับภาพไปที่บัตรไปแสดงบริเวณหมายเลข (1)

2. รับภาพจากกล้องตัวที่สองซึ่งทำการจับภาพไปที่ใบที่ใบหน้าของผู้เข้าจุดตรวจไปแสดงบริเวณหมายเลข (4)
3. ทำการถอดข้อมูลส่วนบุคคลจากภาพบริเวณหมายเลข (1) และ (4) ด้วยวิธีการที่เสนอไว้ในหัวข้อที่ 3.1 แล้วนำเลขบัตรประจำตัวประชาชนและใบหน้าที่สกัดออกมาได้ไปแสดงให้เห็นบริเวณหมายเลข (2) และ (5)
4. นำเลขประจำตัวประชาชนที่อยู่ในบริเวณหมายเลข (2) ไปค้นหาใบหน้าที่มีเลขประจำตัวประชาชนเดียวกันในฐานข้อมูลมาแสดงให้เห็นบริเวณหมายเลข (3)
5. ทำการเปรียบเทียบใบหน้า จากบริเวณหมายเลข (3) และ (5) โดยขั้นการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคลดังที่ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 3.2
6. ผลการยืนยันการตรวจสอบนั้นจะปรากฏให้เห็นบริเวณมุมบนซ้ายของหมายเลข (3) ซึ่งสีเขียวนั้นหมายความว่า การตรวจสอบนั้นได้รับการยืนยันว่าเป็นบุคคลเดียวกันจริง แต่ในทางกลับกันหากเป็นสีแดงหมายความว่า การตรวจสอบนั้นไม่ได้รับการยอมรับหรือไม่ใช่บุคคลเดียวกันนั่นเอง

3) ผลการทดสอบโปรแกรม

จากการออกแบบหน้าต่างโปรแกรมตามภาพประกอบที่ 4-15 และใช้วิธีการประมวลผลที่ได้ นำเสนอไปในบทที่สามนั้น เมื่อทำการเปิดโปรแกรมและทำการป้อนข้อมูลวิดีโอเข้าไป โปรแกรมก็จะทำการประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ออกมาดังภาพประกอบที่ 4-16



ภาพประกอบที่ 4-16 ภาพการขณะทำงานของระบบของจุดตรวจสอบบุคคลเข้าออกอัตโนมัติ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขึ้นเพื่อเก็บบันทึกข้อมูลและทำการระบุตัวตนของผู้เข้ามาในพื้นที่เป้าหมาย โดยอาศัยข้อมูลจากบัตรที่ผู้เข้าติดต่อหรือลูกค้าใช้ในการแสดงตัวตน อันได้แก่ บัตรประจำตัวประชาชนและใบอนุญาตขับขี่ และได้มีการเก็บภาพใบหน้าในขณะนั้นไว้ด้วย เพื่อใช้ในการยืนยันตนเองในเวลาออกจากพื้นที่ และข้อมูลเหล่านั้นยังสามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในทางอื่น ๆ ได้ด้วย อย่างเช่น ใช้ในการเป็นหลักฐานทางด้านการกฎหมาย ใช้ในการติดตามตัวผู้ต้องสงสัย และอื่น ๆ อีกมากมาย

5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพการระบุประเภทของบัตรและการสกัดข้อมูล

การประเมินผลการถอดข้อมูลส่วนบุคคลนั้น ได้ใช้กลุ่มภาพตัวอย่างที่เป็นบัตรประจำตัวประชาชนและบัตรอนุญาตขับขี่เป็นจำนวน 465 ภาพ ซึ่งได้ความแม่นยำโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 66.23% คิดจากจำนวนภาพใบอนุญาตขับขี่และบัตรประจำตัวประชาชนที่ผ่านตั้งแต่กระบวนการแรกจนถึงขั้นตอนการแปลงภาพตัวอักษรได้ครบทุกกระบวนการ โดยข้อผิดพลาดที่มากที่สุดจะอยู่ที่ขั้นตอนการแปลงภาพตัวอักษรคิดเป็นคิดเป็น 16.09% โดยปัจจัยหลัก ๆ ที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดมากที่สุดนั้นเกิดจากลายน้ำที่ปรากฏอยู่บนบัตรบดบังตัวอักษร อย่างไรก็ตามในกรณีของใบอนุญาตขับขี่นั้นหากมีการบดบังบริเวณรหัสประจำตัวประชาชนยังสามารถที่จะเลือกสกัดจากอีกตำแหน่งหนึ่งได้เนื่องจากในใบอนุญาตขับขี่มีรหัสประจำตัวประชาชนอยู่สองตำแหน่ง นอกเหนือจากนั้นเกิดจากปัญหาเล็ก ๆ น้อยเช่น ตัวอักษรมีลักษณะซีดจางหรือขาดหาย ในส่วนของข้อผิดพลาดในเรื่องของการหมุนและการคัดแยกประเภทของบัตรนั้นคิดเป็น 4.7% และ 13.01% ตามลำดับ โดยข้อผิดพลาดในขั้นตอนการหมุนนั้นเกิดจากไม่สามารถหมุนของบัตรได้ครบทั้งสี่มุมสาเหตุเนื่องมาจากบัตรที่ใช้บรรจุอยู่ในซองพลาสติก ในส่วนของข้อผิดพลาดของการคัดแยกประเภทบัตรนั้นส่วนใหญ่เกิดจากบัตรที่มีสีซีดจาง มีการสะท้อนแสงของลายน้ำมากเกินไป บัตรอยู่ในซองพลาสติก ซึ่งผลกระทบเหล่านี้มีผลต่อลักษณะเด่นที่นำมาใช้ในการระบุประเภทของบัตรทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากการที่บัตรใส่ซองพลาสติกที่ปรากฏในขั้นตอนของการหมุนและการคัดแยกนั้นไม่ได้เกิดขึ้นทุกครั้งไป

5.2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล

การทดสอบการทำงานของ การตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล นั้นได้ทำการทดสอบจากภาพใบหน้าจำนวน 4000 ภาพที่ได้มาจากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน แล้วทำการจับคู่เปรียบเทียบโดยไม่ให้ซ้ำกันซึ่งจะได้เป็นจำนวนทั้งหมด 80000 คู่ ซึ่งความแม่นยำในการเปรียบเทียบใบหน้าโดยรวมอยู่ที่ 72.85% ที่ค่าเทรชโฮล 1.99 ได้มาจากผลค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของคะแนนการเปรียบเทียบของบุคคลเดียวกันและต่างบุคคลกันจากข้อ 4.3.1 การหาค่าคะแนนการเปรียบเทียบที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังคงต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในเรื่องของการหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติซึ่งส่วนนี้ยังไม่มีในงานวิจัยนี้ ข้อผิดพลาดส่วนใหญ่มักเกิดจากการแสดงท่าทางของใบหน้าและมุมมองของใบหน้าที่เปลี่ยนไป ปัญหารองลงมาคือเรื่องของแสงสว่างที่มีความแตกต่างกันมากเกินไป

5.3 สรุปภาพรวมระบบ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบจุดตรวจสอบบุคคลเข้าออกโดยอัตโนมัติโดยใช้บัตรประจำตัวในการยืนยันตัวตน ซึ่งระบบนี้ประกอบไปด้วยสองส่วน ส่วนแรกคือระบบการถอดข้อมูลส่วนบุคคล หรือ PIA ซึ่งทำหน้าที่ในการสกัดดึงข้อมูลออกจากบัตรประจำตัวตามที่นำมาใช้ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่สาม ในส่วนนี้มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงที่มีลักษณะกระจายแบบทั่วทั้งภาพ การเปลี่ยนแปลงของขนาด และการหมุนของภาพ ซึ่งในภาพรวมของ PIA นั้นถือว่าได้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำพอสมควร แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องการปรับปรุงในเรื่องของการกำจัดลายน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำตัวอักษร ส่วนที่สองคือระบบการตรวจสอบข้อมูลส่วนบุคคล หรือ PIV ซึ่งทำหน้าที่ยืนยันตัวตนบุคคลด้วยการเปรียบเทียบความเหมือนกันขององค์ประกอบภายในใบหน้า ซึ่งข้อดีของวิธีการที่นำเสนอไปนั้นคือไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการฝึกสอนเพื่อใช้ในการรู้จำใบหน้าใด ๆ ทั้งสิ้น และได้รับการออกแบบให้มีลักษณะการเปรียบเทียบเป็นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One) ด้วยการค้นหาด้วยรหัสบัตรประชาชนที่ทำดัชนีไว้ก่อนแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบภาพที่หลัง อย่างไรก็ตามในส่วนนี้ยังขาดในส่วนของวิธีการที่จะทำการเรียนรู้และการปรับปรุงค่าเทรชโฮลของระบบในการระบุตัวตนโดยอัตโนมัติ

บรรณานุกรม

- [1] สุรชาติ บำรุงสุข. (2553). การก่อความไม่สงบในจังหวัดชายแดนภาคใต้ของไทย : ปัญหาและพัฒนาการ. กรุงเทพฯ : สำนักข่าวกรองแห่งชาติ.
- [2] F. Martin and V. Maria, "Automatic reading of Spanish identity cards," Document Analysis and Recognition, pp. 470-474, Seattle, 10 - 13 Sep 2001.
- [3] F. Martin, "Analysis Tools for Gray Level Histograms," Proceedings of Signal Processing Pattern Recognition and Applications, pp.11-16, 2003.
- [4] Lu, Y. Qu, Y. Cheng and Y. Xie, "ID Numbers Recognition by Local Similarity Voting," International Journal of Advanced Computer Science and Applications, pp. 3881 – 3888, 4 Oct. 2010
- [5] C. Hsieh, C. Hu and C. Pan, "A simple automatic facial aging/rejuvenating synthesis method," Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2011 IEEE International, pp.2982-2988, Anchorage, 9-12 Oct. 2011
- [6] J.S Nayak, and M. Indiramma. "Efficient Face Recognition with Compensation for Aging Variations." Advanced Computing (ICoAC), 2012 Fourth International, pp.1-5, Chennai, 13-15 Dec.
- [7] สมคิด เลิศไพฑูรย์ และคณะ. (2549). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลที่จัดเก็บในบัตรประจำตัวประชาชนแบบอเนกประสงค์ (Smart Card). สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [8] กรมการขนส่งทางบก (2016, April 1). ระบบสารสนเทศด้านกฎหมาย (e-law) [Online]. Available: <http://elaw.dlt.go.th/>
- [9] P. Viola, M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," IEEE CVPR01, pp. 511-518, 2001.
- [10] Lienhart R. and Maydt J., "An extended set of Haar-like features for rapid object detection," International Conference on Image Processing, Vol.1, pp. I-900-I-903, 2002.
- [11] J.F. Canny, "A computational approach to edge detection," Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, pp. 679 – 698, 1986 Nov.

- [12] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 62–66, 1979.
- [13] M.Hu, "Visual Pattern Recognition by Moment Invariants," *IRE Transactions on Information Theory*, Vol.8, pp. 179-187, February 1962.
- [14] M. Uricar, V. Franc and V. Hlavac, "Detector of Facial Landmarks Learned by the Structured Output SVM," *VISAPP 2012 - International Conference on Computer Vision Theory and Applications*, Vol.1, pp. 547-556, February 2012.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์

Automatic Checkpoint System using Face and Card Information

Kriddikorn Kaewwongri, Nikom Suwonvorn

Abstract—In the Deep South of Thailand, the checkpoints for people verification is necessary procedures for the security management of risk zones, such as official buildings in the conflict area. In this paper, we propose an automatic checkpoint system that verifies persons using information from ID cards and face features. The methods of person's information abstraction and verification are introduced based on useful information such as ID number and name extracted from official cards, and face image from videos. The proposed system shows promising results and has a real huge impact to the local society.

Keywords—Face comparison, card recognition, OCR, checkpoint system, authentication.

I. INTRODUCTION

IN the Deep South of Thailand the security is a big issue since a few decades and concerns many provinces and districts including Yala, Narathiwat, Pattani and some parts of Songkhla (Hatyai included). In these areas, at every entrance to public buildings, such as universities, police stations, hospitals, department stores, and etc., the security staff will ask visitors or customers to show their personal ID card, usually national identity card or driving license card, for identifying themselves. In general, a minimum of two CCTV cameras are used: one is focused on the driver's face, another for zooming on the card, as shown in the Fig. 1.



Fig. 1 Checkpoint at an entrance site

This procedure is recognized by the local authorities as a scanning system, the way to record the person's information

Kriddikorn Kaewwongri is master student, Nikom Suwonvorn is lecturer at the Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, Thailand 90112 (e-mail: k.kriddi.kom@gmail.com, kom@coe.psu.ac.th).

before entering in a secured area. The aim of this system is to identify as soon as possible the threats in case any security issue is going to happen. However, by using the current method, the authorities are unable to fully take advantages from those data. There are many weaknesses of this actual system. Firstly, it corresponds to the inadaptive acquisition of materials. The CCTV camera installation is mostly not suitable for this situation, such as, not enough resolution to record the detailed information on the cards, the auto focus of the camera is not fast enough when the cards are suddenly posted in front of it, so that causes the color saturation effects. Secondly, the recorded videos are never analyzed and indexed, which make difficult or impossible to search the eventual threats. In the current situation, the security staff must playback 24 hours a day of many cameras' videos to search the desirable information, which takes a long time and is very inefficient.

In this paper, we propose an efficient system to replace the actual practical way of the scanning system, called automatic checkpoint system. In this system, the appropriated way of CCTV camera installation as the video acquisition sensor is always practical due to a large number of camera networks installed in the area during the past years. The system will recognize the information from the scanned cards, e.g. national ID number and name, from both types of cards, national identity card and driving license. Afterwards, it match this information with owner's face image, which is indexed in a database server. When the person exit from the area, the system will again extract their ID number, use it to retrieve the corresponding face image, and verify with the current face image. The verification result will be shown to the security staff for further procedures. The benefits of this system is that all visitors or customers are totally indexed, which is useful for searching or alerting when there are suspect cases. The empowered system will be very much increased if the indexed ID can be linked to the national information database center that the suspected person could be identified and tracked globally.

II. RELATED WORKS

Two related research works are concerned: card recognition and information extraction using optical character recognition (OCR) and face comparison techniques. The OCR converts characters of scanned images, handwritten, typewritten, or printed paper into text. It is widely applied in many fields, especially for the ID number recognition. Martin et al. [1] have proposed a method to extract ID number on image

obtained by scanning with a white background. The card is separated from the white background using histogram analysis, which is called peak detection [2]. This method detects two top peaks of histogram and rotates card using momentum of order. After the card is rotated, information can be extracted using a certain format. Morphological top-hat operator is used to improve texts, and the ID number is recognized using OCR engine. Qu et al. [3] recognized ID numbers of three card types using template matching method based on similarity voting. The different patterns of number's structure are used as features. They used six templates for each number and each template is compared to query number and voted to be the possible number. The highest probability would be chosen as an answer, and the ID number is validated by calculating the value of the check digit.

Concerning the related research on face comparison techniques, Hsieh et al. [4] used Active Shape Model (ASM) to extract the important facial feature set. Then, these features were rectified using facial geometric invariance: distance between inner corners of both eyes should be horizontal, and distance between chin and nose should be vertical. The age-texture of the image was analyzed using Log-Gabor wavelet. The high frequency data in test image was replaced by the high frequency data in target image, according to the suitable sections in the composition map. As a result, the proposed method yielded 100% accuracy for age synthesis on human faces. Juefei-Xu et al. [5] recognized faces using the framework of the periocular region. Walsh-Hadamard transform encoded local binary patterns (WLBP) to be used as features. The WLBP was extracted on periocular region that maintains consistency of the same subject across ages. Unsupervised discriminant projection (UDP) was used to build subspace on WLBP featured periocular images. The results showed that the accuracies of 100% rank-1 identification rate and 98% verification rate at 0.1 % false accept rate on the entire FG-NET database. Mahalingam et al. [6] proposed age invariant face recognition algorithm using a graph based face representation containing the appearance and geometry of facial feature points. They learned an age model for each subject and built graph space for each image. There were two stages for recognition. First, a Maximum a Posteriori solution based on PCA factorization was used to optimize the search space and choose candidate model sets. Second, a simple deterministic algorithm was used for graph matching between the probe image and the gallery image. The results showed that the proposed method provided a good performance in age invariant face recognition.

III. AUTOMATIC CHECKPOINT SYSTEM

Our automatic checkpoint system is divided into two parts: Person Information Abstraction (PIA) and Person Information Verification (PIV). The process of PIA consists of extracting the useful information of a person at the entrance and the exit of an observing zone. Two cameras are used: one for detecting cards and extracting information including ID number and name of cardholder, and another camera for face detection.

All extracted information is indexed in the database using the ID number. The process of PIV is used for verifying the person who exits from the observing zone. Again, two cameras are used for detecting and extracting the ID number and name from card and the face image of the person. The extracted ID number is used to query the corresponding face image from database. Then, the verification is performed via face comparison. The Fig. 2 show the overall of automatic checkpoint system.

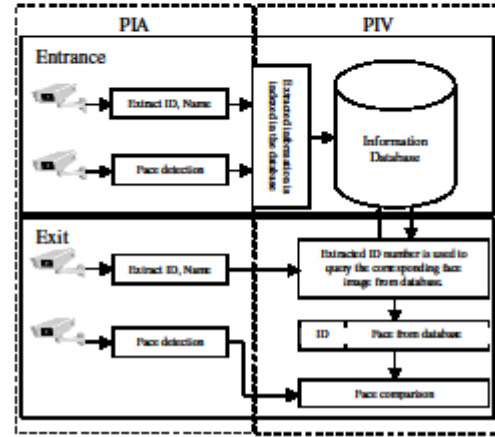


Fig. 2 Framework of automatic checkpoint system

A. Person Information Abstraction (PIA)

Person Information Abstraction is the process for obtaining the information of a person, such as ID number and name from card and the face image. For the face image, the Harr-like method [7] is simply applied for detecting the front view of the face, and then it is indexed using the ID number extracted from the ID card.

Concerning the extraction of the ID number and name from card, four necessary steps are required: key frame extraction, card detection, type classification, and OCR. In the first step, the key frame extraction is to select the best card image from the sequence of image frames. The assumption is that when the card appears in the video, the high frequency information will increase compared to its background. We use edge detection to filter the image pixels with high frequency. Then the numbers of these pixels are counted. Due to the possible variation caused by light changing, the learning background technique, running average with selectivity, is applied in order to define the normal variation values of these pixels, and set it as a background (μ, σ) , as shown in (1).

$$\begin{aligned}\mu_{\text{set}} &= \alpha f_i + (1-\alpha)\mu_i \\ \sigma_{\text{set}}^2 &= \alpha(f_i - \mu_i)^2 + (1-\alpha)\sigma_i^2\end{aligned}\quad (1)$$

So, the frame containing the card image is the one with high intensity variation being greater than a threshold, defined to T_i as described in (2).

$$|f_i - \mu_i| > T_i$$

$$\text{where } T_i = K\sigma_i \quad (2)$$

With this process, a card may appear in many frames, as shown in Fig. 3 (blue color). Then, the key frame will be selected from the middle of these blue frames, as shown in Fig. 3 (yellow color).

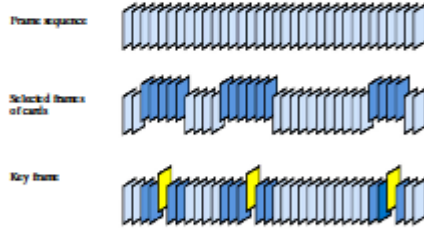


Fig. 3 Key frame selection

In the second step for card detection, contours are extracted from the key frame. The polygon approximation is then applied to the contours in order to fit with rectangle features. The validated rectangle is then defined as ROI of card, which will be normalized to the specific size using the affine transform and image warping technique. This step will deal with the variation of sizes and angles of ROIs of cards detected in the key frame as shown in Fig. 4.



Fig. 4 Normalization of card's ROI

Third step for the classification of card's types. In this stage, two types of cards are concerned: national identification card (ID card) and driving license card. It is necessary to identify the type of card for a better character recognition that follows in the further steps. Equations (3), (4) are defined for this purpose.

$$\sigma_{b,s,r} = \sqrt{\frac{n \sum l_i^2 - (\sum l_i)^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_s^2 + \sigma_r^2} \quad (4)$$

We found that if the sigma value is lower than an optimal threshold the card is identified as an ID card, otherwise it is a driving license card. When the card's type is identified, the pre-defined card patterns of ROIs for the specific card are determined. The segmentation of the image regions for ID number and name could be done using its corresponding patterns. Finally, the ROI images of ID number and name will be binarized by Otsu method [8] and transformed into text using the Tesseract OCR.

B. Person Information Verification (PIV)

The Person Information Verification is the process of verifying a person exiting from the observing zone and comparing the data with his/her own information when entered the zone. Initially, the ID number and name from card and the face image of the person could be extracted using the same method as described in the PIA previously. Then, extracted ID number is used to retrieve the corresponding face image from database for face comparison. The verification is validated only if the comparison score is acceptable.

Our face comparison is based on the comparison of components of face such as eyes, nose, and mouth. So, the components must be segmented, which is described as below. Firstly, the Flandmark technique [9] is used to detect landmarks on face including left and right eye corners, mouth corners, and nose tip as shown in Fig. 5(a) (i.e., 1st-7th points). However, these landmarks are insufficient for approximating the position of the face components, so we define additional reference points for segmenting the face components. Therefore, the 1st - 7th points are used to estimate the 8th - 12th points as shown in Fig. 5(b) using (5)-(9). Then, the x and y points obtained from 1st-12th points are used to approximate the boundary of each component as shown in Fig. 6. The segmentation can be performed using these boundaries. The sizes of very components are normalized. Its colors are splits into the R, G, and B channels, which are normalized by histogram equalization method, then re-combined into a single image, and finally converted to grayscale image.

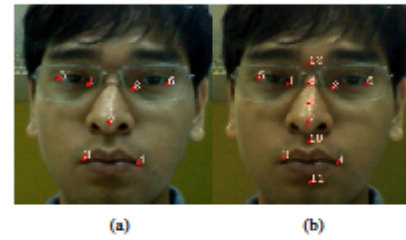


Fig. 5 Landmarks position of the face components

$$P_8 = \left(\frac{P_{1x} + P_{2x} + P_{7x}}{3}, \frac{P_{5y} + P_{1y} + P_{2y} + P_{6y}}{4} \right) \quad (5)$$

$$P9 = \left(P8_x, \left(\frac{(P5_y + P1_y + P2_y + P6_y) + P7_y}{2} \right) \right) \quad (6)$$

$$P10 = \left(P8_x, \left(\frac{(P3_y + P4_y) + P7_y}{2} \right) \right) \quad (7)$$

$$P11 = \left(\frac{P3_x + P4_x}{2}, \frac{P3_y + P4_y}{2} + 1.5 \left(\frac{P3_x + P4_x}{2} - P10_x \right) \right) \quad (8)$$

$$P12 = \left(P8_x, \frac{P5_y + P1_y + P2_y + P6_y}{4} - (P9_y - P8_y) \right) \quad (9)$$

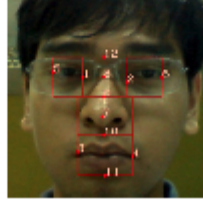


Fig. 6. Face components

We compare each pair of face components between two face images. The square root of sum of squared error (L2) is calculated to indicate the difference between each face component pair. Four scores of L2 are obtained from four pairs of face components. Euclidean distance of the four scores is computed using the (11) that indicates the similarity between two face images. Low Euclidean distances mean that two face images have high similarity. In contrast, high Euclidean distances mean that two face image has low similarity.

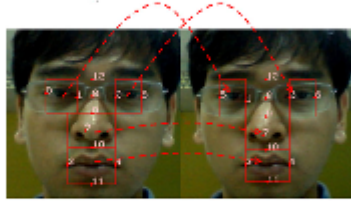


Fig. 7. Calculation between components

$$score_{i_{eye}, r_{eye}, nose, mouth} = \frac{\sqrt{\sum_i (I_1 - I_2)^2}}{I_{wide} \times I_{high}} \quad (10)$$

$$score_{total} = \sqrt{l_{eye}^2 + r_{eye}^2 + nose^2 + mouth^2} \quad (11)$$

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

The system is experimented on Intel P8700@2.5Ghz with 2GB memory. The codes are implemented using Microsoft visual studio C++ 2012 with OpenCV library. The Flandmark library is used for face landmark initialization and the Tesseract is used as OCR engine.

A. PIA Results

We use three driving cards and four identity cards as dataset. All cards are placed into three different patterns including straight to camera, rotate left, and rotate right. Each pattern is repeated five times. We obtain in total 105 image patterns for 45 driving card images (three driving cards \times three patterns \times five times) and 60 identity card images (four identity cards \times three patterns \times five times). Table I shows the accuracies of information extraction from cards. We found that the system can select the correct keyframe with 100% accuracy. The accuracies for rotation of the driving and identity cards are 97.77% and 100% respectively. In some cases, when the card has a transparent plastic cover, the system fails to determine the correct card's corners. For this reason, the error occurs at around 2.23%. We noticed that the system can classify correctly the types of the driving and identity cards at 100% and 96.66%. The accuracies of OCR for the driving and identity cards are 68.18% and 79.31% respectively. The average time consuming per card is 1686ms.

TABLE I
PIA ACCURACIES

Card type	Keyframe Selection	Rotated card Correction	Card type Identification	OCR
Driving Card	100%	97.77%	100%	68.18%
Identity Card	100%	100%	96.66%	79.31%

B. PIV Results

In order to experiment our PIV method, we collect the dataset from four subjects: 20 face images are collected from each subject, so, a total 80 face images are used. The dataset is divided into two groups: 40 face images used as testing set and other 40 images are used as request set. To evaluate the capability of face similarity measurement of PIV method, every face image of each subject from request set are compared to all subjects in testing set.

The Fig. 8 shows the comparing scores (11) between query face images and testing images while querying of the first subject. We can notice that the scores of first subject compared to itself (blue line) are the lowest at 1.28 in average. The comparisons with other subjects give higher values of 2.26, 2.54, and 3.5 correspondingly. The Fig. 9 shows the result of the second subject. The self-comparison is around 1.21 and its cross comparisons are 2.26, 2.54, and 3.5 respectively. Again, the Figs. 10, 11 show the result of the third and fourth subjects. In these cases we can observe the same trend that its self-comparisons give lowest values at

1.42 and 1.71. The other comparisons are greater than 2.43. From these experimentations, we can determine that the optimal threshold for the acceptability of the face verification using our PIV is 1.99, which is the average of the minimum value of cross-comparison scores (2.26) and the maximum value of the self-comparison score (1.71). It indicates that if the comparison score is less than 1.99, our system will consider that the person entering and exiting the observed zone using the same ID number is the same person.

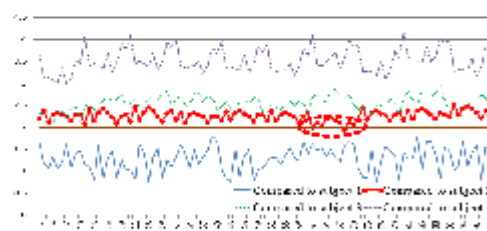


Fig. 8 First subject compared to others

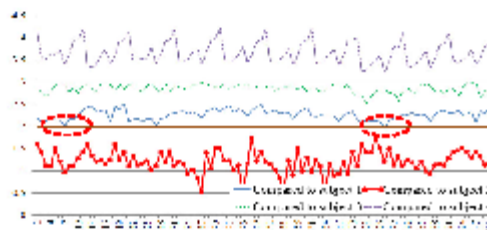


Fig. 9 Second subject compared to others

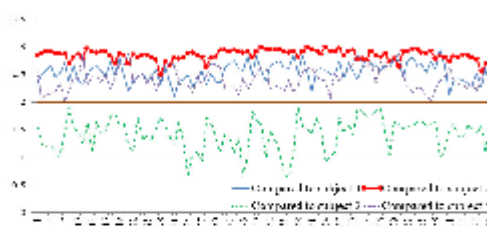


Fig. 10 Third subject compared to others

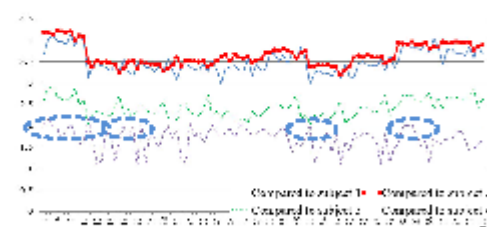


Fig. 11 Fourth subject compared to others

As a result, if the queryset images and testset image from the same subject are compared, the comparing score should be lower than other comparisons. In other words, the lower comparing score means that two face images are similar and could be validated. From the empirical results, the verification of person will be validated by our PIV method when its score value is less than 1.99, which is an optimal threshold for these datasets.

TABLE II
COMPARISON ACCURACIES

Comparison	1 st subject	2 nd subject	3 rd subject	4 th subject
self-compared	100%	100%	100%	84%
*(True Positive)				
cross-compared	99.32%	99.32%	100%	100%
*(True Negative)				
correctly	99.66%	99.66%	100%	92%
overall accuracy	97.83%			

Table II shows the accuracies of verification process while using an optimal threshold 1.99. We found that the accuracies of the first and second subjects are 99.66% in average. The third and fourth subjects are 100% and 92% respectively. The red and blue circles in Figs. 8-11 show the false positives and false negative. The overall system can correctly verify persons up to 97.83%.

C. System Integration

Fig. 12 shows the integrated automatic checkpoint system. The number one displays the video captured from the first camera, which is focusing on the card. Our PIA is executed to extract the key frame and then the ID number that will appear in the textbox, as shown at area number two. This ID number is then used to retrieve the image of face from database server and display it in the area number three. The area number four displays the video captured from the second camera, focusing on the face. The PIA for face detection is applied and results to the area number five. Then, the face comparison is done by our PIV method. The verification result is shown as the text overlaying on the face image in the area number three. Note that the green text is for acceptable face comparison and the red text shows the contrast.



Fig. 12 System integration of Automatic Checkpoint System

V. CONCLUSION

In this paper an automatic checkpoint system for people is proposed. The PIA method for extracting information from ID cards is introduced, which is robust to the variation of

brightness scaling and rotation. The overall results of PIA are rather accurate. However, some enhancements for the overshadow of watermark on the card is necessary in order to increase the OCR recognition rates. The PIV method is presented for person verification using face similarity measurement via its components. The proposed method does not require any training process. The performance of PIV is satisfactory due to the "one-to-one" matching design with additional indexed ID number. In the further works, more datasets should be investigated in order to study the robustness and automatic thresholding of proposed method.

REFERENCES

- [1] F. Martín and V. María, "Automatic reading of Spanish identity cards," *Document Analysis and Recognition*, pp. 470-474, 2001, Seattle, 10-13 Sep 2001.
- [2] F. Martín, "Analysis Tools for Gray Level Histograms," In *Proc. Signal Processing Pattern Recognition and Applications*, pp.11-16, 2003.
- [3] Lu Y, Qu, Y, Chengand, Y, Xie, "ID Numbers Recognition by Local Similarity Voting," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, pp. 3881 – 3888, 4 Oct. 2010.
- [4] Ching-Tang Hsieh, Chia-Shing Hu and Chun-Wei Pan, "A Simple Automatic Facial Aging/Rejuvenating Synthesis Method", *Systems, Man, and Cybernetics*, pp.2982-2988, 9-12 Oct. 2011.
- [5] F. Juefei-Xu, K. Lau, M. Savvides, T. D. Bui, and Ch. Y. Suen. "Investigating Age Invariant Face Recognition Based on Periocular Biometrics." *Biometrics (ICB)*, 2011 International Joint Conference on Biometrics, pp.1 – 7, Washington, 11-13 Oct. 2011.
- [6] Gayathri Mahalingam and Chandra Kambhampati, "Age Invariant Face Recognition Using Graph Matching", *Biometrics: Theory Applications and Systems*, pp. 1-7, 27-29 Sep 2010.
- [7] P. Viola, M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," *IEEE CVPR01*, pp. 511-518, 2001.
- [8] Nobuyuki Otsu. "A threshold selection method from gray-level histograms," *Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 62-66, 1979.
- [9] M. Uricar, V. Franc and V. Hlavac, "Detector of Facial Landmarks Learned by the Structured Output SVM," In *Proc. 7th International*

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นายกฤติกร แก้ววงศ์ศรี	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5610120002	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	2556

ทุนการศึกษา

1. ทุนบัณฑิตศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ปีงบประมาณ 2556 ภายใต้เงื่อนไข : ต้องมีผลงานทางวิชาการที่เสนอในที่ประชุมอย่างน้อยในระดับประเทศ 2 เรื่อง หรือระดับนานาชาติ 1 เรื่อง หรือตีพิมพ์ในวารสาร 1 เรื่อง ก่อนสำเร็จการศึกษา
2. ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ปีงบประมาณ 2558

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

- K. Kaewwongsri and N. Suvonvorn, "Automatic Checkpoint System Using Face and Card Information," International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, vol.10, no.1, pp.28-33, 2016