

การพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์  
โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน

(Backend development for Electronic Know Your  
Customer using Thai National ID Card)

กวิสรา ทองดีเลิศ

590510530

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีการศึกษา 2562

การพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์  
โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน

(Backend development for Electronic Know Your  
Customer using Thai National ID Card)

กวิสรา ทองดีเลิศ  
590510530

การค้นคว้าอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
ปีการศึกษา 2562

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

( อาจารย์ ดร.รัศมีทิพย์ วิตา )

..... กรรมการ

( อาจารย์ ดร.ประภาพร เตชอังกูร )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

## กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ ดร.รัศมีทิพย์ วิตา ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวคิดวิธีการและเสียสละเวลาอันมีค่าแก้ไขข้อบกพร่องของเนื้อหา และสำนวนภาษาด้วยความใส่ใจยิ่ง ผู้ค้นคว้าอิสระขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ประภาพร เตชอังกูร ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระนี้รวมทั้งให้คำแนะนำเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ขอขอบคุณคุณอาจารย์ที่ได้ให้การสนับสนุนการดำเนินงานและมอบความรู้วิชาอันมีค่า เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ และขอบคุณทุกความช่วยเหลือในการทำการค้นคว้าอิสระนี้ให้สำเร็จลงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณทางบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) (INET) สำหรับความกรุณาในการอนุเคราะห์แนะนำหัวข้อ แนะนำแนวทางการปฏิบัติและให้ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับเนื้อหาของงานค้นคว้าอิสระนี้

ขอขอบคุณ นางสาวเยาวลักษณ์ พวงมาลัย, นายพัชรพล สุขมี, นายพิศลย์ เรือนอินทร์, นางสาวกวิษฐา ทองดีเลิศ, นางสาวแสงหล้า คำสาย, นายอวน คำสาย, นางสาวสวรินทร์ ทิพย์เวียง, นางสาวปริยานันท์ ศิริปัญญา, นางสาวณัฏฐา เจริญพันธ์, นางสาวมาริษา ดวงแก้วกุล, นางสาวกิงจันทร์ คำสาย, นางสาวกนกวรรณ แสนคำหล่อ, นายประหยัด ปวงจักร์ทา และ นางสาวภาวิณี ทองเงา สำหรับความอนุเคราะห์ที่อนุญาตให้นำภาพบัตรประจำตัวประชาชนและภาพใบหน้ามาใช้ในการทำการค้นคว้านี้ รวมถึงเพื่อน ๆ ที่ไม่ได้กล่าวชื่อ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและแนะนำต่าง ๆ ในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้

กวิษฐา ทองดีเลิศ

590510530

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน
ชื่อเจ้าของโครงการ	นางสาวกวิสรา ทองดีเลิศ รหัสประจำตัว 590510530
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.รัศมีทิพย์ วิตา

## บทคัดย่อ

โครงการค้นคว้าอิสระนี้ได้นำเสนอการพัฒนาส่วนประมวลผลสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ ในการเปรียบเทียบยืนยันตัวตนจากข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชนและรูปถ่าย ให้เป็นไปตามมาตรฐานการพิสูจน์และยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ของไทย

ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบเว็บเซอร์วิส รองรับการทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันการเปลี่ยนแปลงภาพบัตรประจำตัวประชาชนให้เป็นข้อมูล และอัปโหลดรูปถ่าย โดยเว็บเซอร์วิสที่ให้บริการจะรับข้อมูลรายละเอียดของหน้าบัตรประจำตัวประชาชน รูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน และรูปถ่ายแบบหน้าตรงของผู้ใช้งาน ระบบส่วนประมวลผลที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ทำหน้าที่ในการตรวจสอบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง และส่วนประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน โดยในส่วนแรกระบบจะนำข้อมูลที่ได้รับจากแอปพลิเคชัน มาประมวลผลข้อความในแต่ละฟิลด์ที่ใช้เก็บข้อมูล เช่น ชื่อ นามสกุล ที่อยู่ วันเดือนปีเกิด และประเมินออกมาในลักษณะเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของข้อมูล และส่วนที่สอง เป็นการประมวลผลภาพใบหน้า โดยระบุจุดสำคัญและเปรียบเทียบความเหมือนของโครงสร้างใบหน้า เพื่อที่นำมาประเมินผลเป็นระดับ ซึ่งมีอยู่ 3 สถานะ ได้แก่ ผ่าน ไม่แน่ใจ และไม่ผ่าน โดยกำหนดเกณฑ์ประเมินไว้ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการผ่านการดำเนินการตรวจสอบความเหมือนของใบหน้า และต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการตัดสินว่าไม่ใช่บุคคลเดียวกัน โดยระบบสามารถกรองข้อมูลให้เหลือในส่วนความเหมือนที่ 40-90 เปอร์เซ็นต์ ให้ผู้ดูแลระบบทำการตัดสินใจ โดยในการทดสอบระบบ มีข้อจำกัดในการเชื่อมต่อกับโมบายแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลของกรมการปกครอง จึงได้มีการจำลองเว็บไซต์เพื่อกรอกข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้งาน และจำลองเว็บเซอร์วิสของฐานข้อมูลกรมการปกครองเพื่อดึงข้อมูลใช้ในการทดสอบระบบ

ระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน จะช่วยให้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ในกระบวนการยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อพัฒนาไปสู่การยืนยันตัวตน แบบไม่พบหน้าระหว่างเจ้าหน้าที่และลูกค้า

<b>Independent Study Title</b>	Backend development for Electronic Know Your Customer using Thai National ID Card
<b>Author</b>	Ms.Kawisara Thongdeeloet <b>Student ID</b> 590510530
<b>Bachelor of Science</b>	Computer Science
<b>Supervisor</b>	Ratsameetip Wita, Ph.D.

## Abstract

This independent study project proposes the development of Electronic Know Your Customer systems (e-KYC) by comparing the identification from the Thai National ID Card and photo in accordance with the regulations for electronic identification and verification of Thailand.

The developed system is a web service, supporting Thai National ID Card scanning and photos uploading applications. The web service will receive detailed data on the ID card, photo on ID card and selfie photo of user. The developed system has 2 parts, first, the comparison of data on ID cards and the personal database of the Department of Provincial Administration. Second, the evaluation of the similarity of the selfie photo and photo on ID card. In the first part, the system will receive data from the application to process similarity of each field such as first name, last name, address, date of birth to database. The second part is the facial image processing by identifying specific points and the comparison of facial structure similarity. To be evaluated in 3 levels, which are passed, unsure and failed. By setting evaluation criteria at 90 percent for passed status if less than 40 percent will decide that it is not the same person. The system can filter the information of face similarities in 40-90 percent in order to have administrator make a decision. By testing the system, there are restrictions on connecting to mobile phones and the Department of Provincial Administration's database. therefore, created a website replication to fill in user data and the web service of the Department of Provincial Administration database to test the system

Electronic Know Your Customer by using ID card increases the efficiency of the Electronic Know Your Customer and it is developed to Know Your Customer into Non Face-to-Face system.

# สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงประยุกต์ .....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ .....	2
1.5 แผนการดำเนินงานและระยะเวลาดำเนินงาน .....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1 การทำความรู้จักลูกค้า.....	5
2.2 การทำความรู้จักลูกค้าด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์.....	5
2.3 การรู้จำใบหน้า .....	14
บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ .....	21
3.1 วิเคราะห์การทำงานของระบบ.....	21
3.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ .....	21
3.3 แผนภาพกิจกรรมการทำงานของระบบ.....	24
3.4 แผนภาพลำดับการทำงานของระบบ.....	26
บทที่ 4 การออกแบบฐานข้อมูล.....	29
4.1 การออกแบบฐานข้อมูล MongoDB ในลักษณะ NoSQL.....	29
4.2 โครงสร้างข้อมูลภายในเอกสาร.....	30

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การพัฒนาระบบ.....	35
5.1 การใช้โปรแกรมภาษาและเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม .....	35
5.2 การพัฒนาระบบ .....	36
บทที่ 6 การทดสอบระบบ.....	45
6.1 ชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบระบบ .....	45
6.2 ผลการทดสอบระบบ .....	48
บทที่ 7 บทสรุป .....	62
7.1 สรุปผลการดำเนินงาน .....	62
7.2 ข้อจำกัดของระบบ.....	62
7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในอนาคต .....	63
เอกสารอ้างอิง .....	64

## สารบัญตาราง

### หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงานและระยะเวลาการดำเนินงาน .....	4
ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์และความหมายของแผนภาพกิจกรรม .....	24
ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์และความหมายของแผนภาพลำดับ .....	26
ตารางที่ 4.1 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันผู้ใช้ .....	30
ตารางที่ 4.2 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากผู้ใช้ .....	31
ตารางที่ 4.3 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับจากกรมการปกครอง .....	31
ตารางที่ 4.4 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันการเปรียบเทียบข้อมูล .....	33
ตารางที่ 4.5 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันรูปภาพ .....	33
ตารางที่ 4.6 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันการประเมินความเหมือนของใบหน้า .....	34
ตารางที่ 4.7 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันตั้งค่าสถานะของการประเมินรูปภาพ .....	34
ตารางที่ 5.1 ภาษาและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม .....	35
ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงชุดข้อมูลในส่วนของระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่าย ใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน .....	45
ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบระบบการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบน บัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง .....	48
ตารางที่ 6.3 ภาพรวมของผลการทดสอบระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่าย ใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน .....	49
ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนเดียวกัน .....	50
ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศหญิง .....	51
ตารางที่ 6.6 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศชาย .....	55
ตารางที่ 6.7 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศต่างกัน .....	56



## สารบัญรูปภาพ

### หน้า

รูปที่ 2.1 การยืนยันและการพิสูจน์ตัวตน (KYC และ e-KYC).....	6
รูปที่ 2.2 การยืนยันตัวตนด้วยชีวภาพ (Biometrics).....	6
รูปที่ 2.3 กระบวนการลงทะเบียนการพิสูจน์และยืนยันตัวตนด้วยระบบ Digital ID .....	7
รูปที่ 2.4 รูปภาพต้นฉบับ .....	15
รูปที่ 2.5 รูปภาพที่ถูกทำการกลับสีเป็นขาว-ดำ .....	15
รูปที่ 2.6 รูปภาพการดูพิกเซล .....	15
รูปที่ 2.7 รูปภาพแสดงทิศทางที่ภาพเข้มข้นไปทางขวาบน .....	16
รูปที่ 2.8 รูปภาพแสดงการไล่ระดับสีและการไหลของแสง .....	16
รูปที่ 2.9 รูปภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปดั้งเดิมกับรูปที่แสดงการไล่ระดับสี .....	16
รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบรูปที่ทำผ่านวิธี Histograms of Oriented Gradients.....	17
รูปที่ 2.11 แสดงจุดที่สำคัญ 68 จุดเฉพาะ บนใบหน้า .....	18
รูปที่ 2.12 แสดงผลลัพธ์จากการระบุจุดที่สำคัญ 68 จุดเฉพาะ บนใบหน้า .....	18
รูปที่ 2.13 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงเลียนแบบ (affine transformations).....	19
รูปที่ 2.14 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวัด 128 ครั้งต่อหน้า .....	20
รูปที่ 3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ .....	22
รูปที่ 3.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ.....	23
รูปที่ 3.3 แผนภาพกิจกรรมการทำงานของระบบ .....	25
รูปที่ 3.4 แผนภาพลำดับการทำงานของระบบ .....	27
รูปที่ 3.5 แผนภาพลำดับของระบบเปรียบเทียบความเหมือนของข้อมูล .....	27
รูปที่ 3.6 แผนภาพลำดับของระบบประเมินความเหมือนของใบหน้า .....	28
รูปที่ 4.1 แบบจำลองฐานข้อมูลในลักษณะ Document database .....	29
รูปที่ 5.1 หน้าเว็บแอปพลิเคชันเพื่อรับข้อมูลส่วนตัว .....	36
รูปที่ 5.2 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน .....	37
รูปที่ 5.3 ลักษณะแฟ้มการเก็บรูปภาพ .....	37
รูปที่ 5.4 ลักษณะของคอร์เนลขนาด 3X3 .....	38
รูปที่ 5.5 คอร์เนลเป็นเมทริกซ์ขนาดเล็กที่เลื่อนจากซ้ายไปขวา.....	38

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.6 กระบวนการสร้างรูปภาพใหม่โดยที่เคอร์เนล $3 \times 3$ .....	39
รูปที่ 5.7 รูปภาพต้นฉบับของบัตรประจำตัวประชาชน .....	40
รูปที่ 5.8 รูปภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้ว .....	40
รูปที่ 5.9 รูปภาพต้นฉบับของหน้าตรง.....	40
รูปที่ 5.10 รูปภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้วของหน้าตรง.....	40
รูปที่ 5.11 แผนภาพแสดงการค้นหาภาพใบหน้าจากรูปบัตรประจำตัวประชาชน .....	41
รูปที่ 5.12 แผนภาพแสดงกระบวนการเปรียบเทียบรูปภาพ 2 รูป เพื่อหาระยะห่างของใบหน้า .....	43
รูปที่ 6.1 แผนภูมิแสดงผลการประเมินความเหมือนของใบหน้า .....	60

# บทที่ 1

## บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ของโครงการ ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา รวมถึงขอบเขตของการพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน

### 1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันเป็นยุคของดิจิทัล องค์กรธุรกิจต่าง ๆ ในประเทศได้ให้ความสนใจในการทำธุรกิจแบบดิจิทัลมากขึ้น โดยการให้บริการลูกค้าด้วยช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อช่วยให้ลูกค้าเข้าถึงการใช้บริการต่าง ๆ ได้สะดวก รวดเร็วมากขึ้นและยังช่วยลดต้นทุนต่าง ๆ

โดยในอดีตที่มีการเริ่มนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ได้มีการใช้กระบวนการยืนยันตัวตน หรือ Know Your Customer (KYC) ซึ่งเป็นกระบวนการรู้จักลูกค้าที่สามารถระบุตัวตนและพิสูจน์ตัวตนได้อย่างถูกต้อง ทราบถึงผู้รับผลประโยชน์ต่าง ๆ ได้อย่างแท้จริง เพื่อเป็นการยืนยันและป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการโจรกรรม การทำ KYC ในปัจจุบันถือเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยาก เนื่องจากต้องมีการพบกันระหว่างเจ้าหน้าที่และลูกค้า มีการกรอกข้อมูลต่าง ๆ และนำส่งเอกสารหลักฐานต่าง ๆ ที่กำหนด วิธีการเหล่านี้ทำให้มีต้นทุนสูงทั้งด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลา จากเหตุผลนี้ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้นจึงมีกระบวนการยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือ Electronic Know Your Customer (e-KYC) ขึ้น โดยกระบวนการนี้สามารถใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อพัฒนาไปสู่การทำ KYC แบบไม่พบหน้าระหว่างเจ้าหน้าที่และลูกค้า อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกแก่ลูกค้า ลดต้นทุนและประหยัดเวลา ถึงอย่างไรกระบวนการการทำความรู้จักลูกค้าด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์นี้ยังไม่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากในประเทศไทยเทคโนโลยีนี้ยังอยู่ในระยะเริ่มต้นบางองค์กรอาจยังไม่มีมีการปรับใช้ จึงยังคงมีการใช้กระบวนการ KYC อยู่

โครงการนี้เป็นความร่วมมือระหว่างภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กับ บริษัท INET ที่ให้ทำการพัฒนาระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือ e-KYC นี้ขึ้น โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน เพื่อเป็นการตรวจสอบตัวตนได้ตรงตามมาตรฐานการพิสูจน์และยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ของไทย ทางบริษัท INET จึงมีความประสงค์ให้ผู้จัดทำเป็นผู้จัดทำโครงการนี้ขึ้นมา โดยมีการแบ่งการพัฒนาเป็นส่วนหน้าบ้าน คือ การทำแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน และส่วนหลังบ้าน คือ ในโครงการนี้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน

## 1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงประยุกต์

ได้ส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน

## 1.4 ขอบเขตของโครงการ

### 1.4.1 ขอบเขตทางสถาปัตยกรรม

#### 1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนา

1.1 หน่วยความจำประมวลผล (CPU) อินเทล คอร์ ไอ7-6500ยู 2.50

กิกะเฮิร์ตซ์ (Intel Core i7-6500U 2.50GHz)

1.2 ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) ขนาดความจุ 1 เทราไบต์

1.3 หน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 4 กิกะไบต์

#### 2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนา

1.1 ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์ 10 โพร (Microsoft Windows 10 Pro)

1.2 โปรแกรมวิซวลสตูดิโอโค้ด (Visual Studio Code) ใช้ในการพัฒนาระบบ

1.3 โปรแกรมซับไลม์เท็กซ์ (Sublime text) ใช้ในการพัฒนาระบบ

1.4 โปรแกรมโพสต์แมน (Postman) ใช้ในการพัฒนา API ทดสอบการทำงานของ Service

1.5 ภาษา python, JavaScript ในการทำโครงการ

### 1.4.2 ขอบเขตของระบบงาน

ระบบประมวลผลที่รองรับการตรวจสอบข้อมูลดังต่อไปนี้

1 ระบบเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง

2 ระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน

### 1.4.3 ขอบเขตของข้อมูล

ระบบนี้ใช้ข้อมูลจากส่วนบุคคล ได้แก่

#### 1 ข้อมูลส่วนบุคคลจากบัตรประจำตัวประชาชน ประกอบด้วย

- หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 13 หลัก
- ชื่อจริง-นามสกุล (ภาษาไทย)
- วัน/เดือน/ปี พ.ศ. เกิด
- เบอร์โทรศัพท์
- ที่อยู่

#### 2 ข้อมูลส่วนบุคคลแบบธรรมดาจากกรมการปกครอง

- หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 13 หลัก
- คำนามหน้าชื่อ (ภาษาไทย)
- ชื่อจริง-ชื่อกกลาง-นามสกุล (ภาษาไทย)
- เพศ
- วัน/เดือน/ปี พ.ศ. เกิด
- อายุ
- สถานะการมีชีวิตร
- ที่อยู่
- ข้อมูลทำบัตรประจำตัวประชาชน (วัน/เดือน/ปี พ.ศ. ที่ทำบัตร, วัน/เดือน/ปี พ.ศ. ที่บัตรหมดอายุ, สถานที่ทำบัตร, หน่วยงานที่ทำบัตร)
- ข้อมูลสัญชาติ (สัญชาติปัจจุบัน, สัญชาติเดิม, วัน/เดือน/ปี พ.ศ. ที่เปลี่ยนสัญชาติ)

#### 3 ข้อมูลรูปของผู้ใช้

- รูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน
- รูปถ่ายใบหน้าตรง

### 1.5 แผนการดำเนินงานและระยะเวลาดำเนินงาน

การศึกษานี้เริ่มดำเนินงานตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2562 สิ้นสุดเดือน เมษายน พ.ศ. 2563 แสดงรายละเอียดการดำเนินงานดังตารางที่ 1.1 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 1) วิเคราะห์ระบบจากความต้องการของ INET
- 2) ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
- 3) ออกแบบระบบ
- 4) พัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้

5) ทดสอบการใช้งานระบบ

6) สรุปผลและจัดทำเอกสาร

ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานทั้ง 6 ขั้นตอนนี้ ตามแผนการดำเนินงานจะถูกแบ่งเป็นช่วงตามตาราง

1.1 ได้ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลา ขั้นตอนการ ดำเนินงาน	พ.ศ.2562					พ.ศ.2563			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย
1.วิเคราะห์ระบบ									
2.ศึกษาทฤษฎีและ เอกสารที่เกี่ยวข้อง									
3.ออกแบบระบบ									
4.พัฒนาระบบ									
5.ทดสอบและแก้ไข ระบบงาน									
6.สรุปผลและจัดทำ เอกสาร									

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบสำหรับการพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน โดยทำการศึกษาจากหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การทำความรู้จักลูกค้า (Know Your Customer: KYC)

กระบวนการในการทำความรู้จักลูกค้าเป็นขั้นตอนที่ต้องมีขึ้นก่อนเริ่มให้บริการ เพื่อให้สามารถมั่นใจว่าลูกค้าเป็นบุคคลที่ทำธุรกรรมจริง มีแหล่งที่มาของเงินที่จะนำมาลงทุน และทราบถึงผู้รับผลประโยชน์ที่แท้จริง การทำ KYC ในปัจจุบันถือเป็นขั้นตอนที่ยู้ง่ายสำหรับทั้งสถาบันการเงินและลูกค้า ต้องมีการพบกันระหว่างลูกค้ากับเจ้าหน้าที่ (Face-to Face Contact) และรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อให้รู้ว่าลูกค้าเป็นใคร โดยผ่านกระบวนการระบุตัวตนที่ต้องมีข้อมูลและเอกสารแสดงตนของลูกค้าที่เพียงพอและกระบวนการพิสูจน์ตัวตนที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของหลักฐานแสดงตนของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนมีต้นทุนทั้งด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ

#### 2.2 การทำความรู้จักลูกค้าด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Know Your Customer: e-KYC)

กระบวนการในการทำความรู้จักลูกค้าด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์ หรือ e-KYC [1] เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยในขั้นตอนดำเนินการทำความรู้จักลูกค้าใหม่ เทคโนโลยีดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในการระบุตัวตน (Identification) และพิสูจน์ตัวตน (Verification) แทนการทำความรู้จักลูกค้าในระบบเดิมหรือแบบพบเห็นลูกค้าต่อหน้า (Know Your Customer: KYC) ที่มีขั้นตอนยุ่งยาก e-KYC จึงเป็นแนวทางที่ถูกนำมาใช้เพื่อลดความยุ่งยากของขั้นตอนการทำความรู้จักลูกค้าของผู้ประกอบธุรกิจที่ต้องการรวบรวมและประเมินข้อมูลต่าง ๆ ของลูกค้า ก่อนที่ผู้ประกอบธุรกิจจะให้บริการ ซึ่งจะต้องรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อให้รู้ว่าลูกค้าเป็นใครโดยผ่านกระบวนการระบุตัวตนที่ต้องมีข้อมูลและเอกสารแสดงตนของลูกค้าที่เพียงพอและกระบวนการพิสูจน์ตัวตนที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของหลักฐานแสดงตนของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.1 การยืนยันและการพิสูจน์ตัวตน (KYC และ e-KYC)

ที่มา: การปฏิรูปกฎเกณฑ์การกำกับดูแลสถาบันการเงิน โดย ธนาคารแห่งประเทศไทย

## 2.2.1 เทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยในการการพิสูจน์ตัวตนด้วยวิธีการอิเล็กทรอนิกส์

1) **Biometric Authentication** เป็นการยืนยันและพิสูจน์ตัวตนโดยใช้ข้อมูลทางชีวภาพของแต่ละคนที่มีอยู่เฉพาะตัว (Biometrics) เช่น ม่านตา ใบหน้า ลายนิ้วมือ เสียงพูด ดีเอ็นเอ (DNA) เป็นต้น

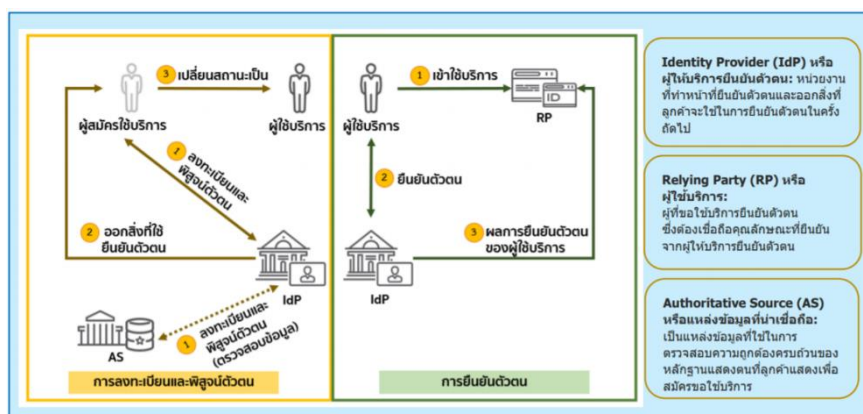


รูปที่ 2.2 การยืนยันตัวตนด้วยชีวภาพ (Biometrics)

ที่มา: e-KYC คืออะไร โดย กรมสรรพากร

2) **Digital ID verification** เป็นการยืนยันตัวตนโดยอาศัยการถ่ายภาพหนังสือเดินทาง (Passport) บัตรประจำตัวประชาชนหรือแม้กระทั่งบัตรเครดิตโดยตรง แทนที่ทางธนาคารจะต้องมีเจ้าหน้าที่คอยถามหาเอกสารผ่านทางอีเมล แฟกซ์ หรือถ่ายเอกสารแล้วยื่นให้เจ้าหน้าที่โดยตรง ซึ่งไม่สะดวกต่อผู้ใช้และอาจเกิดจากความผิดพลาดในการกรอกข้อมูล





รูปที่ 2.3 กระบวนการลงทะเบียนการพิสูจน์และยืนยันตัวตนด้วยระบบ Digital ID

ที่มา: แนวปฏิบัติในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการทำความรู้จักลูกค้า

โดย สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์

ด้านซ้ายของรูป : แสดงกระบวนการลงทะเบียนและพิสูจน์ตัวตน ซึ่งมีขั้นตอนทั่วไป ดังนี้

1) ผู้สมัครใช้บริการลงทะเบียนเป็นผู้ให้บริการของผู้ให้บริการยืนยันตัวตน (Identity Provider: IdP) โดย IdP เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่ยืนยันตัวตนและออกสิ่งปลูกค้ำจะใช้ในการยืนยันตัวตนในครั้งถัดไป ซึ่ง IdP จะพิสูจน์ตัวตนของผู้สมัครใช้บริการตามระดับความน่าเชื่อถือของไอเดนทิตีที่กำหนด โดยอาจตรวจสอบข้อมูลกับผู้ให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ (Authoritative Source: AS) ซึ่ง AS คือแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของหลักฐานที่แสดงตนที่ลูกค้าแสดงเพื่อสมัครขอใช้บริการ

2) หากการพิสูจน์ตัวตนสำเร็จ IdP จะสร้างหรือลงทะเบียนสิ่งที่ใช้ยืนยันตัวตน และสร้างสิ่งที่ใช้รับรองตัวตน ซึ่งเป็นข้อมูลเชื่อมโยงสิ่งที่ใช้ยืนยันตัวตนกับไอเดนทิตีของผู้ใช้บริการ

3) ผู้สมัครใช้บริการเปลี่ยนสถานะเป็น “ผู้ให้บริการ” โดย IdP จะเก็บรักษาสิ่งที่ใช้รับรองตัวตน สถานะของสิ่งที่ใช้รับรองตัวตน และข้อมูลที่ใช้บริการใช้ลงทะเบียน ตลอดอายุการใช้งานของสิ่งที่ใช้รับรองตัวตน (เป็นอย่างน้อย) ส่วนผู้ให้บริการเก็บรักษาสิ่งที่ใช้ยืนยันตัวตน

ด้านขวาของรูป : แสดงกระบวนการยืนยันตัวตนที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ให้บริการต้องการเข้าใช้บริการ หรือ ทำธุรกรรมกับ RP ซึ่งมีขั้นตอนทั่วไปดังนี้

1) ผู้ใช้บริการขอเข้าใช้บริการหรือทำธุรกรรมออนไลน์กับผู้ให้บริการ (Relaying Party: RP) ซึ่ง RP เป็นผู้ที่ขอใช้บริการยืนยันตัวตนซึ่งต้องเชื่อถือคุณลักษณะที่ยืนยันจากผู้ให้บริการยืนยันตัวตน โดยใช้ดิจิทัลไอดีที่มีระดับความน่าเชื่อถือของไอเดนทิตีและระดับความน่าเชื่อถือของสิ่งที่ใช้ยืนยันตัวตนตรงตามความต้องการของ RP

2) ผู้ใช้บริการยืนยันตัวตนว่าเป็นเจ้าของไอเดนทิตีที่กล่าวอ้างจริง โดยพิสูจน์ให้ IdP เห็นว่าตนครอบครองสิ่งที่ใช้ยืนยันตัวตนตามเกณฑ์วิธีที่ IdP กำหนด

3) IdP ตรวจสอบความถูกต้องและสถานะของสิ่งที่ใช้ยืนยันตัวตนและสิ่งที่ใช้รับรองตัวตน แล้วส่งผลการยืนยันตัวตนให้กับ RP ซึ่ง RP สามารถใช้ข้อมูลที่อยู่ในผลการยืนยันตัวตนนี้พิจารณาสิทธิต่าง ๆ ของผู้ใช้บริการ

4) RP ทำการเชื่อมต่อกับผู้ใช้บริการ

3) Geolocation and Identity Verification เป็นการยืนยันตัวตนของผู้ใช้ โดยนำเรื่องของสถานที่ของผู้ทำธุรกรรมนั้น ๆ เข้ามาตรวจสอบอีกชั้นหนึ่งของโมบายแอปพลิเคชัน ว่าอยู่ที่บริเวณนั้นและทำธุรกรรมจริง ๆ

## 2.2.2 มาตรฐานการพิสูจน์และยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ของไทย

ข้อเสนอแนะมาตรฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่จำเป็นต่อธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ว่าด้วยแนวทางการใช้ดิจิทัลไอดีสำหรับประเทศไทย (ภาพรวมและอริธาน ศัพท์การลงทะเบียนและพิสูจน์ตัวตน และการยืนยันตัวตน (ข้อเสนอแนะมาตรฐานฯ) รวมถึงเป็นมาตรฐานสำหรับการพิสูจน์และยืนยันตัวตนผ่านระบบ Digital ID โดยข้อเสนอแนะนี้ใช้หลักการที่สอดคล้องกับมาตรฐานของสถาบันมาตรฐานเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Institute of Standards and Technology: NIST) ในเรื่องระดับความน่าเชื่อถือของไอเดนทิตี (Identity Assurance Level : IAL) และ ระดับความน่าเชื่อถือของสิ่งที่ใช้ยืนยันตัวตน (Authentication Assurance Level : AAL) และมีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย โดยสรุป IAL และ AAL ของไทยได้ดังนี้

### ระดับของ IAL

#### ระดับที่ 1

- 1.1 ไม่มีการตรวจสอบข้อมูล/หลักฐานของลูกค้า ให้ลูกค้ายืนยันตนเอง
- 1.2 ขอสำเนาหลักฐานจากลูกค้า แต่ไม่มีการตรวจสอบจากแหล่งที่มาข้อมูลหลักฐาน หรือ Trusted source
- 1.3 ผู้ประกอบธุรกิจได้จับต้องหลักฐานตัวจริงของลูกค้า แต่ไม่มีการจากแหล่งที่มาข้อมูลหลักฐาน หรือ Trusted source

#### ระดับที่ 2

- 2.1 ตรวจสอบความแท้จริงของหลักฐาน เช่น ใช้ Card reader อ่านบัตรประจำตัวประชาชน และใช้เจ้าหน้าที่เปรียบเทียบภาพในบัตรประจำตัวประชาชนกับตัว

ลูกค้ากรณีไม่ได้พบหน้าลูกค้า เช่น การเปิดบัญชีผ่าน Kiosk หรือเครื่องมือของลูกค้า เช่น smartphone ต้องถ่ายภาพใบหน้าลูกค้าเพื่อเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือโดยเจ้าหน้าที่และจัดเก็บเพื่อป้องกันการปฏิเสธธุรกรรมหรือการพิสูจน์ตัวตนในครั้งต่อไป

## 2.2 มีข้อ 2.1 รวมด้วย ได้แก่

(1) ตรวจสอบหลักฐานกับผู้ออก หรือแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ (Online)

(2) ถ่ายภาพใบหน้าลูกค้าเพื่อเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือโดยเจ้าหน้าที่และจัดเก็บเพื่อป้องกันการปฏิเสธธุรกรรมหรือการพิสูจน์ตัวตนในครั้งต่อไป

2.3 มีข้อ 2.2 รวมด้วย และเก็บภาพใบหน้าลูกค้าแบบ Biometric เพื่อเปรียบเทียบกับภาพจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือด้วยเทคโนโลยี เช่น Facial Recognition และจัดเก็บเพื่อป้องกันการปฏิเสธธุรกรรมหรือการพิสูจน์ตัวตนในครั้งต่อไป (แทนการถ่ายภาพลูกค้าและให้เจ้าหน้าที่เปรียบเทียบตาม IAL 2.2)

## ระดับที่ 3

3.1 จะมีข้อ 2.3 รวมด้วย และเพิ่มหลักฐานยืนยันตัวตนที่น่าเชื่อถือ 2 ชั้น เช่น บัตรประจำตัวประชาชนและหนังสือเดินทาง

## ระดับของ AAL

### ระดับที่ 1

1.1 ใช้ปัจจัยยืนยันตัวตนอย่างน้อยหนึ่งปัจจัย (Single-factor authentication)

1.2 มีการป้องกันการโจมตีช่องทางรับส่งข้อมูลระหว่างลูกค้ากับผู้ประกอบธุรกิจจากผู้ไม่ประสงค์ดีได้ (Man-in-the-Middle)

### ระดับที่ 2

2.1 ใช้ปัจจัยยืนยันตัวตนแบบ Multi-factor authentication (หลายปัจจัย)

2.2 ใช้ Biometric ร่วมกับการยืนยันตัวตนแบบ Multi-factor authentication

2.3 มีการป้องกันการโจมตีช่องทางรับส่งข้อมูลระหว่างลูกค้ากับผู้ประกอบธุรกิจจากผู้ไม่ประสงค์ดีได้ (Man-in-the-Middle) และการโจมตีแบบส่งข้อมูลปัจจัยยืนยันตัวตนซ้ำ (Reply Attack)

### ระดับที่ 3

3.1 ใช้ปัจจัยยืนยันตัวตนแบบ Multi-factor authentication โดยปัจจัยหนึ่งต้องเป็นอุปกรณ์ (Device)

3.2 มีการป้องกันการโจมตีช่องทางรับส่งข้อมูลระหว่างลูกค้ากับผู้ประกอบธุรกิจจากผู้ไม่ประสงค์ดีได้ (Man-in-the-Middle) การโจมตีแบบส่งข้อมูลปัจจัยยืนยันตัวตนซ้ำ (Reply Attack) และการปลอมตัวเป็น IdP ที่ออกสิ่งที่ใช้ยืนยันตัวตนได้ (IdP Impersonation Attack)

#### 2.2.3 แนวปฏิบัติในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการทำความรู้จักลูกค้าด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์ การพิสูจน์ตัวตน (Identity Proofing)

การพิสูจน์ตัวตนมีการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำในการพิสูจน์ตัวตน (Identity proofing) โดยพิจารณาจากระดับความน่าเชื่อถือของการพิสูจน์ตัวตน (Identity Assurance Level : IAL) ในข้อเสนอแนะมาตรฐานฯ ที่ได้กล่าวถึงในด้านบน (หัวข้อมาตรฐานการพิสูจน์และยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ของไทย) ซึ่ง IAL ที่กำหนดคือ IAL ระดับ 2.1 ขึ้นไป และให้มีวิธีการพิสูจน์ตัวตนลูกค้ามีวิธีตรวจสอบหลักฐานทางออนไลน์นั้น แบ่งขั้นตอนการดำเนินการได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูลเพื่อระบุตัวตน (Identification) ในการทำ e-KYC นั้น การรวบรวมข้อมูลและหลักฐานของลูกค้าอาจแตกต่างไปจากวิธีการเดิม คือมีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการรวบรวมและตรวจสอบข้อมูล เช่น การให้ลูกค้ากรอกข้อมูลพร้อมแนบไฟล์หลักฐานผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ มีการใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์แทนการลงนามด้วยปากกา

#### การพิสูจน์ตัวตนของลูกค้าด้วยหลักฐานที่หลากหลาย

การเพิ่มความหลากหลายของหลักฐาน จะช่วยให้ผู้ประกอบธุรกิจสามารถพิจารณาความสอดคล้องของข้อมูลลูกค้าจากหลักฐานนั้น (Cross Verification) เพื่อให้มั่นใจว่าลูกค้ามีตัวตนจริง ตัวอย่างหลักฐานที่ผู้ประกอบธุรกิจอาจกำหนดให้ลูกค้าส่งให้เช่น

1) หลักฐานประเภท Long-term คือสิ่งที่อยู่กับลูกค้าเป็นระยะเวลายาวนาน เช่น บัตรประจำตัวประชาชน หนังสือเดินทาง

2) หลักฐานประเภท Routine คือสิ่งที่ลูกค้าได้รับอย่างสม่ำเสมอ เช่น บิลค่าสาธารณูปโภค ใบแจ้งยอด บัตรเครดิต ช่วยให้เห็นความมีตัวตนจริงของลูกค้า

3) หลักฐานประเภทครั้งคราว คือสิ่งที่ลูกค้าต้องไปขอเป็นครั้งคราวและมีอายุจำกัด เช่น บัญชีธนาคาร หนังสือรับรองจากนายจ้างอายุไม่เกิน 6 เดือน หรือ Work Permit ( กรณีต่างด้าว) ช่วยให้เห็นว่าลูกค้ามีตัวตนจริงและข้อมูลในหลักฐานเป็นปัจจุบัน

## 2) การตรวจสอบหลักฐาน (Verification)

ผู้ประกอบการจึงควรใช้วิธีการที่น่าเชื่อถือในการตรวจสอบข้อมูลและหลักฐานของลูกค้าด้วยการตรวจสอบหลักฐานกับผู้ออกหลักฐาน (Issuing Source) หรือแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ (Authoritative Source) เช่น ตรวจสอบ (Validate) บัตรประจำตัวประชาชนออนไลน์กับฐานข้อมูลของกรมการปกครอง

หลักฐานที่น่าเชื่อถืออีกประเภทหนึ่งที่สามารถใช้ในการยืนยันตัวตนได้คือ หนังสือเดินทาง ซึ่งมีการเก็บข้อมูลในชิปตามมาตรฐาน International Civil Aviation Organization (ICAO) ที่ใช้เทคโนโลยี Near Field Communication (NFC) ผ่าน Smart Phone เพื่ออ่านข้อมูลในชิปในหนังสือเดินทาง ซึ่งจะเห็นได้ทั้งข้อมูลและรูปถ่ายลูกค้ามีความน่าเชื่อถือสูงเนื่องจากเป็นข้อมูลซึ่งอยู่ในชิปที่ปลอมแปลงได้ยาก และข้อดีของการใช้หนังสือเดินทาง อีกประการหนึ่งคือรูปถ่ายลูกค้าที่อยู่ในชิปมีความละเอียดสูง สามารถใช้ประโยชน์หากต้องการเทียบใบหน้าลูกค้ากับรูปถ่ายด้วยเทคโนโลยี Facial Recognition

### การตรวจสอบ Smart e-Service กับฐานข้อมูลของกรมการปกครอง [3]

#### 1) การทำงานของ ws.ega.or.th

Consumer Key เป็นชุดที่ สรอ. ออกให้เพื่อความปลอดภัยในการเรียกใช้งาน API (เปรียบกับ Username)

Consumer Secret เป็นชุดรหัสที่ สรอ. ออกให้เพื่อความปลอดภัยในการเรียกใช้งาน API (เปรียบกับ Password)

Token เป็นระบบของ สรอ. สร้างให้และส่งกลับมา เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนา API เรียกใช้ข้อมูล (หมายเหตุหลังจากที่ Validate เรียบร้อยแล้ว กรณีที่ไม่มีการเรียกใช้งาน API ใด ๆ ภายใน 60 นาที ระบบจะร้องขอให้ทำการ Validate ใหม่ (Token หมดอายุการใช้งาน)

Terminal เป็นส่วนติดต่อกับประชาชน และเป็นเครื่องที่ติดตั้ง Smart App Center

Client/Application คือ Application ที่ติดตั้งไว้บน Terminal จะมีหน้าที่เป็นตัวกลางในการยืนยันตัวตนบุคคล และเป็นช่องทางในการเข้าไปใช้บริการ โดยเริ่มจากการ Request Token จากการ Validate ชุด Consumer Key ไปยัง ws.ega.or.th

Web Service คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการจัดการ Token ในการใช้งานต่าง ๆ และตรวจสอบความผิดปกติของการเข้าถึงบริการ

Endpoint เป็นบริการปลายทางของแต่ละหน่วยงาน ที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูลให้ประชาชนทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบริการนั้น ๆ Endpoint เป็น Service ปลายทางของแต่ละหน่วยงานที่แสดงข้อมูล

## 2) การเรียกใช้ API

### 2.1 ทำการ Validate

1.1 ส่วนของ Consumer Key และ Consumer Secret เพื่อขอ Token และเปิด Session ในการเรียกใช้ Service โดยการ HTTP Request โดยวิธี GET

1.2 ส่วนของ HTTP Header หากการทำงานไม่มีข้อผิดพลาด Service จะทำการตอบกลับด้วย http status code: 200 OK และ Token ที่สามารถนำไปใช้ประกอบการพัฒนา API ในการเรียกขอข้อมูลต่าง ๆ

2.2 ทำการเรียก HTTP Request โดยวิธี GET และต้องทำการใส่ Header

## 3) API ในระบบ

3.1 ข้อมูลส่วนบุคคลแบบทั่วไป

3.2 ข้อมูลส่วนบุคคลแบบธรรมดา

3.3 ข้อมูลส่วนบุคคลแบบทั้งหมด

3.4 ข้อมูลส่วนบุคคลแบบสมบูรณ์

3.5 ข้อมูลที่อยู่

3.6 ข้อมูลสมาชิกในบ้าน

3.7 ข้อมูลการเปลี่ยนชื่อ-นามสกุล

### 3) การตรวจสอบตัวบุคคล

ในการพิสูจน์ว่าลูกค้าเป็นเจ้าของหลักฐานที่นำมานั้น ผู้ประกอบธุรกิจควรมีวิธีการตรวจสอบความสอดคล้องของตัวลูกค้ากับหลักฐานที่ลูกค้าแสดงเพื่อลดความเสี่ยงที่ลูกค้าจะใช้หลักฐานของผู้อื่นมายืนยันตัวตน เช่น เทียบใบหน้าลูกค้ากับรูปถ่ายจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือหรือรูปถ่ายบนหลักฐาน

ยกตัวอย่างกรณีการเปิดบัญชีแบบออนไลน์ไม่ได้พบตัวจริงลูกค้า ผู้ประกอบธุรกิจจึงให้ลูกค้าถ่ายภาพตนเองหรือ VDO clip และถ่ายภาพบัตรประจำตัวประชาชนด้วยความละเอียดของภาพที่เพียงพอแล้วผู้ประกอบธุรกิจจัดให้มีเจ้าหน้าที่พิจารณาว่าลูกค้ามีใบหน้าตรงกันกับภาพบนหลักฐาน (Physical Comparison) ซึ่งควรใช้เจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญ ได้รับการอบรมในเรื่องที่เกี่ยวข้องอย่างเพียงพอหรือหากต้องการเพิ่มความมั่นใจยิ่งขึ้น อาจนำเทคโนโลยีการเปรียบเทียบใบหน้า (Facial Recognition) เข้ามาปรับใช้และควรกำหนดระดับความผิดพลาดในการเปรียบเทียบ (False Match Rate: FMR) ในระดับต่ำ

#### มาตรฐานขั้นต่ำด้านเทคนิคในเรื่องคุณภาพของภาพหลักฐานภาพถ่ายลูกค้า

1) ความละเอียดของภาพไม่น้อยกว่า 1280 x 720 pixels หรือ 1080 x 1080 pixels

2) การบีบอัดข้อมูลภาพถ่ายควรใช้การบีบอัดข้อมูลแบบไม่สูญเสีย (Lossless Data Compression) หรือในกรณีที่ใช้การบีบอัดข้อมูลแบบสูญเสียบางส่วน (Lossy Data Compression) ต้องตรวจสอบให้มั่นใจได้ว่าคุณภาพของภาพอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน

3) ภาพของลูกค้าควรมีคุณลักษณะ ดังนี้

- ภาพเป็นชนิดภาพสี
- ลูกค้าต้องแสดงใบหน้าทั้งหมด ในลักษณะปกติ (ไม่ยิ้ม และปากปิด) ใบหน้าตรงและมองตรงมายังกล้อง
- ภาพต้องคมชัด และอยู่ในโฟกัส
- ภาพต้องแสดงส่วนของศีรษะทั้งหมดของลูกค้าโดยปราศจากสิ่งปกคลุม ยกเว้นกรณีสวมเครื่องแต่งกายของศาสนาหรือวัสดุทางการแพทย์ ทั้งนี้ ภาพต้องแสดงใบหน้าทั้งหมดของลูกค้าอย่างชัดเจน
- ภาพต้องแสดงดวงตาของลูกค้าอย่างชัดเจน และไม่มีสีแดง (Red-eye)

- ลูกค้าสามารถใส่แว่นสายตาขณะถ่ายภาพ หากภาพที่ถ่ายออกมาแสดงให้เห็นดวงตาอย่างชัดเจนโดยไม่มีเงาหรือแสงสะท้อนจากแว่น
- ลูกค้าไม่สามารถใส่แว่นตากันแดดหรือแว่นเคลื่อนไหวขณะถ่ายภาพ
- ความยาวของใบหน้า (จากศีรษะถึงคาง) ประมาณร้อยละ 60-80 ของความสูงของภาพ

#### 4) การตรวจสอบช่องทางติดต่อ

ผู้ประกอบการธุรกิจควรมีการตรวจสอบช่องทางการติดต่อของลูกค้าที่ได้ให้ไว้ในขั้นตอนการยืนยันว่าสามารถติดต่อลูกค้าได้จริง ลูกค้าคือเจ้าของช่องทางที่ใช้ในการติดต่อจริง รวมถึงมั่นใจว่าผู้ประกอบการจะสามารถติดต่อหรือส่งข้อมูลข่าวสารสำคัญไปยังลูกค้าผ่านช่องทางดังกล่าวได้จริง ตัวอย่างวิธีการตรวจสอบ เช่น

- การส่ง OTP ไปยังหมายเลขโทรศัพท์มือถือให้ลูกค้ากรอกเข้ารหัสของผู้ประกอบการ
- การส่งข้อความไปยังอีเมลที่ลูกค้าแจ้งไว้ พร้อมแนบ link ให้ลูกค้าคลิกยืนยันกลับมายังผู้ประกอบการ

### 2.3 การรู้จำใบหน้า (Face Recognition)

การรู้จำใบหน้า (Face Recognition) คือการรู้จำใบหน้า ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบใบหน้าบุคคลกับใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูล โดยทั่วไประบบรู้จำใบหน้า โดยอัลกอริทึมที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแม่แบบและขั้นตอนการเปรียบเทียบอาจแตกต่างกันไปแล้วแต่การออกแบบระบบของแต่ละระบบ ในโครงการนี้ได้เลือกใช้ face\_recognition Library ที่ใช้เขียนด้วยภาษา Python ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

#### 2.3.1 การตรวจจับใบหน้า (Face Detection)

การตรวจจับใบหน้า คือกระบวนการค้นหาใบหน้าของบุคคลจากภาพหรือวิดีโอ หลังจากนั้นก็ทำการประมวลผลภาพใบหน้าที่ได้สำหรับนำไปใช้ในขั้นตอนถัดไป โดยมีการตรวจจับ 2 ขั้นตอน ได้แก่

1. การใช้ Histogram of Oriented Gradients: HOG ในการค้นหาใบหน้าในภาพ
2. การวางตัวและการฉายใบหน้า (Posing and Projecting Faces)



## การใช้ Histogram of Oriented Gradients ในการค้นหาใบหน้าบนภาพ

รูปภาพที่ต้องการนำมาใช้



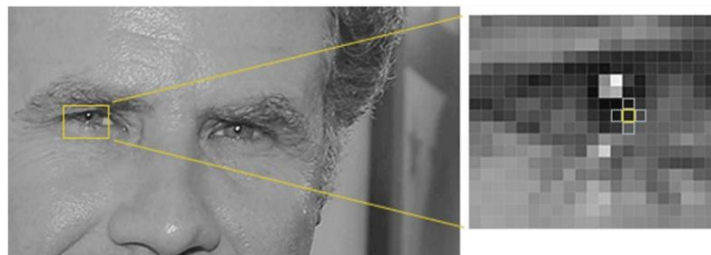
รูปที่ 2.4 รูปภาพต้นฉบับ  
ที่มา : Adam Geitgey

เปลี่ยนภาพสีเป็นภาพขาว-ดำ



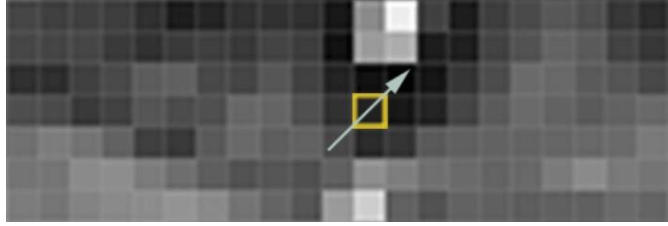
รูปที่ 2.5 รูปภาพที่ถูกทำการกลับสีเป็นขาว-ดำ  
ที่มา : Adam Geitgey

จากนั้นจะทำการดูพิกเซลบนรูปภาพ โดยสังเกตทุกพิกเซลที่อยู่รอบ ๆ พิกเซลที่ดู



รูปที่ 2.6 รูปภาพการดูพิกเซล  
ที่มา : Adam Geitgey

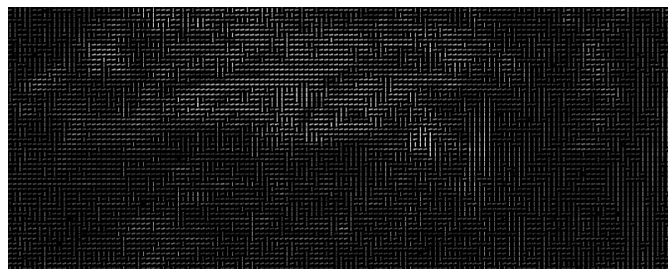
เป้าหมายคือหาความเข้มของพิกเซลปัจจุบันเมื่อเปรียบเทียบกับพิกเซลที่อยู่รอบ ๆ ว่ามีความเข้มมากน้อยเพียงใด จากนั้นวาดลูกศรที่แสดงทิศทางไปทางภาพเข้มขึ้น



รูปที่ 2.7 รูปภาพแสดงทิศทางที่ภาพเข้มข้นไปทางขวาบน

ที่มา : Adam Geitgey

ทำตามกระบวนการ 2 ขั้ว จะพบว่าทุกพิกเซลนั้นถูกแทนที่ด้วยลูกศรบอกความเข้มของพิกเซล ซึ่งเป็นการไล่ระดับสีจากอ่อนไปเข้ม



รูปที่ 2.8 รูปภาพแสดงการไล่ระดับสีและการไหลของแสง

ที่มา : Adam Geitgey

ในกระบวนการนี้มีความละเอียดซับซ้อนมากเกินไป จึงมีการปรับเปลี่ยนการแบ่งภาพเป็น  $16 \times 16$  พิกเซล ผลลัพธ์ที่ได้จะได้ภาพที่เรียบง่ายขึ้น

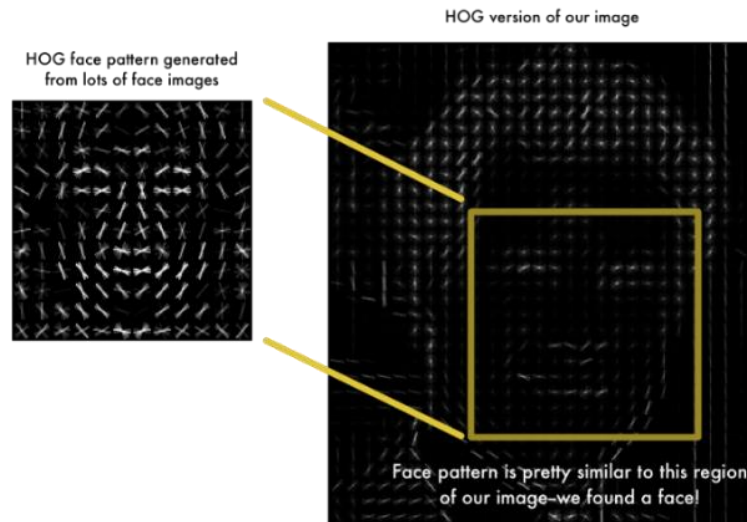


รูปที่ 2.9 รูปภาพแสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปดั้งเดิมกับรูปที่แสดงการไล่ระดับสี

และการไหลของแสงที่ถูกปรับเป็น  $16 \times 16$  พิกเซล

ที่มา : Adam Geitgey

เพื่อหาใบหน้าในภาพ HOG นี้ ที่ต้องทำการค้นหาส่วนของภาพที่มีลักษณะ คล้ายกันมากที่สุดกับรูปภาพ HOG ที่ถูกฝึกฝน



รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบรูปที่ทำผ่านวิธี Histograms of Oriented Gradients  
กับ รูปที่ถูกฝึกฝน  
ที่มา : Adam Geitgey

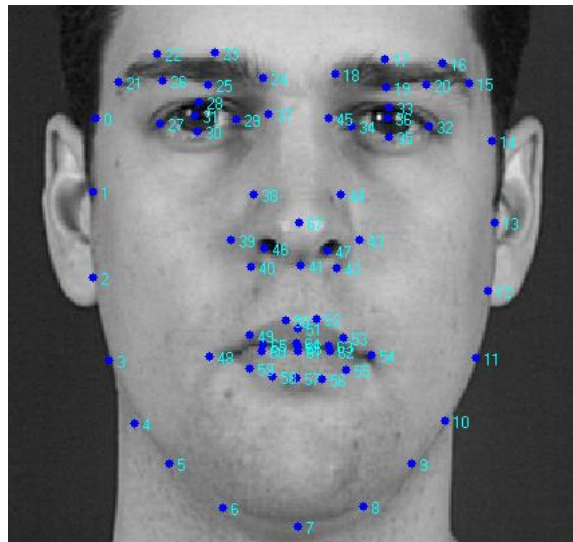
### การวางและการฉายใบหน้า (Posing and Projecting Faces)

การวางตำแหน่งของใบหน้าเพื่อตรวจสอบเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบใบหน้าจึงใช้วิธีการที่เรียกว่า face landmark estimation โดยใช้วิธีที่คิดค้นขึ้นในปี 2014 โดย Vahid Kazemi และ Josephine Sullivan [6]

แนวคิดพื้นฐานคือจะมีจุดที่สำคัญ 68 จุดเฉพาะ (เรียกว่าแลนด์มาร์ก) ที่มีอยู่ทั่วใบหน้า, ขอบด้านนอกของดวงตาแต่ละข้าง, ขอบด้านในของคิ้วแต่ละข้าง, ขอบด้านนอกปาก ฯลฯ จากนั้นจะฝึกฝนโดยใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ถูกใช้งานเสมือนเป็นสมองของ AI (Artificial Intelligence) อัลกอริทึมการเรียนรู้เพื่อให้สามารถค้นหา 68 จุดเฉพาะเหล่านั้นบนใบหน้า

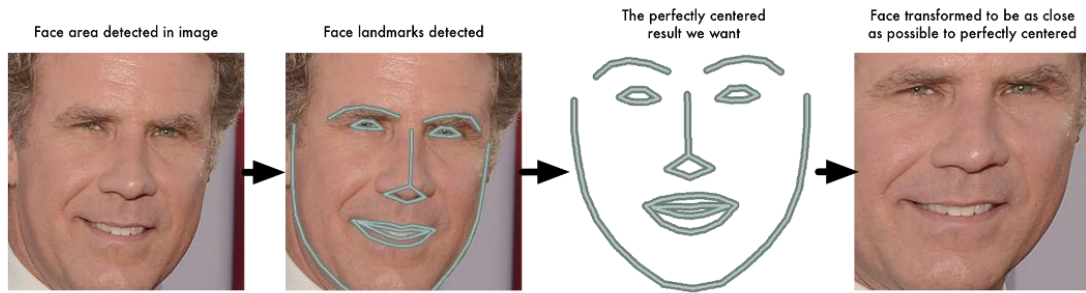


รูปที่ 2.11 แสดงจุดที่สำคัญ 68 จุดเฉพาะ บนใบหน้า  
ที่มา : Adam Geitgey



รูปที่ 2.12 แสดงผลลัพธ์จากการระบุจุดที่สำคัญ 68 จุดเฉพาะ บนใบหน้า  
ที่มา : The University of Manchester

จากผลลัพธ์ที่ได้ จะนำมาปรับรูปให้เข้าหาจุดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยจะทำการแปลงขั้นพื้นฐาน ได้แก่ การปรับสเกลและหมุนที่ยังคงรักษาเส้นขนาน เรียกวิธีนี้ว่า การแปลงเลียนแบบ (affine transformations)



รูปที่ 2.13 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงเลียนแบบ (affine transformations)

ที่มา : Adam Geitgey

### 2.3.2 การรู้จำใบหน้า (Face Recognition)

การรู้จำใบหน้า คือกระบวนการที่นำภาพไปตรวจจับประมวลผลแล้ว จากขั้นตอนการตรวจจับใบหน้า แล้วนำมาเข้ารหัสเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของใบหน้า (Encoding Faces) เพื่อระบุว่าใบหน้านั้นตรงกับบุคคลใด ซึ่งจะทำให้รู้จำใบหน้าที่มี 2 ขั้นตอน ได้แก่

1. การฝึกฝนข้อมูลโดยใช้ Deep learning
2. การจำแนกใบหน้าเพื่อค้นหาบุคคล โดยใช้ SVM classifier

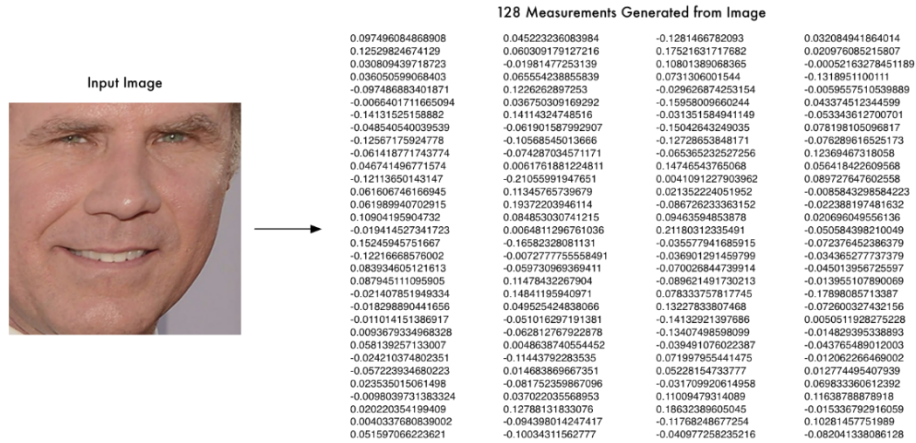
#### การฝึกฝนข้อมูลโดยใช้ Deep learning

การฝึกฝนข้อมูลโดยใช้ Deep learning ที่เรียกว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการเชิงลึก (Deep Convolutional Neural Network) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่ม bio-inspired โดยที่ DCNN จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองเห็นที่นั่น จะมีการแยกคุณลักษณะ (feature) ย่อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ มาผสมกันเพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่เป็นอะไร ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการฝึกฝนข้อมูลด้วยตนเองของคอมพิวเตอร์ โดยการฝึกฝนให้สร้างการวัด 128 ครั้งต่อหน้า

กระบวนการฝึกอบรมการทำงานโดยดูที่ภาพใบหน้า 3 ภาพในเวลาเดียวกัน

1. โหลดภาพใบหน้าที่ฝึกอบรมของบุคคลที่รู้จัก
2. โหลดรูปภาพของบุคคลที่รู้จักเดียวกันอีกคนหนึ่ง
3. โหลดรูปภาพของบุคคลที่แตกต่างอย่างสิ้นเชิง

หลังจากทำขั้นตอนนี้ซ้ำหลายล้านครั้ง โครงข่ายประสาทเทียมจึงมีการเรียนรู้ที่จะสร้างการวัด 128 ครั้งต่อหน้าที่น่าเชื่อถือสำหรับแต่ละคน และวิธีการที่แน่นอนน่าเชื่อถือที่ใช้นี้ ถูกคิดค้นขึ้นในปี 2015 โดยนักวิจัยที่ Google



รูปที่ 2.14 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวัด 128 ครั้งต่อหน้า

ที่มา : Adam Geitgey

จากตัวเลขที่แสดงไม่สามารถรู้ได้เลยว่าเป็นส่วนใด สิ่งที่น่าสนใจคือเครือข่ายการสร้างตัวเลขถ้า  
 เกือบเท่ากันเมื่อดูภาพสองภาพที่แตกต่างกันของบุคคลเดียวกัน

## บทที่ 3

### การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวมการทำงานของระบบในส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน โดยการพัฒนาโปรแกรมได้มีการออกแบบโครงสร้างของระบบเพื่ออธิบายการทำงานของระบบดังนี้

#### 3.1 วิเคราะห์การทำงานของระบบ

ระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชนนี้ เป็นการใช้อแอปพลิเคชันในการยืนยันตัวตนออนไลน์ ซึ่งข้อมูลที่ใช้มีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นข้อมูลส่วนบุคคล ทางผู้วิจัยจึงวิเคราะห์การออกแบบระบบที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาส่วนหลังบ้านเพื่อให้มีประสิทธิภาพ ให้ผู้เชื่อมั่นว่าการใช้แอปพลิเคชันนี้ไม่มีความเสี่ยงในการบอกข้อมูลของตนเอง และเพื่อเอื้ออำนวยความสะดวกของ INET ที่จะนำข้อมูลนี้ไปใช้ในอนาคต จึงมีระบบการพัฒนาหลังบ้านที่จะนำมาใช้พัฒนาการยืนยันตัวตนตามแนวปฏิบัติในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการทำความรู้จักลูกค้าด้วยวิธีอิเล็กทรอนิกส์อยู่ 2 ส่วน ได้แก่

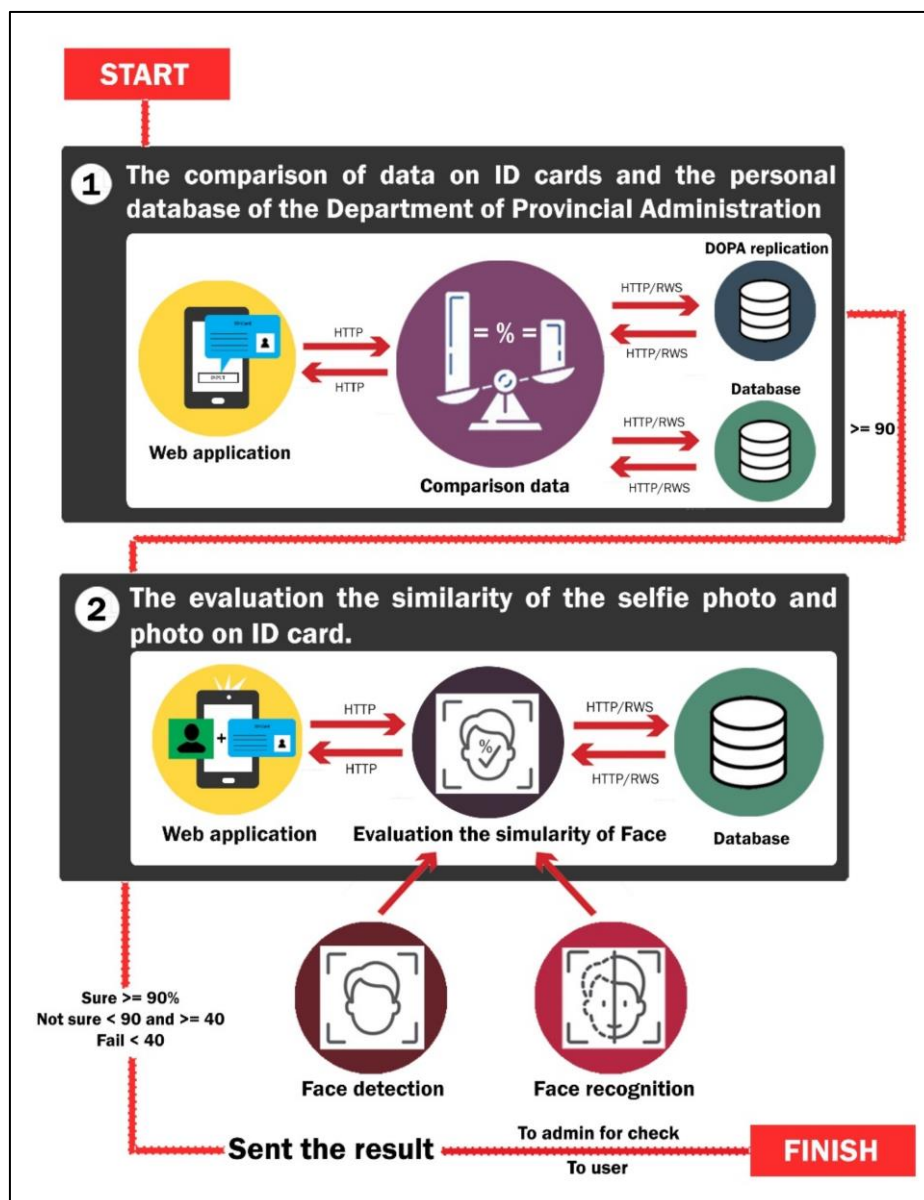
- 1) ส่วนของระบบเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง
- 2) ส่วนของระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน

#### 3.2 ภาพรวมการทำงานและสถาปัตยกรรมของระบบ

##### 3.2.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

ภาพรวมของการทำงานของระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชนนั้น แสดงดังรูปที่ 3.2





รูปที่ 3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ แสดงภาพรวมทั้งหมดของระบบที่เกิดขึ้น โดยจะมีการทำงานของระบบอยู่ 2 ส่วน ได้แก่

1) ส่วนของระบบเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครองแบบจำลอง โดยเริ่มจากรับข้อมูลจากผู้ใช้ทาง Web application จากนั้นระบบจะทำการส่งเลขประจำตัวประชาชนเพื่อเรียกข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้มาเปรียบเทียบความเหมือนของข้อมูล พร้อมทั้งหาเปอร์เซ็นต์ความเหมือนของข้อมูล ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ความเหมือนมากกว่าหรือเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ จะได้ทำการในส่วนถัดไป

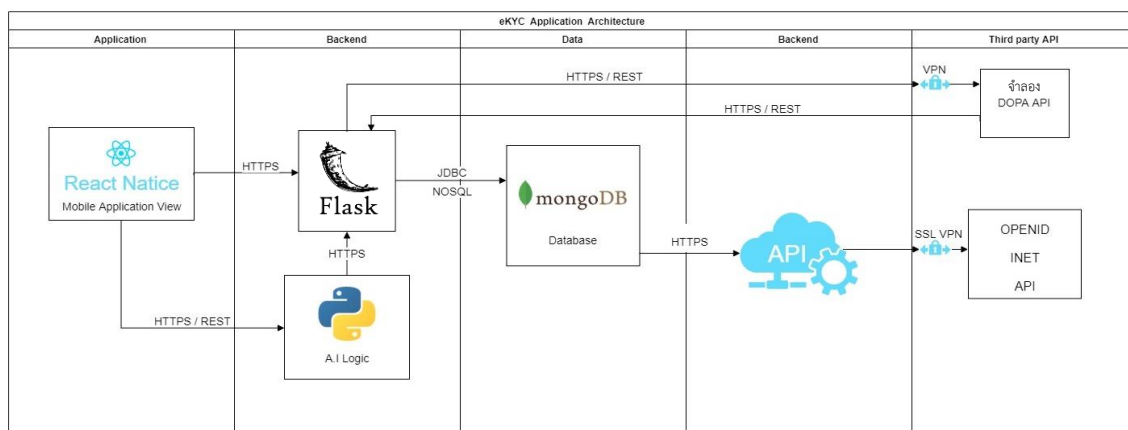
2) ส่วนของระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน เริ่มจากรับรูปถ่ายหน้าตรงและรูปบัตรประจำตัวประชาชนของผู้ใช้ทาง Web application จากนั้นระบบจะนำรูปภาพทั้ง 2 รูป มาทำการปรับความคมชัดของรูป ค้นหาใบหน้า



และเข้ารหัสใบหน้า ตามลำดับ ระบบจะทำการคำนวณการประเมินความคล้ายของใบหน้า และหาเปอร์เซ็นต์ความคล้ายของใบหน้า พร้อมทั้งระบุสถานะ ได้แก่ ผ่าน ไม่แน่ใจ และไม่ผ่าน โดยกำหนดเกณฑ์สถานะผ่านที่ผลเปอร์เซ็นต์มากกว่าหรือเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ สถานะไม่แน่ใจที่ผลเปอร์เซ็นต์น้อยกว่า 90 แต่มากกว่าหรือเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ และสถานะไม่ผ่านที่ผลเปอร์เซ็นต์น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อกำหนดสถานะแล้วระบบจะส่งข้อมูลสถานะแจ้งไปยังผู้ใช้ และส่งข้อมูลทั้งหมดให้ทางบริษัท INET ตรวจสอบสถานะไม่แน่ใจอีกครั้งหนึ่ง

### 3.2.2 สถาปัตยกรรมของระบบ

การทำ System Architecture Design นั้นเรียกว่า Deployment Diagram เป็นแผนภาพแสดงสถาปัตยกรรมของระบบ ในลักษณะ Physical Architecture เพื่อแสดงโครงสร้างการใช้ทรัพยากร Hardware และ Software รวมไปถึงการแสดงความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ในระบบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ และออกแบบ



รูปที่ 3.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ

จากรูปที่ 3.2 สามารถอธิบายสถาปัตยกรรมของระบบได้ ดังนี้

ส่วนที่ 1 Application ใช้เป็นส่วนที่ผู้ใช้ต้องทำ เพื่อทำการส่งข้อมูลต่าง ๆ

ส่วนที่ 2 Backend เป็นส่วนหลังบ้านที่ดำเนินการทำการควบคุม คำนวณ เพิ่ม แก้ไข รับและส่งข้อมูลต่าง ๆ ในระบบนี้ หลังจากที่ผู้ใช้ดำเนินการสำเร็จแล้ว ทางส่วนหลังบ้านจะส่งข้อมูลไปยัง API เพื่อให้ทาง INET นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ส่วนที่ 3 Data เป็นฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ จากผู้ใช้ และเก็บข้อมูลจากกรมการปกครองที่ได้รับรองมา


ส่วนที่ 4 Third party API เป็น API ที่นำมาร่วมใช้ในการทำงานของระบบ โดยมี 2 API ได้แก่

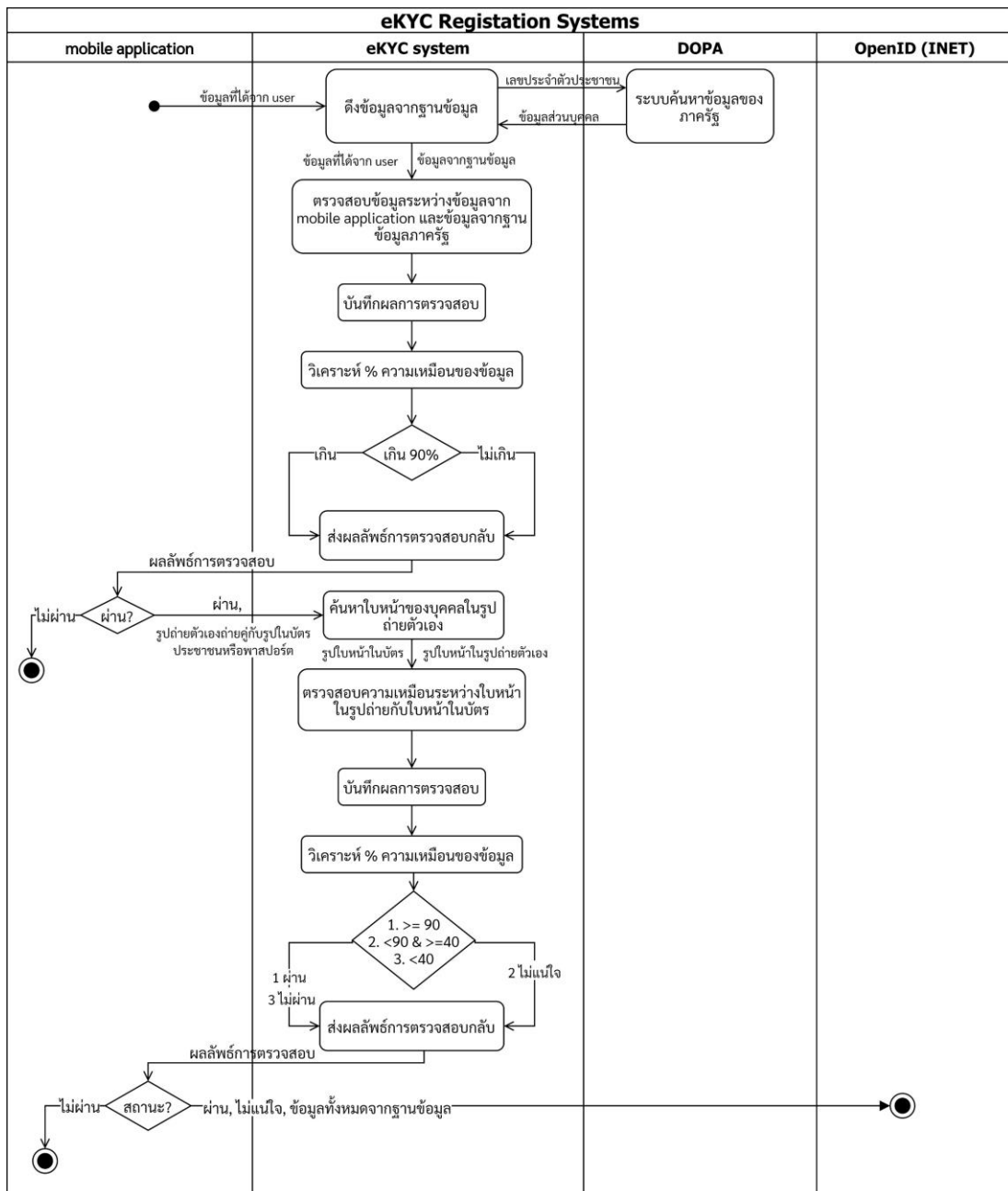
- 1) DOPA API เป็น API ของกรมการปกครอง ที่จะนำมาใช้ร้องขอข้อมูลจากเลขบัตรประจำตัวประชาชนของผู้ใช้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความเหมือนของข้อมูลในส่วนที่ 2 ในการทดสอบระบบมีข้อจำกัดในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลของกรมการปกครอง จึงได้มีการจำลองเว็บไซต์ของฐานข้อมูลกรมการปกครองเพื่อดึงข้อมูลใช้ในการทดสอบระบบ
- 2) OPEN ID API เป็น API ของทาง INET ที่ต้องทำการส่งข้อมูลของผู้ใช้ไปให้ทางบริษัท

### 3.3 แผนภาพกิจกรรมการทำงานของระบบ

แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) ใช้แสดงภาพรวมของระบบ มีสัญลักษณ์ที่แสดงในแผนภาพ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์และความหมายของแผนภาพกิจกรรม

ชื่อสัญลักษณ์	คำอธิบาย	รูปสัญลักษณ์
Activity	กิจกรรม	
Start	จุดเริ่มต้นกิจกรรม	
End	จุดสิ้นสุดกิจกรรม	
Objectflow	เส้นการไหลของกิจกรรม	
Condition	เงื่อนไขของกิจกรรม	
Swim lane	การแบ่งช่องของกิจกรรมตามผู้ที่เกี่ยวข้องในแต่ละกิจกรรม	



รูปที่ 3.3 แผนภาพกิจกรรมการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3.3 แผนภาพกิจกรรม แสดงกิจกรรมที่เกิดขึ้น โดยจะมีการทำงานของระบบอยู่ 2 ส่วน ได้แก่

- 1) การเปรียบเทียบข้อมูล เริ่มต้นจากทางฝั่งของผู้ใช้ได้ทำการกรอกข้อมูลบนบัตรประชาชน เข้ามาในระบบ จากนั้นระบบจะทำการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลและส่งเลขประจำตัวประชาชนของผู้ใช้ไปยังระบบค้นหาข้อมูลของกรมการปกครอง เพื่อร้องขอข้อมูลส่วนบุคคล จากนั้นเมื่อได้มาแล้วระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลว่าข้อมูลไหนเหมือนกันบ้างและบันทึกลงฐานข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของข้อมูล โดยจะไปทำในส่วนถัดไปต่อเมื่อมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์




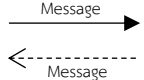

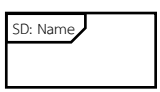
จากนั้นส่งข้อมูลกลับไป Application ถ้าผ่านจะดำเนินการส่วนต่อไป ถ้าไม่ผ่านเป็นอันจบกิจกรรม

- 2) การประเมินความเหมือนของใบหน้า เริ่มจากการที่ผู้ใช้ถ่ายรูปบัตรประจำตัวประชาชนและรูปถ่ายหน้าตรงแล้วส่งข้อมูลมายังระบบ จากนั้น ระบบจะทำการค้นหาใบหน้าและบันทึกชื่อของรูปไว้ในฐานข้อมูล ระบบจะทำประมวลผลภาพใบหน้าโดยระบุจุดสำคัญและเปรียบเทียบความเหมือนของโครงสร้างใบหน้าระหว่างรูปผู้ใช้และรูปในบัตรและนำข้อมูลที่บันทึกไปนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของข้อมูล เพื่อนำมาประเมินผลเป็นระดับ ซึ่งมีอยู่ 3 สถานะ ได้แก่ ผ่าน ไม่แน่ใจ และไม่ผ่าน โดยกำหนดเกณฑ์ประเมินไว้ที่ 90 เปอร์เซนต์ สำหรับการผ่านการดำเนินการตรวจสอบความเหมือนของใบหน้า และต่ำกว่า 40 เปอร์เซนต์ สำหรับการตัดสินใจไม่ใช่บุคคลเดียวกัน โดยระบบสามารถรองข้อมูลให้เหลือในส่วนความเหมือนที่ 40-90 เปอร์เซนต์ ให้ผู้ดูแลระบบทำการตัดสินใจ โดยจะไปทำในส่วนถัดไปต่อเมื่อมีสถานะผ่าน ถ้ามีสถานะไม่ผ่านเป็นอันจบกิจกรรม จากนั้นระบบจะส่งข้อมูลกลับไป Application แจ้งสถานะและส่งข้อมูลของสถานะทั้งหมดไปยังบริษัทของ INET เพื่อให้ตรวจสอบสถานะไม่แน่ใจ

### 3.4 แผนภาพลำดับการทำงานของระบบ

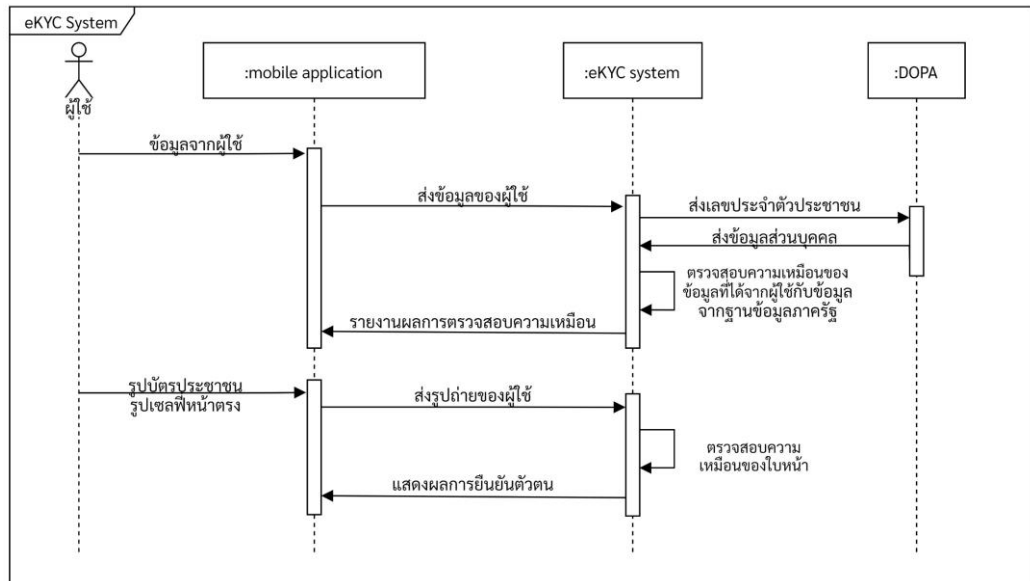
แผนภาพลำดับ (Sequence Diagram) เป็นแผนผังการทำงานที่ประกอบไปด้วยคลาส (Class) หรือวัตถุ (Object) เส้นประที่ใช้เพื่อแสดงลำดับเวลา และเส้นที่ใช้เพื่อแสดงกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากคลาสหรือวัตถุในแผนผังการทำงานภายใน Sequence Diagram

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์และความหมายของแผนภาพลำดับ

ชื่อสัญลักษณ์	คำอธิบาย	ตัวอย่างสัญลักษณ์
Actor	ผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ	
Lifeline	เส้นแสดงชีวิตของคลาสหรือวัตถุ	
Object	วัตถุที่ทำหน้าที่ตอบสนองต่อ Actor	
Message	การส่งข้อความจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง	
Self Call	การประมวลผลและคืนค่าที่ได้ภายในวัตถุเดียวกัน	
Sequence Diagram Name	ชื่อของแผนภาพลำดับ	

### 3.4.1 แผนภาพลำดับการทำงานของระบบ

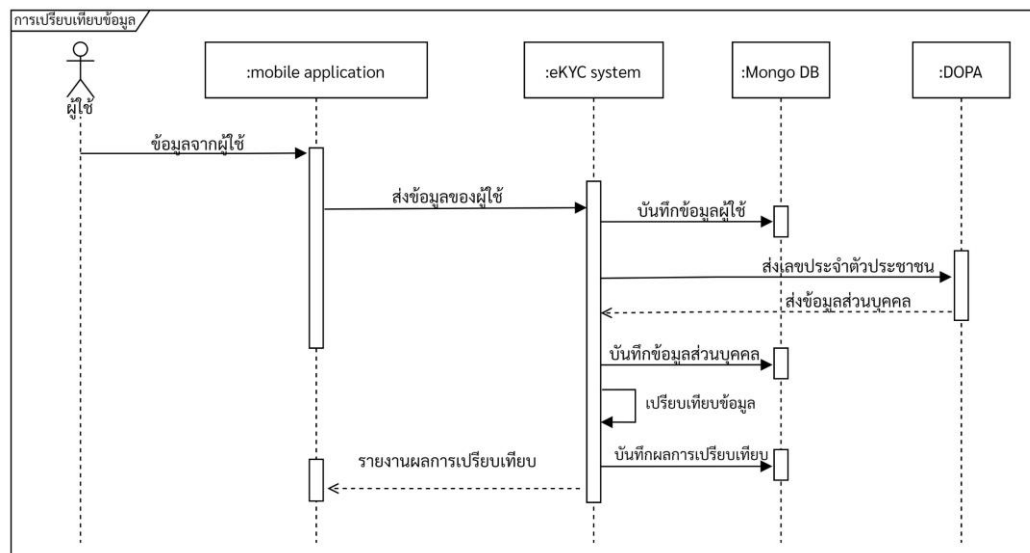
เป็นแผนภาพแสดงลำดับเวลาการทำงานของระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด



รูปที่ 3.4 แผนภาพลำดับการทำงานของระบบ

### 3.4.2 แผนภาพลำดับของระบบเปรียบเทียบความเหมือนของข้อมูล

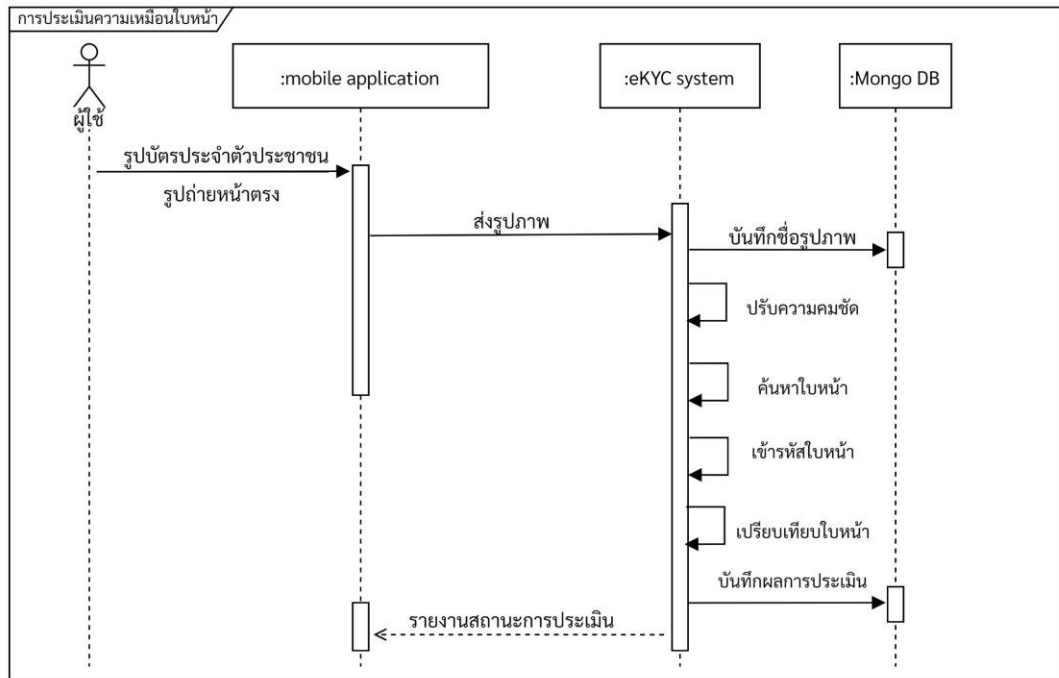
เป็นแผนภาพของการแสดงลำดับเวลาของระบบเปรียบเทียบความเหมือนของข้อมูลระหว่างข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกเข้ามาในระบบกับข้อมูลจากกรมการปกครอง ว่าเป็นข้อมูลจริงหรือไม่



รูปที่ 3.5 แผนภาพลำดับของระบบเปรียบเทียบความเหมือนของข้อมูล

### 3.4.3 แผนภาพลำดับของระบบประเมินความเหมือนของใบหน้า

เป็นแผนภาพของการแสดงลำดับเวลาของระบบเปรียบเทียบความเหมือนของใบหน้า ระหว่างรูปถ่ายบัตรประจำตัวประชาชนและรูปถ่ายหน้าตรง ว่าเป็นคนเดียวกันหรือไม่



รูปที่ 3.6 แผนภาพลำดับของระบบประเมินความเหมือนของใบหน้า

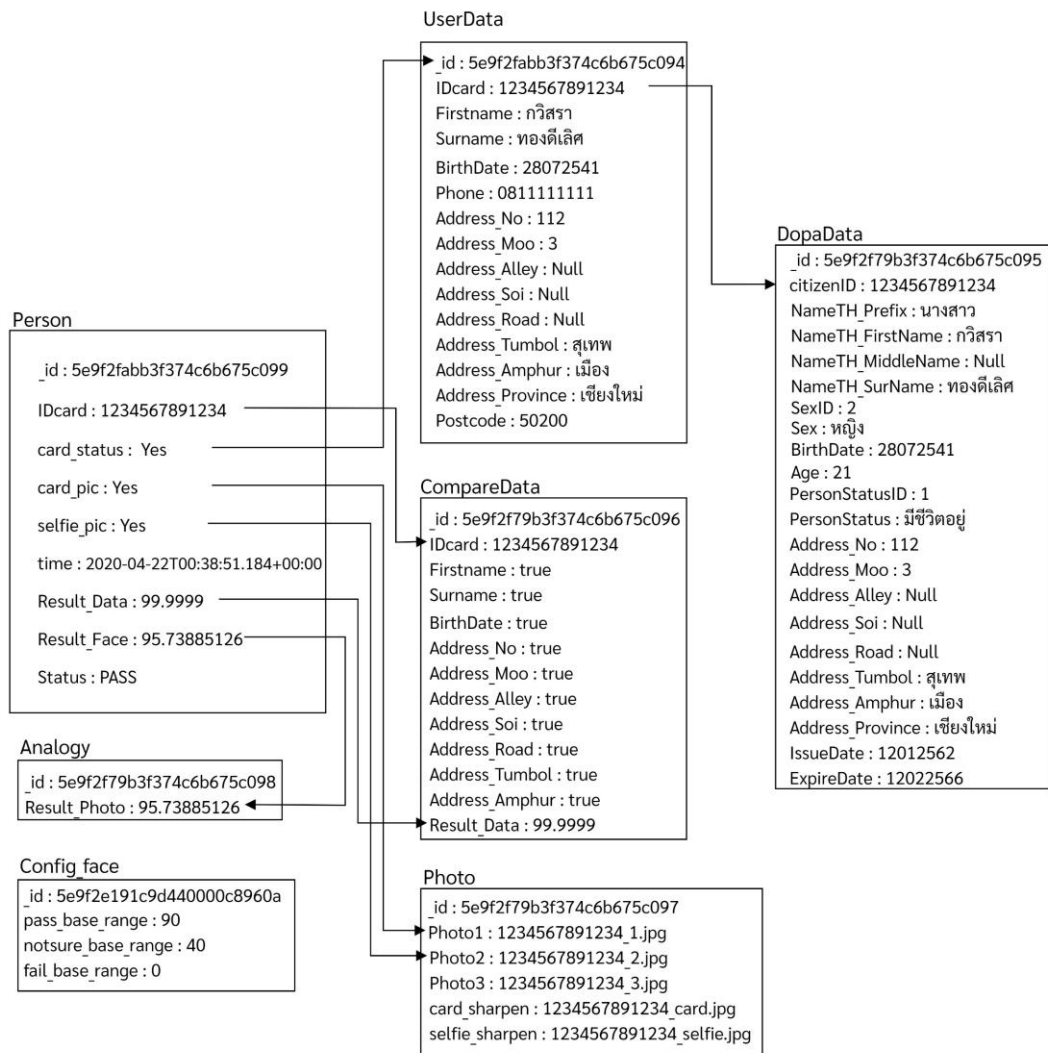
## บทที่ 4

### การออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างงานด้านฐานข้อมูล เนื่องจากในฐานข้อมูลที่อยู่ภายในฐานข้อมูลจะต้องศึกษาถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล โครงสร้างของข้อมูล และกระบวนการที่ระบบจะเรียกใช้ฐานข้อมูล เพื่อให้ได้ฐานข้อมูลที่จัดเก็บข้อมูลได้เหมาะสมกับข้อมูลที่ใช้ในระบบงาน โดยการออกแบบฐานข้อมูลแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 การออกแบบฐานข้อมูล MongoDB ในลักษณะ NoSQL

ฐานข้อมูล MongoDB เป็น NoSQL รูปแบบหนึ่ง ในลักษณะการเก็บข้อมูลแบบ Document database เนื่องจากงานวิจัยต้องทำเพื่อรองรับผู้ใช้งานจำนวนมากในอนาคต จึงเลือกใช้ NoSQL ที่เป็นระบบฐานข้อมูลสำหรับงานที่ต้องรองรับข้อมูลขนาดใหญ่ ๆ รองรับการทำงานระบบได้



รูปที่ 4.1 แบบจำลองฐานข้อมูลในลักษณะ Document database

## 4.2 โครงสร้างข้อมูลภายในเอกสาร

สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บในรูปแบบของคอลเลกชัน (Collection) ข้อมูลภายในคอลเลกชันคือเอกสาร (Document) โดยข้อมูลประกอบด้วยชื่อฟิลด์ (Field) และชนิดของข้อมูล และเพื่อความชัดเจนมากยิ่งขึ้นจะแสดงข้อมูลในแต่ละคอลเลกชันในรูปแบบของตารางที่ประกอบด้วยคอลัมน์ ชื่อฟิลด์ ชนิดของข้อมูลที่จะใช้ในระบบ คำอธิบายของฟิลด์ต่าง ๆ และตัวอย่างของข้อมูลทั้งหมด 6 คอลเลกชันดังต่อไปนี้คือ

### 4.2.1 คอลเลกชันผู้ใช้

โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันผู้ใช้งานแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันผู้ใช้

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
_id	String	ไอดีของข้อมูลผู้ใช้ที่กรอกเข้ามา	5e9f2fabb3f374c6b675c099
IDcard	String	เลขประจำตัวประชาชน	1234567891234
card_status	String	สถานะของข้อมูลจากบัตร ประจำตัวประชาชน (Yes = กรอก, No = ไม่กรอก)	Yes
card_pic	String	สถานะของรูปบัตรประจำตัว ประชาชน (Yes = มี, No = ไม่มี)	Yes
selfie_pic	String	สถานะของรูปถ่ายหน้าตรง (Yes = มี, No = ไม่มี)	Yes
time	Date	เวลาเมื่อการดำเนินการสิ้นสุด	2020-04- 22T00:38:51.184+00:00
Result_Data	Double	ผลของการเปรียบเทียบข้อมูล	99.9999
result_face	Double	ผลของการประเมินใบหน้า	95.73885126
status	String	ค่าสถานะการยืนยันตัวตนของ ผู้ใช้	PASS



#### 4.2.2 คอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากผู้ใช้

โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากผู้ใช้งานแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากผู้ใช้

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
_id	String	ไอดีของคอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากผู้ใช้	5e9f2fab3f374c6b675c094
IDcard	String	เลขประจำตัวประชาชน	1234567891234
Firstname	String	ชื่อ	กวิสรา
Surname	String	นามสกุล	ทองดีเลิศ
BirthDate	String	วันเดือนปีเกิด	28072541
Phone	String	เบอร์โทร	0811111111
Address_No	String	เลขที่บ้าน	112
Address_Moo	String	หมู่	3
Address_Alley	String	ตรอก	Null
Address_Soi	String	ซอย	Null
Address_Road	String	ถนน	Null
Address_Tumbol	String	ตำบล	สุเทพ
Address_Amphur	String	อำเภอ	เมือง
Address_Province	String	จังหวัด	เชียงใหม่
Postcode	String	รหัสไปรษณีย์	50200

#### 4.2.3 คอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากกรมการปกครอง

โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากกรมการปกครองแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากกรมการปกครอง

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
_id	string	ไอดีของข้อมูลที่ทำ การเรียกมาจาก กรมการปกครอง ของ CitizenID	5e9f2f79b3f374c6b675c095

ตารางที่ 4.3 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันข้อมูลที่ได้รับมาจากกรมการปกครอง (ต่อ)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
CitizenID	String	เลขประจำตัว ประชาชน 13 หลัก	1234567891234
NameTH_Prefix	String	คำนำหน้าชื่อ	นางสาว
NameTH_FirstName	String	ชื่อจริงภาษาไทย	กวิสรา
NameTH_MiddleName	String	ชื่อย่อกลางภาษาไทย	Null
NameTH_SurName	String	นามสกุลภาษาไทย	ทองดีเลิศ
SexID	String	รหัสเพศ (1 = ชาย, 2 = หญิง)	2
Sex	String	เพศ	หญิง
BirthDate	String	วันเดือนปีเกิด	28072541
Age	String	อายุ	21
PersonStatusID	String	รหัสสถานะการมีชีวิต (0 = ไม่มีชีวิต, 1 = มีชีวิตอยู่)	1
PersonStatus	String	สถานะการมีชีวิต	มีชีวิตอยู่
AddressID	String	รหัสบ้าน	5672837428
Address_No	String	เลขที่บ้าน	112
Address_Moo	String	หมู่	3
Address_Alley	String	ตรอก	Null
Address_Soi	String	ซอย	Null
Address_Road	String	ถนน	Null
Address_Tumbol	String	ตำบล	สุเทพ
Address_Amphur	String	อำเภอ	เมือง
Address_Province	String	จังหวัด	เชียงใหม่
IssueDate	String	วันออกบัตร	12022563
ExpireDate	String	วันบัตรหมดอายุ	28072570

#### 4.2.4 คอลเลกชันการเปรียบเทียบข้อมูล

โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันการเปรียบเทียบข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันการเปรียบเทียบข้อมูล

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
_id	String	ไอดีของคอลเลกชันการเปรียบเทียบข้อมูล	5e9f2f7ab3f374c6b675c096
IDcard	String	เลขประจำตัวประชาชน	1234567891234
Firstname	Boolean	ผลการเปรียบเทียบชื่อ	true
Surname	Boolean	ผลการเปรียบเทียบนามสกุล	true
BirthDate	Boolean	ผลการเปรียบเทียบวันเกิด	true
Address_No	Boolean	ผลการเปรียบเทียบเลขที่บ้าน	true
Address_Moo	Boolean	ผลการเปรียบเทียบหมู่	true
Address_Alley	Boolean	ผลการเปรียบเทียบตรอก	true
Address_Soi	Boolean	ผลการเปรียบเทียบซอย	true
Address_Road	Boolean	ผลการเปรียบเทียบถนน	true
Address_Tumbol	Boolean	ผลการเปรียบเทียบตำบล	true
Address_Amphur	Boolean	ผลการเปรียบเทียบอำเภอ	true
Address_Province	Boolean	ผลการเปรียบเทียบจังหวัด	true
Result_Data	Double	ค่าเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบของข้อมูลทั้งหมด	99.9999

#### 4.2.5 คอลเลกชันรูปภาพ

โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันรูปภาพแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันรูปภาพ

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
_id	String	ไอดีของคอลเลกชันรูปภาพ	5e9f2fab3f374c6b675c097
IDcard	String	เลขประจำตัวประชาชน	1234567891234

ตารางที่ 4.5 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันรูปภาพ (ต่อ)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
Photo1	String	ชื่อรูปบัตร	1234567891234_1.jpg
Photo2	String	ชื่อรูปถ่ายหน้าตรง	1234567891234_2.jpg
Photo3	String	ชื่อรูปบัตรที่ทำการตัดให้เหลือแค่ใบหน้า	1234567891234_3.jpg
card_sharpen	String	ชื่อรูปบัตรที่ทำการปรับความคมชัดแล้ว	1234567891234_card.jpg
selfie_sharpen	String	ชื่อรูปหน้าตรงที่ทำการปรับความคมชัดแล้ว	1234567891234_selfie.jpg

#### 4.2.6 คอลเลกชันการประเมินความเหมือนของใบหน้า

โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันการประเมินความเหมือนของใบหน้าในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันการประเมินความเหมือนของใบหน้า

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
_id	String	ไอดีของคอลเลกชันการเปรียบเทียบรูป	5e9f2fabbb3f374c6b675c098
Result_Photo	Double	ค่าเปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบของรูปทั้งหมด	95.72885126

#### 4.2.7 คอลเลกชันตั้งค่าสถานะของการประเมินรูปภาพ

โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันตั้งค่าสถานะของการประเมินรูปภาพ เพื่อใช้กำหนดสถานะการยืนยันตัวตนของผู้ใช้ในตารางที่ 4.1 แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 โครงสร้างข้อมูลของคอลเลกชันตั้งค่าสถานะของการประเมินรูปภาพ

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย	ข้อมูล
pass_base_range	String	กำหนดสถานะให้เป็น PASS	90
notsure_base_range	String	กำหนดสถานะให้เป็น NOT SURE	40
fail_base_range	String	กำหนดสถานะให้เป็น FAIL	0

## บทที่ 5

### การพัฒนาระบบ

การพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้บัตรประจำตัวประชาชน เป็นลักษณะการรวมของเทคนิค อัลกอริทึม มาประยุกต์และปรับใช้ให้ได้มาซึ่งระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถเปรียบเทียบข้อมูลและประเมินความเหมือนของใบหน้า โดยในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของเทคนิค และอัลกอริทึมต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

#### 5.1 การใช้โปรแกรมภาษาและเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม

ในการพัฒนาโปรแกรม ได้มีการใช้ภาษาและเครื่องมือต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ภาษาและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

ชื่อ	เวอร์ชันที่ใช้ ณ เวลาที่พัฒนา	คำอธิบาย
Python	3.6.5	ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม
OpenCV	4.2.0.34	ไลบรารีฟังก์ชัน สำหรับในการประมวลผลภาพพร้อมปรับความคมชัดของภาพ
Face_recognition	1.3.0	ไลบรารี สำหรับเรียกใช้อัลกอริทึมในการค้นหาใบหน้าบุคคลจากภาพที่ได้ประมวลผลจาก OpenCV และเปรียบเทียบความคล้ายใบหน้า
Flask	1.1.2	ไมโครเว็บเฟรมเวิร์คที่เขียนขึ้นมาด้วยภาษา Python ถูกจัดให้อยู่ในไมโครเฟรมเวิร์ค เพื่อใช้ร่วมกับ webserver
Flask-PyMongo	2.3.0	ไลบรารี สำหรับใช้ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล Mongo ใน Flask
MongoDB Atlas	ปี 2020	ฐานข้อมูลระบบคลาวด์ ใช้จัดการกับฐานข้อมูล และเก็บข้อมูล

## 5.2 การพัฒนาระบบ

โดยการพัฒนาส่วนหลังบ้านของระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชนนี้ มีการพัฒนาอยู่ 2 ส่วน ได้แก่

### 5.2.1 ระบบเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง

ในส่วนนี้ได้ระบบจะทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกเข้ามาในระบบนั้นมีความเป็นจริงกี่เปอร์เซ็นต์ โดยได้มีการสร้างหน้าเว็บแอปพลิเคชันเพื่อทดสอบระบบ ดังรูป 5.1

#### ข้อมูลประจำตัวประชาชนของผู้ลงทะเบียน

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน\*

ระบุหมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 13 หลัก

ชื่อภาษาไทย\*

ระบุชื่อ (ไม่ต้องระบุคำนำหน้า)

นามสกุลภาษาไทย\*

ระบุนามสกุล

วัน เดือน ปีเกิด\*

วันเกิด

หมายเลขโทรศัพท์มือถือที่ติดต่อได้\*

00-00000000

ที่อยู่ตามทะเบียนบ้าน

บ้านเลขที่\*

บ้านเลขที่

หมู่ที่

หมู่ที่

หมู่บ้าน/อาคาร/ชั้น

หมู่บ้าน/อาคาร/ชั้น

ตรอก/ซอย

ตรอก/ซอย

ถนน

ถนน

ตำบล/แขวง\*

ตำบล/แขวง

อำเภอ/เขต\*

อำเภอ/เขต

จังหวัด\*

จังหวัด

รหัสไปรษณีย์\*

รหัสไปรษณีย์

กลับหน้าแรก

ถัดไป

รูปที่ 5.1 หน้าเว็บแอปพลิเคชันเพื่อรับข้อมูลส่วนตัว

## 5.2.2 ระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน

ในส่วนนี้ได้มีการสร้างหน้าเว็บแอปพลิเคชันรับไฟล์รูปบัตรประจำตัวประชาชนและรูปหน้าตรงจากผู้ใช้ที่ทำการกรอกข้อมูลสำเร็จแล้วในส่วนที่ 5.2.1 เพื่อทดสอบระบบดังรูป 5.2 เมื่อรับรูปภาพมาแล้วระบบจะทำการจัดเก็บรูปภาพทั้ง 2 รูป เป็นไฟล์เดอร์เลขประจำตัวประชาชนของแต่ละคน มีลักษณะการจัดเก็บดังรูป 5.3 โดยขั้นตอนในการพัฒนาในส่วนนี้ มีดังนี้

### อัปโหลดรูปบัตรประจำตัวประชาชน และรูปถ่ายหน้าตรง

#### Citizen ID

อัปโหลดรูปบัตรประจำตัวประชาชน:

เลือกรูป

อัปโหลดรูปหน้าตรง:

เลือกรูป

กลับไปก่อนหน้า

อัปโหลด

รูปที่ 5.2 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน  
เพื่อรับรูปบัตรประจำตัวประชาชนและรูปหน้าตรงจากผู้ใช้

Manage images				
Home	Share	View	Picture Tools	
images				
Name	Date	Type	Size	Tags
	3/17/2020 1:53 PM	File folder		
ชื่อ Folder	3/17/2020 12:42 AM	File folder		
เป็น	3/17/2020 12:43 AM	File folder		
CitizenID	3/17/2020 1:56 AM	File folder		
	4/16/2020 1:21 AM	File folder		
	3/17/2020 3:18 PM	File folder		
	3/17/2020 1:54 AM	File folder		

รูปที่ 5.3 ลักษณะแฟ้มการเก็บรูปภาพ

## 1. การปรับความคมชัดของรูปภาพ

ระบบจะนำรูปภาพทั้ง 2 รูปที่รับมาจากผู้ใช้ ไปประมวลผลภาพให้มีความคมชัด โดยใช้ OpenCV เพื่อเตรียมรูปภาพในการเปรียบเทียบใบหน้าให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น โดยจะทำให้รูปภาพที่รับมาเป็นเมทริกซ์ขนาดใหญ่ และกำหนดเคอร์เนล (kernel) หรือ เมทริกซ์แบบ Convolutional ที่เป็นเมทริกซ์ขนาดเล็ก ที่ใช้สำหรับการเบลอภาพคมชัดการตรวจจับขอบและฟังก์ชันการประมวลผลภาพอื่น ๆ

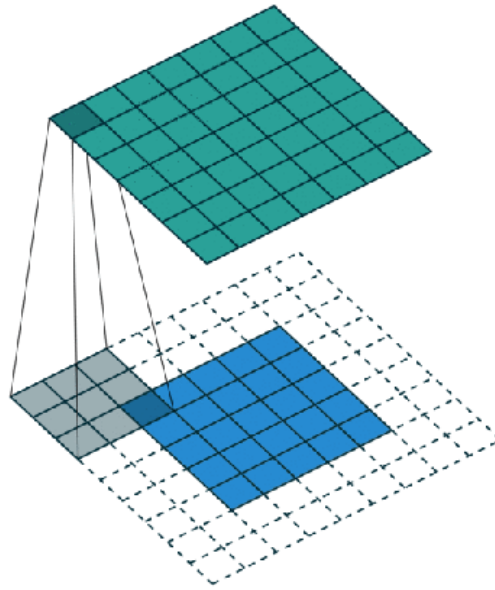
1	1	1
1	1	1
1	1	1

รูปที่ 5.4 ลักษณะของเคอร์เนลขนาด 3X3  
ที่มา: theailearner

131	162	232	84	91	207
104	-1	0	+1	237	109
243	-2	0	+2	135	126
185	-1	0	+1	61	225
157	124	25	14	102	108
5	155	16	218	232	249

รูปที่ 5.5 เคอร์เนลเป็นเมทริกซ์ขนาดเล็กที่เลื่อนจากซ้ายไปขวา  
และจากบนลงล่างบนภาพขนาดใหญ่  
ที่มา: PyImageSearch Gurus





รูปที่ 5.6 กระบวนการสร้างรูปภาพใหม่โดยที่เคอร์เนล  $3 \times 3$   
ภาพอินพุต  $5 \times 5$  (สีฟ้าด้านล่าง) เพื่อสร้างรูปภาพประมวลผลแล้ว  $7 \times 7$  (สีเขียว)  
ที่มา: theailearner

ในการหารูปภาพประมวลผลนั้น มีสมการ ดังนี้

$$g(x, y) = \omega * f(x, y) = \sum_{dx=-a}^a \sum_{dy=-b}^b \omega(dx, dy) f(x + dx, y + dy)$$

โดยที่  $g(x, y)$  เป็นรูปภาพที่ถูกประมวลผลแล้ว

$f(x, y)$  เป็นรูปภาพต้นฉบับ

$\omega$  เป็นเคอร์เนลตัวกรอง องค์ประกอบทั้งหมดของเคอร์เนลตัวกรองถูกพิจารณาโดย

$$-a \leq dx \leq a \text{ และ } -b \leq dy \leq b$$

ในการประมวลผลรูปภาพเพื่อปรับความคมชัดของรูปนั้น จะใช้

$$kernel = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ 5.7 รูปภาพต้นฉบับของบัตร  
ประจำตัวประชาชน



รูปที่ 5.8 รูปภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้ว  
ของบัตรประจำตัวประชาชน



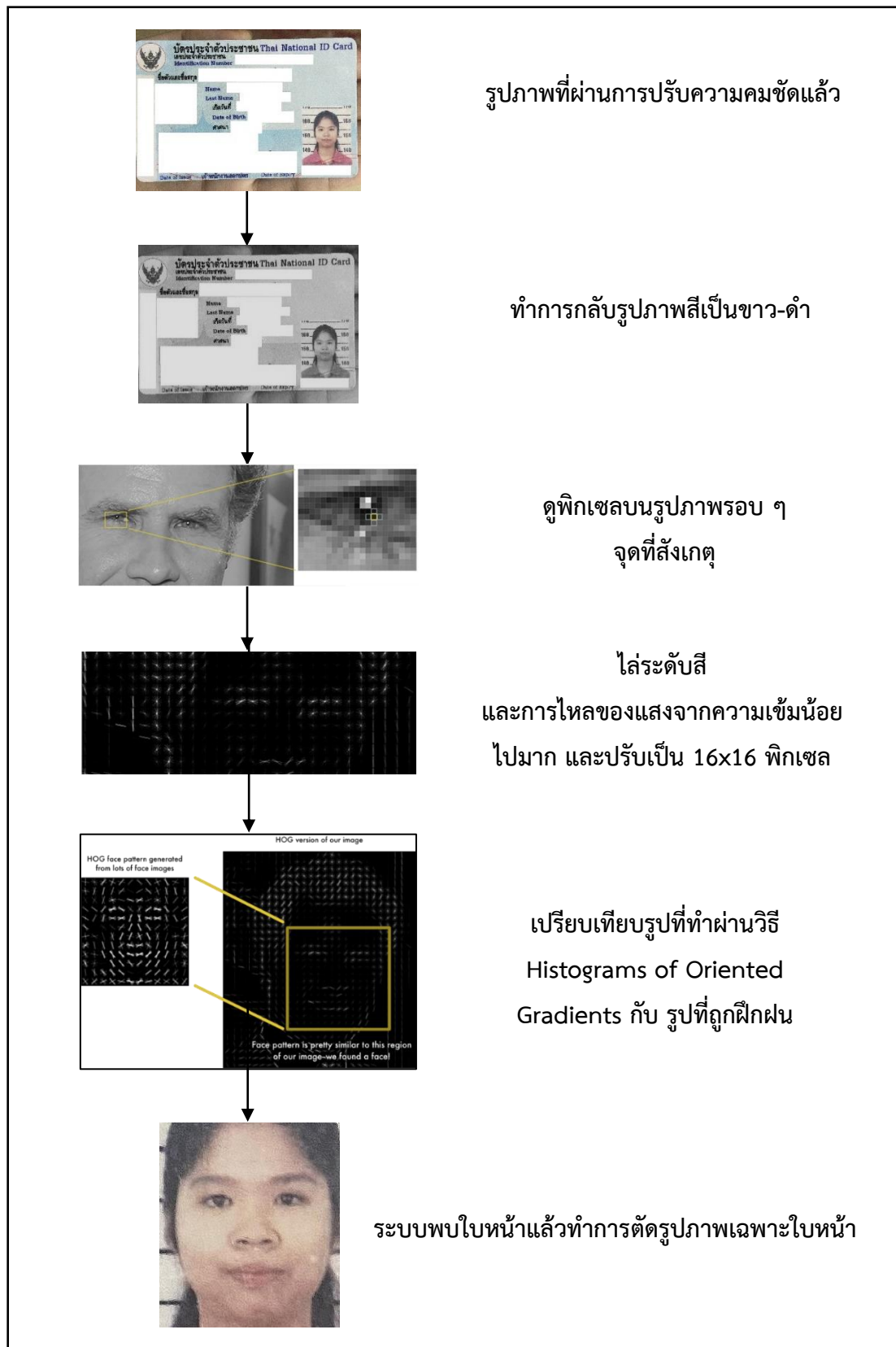
รูปที่ 5.9 รูปภาพต้นฉบับของหน้าตรง



รูปที่ 5.10 รูปภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้ว  
ของหน้าตรง

## 2. การค้นหาภาพใบหน้าจากรูปบัตรประจำตัวประชาชน

การค้นหาภาพใบหน้าจากรูปบัตรประจำตัวประชาชน การพัฒนาในขั้นตอนนี้  
แสดงดังรูปที่ 5.11

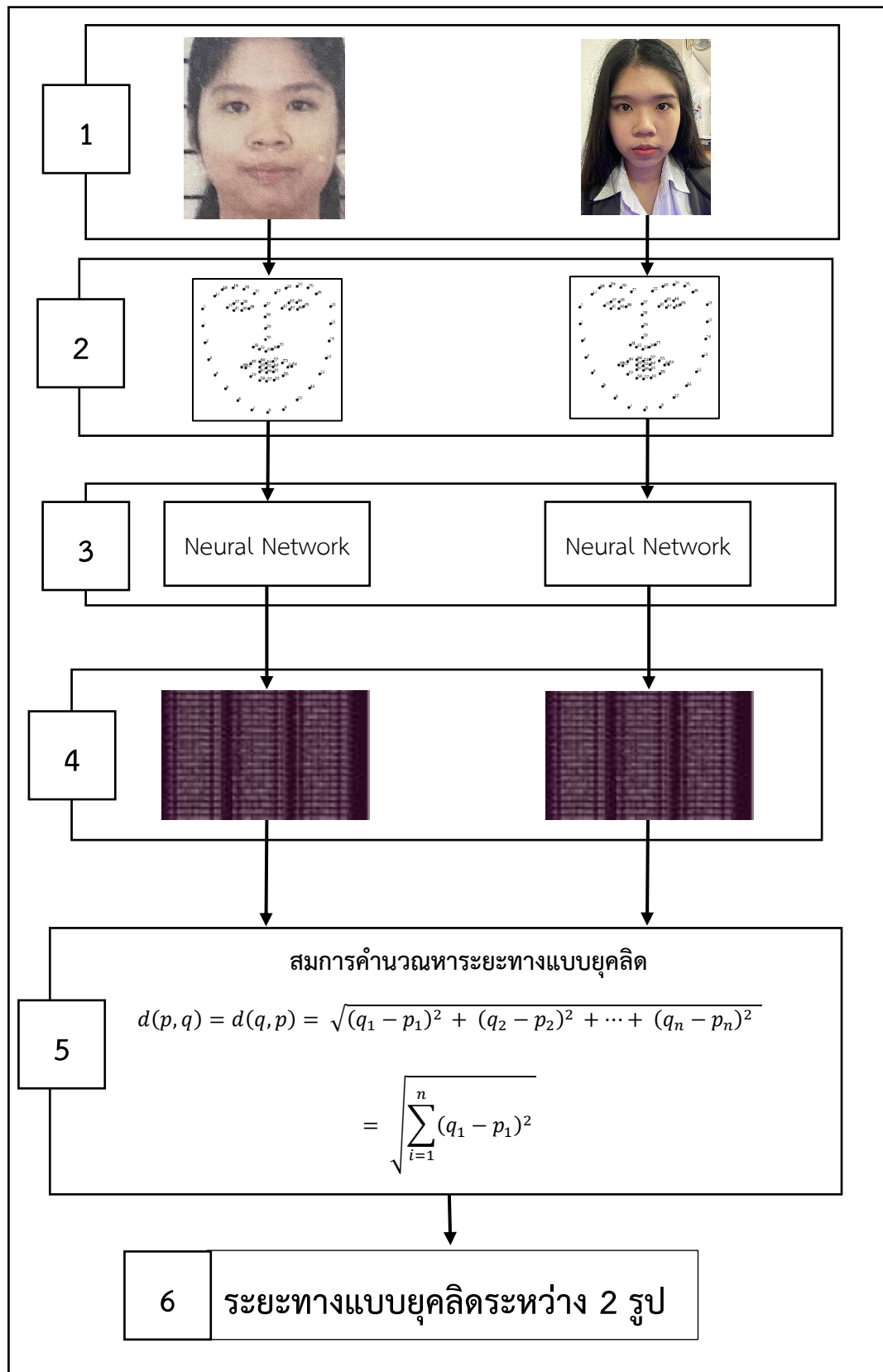


รูปที่ 5.11 แผนภาพแสดงการค้นหาภาพใบหน้าจากรูปบัตรประจำตัวประชาชน

จากรูปที่ 5.11 ในลำดับแรกของการทำงานในขั้นตอนนี้คือ การนำภาพที่ได้จากรูปภาพของบัตรประจำตัวประชาชนที่ผ่านการประมวลผลปรับความคมชัดแล้ว มาทำการค้นหาใบหน้าที่อยู่ในรูปโดยใช้ไลบรารี face\_recognition โดยการใช้ Histogram of Oriented Gradients: HOG ในการค้นหาใบหน้าในภาพ โดยเริ่มจากการเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพขาว-ดำ จากนั้นทำการดูพิกเซลบนรูปภาพรอบ ๆ จุดที่สังเกตเพื่อค้นหาว่าความเข้มของพิกเซลปัจจุบันมีความเข้มระดับใดเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับพิกเซลที่อยู่รอบ ๆ และนำไปวาดลูกศรที่แสดงทิศทางที่ภาพเข้มขึ้น จากพิกเซลที่มีความเข้มน้อยไปมาก ทำตามกระบวนการซ้ำจนครบทุกพิกเซล จะพบว่าทุกพิกเซลนั้นถูกแทนที่ด้วยลูกศรบอกความเข้มของพิกเซล ซึ่งเป็นการไล่ระดับสีและการไหลของแสงจากความเข้มต่ำไปยังความเข้มสูง หลังจากนั้นทำการแบ่งภาพออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็กขนาด  $16 \times 16$  พิกเซล เพื่อให้ภาพที่ได้ดูเรียบง่ายขึ้น นำผลลัพธ์ที่ได้ไปค้นหาส่วนของภาพที่มีลักษณะคล้ายกับรูปแบบ HOG ที่ถูกฝึกฝน จากนั้นระบบจะทำการตัดรูปใบหน้าที่พบเพื่อนำมาเข้ารหัสใบหน้า

### 3. การเข้ารหัสใบหน้าและการเปรียบเทียบใบหน้า

การเข้ารหัสใบหน้าและการเปรียบเทียบใบหน้า การพัฒนาในขั้นตอนนี้แสดงดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 แผนภาพแสดงกระบวนการเปรียบเทียบรูปภาพ 2 รูป เพื่อหาระยะห่างของใบหน้า

จากรูปที่ 5.12 ในการทำงานของระบบในการเข้ารหัสใบหน้าและการเปรียบเทียบ ใบหน้ามีขั้นตอนดังนี้

1. นำรูปภาพจากการตัดรูปภาพเฉพาะใบหน้าจากบัตรประจำตัวประชาชนและรูปถ่ายเซลฟี่หน้าตรง
2. การวางตำแหน่งของแต่ละใบหน้า เพื่อให้ง่ายต่อการเข้ารหัสใบหน้า จะทำการมาร์กจุดเฉพาะ 68 จุดบนใบหน้า โดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อให้สามารถค้นหา 68 จุดเฉพาะเหล่านี้บนใบหน้า เพื่อให้ดวงตาและปากอยู่กึ่งกลางภาพให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. การรู้จำใบหน้า โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการเชิงลึก (Deep Convolutional Neural Network) เพื่อให้ได้การวัด 128 ครั้งสำหรับแต่ละใบหน้า ซึ่งมาจากการฝังของฟิกเซลไปเป็นตัวเลขแบบ 128 มิติ
4. การฝังแบบ 128 มิติที่ส่งคืนมาโดยโครงข่ายประสาทเทียม สามารถใช้เพื่อจัดกลุ่มใบหน้า ระยะทางของการฝังของ 2 ใบหน้าจะใกล้เคียงเมื่อใบหน้าที่คล้ายกัน แต่ถ้ามีระยะทางที่แตกต่างมากจะเป็นสำหรับใบหน้าที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งในการเปรียบเทียบรูปภาพ 2 รูปจะใช้การเข้ารหัสแยกกัน
5. คำนวณระยะทางแบบยุคลิดเพื่อค้นหาระยะห่างของใบหน้า ถ้าได้ค่าต่ำแสดงว่าใบหน้าที่คล้ายกัน ถ้าได้ค่าที่สูงแสดงว่าใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยมีสมการคำนวณระยะทางแบบยุคลิดดังนี้

$$\begin{aligned}d(p, q) &= d(q, p) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \dots + (q_n - p_n)^2} \\&= \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2}\end{aligned}$$

6. เป็นระยะทางบุคลิตที่คำนวณได้ระหว่าง 2 รูป

ในการพัฒนาระบบนั้น เมื่อนำอัลกอริทึมทั้งหมดเขียนเป็นโปรแกรมด้วยภาษาไพทอนมาทดสอบกับระบบการประเมินรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชนจำนวน 120 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยในการประมวลผล บนคอมพิวเตอร์ซีพียูความเร็ว 2.50 กิกะเฮิร์ตซ์ หน่วยความจำหลัก ขนาด 4 กิกะไบต์ พบว่า ในการประมวลผลในการเข้ารหัสใบหน้าและเปรียบเทียบ ใบหน้า โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่ได้นำเสนอ มีค่าเฉลี่ยในการประมวลผลเป็น 12.80 วินาที ต่อ 1 ชุด

## บทที่ 6

### การทดสอบระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงาน เพื่อเป็นการทดสอบและหาข้อผิดพลาดของระบบ ซึ่งจะสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ระบบมีประสิทธิภาพพร้อมใช้งานที่สุดก่อนที่จะนำระบบไปใช้งานจริงในอนาคต

#### 6.1 ชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบระบบ

ชุดข้อมูลในการทดสอบระบบ จะแยกเป็น 2 ชุด ดังนี้

##### 6.1.1 ชุดข้อมูลในส่วนของระบบเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง





ในส่วนนี้ได้ทำการจำลองฐานข้อมูลของกรมการปกครองมาใช้เพื่อนำข้อมูลมาใช้เปรียบเทียบความถูกต้อง ซึ่งข้อมูลที่ถูกจำลองนั้นเป็นข้อมูลส่วนตัวไม่สามารถนำมาเปิดเผยในการค้นคว้าอิสระได้

##### 6.1.2 ชุดข้อมูลในส่วนของระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน

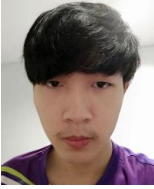













ในส่วนนี้มีการใช้ชุดข้อมูลของรูปถ่ายบัตรประจำตัวประชาชนและรูปถ่ายหน้าตรงเพื่อนำมาพัฒนาระบบ แต่เนื่องจากชุดข้อมูลในส่วนของรูปบัตรประจำตัวประชาชนนั้นมีข้อมูลส่วนบุคคล ไม่สามารถนำมาเปิดเผยในการค้นคว้าอิสระได้

สำหรับชุดข้อมูลรูปถ่ายหน้าตรง มีทั้งหมด 15 ชุด ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงชุดข้อมูลในส่วนของระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน

ลำดับ	ชื่อชุดข้อมูล	เพศ	ช่วงอายุ (ปี)	ครอบครัวเดียวกัน	รูปถ่ายหน้าตรง	รูปจากบัตรประจำตัวประชาชน
1	P01	หญิง	21 - 30			
2	P02	ชาย	21 - 30			

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงชุดข้อมูลในส่วนของระบบประเมิน  
ความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อชุดข้อมูล	เพศ	ช่วงอายุ (ปี)	ครอบครัวเดียวกัน	รูปถ่ายหน้าตรง	รูปจากบัตรประจำตัวประชาชน
3	P03	ชาย	21 - 30			
4	P04	หญิง	11 - 20	2		
5	P05	หญิง	21 - 30	2		
6	P06	หญิง	60 ปีขึ้นไป	1		
7	P07	ชาย	60 ปีขึ้นไป	1		
8	P08	หญิง	21 - 30			
9	P09	หญิง	21 - 30			



ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงชุดข้อมูลในส่วนของระบบประเมิน  
ความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อชุดข้อมูล	เพศ	ช่วงอายุ (ปี)	ครอบครัวเดียวกัน	รูปถ่ายหน้าตรง	รูปจากบัตรประจำตัวประชาชน
10	P10	หญิง	21 - 30			
11	P11	หญิง	21 - 30			
12	P12	หญิง	41-50	1, 2		
13	P13	หญิง	21 - 30			
14	P14	ชาย	21 - 30			
15	P15	หญิง	21 - 30			

## 6.2 ผลการทดสอบระบบ

การทดสอบระบบจะทดสอบตามการทำงานของผู้ใช้งาน เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างถูกต้องและไม่มีข้อผิดพลาด โดยการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 6.2.1 ผลการทดสอบระบบเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐาน ข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง

การทดสอบระบบเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครองได้ผลลัพธ์ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบระบบการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง

ลำดับ	การทดสอบ	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผลลัพธ์
1	รับข้อมูลจากผู้ใช้งาน	สามารถรับข้อมูลจากผู้ใช้งานได้	ผ่าน
2	เพิ่มข้อมูลลงในฐานข้อมูล	สามารถเพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูลได้	ผ่าน
3	ดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูลกรมการปกครองจำลอง	สามารถดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูลกรมการปกครองจำลอง	ผ่าน
4	ดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูล	สามารถดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูลได้	ผ่าน
5	เปรียบเทียบความตรงกันของข้อมูล	สามารถเปรียบเทียบความตรงกันของข้อมูลได้	ผ่าน
6	แปลงการเปรียบเทียบความตรงกันของข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบเปอร์เซ็นต์	สามารถแปลงการเปรียบเทียบความตรงกันของข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ได้	ผ่าน

## 6.2.2 ผลการทดสอบระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน

ในการทดสอบระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน มีภาพรวมของผลการทดสอบระบบนี้ มีดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ภาพรวมของผลการทดสอบระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน

ลำดับ	การทดสอบ	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผลลัพธ์
1	รับข้อมูลรูปถ่ายจากผู้ใช้	สามารถรับข้อมูลรูปถ่ายจากผู้ใช้ได้	ผ่าน
2	จัดเก็บรูปถ่ายของผู้ใช้แยกเป็นโฟลเดอร์ พร้อมตั้งชื่อรูปถ่าย	สามารถจัดเก็บรูปถ่ายของผู้ใช้แยกเป็นโฟลเดอร์ พร้อมตั้งชื่อรูปถ่ายได้	ผ่าน
3	ปรับความคมชัดของรูป	สามารถปรับความคมชัดของรูปได้	ผ่าน
4	ประเมินความเหมือนใบหน้าในรูปถ่าย	สามารถประเมินความเหมือนใบหน้าในรูปถ่ายได้	ผ่าน
5	แปลงประเมินความเหมือนใบหน้าในรูปถ่ายให้ออกมาในรูปแบบเปอร์เซ็นต์	สามารถแปลงประเมินความเหมือนใบหน้าในรูปถ่ายให้ออกมาในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ได้	ผ่าน
6	เพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูล	สามารถเพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูลได้	ผ่าน

โดยการทดสอบในส่วนนี้ที่มีการประเมินความเหมือนรูปถ่ายใบหน้านั้นจะแบ่งการทดสอบเป็น 3 กรณี ดังนี้

1. คนเดียวกัน
2. คนละคน แต่เพศเดียวกัน
3. คนละคน แต่เพศต่างกัน

ซึ่งในการทดสอบจะมีการกำหนดสถานะ ดังนี้

1. ผลการประเมินมากกว่าหรือเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ สถานะผ่าน
2. ผลการประเมินน้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าหรือเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ สถานะไม่แน่ใจ
3. ผลการประเมินน้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ สถานะไม่ผ่าน

## 1. คนเดียวกัน

เมื่อนำรูปบัตรประจำตัวประชาชนและรูปถ่ายหน้าตรงของคนเดียวกันมาประเมินความเหมือนกัน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนเดียวกัน

ลำดับ	ชื่อชุดข้อมูล	ผลการประเมิน	สถานะ
1	P01	94.54256469	ผ่าน
2	P02	93.08023434	ผ่าน
3	P03	84.58251361	ไม่แน่ใจ
4	P04	92.37483779	ผ่าน
5	P05	95.73859162	ผ่าน
6	P06	92.20778351	ผ่าน
7	P07	70.84968452	ไม่แน่ใจ
8	P08	97.0241243	ผ่าน
9	P09	83.47906399	ไม่แน่ใจ
10	P10	91.61331742	ผ่าน
11	P11	90.00336614	ผ่าน
12	P12	84.48882905	ไม่แน่ใจ
13	P13	93.12327468	ผ่าน
14	P14	91.79796554	ผ่าน
15	P15	90.96500086	ผ่าน

ผลการทดสอบในกรณีคนเดียวกัน พบว่า มีผลการประเมินใบหน้าของคนเดียวกันใน 15 การทดสอบ มีสถานะผ่าน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 มีสถานะไม่แน่ใจ 4 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 และมีสถานะไม่ผ่าน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0

## 2. คนละคน แต่เพศเดียวกัน

เมื่อนำรูปบัตรประจำตัวประชาชนและรูปถ่ายหน้าตรงของคนละคนมาประเมินความเหมือน ของเพศหญิงได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 6.5 และของเพศชายได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศหญิง

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
1	P01	P04	81.55073356	ไม่แน่ใจ	
2	P01	P05	88.51520435	ไม่แน่ใจ	
3	P01	P06	40.43720101	ไม่ผ่าน	
4	P01	P08	81.53346449	ไม่แน่ใจ	
5	P01	P09	74.09625032	ไม่แน่ใจ	
6	P01	P10	80.41859605	ไม่แน่ใจ	
7	P01	P11	71.51408462	ไม่แน่ใจ	
8	P01	P12	70.63633028	ไม่แน่ใจ	
9	P01	P13	36.56158268	ไม่ผ่าน	
10	P01	P15	89.62437801	ไม่แน่ใจ	
11	P04	P01	78.6157887	ไม่แน่ใจ	
12	P04	P05	90.93228864	ผ่าน	ครอบครั 1
13	P04	P06	35.41153786	ไม่ผ่าน	ครอบครั 2
14	P04	P08	79.50892645	ไม่แน่ใจ	
15	P04	P09	81.34248519	ไม่แน่ใจ	
16	P04	P10	80.66170386	ไม่แน่ใจ	
17	P04	P11	78.10583731	ไม่แน่ใจ	
18	P04	P12	38.03035292	ไม่ผ่าน	ครอบครั
19	P04	P13	81.92704392	ไม่แน่ใจ	
20	P04	P15	85.73632588	ไม่แน่ใจ	
21	P05	P01	89.00601637	ไม่แน่ใจ	
22	P05	P04	91.73939815	ผ่าน	ครอบครั
23	P05	P06	42.72844218	ไม่แน่ใจ	ครอบครั
24	P05	P08	88.65267887	ไม่แน่ใจ	
25	P05	P09	45.86610183	ไม่แน่ใจ	

ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศหญิง (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
26	P05	P10	46.95423686	ไม่แน่ใจ	
27	P05	P11	84.29546154	ไม่แน่ใจ	
28	P05	P12	73.84899968	ไม่แน่ใจ	ครอบครั้ว
29	P05	P13	77.49133158	ไม่แน่ใจ	
30	P05	P15	86.63408024	ไม่แน่ใจ	
31	P06	P01	49.98373992	ไม่แน่ใจ	
32	P06	P04	86.08897469	ไม่แน่ใจ	ครอบครั้ว
33	P06	P05	48.50262347	ไม่แน่ใจ	ครอบครั้ว
34	P06	P08	47.16280371	ไม่แน่ใจ	
35	P06	P09	66.75479298	ไม่แน่ใจ	
36	P06	P10	45.13961848	ไม่แน่ใจ	
37	P06	P11	41.19862512	ไม่แน่ใจ	
38	P06	P12	80.21508366	ไม่แน่ใจ	ครอบครั้ว
39	P06	P13	48.96156048	ไม่แน่ใจ	
40	P06	P15	80.44081985	ไม่แน่ใจ	
41	P08	P01	44.16311834	ไม่แน่ใจ	
42	P08	P04	86.43390434	ไม่แน่ใจ	
43	P08	P05	84.98544737	ไม่แน่ใจ	
44	P08	P06	35.37811586	ไม่ผ่าน	
45	P08	P09	47.6875103	ไม่แน่ใจ	
46	P08	P10	44.1467412	ไม่แน่ใจ	
47	P08	P11	47.4661892	ไม่แน่ใจ	
48	P08	P12	36.66666184	ไม่ผ่าน	
49	P08	P13	92.43980598	ผ่าน	
50	P08	P15	84.81753847	ไม่แน่ใจ	

ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศหญิง (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
51	P09	P01	45.68501356	ไม่แน่ใจ	
52	P09	P04	86.99532642	ไม่แน่ใจ	
53	P09	P05	49.93216305	ไม่แน่ใจ	
54	P09	P06	33.23800094	ไม่ผ่าน	
55	P09	P08	41.69420895	ไม่แน่ใจ	
56	P09	P10	43.90581793	ไม่แน่ใจ	
57	P09	P11	70.61211744	ไม่แน่ใจ	
58	P09	P12	39.35984768	ไม่ผ่าน	
59	P09	P13	45.34420216	ไม่แน่ใจ	
60	P09	P15	41.99244503	ไม่แน่ใจ	
61	P10	P01	47.52709086	ไม่แน่ใจ	
62	P10	P04	85.32683642	ไม่แน่ใจ	
63	P10	P05	88.68889372	ไม่แน่ใจ	
64	P10	P06	36.26093235	ไม่ผ่าน	
65	P10	P08	89.78236481	ไม่แน่ใจ	
66	P10	P09	80.8067031	ไม่แน่ใจ	
67	P10	P11	60.78149136	ไม่แน่ใจ	
68	P10	P12	35.82379012	ไม่ผ่าน	
69	P10	P13	85.54463927	ไม่แน่ใจ	
70	P10	P15	79.94079193	ไม่แน่ใจ	
71	P11	P01	76.70188833	ไม่แน่ใจ	
72	P11	P04	91.46426412	ผ่าน	
73	P11	P05	89.10662336	ไม่แน่ใจ	
74	P11	P06	42.34450274	ไม่แน่ใจ	
75	P11	P08	89.82221852	ไม่แน่ใจ	

ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศหญิง (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
76	P11	P09	70.552604	ไม่แน่ใจ	
77	P11	P10	46.12136592	ไม่แน่ใจ	
78	P11	P12	74.51764291	ไม่แน่ใจ	
79	P11	P13	77.8313321	ไม่แน่ใจ	
80	P11	P15	83.53636953	ไม่แน่ใจ	
81	P12	P01	81.01682709	ไม่แน่ใจ	
82	P12	P04	93.30459387	ผ่าน	ครอบครั้ว
83	P12	P05	90.01295881	ผ่าน	ครอบครั้ว
84	P12	P06	71.26885727	ไม่แน่ใจ	ครอบครั้ว
85	P12	P08	77.45431061	ไม่แน่ใจ	
86	P12	P09	78.49248525	ไม่แน่ใจ	
87	P12	P10	49.9292682	ไม่แน่ใจ	
88	P12	P11	81.4897535	ไม่แน่ใจ	
89	P12	P13	79.60623039	ไม่แน่ใจ	
90	P12	P15	87.6210003	ไม่แน่ใจ	
91	P13	P01	83.46063423	ไม่แน่ใจ	
92	P13	P04	86.90089017	ไม่แน่ใจ	
93	P13	P05	82.86704807	ไม่แน่ใจ	
94	P13	P06	37.53289083	ไม่ผ่าน	
95	P13	P08	86.46874438	ไม่แน่ใจ	
96	P13	P09	42.62296622	ไม่แน่ใจ	
97	P13	P10	40.98777298	ไม่ผ่าน	
98	P13	P11	45.76949191	ไม่แน่ใจ	
99	P13	P12	41.09272875	ไม่แน่ใจ	
100	P13	P15	88.63307047	ไม่แน่ใจ	



ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละครคน เพศหญิง (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
100	P13	P15	88.63307047	ไม่แน่ใจ	
101	P15	P01	79.57968778	ไม่แน่ใจ	
102	P15	P04	83.88555744	ไม่แน่ใจ	
103	P15	P05	78.29730665	ไม่แน่ใจ	
104	P15	P06	41.51234778	ไม่แน่ใจ	
105	P15	P08	79.3301955	ไม่แน่ใจ	
106	P15	P09	49.83777997	ไม่แน่ใจ	
107	P15	P10	44.55146564	ไม่แน่ใจ	
108	P15	P11	47.3450431	ไม่แน่ใจ	
109	P15	P12	40.58658447	ไม่ผ่าน	
110	P15	P13	79.81397903	ไม่แน่ใจ	

ตารางที่ 6.6 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละครคน เพศชาย

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
1	P02	P03	82.73068168	ไม่ผ่าน	
2	P02	P07	38.4354041	ไม่แน่ใจ	
3	P02	P14	86.28805237	ไม่ผ่าน	
4	P03	P02	78.96000757	ไม่แน่ใจ	
5	P03	P07	36.11436766	ไม่ผ่าน	
6	P03	P14	69.14278445	ไม่แน่ใจ	
7	P07	P02	30.66587575	ไม่ผ่าน	
8	P07	P03	32.29330796	ไม่ผ่าน	
9	P07	P14	25.66622533	ไม่ผ่าน	
10	P14	P02	85.29869423	ไม่แน่ใจ	

ตารางที่ 6.6 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศชาย (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัวประชาชน	รูปถ่ายหน้าตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
11	P14	P03	88.94926036	ไม่แน่ใจ	
12	P14	P07	31.7104614	ไม่ผ่าน	

ผลการทดสอบในกรณีคนละคน เพศเดียวกัน พบว่า ในเพศหญิงจากตารางที่ 6.5 มีผลการประเมินใบหน้าใน 110 การทดสอบ มีสถานะผ่าน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 5.45 มีสถานะไม่แน่ใจ 91 คน คิดเป็นร้อยละ 82.72 และมีสถานะไม่ผ่าน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 11.81 ซึ่งในสถานะผ่านนั้นมี 4 การทดสอบที่เป็นครอบครัวเดียวกันสายตรงและมีอายุใกล้เคียงกัน และในเพศชายจากตารางที่ 6.6 มีผลการประเมินใบหน้าใน 12 การทดสอบ มีสถานะผ่าน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0 มีสถานะไม่แน่ใจ 5 คน คิดเป็นร้อยละ 41.66 และมีสถานะไม่ผ่าน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33

### 3. คนละคน แต่เพศต่างกัน

เมื่อนำรูปบัตรประจำตัวประชาชนและรูปถ่ายหน้าตรงของคนละคน เพศต่างกันมาประเมินความเหมือน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศต่างกัน

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัวประชาชน	รูปถ่ายหน้าตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
1	P01	P02	82.78414333	ไม่แน่ใจ	
2	P01	P03	81.16098059	ไม่แน่ใจ	
3	P01	P07	29.55249907	ไม่ผ่าน	
4	P01	P14	83.22344149	ไม่แน่ใจ	
5	P04	P02	89.12878401	ไม่แน่ใจ	
6	P04	P03	82.10232147	ไม่แน่ใจ	
7	P04	P07	21.80629659	ไม่ผ่าน	
8	P04	P14	79.18741334	ไม่แน่ใจ	
9	P05	P02	80.5972463	ไม่แน่ใจ	
10	P05	P03	88.8172844	ไม่แน่ใจ	
11	P05	P07	33.58521868	ไม่ผ่าน	

ตารางที่ 6.7 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศต่างกัน (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
12	P05	P14	85.95225434	ไม่แน่ใจ	
13	P06	P02	46.92110359	ไม่แน่ใจ	
14	P06	P03	49.332698	ไม่แน่ใจ	
15	P06	P07	36.86361949	ไม่ผ่าน	
16	P06	P14	39.25803086	ไม่ผ่าน	
17	P08	P02	46.92110359	ไม่แน่ใจ	
18	P08	P03	79.20415274	ไม่แน่ใจ	
19	P08	P07	16.92420777	ไม่ผ่าน	
20	P08	P14	48.85596988	ไม่แน่ใจ	
21	P09	P02	49.42997868	ไม่แน่ใจ	
22	P09	P03	49.01396383	ไม่แน่ใจ	
23	P09	P07	17.01274971	ไม่ผ่าน	
24	P09	P14	42.61393634	ไม่แน่ใจ	
25	P10	P02	76.07754104	ไม่แน่ใจ	
26	P10	P03	86.94831383	ไม่แน่ใจ	
27	P10	P07	21.11061111	ไม่ผ่าน	
28	P10	P14	45.3800002	ไม่แน่ใจ	
29	P11	P02	86.41323095	ไม่แน่ใจ	
30	P11	P03	83.40285255	ไม่แน่ใจ	
31	P11	P07	31.19848228	ไม่ผ่าน	
32	P11	P14	80.31693218	ไม่แน่ใจ	
33	P12	P02	89.46969117	ไม่แน่ใจ	
34	P12	P03	81.31695452	ไม่แน่ใจ	
35	P12	P07	39.37207195	ไม่ผ่าน	
36	P12	P14	87.23951893	ไม่แน่ใจ	

ตารางที่ 6.7 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศต่างกัน (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
37	P13	P02	47.67101571	ไม่แน่ใจ	
38	P13	P03	77.91565804	ไม่แน่ใจ	
39	P13	P07	28.01089105	ไม่ผ่าน	
40	P13	P14	66.92636534	ไม่แน่ใจ	
41	P15	P02	47.99948926	ไม่แน่ใจ	
42	P15	P03	82.08414607	ไม่แน่ใจ	
43	P15	P07	40.75059575	ไม่แน่ใจ	
44	P15	P14	85.65581617	ไม่แน่ใจ	
45	P02	P01	87.46129313	ไม่แน่ใจ	
46	P02	P04	89.52041242	ไม่แน่ใจ	
47	P02	P05	84.48512551	ไม่แน่ใจ	
48	P02	P06	40.32548322	ไม่แน่ใจ	
49	P02	P08	49.37553243	ไม่แน่ใจ	
50	P02	P09	43.64451737	ไม่แน่ใจ	
51	P02	P10	42.68260981	ไม่แน่ใจ	
52	P02	P11	45.69894314	ไม่แน่ใจ	
53	P02	P12	41.23945592	ไม่แน่ใจ	
54	P02	P13	45.37347851	ไม่แน่ใจ	
55	P02	P15	76.87980304	ไม่แน่ใจ	
56	P03	P01	46.63512427	ไม่แน่ใจ	
57	P03	P04	85.29399611	ไม่แน่ใจ	
58	P03	P05	76.04359605	ไม่แน่ใจ	
59	P03	P06	47.30534764	ไม่แน่ใจ	
60	P03	P08	73.75129506	ไม่แน่ใจ	
61	P03	P09	48.21945928	ไม่แน่ใจ	

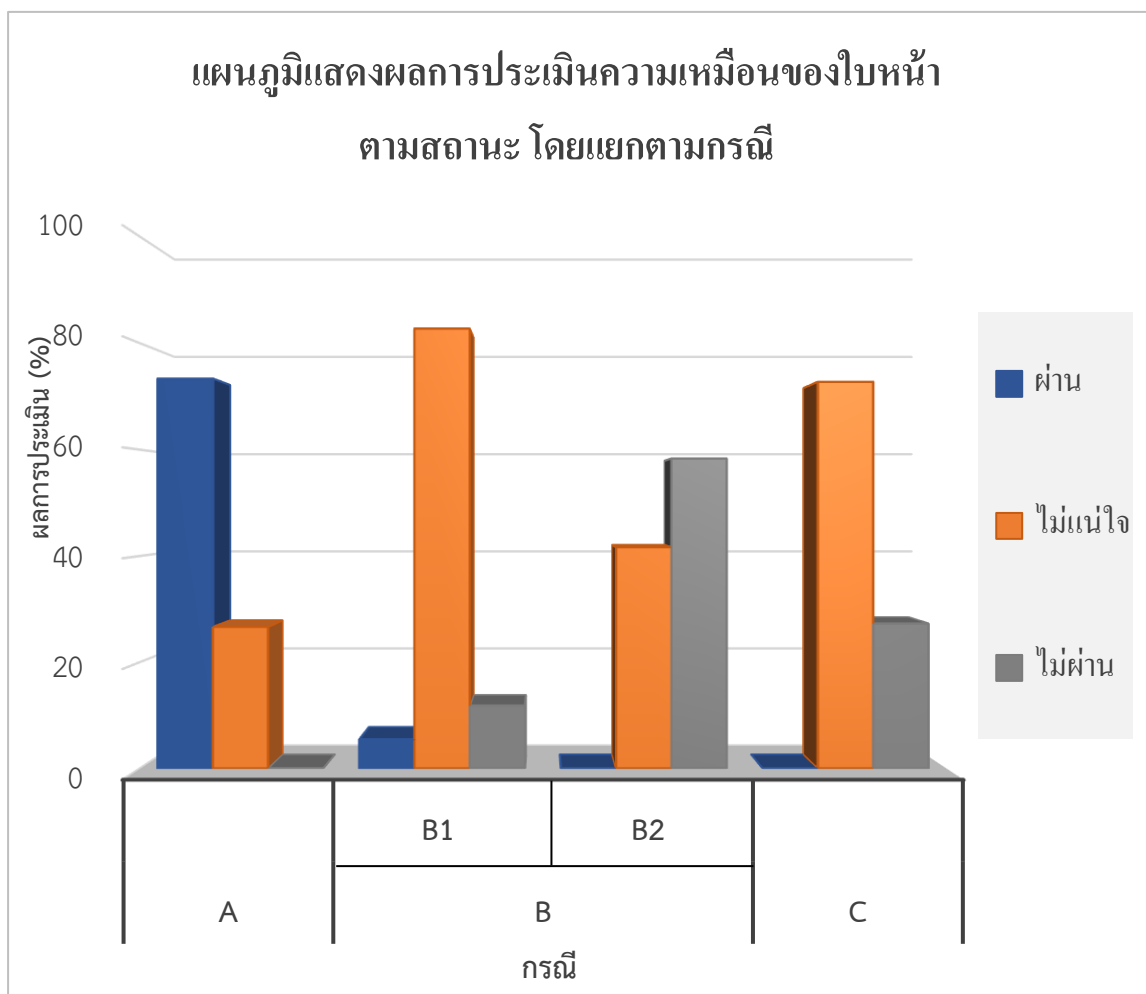
ตารางที่ 6.7 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศต่างกัน (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
62	P03	P10	40.87334126	ไม่แน่ใจ	
63	P03	P11	44.44356564	ไม่แน่ใจ	
64	P03	P12	38.38977235	ไม่ผ่าน	
65	P03	P13	47.18600179	ไม่แน่ใจ	
66	P03	P15	83.41196554	ไม่แน่ใจ	
67	P07	P01	27.9498157	ไม่ผ่าน	
68	P07	P04	19.07914969	ไม่ผ่าน	
69	P07	P05	21.59086784	ไม่ผ่าน	
70	P07	P06	30.84188897	ไม่ผ่าน	
71	P07	P08	24.87887311	ไม่ผ่าน	
72	P07	P09	26.83190628	ไม่ผ่าน	
73	P07	P10	21.2366015	ไม่ผ่าน	
74	P07	P11	22.12944931	ไม่ผ่าน	
75	P07	P12	41.95446776	ไม่แน่ใจ	
76	P07	P13	20.19321565	ไม่ผ่าน	
77	P07	P15	22.8678887	ไม่ผ่าน	
78	P14	P01	85.50354128	ไม่แน่ใจ	
80	P14	P05	86.39355746	ไม่แน่ใจ	
81	P14	P06	32.18747986	ไม่ผ่าน	
82	P14	P08	70.63108795	ไม่แน่ใจ	
83	P14	P09	44.82888274	ไม่แน่ใจ	
84	P14	P10	43.69992549	ไม่แน่ใจ	
85	P14	P11	79.14684558	ไม่แน่ใจ	
86	P14	P12	36.89614799	ไม่ผ่าน	
87	P14	P13	48.06638997	ไม่แน่ใจ	

ตารางที่ 6.7 ผลการทดสอบในกรณีที่เป็นคนละคน เพศต่างกัน (ต่อ)

ลำดับ	รูปบัตรประจำตัว ประชาชน	รูปถ่ายหน้า ตรง	ผลการประเมิน	สถานะ	หมายเหตุ
88	P14	P15	81.16249525	ไม่แน่ใจ	

ผลการทดสอบในกรณีคนละคน เพศต่างกัน พบว่า มีผลการประเมินใบหน้าของคน  
คน เพศต่างกัน ใน 88 การทดสอบ มีสถานะผ่าน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0 มีสถานะไม่แน่ใจ 64  
คน คิดเป็นร้อยละ 72.72 และมีสถานะไม่ผ่าน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27



รูปที่ 6.1 แผนภูมิแสดงผลการประเมินความเหมือนของใบหน้า  
ตามสถานะ โดยแยกตามกรณี

จากรูปที่ 6.1 แผนภูมิแสดงผลการประเมินความเหมือนของใบหน้าตามสถานะ โดยแยกตาม  
กรณี เป็นแผนภูมิสรุปผลการประเมินความเหมือนของใบหน้าในทั้ง 3 กรณี จากการคำนวณเป็น  
เปอร์เซ็นต์ตามสถานะทั้ง 3 สถานะ ได้แก่ ผ่าน ไม่แน่ใจ และไม่ผ่าน โดยที่กำหนดให้

- A - กรณีรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชนเป็นบุคคลเดียวกัน
- B - กรณีรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชนไม่เป็นบุคคลเดียวกัน และเพศเดียวกัน
- B1 - เพศหญิง
- B2 - เพศชาย
- C - กรณีรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชนไม่เป็นบุคคลเดียวกัน และต่างเพศกัน

## บทที่ 7

### บทสรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปการดำเนินงาน ข้อจำกัดของระบบ และข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 7.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ ได้พัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน ซึ่งถูกพัฒนาในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน เพื่อทดลองระบบและส่วนหลังบ้านด้วยฟลาซคเฟรมเวิร์คโดยใช้ภาษาไพทอน การประเมินความเหมือนของใบหน้าด้วยไลบรารีเฟสเรคคิกันชันและใช้ฐานข้อมูลมองโกลดีบีในการเก็บข้อมูล

การพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน ประกอบไปด้วยระบบหลัก ๆ 2 ระบบ คือ

7.1.1 ระบบเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากข้อมูลบนบัตรประจำตัวประชาชนกับฐานข้อมูลบุคคลของกรมการปกครอง

7.1.2 ระบบประเมินความเหมือนของรูปถ่ายใบหน้าตรงกับรูปถ่ายจากหน้าบัตรประจำตัวประชาชน

เมื่อได้ทำการทดสอบระบบแล้ว พบว่าระบบเปรียบเทียบข้อมูล ทำได้ค่อนข้างเร็วในการประมวลผลและให้ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ที่แม่นยำ ระบบค้นหาหน้าบุคคลได้แม่นยำ แต่การเปรียบเทียบใบหน้าบุคคลในครอบครัวสายตรงที่อายุมีความใกล้เคียงกันและเพศเดียวกันนั้นให้ผลลัพธ์ที่ยังไม่พอใจนัก

#### 7.2 ข้อจำกัดของระบบ

จากการพัฒนาส่วนหลังบ้านสำหรับระบบยืนยันตัวตนทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน พบว่ามีข้อจำกัด ดังนี้

7.2.1 การใช้ข้อมูลจากกรมการปกครอง

ไม่สามารถใช้ข้อมูลจากกรมการปกครองได้โดยตรง เพราะ ทางกรมการปกครอง ต้องมีการขอข้อมูลยืนยันตัวตนต่าง ๆ ทำให้ทางผู้พัฒนาจึงจำเป็นต้องสร้างฐานข้อมูลจำลองของกรมการปกครองขึ้นเพื่อเรียกใช้เอง

7.2.2 การแยกใบหน้าของบุคคลในครอบครัวสายตรงที่อายุมีความใกล้เคียงกันและเพศเดียวกัน

ระบบนี้ไม่สามารถประเมินใบหน้าของบุคคลในครอบครัวเดียวกันที่เป็นสายตรงที่มีอายุใกล้เคียงกันและเพศเดียวกันได้ดีเท่าที่ควร



### 7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในอนาคต

ข้อเสนอแนะที่ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต มีดังนี้

7.3.1 ปรับปรุงโค้ด และการทำงานของระบบให้เป็นระเบียบ และมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีมากยิ่งขึ้น

7.3.2 ปรับปรุงระบบ ในเรื่องของความปลอดภัยของข้อมูล

7.3.3 ปรับปรุงระบบ ในการแยกใบหน้าให้มีประสิทธิภาพให้มากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมสรรพากร, (2019), “e-KYC คืออะไร”, [Online].  
[http://www.rd.go.th/saraburi/hotcolumn/2562/Feb\\_2019\\_Online.pdf](http://www.rd.go.th/saraburi/hotcolumn/2562/Feb_2019_Online.pdf)  
[accessed 8 October 2019]
- [2] สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ (ก.ล.ต.), (2018) “แนวปฏิบัติในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการทำความรู้จักลูกค้า”. [Online].  
[https://capital.sec.or.th/webapp/phs/upload/phs1540966630hearing\\_45\\_2561\\_s01.pdf](https://capital.sec.or.th/webapp/phs/upload/phs1540966630hearing_45_2561_s01.pdf). [accessed 8 October 2019]
- [3] สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน) (สรอ.), (2018) “เทคนิคการเชื่อมโยงข้อมูลภาครัฐ”. [Online].  
[https://www.dga.or.th/upload/download/file\\_f14161ea49eeeb526735059de6d504d3.pdf](https://www.dga.or.th/upload/download/file_f14161ea49eeeb526735059de6d504d3.pdf). [accessed 8 October 2019]
- [4] Adam Geitgey, (2019, Nov) “Face Recognition Documentation Release 1.2.3”, [Online].  
<https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/face-recognition/latest/face-recognition.pdf>. [accessed 8 October 2019]
- [5] Adam Geitgey. (2016, July) “Machine Learning is Fun! Part 4: Modern Face Recognition with Deep Learning”, [Online].  
<https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is-fun-part-4-modern-face-recognition-with-deep-learning-c3cffc121d78>. [accessed 8 October 2019]
- [6] Vahid Kazemi and Josephine Sullivan, “One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2014.
- [7] Jaruwit Pratanchewin, (2019, July), “เรียนรู้และทำความเข้าใจเรื่อง Support Vector Machine (SVM)”, [Online].  
<http://www.glurgeek.com/education/support-vector-machine>.  
[accessed 8 October 2019]

- [8] Adrian Rosebrock, (July 25, 2016), “Convolutions with OpenCV and Python”, [Online].  
<https://www.pyimagesearch.com/2016/07/25/convolutions-with-opencv-and-python/>. [accessed 28 March 2020]
- [9] TheAILearner, “Spatial Filtering”, [Online].  
<https://theailearner.com/2019/04/21/spatial-filtering>. [accessed 28 March 2020]
- [10] OpenCV, “Image Filtering”, [Online].  
<https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/filtering.html>. [accessed 28 March 2020]
- [11] Wikipedia, (16 April 2020), “Kernel (image processing)”, [Online].  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel\\_\(image\\_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_(image_processing)). [accessed 28 March 2020]