

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

FACE RECOGNITION BY HIDDEN MARKOV MODEL

โดย



T144205



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาระดับ 2

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# **FACE RECOGNITION BY HIDDEN MARKOV MODEL**



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENTS OF THE COURSE**

**INDEPENDENT STUDY 2**

**MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY**

**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

**KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2/2014**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2015**

**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบรับรองการศึกษาอิสระ 2 (Independent Study 2)

เรื่อง

ระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

Face Recognition by hidden markov model

นาย รณภูมิ อัครพงษ์

รหัสประจำตัว 55660709

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด  
รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบ และ อนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาการศึกษาอิสระ 2 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เทคโนโลยีสารสนเทศ)  
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ดร.สุภกิจ นุตยะสกุล)

.....กรรมการสอบ  
(ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ตีลานภาพ)

.....กรรมการสอบ  
(ผศ.ดร.สุเมธ ประภาวัต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	ระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล
นักศึกษา	รณภูมิ อัครพงษ์
รหัสนักศึกษา	55660709
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีเครือข่ายและระบบ (NST)
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สุภกิจ นุตยะสกุล

### บทคัดย่อ

การพัฒนาการรู้จำใบหน้าจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการดึงลักษณะเด่นบนใบหน้าและกระบวนการที่ใช้ในการรู้จำ โดยในงานวิจัยนี้ผู้พัฒนาได้ประยุกต์ใช้วิธีการกำหนดจุดบนใบหน้า 66 จุด ซึ่งเป็นวิธีใหม่และยังไม่มีใครนำมาใช้ร่วมกับวิธีการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล วัตถุประสงค์ของงานคือพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลโดยอาศัยวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า ซึ่งพัฒนามาจากการกำหนดจุดบนใบหน้า 66 Facial Feature (Luxand FaceSDK) ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสามารถใช้ในการแยกแยะใบหน้าได้

การเก็บข้อมูลใบหน้าด้วยวิธีทั่วไป เช่น วิธีการสแกนฟิสิกซ์ใบหน้าตรงนั้นจะพบปัญหาเรื่องของระดับความสว่างของแสง และลักษณะตำแหน่งของใบหน้า ถึงแม้ว่าได้มีการใช้ร่วมกับกล่องอุปกรณ์เสริม แต่ก็ยังคงได้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นจึงเป็นที่มาของวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า และเมื่อนำไปใช้กับร่วมวิธีการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลแล้วพบว่าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ :** ฮาร์ไลทไฟเจอร์, ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล, วิธีการสแกนฟิสิกซ์ใบหน้าตรง, กล่องอุปกรณ์เสริม, วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

<b>Title</b>	FACE RECOGNITION BY HIDDEN MARKOV MODEL
<b>Student</b>	Mr.Ronnapoom Akkaraphong
<b>Student ID.</b>	55660726
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Program</b>	Information Technology
<b>Major</b>	Information System Technology
<b>Academic Year</b>	2014
<b>Advisor</b>	Dr.Supakit Nootyaskool

## ABSTRACT

Development of face recognition software incorporates the features of image extraction and recognition. In this dissertation the author has applied the face point coordination of 66 points; the method is new and applied with Hidden Markov Models (HMMs). The objective of this study is to develop the face recognition program with HMMs by calculating the proportion of the distances among each face components. This method is developed from 66 identification of facial feature (Luxand Face SDK) causing the system efficient for face recognition and identification.

The general method for collecting face characteristics is usually done by scanning the face pixels but the process comes with the problem of the level of light and the position of face components. Although the special tool box is applied, there still is a variance in the result. For better result, therefore, the method of calculating proportion of distance among face components is developed. And by incorporating the method with HMMs, the result is efficient.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลนี้ประสบความสำเร็จได้ เพราะได้รับความช่วยเหลือและอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศุภกิจ นุตยะสกุล และคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งทำให้ข้าพเจ้าสามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในโครงการนี้ได้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ร่วมศึกษาในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และมารดาพร้อมทั้งครอบครัวที่ให้กำลังใจระหว่างการทำโครงการการศึกษาอิสระฉบับนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณค่าและประโยชน์ของโครงการฉบับนี้ แต่ผู้มีพระคุณของข้าพเจ้าทุกท่าน



รณภูมิ อัครพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ III เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1	
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาความเป็นมา.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ตารางการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 ส่วนประกอบของรายงาน.....	2
บทที่ 2	
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1.1 ทฤษฎีฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล.....	3
2.1.2 ทฤษฎีการตรวจจับใบหน้า.....	12
2.2 ผลงานที่เกี่ยวข้องในการใช้โปรแกรมฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล (HMMs) ในด้านการรู้จำใบหน้า (Face Recognition).....	14
2.2.1 การรู้จำใบหน้า ในโครงสร้างโปรแกรมแบบมิติเดียว.....	15
2.2.2 วิธีการแบบไฮบริดตามพื้นฐานแบบ HMM มิติเดียว.....	25
2.2.3 การอภิปรายและบทสรุปข้อสังเกต.....	32
บทที่ 3	
การออกแบบและพัฒนา	
3.1 การออกแบบโครงสร้างพัฒนาระบบ.....	33
3.2 วิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง.....	34
3.2.1 การเก็บภาพใบหน้าของวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 การเก็บภาพใบหน้าโดยใช้กล้องอุปกรณ์เสริมในการรับภาพ.....	35
3.3 วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า.....	37
3.3.1 การค้นหาดวงตา, มุมปากและคำนวณความยาวของเส้นแนวตั้งบนใบหน้า (เส้นแบ่งระหว่างกลางของดวงตาทั้งสองข้างและเป็นศูนย์กลางของบริเวณปาก) ของภาพใบหน้า.....	37
3.3.2 การค้นหาลักษณะตำแหน่งจุดต่างบนใบหน้าที่เกิดขึ้นจริง (องค์ประกอบต่างๆบนใบหน้า).....	40
3.3.3 ขั้นตอนการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบของใบหน้า.....	42
3.3.4. วิเคราะห์ชุดลำดับข้อมูลที่ได้จากภาพใบหน้าเพื่อที่จะนำมาใช้กับระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล.....	49
3.4 ขั้นตอนการสอน.....	67
3.5 ขั้นตอนใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำ โดยการเปรียบเทียบหาผลลัพธ์.....	69
3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ.....	70
3.6.1 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบรู้จำใบหน้า (Use Case Diagram).....	70
3.6.2 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ.....	75
3.7 หน้าจอส่วนที่ติดต่อกันระหว่างผู้ใช้และโปรแกรม.....	77
3.8 สรุปเนื้อหาการออกแบบและพัฒนา.....	80
บทที่ 4	
การทดลอง	
4.1 การทดลองระบบการรู้จำใบหน้าด้วยวิธีการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล.....	81
4.1.1 การทดลองในขั้นตอนการสอน.....	81
4.1.2 การทดลองในขั้นตอนการรู้จำ.....	84
4.1.3 จุดประสงค์การทดลอง.....	86
4.1.4 วิธีการดำเนินการ.....	86
4.2 ผลการทดลองระบบการรู้จำใบหน้าด้วยวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล.....	88
4.2.1 การทดลอง ภาพที่ไม่เคยถูกสอน.....	93
4.3 สรุปผลการทดลองระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล.....	103
4.3.1 สรุปผลการทดลองภาพที่เคยถูกสอน โดยใช้ค่าจากการเก็บข้อมูลที่ได้จากวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง.....	103

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2 สรุปผลการทดลองภาพที่เคยถูกสอน โดยใช้ค่าจากการเก็บข้อมูลที่ได้จากวิธีการหาค่า สัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า.....	103
4.3.3 สรุปผลการทดลองภาพที่ไม่เคยถูกสอน .....	104
บทที่ 5	
สรุปและวิจารณ์	
5.1 สรุปจากการศึกษาทฤษฎีและการทดลองกับวิธีของฮิตเดนมาร์คอฟโมเดล .....	105
5.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค .....	107
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ .....	108
บรรณานุกรม .....	109



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแผนการดำเนินงาน .....	2
3.1 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากการหาค่าระยะห่างของจุดต่างๆบนใบหน้า 66 ค่า .....	44
3.2 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การปรับค่าให้อยู่ในรูปของเลขจำนวนเต็มทั้งหมด 66 ค่า.....	45
3.3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลรูปภาพใบหน้าที่แตกต่างกัน 5 ภาพจากตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง.....	50
3.4 ตารางข้อมูลแสดงผลการแบ่งออกเป็นช่วงของความสัมพันธ์โดยแบ่งออกเป็นช่วงของค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าจากกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง.....	54
3.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลรูปภาพใบหน้าที่แตกต่างกัน 5 ภาพจากตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง .....	58
3.6 ตารางข้อมูลแสดงผลการแบ่งออกเป็นช่วงของความสัมพันธ์ ของตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง .....	61
3.7 ตารางแสดงข้อมูลค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าโดยถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง.....	64
3.8 ตารางแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ตำแหน่งองค์ประกอบบนใบหน้าของกลุ่มข้อมูลรูปภาพ 11 กลุ่ม) .....	66
3.9 Use Case Description การบันทึกภาพใบหน้า.....	70
3.10 Use Case Description การค้นหาภาพใบหน้า .....	72
3.11 Use Case Description การสอนและการปรับปรุง .....	73
3.12 Use Case Description ทำนายผลรู้จำใบหน้า.....	74
4.1 แสดงตัวอย่างตารางการบันทึกลำดับการทดลองการรู้จำใบหน้าและผลลัพธ์ .....	87
4.2 ตารางผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการสแกนฟิกเซลภาพใบหน้าตรง.....	88
4.3 ตารางสรุปผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการสแกนฟิกเซลภาพใบหน้าตรง .....	90
4.4 ตารางผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า.....	91

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.5 ตารางสรุปผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการหาค่า สัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า.....	93
4.6 ตารางผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่ไม่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการหาค่า สัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า.....	95
4.7 ตารางสรุปผลตารางแสดงระดับเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง.....	103
4.8 ตารางสรุปผลการทดลองภาพที่ไม่เคยถูกสอน.....	104



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ฟูลลี โทโปโลยี .....	5
2.2 เลฟ-ไลโทโปโลยี.....	5
2.3 ลักษณะการคำนวณ ด้วยฟอร์เวิร์ดอัลกอริทึม .....	9
2.4 ลักษณะของกระบวนการย้อนกลับ (Backward Algorithm).....	11
2.5 ลักษณะเส้นทางของออบเซอเวชัน (Observation) .....	11
2.6 รูปไบหน้าตรงจากการตรวจจับไบหน้าด้วยฮาร์ไลท์ไฟเจอร์ และแปลงค่าสีเป็นขาวดำ.....	13
2.7 ข้อมูลทดสอบและรูปแบบการตรวจสอบทางอัตลักษณ์ของ HMM.....	16
2.8 ตัวอย่างข้อมูลทดสอบและการสแกนตรวจภาพจากบนลงล่างด้วยโปรแกรม HMM.....	16
2.9 ลำดับการรับรู้ไบหน้าของโปรแกรม HMM.....	18
2.10 ภาพไบหน้าที่ใช้วิธีตรวจแบบ parameterization และมีขอบเขตการคัดกรอง.....	19
2.11 ภาพ (a)วิธีการสแกนแบบ Raster scan ของภาพไบหน้าในหน้าจอแสดงภาพ และ (b)โครงสร้างของเวกเตอร์การสังเกตแบบ 1D จากการสแกนแบบซิกแซกของหน้าจอแสดงภาพ .	21
2.12 การแบ่งสัดส่วนของภาพทั้ง 6 ส่วนในเกณฑ์ eigenspace .....	26
2.13 ตัวอย่างมุมมองรายละเอียดของภาพในภาพหน้าตรงอัลกอริทึม .....	29
2.14 ตัวอย่างภาพหน้าตรง และภาพที่มีการเพิ่มรายละเอียดด้านข้าง .....	30
3.1 รูปแสดงการออกแบบระบบโดยรวม.....	34
3.2 รูปไบหน้าตรงที่ได้จากการตรวจจับไบหน้าด้วยฮาร์ไลท์ไฟเจอร์ .....	35
3.3 รูปภาพแสดงการออกแบบอุปกรณ์เสริม (กล่อง) ที่ใช้ในการรับภาพ .....	35
3.4 รูปภาพตัวอย่างจากการรับภาพจากอุปกรณ์เสริมกล่อง.....	36
3.5 ภาพแสดงการจัดเรียงต่อกันของค่าแต่ละตำแหน่งพิกเซล จากซ้ายไปขวา.....	36
3.6 ตัวอย่างรูปภาพโดยใช้วิธีการ The projection of a facial ในการค้นหาไบหน้า.....	38
3.7 ตัวอย่างรูปภาพที่มีการใช้แบบ แบบวงกลม Hough เพื่อแทนตำแหน่งของดวงตา และผลลัพธ์ การตรวจจับดวงตา.....	38
3.8 ภาพตัวอย่างแสดงการตรวจจับบริเวณมุมปากด้วยวิธีการ integral projections.....	39
3.9 ภาพตัวอย่างแสดงตำแหน่งต่างๆที่ตรวจจับได้ บนภาพไบหน้า.....	40
3.10 ภาพตัวอย่างแสดงการค้นหาตำแหน่งของคางจากค่าในแนวแกน X.....	40
3.11 ภาพตัวอย่างแสดงตรวจจับลักษณะของคาง.....	41

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.12 ภาพตัวอย่างแสดงการตรวจจับบริเวณของจมูก .....	41
3.13 ภาพตัวอย่างจากการตรวจจับใบหน้าและแสดงตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้า.....	42
3.14 รูปภาพตัวอย่างแสดงจุดพิคัดที่เป็นจุดศูนย์กลางของใบหน้า.....	43
3.15 รูปภาพแสดงลำดับขั้นตอนการปรับข้อมูลภาพใบหน้าเพื่อนำไปใช้กับกระบวนการของ ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล.....	48
3.16 ตัวอย่างภาพใบหน้าของดารานักแสดง 5 รูปภาพ .....	49
3.17 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลทั้ง 5 ของกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง .....	50
3.18 ตัวอย่างภาพใบหน้าของบุคคลสำคัญ 5 รูปภาพ .....	57
3.19 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลทั้ง 5 ของกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง.....	58
3.20 ตัวอย่างภาพใบหน้าแสดงตำแหน่งของรูปลักษณะคาง.....	67
3.21 กระบวนการสอนกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล .....	68
3.22 รูปแสดงขั้นตอนใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์.....	69
3.23 Use Case Diagram แสดงการทำงานของระบบรู้จำใบหน้า .....	70
3.24 Activity Diagram การบันทึกภาพใบหน้า .....	75
3.25 Activity Diagram การค้นหาภาพใบหน้า.....	76
3.26 Activity Diagram การสอนและการปรับปรุง.....	76
3.27 Activity Diagram การทำนายผลการรู้จำ.....	77
3.28 หน้าจอของโปรแกรม ส่วนของการใช้งาน .....	78
3.29 หน้าจอของโปรแกรม ในส่วนของการรับภาพ .....	78
3.30 ส่วนของการแสดงรายชื่อสมาชิกที่ถูกบันทึก.....	79
3.31 ส่วนของการแสดงรายชื่อผลลัพธ์จากการคำนวณ .....	79
4.1 รูปแสดงตัวอย่างการสร้างโมเดลจากข้อมูลภาพใบหน้าโดยใช้วิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้า ตรง.....	82
4.2 รูปแสดงตัวอย่างการสร้างโมเดลจากข้อมูลภาพใบหน้าโดยใช้วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่าง ขององค์ประกอบบนใบหน้า.....	83
4.3 อธิกรณการแบ่งการทดลองของระบบการรู้จำออกเป็น 3 ตอน .....	84
4.4 ตัวอย่างการทดลองขั้นตอนการรู้จำใบหน้าด้วยกระบวนการวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง 85	

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ตัวอย่างการทดลองขั้นตอนการรู้จำใบหน้าด้วยวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า.....	85
4.6 รูปภาพแสดงแบบจำลองตัวอย่างการทดลองการรู้จำใบหน้า.....	87
4.7 รูปภาพแสดงแบบจำลองตัวอย่างการทดลองการรู้จำใบหน้าด้วยภาพที่ไม่เคยถูกสอน.....	94



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมา

ระบบรู้จำใบหน้าได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานหลายปี เนื่องจากเป็นระบบที่ได้รับความสนใจมากจากนักวิชาการหลายสาขาวิชาจึงทำให้ระบบรู้จำใบหน้ามีผู้สนใจศึกษาพัฒนาอัลกอริทึมในการทำงานออกมามากมายแตกต่างกัน ซึ่งในปัจจุบันระบบรู้จำใบหน้ามีความน่าเชื่อถืออย่างมากและเป็นหนึ่งวิธีการที่นำมาใช้ในการพิสูจน์ยืนยันตัวตนโดยอาศัยคุณลักษณะจำเพาะทางสรีระ (Biometric) โดยได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ได้มีการนำระบบรู้จำใบหน้ามาติดตั้งในสนามบินเพื่อป้องกันคนร้ายหนีเข้าออกนอกประเทศ และมีระบบรู้จำใบหน้าสำหรับการยืนยันตัวตนรายในคดีต่างๆด้วย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีและการทำงานของกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล
2. ศึกษาการประยุกต์ใช้ฮาร์ไลก์ฟีเจอร์ (Haar-like Feature) และวิธีการกำหนดจุดบนใบหน้าของ Luxand FaceSDK Luxand (2005-2015) เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำ

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาการรู้จำใบหน้าโดยใช้ทฤษฎีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล
2. ภาพใบหน้าตรวจจับด้วยอุปกรณ์กล้องเว็บแคมบนเครื่องคอมพิวเตอร์
3. ใช้วิธีการตรวจจับใบหน้า 2 วิธี
  - 3.1 วิธีฮาร์ไลก์ฟีเจอร์ ได้ถูกนำเสนอในวารสารการตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ SWU Engineering Journal (2011)
  - 3.2 วิธีการกำหนดจุดบนใบหน้าของ Luxand FaceSDK Luxand (2005-2015)
4. ภาพใบหน้าแต่ละบุคคลที่นำมาใช้ในโครงการวิจัยจะเป็นลักษณะใบหน้าตั้งตรง

## 1.4 ตารางการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	2558				
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
กำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตของงาน	→				
ออกแบบการทำงานของระบบ	→				
ศึกษาทฤษฎีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล	→	→			
ศึกษาทฤษฎีวิธีการตรวจจับใบหน้า และทดลองประยุกต์ใช้ด้วยวิธีต่างๆ		→	→	→	→
ทำการทดลอง และ ปรับค่าพารามิเตอร์		→	→	→	→
วิเคราะห์สรุปผลของระบบที่พัฒนาขึ้น				→	→

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจกระบวนการทำงานของวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล
2. สามารถพัฒนาระบบการรู้จำใบหน้าโดยใช้วิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลมาประยุกต์ใช้งาน โดยทำการเปรียบเทียบ แยกแยะใบหน้าบุคคลได้
3. ได้รับความรู้ในการเก็บข้อมูลใบหน้าด้วยวิธีต่างๆ

## 1.6 ส่วนประกอบของรายงาน

1. บทที่ 1 กล่าวถึงที่มา จุดประสงค์ขอบเขตการศึกษาประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
2. บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีเนื้อหาวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำใบหน้า
3. บทที่ 3 การออกแบบพัฒนาระบบและการประยุกต์ใช้งานกับกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล
4. บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองและการทดลอง
5. บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปของโครงการ ปัญหาและอุปสรรคและแนวทางในการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ได้กล่าวถึงวิธีการและทฤษฎีต่างๆที่ผู้เขียนได้ศึกษาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบรู้จำใบหน้า โดยจะเริ่มต้นอธิบายจากทฤษฎีพื้นฐานและปัญหาต่างๆของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล และการนำมาประยุกต์ใช้กับระบบรู้จำใบหน้า ซึ่งภายในระบบรู้จำใบหน้าก็ต้องประกอบด้วยเทคนิคต่างๆที่จะเข้ามามีส่วนช่วยให้การทำงานเพื่อให้ประสบผลสำเร็จได้

#### 2.1.1 ทฤษฎีฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

ทฤษฎีฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลผู้พัฒนาได้อ้างอิงจาก Lawrence R. Rabiner (1989: 257-286) เนื่องจากแนวคิดดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงกับระบบรู้จำเสียงของมนุษย์ (Speech Recognition) ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดของ ทฤษฎีดังต่อไปนี้ ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล (Hidden Markov Models) ได้เพิ่มเติมแนวคิดฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล เข้าไปเพื่อรองรับในกรณีที่ข้อมูลสถานะนั้นเป็นลักษณะที่เกี่ยวกับความน่าจะเป็น (Probabilistic Function) นั่นก็คือเราไม่สามารถสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ (Process) ได้

#### ส่วนประกอบฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

N: จำนวนของสถานะ (State) ใน โมเดล (Number of states)

M: จำนวนค่าของชนิดข้อมูลที่ปรากฏ (Number of symbols observable in states)

ค่าการกระจายความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ (State transition probability distribution)

$$a_{ij} = P[q_{t+1} = S_j | q_t = S_i], 1 \leq i, j \leq N \quad (2.1)$$

ค่าการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูลในสถานะ (Observation symbol probability distribution)

$$b_i(k) = P[v_k \text{ at } t | q_t = S_i], 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq M \quad (2.2)$$

ค่าเริ่มต้นของสถานะ ( $\pi = \{\pi_i\}$ ) Initial state distribution โดยที่

$$\pi_i = P[q_1 = S_i], 1 \leq i \leq N \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

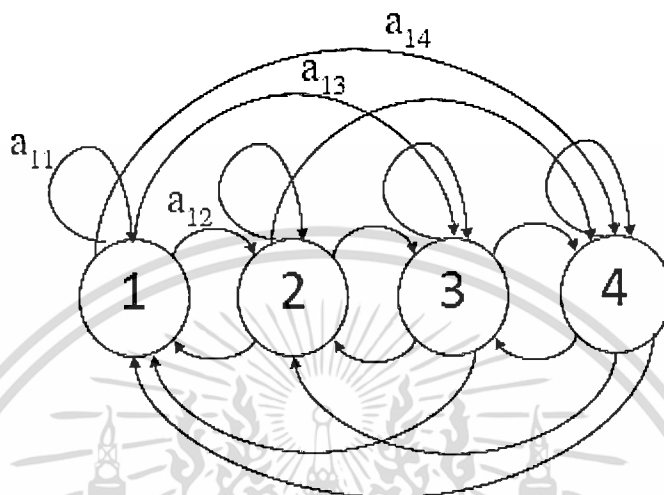
ค่าต่างๆเหล่านี้เป็นลักษณะเฉพาะของ โมเดล ซึ่งค่า  $N$  และ  $M$  นั้นเรารู้ได้จากค่าตัวแปร  $A$  และ  $B$  โดยตัวแปรของโมเดลเขียนได้ดังนี้  $\lambda = (A, B, \pi)$



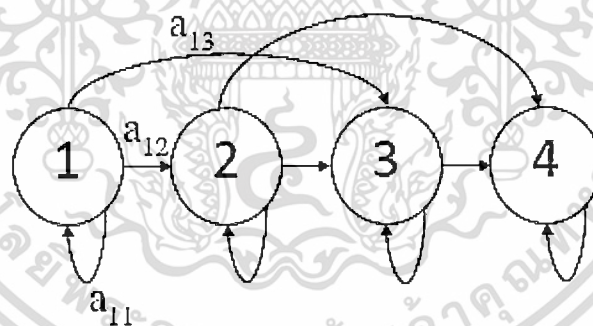
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ชนิดของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลสามารถจัดโครงสร้างการเชื่อมต่อการเปลี่ยนสแตทหนึ่งไปอีกสแตทหนึ่ง โดยแทนอยู่ในรูปเมตริกของพารามิเตอร์  $A$  ทำให้สามารถจัดรูปแบบการเปลี่ยนสแตทได้หลายแบบ



รูปที่ 2.1 ฟูลลี่ โทโปโลยี (Fully-Connected Topology)



รูปที่ 2.2 เลฟ-ไรท์โทโปโลยี (Left-Right Topology)

แบบจำลองฟูลลี่โทโปยี แบบจำลองนี้อาจเรียกชื่อว่าเออโกดิกโมเดล (Ergodic Model) เป็นโครงสร้างที่สามารถย้ายจากสถานะ หรือสแตท (State) หนึ่งไปยังทุกๆสแตทในแบบจำลอง ดังรูปที่ 2.1 เป็นตัวอย่างของแบบจำลองที่มีขนาด  $N = 4$  ซึ่งเขียนในรูปเมตริกซ์  $A$  ได้เป็น

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองเลฟ-ไลโทโปโลจี แบบจำลองนี้อาจเรียกชื่อว่าบัสกีโมเดล (Baskis model) มีลักษณะการย้ายเสตทจากซ้ายไปขวาในแบบจำลอง ดังรูปที่ 2.2 มีคุณสมบัติของสัมประสิทธิ์ในการย้ายเสตทดังนี้

$$a_{ij} = 0, j < i \quad (2.5)$$

จะพบว่าไม่มีการย้ายเสตทไปยังเสตทที่ต่ำกว่าเสตทปัจจุบัน และนอกจากนี้ยังมีความน่าจะเป็นของเสตทเริ่มต้นคือ

$$\pi_1 \begin{cases} 0, i \neq 1 \\ 1, i = 1 \end{cases} \quad (2.6)$$

ลำดับของเสตทต้องเริ่มที่เสตทที่ 1 เสมอ และ เลฟ-ไล โทโปโลจี นี้มักมีกฎบังคับการย้ายเสตทเพื่อไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงดัชนีของเสตทมากนัก โดยใช้

$$a_{ij} = 0, j > i + \Delta i \quad (2.7)$$

ค่าของ  $\Delta i = 2$  หมายความว่า จะไม่มีการย้ายเสตทไปเกิน 2 เสตท และมีเมตริกซ์ในการย้ายเสตทเป็น

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

จะเห็นว่าเสตทสุดท้าย สัมประสิทธิ์การย้ายเสตทจะเป็น

$$a_{NN} = 1 \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปัญหาพื้นฐานของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

ปัญหาพื้นฐานของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลมี 3 ข้อ ซึ่งต้องใช้อัลกอริทึม (Algorithm) และวิธีต่างๆ ในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหาที่มีดังนี้

ปัญหาที่ 1 เมื่อมีลำดับของค่าปรากฏ  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_t\}$  และมีแบบจำลองโมเดลเป็น  $\lambda = (A, B, \pi)$  จะคำนวณหาค่าความน่าจะเป็น  $P(O|\lambda)$  ของลำดับค่าปรากฏนั้นได้อย่างไรเป็นปัญหาเกี่ยวกับระบบการคำนวณ

ปัญหาที่ 2 เมื่อมีลำดับของค่าปรากฏ  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_t\}$  และมีแบบจำลองโมเดลเป็น  $\lambda = (A, B, \pi)$  จะคำนวณหาค่าลำดับของสถานะ  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_t\}$  นี้ที่เหมาะสมได้มากที่สุดได้อย่างไร

ปัญหาที่ 3 การปรับค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ของแบบจำลองโมเดล  $\lambda = (A, B, \pi)$  เราเรียกกระบวนการนี้ว่าการฝึกสอน (training) เพื่อให้ได้ค่าความน่าจะเป็น  $P(O|\lambda)$  สูงสุดได้อย่างไร

### การคำนวณเพื่อแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่ 1 เป็นการคำนวณหาความน่าจะเป็นของลำดับข้อมูล  $O = o_1, o_2, \dots, o_t$  จากโมเดล  $\lambda$  สามารถเขียนแทนค่านี้ด้วย  $P(O|\lambda)$  โดยจะกำหนดให้ลำดับของสถานะคือ

$$Q = q_1, q_2, \dots, q_t \quad (2.10)$$

เมื่อ  $q_1$  เป็นสถานะเริ่มต้นที่เวลา  $t = 1$  ความน่าจะเป็นของลำดับข้อมูล  $O$  โดยมีลำดับสถานะเป็น  $Q = q_1, q_2, \dots, q_t$  คือ

$$P(O|Q, \lambda) = \prod_{t=1}^T P(O_t|q_t, \lambda) \quad (2.11)$$

เมื่อกำหนดลำดับของข้อมูลให้เป็นอิสระต่อกันจะได้

$$P(O|Q, \lambda) = b_{q_1}(O_1) \cdot b_{q_2}(O_2) \cdot b_{q_t}(O_t) \quad (2.12)$$

ค่าความน่าจะเป็นของชุดลำดับสถานะ  $Q$  สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P(Q|\lambda) = \pi_{q_1} \cdot a_{q_1q_2} \cdot a_{q_2q_3} \cdots a_{q_{t-1}q_t} \quad (2.13)$$

ดังนั้นค่า  $P(O|\lambda)$  สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P(O|\lambda) = \sum_{all\ Q} P(O|Q, \lambda)P(Q|\lambda) \quad (2.14)$$

$$P(O|\lambda) = \sum_{q_1, q_2, \dots, q_t} \pi_{q_1} b_{q_1}(O_1) a_{q_1q_2} b_{q_2}(O_2) \cdots a_{q_{t-1}q_t} b_{q_t}(O_t) \quad (2.15)$$

ถ้าหากใช้คอมพิวเตอร์ (Computer) คำนวณค่า  $P(O|\lambda)$  โดยวิธีนี้ จะต้องใช้จำนวนรอบคำสั่งในการคำนวณถึง  $2T \cdot N^T$  ครั้ง ถ้ากำหนดให้โมเดลมีสถานะจำนวน 5 สถานะ ( $N = 5$ ) และมีชุดลำดับข้อมูล 100 ข้อมูล ( $T = 100$ ) ดังนั้นคอมพิวเตอร์จะต้องทำการคำนวณเท่ากับ  $2 \cdot 100 \cdot 5^{100} \approx 10^{72}$  ครั้ง จึงควรจะต้องใช้วิธีอื่นๆเข้ามาช่วยในการลดจำนวนคำสั่งในการคำนวณค่า  $P(O|\lambda)$  เช่น โดยใช้วิธีฟอร์เวิร์ด (Forward Algorithm) ประกอบด้วย 3 ส่วน

- 1) อินิเชียลไลเซชัน (Initialization):

$$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(O_1), \quad 1 \leq i \leq N \quad (2.16)$$

- 2) อินดักชัน (Induction):

$$\alpha_{t+1}(j) = [\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) a_{ij}] b_j(O_{t+1}), \quad 1 \leq t \leq T-1$$

$$1 \leq j \leq N \quad (2.17)$$

- 3) เทอมีเนชัน (Termination):

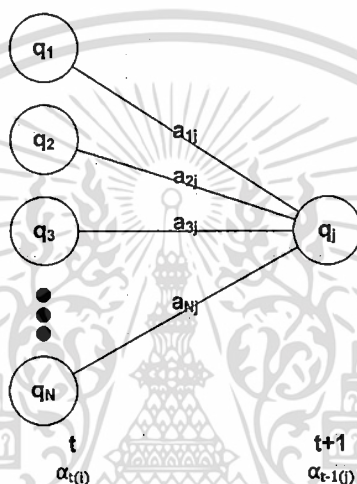
$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_t(i) \quad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนเริ่มแรกอินิเชียลไลเซชัน (Initialization) เป็นส่วนของค่าเริ่มต้นของข้อมูลตัวแรก  $O_1$  ของทุกๆสถานะในโมเดล

ในส่วนที่สองเป็นวิธีการคำนวณหา  $\alpha_t(i)$  ของข้อมูลถัดไปจาก  $O_1$  ทั้งหมดไปจนถึงตัวสุดท้าย เมื่อการคำนวณดำเนินไปจนถึง  $t = T - 1$  ก็เสร็จสิ้นขั้นตอนของฟอร์เวิร์ดอัลกอริทึม

ในส่วนที่สามจะเป็นสมการที่เสร็จสมบูรณ์แล้วของค่า  $P(O|\lambda)$  ซึ่งเท่ากับผลรวมของค่า  $\alpha_t(i)$  ของข้อมูลตัวสุดท้ายของทุกๆสถานะในโมเดล สามารถแสดงลักษณะการคำนวณได้ดังรูปกราฟ



รูปที่ 2.3 ลักษณะการคำนวณ ด้วยฟอร์เวิร์ดอัลกอริทึม

ถ้าเราใช้วิธีการฟอร์เวิร์ดอัลกอริทึมในการคำนวณหาค่า  $P(O|\lambda)$  จำนวนครั้งที่คอมพิวเตอร์ทำการคำนวณจะเป็น  $N^2T$  เท่านั้น ถ้ากำหนดให้โมเดลมีสถานะจำนวน 5 สถานะ ( $N = 5$ ) และมีชุดลำดับข้อมูล 100 ข้อมูล ( $T = 100$ ) ดังนั้น คอมพิวเตอร์จะต้องทำการคำนวณเท่ากับ  $5^2 \cdot 100$  ครั้ง ซึ่งไม่เกิน 3,000 เท่านั้นเอง ซึ่งแตกต่างกับการคำนวณวิธีตรงมาก

ปัญหาที่ 2 เป็นการเลือกเส้นทางของการเปลี่ยนแปลงสถานะที่ให้ค่าความเป็นไปได้มากที่สุด โดยเสนอวิธีไวเทอบีอัลกอริทึม (Viterbi Algorithm) ซึ่งเราจะกำหนดให้ชุดลำดับของการเปลี่ยนแปลงสถานะที่ดีที่สุดเป็น

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_t\}$  และให้ชุดลำดับของข้อมูลเป็น  $O = \{O_1, O_2, \dots, O_t\}$  และเราต้องการหาค่า

$$\delta_t(i) = \max_{q_1, q_2, \dots, q_{t-1}} P[q_1, q_2, \dots, q_t = i, O_1, O_2, \dots, O_t | \lambda] \quad (2.19)$$

ซึ่งค่า  $\delta_t(i)$  เป็นค่าที่ดีที่สุดของหนึ่งเส้นทางในลำดับที่  $t$  และ  $\Psi_t(j)$  คือเส้นทางที่ให้ค่าที่ดีที่สุด

ไวเทอบีอัลกอริทึมประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้

1) อินิเชียลไลเซชัน (Initialization):

$$\begin{aligned} \delta_t(i) &= \pi_i b_i(O_1), & 1 \leq i \leq N \\ \Psi_1(i) &= 0 \end{aligned} \quad (2.20)$$

2) รีเคอร์ชัน (Recursion):

$$\delta_t(j) = \max_{1 \leq i \leq N} \delta_{t-1}(i) a_{ij} b_j(O_t), \quad 2 \leq t \leq T, \quad 1 \leq j \leq N \quad (2.21)$$

$$\Psi_t(j) = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}], \quad 2 \leq t \leq T, \quad 1 \leq j \leq N \quad (2.22)$$

3) เทอมีเนชัน (Termination):

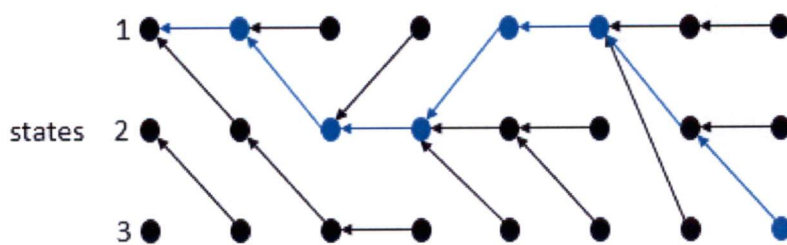
$$P^* = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \quad (2.23)$$

$$q_t^* = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \quad (2.24)$$

4) เส้นทางย้อนกลับของลำดับสถานะ (Path backtracking):

$$q_t^* = \Psi_{t+1}(q_{t+1}^*), \quad t = T-1, T-2, \dots, 1 \quad (2.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลักษณะของกระบวนการย้อนกลับ (Backward Algorithm)

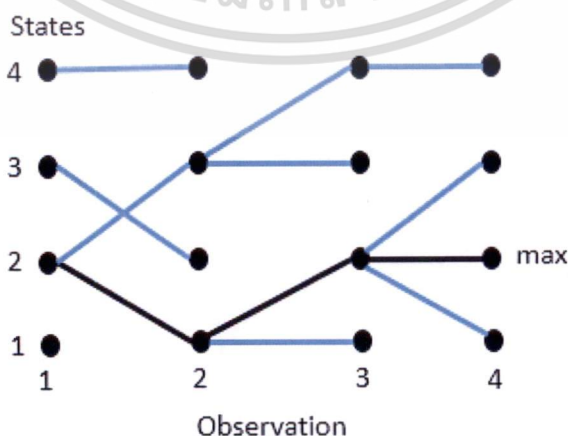
ในส่วนที่หนึ่งอินิเชียลไลเซชันเป็นค่าเริ่มต้นของข้อมูลตัวแรกของทุกๆสถานะในโมเดล ส่วนเส้นทางเดินนั้นยังไม่มีจึงเป็นค่าศูนย์

ในส่วนที่สองรีเคอร์ชันเป็นการคำนวณค่า  $\delta_c(i)$  และ  $\Psi_1(i)$  ในลำดับต่างๆถัดจากข้อมูลตัวแรกไปจนถึงข้อมูลตัวสุดท้าย

ในส่วนที่สามเทมิเนชันเป็นส่วนสุดท้ายของข้อมูล ค่าที่เราจะเลือกเส้นทางของการเปลี่ยนแปลงสถานะจะเป็นค่า  $\delta_c(i)$  ตัวสุดท้ายที่มีค่ามากที่สุด และจะเลือกเส้นทางเริ่มต้นจากสถานะนั้นด้วย

ในส่วนที่สี่เส้นทางย้อนกลับของลำดับสถานะจะเป็นการเลือกเส้นทางเดินทั้งหมดของชุดลำดับข้อมูลซึ่งจะทำการเลือกย้อนกลับ ไปและจะมีเพียงเส้นทางเดียวที่ดีที่สุดที่กำหนดให้เลือก

สมมติให้โมเดลมีสถานะ 4 สถานะ และจำนวนข้อมูลมี 4 ตัว จะเห็นได้ว่าเส้นทางที่มีสีเข้มเป็นเส้นทางที่ให้ค่าความเป็นไปได้มากที่สุด เราจะเลือกเส้นทางนี้เป็นเส้นทางของการเปลี่ยนแปลงสถานะของโมเดลนี้



รูปที่ 2.5 ลักษณะเส้นทางของออบเซเวชัน (Observation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่ 3 เป็นการปรับปรุ่ค่าตัวแปรต่างๆในโมเดล เส้นทางการเปลี่ยนแปลงของสถานะที่เราหาได้จากปัญหาที่ 2 ก็เป็นเพียงเส้นทางที่เราคิดว่ามีความเป็นไปได้สูงสุดเท่านั้นเอง แต่ถ้าเรามีจำนวนข้อมูลที่น่ามาฝึกสอนที่มากพอ เราก็สามารถปรับค่าตัวแปรต่างๆ ในโมเดลให้เข้าสู่ค่าที่ดีที่สุดได้และจะทำให้ค่า  $P(O|\lambda)$  มากที่สุดด้วย

สำหรับวิธีการปรับค่าตัวแปรต่างๆในโมเดลนี้ เรากำหนดให้มีจำนวนชุดข้อมูล  $R$  ชุด  $(O_1, O_2, \dots, O_R)$  มาทำการโปรเซส (Process) ในโมเดลและหาเส้นทางการเปลี่ยนแปลงของสถานะ จากนั้นเราจะทำการปรับค่าตัวแปรต่างๆ คือค่า  $\pi, a_{ij}, b_j(k)$  ดังนี้

$$\bar{\pi} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่อยู่ในสถานะ } S_i \text{ ณ ข้อมูลตัวแรกของแต่ละชุด}}{\text{จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด}} \quad (2.26)$$

$$a_{ij} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก } S_i \text{ ไปยัง } S_j}{\text{จำนวนครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก } S_i \text{ ทั้งหมด}} \quad (2.27)$$

$$\bar{b}_j(k) = \frac{\text{จำนวนครั้งที่อยู่ในสถานะ } j \text{ และข้อมูลเป็น } V_k}{\text{จำนวนครั้งที่อยู่ในสถานะ } j \text{ ทั้งหมด}} \quad (2.28)$$

จากนี้เราก็จะได้โมเดลที่มีค่าตัวแปรเหล่านี้ชุดใหม่ถ้าหากเราทำการฝึกสอนไปเรื่อยๆ โดยใช้โมเดลที่มีการปรับค่าตัวแปรเรียบร้อยแล้ว ค่าตัวแปรเหล่านี้จะถูกปรับปรุงจนเข้าสู่ค่าใดค่าหนึ่งซึ่งค่านั่นเองจะเป็นค่าที่ทำให้โมเดลมีความสมบูรณ์มากที่สุด และทำให้ค่า  $P(O|\lambda)$  มากที่สุดด้วย

### 2.1.2 ทฤษฎีการตรวจจับใบหน้า (Face Detection)

วิธีการตรวจจับใบหน้าด้วยเทคนิคพื้นฐานฮาร์ไลท์พีเจอร์ ได้ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย วิโอลา โจนส์ Paul Viola and Michael J. Jones (2001) จากงานเขียนบทความวิชาการของรัสตี้ สุทธิวีร์ กุลและ วิไลพร แซ่ลี่ SWU Engineering Journal (2011) ซึ่งได้มีการสรุปแนวคิดการตรวจจับใบหน้าของวิโอลา โจนส์ ไว้ว่าเป็นเทคนิคที่มีความเร็วและความถูกต้องในการตรวจจับสูงในปี 2001 โดยเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับที่สามารถนำมาใช้ได้ในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์

และในโครงการนี้ได้มีการนำทฤษฎีและวิธีการพื้นฐานของฮาร์ไลท์พีเจอร์ ดังกล่าวเข้ามาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับใบหน้า เพื่อที่จะได้ใช้ภาพเฉพาะบริเวณส่วนใบหน้าไปทำการปรับให้อยู่ในรูปของออบเซอเวชัน ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้กับกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในลำดับต่อไป โดยผู้เขียนต้องการกล่าวถึงที่มาของแนวคิดการตรวจจับใบหน้านี้

จากงานบทความวิชาการของรูสดี สุทธีวีร์กุลและ วิไลพร แซ่ลี่ ได้กล่าวถึงวิธีการเบื้องต้นของ Paul viola และ Michael J. Jones ซึ่งได้นำเสนอเทคนิคการตรวจจับใบหน้าที่มีความเร็วและถูกต้องในการตรวจจับในปี 2001 (P. Viola and M. Jones. 2001; P. Viola and M. Jones 2004) โดยได้กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นคือใช้การจำลองรูปแบบฮาร์ไลต์เป็นตัวตรวจจับ และทำการปรับขนาดของตัวตรวจจับหรือเรียกว่า ดีเทกเตอร์ (Detector) เพื่อทำการตรวจจับใบหน้าหลาย ๆ รอบ โดยแต่ละรอบใช้ขนาดของตัวตรวจจับที่แตกต่างกัน ซึ่งใช้เวลาในการคำนวณการตรวจจับภาพใบหน้าแต่ละรอบมีค่าคงที่ แม้ขนาดของตัวตรวจจับจะแตกต่างกันไปก็ตาม

สรุป การนำเสนอบทความวิชาการของ รูสดี สุทธีวีร์กุลและวิไลพร แซ่ลี่ การตรวจจับใบหน้าด้วยเทคนิคของฮาร์ไลต์นั้นเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ตรวจจับใบหน้าได้ และได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่ปรับปรุง และพัฒนาวิธีฮาร์ไลต์โดยมุ่งเน้นที่จะลดเวลาในการคำนวณ ไปพร้อมกับขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้อง

จากการวิเคราะห์ผู้พัฒนาพบว่าการตรวจจับใบหน้านั้นจะต้องมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ แสงสว่าง ภาพพื้นหลังและลักษณะท่าทางใบหน้าเช่น หน้าตรง หรือเอียง เป็นต้น ซึ่งแต่ละเทคนิคในการตรวจจับใบหน้าแต่ก็จะมีข้อจำกัด ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นผู้พัฒนา ได้เลือกนำวิธีการตรวจจับใบหน้าที่อาศัยหลักการของฮาร์ไลต์พีทเจอร์เข้ามาช่วยในการสร้างชุดข้อมูลเข้าให้กับกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งฮาร์ไลต์พีทเจอร์นั้นมีความแม่นยำและรวดเร็วในการตรวจจับใบหน้าได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นการทำให้ภาพพื้นหลังของภาพใบหน้าถูกกำจัดออกไปได้ส่วนหนึ่งอีกด้วย

ในระบบที่ผู้เขียน ได้พัฒนาขึ้น ได้นำฮาร์ไลต์พีเจอร์ เข้ามาประยุกต์ใช้ในส่วนของการตรวจจับใบหน้า เพื่อเป็นการกำจัดขอบเขตของใบหน้าและทำการแปลงค่าสีของภาพเป็นขาวดำ ซึ่งภาพใบหน้าที่ได้จากฮาร์ไลต์พีเจอร์ที่จะถูกนำไปใช้นั้นมีลักษณะดังรูปตัวอย่างดังนี้



รูปที่ 2.6 รูปใบหน้าตรงจากการตรวจจับใบหน้าด้วยฮาร์ไลต์พีเจอร์ และแปลงค่าสีเป็นขาวดำ

## 2.2 ผลงานที่เกี่ยวข้องในการใช้โปรแกรมฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล (HMMs) ในด้านการรู้จำใบหน้า (Face Recognition)

โปรแกรมฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเป็นซุรูปแบบทางสถิติที่ใช้อธิบายคุณสมบัติของสัญญาณด้วยการใช้ข้อมูลทางสถิติซึ่งเป็นการสังเกตสัญลักษณ์ต่างๆตามลำดับ โปรแกรมฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลจะมีสถานะชุดข้อมูลที่จำกัด โดยแต่ละชุดจะมีความเกี่ยวข้องกันในลักษณะกระจายความน่าจะเป็นแบบหลายมิติ ทั้งมีการเปลี่ยนสถานะระหว่างสถานะที่มีการควบคุมด้วยความน่าจะเป็นของแต่ละชุดข้อมูล ซึ่ง โปรแกรมฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลนี้เป็นที่รู้จักสำหรับการใช้งานในการรู้จำรูปแบบมิติเดียวเช่น การรู้จำจากเสียง การวิเคราะห์เสียงดนตรี และปัญหาในการจัดลำดับข้อมูลด้านชีวสารสนเทศศาสตร์ (Bioinformatics) และเมื่อไม่นานนี้ก็ได้มีการนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนแบบสองมิติและจึงได้มีการเน้นเพื่อที่จะนำมาใช้ในงานในด้านการรู้จำใบหน้าแบบอัตโนมัติ โดยมีการติดตามประเมินการใช้งานโปรแกรมนี้มาตั้งแต่ต้นปี 1990 จนถึงปัจจุบัน

จุดประสงค์ของผู้เขียนต้องการดึงดูดผู้อ่านให้สนใจและเข้าใจได้อย่างรวดเร็วในความทันสมัยของโปรแกรมฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลที่นำมาใช้กับปัญหาเรื่องการรู้จำใบหน้าและทั้งการเลือกใช้และประยุกต์เทคนิคต่างๆ มาใช้ร่วมกับงาน โดยเริ่มต้นจะอธิบายถึงปัญหาต่างๆและกลไกการทำงานของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

### ภาพรวมประวัติและคำแนะนำเกี่ยวกับฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

โปรแกรมฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล (HMMs) ทำงานภายใต้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายตามชุดข้อมูลที่จัดทำขึ้นในช่วงปี 1960 ถึงต้นปี 1970 (Baum and Pertie. 1966; Baum et.al. 1970; Baum 1972) ซึ่งเทคนิคที่ได้นำมาใช้ในส่วนรูปแบบการจดจำ โดยเฉพาะปัญหาเรื่องการจดจำเสียงพูด Jelinek et.al. (1975) แต่ความเข้าใจในวงกว้างและการนำโปรแกรมมาประยุกต์ใช้นั้นเพิ่มเริ่มมีเมื่อช่วงกลางปี 1980 เท่านั้น แล้วตอนนี้ก็มีคู่มือประกอบจากผู้เขียนอื่นๆ มากมาย (Levison et.al. 1983; Juang 1984; Rabiner and Juang 1986; Rabiner 1989) แต่ข้อมูลที่ครอบคลุมมากที่สุดก็คือของ Rabiner ในปี 1989 ที่มีรายละเอียดเพียงพอสำหรับนักวิจัยที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับ HMMs เพื่อแก้ปัญหาแบบกว้างๆ ของกระบวนการรู้จำคำพูดและการรับรู้อื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่ก็เป็นที่ยอมรับเรื่องการรู้จำเสียงพูดแบบอัตโนมัติของ HMMs ที่สามารถจดจำรับรู้เสียงพูดได้อย่างต่อเนื่อง Jung and Rabiner (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความซับซ้อนทางด้านคณิตศาสตร์ของ HMMs รวมกับความสำเร็จของโปรแกรมที่ใช้ช่วยเรื่องปัญหาจดจำเสียงพูดในประโยคยาวๆ ที่นักวิจัยจะต้องเตรียมศึกษาเพื่อใช้รูปแบบนี้ในด้านอื่นๆ ด้วย เช่น ในการรู้จำตัวอักษร จุดสังเกตคำสำคัญ การอ่านริมฝีปาก รับรู้ท่าทางและการกระทำทางด้านชีวสารสนเทศและด้านพันธุกรรม ซึ่งในหัวข้อถัดไปได้นำเสนอแนวคิดเรื่องตัวแปรที่สำคัญที่สุดของ HMMs ที่พบในการรู้จำใบหน้าแบบอัตโนมัติ โดยเริ่มจากการนำเสนอโครงสร้าง HMM แบบมิติเดียว ที่ประยุกต์สำหรับใช้ในปัญหาเรื่องการรู้จำใบหน้า รวมถึงเกี่ยวกับวิธีการแบบผสม (hybrid) ที่ใช้เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของ HMMs ในการรู้จำใบหน้า และเป็นส่วนของการปรับแต่งโปรแกรม HMM ทางด้านเทคนิคต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการรู้จำใบหน้า

### 2.2.1 การรู้จำใบหน้า ในโครงสร้างโปรแกรมแบบมิติเดียว

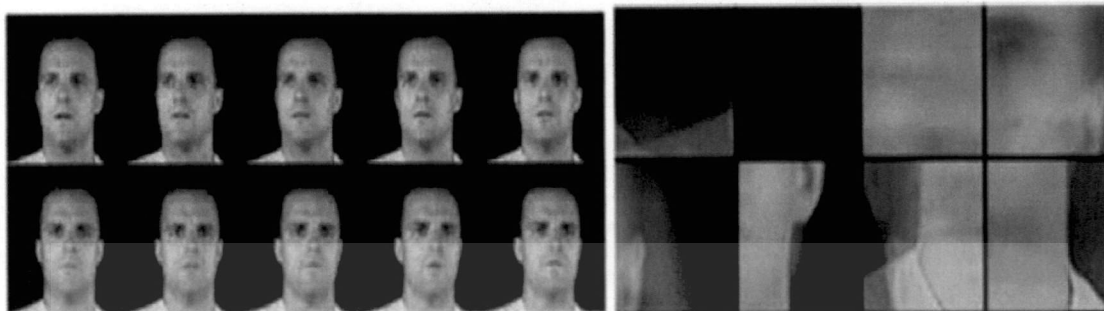
ตามที่ได้กล่าวมาแล้วฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล (HMM) มีการใช้งานอย่างกว้างขวางสำหรับประมวลผลคำพูด ที่มีสัญญาณข้อมูลในแบบหนึ่งมิติ อย่างไรก็ตามเทคนิคของ HMM ก็ยังคงมีความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์แม้จะเป็นแบบหนึ่งมิติก็ตามที่ และหากเมื่อขยายเป็น โครงสร้างแบบสองมิติก็จะมีมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ไปอีก Park and Lee (1998) ซึ่งนำไปสู่การยอมรับในอนาคตหากมีการนำ HMM มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการรูปแบบสองมิติและ โดยเฉพาะในการรู้จำใบหน้า

**จุดเริ่มต้นการวิจัยจากการตรวจสอบด้านอรรถลักษณะ (Ergodic) และจากการจดจำแบบบนลงล่างของ HMM แบบมิติเดียว**

ในปี 1993 มีวิธีการใหม่เพื่อใช้แก้ปัญหาด้านการรู้จำใบหน้าแบบอัตโนมัติของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล (HMM) แบบมิติเดียวที่นำเสนอโดย Samaria and Fallside (1993) ซึ่งในเนื้อหานี้จะมีการแสดงใบหน้าแบบสองมิติและ โมเดล HMM แบบอัตโนมัติเพื่อคัดกรองใบหน้าตามการคำนวณทางสถิติ และสำหรับคุณสมบัตินี้จะเริ่มจากการตรวจสอบใบหน้าแต่ละหน้าในแบบมิติเดียวก่อนโดยมีตัวอย่างภาพใบหน้า และมีการสังเกตองค์ประกอบแต่ละอย่างเป็นส่วนๆ ตามระดับความเข้มของภาพหรือตามระดับความสว่างของเฉลี่ยของภาพหากเป็นลักษณะภาพแบบขาวดำ

ปัญหาการจดจำใบหน้าของ HMMs ในฐานะข้อมูลทดสอบใช้ภาพตัวอย่างทั้งหมด 20 คน โดยแต่ละคนจะมีภาพประกอบในแต่ละมุมอย่างน้อยคนละ 10 ภาพ ภาพที่ได้ถ่ายในแสงลักษณะเดียวกันมีพื้นหลังแบบเดียวกันและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากของการหมุนเอียงศีรษะและรายละเอียดต่างๆ บนใบหน้า โดยภาพชุดแรกใช้ทดสอบทางอรรถลักษณะ ซึ่งภาพที่เก็บเป็นตัวอย่างจะมีขนาด 64x64 พิกเซล และเริ่มต้นมองภาพจากซ้ายไปขวาตามแนวนอน ช่วงบริเวณทับซ้อนของการเปลี่ยนภาพประมาณ 25% หรือประมาณ 16 พิกเซล โดยใช้วิธีการสังเกตแบบสลับเป็นส่วนๆ แบ่งเป็น 8 ส่วนและทำการตรวจสอบซึ่งต้องตรงกันทุกส่วน ไม่ว่าจะเป็น ดวงตา ปาก ลักษณะศีรษะผม พื้นหลัง ไหล่ และรายละเอียดปลีกย่อยของภาพเพิ่มอีกสองส่วน โดยภาพที่ 2.7 นำมาจากการ

ของ Samaria and Fallside (1993) ที่แสดงให้เห็นข้อมูลทดสอบที่ใช้สำหรับการตรวจสอบและใช้เวกเตอร์เฉลี่ยทั้ง 8 ส่วน โดยใช้ในการตรวจตาม โมเดล HMM



รูปที่ 2.7 ข้อมูลทดสอบและรูปแบบการตรวจสอบทางอัตลักษณ์ของ HMM

ส่วนการทดสอบในชุดที่ 2 ทำการตรวจสอบภาพจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่างซึ่งภาพตัวอย่างแต่ภาพจะทำการตรวจสอบทีละส่วนและมีความละเอียดภาพอยู่ที่ 16 พิกเซล และมีการขยายภาพออกตามแนวกว้าง ทั้งสแกนตรวจสอบภาพในลักษณะบนลงล่างทั้งหมด 12 ช่วง ผลที่ได้จากการสังเกตครั้งนี้จะใช้ภาพทดสอบทั้งหมด 5 ภาพตรวจจากซ้ายไปขวาและเลือกเปลี่ยนภาพไปตามลำดับเท่านั้น โปรแกรม HMM จะนำภาพทั้งหมดมาทดสอบและมีการแบ่งภาพเป็น 5 ส่วนเพื่อตรวจสอบดังตัวอย่างในภาพที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างข้อมูลทดสอบและการสแกนตรวจภาพจากบนลงล่างด้วยโปรแกรม HMM

โดยทั้งสองรูปแบบที่นำมาจะใช้ข้อกำหนดทางด้านสถิติของคุณลักษณะ ผลลัพธ์ในบางสถานะที่ได้จะสามารถจำแนกโดยตรงด้วยคุณลักษณะทางกายภาพของใบหน้า ทั้งการสอน และทดสอบจะใช้ชุดเครื่องมือของ เอชทีเค (HTK) ซึ่งผู้เขียนได้รับรู้ถึงผลที่ได้เมื่อภาพที่นำมาทดสอบถูกคัดกรองจากภาพที่นำมาใช้ในการฝึกอบรม การพิสูจน์ถึงวิธีการที่นำเสนอสามารถใช้ได้กับคุณลักษณะของภาพใบหน้าได้หลากหลายรูปแบบแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็ตาม หรือในภาพที่มีแสงน้อยหรือแม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นหลังของภาพ แต่น่าเสียดายนักเขียนเหล่านี้ไม่ได้มีข้อมูลอัตราการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รู้จำชัดเจนมากนักจึงเป็นไปได้ที่จะเปรียบเทียบวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยที่จะทำต่อไปในอนาคต แต่มันก็สามารถสรุปผลที่คาดตามขอบเขตและมีการพัฒนาให้ดีขึ้นในภายหลังโดย Samaria and Harter (1994)

### การปรับแต่ง HMM เพื่อการตรวจสอบแบบบนลงล่างในลักษณะมิติเดียว

ในรายงานฉบับล่าสุดของ Samaria and Harter (1994) ได้กล่าวถึงการเริ่มทำการใช้โปรแกรม HMM ตรวจสอบใบหน้าแบบบนลงล่าง นี่ถือเป็นการทดลองแบบใหม่ que แสดงให้เห็นถึงอัตราการจดจำใบหน้าที่ใช้วิธีตรวจสอบแบบบนลงล่างที่ยังมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน และยังชี้ให้เห็นถึงการเลือกใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละระดับการตรวจสอบของโปรแกรม HMM จุดนี้ยังต้องมีการปรับค่าตัวแปรของรูปแบบที่ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะเด่นของภาพใบหน้าที่การจดจำที่เลือก

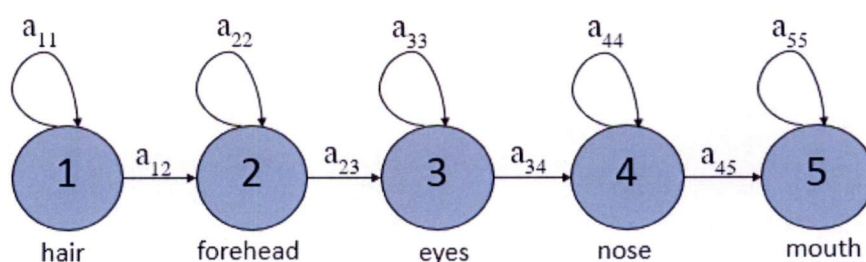
ส่วนวิธีการแบบมิติเดียวจากบนลงล่างนั้นจะมีปัจจัยหลัก 3 ข้อที่กระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมนั้นคือเรื่องความสูงของแถบตรวจจับตามแนวนอนที่ใช้คัดกรองสัดส่วนของภาพแต่ละส่วน แทนค่าด้วย  $L$  (หน่วยเป็น pixels) ช่วงบริเวณทับซ้อนในการเปลี่ยนภาพ แทนค่าด้วย  $M$  (หน่วยเป็น พิกเซล) และจำนวนของสถานะที่แทนด้วย  $N$  ของโปรแกรม HMM ซึ่งความสูงของแถบที่ใช้ตรวจจับ ( $L$ ) กำหนดจากขนาดและความกว้างของภาพ (observation sequence) ที่ทำการตรวจจับ ซึ่งส่งผลต่อจำนวนสถานะของภาพ ส่วนเรื่องระยะบริเวณทับซ้อนในการเปลี่ยนภาพ ( $M$ ) กำหนดจากการจัดตำแหน่งและความยาวของภาพ ที่ตรวจจับ โมเดลใดที่ไม่มีบริเวณการทับซ้อนของการเปลี่ยนภาพ ซึ่งขอบของภาพใบหน้าที่แสดงจะไม่ละเอียดทำให้เสี่ยงต่อการตรวจจับที่ผิดพลาดในเรื่องการตัดต่อภาพ ส่วนการตรวจจับเรื่องสถานะของภาพ ( $N$ ) กำหนดจากจำนวนของบริเวณที่ใช้อธิบายลักษณะใบหน้า และการคำนวณที่ซับซ้อนของภาพอีกด้วย การทดลองนี้ทดสอบโดยใช้ฐานข้อมูลของ Olivette Research Lab (ORL) ที่มีฐานข้อมูลรูปใบหน้าที่มีการปรับการเคลื่อนไหวและการเอียงของศีรษะ ซึ่งฐานข้อมูลที่ใช้ จะถูกแบ่งเป็น 40 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยภาพ 10 ภาพ โดยการทดลองฝึกอบรมจะใช้ภาพคนละ 5 ภาพและอีกคนละ 5 ภาพสำหรับการทดสอบ ผลที่ได้จากรายงานแสดงถึงอัตราข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยคำนวณตามสัดส่วนของภาพที่มีการจัดกลุ่มไว้อย่างไม่ถูกต้อง การทดสอบทั้ง 3 ชุดสำเร็จเรียบร้อยได้ผลออกมาดังต่อไปนี้  $2 \leq N \leq 10$ ,  $1 \leq L \leq 10$  และ  $0 \leq M \leq L-1$  สำหรับค่า  $M$  นั้นจะผันแปรตลอด ส่วนจำนวนของสถานะจะคงที่  $N = 5$  และความสูงของภาพ คือ  $L$  จะเปลี่ยนแปลงระหว่าง 2-10 ซึ่งผลจากการทดสอบมีอัตราข้อผิดพลาดลดลงแต่กลับมีช่วงบริเวณภาพที่ทับซ้อนกันเพิ่มขึ้น ประมาณจาก 28% เป็น 15% แต่อย่างไรก็ตามบริเวณทับซ้อนของภาพที่เกิดขึ้นเป็นเพราะระบบมีการคำนวณที่ละเอียดขึ้น และเมื่อ  $L$  มีค่าที่ผันแปร ค่า  $N$  ที่กำหนดไว้ที่ 5 ทำให้ค่าของบริเวณทับซ้อนที่ได้เป็น 0, 1 และ  $L-1$  ซึ่งในกรณีนี้หากมีการทับซ้อนน้อยมากหรือไม่มีเลย ก็จะทำให้เห็นว่าแถบความสูงสำหรับการตรวจจับแต่ละส่วนจะมีขนาดเล็กกลงทั้งยังมีอัตราความผิดพลาดลดลงด้วยโดยจะมีค่าประมาณ 13% โดย  $L=1$  และหาก

สูงถึง 28% ค่า  $L=10$  แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีช่วงบริเวณทับซ้อนที่เหมาะสมความสูงของแถบที่ใช้ตรวจแต่ละแถบก็จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการตรวจเพียงเล็กน้อย อัตราข้อผิดพลาดก็จะลดเหลือเพียง 14% และในการตรวจสอบชุดที่ 3 ของการทดสอบนั้น ค่า  $N$  มีความผันแปรและกำหนดให้  $L=1$  ค่าการทับซ้อนเท่ากับ 0 และ  $L=8$  และค่าสูงสุดของค่าทับซ้อนคือ  $M=L-1$  ผลที่ได้มีประสิทธิภาพการทำงานที่สม่ำเสมอโดยที่ค่า  $N$  จะอยู่ระหว่าง 4-10 แต่จะมีข้อผิดพลาดเพิ่มขึ้นมากกว่า 3

ดังนั้นข้อสรุปของรายงานนี้มีดังนี้ (1) เกิดช่วงบริเวณทับซ้อนมากในช่วงตัวอย่าง (มีการคัดกรองสกัดลำดับของการสังเกต) ผลที่ได้คือมีอัตราการรู้จำที่ดีขึ้น อีกทั้งอัตราข้อผิดพลาดผันแปรเพิ่มเป็น 30% เมื่อเกิดช่วงบริเวณทับซ้อนต่ำสุดและเพิ่มจนถึง 15% เมื่อเกิดบริเวณทับซ้อนมากที่สุด (2) สำหรับช่วงบริเวณทับซ้อนที่มาก ความสูงของแถบตรวจจับในตัวอย่างสามารถทำงานได้จำกัด อัตราการผิดพลาดจะเปลี่ยนแปลงน้อยอยู่ที่ 15% สำหรับค่ามากที่สุดของบริเวณทับซ้อน ซึ่งในจุดนี้ค่า  $L$  ไม่มีผลกับการทดสอบ (3) ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการทดสอบคือมีการใช้โปรแกรม HMM ตรวจจับตั้งแต่ 4 รอบขึ้นไป อัตราข้อผิดพลาดจะลดลงจาก 25% เมื่อใช้ตรวจในรอบที่ 1-2 และเหลือเพียง 15% เมื่อตรวจในรอบที่ 4 จึงสังเกตได้ว่าในรูปแบบแรกๆ ที่ใช้นั้นเป็นแบบไม่ซับซ้อนและมีข้อจำกัดสำหรับภาพใบหน้าแบบหน้าตรงและหากภาพมีการปรับแต่งพื้นหลังด้วยก็จะมีเรื่องข้อจำกัดเรื่องแสงสะท้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง

### โปรแกรม HMM แบบมิติเดียว(1D) กับคุณลักษณะแบบ 2D-DCT สำหรับการรับรู้ใบหน้า

ในงานของ Nefian and Hayes (1998) และในงานของ Samaria ที่เกี่ยวกับโปรแกรม HMM แบบมิติเดียว (1D) มีการปรับมาใช้คุณลักษณะแบบ 2D-DCT ด้วยการเพิ่มความละเอียดของเม็ดสี (pixels) ภาพใบหน้าที่ใช้จะแบ่งเป็น 5 ส่วน ดังนี้ ส่วนผม ส่วนหน้าผาก ส่วนตา ส่วนหู และส่วนปาก ซึ่งบริเวณแต่ละส่วนที่แสดงออกมาจะเรียงตามธรรมชาติ และในแต่ละบริเวณจะกำหนดให้เป็นสถานะต่างๆ ในการตรวจจับด้วยวิธีจากบนลงล่างตามเงื่อนไข HMM ในแบบมิติเดียว โครงสร้างสถานะของรูปแบบใบหน้าและค่าของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะต้องไม่เป็นศูนย์



รูปที่ 2.9 ลำดับการรับรู้ใบหน้าของโปรแกรม HMM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สิทธิ์ของ Karhunen-Loeve Transform (KLT) ซึ่งมีคุณสมบัติการบีบอัดเหมือนกับการแยกคุณสมบัติที่ไม่เหมือนกัน (decorrelation) ที่ทำให้กลายเป็นเทคนิคที่น่าสนใจสำหรับการคัดกรองเวกเตอร์ของสิ่งที่สังเกตได้ โดยขอบเขตการคัดกรองจากภาพนั้นจะสำเร็จได้ด้วยวิธีการเดียวกับที่ทำในงานวิจัยก่อนหน้านี้ และด้วยวิธีแบบไอเก้นเวกเตอร์ (eigenvectors) ที่สอดคล้องกับวิธีไอเก้นแวลู (eigenvalues) ที่มากที่สุดของเมทริกซ์ความแปรปรวนของเวกเตอร์การคัดกรองจากการแปลงตามชุดของ KLT ซึ่งหาก  $\mu$  คือค่าเฉลี่ยเวกเตอร์ที่ใช้คำนวณเมทริกซ์ความแปรปรวน โดยชุดของเวกเตอร์ที่ใช้จะหักจากค่าเฉลี่ยของทุกเวกเตอร์ที่สอดคล้องในแต่ละขอบเขตการตรวจของภาพ ผลของชุดข้อมูลเวกเตอร์ที่ได้จะไปตามแบบ eigenvectors ของเมทริกซ์ความแปรปรวนและผลของค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากเวกเตอร์จากการสังเกต

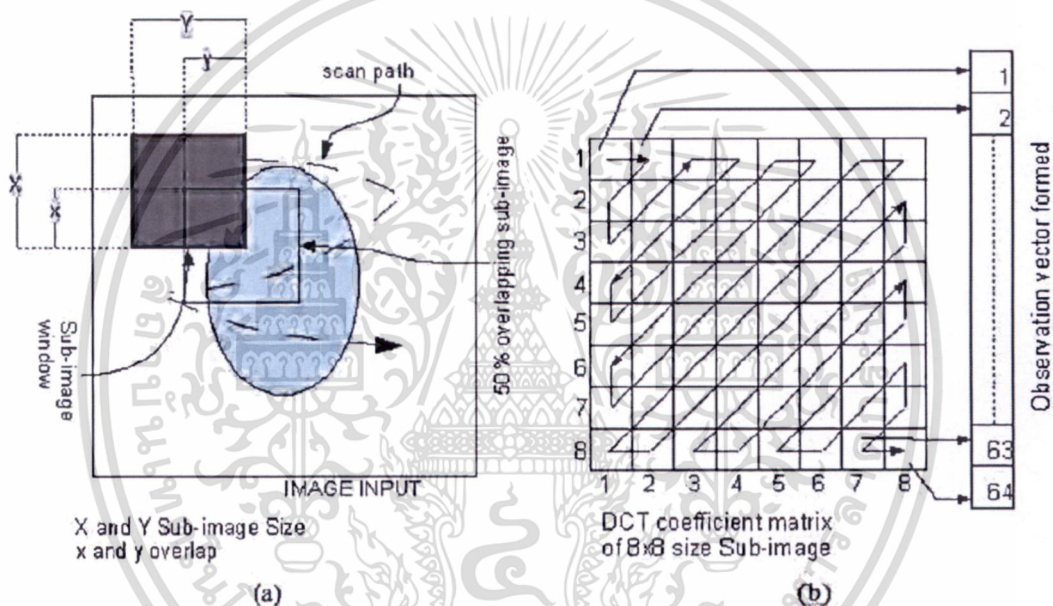
ในหัวข้อนี้ผู้เขียนได้ใช้ระบบดังกล่าวกับการตรวจจับและจดจำใบหน้า ซึ่งในการตรวจจับนั้นจะมีการฝึกรวมกับชุดข้อมูลที่มีการปรับเปลี่ยนแสงของหน้าผากของแต่ละคนต่างกันออกไป จากนั้นก็จะเริ่มทำการทดสอบโดยการสแกนภาพทั้งแนวตั้งและแนวนอนไปเรื่อยๆ ทั้งภาพ มีการคัดกรองตามแบบเวกเตอร์การสังเกตและคำนวณความน่าจะเป็นของข้อมูลในแต่ละส่วนของภาพที่ได้จากรูปแบบใบหน้าโดยใช้อัลกอริทึมแบบไวเทอปี ในทุกๆภาพ ที่แสดงใบหน้าที่มีความน่าจะเป็นของใบหน้าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะได้รับเลือกให้เป็นใบหน้าที่เป็นไปได้ ซึ่งระบบการตรวจจับใบหน้าจะทำการทดสอบกับฐานข้อมูลของ MIT ที่มีทั้งหมด 48 ภาพ โดยเป็นใบหน้าของคนทั้งหมด 16 คน ที่มีฉากหลังและความเข้มที่ต่างกันออกไป และมีลักษณะมุมของศีรษะต่างกัน ด้วยการจัดแบ่งกลุ่มของใบหน้าจะทำทีละ 9 ภาพแบบกำหนดเอง สำหรับการฝึกรวม และภาพที่เหลือจะใช้สำหรับทดสอบซึ่งอัตราการตรวจจับที่ได้อยู่ที่ 90%

ในส่วนของการจดจำใบหน้า นั้น ระบบนี้จะใช้กับฐานข้อมูลของ ORL ที่เป็นภาพหน้าคน 40 คนทั้งหมด 400 ภาพและมีความละเอียดอยู่ที่ 92x122 พิกเซล ซึ่งถือว่าเล็กมากสำหรับการแสดงส่วนต่างๆ ของลักษณะใบหน้า จมูก ทรงผม และสีตา ในระบบนี้จะใช้ข้อมูลครึ่งหนึ่งของฐานข้อมูลเพื่อการฝึกรวม และอีกครั้งเพื่อการทดสอบ ซึ่งความถูกต้องที่ได้จากระบบพบว่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากเริ่มทำงานไปได้ 86% อีกทั้งระยะเวลาในการรู้จำก็ลดลงเมื่อใช้คุณลักษณะแบบ KLT

#### ความละเอียดของวิธี HMM แบบมิติเดียวกับคุณลักษณะแบบ 2D-DCT

จากงานของ Samaria และ Nefian (1999) และ Kohir และ Desai (Kohir. V.V. and Desai. U.B. 1998; Kohir. V.V. and Desai. U.B. 1999; Kohir. V.V. and Desai. U.B. 2000) ได้เขียนชุดข้อมูลเป็น 3 ชุดรายงานที่ใช้วิธี HMM แบบมิติเดียว สำหรับปัญหาเรื่องการจดจำใบหน้า ซึ่งในรายงานแรกของ Kohir และ Desai. (1998) ได้นำเสนอระบบการจดจำใบหน้าที่ขึ้นอยู่กับค่าสัมประ

สิทธิ์ของวิธีการ HMM แบบมิติเดียวควบคู่ไปกับแบบ 2D-DCT ที่มีวิธีการแตกต่างกันในด้านการคัดกรองคุณสมบัติมากกว่าที่จะทำโดย Nefian และ Hayes Nefian. A.V. and Hayes III. M.H. (1998) ในเดือนพฤษภาคม 1998 และ ตุลาคม 1998 การคัดกรองคุณสมบัติจะเกิดขณะเปลี่ยนภาพบนจอแบบรูปแบบการสแกนจอภาพที่ใช้ในการส่งออกอากาศสัญญาณโทรทัศน์ลาสเตอร์สแกน (raster scan) กับภาพเดิมที่แสดงอยู่จากด้านซ้ายไปทางด้านขวาของจอและมีช่วงทับซ้อนกัน และในทุกๆ ตำแหน่งบนจอภาพก็จะแสดงภาพใหม่ซ้อนทับภาพเดิมในแบบ 2D-DCT แล้วนำมาคำนวณ และมีเพียงค่าสัมประสิทธิ์ของ DCT บางค่าที่ถูกเก็บด้วยวิธีการสแกนภาพย่อยในลักษณะสแกนเคลื่อนที่เป็นรูปฟันปลา ซิกแซก (zigzag) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้มาจากเวกเตอร์สังเกตขั้นตอนการเปลี่ยนภาพและวิธีการสแกนแบบซิกแซกสามารถแสดงได้ตามภาพที่ 5 Kohir and Desai (1998)



รูปที่ 2.11 ภาพ (a) วิธีการสแกนแบบ Raster scan ของภาพใบหน้าในหน้าจอแสดงภาพ และ (b) โครงสร้างของเวกเตอร์การสังเกตแบบ 1D จากการสแกนแบบซิกแซกของหน้าจอแสดงภาพ Kohir and Desai (1998)

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเป็นการทดสอบโดยใช้ฐานข้อมูลของ ORL ภาพครึ่งหนึ่งใช้สำหรับการฝึกและอีกครึ่งใช้สำหรับการทดสอบ คือแบ่งเป็นชุดละ 5 ใบหน้า ภาพที่นำมาใช้มีขนาด 8x8 และ 16x16 โดยมีระยะบริเวณทับซ้อนอยู่ที่ 50% และ 75% และมีค่าสัมประสิทธิ์คัดกรอง DCT อยู่ที่ 15 และ 21 จำนวนของสถานะในวิธี HMM กำหนดเท่ากับ 5 เหมือนกับงานวิจัยชุดก่อนหน้า Nefian and Hayes (1998) โดยมีอัตราการเรียนรู้จำแปรผันจาก 74.5% สำหรับภาพขนาด 16x16 และมีค่าทับซ้อนอยู่ที่ 50% และค่าสัมประสิทธิ์ DCT เท่ากับ 21 และสำหรับอัตรา 99.5% ของภาพขนาด 16x16 มีค่าทับซ้อนอยู่ที่ 75% ค่าสัมประสิทธิ์ DCT เท่ากับ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรายงานฉบับที่สอง Kohir and Desai (1999) ผู้เขียนทั้งหมดมีการปรับปรุงงานวิจัย เพื่อประเมินผลประสิทธิภาพการจดจำของระบบด้วยการนำเสนอการทดลองใหม่ๆ 2 ครั้งดังนี้

- การนำเสนอการทดลองครั้งแรก เป็นการทดสอบที่มีจำนวนการฝึกอบรมที่แตกต่างกัน และการทดสอบใบหน้าในแต่ละวัตถุประสงค์ ซึ่งการทดสอบเป็นการใช้ฐานข้อมูลของ ORL และจำนวนใบหน้าที่ใช้ฝึกอบรมเพิ่มจาก 1 หน้าเป็น 6 หน้า ขณะที่ภาพใบหน้าที่เหลือก็นำมาใช้ในส่วนขั้นตอนการทดสอบ ตัวอย่างภาพที่แสดงมีขนาด 16x16 และค่าทับซ้อนอยู่ที่ 75% พร้อมมีค่าสัมประสิทธิ์ DCT เท่ากับ 10 ซึ่งค่าทั้งหมดจะได้อัตราการจดจำที่ดีกว่างานวิจัยก่อนหน้า มีอัตราการจดจำที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 78.33% สำหรับภาพที่ใช้ในการฝึกอบรมเพียง 1 ภาพ และเมื่อใช้ 9 ภาพจะสูงถึง 99.5% เฉยทีเดียว ซึ่งอัตรานี้จะได้มาเมื่อทดลองไปได้ 5-6 ภาพ และเมื่อทดสอบได้ 4-5 ภาพเท่านั้น จึงเป็นที่น่าสังเกตว่าฐานข้อมูลของ ORL จะมีเพียงภาพใบหน้าด้านตรงที่มีสภาพแสงสม่ำเสมอและมีอัตราการจดจำเกือบ 100% ซึ่งถือได้ว่าการตรวจสอบสำหรับข้อมูลชุดนี้ได้ผลสำเร็จ 100%
- ในการทดลองที่สอง ระบบที่ใช้ทดสอบในขณะที่มีการเพิ่มจำนวนสถานะในวิธี HMM และเป็นการใช้ฐานข้อมูลของ ORL แบ่งเป็น 5 ภาพสำหรับทดลองและอีก 5 ภาพสำหรับทดสอบ โดยอัตราการจดจำแปรผันดังนี้ วิธี 2-states HMM อยู่ที่ 92% และเพิ่มเป็น 99.5% สำหรับวิธี 5-states HMM และมีความเสถียรประมาณ 97-98% เมื่อกำหนดถึง 17 states ระบบทั้งหมดจะทดสอบด้วยฐานข้อมูลของสเปน (SPANN) ฐานข้อมูลสเปนอ้างอิงจากเว็บไซต์ [http://www.khayal.ec.iitb.ernet.in/usr/SPANN\\_DATA\\_BASE/2D\\_Signals/Face/faces](http://www.khayal.ec.iitb.ernet.in/usr/SPANN_DATA_BASE/2D_Signals/Face/faces) ที่มีภาพใบหน้าของคน 249 คน แต่ละคนจะมีลักษณะท่าทางในภาพต่างกัน 7 ภาพ จะแบ่งภาพ 3 ภาพเพื่อการทดลอง และอีก 4 ภาพที่เหลือเพื่อการทดสอบ ผลที่ได้ของอัตราการจดจำอยู่ที่ 98.75%
- ในงานฉบับที่สามของ Kohir and Desai (2000) ได้อธิบายไว้เหมือนที่ทำด้วยวิธี HMM แบบมิติเดียวตามคุณสมบัติ DCT ที่มีการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนของการฝึกทดสอบ ส่วนในเนื้อหาข้อนี้ภาพแรกที่ได้จะเป็นการตีความภาพที่ได้จากภาพทั้งหมดที่นำมาฝึกทดสอบ และภาพที่ใช้ไปแล้วแต่ละภาพนั้นจะถูกลบจากภาพทั้งหมดที่มี โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยของภาพทั้งสอง ส่วนเวกเตอร์การสังเกตที่ได้ก็จะคัดกรองจากค่าเฉลี่ยของภาพที่ถูกลบซึ่งจะใช้วิธีการเลื่อนไปที่ละภาพ โดยลำดับของเวกเตอร์การสังเกตจะเป็นไปตามเทคนิคของเคมีน (K-means) ในการคลัสเตอร์ และมีการจัดแบ่งส่วนตามสถานะที่ได้รับ จากนั้นก็จะเป็นขั้นของการฝึกทดสอบ และขั้นของการจดจำ ซึ่งภาพที่ใช้ทดสอบแต่ละภาพนั้นจะถูกคัดออกจากภาพเฉลี่ยที่ได้มาจากขั้นตอนฝึกทดสอบและผลของการจดจำก็จะแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของภาพที่ถูกคัดออก

ฐานข้อมูลของ ORL และ SPANN ทั้ง 2 ชุดนี้นำมาทดลองการจดจำใบหน้าด้วยวิธีการเดียวกัน แต่ของ ORL จะใช้เพียง 5 ภาพเพื่อฝึกทดลอง และอีก 5 ภาพเป็นการทดสอบ ผลของอัตราการจดจำอยู่ที่ 100% หากเทียบกับที่ใช้วิธี ไอเก้นเฟส (eigenfaces) จะได้เพียง 88% ส่วนฐานข้อมูล SPANN จะใช้ 3 ภาพสำหรับการฝึกทดลอง และอีก 4 ภาพเพื่อทดสอบ ผลที่ได้อยู่ที่ 90% ส่วนวิธี ไอเก้นเฟส อยู่ที่ 77% ซึ่งภาพของฐานข้อมูล ORL มีความละเอียดแตกต่างกันในการทดสอบอัตราการจดจำเลยสูงที่สุด สำหรับภาพที่ขนาด 92x 112

### การปรับแต่งวิธี HMM แบบมิตติเดียวด้วยการจัดลำดับเพื่อคัดกรอง

ตามการพิสูจน์ของ Samaria and Harter (1994) ที่พบว่าหนึ่งในสถานะที่ใช้วิธี HMM แบบมิตติเดียว นั้นส่งผลต่ออัตราการจดจำอย่างมาก อีกทั้งปัญหาของการเลือกโครงสร้างที่ดีสำหรับที่จะใช้วิธี HMM เพื่อการพิจารณาในงานของ Bicego et.al. (2003a) โดยในส่วนแรกของรายงานจะนำเสนอวิธีการปรับปรุงข้อกำหนดจำนวนสถานะที่ได้เลือกใช้สำหรับวิธี HMM ผู้เขียนทั้งหมดจึงได้ดำเนินการต่อเพื่อพิสูจน์ความเท่าเทียมของทุกวิธีที่ใช้ ดังนี้ (1) วิธี HMM แบบมิตติเดียว ที่มีเวกเตอร์การสังเกตเป็นรูปแบบที่ทำแบบมัลติเกาสเซียน (multiple Gaussians) ต่อสถานะและ (2) วิธี HMM แบบมิตติเดียวที่ทำแบบ Gaussian ระดับเดียวต่อสถานะ แต่จะนำไปใช้กับสถานะทั้งหลายที่นำมาทดสอบ และตามที่คุณเขียนได้เขียนถึงวิธีการที่เป็นไปได้สำหรับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นครั้งแรก เช่น การตรวจสอบข้ามกฎเกณฑ์ แบบ Bayesian interface criterion (BIC) หรือแบบ minimum description length (MDL) ซึ่งทั้งหมดนี้ก็จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการฝึกทดลองกับความต่างทางโครงสร้างและเมื่อเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพตามกฎเกณฑ์ที่เลือก แต่วิธีการเหล่านี้ก็มีผลต่อการพิจารณาการคำนวณเพิ่มเติมจากการตอบสนองพฤติกรรมแบบ local-greedy ของอัลกอริทึมการฝึกอบรมวิธี HMM เช่น ความสำเร็จในการฝึกทดลองของรูปแบบที่มีผลต่อการประมาณการของการเลือกเริ่มต้น

ส่วนวิธีการนำเสนอของ Bicego et.al. (2003) ที่ต้องคำนวณรูปแบบที่ได้เลือกและในการเริ่มขั้นตอนการทำงาน แนวคิดที่สำคัญจะใช้เพื่อลดกลยุทธ์การสอนและเพื่อเริ่มการฝึกทดลองแต่ละส่วนตั้งแต่สถานะการที่แสดงออกมา “เกือบจะดี (nearly good)” ที่เป็นผลมาจากการฝึกทดลองก่อนหน้าซึ่งอาจจะต้องมีการปรับแต่ง “บางสิ่งที่น่าจะเป็น (least probable)” โดยเฉพาะสิ่งที่คุณเขียนอยากจะเสนอตั้งแต่เริ่มทำรูปแบบการฝึกทดลองกับสถานะต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้เป็นจำนวนมาก ซึ่งพวกเขาจะใช้วิธีประเมินค่าและการประเมินเกณฑ์เพื่อเลือกจัดกลุ่มรูปแบบ สำหรับสถานะ “least probable” ที่มีการคัดกรองส่วนที่ไม่ได้ใช้ออก และผลของการกำหนดค่ารูปแบบที่มีอย่างน้อยหนึ่งสถานะที่ใช้เป็นจุดเริ่มต้นของลำดับที่จะทำถัดไปของการทำซ้ำ ซึ่งในวิธีการนี้ในทุกๆ ส่วนของการฝึกทดลองจะเริ่มจากการประเมินแบบ “nearly good” แต่ก็มีจุดสังเกตที่ช่วยสนับสนุนวิธีการที่ใช้เมื่อมีจำนวนของสถานะที่ใช้เพิ่มมากขึ้น จึงต้องพึ่งพากับรูปแบบพฤติกรรมที่ต้องประเมินค่าเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อาจจะมีค่าน้อยมาก นอกจากนี้ยังมีผลประโยชน์อื่นๆเพื่อใช้กับแบบ “nearly good” ที่ช่วยลดจำนวนของการทำซ้ำที่ต้องทำตามขั้นตอนการสอนของแต่ละขั้นตอนของกระบวนการนี้ ดังนั้นจำนวนสถานะของรูปแบบสามารถลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับค่าระยะการคำนวณที่ต่ำและเพื่อเป็นการประเมินประสิทธิภาพ ผู้เขียนจึงได้ทำการทดสอบวิธีการคัดออกและวิธีการมาตรฐานที่มีในการฝึกทดลองแบบ HMM ที่มีจำนวนสถานะผันแปร พร้อมทั้งมีกฎเกณฑ์แบบ BIC และ MMDL (mixture minimum description length) ตามกฎเกณฑ์ของ Figueiredo et.al. (1999) โดยมีการเปรียบเทียบกลยุทธ์ทั้ง 2 วิธีตามเงื่อนไขดังนี้ (1) ความถูกต้องของการประเมินขนาด (2) ระยะเวลาในการคำนวณทั้งหมดที่เกี่ยวกับขั้นตอนการฝึกทดลอง และ (3) ความถูกต้องของการจัดหมวดหมู่ ซึ่งการพิจารณาในวิธีการแบบ HMMs ที่ได้นำเสนอในรายงานนี้นั้นมีการพิจารณาถึงความน่าจะเป็นที่เด่นชัดของแต่ละสถานะที่ประเมินตามกฎของ Gaussian และสำหรับความถูกต้องของรูปแบบการประเมินขนาดนั้นซึ่งประกอบด้วยชุดทดสอบของวิธี HMMs ทั้ง 3 แบบที่ใช้ โดยผู้เขียนก็ได้กำหนดจำนวนสถานะที่ใช้จาก 2 เป็น 10 และมีช่วงของความถูกต้องที่เลือกไว้อยู่ที่ 54–100 % สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของ BIC และ MMDL และกำหนดการคัดออกอยู่ที่ 98–100 % สำหรับ BIC และ MMDL อีกทั้งการทำซ้ำอย่างน้อย 50% เท่าที่จำเป็น

ความถูกต้องของการจัดกลุ่มเพื่อทดสอบทั้งที่เป็นข้อมูลส่วนประกอบและที่ใช้งานจริงสำหรับข้อมูลที่ประกอบนั้นชุดทดสอบจะใช้ข้อมูลเก่ามาประเมินความถูกต้องของรูปแบบการประเมินขนาดที่ใช้งาน ซึ่งมีค่าความถูกต้องสำหรับเกณฑ์มาตรฐานของ BIC และ MMDL อยู่ที่ 92–100% โดยเทียบกับความถูกต้องที่คัดออกของทั้งสองเกณฑ์จะอยู่ที่ 98–100% และจะมีการทำซ้ำการคัดออกอย่างน้อย 35% สำหรับความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้จริงนั้นมีการทดลอง 2 แบบ แบบแรกเกี่ยวกับปัญหาการจดจำภาพในแบบ 2 มิติ และชุดข้อมูลที่ใช้จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มแต่ละกลุ่มก็จะมีรูปทรงที่ต่างกัน 12 แบบ ผลที่ได้ตามมาตรฐานของ BIC อยู่ที่ 92.5% และของ MMDL อยู่ที่ 94.37% และการคัดออกของทั้ง BIC และ MMDL จะอยู่ที่ 95.21% ส่วนการทดลองในแบบที่ 2 นั้นจะใช้ฐานข้อมูลของ ORL และทำตามวิธีการของ Kohir and Desai (1998) ซึ่งผลที่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของ BIC และ MMDL จะอยู่ที่ 97.5% และค่าการคัดออกของทั้งสองเกณฑ์จะอยู่ที่ 97.63% ซึ่งการจัดกลุ่มความถูกต้องก็จะมีผลคล้ายกัน แต่วิธีการคัดออกทำให้ข้อมูลลดลงจึงช่วยขั้นตอนการทำซ้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

#### คุณสมบัติของวิธี HMM แบบมิติเดียวกับแบบ 2D-DCT และ การคำนวณแบบ Haar wavelets

ในรายงานของ Bicego et.al. (2003) มีการเปรียบเทียบระหว่างการเข้ารหัสของ DCT และการเข้ารหัสแบบเวฟเลท (wavelet) ซึ่งจุดมุ่งหมายของการประเมินประสิทธิภาพของ HMMs ในการสร้างรูปแบบจำลองใบหน้าที่ใช้รูปแบบต่างกัน 2 แบบของคุณสมบัติของภาพ การบีบอัดข้อมูลภาพที่เกี่ยวข้องในแต่ละภาพนั้นจะใช้เทคนิคพื้นฐานที่ต่างกัน นอกจากนี้ผู้เขียนใช้วิธีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาตามความเหมาะสมของวิธีการ HMM ที่จะใช้กับภาพแบบ JPEG 2000 ภาพ มาบีบอัดแบบมาตรฐาน ทั้งหมดเลยใช้วิธี HMM แบบมิติเดียวที่แนะนำโดย Kohir and Desai (1998) ซึ่งจำนวนที่เหมาะสมของสถานะสำหรับรูปแบบที่เลือกใช้กลยุทธ์ลำดับการคัดเลือกในงานของ Bicego et.al. (2003) และตามที่ได้อธิบายไว้ในวิธีการก่อนหน้านี้ ส่วนวิธีการคัดแยกคุณสมบัติก็ใช้วิธีตามแบบของ Kohir and Desai (1998) และมีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แบบ 2D-DCT และ Haar wavelet การทดลองทั้งหมดนี้ใช้ฐานข้อมูลของ ORL ที่มีหัวข้อภาพทั้งหมด 40 ชุด และแต่ละชุดมี 10 ภาพ โดยจะใช้ 5 ภาพสำหรับการฝึกทดสอบในแบบ HMM ส่วนอีก 5 ภาพจะใช้ในการทดสอบ โดยจำนวนสถานะนั้นจะมีการประเมินโดยใช้กลยุทธ์การคัดออก ส่วนการคัดกรองคุณสมบัตินั้นจะแสดงภาพขนาด 16x16 พิกเซล ที่มีค่าทับซ้อนอยู่ที่ 50% และ 75% และในทุกกรณีจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของแบบ DCT หรือ Haar อยู่ที่ 4, 8 และ 12 โดยมีเมื่อมีค่าทับซ้อน 50% จะมีอัตราการจดจำอยู่ระหว่าง 97.4% เมื่อค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 4 และมีค่า 100% เมื่อค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 12 และหากค่าทับซ้อน 75% จะอยู่ระหว่าง 95.4% เมื่อค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 4 และ 99.6% เมื่อค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 12 ส่วนเมื่อเป็นแบบ DCT จะได้ผลที่ดีขึ้นกว่าเดิมเพียงเล็กน้อย มันเป็นงานที่คุ้มค่าไม่เหมือนงานของ Samaria and Harter (1994) และ Nefian and Hayes (1998) และในกรณีของ Kohir and Desai (1998) ที่ใช้วิธีการคัดแยกผลเวกเตอร์การสังเกต ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อมีค่าทับซ้อนอยู่ที่ 50% ซึ่งดีกว่าเมื่อมีค่า 75%

การทดลองในครั้งนี้เป็นการพิสูจน์ถึงประสิทธิภาพของวิธี HMM ในการแก้ปัญหาเรื่องการจดจำใบหน้า โดยไม่คำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ แต่จะเปลี่ยนระบบที่นำเสนอมาเป็นการเข้ารหัสแบบ wavelet พร้อมกับแสดงค่าเฉลี่ยของขนาดหน้าจอสอดผล โดยผลที่ได้มีค่าเท่ากับ 84.9% เมื่อมีค่าทับซ้อนอยู่ที่ 50% และเท่ากับ 77.8% เมื่อค่าทับซ้อนเท่ากับ 75%

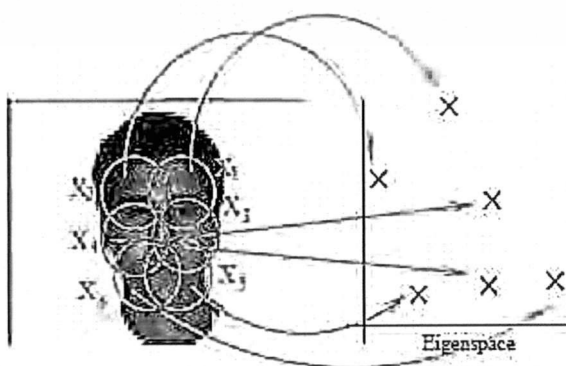
### 2.2.2 วิธีการแบบไฮบริดตามพื้นฐานแบบ HMM มิติเดียว

จากที่ได้มีการพูดคุยกันถึงขั้นตอนที่พัฒนาไปก่อนหน้านี้จะเห็นได้ว่าวิธี HMM แบบมิติเดียวสามารถที่จะประยุกต์ไปใช้ในการจดจำใบหน้าได้ อย่างไรก็ตามการทดลองที่ได้ทำในช่วงแรกๆ นั้นจะใช้ข้อมูลของ ORL ดังนั้นภาพทั้งหมดที่ใช้จะมีขนาดเล็กทำให้รายละเอียดบนภาพไม่ชัดเจนไม่ว่าจะเป็นส่วนของการแสดงออกทางสีหน้า ส่วนปลีกย่อยบนใบหน้า หรือส่วนที่ปกปิด เช่น ใบหน้า ผม และแว่นตา และภาพที่มีแสงสว่างน้อย ส่วนในการใช้งานจริงระบบจดจำใบหน้า นั้นจะต้องสามารถจัดการกับการเปลี่ยนแปลงกับลักษณะของใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในส่วนถัดไปของรายงานจะต้องเพิ่มความสามารถในการจดจำให้มากขึ้นโดยใช้ทั้งการอธิบายและวิธีการแบบ HMM มาพิจารณาภาพ โดยเฉพาะในส่วนการพิจารณาภาพนั้นจะเป็นวิธีการแบบไฮบริดตามพื้นฐานของวิธี HMM ที่ทำให้ประสบความสำเร็จในการจดจำใบหน้าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาสำคัญหลายอย่างสำหรับระบบการจดจำใบหน้าที่จะต้องแก้ไข โดยเฉพาะ

ความเปลี่ยนแปลงของแสงในภาพ การแสดงออกทางสีหน้า หรือ มีการปิดบังบางส่วนของใบหน้า และการเปลี่ยนแปลงของรูปทรงศีรษะ โดยต้องเริ่มจากการแก้ปัญหาคำอธิบายการรับรู้ใบหน้าที่มีการปกปิดบางส่วน Martinez (1999) ปัญหานี้ผู้เขียนได้ทำการตรวจสอบโดยใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (principle component analysis: PCA) มาแบ่งคุณลักษณะที่แตกต่างบนใบหน้าออกเป็น 6 ส่วน และใช้วิธี HMM แบบมิติเดียวมาหาความสัมพันธ์ระหว่างขอบเขตของแต่ละส่วน สำหรับนักวิจัยกลุ่มที่สองคือ Wallhoff et.al. (2001) ก็มีเครื่องมือที่เน้นการจดจำรายละเอียดบนใบหน้าของชุดข้อมูลที่มีเฉพาะภาพหน้าตรงเท่านั้นที่นำมาใช้ในการฝึกทดสอบนี้ โดยผู้เขียนได้ใช้ร่วมกับเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural network: ANN) กับวิธี HMM แบบมิติเดียวเพื่อแก้ปัญหาที่ท้าทายเหล่านี้

### การใช้วิธี HMM แบบมิติเดียวกับคุณลักษณะ PCA

ระบบการจดจำใบหน้าเป็นที่รู้ดีว่าใช้กับดัชนีภาพและวิดีโอที่มาจากฐานข้อมูลภาพใบหน้า ซึ่งระบบนี้มีการแก้ปัญหาสำคัญ 3 ข้อเพื่อจำแนกใบหน้าภาพหน้าตรงคือ (1) ภายใต้อิทธิพลของความแตกต่างของแสงในภาพ (2) ความแตกต่างการแสดงออกของใบหน้า และ (3) ความแตกต่างของสิ่งที่มาบดบังใบหน้า เช่น แว่นตาหรือผ้าพันคอ โดยแนวคิดของ Martinez A. (1999) ที่ได้มีการแบ่งใบหน้าออกเป็นส่วนๆ ( $N$ ) เพื่อวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค PCA และโมเดลที่มีความสัมพันธ์ระหว่างขอบเขตที่ใช้วิธีการ HMM แบบมิติเดียว สำหรับปัญหาเรื่องความแตกต่างของแสงที่เป็นปัญหาสำคัญสำหรับรายงานชุดนี้จะใช้ภาพที่มีระดับแสงต่างกันเพื่อใช้ฝึกทดสอบระบบ รวมทั้งภาพที่มีการแสดงออกทางสีหน้าและมีการปิดบังบางส่วนของใบหน้าด้วย โดยมีการแบ่งภาพออกเป็น 6 ส่วนมาทำการจับคู่กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะมากกว่าคุณลักษณะทั่วไปเพื่อลดผลกระทบของการแสดงออกทางสีหน้าและการปิดบังบางส่วนของใบหน้า ซึ่งจะกระทบเพียงบางส่วนเท่านั้นไม่ใช่ทั้งหมดของใบหน้า โดยจะดึงแต่ละส่วนมาจากภาพเต็มในฐานะข้อมูลที่ใช้ในโครงการตามเกณฑ์ eigenspace และจากภาพที่ 6 คือภาพในรูปแบบเวกเตอร์ที่แสดงขั้นตอนการคัดแยกคุณลักษณะเฉพาะส่วน



รูปที่ 2.12 การแบ่งสัดส่วนของภาพทั้ง 6 ส่วนในเกณฑ์ Eigenspace (Martinez, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุในงานวิจัยนี้การแปลภาพใบหน้าทำแบบกำหนดเองและไม่สามารถทำได้แม่นยำพอที่จะรับประกันได้ว่าข้อมูลการกัดแยกเฉพาะส่วนจะถูกต้องตามเกณฑ์ eigenspace เสมอไป ดังนั้นข้อมูลความละเอียดของภาพและเฉพาะส่วนที่เลือกนั้นจะต้องแยกออกจากกันแบ่งตรวจเป็นส่วนๆ ในลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า และหากพิจารณาจนครบ 6 ส่วนด้วยวิธี HMM แบบมิติเดียวที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบภาพในฐานะข้อมูลแต่ละภาพ อย่างไรก็ตามหากมีเงื่อนไขเพิ่มเติมคือใช้วิธี HMM เพียงวิธีเดียวตรวจสอบข้อมูลของแต่ละคนในฐานะข้อมูลและแต่ละภาพ เพื่อบรรลุเป้าหมายเหล่านี้ วิธีการ HMMs ทั้งหมดที่ใช้ตรวจภาพของคนๆ เดียวก็จะรวมเป็นภาพเดียวในวิธี HMM แบบมิติเดียว ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจจะเปลี่ยนจากภาพสถานะเดียวเป็นสถานะอื่นในแบบ 1 ต่อจำนวนของภาพวิธี HMMs ของแต่ละคน ส่วนในขั้นตอนการรับรู้นั้นจะใช้อัลกอริทึมแบบ forward-backward ซึ่งผู้เขียนก็ใช้อัลกอริทึมแบบ Viterbi Rabiner (1989) เพื่อคำนวณความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกตตามรูปแบบที่กำหนด

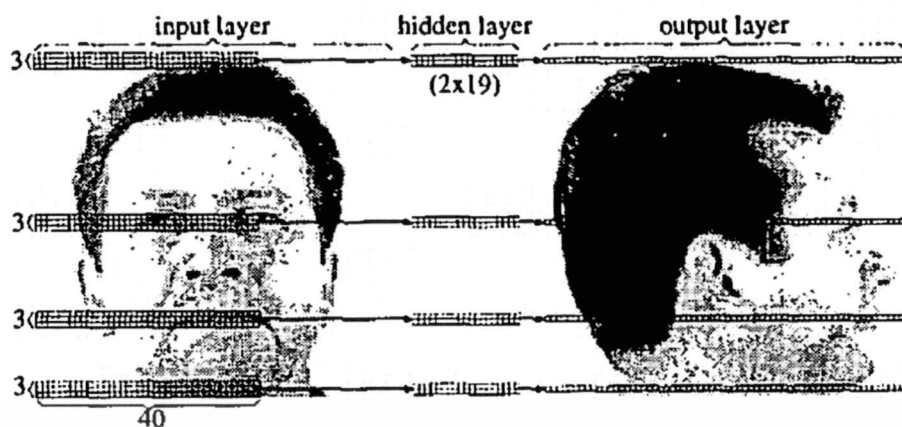
การทดสอบทั้ง 2 ชุดที่ใช้ภาพและวิดีโอมาทดสอบ ซึ่งฐานข้อมูลของภาพจัดทำโดย Alex Martinez และ Robert Benavente Martinez A. (1999) ที่มีภาพใบหน้าของคน 126 คนแบ่งเป็นภาพผู้ชาย 70 คน ผู้หญิง 56 คน และมีเฉดสีต่างๆ กันถึง 4,000 เฉดสี แต่ละคนก็จะมีภาพในมุมต่างๆ คนละ 12 ภาพ โดยแบ่งเป็นภาพหน้าตรง 6 ภาพที่มีสีหน้าต่างกัน และภาพที่มีเฉดสีต่างกัน และอีก 6 ภาพก็จะเป็นภาพที่มีการปิดบังบางส่วนของใบหน้า อาจจะมีการใส่แว่นหรือผ้าพันคอ และมีความแตกต่างของแสงสีในภาพ ภาพทั้งหมดถูกนำมาทำสอบในเงื่อนไขตามที่กำหนด แต่ไม่มีข้อจำกัดในส่วนของการเลือกเสื้อผ้า หรือเครื่องประดับอื่นๆ เช่น แว่นตา การแต่งหน้าหรือทรงผม ทุกภาพใช้ทำการทดสอบทั้ง 2 ชุดห่างกัน 14 วัน นอกจากนี้ยังมีวิดีโออีก 30 ชุดที่มีภาพเหล่านี้อยู่ในนั้นอีก 25 ภาพ ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นภาพหน้าตรง มีการทดสอบที่ต่างกันทั้งหมด 5 ครั้งด้วยกันใช้ภาพของคนทั้งหมด 50 คน แบ่งเป็นชายและหญิงอย่างละ 25 คนทำการเลือกภาพมาใช้เป็นแบบสุ่ม (randomly) จากฐานข้อมูล และมีการแปลงภาพให้เป็นเฉดสีแบบ greyscale และลดขนาดของภาพลงครึ่งหนึ่ง และยังใช้ภาพวิดีโออีก 30 ชุดด้วย โดยการทดสอบครั้งแรกนั้นภาพทั้ง 12 ภาพของแต่ละคนจะใช้ในการฝึกทดสอบ และในระบบทดสอบจะใช้ทุกภาพที่มี โดยปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเฉพาะของภาพแบบสุ่มเช่นการปรับ noise ให้มีค่าเป็น 0 (ศูนย์) อัตราการจดจำที่ได้ประมาณ 96.83% สำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 นั้นจะใช้ภาพ 6 ภาพแรกเพื่อฝึกทดลองและอีก 6 ภาพเพื่อทดสอบตามเงื่อนไข ซึ่งอัตราการจดจำที่ได้อยู่ที่ 98.5% ส่วนในการทดสอบครั้งที่ 3 จะสลับกันโดยนำ 6 ภาพหลังมาฝึกทดสอบ และ 6 ภาพแรกนำมาทดสอบผลที่ได้ อยู่ที่ 97.1% ส่วนการทดสอบครั้งที่ 4 ที่มีการฝึกทดลองโดยใช้ภาพเพียง 2 ภาพ และที่เหลือนำไปทดสอบผลปรากฏว่า อัตราการจดจำลดลงเหลือแค่ 72% สุดท้ายระบบก็จะใช้ภาพของแต่ละคนเพียง 12 ภาพเท่านั้น และในการทดสอบก็ใช้วิดีโอรวมด้วย อัตราการจดจำอยู่ที่ 93.5%

## การใช้โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ร่วมกับวิธี HMM แบบมิตติเดียว

วิธีการของ Wallhoff et.al. (2001) ถือเป็นเครื่องมือที่ทำลายต่อมุมมองการจดจำกับองค์ความรู้ก่อนหน้าจากมุมมองภาพหน้าตรง ซึ่งอาจจะพิสูจน์ได้ว่าเป็นงานที่ทำลายสำหรับคนเรา ผู้เขียนจึงใช้วิธีการทั้ง 2 แบบมาใช้ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) และเทคนิครูปแบบวิธีการ HMM แบบมิตติเดียว โดยวิธีการแรกที่จะใช้มุมมองรายละเอียด พร้อมกันนั้นทั้ง 2 แบบยังใช้พารามิเตอร์ร่วมกันในเทคนิคขั้นตอนการประเมิน อีกทั้งรายงานนี้ยังมีสิ่งที่น่าสนใจคือเน้นวิเคราะห์ภาพที่ไม่ใช่เฉพาะภาพหน้าตรงเท่านั้น และผู้เขียนก็ยังเป็นหนึ่งในผู้ร่วมออกความคิดเห็นแนวความคิดการฝึกทดสอบระบบจดจำสำหรับภาพหน้าตรงอีกด้วย แต่เพื่อเพิ่มการจดจำรับรู้ใบหน้าด้านข้างเข้าไปด้วย

การทดลองที่ใช้ฐานข้อมูลของ MUGSHOT มีภาพทั้งหมด 1573 ภาพส่วนใหญ่เป็นภาพบุคคลที่มีเพียงคนละ 2 ภาพ เป็นภาพหน้าตรง 1 ภาพ และอีกภาพเป็นภาพถ่ายคู่กับคนอื่น และภาพส่วนใหญ่เป็นภาพผู้ชาย และมีอายุที่หลากหลายรวมถึงมีหลายเชื้อชาติ อีกทั้งเป็นภาพที่มีส่วนประกอบหลากหลายไม่ว่าจะทั้งใส่และไม่ใส่แว่น หรือมีหนวด และมีทรงผมที่แตกต่างกันออกไป ส่วนเรื่องแสงของภาพและสีพื้นหลังก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย ส่วนความละเอียดของภาพในฐานข้อมูลนั้นเป็นแบบภาพขาวดำ 8 บิต (bit) ก่อนที่จะใช้เทคนิคหลักของ Wallhoff et.al. (2001) ต้องทดลองประมวลผลของภาพแต่ละภาพ สำหรับภาพที่มีการบิดเบือนของภาพสูง หรือภาพที่มีแสงน้อยหรือมีเงาบังจะไม่นำมาทดสอบ และจะใส่รายละเอียดของภาพในแบบกำหนดเองให้กับทุกภาพที่มีภาพใบหน้าปรากฏอยู่ตรงกลางภาพและมีสีพื้นหลังที่พอดี และมีขนาด 64x64 พิกเซล ดังนั้นภาพจะถูกแบ่งเป็น 2 ชุดซึ่ง ชุดแรกจะมีภาพทั้งหมด 600 คู่เป็นภาพหน้าตรงกับภาพด้านข้างและนำมาใช้ในการฝึกทดลองในแบบโครงข่ายประสาท และชุดที่สองมีภาพทั้งหมด 100 คู่เพื่อการทดสอบ โดยกำหนดคุณลักษณะสำหรับการทดลองเกี่ยวกับความละเอียดของภาพ และใช้เวกเตอร์จากลำดับการสังเกตซึ่งภาพทุกภาพจะมีการปรับขนาดให้เป็น 64x64 พิกเซล และแบ่งเป็นส่วนย่อยทั้งหมด 64 คอลัมน์ (column) ดังนั้นจะต้องมีการตรวจสอบภาพคัดกรอง 64 จุดในแต่ละภาพ ส่วนมิติของเวกเตอร์คือจำนวนของแถวในภาพ ซึ่งมีทั้งหมด 64 แถว (row) และในละเวกเตอร์ (Vector) ก็也将มีความเข้มแสงสีที่ต่างกัน ในการฝึกทดสอบนั้นจะใช้วิธีโครงข่ายประสาทมาประเมินตามสัญชาติญาณดังต่อไปนี้ : (1) จากมุมมองหน้าตรงจะพบว่าภาพประเมินภาพในแถวเดียวกันนั้นจะมีรายละเอียดเหมือนกัน (2) หากพิจารณาภาพด้านขวาของใบหน้าจะมีความสมมาตรกับภาพใบหน้าด้านซ้ายและจะใช้เวกเตอร์ช่วง 40 คอลัมน์แรกของภาพในการตรวจสอบแบบ ANN และในภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงภาพหน้าตรงที่ใช้ในการตรวจสอบอย่างละเอียด ตามขั้นตอนทดสอบของภาพมิตติเดียวจากด้านซ้ายไปด้านขวาของภาพตามวิธีการ HMM และสามารถปรับเปลี่ยนสถานะของภาพได้ ซึ่งมีให้เลือกทั้งหมด 24 สถานะ และรวมสองวิธีสำหรับการแยกและขั้นตอนประเมินผลด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างมุมมองรายละเอียดของภาพในภาพหน้าตรงอัลกอริทึม

ในวิธีการแบบผสมไฮบริดสำหรับการจดจำรายละเอียดมีขั้นตอนการฝึกทดสอบ 2 ชั้นด้วยกัน โดยจะเริ่มจากเครือข่ายประสาทจะฝึกทดลองกับภาพชุดแรก 600 ภาพ ทั้งหมดเป็นภาพหน้าตรงของบุคคลและมีรายละเอียดมุมมองต่างๆ ซึ่งในขั้นนี้จะเป็นการฝึกทดสอบสังเคราะห์รายละเอียดจากภาพหน้าตรง และในภาพที่ 8 ก็คือตัวอย่างการสังเคราะห์รายละเอียด ส่วนในขั้นตอนที่สองนั้น จะใช้ภาพหน้าตรงทั้งหมด 100 ภาพสำหรับเครือข่ายประสาทและรูปแบบที่สอดคล้องเพื่อนำมาสังเคราะห์ และใช้รูปแบบเหล่านี้กับวิธี HMM ซึ่งในแต่ละรายละเอียดของการทดสอบนั้นจะใช้โมเดล HMM ที่สร้างสำหรับรายละเอียดโดยเฉลี่ยที่จะวิเคราะห์ตามขั้นตอนการประมาณการแบบ Baum-Welch ที่ใช้สำหรับการทดสอบวิธี HMM

สำหรับทางเลือกที่สองนั้นมีขั้นตอนของการฝึกทดสอบขั้นตอนเดียว เป็นการคำนวณความเร็วที่มีการพัฒนาให้ผลลัพธ์ที่เร็วขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ วิธีโครงข่ายประสาทเป็นการฝึกทดสอบที่ใช้ภาพหน้าตรงป้อนเข้าสู่ระบบ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือ output ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นค่าเฉลี่ยของการผสมแบบ Gaussian ของแต่ละภาพเพื่ออธิบายการสังเกตของรายละเอียดภาพที่สอดคล้องกัน โดยเริ่มจากค่าเฉลี่ยรายละเอียดตามวิธี HMM ที่ได้จากภาพในการฝึกทดสอบทั้ง 600 ภาพที่ใช้ นำมาหาค่ากลางสำหรับภาพบุคคลแต่ละภาพแล้วนำมาประมวลผลและใช้ค่าเป้าหมายที่กำหนดสำหรับผลของวิธีโครงข่ายประสาทที่ใช้ในการสอน ส่วนในขั้นตอนการจดจำนั้นภาพหน้าตรงทุกภาพจะมีค่ากลางสำหรับรายละเอียดที่จะถูกส่งกลับโดยวิธีโครงข่ายประสาท ซึ่งจุดนี้การใช้ค่ากลางและค่าเฉลี่ยรายละเอียดเพื่อให้สอดคล้องกับวิธี HMM ที่สร้างขึ้น จากนั้นความน่าจะเป็นของการทดสอบรายละเอียดภาพก็จะเลือกวิธี HMM มาคำนวณ โดยอัตราการจดจำที่ได้จากระบบที่นำเสนอในรายงานนี้มีค่าประมาณ 60% สำหรับวิธีการแรก และในวิธีที่สองอยู่ที่ 49% ซึ่งหากเทียบกับวิธีการจดจำของคนอยู่ที่ประมาณ 70-80% และวิธีการที่นำเสนอโดยผู้เขียนนี้มีความน่าสนใจเป็นอย่างมากในบริบทของฐานข้อมูลของ MUGSHOT ที่มีภาพอยู่เพียงสองแบบคือภาพหน้าตรงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพส่วนรายละเอียดของใบหน้า ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จึงน่าสนใจมากเมื่อเทียบกับอัตราการจัดจำของคนเราตามที่ได้แสดงในรายงาน แต่อย่างไรก็ตามทั้งวิธี ANN และ HMM นั้นมีการคำนวณที่ซับซ้อน และใช้ความละเอียดของภาพมาเป็นคุณสมบัติร่วมที่ทำให้วิธีการนี้มีการนำทรัพยากรด้านต่างๆ มาใช้อย่างมากเพื่อคำนวณหาผลลัพธ์



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างภาพหน้าตรง และภาพที่มีการเพิ่มรายละเอียดด้านข้าง Wallhoff et al. (2001)

#### งานวิจัยที่ใช้วิธีการ HMM เพิ่มเติมในการจัดจำใบหน้า

ยังคงมีงานวิจัยที่ได้เริ่มทำเมื่อไม่นานนี้มีการใช้เทคนิค HMM เพื่อจัดจำใบหน้า และงานส่วนใหญ่ก็ไม่ได้กรองข้อมูลด้วยวิธีพื้นฐาน แต่ใช้การรวมกันตามเทคนิคที่รู้จักกันดีคือ HMM ที่ต้องทำร่วมกับการวิเคราะห์ใบหน้าแบบอื่นๆ และในงานบางฉบับนั้นก็มีการกล่าวถึง เช่นงานของ Le และ Li Le, H.S. and Li, H. (2004) ที่ใช้ภาพมิติเดียวมาแยกส่วนตามรูปแบบของมาร์คอฟ Markov (1D-DHMM) จนเกิดเป็นวิธีการใหม่ในการคัดกรองการสังเกตและใช้ลำดับการสังเกต ในทุกระบบมีการแบ่งรูปแบบ HMM เพื่อหาค่ากลางน้ำหนักเพื่อจับคู่การสังเกต ซึ่งการแปลงรูปแบบ Haar wavelet ก็ได้นำภาพใบหน้าที่ต้องลดมิติของเวกเตอร์การสังเกตมาใช้ การทดลองครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลของ AR และ CMU PIE ที่จะเห็นได้ว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าของ PCA, LDA และ LFA หากทดสอบด้วยวิธีการและใช้ฐานข้อมูลเดียวกันทั้งหมด

ทั้งยังมีการกล่าวถึงงานของ Yujian L. (2007) ที่มีสูตรวิเคราะห์ใหม่ๆ ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาพื้นฐานทั้ง 3 ข้อของวิธี 2-D HMM และแม้ว่าจะมีความซับซ้อนในการคำนวณแต่ก็สามารถบอกขนาดข้อมูล เหมือนกับโมเดล HMM แบบมิติเดียวที่ใช้คำนวณกรณีจำนวนของแถวและคอลัมน์มีขนาดเล็ก แต่ผู้เขียนงานฉบับนี้ก็ไม่ได้ประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ที่ได้มาแก้ปัญหาการจัดจำใบหน้า แต่นำมาเสนอแนะอย่างมีนัยสำคัญต่อการประยุกต์ใช้กับโมเดล 2D HMM แบบเต็มรูปแบบเพื่อแก้ปัญหา

ผลงานอีกชิ้นที่มีความโดดเด่นคืองานของ Chien และ Liao ปี 2008 Chien J-T. and Liao, C-P.

(2008) ที่ได้สำรวจเกณฑ์การจำแนกการฝึกทดสอบแบบใหม่เพื่อให้มั่นใจในรูปแบบที่ใช้ร่วมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถสำหรับเลือกใช้ให้ตรงกับหัวข้อปฏิบัติ ซึ่งสมมติฐานการทดสอบเป็นการเพิ่มระดับความเชื่อมั่นกับ โมเดลการฝึกทดสอบให้เป็น โมเดลแบบ MCHMM สำหรับการจดจำใบหน้า และในการทดลองได้ใช้ฐานข้อมูลของ FERET10 และ GTFD11 ที่นำเสนอวิธีการแบ่งส่วนของภาพที่มีการแสดงออกทางสีหน้า มุมมองใบหน้า และอื่นๆ เพื่อใช้เปรียบเทียบความเป็นไปได้สูงสุดและจัดกลุ่มความผิดพลาดที่เกิดจากวิธี HMMs และได้แนะนำว่าแบบ MC-HMM นั้นมีความถูกต้องสูงที่สุดแม้จะมีมิติคุณสมบัติที่ต่ำ และโดยเฉพาะงานนี้ใช้ฐานข้อมูลที่มีข้อมูลยุ่งยากกว่าฐานข้อมูลของ ORL อีกด้วย

สุดท้ายเราสามารถสรุปได้ว่ามีการอ้างอิงงานวิจัยที่ Lancu, Corcoran และ Lancu 2011 (Iancu. C. 2010; Corcoran. P.M. and Iancu. C. 2011) ได้เสนอการทำโดยวิธี EHMM ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการทดสอบการรวมฐานข้อมูล (BioID, Achermann, UMIST) กับฐานข้อมูลของ FERET วัตถุประสงค์แรกกำหนดเพื่อนำระบบการจดจำไปใช้กับอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการประมวลผลต่ำ ซึ่งเราได้ทดสอบตามวิธี EHMM กับรูปแบบที่มีขนาดต่างกัน มีจำนวนเกณฑ์ Gaussians ต่างกัน ขนาดของภาพต่างกัน คุณลักษณะและจำนวนภาพที่แต่ละคนใช้ทดสอบ ผลที่ได้พบว่าภาพที่มีขนาดเล็กในที่นี่ใช้ขนาด 32x32 พิกเซล กับเกณฑ์ Gaussian และวิธี EHMM ง่ายๆ มีอัตราการจดจำภาพอยู่ที่ 58% และใช้เพียงคนละภาพในการฝึกทดลองเท่านั้น แต่เมื่อปรับจำนวนเป็นคนละ 5 ภาพอัตราการจดจำก็เพิ่มขึ้นเป็น 82% Corcoran. P.M. and Iancu. C. (2011) วัตถุประสงค์ที่สองเป็นการจำกัดผลกระทบจากความเปลี่ยนแปลงของความเข้มของภาพ โดยจะมีเทคนิคเข้ามาช่วยซึ่งมีด้วยกัน 3 เทคนิคที่ใช้และมีการใช้ร่วมกับชุดทดสอบการปรับแบบ histogram equalization (HE), contrast limited adaptive histogram equalization (CLAHE) และ DCT ในแบบ logDCT อีกด้วย ซึ่งอัตราการจดจำที่ดีที่สุดที่ได้เมื่อใช้ร่วมกับ CLAHE และ HE อยู่ที่ 95.71% และแย่ที่สุดสำหรับ logDCT คือ 77.86% Corcoran. P.M. and Iancu C. (2011)

วัตถุประสงค์ที่สามเป็นการสร้างระบบที่แข็งแกร่งต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างศีรษะ การทดสอบในครั้งนี้จะใช้ภาพหน้าตรง มีรายละเอียดน้อย และมีมุมมองตามหัวข้อกำหนด ชุดทดสอบชุดแรกเป็นการใช้ฐานข้อมูลชุดเดียวกันภาพที่ใช้ทำทางตำแหน่งศีรษะเอียงมุมประมาณ 30° ซึ่งเราได้เปรียบเทียบอัตราการจดจำจากแบบ EHMM ต่อ 1 คนทดสอบกับ แบบต่อ 1 รูป ส่วนชุดที่สองเป็นการทดสอบโดยใช้ฐานข้อมูลของ FERET ที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีภาพใบหน้าที่มีหลากหลายท่าทางมากกว่า ซึ่งในกรณีนี้เราใช้ภาพหน้าตรง 1 ภาพ กับภาพที่มีรายละเอียดปลีกย่อยเล็กน้อยอีก 2 ภาพ และภาพที่มีรายละเอียดตรงตามหัวข้ออีก 2 ภาพเพื่อใช้ในการฝึกทดลอง และในทุกภาพก็นำมาใช้ในการทดสอบด้วยเช่นกัน เราทำการเปรียบเทียบผลอัตราการจดจำของแบบที่ 1 กับแบบที่ 2 และแบบที่ 3 ของทีละคน ผลที่ได้้อัตราการจดจำของชุดทดสอบชุดแรกนั้นดีที่สุดที่สุดเพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานข้อมูลที่ใช้มีขนาดเล็ก อีกทั้งทำทางในภาพก็มีความแตกต่างกัน ไม่มาก ส่วนสำหรับแบบจำลองที่สองนั้น ชุดทดลองที่สองได้ผลการทดสอบดีที่สุด เพราะฐานข้อมูลมีภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงทำทางมากที่สุด Lancu (2010)

### 2.2.3 การอภิปรายและบทสรุปข้อสังเกต

ความสำคัญของบทนี้กล่าวถึงการใช้เทคนิค HMM ในการจดจำใบหน้า ส่วนการตรวจสอบนั้นได้นำเสนอด้วยคำอธิบายที่กระชับได้ใจความและชี้ให้เห็นสิ่งที่น่าสนใจและเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่ใช้กับรูปแบบวิธี HMM ในการจดจำใบหน้า แม้ว่าเอกสารเพิ่มเติมของการทดสอบจะกล่าวถึงลักษณะเฉพาะเท่านั้น แต่ก็ขึ้นอยู่กับเทคนิคสำคัญต่างๆ ที่ได้เลือกใช้แม้จะเพียงข้อเดียวที่ได้นำเสนอหรือที่ได้มีทดสอบซ้ำ ซึ่งเป้าหมายของเรานั้นต้องการให้ผู้อ่านที่สนใจได้ทบทวนและเข้าใจถึงความก้าวหน้า (state-of-art) ของแบบจำลอง HMM เพื่อใช้กับปัญหาการจดจำใบหน้า เห็นได้ชัดเจนว่าความสมดุลของเทคนิคที่ต่างกันแน่นอนต้องมีการแลกเปลี่ยน (trade-offs) ระหว่างการประมวลผลที่มีความซับซ้อน รวดเร็ว และถูกต้องของการจดจำ และการนำมาปฏิบัติได้จริง และง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งหวังว่าจะช่วยให้นักวิจัยท่านอื่นๆ สามารถนำข้อมูลไปใช้ได้ และเข้าใจ รวมถึงนำวิธี HMM ไปใช้ในการวิเคราะห์ใบหน้า และทำให้โปรแกรมเป็นที่ยอมรับและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและนำไปใช้เป็นเทคนิคพื้นฐานได้อีกด้วย

## บทที่ 3

### การออกแบบพัฒนาระบบ

#### และการประยุกต์ใช้งานกับกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

ในบทนี้อธิบายถึงการออกแบบ โครงสร้างของการพัฒนาระบบการเรียนรู้จำใบหน้าด้วยกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งการประยุกต์ใช้งานกับวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเพื่อการเรียนรู้จำหน้านั้นจะต้องมีขั้นตอนการสร้างข้อมูลเข้าให้กับระบบหรือที่เรียกว่า ออบเซอเวชัน (Observation) ซึ่งการสร้างชุดข้อมูลเหล่านี้เป็นการเก็บข้อมูลจากภาพบริเวณใบหน้าและต้องมีวิธีการปรับค่าให้อยู่ในรูปของลำดับข้อมูลที่แสดงออกมาเพื่อนำไปใช้กับวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลต่อไป ซึ่งขั้นตอนการเก็บข้อมูลและปรับค่าให้อยู่ในรูปของออบเซอเวชัน นั้นเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อระบบรู้จำใบหน้าและมีผลโดยตรงต่อผลลัพธ์ของระบบการจดจำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล โดยผู้พัฒนาได้ทำการออกแบบวิธีการเก็บข้อมูลใบหน้าเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำใบหน้าด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งจะอธิบายรวมไว้ในบทนี้ด้วย

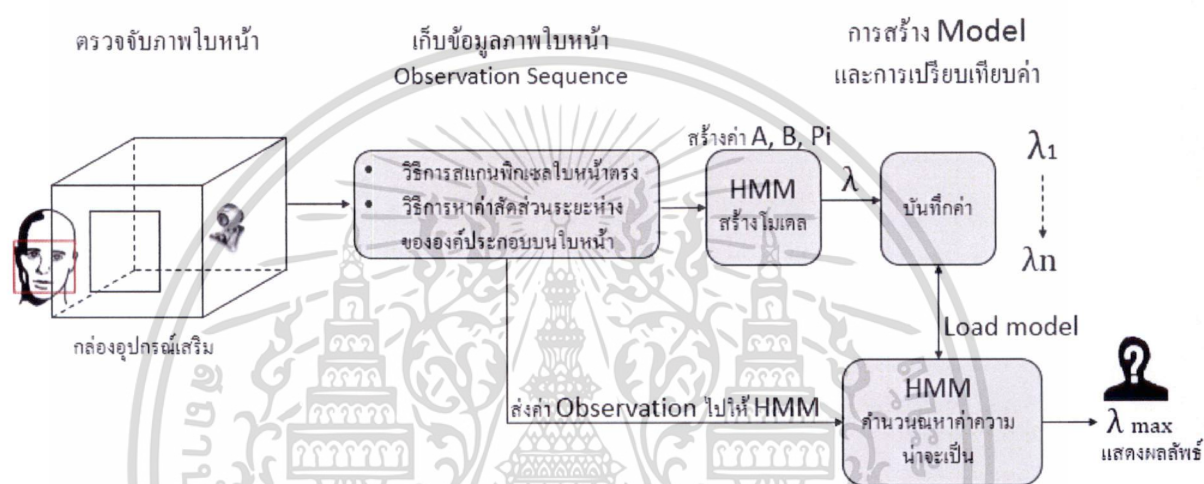
#### 3.1 การออกแบบโครงสร้างพัฒนาระบบ

การออกแบบ โครงสร้างการพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าด้วยกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ประกอบด้วยขั้นตอนการสร้างข้อมูลเข้าออบเซอเวชัน จากรูปภาพใบหน้าตรง จากนั้นเป็นขั้นตอนการสอนเพื่อเป็นการสร้างโมเดลให้กับรูปภาพใบหน้า และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบค่าเพื่อหาผลลัพธ์ให้กับระบบซึ่งขั้นตอนแรกนั้นในการสร้างข้อมูลเข้าจากรูปภาพใบหน้าตรง ผู้พัฒนาได้นำเสนอวิธีดังต่อไปนี้ในการสร้างข้อมูลเข้าให้กับระบบหรือที่เรียกว่า Observation Sequence

วิธีที่หนึ่งวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรงบนภาพ วิธีการนี้มีส่วนของการกำจัดแสงและเงา และมีการอธิบายวิธีที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์จากการตรวจจับใบหน้าจากกล้องเว็บแคม โดยอาศัยวิธีฮาร์ไลท์ ฟิเจอร์ ซึ่งเป็นเทคโน โลยีการตรวจจับภาพที่ได้ผลรวดเร็วและแม่นยำ จากนั้นนำภาพที่ได้มาประยุกต์เพื่อใช้เป็นข้อมูลเข้าให้กับระบบการตรวจจับใบหน้าด้วยกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

วิธีที่สองวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าเป็นการใช้ค่าระยะห่างจากจุดต่างๆบนใบหน้าที่ได้มาจากการตรวจจับตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าเช่น ดวงตา, จมูก, คาง, ปาก เป็นต้น จากนั้นนำผลลัพธ์ค่าที่ได้มาทำการปรับค่าเพื่อทำให้เป็นข้อมูลเข้าออบเซอเวชันให้กับระบบรู้จำใบหน้า

โดยทั้งสองวิธีการผู้พัฒนาได้ออกแบบและนำมาประยุกต์ใช้งานกับวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเพื่อหาการรู้จำใบหน้าซึ่งจะมีการอธิบายหลักการต่อไปภายในบทนี้



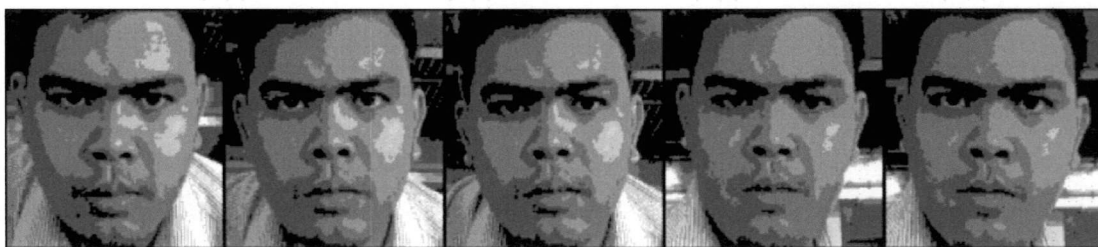
รูปที่ 3.1 รูปแสดงการออกแบบระบบโดยรวม

## 3.2 วิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง

### 3.2.1 การเก็บภาพใบหน้าของวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง

มีขั้นตอนการเก็บภาพใบหน้าเพื่อที่จะนำไปใช้เป็นข้อมูลเข้าให้ระบบรู้จำใบหน้านั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากว่าข้อมูลในส่วนนี้มีผลต่อการคำนวณและความแม่นยำของผลลัพธ์ของระบบโดยรวม ดังนั้นการเก็บข้อมูลภาพต้องมีการจำกัดบริเวณให้ได้เฉพาะส่วนที่เราสนใจนั่นก็คือส่วนเฉพาะของใบหน้า ที่จะประกอบไปด้วยเช่น ตา หู ปาก จมูก คิ้ว เป็นต้น และอยู่ในลักษณะใบหน้าตั้งตรง การรับภาพเป็นการใช้อุปกรณ์กล้องเว็บแคมโดยอาศัยการหลักการตรวจจับด้วยวิธีฮาร์ไลท์ ซึ่งจะแสดงตัวอย่างภาพของใบหน้าตั้งตรงที่ได้จากวิธีของฮาร์ไลท์ ดังนี้

ตัวอย่างของภาพที่มีการใช้กลไลของฮาร์ไลท์ที่เจอร์เข้ามาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับใบหน้า เพื่อนำไปปรับให้อยู่ในรูปของออบเซอเวชันหรือข้อมูลเข้าให้กับระบบ

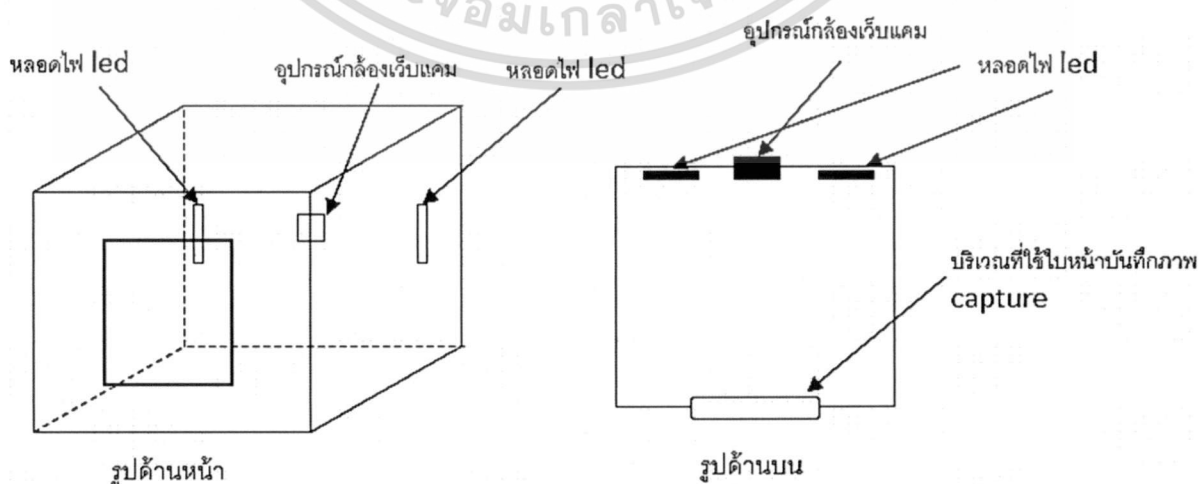


รูปที่ 3.2 รูปใบหน้าตรงที่ได้จากการตรวจจับใบหน้าด้วยฮาร์ไลทฟีเจอร์

จากภาพตัวอย่างนี้ 3.2 หลังจากที่ใช้กลไกของฮาร์ไลทฟีเจอร์ผู้พัฒนาได้มีการแปลงค่าสีของภาพหลายๆพิกเซลให้อยู่ในรูปของภาพสีขาวดำ และขนาดของรูปภาพคือ 129x129 พิกเซล ซึ่งจะเห็นได้ว่าภายในภาพยังคงมีภาพพื้นหลังบางส่วนที่ซึ่งเป็นส่วนบริเวณที่เราไม่สนใจ ถ้าหากว่านำข้อมูลภาพเหล่านี้ไปใช้อาจส่งผลทำให้ได้ผลลัพธ์การรู้จำของระบบโดยรวมไม่แม่นยำ ผู้พัฒนาจึงได้ออกแบบกล่องเพื่อใช้ในขั้นตอนการรับภาพ เพื่อเป็นการกำจัดภาพพื้นหลังซึ่งเป็นส่วนบริเวณที่เราไม่สนใจและยังสามารถที่จะใช้ควบคุมเรื่องของแสงได้อีกด้วย

3.2.2 การเก็บภาพใบหน้าโดยใช้กล่องอุปกรณ์เสริมในการรับภาพ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทความและผลงานวิจัยในบทที่ 2 ซึ่งเรื่องของแสงนอกจากจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากต่อระบบการรู้จำใบหน้าแล้ว ยังเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยาก ผู้พัฒนาระบบจึงได้ออกแบบอุปกรณ์เสริมกล่องในการรับภาพ เพื่อที่จะนำมาช่วยควบคุมเรื่องของแสงให้มีความคงที่และยังช่วยกำจัดภาพพื้นหลังออกไปได้



รูปที่ 3.3 รูปภาพแสดงการออกแบบอุปกรณ์เสริม (กล่อง) ที่ใช้ในการรับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องอุปกรณ์เสริมที่ผู้พัฒนาได้ออกแบบมาประยุกต์ใช้นั้นจะเป็นลักษณะกล่องสี่เหลี่ยมจตุรัส ทึบแสงมีการติดตั้งกล้องเว็บแคมในการรับภาพไว้ภายในกล่อง ติดตั้งหลอดไฟ led จำนวน 2 ชุด เพื่อให้ได้แสงที่คงที่ และบริเวณด้านหน้าของอุปกรณ์เสริมกล่องจะต้องตัดเป็นรูสี่เหลี่ยมเพื่อนำไปใช้รับภาพใบหน้าจากอุปกรณ์เสริมกล่อง



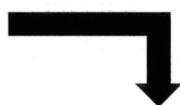
รูปที่ 3.4 รูปภาพตัวอย่างจากการรับภาพจากอุปกรณ์เสริมกล่อง

จากภาพตัวอย่าง 3.4 หลังจากที่ใช้กลไกของฮาร์ดแวร์ที่เฟเจอร์ร่วมกับกล่องอุปกรณ์เสริมเพื่อควบคุมระดับแสง จะเห็นได้ว่าการปรับที่ภาพแต่ละภาพ (5 ครั้ง) จะมีระดับแสงที่ใกล้เคียงกัน และได้ปรับให้ขนาดของรูปภาพคือ 160x160 พิกเซล

หลังจากที่ได้ภาพใบหน้า จากนั้นจะเป็นอธิบายการแปลงข้อมูลภาพใบหน้าให้อยู่ในรูปของออบเจกต์เวกเตอร์ลำดับข้อมูล หรือที่ข้อมูลที่จะนำไปใช้ป้อนเป็นข้อมูลเข้า อินพุต ให้กับระบบรู้จำใบหน้า โดยทั่วไปข้อมูลรูปภาพจะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบของอาร์เรย์แบบ 2 มิติ ก็คือความสูงของภาพ และความกว้างของภาพ โดยแต่ละตำแหน่งของอาร์เรย์จะบันทึกข้อมูลแต่ละพิกเซลเป็นพิกัด (x,y) ข้อมูลภาพ 2 มิติ สามารถเขียนแทนให้อยู่ได้ในรูปของเวกเตอร์ได้ ด้วยการนำแต่ละค่าของแต่ละตำแหน่งพิกเซลมาจัดเรียงต่อกัน จากซ้ายไปขวาดังรูปตัวอย่าง

ลำดับตำแหน่งพิกเซลทั่วไป บนภาพ

0	1	2	3	4
5	6	7	8	9
10	11	12	13	14
15	16	17	18	19
20	21	22	23	24



ลำดับการเก็บค่าพิกเซล

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	.	.	.	.	.
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

รูปที่ 3.5 ภาพแสดงการจัดเรียงต่อกันของค่าแต่ละตำแหน่งพิกเซล จากซ้ายไปขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับค่าแต่ละพิกเซล ของภาพให้อยู่ในรูปของตัวเลข 0 ถึง 7 ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างข้อมูลเข้าจากชุดของข้อมูลภาพใบหน้าบุคคลที่ต้องการ โดยนำรูปภาพใบหน้าบุคคลซึ่งปกติแล้วจะเป็นภาพสี จากนั้นนำมาทำการเปลี่ยน โหมดสีให้เป็นแบบขาวดำ ซึ่งเป็นโหมดสีที่มีการไล่เฉดสีของสีเทา จากเทาอ่อนไปจนถึงสีเทาแก่ได้ถึง 256 สี นั่นคือความสว่างของเฉดสีนั้น จากนั้นนำช่วงความสว่างของเฉดสีที่ได้ก็คือ 256 สี นำไปแบ่งออกเป็น 8 ช่วง (0 ถึง 7) ทำให้ความสว่างของเฉดสีเหลือ 8 ระดับ (ความละเอียดและขนาดของรูปมีผลต่อความเร็วในการประมวลผลของกลไกฮิดเดน มาร์คอฟโมเดล) จากนั้นระบบจะนำชุดข้อมูลที่ได้จากภาพไปทำการสร้าง โมเดล ด้วยกระบวนการวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล แล้วบันทึกค่าเก็บไว้ในระบบเพื่อสามารถนำไปใช้ในขั้นตอนการเปรียบเทียบต่อไป

### 3.3 วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

ในส่วนนี้มีการอธิบายถึงกระบวนการที่ใช้ในการสร้างชุดข้อมูลที่ได้จากใบหน้าและมีการวิเคราะห์ลักษณะที่จะนำมาใช้ในการบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ของใบหน้าแต่ละคน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลเข้าให้กับระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล โดยผู้พัฒนาใช้ตัวอย่างภาพใบหน้าที่แตกต่างกัน 25 ภาพประกอบการอธิบาย โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การค้นหาดวงตาและมุมปากและคำนวณความยาวของเส้นแนวตั้งบนใบหน้า (เส้นแบ่งระหว่างกลางของดวงตาทั้งสองข้างและเป็นศูนย์กลางของบริเวณปาก) ของภาพที่ใบหน้า
2. ค้นหาลักษณะตำแหน่งจุดต่างบนใบหน้าที่เกิดขึ้นจริง (องค์ประกอบต่างๆบนใบหน้า)
3. การหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบของใบหน้า และวิเคราะห์ผลจากภาพ เพื่อที่จะนำมาใช้กับระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

#### 3.3.1 การค้นหาดวงตา, มุมปากและคำนวณความยาวของเส้นแนวตั้งบนใบหน้า (เส้นแบ่งระหว่างกลางของดวงตาทั้งสองข้างและเป็นศูนย์กลางของบริเวณปาก) ของภาพที่ใบหน้า

การตรวจค้นหาบริเวณของใบหน้า ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องรู้ระบุบริเวณขอบเขตที่เป็นใบหน้า และใช้แสดงออกเป็นคุณลักษณะใดๆของใบหน้าในภาพที่นำเข้า โดยจะต้องมีความแม่นยำในการตรวจจับ ซึ่งวิธีการเบื้องต้น โดยมีวิธีการใช้การสกัดพิกเซลของจากสีผิวที่แสดงออกมาในรูปภาพ โดยใช้วิธีการที่ได้ถูกอธิบายไว้โดย Chiang (Chiang et al., 2003) ซึ่งภาพผลลัพธ์จะถูกแปลงค่าให้เป็นไบนารี (binary image) แล้วทำการ integration projection image เพื่อประเมินหาค่าบริเวณของใบหน้าในแนวตั้ง the vertical projection และแนวนอนด้วย the horizontal projection



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรูปภาพโดยใช้วิธีการ The Projection Of a Facial ในการค้นหาใบหน้า

การค้นหาดวงตา ในการค้นหาตำแหน่งดวงตามีการตรวจหาขอบโดยการใช้วิธีการ  $5 \times 5$  Laplacian of Gaussian filter แล้วใช้แบบวงกลม Hough แทนในตำแหน่งของดวงตาโดยการคาดคะเน ตามความสัมพันธ์รูปทรงเรขาคณิต เพื่อเป็นการจำกัดพื้นที่การค้นหา (การป้องกันการตรวจจับที่ผิดพลาด ที่ไม่ใช่บริเวณของดวงตา) ซึ่งวิธีการ Hough ในการตรวจจับหาดวงตาสามารถพบได้ใน (Kawaguchi et al, 2000), (Toennies, et al, 2002) และ (Tian et al, 2004) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดภาพ ทำให้รัศมีของวงม่านตาในภาพใบหน้าของแต่ละคนอาจแตกต่างกัน ดังนั้นแทนที่จะใช้รัศมีที่เป็นค่าคงที่ แต่จะทำการกำหนดค่ารัศมีของดวงตาให้มีความแตกต่างกันได้ระหว่าง 2 และ 10 พิกเซล



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างรูปภาพที่มีการใช้แบบ แบบวงกลม Hough เพื่อแทนตำแหน่งของดวงตา และผลลัพธ์การตรวจจับดวงตา

ผลจากการที่สามารถตรวจจับหาตำแหน่งของดวงตาได้แล้วก็จะทำให้ได้ ตำแหน่งเพิ่มเข้ามาอีกจุดคือ ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างดวงตานั่นเอง โดยใช้สูตรคำนวณหาระยะของตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างจุดสองจุดได้ดังนี้  $P = ((X1+X2)/2, (Y1+Y2)/2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการค้นหาตำแหน่งบริเวณของมุมปาก ยังคงใช้วิธี Integral projection Image โดยจะพิจารณาค่าสี RGB ตามเงื่อนไขสูตร  $r = R / (R + G + B)$ ,  $g = G / (R + G + B)$ , and  $b = B / (R + G + B)$  และมีการแปลงค่าสีของภาพนำเข้าเป็นภาพขาวดำหรือสีเทา และใช้สมการด้านล่าง เพื่อกำจัดบริเวณของสีที่ไม่ต้องการออกไป เช่น เคราบหน้า หากว่าไม่กำจัดออกจากการตรวจจับใบหน้า อาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น

$$I'(x, y) = \begin{cases} 255 \cdot \left(\frac{G}{R+G+B}\right), & \text{if } (R + G + B) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.1)$$

โดย  $R, G, B$  จะแสดงถึงความเข้มของพิกเซลของสีแดง, สีเขียวและสีฟ้าของช่องตามลำดับ และมีสมการที่ใช้เป็นเกณฑ์การแปลงค่าสีดังนี้

$$I'(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } (r > 83) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.2)$$

ตัวอย่างค่าเกณฑ์ที่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้คือค่า 83 และได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งได้ผลลัพธ์การค้นหาตำแหน่ง  $x$  และ  $y$  ที่บริเวณมุมปาก ดังนี้



รูปที่ 3.8 ภาพตัวอย่างแสดงการตรวจจับบริเวณมุมปากด้วยวิธีการ Integral projections

หลังจากที่ได้บริเวณตำแหน่งดวงตาและบริเวณตำแหน่งมุมปากบนใบหน้าก็จะทำให้ได้ค่าความยาวของเส้นในแนวตั้งของใบหน้า ซึ่งสามารถปรับขนาดตามสัดส่วนความยาวตามลักษณะของภาพใบหน้าจริงที่ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



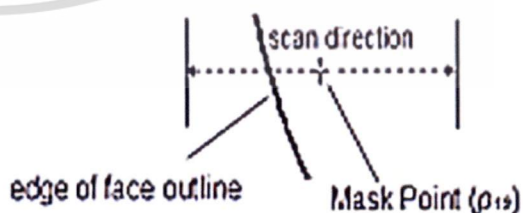
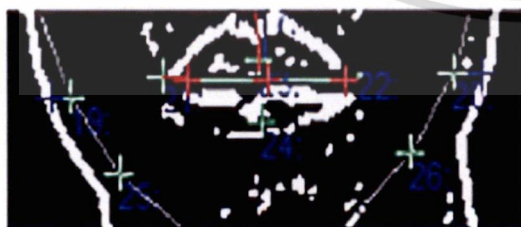
รูปที่ 3.9 ภาพตัวอย่างแสดงตำแหน่งต่างๆที่ตรวจจับได้ บนภาพใบหน้า

Automatic Face Recognition Using Facial Attractiveness ปีที่ 50 ฉบับที่ 4/2553 (NIDA Development Journal 2553)

### 3.3.2 การค้นหาลักษณะตำแหน่งจุดต่างบนใบหน้าที่เกิดขึ้นจริง (องค์ประกอบต่างๆบนใบหน้า)

การหาจุดอื่นๆบนใบหน้า โดยใช้ความสัมพันธ์จากข้อมูลตำแหน่งต่างๆที่ตรวจจับได้จากขั้นตอนที่ผ่านมา มีวิธีการดังต่อไปนี้

ในแนวแกน  $X$  ทั้งด้านลบ และด้านบวก สามารถใช้เส้นขอบของใบหน้าเป็นจุดตัดแสดง บริเวณของตำแหน่งกลางได้



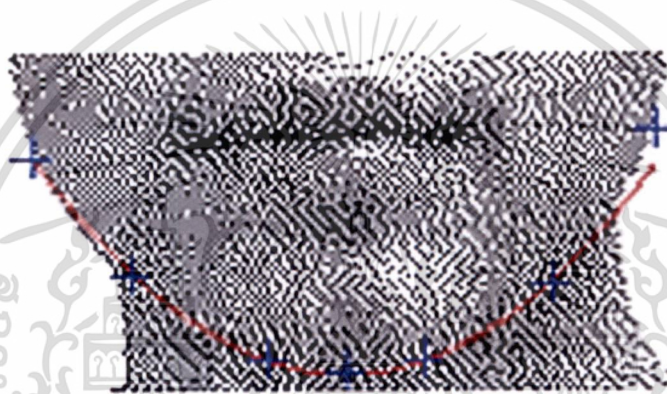
รูปที่ 3.10 ภาพตัวอย่างแสดงการค้นหาตำแหน่งของกลางจากค่าในแนวแกน  $X$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะทำให้ได้จุดบริเวณที่สามารถแสดงรูปทรงของคางบนใบหน้าได้ ซึ่งยังมีวิธีการอื่นนอกจากนี้คือ โดยทั่วไปลักษณะรูปทรงของคางจะโค้ง ใกล้เคียงกับกราฟพาราโบลา ซึ่งสามารถแทนด้วยสมการ

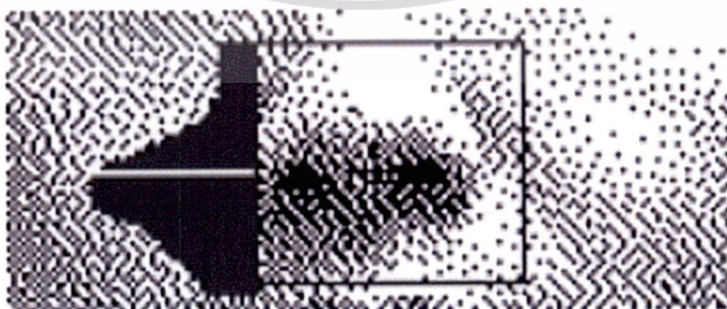
$$y = a(x - h)^2 + k \quad (3.3)$$

ซึ่งทำให้หาจุดตำแหน่ง จุดยอด  $(h, k)$  ของกราฟพาราโบลาได้ และอย่างน้อยหนึ่งจุดบนเส้นโค้ง จะเป็นจุดตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์กับจุดที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ จากนั้นกำหนดตำแหน่งสองจุดที่อยู่บนเส้นโค้งของคางบนใบหน้า



รูปที่ 3.11 ภาพตัวอย่างแสดงตรวจจับลักษณะของคาง

บริเวณของจมูก จะใช้ความสัมพันธ์ของดวงตาและตำแหน่งของมุมปากเพื่อจำกัดพื้นที่การค้นหา และใช้วิธี a horizontal integration projection ในการค้นหาบริเวณจมูก



รูปที่ 3.12 ภาพตัวอย่างแสดงการตรวจจับบริเวณของจมูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปวิธีการต่างๆที่ได้กล่าวมาจะทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งองค์ประกอบต่างๆบนใบหน้าได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าตำแหน่งแต่ละจุดที่ได้มีความสัมพันธ์ สามารถนำมาพัฒนาใช้ในงานด้านระบบรู้จำใบหน้า ซึ่งผู้พัฒนาได้ใช้วิธีการหาระยะห่างระหว่างจุดต่างๆขององค์ประกอบบนใบหน้าที่เป็นลำดับเพื่อเป็นข้อมูลเข้าให้กับระบบรู้จำใบหน้า ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะนำมาใช้บ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ของใบหน้าแต่ละคน หากสามารถหาจุดที่มีความแตกต่างเป็นเอกลักษณ์ได้ ก็จะทำให้ระบบรู้จำใบหน้ามีความแม่นยำสูงขึ้นไปด้วย

### 3.3.3 ขั้นตอนการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบของใบหน้า

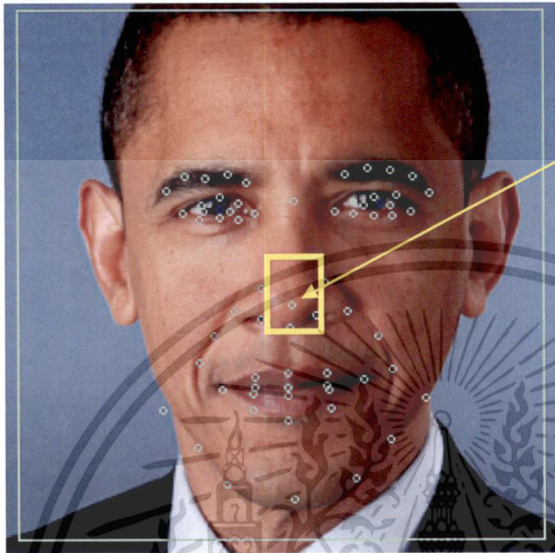
ในเนื้อหาส่วนนี้เป็นขั้นตอนการสร้างชุดข้อมูลที่เป็นลำดับ Observation Sequence เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเข้าให้กับระบบการรู้จำของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล โดยผู้พัฒนาใช้ตัวอย่างภาพใบหน้าที่แตกต่างกันจำนวน 10 ภาพในการอธิบาย ซึ่งในส่วนนี้ผู้พัฒนาได้นำเทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้าของ Luxand FaceSDK (<https://www.luxand.com>) ซึ่งเป็นไลบรารีที่สามารถนำมาใช้ได้ฟรี และเป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ในการตรวจจับใบหน้าและกำหนดจุดต่างๆบนใบหน้าได้จำนวน 66 จุด ซึ่งจุดต่างๆเหล่านั้นคือตำแหน่งพิกัดที่ใช้แทนองค์ประกอบของส่วนต่างๆบนใบหน้านั่นเอง เช่น ดวงตา, ลักษณะของคิ้ว, จมูก, กาง เป็นต้น



รูปที่ 3.13 ภาพตัวอย่างจากการตรวจจับใบหน้าและแสดงตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีลำดับขั้นตอนการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบของใบหน้ามีขั้นตอนดังนี้  
 ขั้นตอนที่หนึ่ง ทำการเลือกจุดพิกัดที่เป็นจุดศูนย์กลางของใบหน้าซึ่งจะอยู่บริเวณจมูกดังภาพ  
 ตัวอย่าง



จุดพิกัดที่เป็นจุดศูนย์กลางของ  
 ใบหน้า ตำแหน่งพิกัด (X,Y)

รูปที่ 3.14 รูปภาพตัวอย่างแสดงจุดพิกัดที่เป็นจุดศูนย์กลางของใบหน้า

ขั้นตอนที่สอง นำค่าพิกัด (X,Y) ที่เป็นค่าตำแหน่งจุดศูนย์กลาง ทำการหาค่าระยะทางระหว่างจุดต่างๆที่  
 เหลือด้วยสูตรหาระยะห่าง (Euclidean distance) ดังนี้ PQ แทนค่าระยะห่าง

$$PQ = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (3.4)$$

ผลลัพธ์ที่ได้คือจะได้ค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางบนใบหน้าและจุดต่างๆบนใบหน้าทั้งหมด  
 66 จุด

ขั้นตอนที่สาม ปรับค่าระยะห่างทุกๆจุดให้เป็นสัดส่วน โดยใช้ค่าผลรวม ทำให้ได้ผลลัพธ์คือค่า  
 ระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าที่เป็นสัดส่วน ซึ่งค่าต่างๆที่ได้มารวมกันแล้วจะเท่ากับหนึ่ง  
 ตัวอย่างแสดงผลลัพธ์ที่ใช้ภาพใบหน้าทำการหาค่าระยะห่างของจุดต่างๆบนใบหน้า (66ค่า) ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์จากการหาค่าระยะห่างของจุดต่างๆบนใบหน้า 66 คำ

ลำดับตำแหน่งจุดบนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า	ลำดับตำแหน่งจุดบนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า
1	0.019620458	25	0.015365349
2	0.017851944	26	0.014619913
3	0	27	0.020097494
4	0.011955381	28	0.017859279
5	0.009928555	29	0.020080108
6	0.023048024	30	0.020320002
7	0.017702142	31	0.018358312
8	0.021186679	32	0.015571377
9	0.017966514	33	0.018904272
10	0.021894007	34	0.016024578
11	0.019726971	35	0.018358312
12	0.021081329	36	0.021830106
13	0.027391227	37	0.018370198
14	0.01893427	38	0.019640473
15	0.018783803	39	0.016824633
16	0.025324156	40	0.017381095
17	0.024258784	41	0.019423667
18	0.022652541	42	0.015093019
19	0.026634882	43	0.017630478
20	0.021554389	44	0.005827924
21	0.021031569	45	0.004432312
22	0.023876047	46	0.007688355
23	0.013891055	47	0.00544852
24	0.022163531	48	0.004230737

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลำดับตำแหน่งจุด บนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุด บนใบหน้า	ลำดับตำแหน่งจุด บนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุด บนใบหน้า
49	0.002787623	58	0.007475308
50	0.00308498	59	0.012028192
51	0.010546875	60	0.011689509
52	0.007956244	61	0.009588557
53	0.013456852	62	0.008650267
54	0.011629601	63	0.008972316
55	0.006898225	64	0.010085607
56	0.011290561	65	0.008357648
57	0.008690548	66	0.008972316

ขั้นตอนที่สี่ ทำการปรับค่าของชุดข้อมูลให้อยู่ในรูปของเลขจำนวนเต็ม ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการปรับค่าระยะห่างแต่ละจุดให้อยู่ในรูปของตัวเลขจำนวนเต็ม นั้นหมายความว่าความละเอียดจะถูกลดน้อยลงไปด้วยดังนั้นขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อระบบโดยรวม มีผลต่อระดับความแม่นยำในการรู้จำแยกแยะลักษณะใบหน้าด้วยระยะห่างทั้ง 66 จุด ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างชุดลำดับข้อมูลที่มีการปรับให้เป็นเลขจำนวนเต็มแสดงตัวอย่างเช่น ค่าตำแหน่งที่ 1 มีเท่ากับ 0.019620458 เมื่อทำการปรับค่าแล้วจะมีค่าเท่ากับ 20 และค่าตำแหน่งที่ 2 มีเท่ากับ 0.017851944 เมื่อทำการปรับค่าแล้วจะมีค่าเท่ากับ 18 โดยทำให้ครบทั้ง 66 ค่าดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การปรับค่าให้อยู่ในรูปของเลขจำนวนเต็มทั้งหมด 66 ค่า

ลำดับตำแหน่งจุด บนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุด บนใบหน้า	ลำดับตำแหน่งจุด บนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุด บนใบหน้า
1	20	4	12
2	18	5	10
3	0	6	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

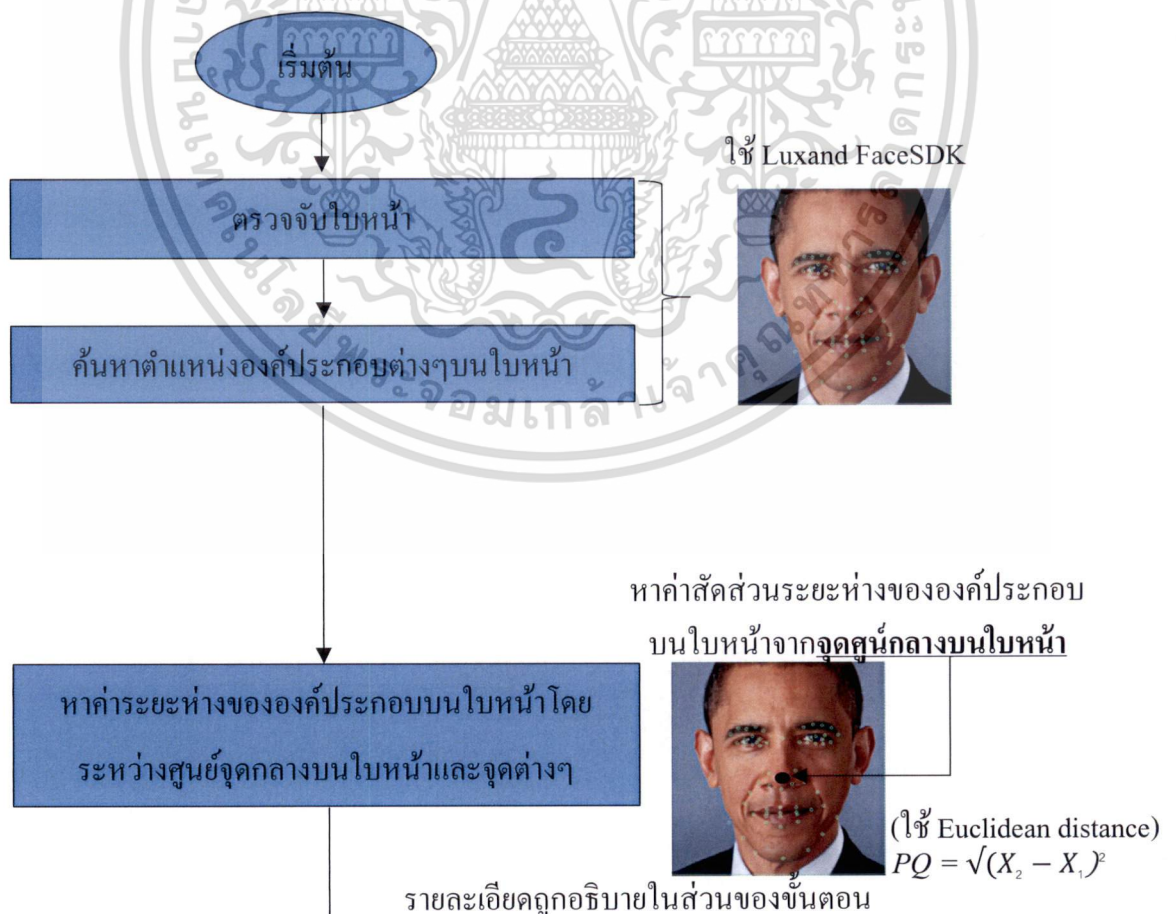
ลำดับตำแหน่งจุด บนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุด บนใบหน้า	ลำดับตำแหน่งจุด บนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุด บนใบหน้า
7	18	31	18
8	21	32	16
9	18	33	19
10	22	34	16
11	20	35	18
12	21	36	22
13	27	37	18
14	19	38	20
15	19	39	17
16	25	40	17
17	24	41	19
18	23	42	15
19	27	43	18
20	22	44	6
21	21	45	4
22	24	46	8
23	14	47	5
24	22	48	4
25	15	49	3
26	15	50	3
27	20	51	11
28	18	52	8
29	20	53	13
30	20	54	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ลำดับตำแหน่งจุดบนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า	ลำดับตำแหน่งจุดบนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า
55	7	61	10
56	11	62	9
57	9	63	9
58	7	64	10
59	12	65	8
60	12	66	9

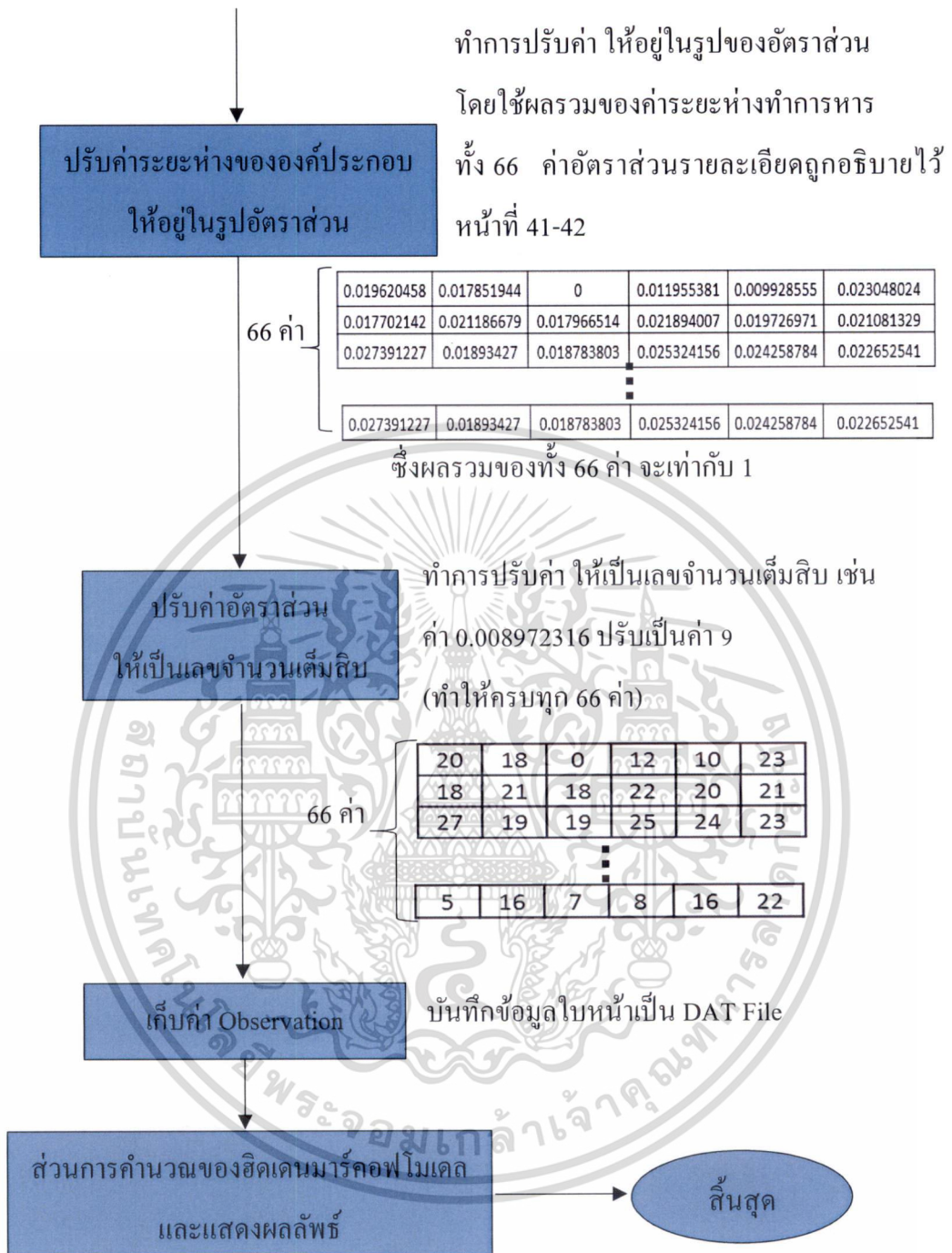
ลำดับขั้นตอนการปรับข้อมูลภาพใบหน้าเพื่อนำไปใช้กับกระบวนการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลมีดังนี้



หน้าถัดไป

การหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบของใบหน้าที่ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 รูปภาพแสดงลำดับขั้นตอนการปรับข้อมูลภาพใบหน้าเพื่อนำไปใช้กับกระบวนการของ ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

หลังจากนั้นผู้พัฒนาได้ทำการเลือกภาพใบหน้าจำนวน 10 ภาพ เพื่อทำการวิเคราะห์บน กราฟเส้น ซึ่งพบว่าลำดับบางช่วงของกราฟมีความสัมพันธ์กันคือเป็นไปในทิศทางเดียวกันและค่า ตามลำดับพิกัดบางช่วงนั้นก็มีความใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

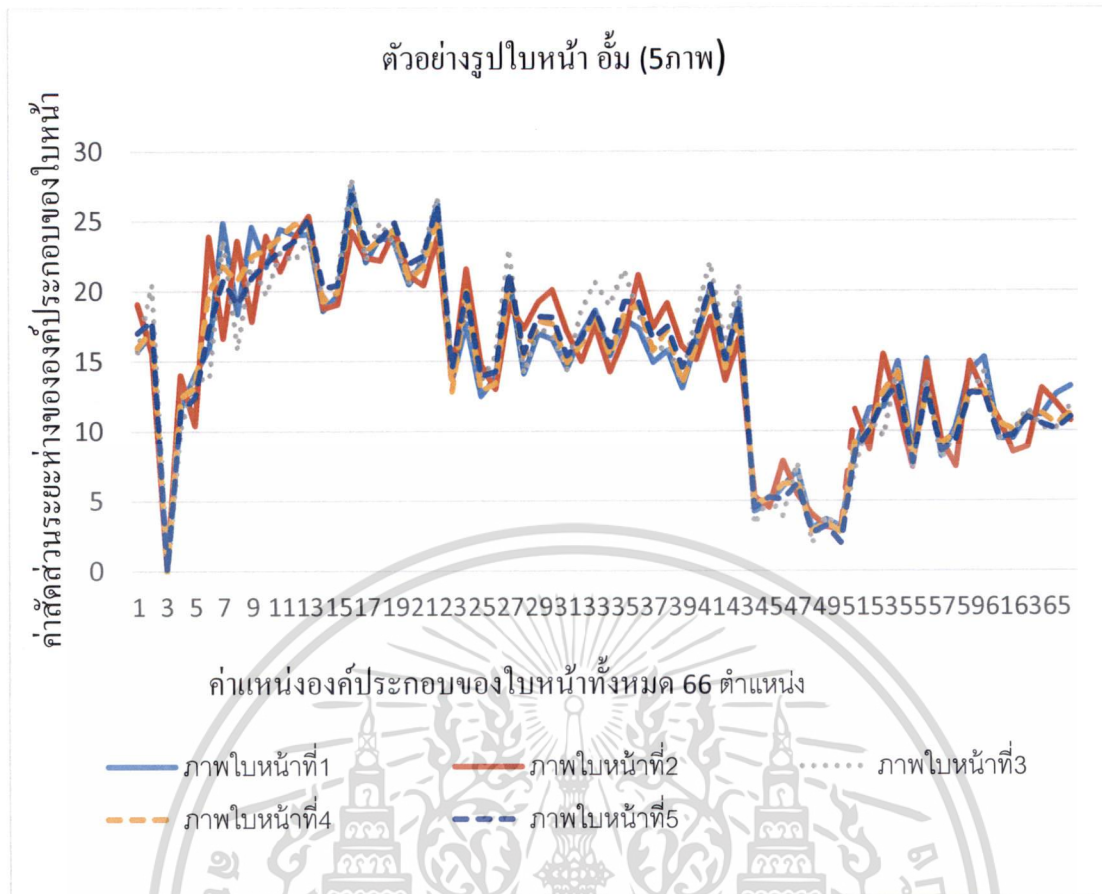
### 3.3.4. วิเคราะห์ชุดลำดับข้อมูลที่ได้จากภาพใบหน้าเพื่อที่จะนำมาใช้กับระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดน มาร์คอฟโมเดล

ตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง (รูปภาพใบหน้าอ้อม 5 ภาพ) ที่มีการหาค่าระยะห่างของ องค์ประกอบบนใบหน้า



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างภาพใบหน้าของดารานักแสดง 5 รูปภาพ (a)รูปภาพใบหน้าอ้อมที่ 1 (b)รูปภาพ ใบหน้าอ้อมที่ 2 (c)รูปภาพใบหน้าอ้อมที่ 3 (d)รูปภาพใบหน้าอ้อมที่ 4 และ(e)รูปภาพใบหน้าอ้อมที่ 5

มีการตรวจจับใบหน้าที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 ครั้ง แสดงว่ามีชุดข้อมูลของภาพใบหน้า 5 ชุดลำดับ ข้อมูล เมื่อทำการเปรียบเทียบกันด้วยกราฟเส้นเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ดังรูปตัวอย่างกราฟ แสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลทั้ง 5 ชุดลำดับ



**รูปที่ 3.17** ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลทั้ง 5 ของกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง

พบว่าบางช่วงของลำดับข้อมูลมีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 5 ชุดลำดับตั้งตารางข้อมูลดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 3.3** ตารางแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลรูปภาพใบหน้าที่แตกต่างกัน 5 ภาพจากตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง

ลำดับที่	องค์ประกอบบนใบหน้า (ตำแหน่งที่)					ค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและ ต่ำสุดของตำแหน่งของ องค์ประกอบบนใบหน้า (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)		
	รูปใบหน้าที่ลำดับที่							
	1	2	3	4	5			
1	16	19	16	16	17	16	19	3
2	17	16	20	17	18	16	20	5
3	0	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ลำดับที่	องค์ประกอบบนใบหน้า (ตำแหน่งที่)					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและ ต่ำสุดของตำแหน่งของ องค์ประกอบบนใบหน้า (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)
	รูปใบหน้าลำดับที่							
	1	2	3	4	5			
4	12	14	10	12	11	10	14	4
5	14	10	14	13	12	10	14	4
6	16	24	14	20	17	14	24	10
7	25	17	24	22	21	17	25	8
8	18	24	16	21	19	16	24	8
9	25	18	22	22	21	18	25	7
10	22	24	20	23	22	20	24	4
10	22	24	20	23	22	20	24	4
11	24	21	23	24	23	21	24	3
12	24	24	22	25	24	22	25	3
13	24	25	24	25	25	24	25	2
14	19	19	20	19	20	19	20	2
15	20	19	21	20	20	19	21	2
16	28	24	28	26	27	24	28	4
17	22	22	22	23	23	22	23	1
18	24	22	25	24	24	22	25	3
19	23	24	23	24	25	23	25	2
20	20	21	21	21	22	20	22	1
21	22	20	23	22	22	20	23	2
22	26	24	27	25	26	24	27	3
23	14	14	14	13	14	13	14	2
24	18	22	19	20	20	18	22	4
25	12	15	14	13	14	12	15	2
26	14	13	15	13	14	13	15	2
27	21	19	23	21	21	19	23	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ลำดับที่	องค์ประกอบบนใบหน้า (ตำแหน่งที่)					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและ ต่ำสุดของตำแหน่งของ องค์ประกอบบนใบหน้า (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)
	รูปใบหน้าลำดับที่							
	1	2	3	4	5			
28	14	17	14	15	16	14	17	3
29	17	19	17	18	18	17	19	2
30	17	20	17	18	18	17	20	4
31	14	17	14	15	15	14	17	3
32	17	15	19	16	17	15	19	4
33	19	18	21	18	19	18	21	3
34	15	14	19	15	16	14	19	5
35	18	17	22	18	19	17	22	5
36	17	21	18	19	19	17	21	4
37	15	17	16	16	17	15	17	2
38	16	19	16	17	17	16	19	3
39	13	16	14	13	15	13	16	3
40	17	15	18	16	17	15	18	3
41	20	18	22	20	20	18	22	4
42	15	14	16	15	15	14	16	3
43	19	17	20	18	19	17	20	4
44	4	5	3	5	4	3	5	2
45	5	5	5	5	5	5	5	1
46	6	8	4	6	5	4	8	4
47	7	5	8	6	6	5	8	2
48	3	4	2	3	3	2	4	2
49	4	3	4	3	3	3	4	1
50	3	3	3	3	2	2	3	1
51	9	12	7	9	9	7	12	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ลำดับที่	องค์ประกอบบนใบหน้า (ตำแหน่งที่)					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและ ต่ำสุดของตำแหน่งของ องค์ประกอบบนใบหน้า (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)
	รูปใบหน้าลำดับที่							
	1	2	3	4	5			
52	12	9	11	10	10	9	12	3
53	12	15	10	13	12	10	15	6
54	15	12	15	14	13	12	15	3
55	9	7	7	8	8	7	9	1
56	15	15	14	13	13	13	15	2
57	8	9	8	9	9	8	9	1
58	10	7	10	10	9	7	10	3
59	14	15	12	13	13	12	15	2
60	15	13	14	13	13	13	15	3
61	9	11	9	11	10	9	11	1
62	9	8	10	10	10	8	10	2
63	11	9	12	11	11	9	12	3
64	11	13	10	11	10	10	13	3
65	13	12	10	10	10	10	13	3
66	13	11	12	11	11	11	13	2

จากการวิเคราะห์หาค่าข้อมูลมาทำการเรียงลำดับตามลำดับค่าจากค่ามากไปน้อย และแบ่งช่วงของความสัมพันธ์ที่ได้มาจากผลต่างของค่ามากที่สุดและต่ำสุดของลำดับข้อมูลค่าหนึ่งๆ ซึ่งผู้พัฒนาได้กำหนดแบ่งช่วงข้อมูลออกตามผลต่างของช่วงพิกัดที่มีค่าความสูงและความต่ำแตกต่างกันออกเป็น 5 ช่วง ดังตารางข้อมูลต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3.4** ตารางข้อมูลแสดงผลการแบ่งออกเป็นช่วงของความสัมพันธ์โดยแบ่งออกเป็นช่วงของค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าจากกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง (รูปภาพใบหน้าอ้อม 5 ภาพ)

ลำดับที่	ลำดับตำแหน่งจุดบนใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด)	ลำดับช่วงที่
1	6	10	1
2	7	8	
3	8	8	
4	9	7	2
5	53	6	
6	2	5	
7	35	5	
8	34	5	
9	51	4	
10	10	4	
11	41	4	
12	46	4	
13	27	4	
14	24	4	
15	4	4	
16	43	4	
17	16	4	
18	36	4	
19	5	4	
20	30	4	
21	32	4	
22	1	3	3
23	38	3	
24	28	3	
25	54	3	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ลำดับที่	ลำดับตำแหน่งจุดบน ใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด)	ลำดับช่วงที่	
26	33	3	3	
27	40	3		
28	39	3		
29	11	3		
30	52	3		
31	64	3		
32	22	3		
33	58	3		
34	31	3		
35	18	3		
36	63	3		
37	60	3		
38	12	3		
39	42	3		
40	65	3		
41	37	2		4
42	59	2		
43	66	2		
44	56	2		
45	21	2		
46	26	2		
47	47	2		
48	29	2		
49	25	2		
50	48	2		
51	44	2		
52	15	2		
53	13	2		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ลำดับที่	ลำดับตำแหน่งจุดบน ใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด)	ลำดับช่วงที่
54	23	2	4
55	62	2	
56	14	2	
57	19	2	
58	20	1	5
59	17	1	
60	57	1	
61	61	1	
62	50	1	
63	55	1	
64	49	1	
65	45	1	
66	3	0	
58	20	1	
59	17	1	
60	57	1	
61	61	1	
62	50	1	
63	55	1	
64	49	1	
65	45	1	
66	3	0	

หมายเหตุ องค์ประกอบบนใบหน้า ตำแหน่งที่ 3 ลำดับที่ 66 มีค่าเป็น 0 เนื่องจากเป็นค่าที่ใช้ในการหาระยะห่างไปยังตำแหน่งต่างๆ ดังนั้นระยะห่างจากตำแหน่งตนเองจึงเท่ากับ ศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสังเกตของผู้พัฒนาพบว่า ค่าของช่วงกราฟที่มีความค่าแตกต่างมากที่สุดของภาพตัวอย่างนี้มี 3 ค่าตำแหน่งคือ 6, 7, 8 (ช่วงที่1) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วช่วงของกราฟที่มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงระหว่าง (0-5) จะมีอยู่ประมาณ 60 ค่าตำแหน่ง แต่หากว่ามีการวิเคราะห์เรื่องของความสัมพันธ์ที่จะนำมาแบ่งช่วงกราฟเพื่อใช้แยกแยะข้อมูลในแต่ละชุดได้ ซึ่งชุดข้อมูลภาพใบหน้าของแต่ละคนจะต้องมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกันแต่ในขณะเดียวกันจะต้องสามารถแยกแยะออกจากชุดกลุ่มของข้อมูลภาพใบหน้าของบุคคลอื่นได้ด้วย จึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำได้สูงขึ้นเมื่อนำชุดข้อมูลเหล่านี้ไปใช้งานต่อไป

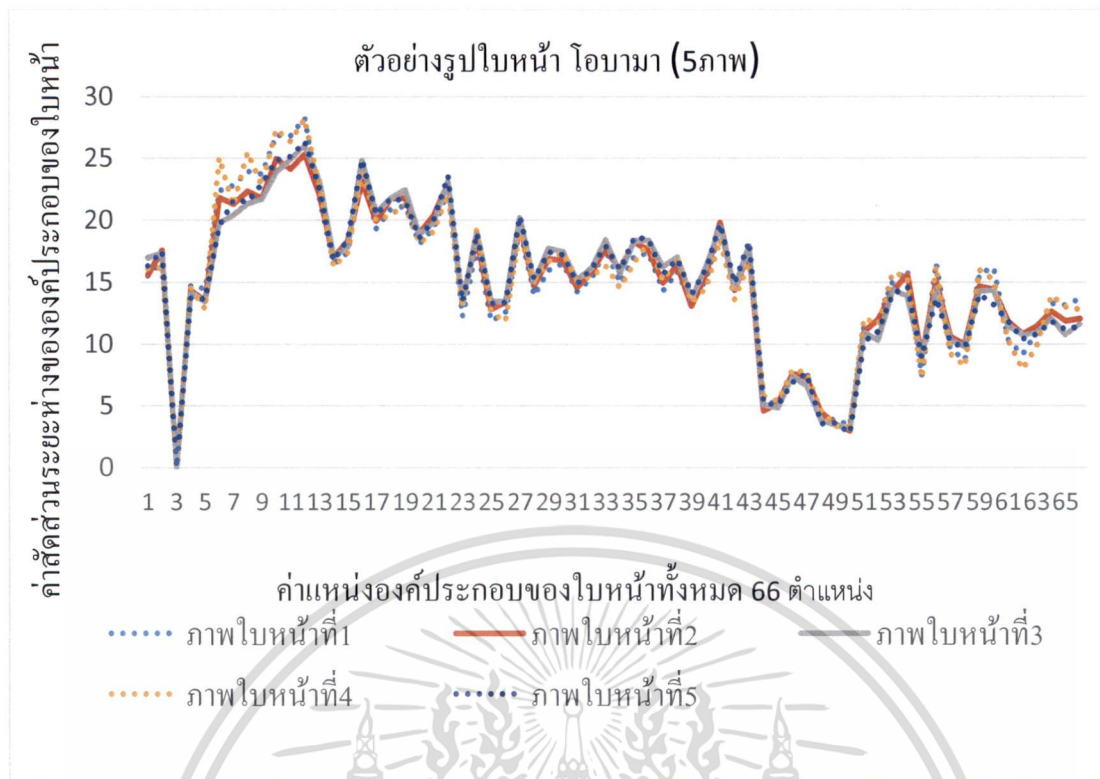
ตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง (รูปภาพใบหน้าโอบามา 5ภาพ) ที่มีการหาค่าระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า



(a) (b) (c) (d) (e)

**รูปที่ 3.18** ตัวอย่างภาพใบหน้าของบุคคลสำคัญ 5 รูปภาพ (a)รูปภาพใบหน้าโอบามาที่ 1 (b)รูปภาพใบหน้าโอบามาที่ 2 (c)รูปภาพใบหน้าโอบามาที่ 3 (d)รูปภาพใบหน้าโอบามาที่ 4 และ(e)รูปภาพใบหน้าโอบามาที่ 5

มีการตรวจจับใบหน้าที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 ครั้งเช่นเดียวกัน มีชุดข้อมูลของภาพใบหน้า 5 ชุดลำดับข้อมูล แล้วทำการเปรียบเทียบกันด้วยกราฟเส้นเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ดังรูปตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลทั้ง 5 ชุดลำดับ



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลทั้ง 5 ของกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง พบว่าบางช่วงของลำดับข้อมูลมีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 5 ชุดลำดับดังตารางข้อมูลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลรูปภาพใบหน้าที่แตกต่างกัน 5 ภาพจากตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง

ลำดับที่	องค์ประกอบบนใบหน้า (ตำแหน่งที่)					ค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้า (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)		
	รูปใบหน้าที่ลำดับที่					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	
	1	2	3	4	5			
1	16	16	17	16	16	16	17	1
2	17	18	17	16	17	16	18	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	15	14	14	15	14	14	15	1
5	14	14	13	13	14	13	14	2
6	22	22	20	25	20	20	25	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ลำดับที่	องค์ประกอบบนใบหน้า (ตำแหน่งที่)					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุด และต่ำสุดของตำแหน่งของ องค์ประกอบบนใบหน้า (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)
	รูปใบหน้าลำดับที่							
	1	2	3	4	5			
7	23	21	20	21	22	20	23	2
8	24	22	21	26	21	21	26	4
9	24	22	22	23	23	22	24	2
10	27	25	24	27	25	24	27	4
11	27	24	25	26	25	24	27	3
12	28	25	26	28	26	25	28	3
13	22	22	23	23	23	22	23	1
14	16	17	17	16	17	16	17	1
15	17	18	18	17	19	17	19	1
16	24	23	25	24	25	23	25	2
17	19	20	21	20	20	19	21	1
18	21	22	22	20	22	20	22	1
19	21	22	22	21	22	21	22	1
20	18	19	19	18	19	18	19	1
21	19	20	20	19	20	19	20	1
22	22	23	23	22	24	22	24	1
23	12	13	13	13	13	12	13	1
24	18	19	19	19	19	18	19	1
25	12	13	13	13	13	12	13	2
26	13	13	13	12	13	12	13	2
27	19	20	20	19	20	19	20	1
28	14	15	15	15	15	14	15	1
29	16	17	18	17	17	16	18	2
30	17	17	17	17	17	17	17	1
31	14	15	15	15	15	14	15	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ลำดับที่	องค์ประกอบบนใบหน้า (ตำแหน่งที่)					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุด และต่ำสุดของตำแหน่งของ องค์ประกอบบนใบหน้า (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)
	รูปใบหน้าลำดับที่							
	1	2	3	4	5			
32	15	16	16	15	16	15	16	1
33	18	18	18	16	18	16	18	2
34	15	16	16	15	16	15	16	1
35	17	18	18	17	19	17	19	2
36	17	18	18	18	18	17	18	1
37	14	15	16	15	16	14	16	2
38	16	16	17	17	17	16	17	1
39	13	13	14	13	14	13	14	1
40	15	16	16	15	16	15	16	2
41	19	20	19	18	20	18	20	1
42	14	14	14	14	15	14	15	1
43	18	18	18	17	18	17	18	2
44	6	5	5	6	5	5	6	1
45	5	5	5	5	5	5	5	1
46	7	8	7	8	7	7	8	1
47	8	7	7	8	8	7	8	1
48	4	4	4	5	4	4	5	1
49	4	4	3	3	4	3	4	1
50	3	3	3	3	3	3	3	1
51	11	11	11	12	10	10	12	2
52	12	12	10	12	11	10	12	2
53	15	14	14	16	14	14	16	2
54	16	16	14	15	15	14	16	2
55	7	9	9	7	9	7	9	2
56	17	15	15	16	14	14	17	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ลำดับที่	องค์ประกอบบนใบหน้า (ตำแหน่งที่)					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและ ต่ำสุดของตำแหน่งของ องค์ประกอบบนใบหน้า (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)
	รูปใบหน้าลำดับที่							
	1	2	3	4	5			
57	10	11	10	9	10	9	11	1
58	9	10	10	8	10	8	10	2
59	16	15	14	16	14	14	16	2
60	16	14	14	15	13	13	16	3
61	10	12	11	10	12	10	12	1
62	9	11	11	8	10	8	11	3
63	11	11	11	10	11	10	11	2
64	13	13	12	14	12	12	14	2
65	13	12	11	13	11	11	13	2
66	14	12	12	13	11	11	14	2

เช่นเดียวกับตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง (รูปภาพใบหน้าอ้อม 5ภาพ) หากนำข้อมูลมาทำการเรียงลำดับตามลำดับค่าจากค่ามากไปน้อย และแบ่งช่วงของความสัมพันธ์ที่ได้มาจากผลต่างของค่ามากที่สุดและต่ำสุดของลำดับข้อมูลค่าหนึ่งๆ ซึ่งผู้พัฒนาได้กำหนดแบ่งช่วงข้อมูลออกตามผลต่างของช่วงพิคัดที่มีค่าความสูงและความต่ำแตกต่างกันได้ออกเป็น 4ช่วง ดังตารางข้อมูลต่อไปนี้

ตารางที่ 3.6 ตารางข้อมูลแสดงผลการแบ่งออกเป็นช่วงของความสัมพันธ์ ของตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง (รูปภาพใบหน้าโอบามา 5ภาพ)

ลำดับที่	ลำดับตำแหน่งจุดบน ใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด)	ลำดับช่วงที่
1	6	4	1
2	8	4	
3	10	3	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ลำดับที่	ลำดับตำแหน่งจุดบน ใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด)	ลำดับช่วงที่	
4	60	3	2	
5	12	3		
6	56	3		
7	62	3		
8	11	2	3	
9	7	2		
10	65	2		
11	66	2		
12	64	2		
13	33	2		
14	54	2		
15	35	2		
16	9	2		
17	59	2		
18	37	2		
19	51	2		
20	58	2		
21	29	2		
22	40	2		
23	53	2		
24	16	2		
25	52	2		
26	55	2		
27	43	2		
28	5	2		
29	63	2		
30	26	2		
31	25	1		4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ลำดับที่	ลำดับตำแหน่งจุดบน ใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด)	ลำดับช่วงที่
32	34	1	4
33	13	1	
34	61	1	
35	22	1	
36	1	1	
37	24	1	
38	57	1	
39	41	1	
40	2	1	
41	28	1	
42	18	1	
43	27	1	
44	17	1	
45	21	1	
46	19	1	
47	42	1	
48	44	1	
49	23	1	
50	38	1	
51	15	1	
52	36	1	
53	46	1	
54	47	1	
55	48	1	
56	4	1	
57	39	1	
58	31	1	
59	30	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ลำดับที่	ลำดับตำแหน่งจุดบน ใบหน้า (จุดที่)	ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด)	ลำดับช่วงที่
60	20	1	4
61	32	1	
62	14	1	
63	50	1	
64	49	1	
65	45	0	
66	3	0	

จากการสังเกตข้อมูลของกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง (รูปภาพใบหน้าโอบามา 5 ภาพ) ที่มีการหาค่าระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าพบว่า เมื่อใช้เกณฑ์การแบ่งช่วงของข้อมูลของค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง (รูปภาพใบหน้าอัม 5 ภาพ) พบว่าค่าของช่วงกราฟแบ่งได้ออกมาเป็น 4 ช่วงคือ

**ตารางที่ 3.7** ตารางแสดงข้อมูลค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าโดยถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง

ช่วงที่	มีค่าผลต่างเท่ากับ
1	4
2	3
3	2
4	0 ถึง 1

ซึ่งผู้พัฒนาพบว่าค่าผลต่างโดยรวมนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่น้อยซึ่งนั่นหมายความว่าภาพใบหน้าทั้ง 5 ภาพจากกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง (รูปภาพโอบามา 5 ภาพ) นั้นมีความสัมพันธ์โดยค่าลำดับแต่ละ

ตำแหน่งบนใบหน้าที่ทั้ง 5 ภาพมีความใกล้เคียงกัน ทำให้ชุดลำดับข้อมูลนี้ น่าจะสามารถนำไปใช้ในการแยกแยกใบหน้าได้

หลังจากนั้นผู้พัฒนาได้รวบรวมกลุ่มข้อมูลรูปภาพจำนวน 55 ภาพ (มาจาก 11 บุคคล-บุคคลละ 5 ภาพ) แล้วทำการกำหนด 10 ตำแหน่งที่มีค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าที่มีค่าแตกต่างกันมาก เช่น

จากตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่หนึ่ง (รูปภาพใบหน้าที่อ้อม 5 ภาพ) คือตำแหน่งที่ 6, 7, 8, 9, 53, 2, 35, 34, 51, 10 และจากตัวอย่างกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่สอง (รูปภาพใบหน้าที่โอบามา 5 ภาพ) คือตำแหน่งที่ 6, 8, 10, 60, 12, 56, 62, 11, 7 เป็นต้น เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตำแหน่งองค์ประกอบบนใบหน้าที่อีกครั้งจากจำนวนภาพ 55 ภาพ

ซึ่งทำให้ทราบว่า มีช่วงของค่าตำแหน่งองค์ประกอบบนใบหน้าที่มีความสัมพันธ์กัน โดยใช้ความสัมพันธ์จากค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าที่ 10 ลำดับที่มากที่สุด ของแต่ละกลุ่มข้อมูลรูปภาพทั้ง 11 กลุ่ม (55 ภาพใบหน้าที่) พบว่ามีลำดับตำแหน่งใกล้เคียงกันดังนี้

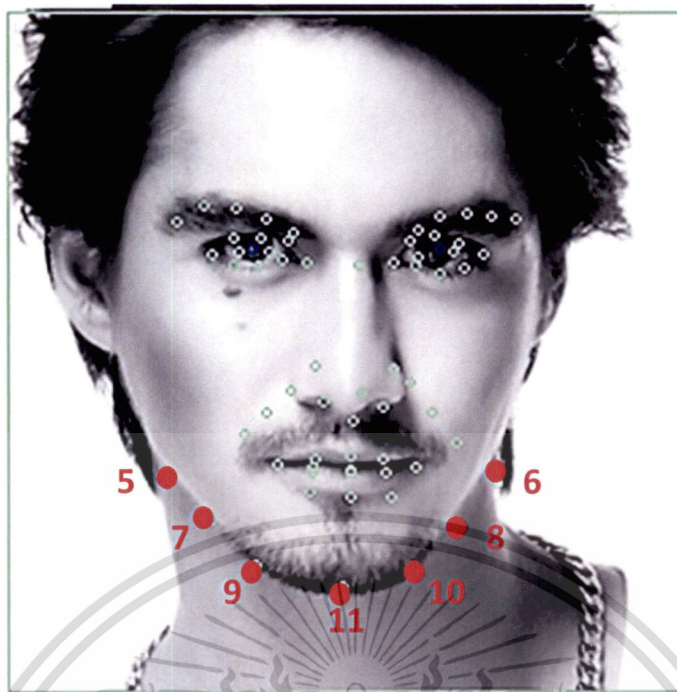
ตารางที่ 3.5 คือตารางข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์จากการหาค่าระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าที่ มีค่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของตำแหน่งขององค์ประกอบบนใบหน้าที่มากที่สุด 10 ลำดับแรก จากกลุ่มข้อมูลรูปภาพทั้ง 11 กลุ่ม (55 ภาพใบหน้าที่)

ตารางที่ 3.8 ตารางแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ตำแหน่งองค์ประกอบบนใบหน้าของกลุ่มข้อมูลรูปภาพ 11 กลุ่ม (กลุ่มละ 5 ภาพใบหน้า)

ค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด) ที่สูงสุด 10 ลำดับแรก	ลำดับที่	กลุ่มข้อมูลรูปภาพ (ในแต่ละกลุ่มประกอบด้วย 5 ภาพใบหน้า)										
		กลุ่มข้อมูลรูปภาพลำดับที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	6	7	6	7	11	8	7	61	6	7	6	
2	7	9	8	6	7	10	6	8	8	6	7	
3	8	6	10	9	9	6	9	6	10	8	9	
4	9	11	53	8	12	12	8	43	60	9	11	
5	53	12	12	11	52	11	10	10	12	54	8	
6	2	8	51	10	56	35	54	27	56	52	10	
7	35	54	16	13	10	2	1	63	62	16	12	
8	34	10	4	39	66	7	58	42	11	38	13	
9	51	53	11	63	5	16	11	40	7	24	19	
10	10	5	7	55	15	34	5	33	65	10	52	

จากตารางข้อมูลความสัมพันธ์จะพบว่าตำแหน่งองค์ประกอบบนใบหน้า ตำแหน่งที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 จะอยู่ในช่วงของ 10 ลำดับแรกสูงสุด จากการหาค่าระยะห่างของจุดบนใบหน้า (ค่าสูงสุด-ต่ำสุด) ในทุกกลุ่มข้อมูลรูปภาพทั้ง 11 กลุ่ม

สรุปจากการวิเคราะห์พบว่าตำแหน่งองค์ประกอบบนใบหน้า ที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 เป็นตำแหน่งที่ของลักษณะคางบนรูปใบหน้าที่ดังรูปที่แสดงด้านล่างนี้

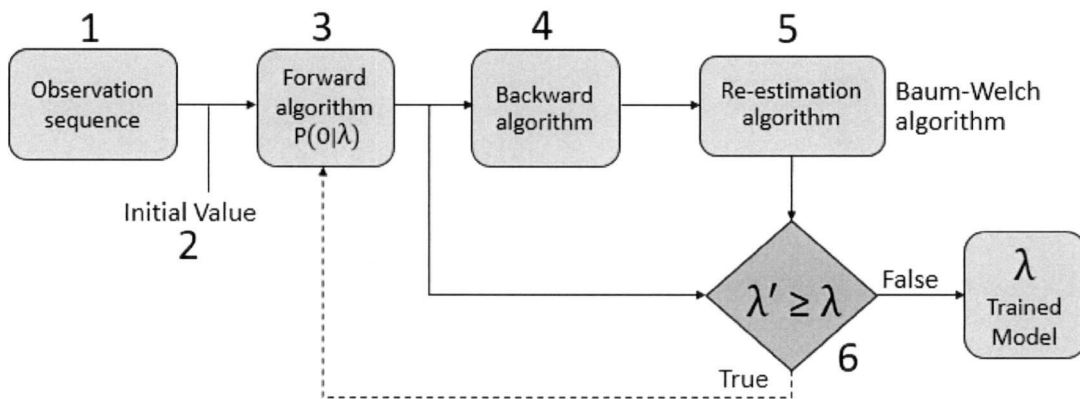


รูปที่ 3.20 ตัวอย่างภาพใบหน้าแสดงตำแหน่งของรูปลักษณะคาง

สรุปจากการวิเคราะห์จากผู้พัฒนาพบว่า กลุ่มรูปภาพที่นำมาใช้นั้น ไม่ได้มีการกำหนดให้เป็น ภาพใบหน้าตรงและลักษณะการแสดงออกของอารมณ์ เป็นส่วนที่ทำให้รูปลักษณะของคาง เปลี่ยนไปได้ นั่นหมายความว่าตำแหน่งค่าระยะห่างที่มีการคำนวณจากตำแหน่งระยะห่างจากจุด ศูนย์กลางของใบหน้าไปยังตำแหน่งบริเวณของคาง ก็จะมีค่าที่แปรผันไปด้วย หากเทียบกับ ตำแหน่งอื่นๆบนใบหน้าแล้วเช่น บริเวณของดวงตา หรือ บริเวณของจมูก ซึ่งจะมีค่าที่ค่อนข้างคงที่ หรือมีค่าความแตกต่างกันของตำแหน่งที่ไม่มาก

### 3.4 ขั้นตอนการสอน (Training)

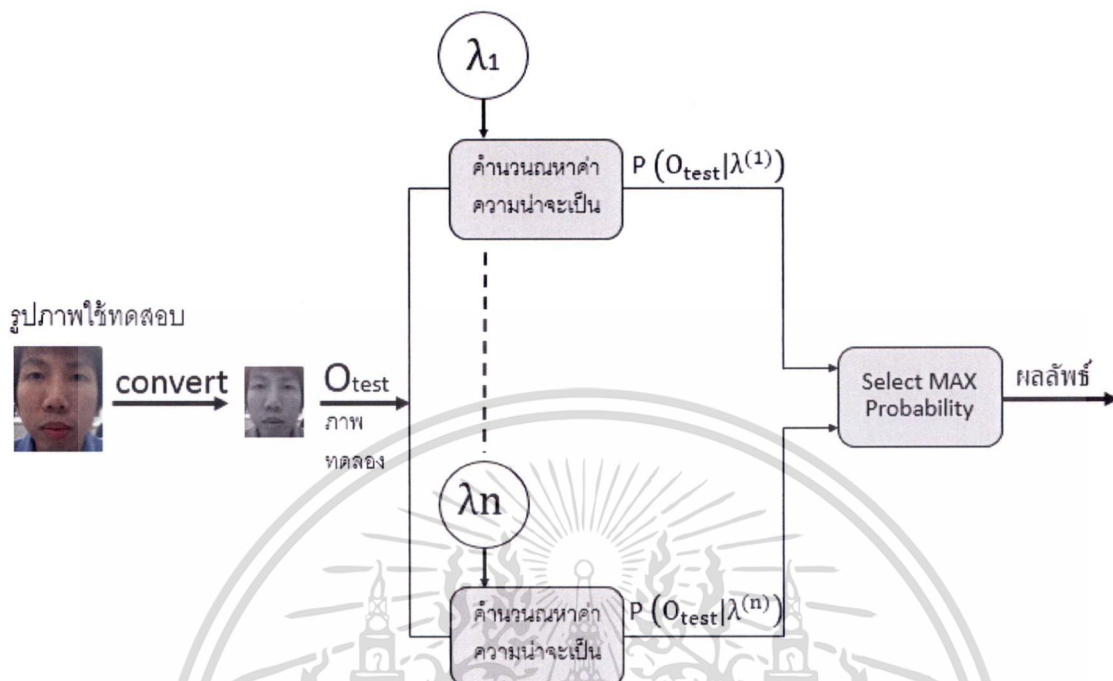
ขั้นตอนการสอนของระบบรู้จำใบหน้าด้วยวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลสามารถดำเนินการได้ โดยนำข้อมูลรูปใบหน้าที่ผ่านการปรับให้เป็นลำดับข้อมูลปรากฏ observation sequence แล้วนำชุดข้อมูลเหล่านั้นมาทำการสอนให้กับกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ตามลำดับขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.21 กระบวนการสอนกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

- เริ่มต้นกระบวนการ โดยใส่ข้อมูลรูปภาพที่ผ่านการปรับให้เป็น Observation Sequence
- ทำการสุ่มค่าพารามิเตอร์  $A, B, \pi$  ให้กับฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเพื่อที่จะนำไปเป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณค่าความน่าจะเป็น โมเดล  $\lambda$
- ทำการคำนวณค่าด้วยวิธีการวนการไปข้างหน้า Forward Algorithm ซึ่งจะได้ผลลัพธ์คือค่าความน่าจะเป็นของโมเดล
- ทำการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์จากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นระหว่างค่าของโมเดลที่คำนวณได้กับค่าของโมเดลที่คำนวณได้ก่อนหน้า จากนั้นเข้าสู่กระบวนการไปข้างหน้า Forward Algorithm และ Backward Algorithm เพื่อหาค่าผลลัพธ์ค่าความน่าจะเป็นของโมเดลอีกครั้ง และเข้าสู่ขั้นตอนการปรับค่าพารามิเตอร์ ซึ่งใช้ บอม-เวลส์อัลกอริทึม Baum-Welch algorithm ในการปรับค่าพารามิเตอร์  $A, B, \pi$  ให้ได้ค่าที่ดีขึ้น ซึ่งถ้าค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณได้ใหม่ที่มีที่ค่าน้อยลง หรือไม่มีเปลี่ยนแปลงค่าเป็นระยะเวลาาน กระบวนการสอนนี้จะหยุดกระบวนการการคำนวณ แล้วทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์  $A, B, \pi$  ซึ่งก็คือค่าโมเดลของข้อมูลรูปภาพที่ส่งเข้ามาทำการสอน กับฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

### 3.5 ขั้นตอนใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำ โดยการเปรียบเทียบหาผลลัพธ์

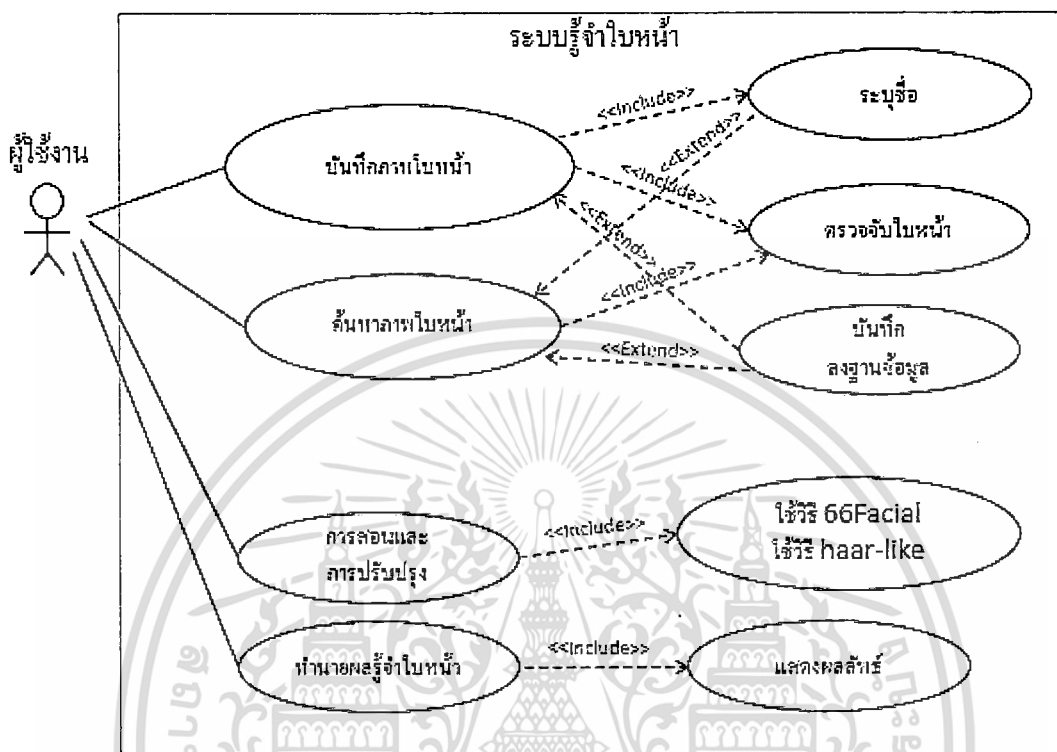


รูป 3.22 รูปแสดงขั้นตอนใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำ โดยการเปรียบเทียบหาผลลัพธ์ (Compute)

เมื่อมีการบันทึกค่าโมเดลของชุดข้อมูลจากภาพใบหน้าบุคคลที่ต้องการลงในระบบแล้ว หากมีการใช้งานระบบตรวจจับใบหน้าเกิดขึ้น ระบบจะนำชุดข้อมูลนี้ผ่านกระบวนการกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล แล้วทำการเปรียบเทียบกับทุกโมเดลที่ถูกบันทึกแล้วอยู่ในระบบ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับทุกโมเดลในระบบแล้วจะได้ผลลัพธ์ค่าความน่าจะเป็นออกมา หลังจากนั้นระบบจะเลือกค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการเปรียบเทียบโดยค่าที่มากที่สุด ระบบจะนำไปใช้เป็นผลลัพธ์ให้กับระบบการรู้จำใบหน้า

### 3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ

#### 3.6.1 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบรู้จำใบหน้า (Use Case Diagram)



รูปที่ 3.23 Use Case Diagram แสดงการทำงานของระบบรู้จำใบหน้า

จากรูปที่ 3.23 แสดงความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบรู้จำใบหน้าด้วยกลไกอัตโนมัติโดยมีการอธิบายด้วย Use Case Description ดังนี้

#### ตารางที่ 3.9 Use Case Description การบันทึกภาพใบหน้า

Use Case Name:	การบันทึกภาพใบหน้า
Scenario:	ผู้ใช้ทำการบันทึกภาพใบหน้าจากการตรวจจับด้วยกล้องเว็บแคม โดยจะต้องระบุชื่อแล้วทำการบันทึกหลักฐานข้อมูลของระบบรู้จำใบหน้า
Triggering Event:	ผู้ใช้ต้องการบันทึกข้อมูลภาพใบหน้าด้วยการตรวจจับผ่านกล้องเว็บแคม ลงฐานข้อมูลระบบรู้จำใบหน้า
Brief Description:	ผู้ใช้ต้องการตรวจจับใบหน้าแล้วทำการระบุชื่อของตนเอง จากนั้นก็ทำการบันทึกหลักฐานข้อมูลระบบรู้จำใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

Actors:	1. ผู้ใช้งาน	
Related Use Case:	-	
Pre-conditions:	<p>1. ผู้ใช้ต้องอยู่ในแนวใบหน้าตั้งตรงในบริเวณของการรับภาพจากกล้อง เพื่อให้กล้องเริ่มทำการตรวจจับใบหน้า</p> <p>2. ผู้ใช้จะต้องบันทึกภาพใบหน้าจำนวน 1 รูปขึ้นไปให้กับระบบ</p> <p>3. ผู้ใช้จะต้องทำการระบุชื่อทุกครั้งในการบันทึกภาพใบหน้า</p>	
Post-conditions:	ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลภาพใบหน้า เพื่อใช้สำหรับการสร้างโมเดลให้กับใบหน้า	
Flow of Activity	Actor	System
	<p>1. ผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มทำการตรวจจับใบหน้าจากกล้องเว็บแคม</p> <p>2. ผู้ใช้กดปุ่ม Stop เมื่อต้องการหยุดการตรวจจับภาพจากกล้องเว็บแคม เป็นการหยุดภาพเพื่อให้ได้ภาพใบหน้าที่ต้องการบันทึกลงระบบ</p> <p>3. เมื่อระบบทำการตรวจจับใบหน้าจากกล้องได้แล้ว ให้ผู้ใช้ทำการระบุชื่อที่ต้องการบันทึกภาพใบหน้า</p> <p>4. ผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Capture เพื่อให้ระบบทำการบันทึกภาพใบหน้า</p>	<p>1. ระบบแสดงผลการตรวจจับใบหน้าที่บันทึกหน้าจอบนหน้าจอแสดงผล</p> <p>2. ระบบแสดงรายชื่อผู้ใช้ที่ทำการบันทึกภาพจากการตรวจจับใบหน้าด้วยกล้องเว็บแคมบนหน้าจอแสดงผล</p>
Exception conditions:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 Use Case Description การค้นหาภาพใบหน้า

Use Case Name:	การค้นหาภาพใบหน้า	
Scenario:	ผู้ใช้ทำการค้นหาภาพใบหน้าจากการกดปุ่ม Browse โดยจะต้องระบุชื่อแล้วทำการบันทึกลงฐานข้อมูลของระบบรู้จำใบหน้า	
Triggering Event:	ผู้ใช้ต้องการบันทึกข้อมูลภาพใบหน้าด้วยการใช้ภาพนิ่งจากการค้นหาภาพลงฐานข้อมูลระบบรู้จำใบหน้า	
Brief Description:	ผู้ใช้ทำการค้นหาภาพหนึ่งที่เป็นรูปภาพใบหน้าตั้งตรงแล้วทำการระบุชื่อของตนเอง จากนั้นก็ทำการบันทึกลงฐานข้อมูลระบบรู้จำใบหน้า	
Actors:	1. ผู้ใช้งาน	
Related Use Case:	-	
Pre-conditions:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ใช้จะต้องเลือกใช้รูปภาพใบหน้าอยู่ในแนวตั้งตรงและแสดงใบหน้าที่ปกติ</li> <li>2. ผู้ใช้จะต้องบันทึกภาพใบหน้าจำนวน 1 รูปขึ้นไปให้กับระบบ</li> <li>3. ผู้ใช้จะต้องทำการระบุชื่อทุกครั้งในการบันทึกภาพใบหน้า</li> </ol>	
Post-conditions:	ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลภาพใบหน้า เพื่อใช้สำหรับการสร้างโมเดลให้กับใบหน้า	
Flow of Activity	Actor	System
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ใช้ทำการค้นหาและทำการเลือกภาพจากการกดปุ่ม Browse ที่แสดงอยู่บนหน้าจอแสดงผล</li> <li>2. ทำการระบุชื่อที่ต้องการบันทึกภาพใบหน้า</li> <li>3. ทำการกดปุ่ม Capture เพื่อให้ระบบทำการบันทึกภาพใบหน้า</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระบบจะทำการแสดงผลการตรวจจับภาพใบหน้าจากภาพนิ่งที่ผู้ใช้ได้ทำการค้นหา</li> <li>2. ระบบแสดงรายชื่อผู้ใช้ที่ทำการบันทึกภาพจากการตรวจจับใบหน้าด้วยการค้นหบนหน้าจอแสดงผล</li> </ol>
Exception conditions:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 Use Case Description การสอนและการปรับปรุง

Use Case Name:	การสอนและการปรับปรุง	
Scenario:	หลังจากที่ผู้ใช้ทำการบันทึกภาพใบหน้าลงสู่ระบบแล้ว จะต้องทำการสอนเพื่อสร้างเป็นข้อมูลโมเดลให้กับภาพใบหน้าที่ถูกบันทึกโดยระบบ	
Triggering Event:	ผู้ใช้ต้องการสร้างโมเดลจากภาพใบหน้าที่บันทึกไว้ เพื่อนำไปใช้ในการทำนายผลการรู้จำใบหน้า	
Brief Description:	หลังจากที่ผู้ใช้ทำการบันทึกภาพใบหน้าลงระบบเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้ต้องทำการกดปุ่ม Train บนระบบเพื่อสร้างโมเดลให้กับข้อมูลภาพใบหน้า	
Actors:	1. ผู้ใช้งาน	
Related Use Case:	-	
Pre-conditions:	1. ผู้ใช้ต้องทำการเลือกรายชื่อที่ต้องการให้ให้ระบบสร้าง โมเดล	
Post-conditions:	ระบบจะทำการสร้าง โมเดลจากข้อมูลรูปภาพที่ถูกบันทึกเข้ามา โดยระบบจะสร้าง โมเดลตามรายชื่อที่ผู้ใช้เลือกเท่านั้น	
Flow of Activity	Actor	System
	1. ผู้ใช้ทำการเลือกรายชื่อที่ต้องการสร้างโมเดล 2. ผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Train เพื่อทำสร้างโมเดลจากรายชื่อที่ผู้ใช้เลือกไว้หรือหากต้องการปรับปรุงการสอน ให้ผู้ใช้กดปุ่ม Train ซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้ได้ค่าโมเดลใหม่	1. ระบบแสดงผลสถานะการสร้างโมเดลบนหน้าจอแสดงผล 2. ระบบทำการบันทึกค่าโมเดล (Dat File) ซึ่งมีจำนวนตามรายชื่อที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกไว้
Exception conditions:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 Use Case Description ทำนายผลรู้จำใบหน้า

Use Case Name:	ทำนายผลรู้จำใบหน้า	
Scenario:	ผู้ใช้งานทำนายผลรู้จำใบหน้าโดยการใส่ภาพใบหน้าให้กับระบบ จากนั้นระบบจะทำการคำนวณการรู้จำใบหน้าโดยแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นลำดับความน่าจะเป็น	
Triggering Event:	ผู้ใช้ต้องการทำนายผลการรู้จำใบหน้า	
Brief Description:	หลังจากที่ผู้ใช้งานทำการบันทึกภาพใบหน้าลงระบบเรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องการทำนายผลการรู้จำใบหน้า ผู้ใช้จะต้องทำการตรวจจับใบหน้าด้วยกล้องเว็บแคมหรือใช้ภาพนิ่งด้วยการค้นหาภาพใบหน้า เมื่อกดปุ่ม Compute ระบบจะทำการคำนวณและแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นลำดับความน่าจะเป็นบนหน้าจอแสดงผล	
Actors:	1. ผู้ใช้งาน	
Related Use Case:	-	
Pre-conditions:	1. ผู้ใช้ต้องเคยบันทึกภาพใบหน้าไว้เรียบร้อยแล้ว 2. ผู้ใช้ตรวจจับใบหน้าด้วยกล้องเว็บแคม หรือใช้ภาพนิ่งด้วยการค้นหา	
Post-conditions:	ระบบจะทำการแสดงผลลัพธ์การคำนวณ	
Flow of Activity	Actor	System
	1. ผู้ใช้ทำการตรวจจับใบหน้าจากกล้องเว็บแคม โดยทำการกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มทำการตรวจจับใบหน้าจากนั้นกดปุ่ม Stop เมื่อต้องการหยุดการตรวจจับภาพจากกล้องเว็บแคม หรือ	1. ระบบแสดงผลการตรวจจับใบหน้าบนหน้าจอแสดงผล
	2. ผู้ใช้สามารถทำการค้นหาภาพจากการกดปุ่ม Browse ที่แสดงอยู่บนหน้าจอแสดงผล	2. ระบบแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นลำดับความน่าจะเป็นบนหน้าจอแสดงผล
		3. ระบบแสดงผลลัพธ์รูปภาพใบหน้าที่มีค่าความน่าจะเป็นลำดับสูงสุดบนหน้าจอแสดงผล

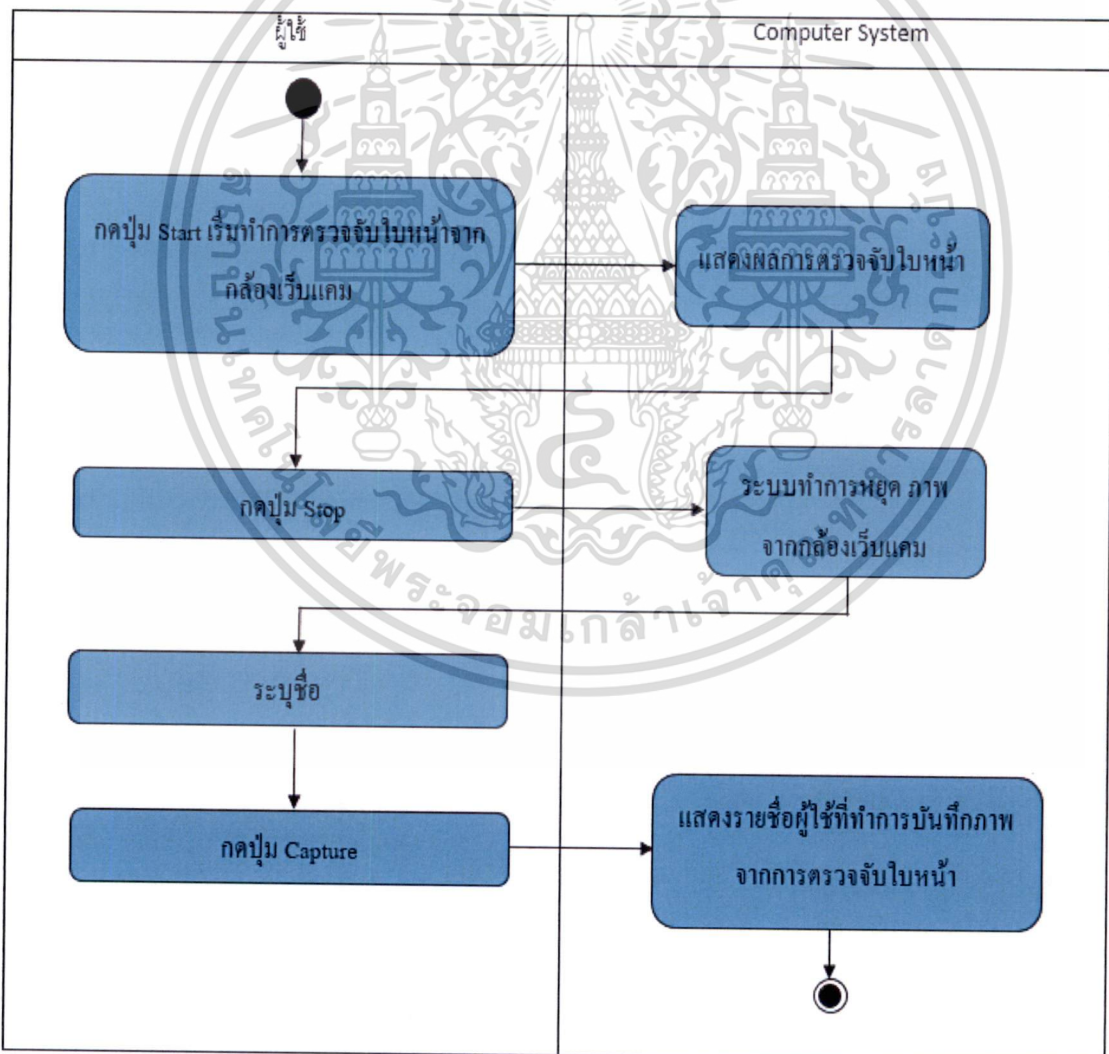
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 (ต่อ)

Flow of Activity	Actor	System
	3. ผู้ใช้กดปุ่ม Compute เพื่อคำนวณผลการรู้จำใบหน้า	
Exception conditions		

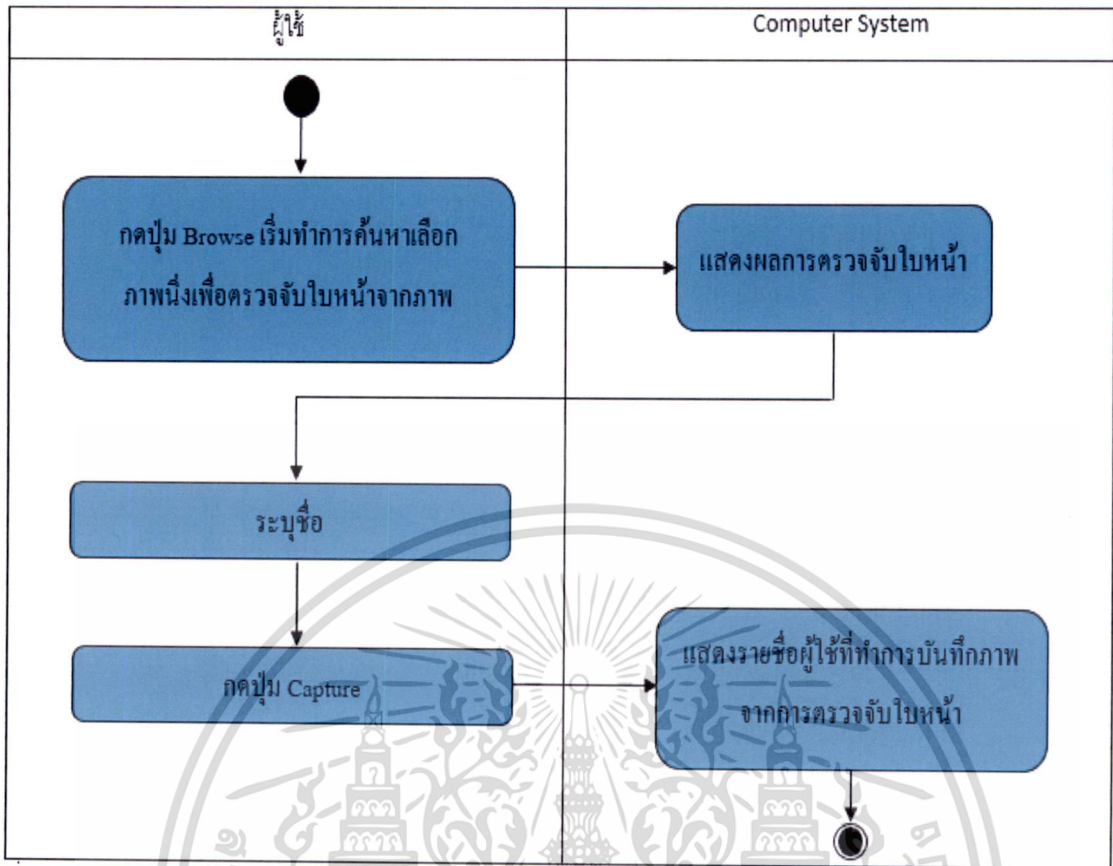
### 3.6.2 แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram)

จากการออกแบบแผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้จะต้องมีแผนภาพกิจกรรมเพื่อแสดงขั้นตอนของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในระบบดังนี้

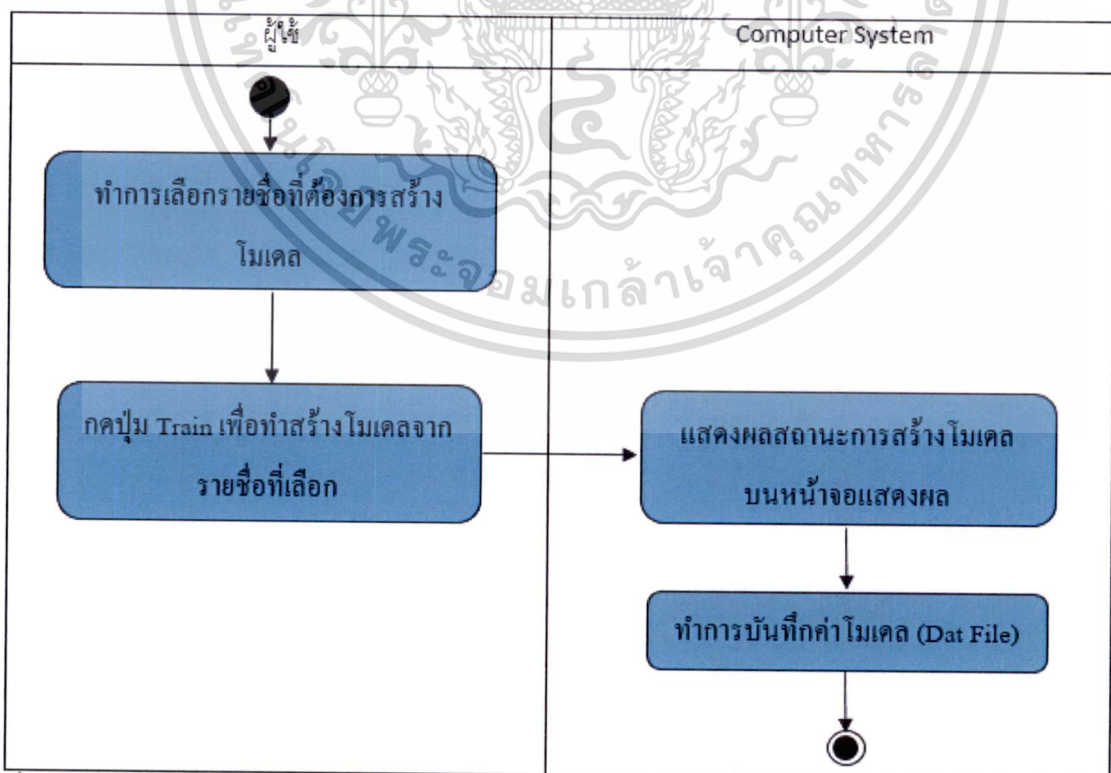


รูปที่ 3.24 Activity Diagram การบันทึกภาพใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

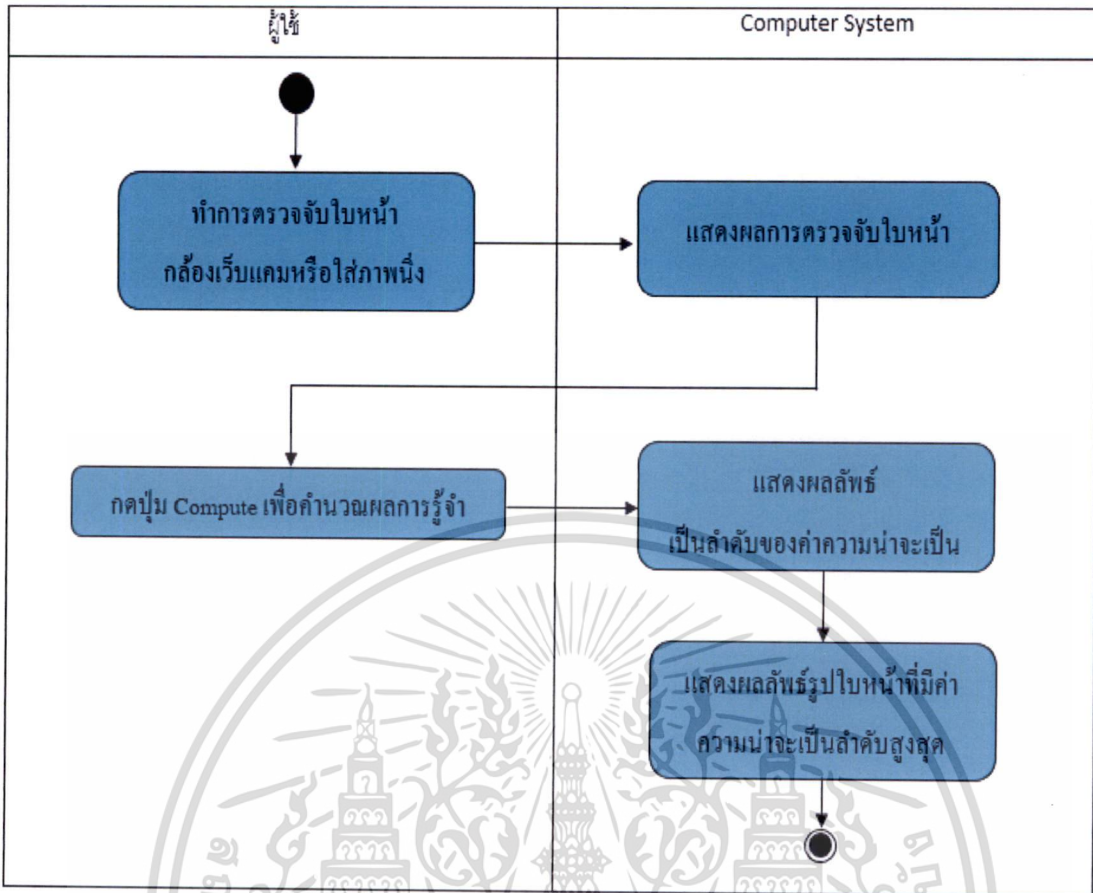


รูปที่ 3.25 Activity Diagram การค้นหาภาพใบหน้า



รูปที่ 3.26 Activity Diagram การสอนและการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



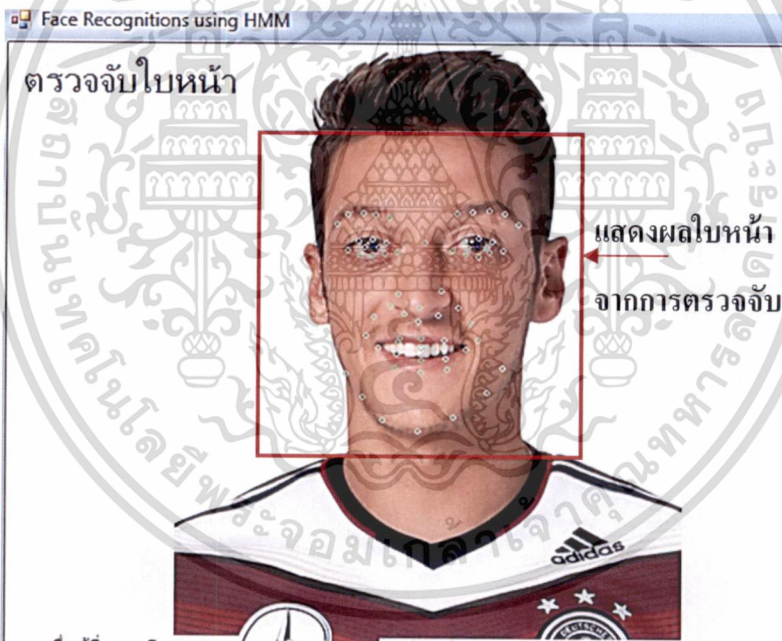
รูปที่ 3.27 Activity Diagram การทำนายผลการรู้จำ

### 3.7 หน้าจอส่วนที่ติดต่อกะหว่างผู้ใช้และโปรแกรม (User Interface)

บนหน้าจอการใช้งานโปรแกรมรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ผู้ใช้สามารถเลือกใช้การตรวจจับใบหน้าได้จากกล้องเว็บแคมหรือจากการค้นหารูปถ่ายภาพใบหน้าตรงด้วยปุ่ม Browse ได้ ซึ่งเมื่อมีการเริ่มต้นส่งรูปใบหน้าเข้าไปให้ระบบแล้ว โปรแกรมจะทำการตรวจจับบริเวณใบหน้า จากนั้นก็จะมีแสดงผลออกมาบนหน้าจอด้านบนซ้าย



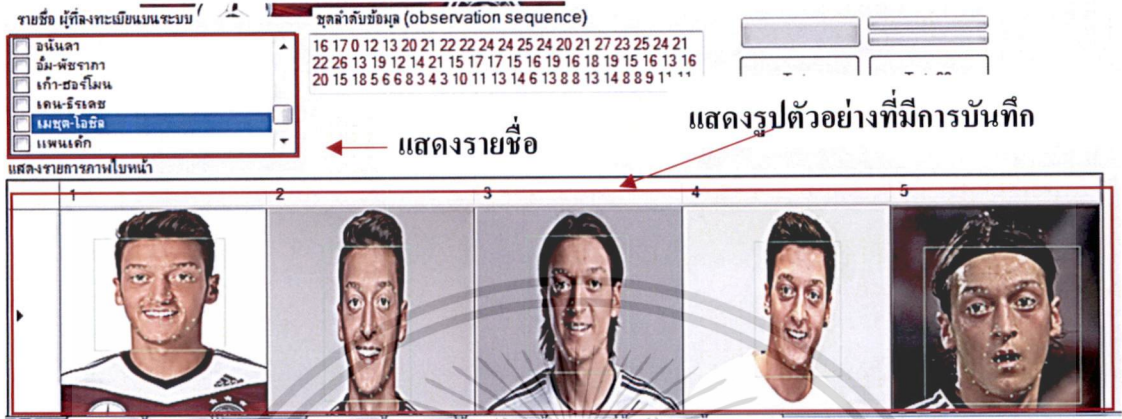
รูปที่ 3.28 หน้าจอของโปรแกรม ส่วนของการทำงาน



รูปที่ 3.29 หน้าจอของโปรแกรม ในส่วนของการรับภาพ

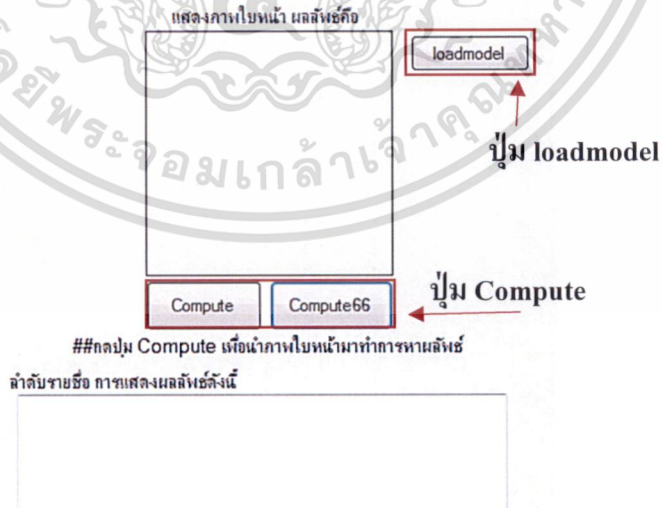
ระบบสามารถแสดงลำดับตัวเลขข้อมูลให้ผู้ใช้หรือผู้ที่ต้องการพัฒนาต่อเห็นด้วย เนื่องจากระบบจะนำข้อมูลเหล่านี้ไปคำนวณต่อไปในขั้นตอนมาร์คออฟโมเดล ซึ่งหากผู้ใช้ต้องการบันทึกภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้ลงในระบบ ก็สามารถระบุชื่อ แล้วกดปุ่ม Capture เพื่อบันทึก จากนั้นในขั้นตอนการสอน สามารถทำการกดปุ่ม Train เพื่อให้ระบบทำการสอนเพื่อใบหน้า ซึ่งผู้ใช้สามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกรายชื่อที่ระบบแสดงออกมาบริเวณกล่องซ้ายมือ เมื่อเลือกรายชื่อใดรายชื่อหนึ่งแล้วระบบจะแสดงรูปตัวอย่างที่มีการบันทึกไว้ก่อนหน้านี้แล้ว



รูปที่ 3.30 ส่วนของการแสดงรายชื่อสมาชิกที่ถูกบันทึก

ระบบจะแสดงผลลัพธ์ของใบหน้าที่คำนวณออกมาได้ โดยเมื่อผู้ใช้ทำการตรวจจับใบหน้าหรือค้นหาใบหน้าจากรูปนิ่งใบหน้าตรง แล้วทำการโหลดโมเดลด้วยการกดปุ่ม loadmodel ที่บริเวณด้านขวา เมื่อผู้ใช้ทำการโหลดโมเดลมาแล้วก็ทำการกดปุ่ม Compute เพื่อให้ระบบทำการคำนวณผล และจะแสดงผลลัพธ์ออกมาที่ ลำดับรายชื่อการแสดงผลลัพธ์ และแสดงรูปภาพใบหน้าของผลลัพธ์ที่ได้ออกมาให้ผู้ใช้เห็น



รูปที่ 3.31 ส่วนของการแสดงรายชื่อผลลัพธ์จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 สรุปเนื้อหาการออกแบบและพัฒนา

เนื้อหาภายในบทการออกแบบและพัฒนา ได้มีการกล่าวถึงขอบเขตการพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าด้วยวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ประกอบด้วยอุปกรณ์และขั้นตอนวิธีการเก็บข้อมูลใบหน้าที่สำคัญ โดยสองวิธีการที่ผู้พัฒนานำมาเสนอคือวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรงและวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสามารถดึงลักษณะบนใบหน้าออกมาได้ มีการอธิบายการปรับข้อมูลภาพใบหน้าเพื่อนำไปใช้กับกระบวนการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล จากนั้นเป็นขั้นตอนการสอนเพื่อสร้างโมเดลให้กับรูปภาพใบหน้า และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบค่าเพื่อหาผลลัพธ์ให้กับระบบ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อดีที่ผู้พัฒนาได้พบในวิธีการที่นำเสนอออกมา มีจุดมุ่งหมายให้ผู้ที่กำลังศึกษาและสนใจสามารถนำผลจากการวิเคราะห์ไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นได้



## บทที่ 4

### การทดลอง

บทนี้เป็นการทดลองเพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์ของระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล จากการใช้วิธีการเก็บข้อมูลภาพใบหน้าและปรับอยู่ในรูปของข้อมูลปรากฏที่เป็นลำดับให้กับวิธีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเพื่อทำการรู้จำใบหน้า ซึ่งผู้พัฒนาได้นำเสนอวิธีการสแกนพิกเซลสภาพใบหน้าตรง และวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าที่จะนำมาใช้กับฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำ ในการทดลองนี้ผู้พัฒนาได้รวบรวมกลุ่มรูปภาพที่ใช้ในการทดลอง (ภาพนิ่ง) จำนวน 150 รูปภาพที่แตกต่างกัน และในที่สุดท้ายของบทจะเป็นส่วนของการวิเคราะห์ผลที่ได้และปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อผลการทดลองครั้งนี้

#### 4.1 การทดลองระบบการรู้จำใบหน้าด้วยวิธีการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

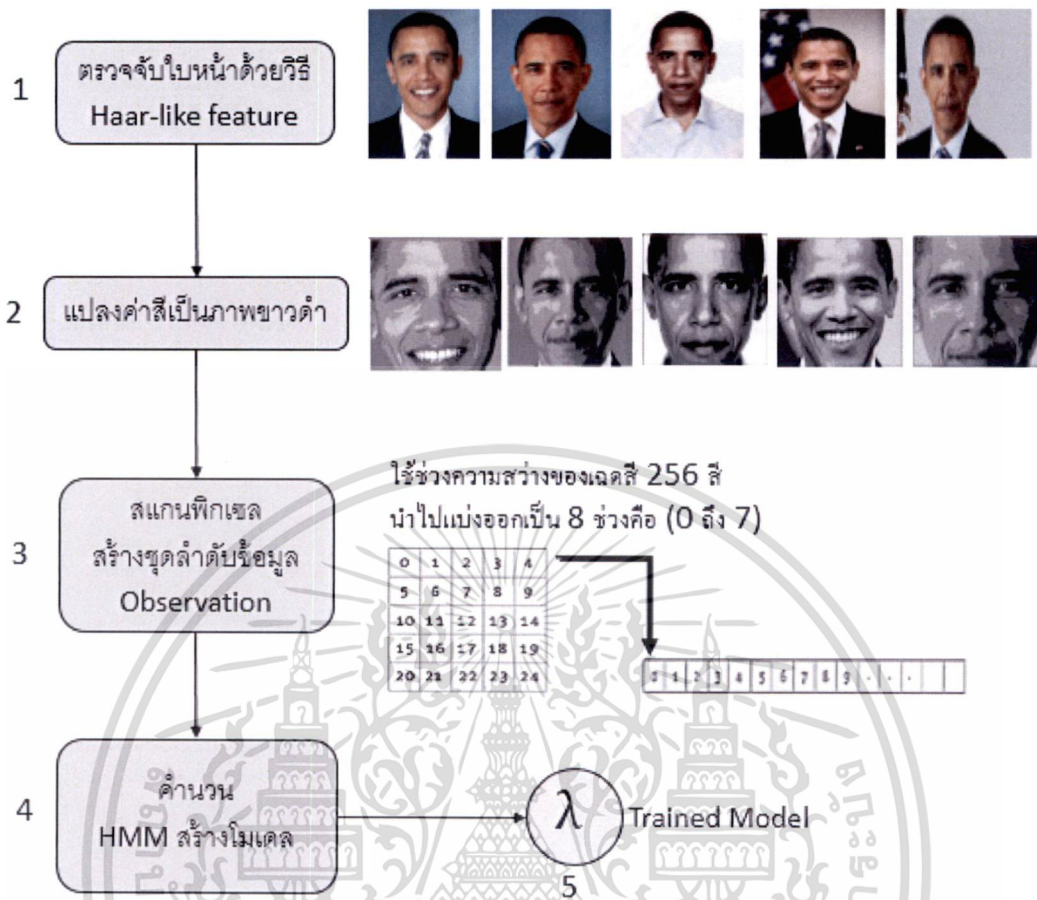
##### 4.1.1 การทดลองในขั้นตอนการสอน

การทดลองของระบบการรู้จำใบหน้า เริ่มต้นจากขั้นตอนการสอน ซึ่งในการทดลองนี้เป็นการนำข้อมูลภาพของใบหน้ามาที่ผ่านกระบวนการเก็บค่าที่แตกต่างกัน เข้าสู่วิธีการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล จากนั้นก็จะทำการสร้างโมเดลให้กับภาพใบหน้า และบันทึกเก็บค่าโมเดลของภาพใบหน้า นั้นๆ

ขั้นตอนการสอน จากภาพใบหน้าที่ผ่านกระบวนการสแกนพิกเซลสภาพใบหน้าตรง เป็นขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพที่มีการกำหนดบริเวณให้ได้เฉพาะส่วนที่เราสนใจ โดยอาศัยหลักการตรวจจับด้วยวิธีฮาร์ไลท์ พีเจอร์ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลส่วนเฉพาะของใบหน้า ที่จะประกอบไปด้วยเช่น ตา หู ปาก จมูก คิ้ว เป็นต้น และรายละเอียดการทำงาน ผู้พัฒนาได้อธิบายขั้นตอนการประยุกต์เพื่อนำมาใช้งานไว้แล้วในบทที่ 3 โดยขั้นตอนการสร้างโมเดลของระบบรู้จำใบหน้ามีลำดับขั้นตอนดังนี้

- ทำการบันทึกรูปและกำหนดชื่อให้กับรูปภาพใบหน้า ซึ่งในการทดลองผู้ทำการทดลองได้กำหนดให้แต่ละภาพใบหน้ามีภาพใบหน้าที่แตกต่างกัน 5 ภาพ
- เมื่อบันทึกภาพใบหน้าและกำหนดชื่อให้กับภาพทั้งหมดแล้ว ระบบรู้จำที่ใช้ในการทดลองนี้จะมีการแสดงรายชื่อของรูปภาพที่บันทึกลงไป จากนั้นก็ทำการเลือกรายชื่อเพื่อทำการสอนในการสร้างโมเดลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



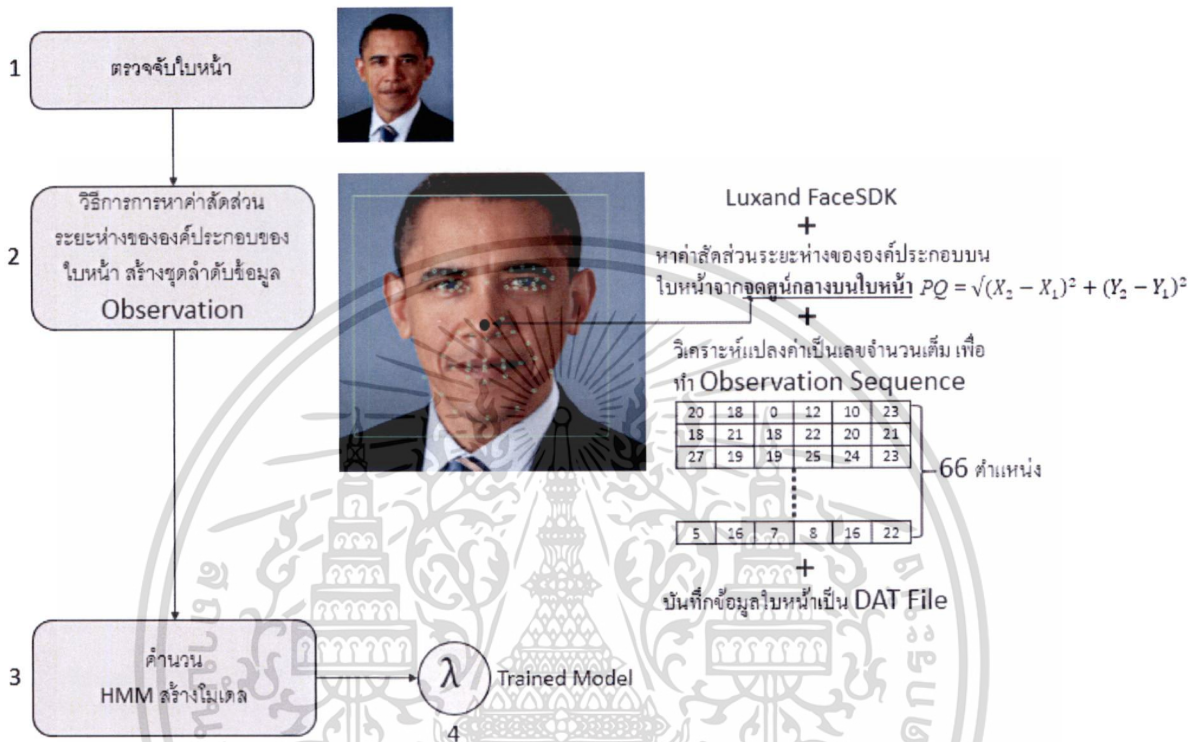
รูปที่ 4.1 รูปแสดงตัวอย่างการสร้างโมเดลจากข้อมูลภาพใบหน้าโดยใช้วิธีการสแกนพิกเซลภาพ  
ใบหน้าตรง

รูปที่ 4.1 เป็นตัวอย่างแสดงขั้นตอนในการทดลอง จากรูปภาพโอบามา (จำนวน 5 รูป) โดยเริ่มต้น  
จาก

- ขั้นตอนที่หนึ่งทำการตรวจจับภาพใบหน้าทั้ง 5 ภาพ
- ขั้นตอนที่สองแปลงค่าสีจากภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ
- ขั้นตอนที่สามเข้าสู่วิธีการสแกนพิกเซลใบหน้าตรงเพื่อสร้างชุดลำดับข้อมูล
- ขั้นตอนที่สี่เข้าสู่วิธีการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเพื่อสร้าง โมเดลใหม่จากชุดลำดับข้อมูล  
ในขั้นตอนที่สาม
- ขั้นตอนที่ห้าได้ผลลัพธ์ค่าโมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการสอน จากภาพใบหน้าผ่านวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า มีลำดับขั้นตอนวิธีการที่แตกต่างกับขั้นตอนการสอนจากภาพใบหน้าผ่านกระบวนการวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง โดยมีการสรุปขั้นตอนดังรูปภาพที่ 4.2



รูปที่ 4.2 รูปแสดงตัวอย่างการสร้างโมเดลจากข้อมูลภาพใบหน้าโดยใช้วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

รูปที่ 4.2 เป็นตัวอย่างแสดงขั้นตอนในการทดลอง จากรูปภาพโอบามา โดยเริ่มต้นจาก

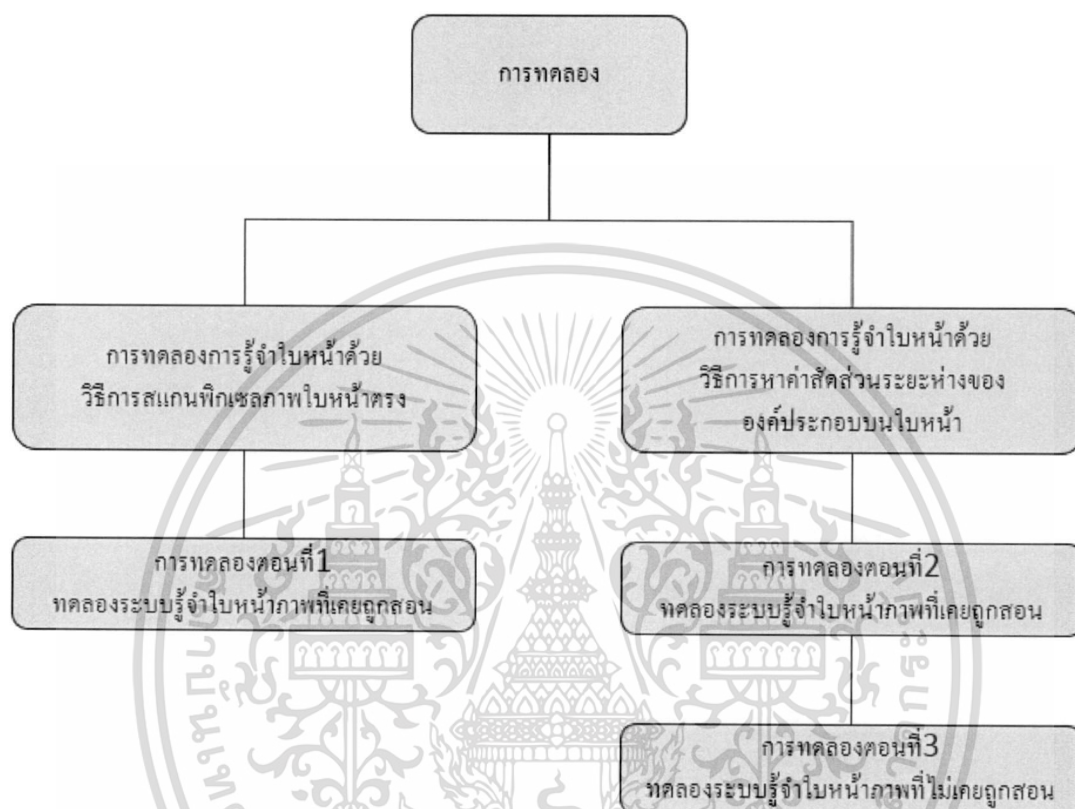
- ขั้นตอนที่หนึ่งทำการตรวจจับภาพใบหน้ารูปภาพโอบามา
- ขั้นตอนที่สองเข้าสู่วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า
- ขั้นตอนที่สามเข้าสู่วิธีการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเพื่อสร้างโมเดลใหม่จากชุดลำดับข้อมูลในขั้นตอนที่สอง
- ขั้นตอนที่สุดได้ผลลัพธ์ค่าโมเดล

ในการทดลองนี้มีการสร้างโมเดลจากภาพใบหน้าจำนวนทั้งหมด 100 รูปภาพ โดยแต่ละโมเดลได้สร้างจากภาพใบหน้าจำนวน 5 ภาพ แสดงว่ามีจำนวนโมเดล 20 โมเดลในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

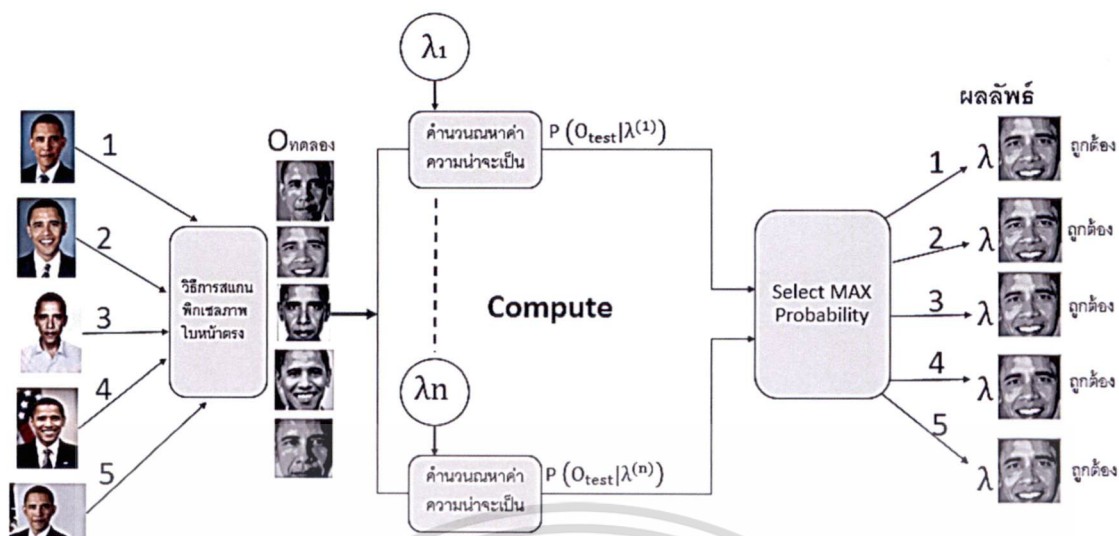
#### 4.1.2 การทดลองในขั้นตอนการรู้จำ

เมื่อได้ทำการสร้างโมเดลจากขั้นตอนการสอนเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะเป็นการทดลองของขั้นตอนการรู้จำของระบบการรู้จำใบหน้า โดยได้แบ่งการทดลองการรู้จำใบหน้าออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

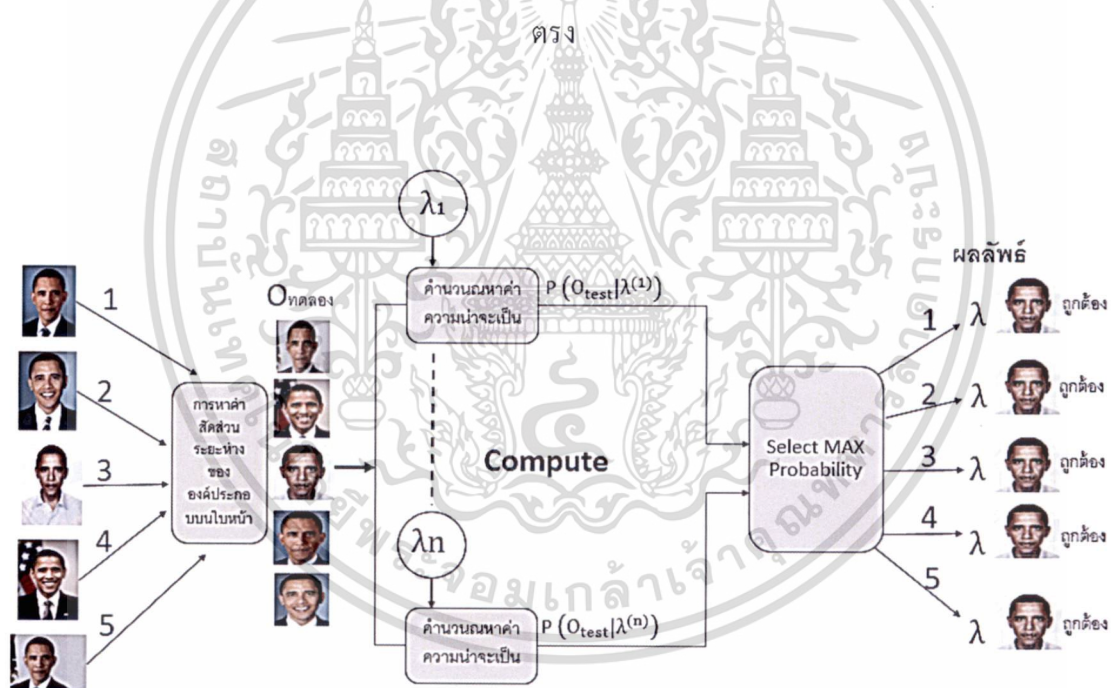


รูปที่ 4.3 อธิบายการแบ่งการทดลองของระบบการรู้จำออกเป็น 3 ตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการทดลองขั้นตอนการรู้จำใบหน้าด้วยกระบวนการวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้า



รูป 4.5 ตัวอย่างการทดลองขั้นตอนการรู้จำใบหน้าด้วยวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาผลลัพธ์ของระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลทั้งแบบข้อมูลที่ได้จากกระบวนการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรงและวิธีการนี้จะมีขั้นตอนการใช้ระบบหาผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

หลังจากที่มีการสอนให้กับรูปภาพใบหน้าทั้ง 100 รูปเพื่อสร้างเป็นโมเดลเป็นจำนวน 20 โมเดลของทั้ง 2 กระบวนการที่มีการเก็บข้อมูลภาพแตกต่างกัน

ขั้นตอนการทดลองภาพที่เคยถูกสอน เป็นขั้นตอนการนำกลุ่มข้อมูลรูปภาพ ที่เคยผ่านการสอนและถูกสร้างเป็น โมเดลไปแล้วเรียบร้อยแล้วให้นำกลับมาทำการทดสอบผลการการรู้จำในการทดลองนี้จะเป็นการนำกลุ่มรูปภาพทั้ง 100 รูปมาทำการทดลองผลการรู้จำผ่านระบบ

ขั้นตอนการภาพที่ไม่เคยถูกสอน เป็นขั้นตอนการนำกลุ่มข้อมูลรูปภาพจำนวน 50 รูปภาพที่ได้ผ่านกระบวนการสอนมาก่อน มาทำการทดลองกับระบบรู้จำใบหน้า ทีละหนึ่งรูปแล้วทำการบันทึกผล

#### 4.1.3 จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อทำการทดลองระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

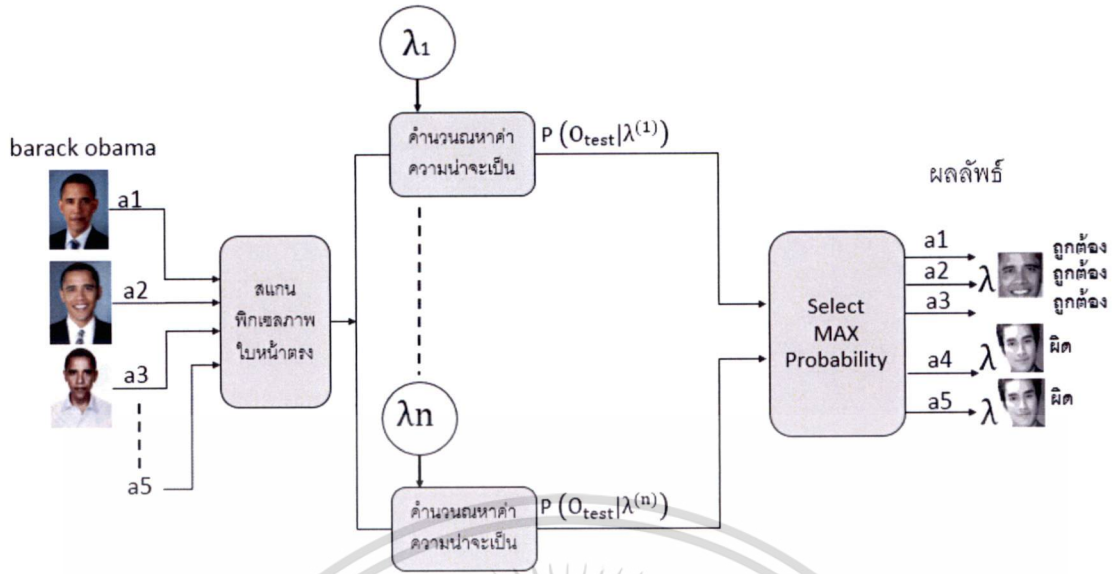
#### 4.1.4 วิธีการดำเนินการ

1. เริ่มทำการตรวจจับใบหน้าจากรูปภาพที่เตรียมไว้จำนวน 100 รูปภาพ แล้วดำเนินการนำกลุ่มรูปภาพเหล่านั้นเข้าสู่ขั้นตอนการสอนดังที่ได้อธิบายขั้นตอนในขั้นตอนการสอนในการทดลองทั้งข้อมูลที่ได้จากวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง และวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

2. ทำการทดลองด้วยภาพที่เคยถูกสอน โดยใช้กลุ่มรูปภาพที่เคยผ่านการสอนมาแล้วทั้งหมด 100 รูป จากนั้นทำการบันทึกผล

3. ทำการทดลองด้วยภาพที่ไม่เคยถูกสอน โดยใช้กลุ่มรูปภาพที่ไม่เคยผ่านการสอนมาก่อนทั้งหมด 50 รูป จากนั้นทำการบันทึกผล

4. เมื่อบันทึกค่าเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการสรุปและวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลต่อ ระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล



รูปที่ 4.6 รูปภาพแสดงแบบจำลองตัวอย่างการทดสอบการรู้จำใบหน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างตารางการบันทึกลำดับการทดสอบการรู้จำใบหน้าและผลลัพธ์

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับรูปภาพ	ผลลัพธ์
1	Barack Obama	a1	ถูกต้อง
2	Barack Obama	a2	ถูกต้อง
3	Barack Obama	a3	ถูกต้อง
4	Barack Obama	a4	ผิด
5	Barack Obama	a5	ผิด

จากรูปตัวอย่าง 4.6 และ 4.7 คือตัวอย่างจำลอง เพื่อแสดงให้เห็นถึงวิธีการบันทึกผลลัพธ์และคำนวณอัตราการรู้จำใบหน้าซึ่งจากตัวอย่างจำลองนี้คำนวณได้เป็น 60% โดยคำนวณจากผลลัพธ์ที่ถูกต้องจำนวนทั้ง 3 ครั้ง จากการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดลองระบบการรู้จำใบหน้าด้วยวิธีของอิดเดนมาร์คอฟโมเดล

ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการสแกนฟิกเซลภาพใบหน้าตรง

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับรูปภาพ	ผลลัพธ์	ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับรูปภาพ	ผลลัพธ์
1	Barack Obama	1	ถูก	22	คิมเบอร์ลี่	2	ผิด
2	Barack Obama	2	ถูก	23	คิมเบอร์ลี่	3	ผิด
3	Barack Obama	3	ถูก	24	คิมเบอร์ลี่	4	ผิด
4	Barack Obama	4	ผิด	25	คิมเบอร์ลี่	5	ผิด
5	Barack Obama	5	ถูก	26	ชาคริต แย้มนาม	1	ผิด
6	เมซุต-โอซิล	1	ผิด	27	ชาคริต แย้มนาม	2	ผิด
7	เมซุต-โอซิล	2	ผิด	28	ชาคริต แย้มนาม	3	ผิด
8	เมซุต-โอซิล	3	ผิด	29	ชาคริต แย้มนาม	4	ผิด
9	เมซุต-โอซิล	4	ผิด	30	ชาคริต แย้มนาม	5	ผิด
10	เมซุต-โอซิล	5	ผิด	31	ชันนี่ แอมฟาย	1	ผิด
11	พอล-วอคเกอร์	1	ผิด	32	ชันนี่ แอมฟาย	2	ถูก
12	พอล-วอคเกอร์	2	ผิด	33	ชันนี่ แอมฟาย	3	ผิด
13	พอล-วอคเกอร์	3	ถูก	34	ชันนี่ แอมฟาย	4	ผิด
14	พอล-วอคเกอร์	4	ผิด	35	ชันนี่ แอมฟาย	5	ถูก
15	พอล-วอคเกอร์	5	ผิด	36	ญาญา อูร์สยา	1	ถูก
16	ชีดาน	1	ผิด	37	ญาญา อูร์สยา	2	ถูก
17	ชีดาน	2	ถูก	38	ญาญา อูร์สยา	3	ผิด
18	ชีดาน	3	ผิด	39	ญาญา อูร์สยา	4	ผิด
19	ชีดาน	4	ผิด	40	ญาญา อูร์สยา	5	ถูก
20	ชีดาน	5	ผิด	41	ณเดช คุกิมิยะ	1	ผิด
21	คิมเบอร์ลี่	1	ผิด	42	ณเดช คุกิมิยะ	2	ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับ รูปภาพ	ผลลัพธ์	ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับ รูปภาพ	ผลลัพธ์
43	ณเดช คุกิมิยะ	3	ผิด	67	อนันดา	2	ผิด
44	ณเดช คุกิมิยะ	4	ผิด	68	อนันดา	3	ถูก
45	ณเดช คุกิมิยะ	5	ผิด	69	อนันดา	4	ผิด
46	บอย ปกรณ์	1	ผิด	70	อนันดา	5	ถูก
47	บอย ปกรณ์	2	ผิด	71	อ้อม พัชราภา	1	ถูก
48	บอย ปกรณ์	3	ผิด	72	อ้อม พัชราภา	2	ถูก
49	บอย ปกรณ์	4	ผิด	73	อ้อม พัชราภา	3	ถูก
50	บอย ปกรณ์	5	ผิด	74	อ้อม พัชราภา	4	ผิด
51	ปิ่นปิ่น สอร์โมน	1	ผิด	75	อ้อม พัชราภา	5	ถูก
52	ปิ่นปิ่น สอร์โมน	2	ผิด	76	แก้ว สอร์โมน	1	ถูก
53	ปิ่นปิ่น สอร์โมน	3	ผิด	77	แก้ว สอร์โมน	2	ถูก
54	ปิ่นปิ่น สอร์โมน	4	ผิด	78	แก้ว สอร์โมน	3	ผิด
55	ปิ่นปิ่น สอร์โมน	5	ผิด	79	แก้ว สอร์โมน	4	ถูก
56	มาริโอ้ เมาเร่อ	1	ผิด	80	แก้ว สอร์โมน	5	ผิด
57	มาริโอ้ เมาเร่อ	2	ผิด	81	เคน ชีรเดช	1	ผิด
58	มาริโอ้ เมาเร่อ	3	ผิด	82	เคน ชีรเดช	2	ผิด
59	มาริโอ้ เมาเร่อ	4	ผิด	83	เคน ชีรเดช	3	ถูก
60	มาริโอ้ เมาเร่อ	5	ถูก	84	เคน ชีรเดช	4	ถูก
61	หมาก ปริญ	1	ผิด	85	เคน ชีรเดช	5	ผิด
62	หมาก ปริญ	2	ถูก	86	แพนเค้ก เขมนิจ	1	ถูก
63	หมาก ปริญ	3	ถูก	87	แพนเค้ก เขมนิจ	2	ผิด
64	หมาก ปริญ	4	ผิด	88	แพนเค้ก เขมนิจ	3	ผิด
65	หมาก ปริญ	5	ผิด	89	แพนเค้ก เขมนิจ	4	ผิด
66	อนันดา	1	ผิด	90	แพนเค้ก เขมนิจ	5	ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับ รูปภาพ	ผลลัพธ์
91	ทักษิณ ชินวัตร	1	ผิด
92	ทักษิณ ชินวัตร	2	ผิด
93	ทักษิณ ชินวัตร	3	ถูก
94	ทักษิณ ชินวัตร	4	ถูก
95	ทักษิณ ชินวัตร	5	ผิด

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับ รูปภาพ	ผลลัพธ์
96	จ๊กจั่น อคัมย์สิริ	1	ผิด
97	จ๊กจั่น อคัมย์สิริ	2	ผิด
98	จ๊กจั่น อคัมย์สิริ	3	ถูก
99	จ๊กจั่น อคัมย์สิริ	4	ถูก
100	จ๊กจั่น อคัมย์สิริ	5	ผิด

ตารางที่ 4.3 ตารางสรุปผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการ  
สแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง

ลำดับ	ชื่อ	ผลลัพธ์การ รู้จำใบหน้า	ลำดับ	ชื่อ	ผลลัพธ์การ รู้จำใบหน้า
1	Barack Obama	80%	11	ปิ่นปิ่น ฮอร์โมน	0%
2	เมซุต-โอซิล	0%	12	มาริโอ้ เมาเร่อ	20%
3	Paul Walker	20%	13	หมาก ปริญ	40%
4	Zedane	20%	14	อนันดา	40%
5	คิมเบอร์ลี่	0%	15	อ้อม พัชราภา	100%
6	ชาคริต แย้มนาม	0%	16	เก้า ฮอร์โมน	60%
7	ชนันนี่ แอมพาย	40%	17	เคน ธีรเดช	40%
8	ญาญ่า อุรัสยา	75%	18	แพนเค้ก	20%
9	ณเดช กุ๊กมิยะ	0%	19	ทักษิณ ชินวัตร	40%
10	บอย ปกรณ์	0%	20	จ๊กจั่น อคัมย์สิริ	40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับรูปภาพ	ผลลัพธ์	ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับรูปภาพ	ผลลัพธ์
1	Barack Obama	1	ถูก	24	คิมเบอร์ลี่	4	ถูก
2	Barack Obama	2	ถูก	25	คิมเบอร์ลี่	5	ถูก
3	Barack Obama	3	ถูก	26	ชาคริต แย้มนาม	1	ถูก
4	Barack Obama	4	ถูก	27	ชาคริต แย้มนาม	2	ถูก
5	Barack Obama	5	ถูก	28	ชาคริต แย้มนาม	3	ถูก
6	เมซุต-โอซิล	1	ถูก	29	ชาคริต แย้มนาม	4	ถูก
7	เมซุต-โอซิล	2	ถูก	30	ชาคริต แย้มนาม	5	ถูก
8	เมซุต-โอซิล	3	ถูก	31	ชั้นนี้ แอมฟาย	1	ถูก
9	เมซุต-โอซิล	4	ถูก	32	ชั้นนี้ แอมฟาย	2	ถูก
10	เมซุต-โอซิล	5	ถูก	33	ชั้นนี้ แอมฟาย	3	ถูก
11	พอล-วอคเกอร์	1	ถูก	34	ชั้นนี้ แอมฟาย	4	ถูก
12	พอล-วอคเกอร์	2	ถูก	35	ชั้นนี้ แอมฟาย	5	ถูก
13	พอล-วอคเกอร์	3	ถูก	36	ญาญา อูร์สยา	1	ถูก
14	พอล-วอคเกอร์	4	ถูก	37	ญาญา อูร์สยา	2	ถูก
15	พอล-วอคเกอร์	5	ถูก	38	ญาญา อูร์สยา	3	ถูก
16	ซีดาน	1	ถูก	39	ญาญา อูร์สยา	4	ถูก
17	ซีดาน	2	ถูก	40	ญาญา อูร์สยา	5	ถูก
18	ซีดาน	3	ถูก	41	ณเดช กุ๊กมียะ	1	ถูก
19	ซีดาน	4	ถูก	42	ณเดช กุ๊กมียะ	2	ถูก
20	ซีดาน	5	ถูก	43	ณเดช กุ๊กมียะ	3	ถูก
21	คิมเบอร์ลี่	1	ถูก	44	ณเดช กุ๊กมียะ	4	ถูก
22	คิมเบอร์ลี่	2	ถูก	45	ณเดช กุ๊กมียะ	5	ถูก
23	คิมเบอร์ลี่	3	ถูก	46	บอย-ปกรณ	1	ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับ รูปภาพ	ผลลัพธ์	ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับ รูปภาพ	ผลลัพธ์
47	บอย-ปรกรณ์	2	ถูก	71	อัม-พัชราภา	1	ถูก
48	บอย-ปรกรณ์	3	ถูก	72	อัม-พัชราภา	2	ถูก
49	บอย-ปรกรณ์	4	ถูก	73	อัม-พัชราภา	3	ถูก
50	บอย-ปรกรณ์	5	ถูก	74	อัม-พัชราภา	4	ถูก
51	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	1	ถูก	75	อัม-พัชราภา	5	ถูก
52	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	2	ถูก	76	แก้ว ฮอร์โมน	1	ถูก
53	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	3	ถูก	77	แก้ว ฮอร์โมน	2	ถูก
54	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	4	ถูก	78	แก้ว ฮอร์โมน	3	ถูก
55	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	5	ถูก	79	แก้ว ฮอร์โมน	4	ถูก
56	มาริโอ้ เมาเร่อ	1	ถูก	80	แก้ว ฮอร์โมน	5	ถูก
57	มาริโอ้ เมาเร่อ	2	ถูก	81	เคน-ธีรเดช	1	ถูก
58	มาริโอ้ เมาเร่อ	3	ถูก	82	เคน-ธีรเดช	2	ถูก
59	มาริโอ้ เมาเร่อ	4	ถูก	83	เคน-ธีรเดช	3	ถูก
60	มาริโอ้ เมาเร่อ	5	ถูก	84	เคน-ธีรเดช	4	ถูก
61	หมาก-ปริญ	1	ถูก	85	เคน ธีรเดช	5	ถูก
62	หมาก-ปริญ	2	ถูก	86	แพนเค้ก เขมนิจ	1	ถูก
63	หมาก-ปริญ	3	ถูก	87	แพนเค้ก เขมนิจ	2	ถูก
64	หมาก-ปริญ	4	ถูก	88	แพนเค้ก เขมนิจ	3	ถูก
65	หมาก-ปริญ	5	ถูก	89	แพนเค้ก เขมนิจ	4	ถูก
66	อนันดา	1	ถูก	90	แพนเค้ก เขมนิจ	5	ถูก
67	อนันดา	2	ถูก	91	ทักษิณ ชินวัตร	1	ถูก
68	อนันดา	3	ถูก	92	ทักษิณ ชินวัตร	2	ถูก
69	อนันดา	4	ถูก	93	ทักษิณ ชินวัตร	3	ถูก
70	อนันดา	5	ถูก	94	ทักษิณ ชินวัตร	4	ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับ รูปภาพ	ผลลัพธ์
95	ทักษิณ ชินวัตร	5	ถูก
96	หม่า-จ๊กม๊ก	1	ถูก
97	หม่า-จ๊กม๊ก	2	ถูก

ครั้งที่	ชื่อ	ลำดับ รูปภาพ	ผลลัพธ์
98	หม่า-จ๊กม๊ก	3	ถูก
99	หม่า-จ๊กม๊ก	4	ถูก
100	หม่า-จ๊กม๊ก	5	ถูก

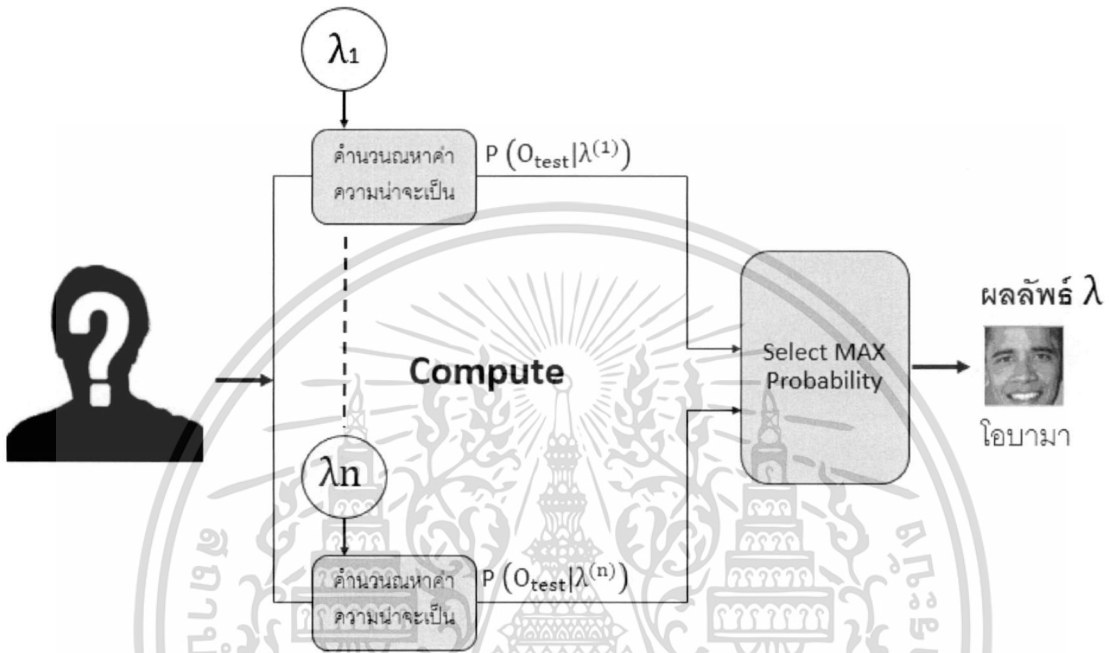
ตารางที่ 4.5 ตารางสรุปผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการ  
หาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

ลำดับ	ชื่อ	ผลลัพธ์การ รู้จำใบหน้า	ลำดับ	ชื่อ	ผลลัพธ์การ รู้จำใบหน้า
1	Barack Obama	100%	11	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	100%
2	เมซุต-โอซิล	100%	12	มาริโอ้ เมาเร่อ	100%
3	พอล-วอคเกอร์	100%	13	หมาก-ปริญ	100%
4	ซีดาน	100%	14	อนันดา	100%
5	คิมเบอร์ลี	100%	15	อัม พัชราภา	100%
6	ชาคริต แย้มนาม	100%	16	เก้า ฮอร์โมน	100%
7	ฉันทน์ แอมฟาย	100%	17	เคน ชีรเดช	100%
8	ญาญ่า	100%	18	แพนเค้ก	100%
9	ณเดช ลูกมิมะ	100%	19	ทักษิณ ชินวัตร	100%
10	บอย-ปกรณ์	100%	20	จ๊กจั่น อคัมย์สิริ	100%

#### 4.2.1 การทดลอง ภาพที่ไม่เคยถูกสอน

โดยใช้กลุ่มรูปภาพที่ไม่เคยผ่านการสอนมาก่อนทั้งหมด 50 รูป ซึ่งการทดลองนี้ใช้วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าในการเก็บข้อมูลใบหน้า แล้วทำการทดลอง ทดสอบผลลัพธ์ของระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งการทำงานในการทดลองนี้สามารถดูได้ตามรูปที่ 4.8 โดยระบบจะทำการตรวจจับใบหน้าที่ไม่เคยผ่านการสอนมาก่อน จากนั้นก็จะบันทึกเอกสารนี้เป็นเอกสารหลักฐานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลรูปภาพใบหน้าและส่งข้อมูลไปยังฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์เพื่อทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นสุดท้ายระบบจะทำการเปรียบเทียบกับค่าโมเดลที่มีอยู่ และเลือกค่าที่มากที่สุดหรือค่าที่มีความน่าจะเป็นสูงสุดแสดงผลออกมา 5 ลำดับแรก



รูปที่ 4.7 รูปภาพแสดงแบบจำลองตัวอย่างการทดลองการรู้จำใบหน้าด้วยภาพที่ไม่เคยถูกสอน

ในการทดลอง ภาพที่ไม่เคยถูกสอนนี้ได้เริ่มทำการทดลองจากรูปใบหน้าชื่อ เก้า ฮอร์โมน เป็นลำดับที่ 1 โดยผลลัพธ์ที่ได้มาปรากฏว่าระบบสามารถทายใบหน้าได้ถูกต้องในลำดับที่สอง ซึ่งผู้พัฒนาได้ให้คะแนนเป็น 80% ตามเกณฑ์ระดับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ผู้พัฒนาตั้งขึ้นมาเอง ซึ่งสามารถตรวจสอบผลการบันทึกผลลัพธ์ของลำดับทั้งหมดในการทดลองด้วยภาพที่ไม่เคยถูกสอนได้ดังตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ตารางผลการทดลองระบบรู้จำใบหน้าภาพที่ไม่เคยถูกสอน จากข้อมูลที่ได้จากวิธีการ  
หาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

ครั้งที่	ชื่อ	ผลลัพธ์ อยู่ใน ลำดับที่	คะแนน ระดับความ ถูกต้อง	ผลลัพธ์ของลำดับที่ปรากฏ		
				รายชื่อ	ผลการคำนวณ	
1	เก้า-ฮอร์โมน	2	80%	1	ญาญา	6.11139E-116
				2	เก้า-ฮอร์โมน	5.71143E-193
				3	มาริโอ เมาริโอ	7.81635E-205
				4	พอล-วอคเกอร์	5.06923E-217
				5	หมาก-ปริณ	4.27319E-251
2	เก้า-ฮอร์โมน	2	80%	1	ญาญา	1.05030E-109
				2	เก้า-ฮอร์โมน	2.88180E-123
				3	ชั้นนี้-แอมฟาย	5.09603E-133
				4	หมาก-ปริณ	1.32180E-134
				5	พอล-วอคเกอร์	8.63938E-135
3	เก้า-ฮอร์โมน	2	80%	1	ญาญา	2.39574E-100
				2	เก้า-ฮอร์โมน	1.83981E-138
				3	หมาก-ปริณ	1.77515E-148
				4	โอบามา	2.05733E-186
				5	พอล-วอคเกอร์	1.92712E-187
4	เก้า-ฮอร์โมน	1	100%	1	เก้า-ฮอร์โมน	2.01974E-128
				2	ซีดาน	8.06863E-192
				3	ญาญา	3.88997E-194
				4	พอล-วอคเกอร์	2.57123E-200
				5	หมาก-ปริณ	1.37116E-219
5	คิมเบอดี	3	60%	1	ญาญา	4.12131E-67
				2	ชั้นนี้-แอมฟาย	2.14185E-93
				3	คิมเบอดี	7.38504E-125
				4	หมาก-ปริณ	1.62032E-136
				5	พอล-วอคเกอร์	1.19379E-136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ผลลัพธ์ อยู่ใน ลำดับที่	คะแนน ระดับความ ถูกต้อง	ผลลัพธ์ของลำดับที่ปรากฏ		
				รายชื่อ	ผลการคำนวณ	
6	คิมเบอลี่	5	20%	1	ฉายา	1.80129E-86
				2	เก้า-ฮอร์โมน	1.56833E-156
				3	มาริโอ้ เมาริโอ	9.17423E-157
				4	หมาก-ปริณ	7.25703E-182
				5	คิมเบอลี่	1.34708E-184
7	เคน-ธีรเดช	3	60%	1	ฉายา	2.73555E-86
				2	เก้า-ฮอร์โมน	1.72792E-144
				3	เคน-ธีรเดช	1.45932E-162
				4	พอล-วอคเกอร์	4.57845E-163
				5	โอบามา	4.94607E-184
8	ชาคริต แย้มนาม	2	80%	1	ฉายา	2.30213E-73
				2	ชาคริต แย้มนาม	1.67841E-109
				3	เก้า-ฮอร์โมน	9.04004E-140
				4	หมาก-ปริณ	3.58688E-191
				5	พอล-วอคเกอร์	1.18975E-192
9	ชาคริต แย้มนาม	1	100%	1	ชาคริต แย้มนาม	1.14059E-58
				2	ฉายา	7.71262E-61
				3	ชั้นนี้-แอมฟาย	2.23747E-69
				4	โอบามา	1.09068E-94
				5	หมาก-ปริณ	2.39686E-125
10	ชาคริต แย้มนาม	-	0	-	-	
11	ชั้นนี้-แอมฟาย	2	80%	1	ฉายา	1.18658E-61
				2	ชั้นนี้-แอมฟาย	6.78170E-81
				3	โอบามา	8.18437E-84
				4	หมาก-ปริณ	1.09173E-96
				5	มาริโอ้ เมาริโอ	5.37500E-132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ผลลัพธ์ อยู่ใน ลำดับที่	คะแนน ระดับความ ถูกต้อง	ผลลัพธ์ของลำดับที่ปรากฏ		
				รายชื่อ	ผลการคำนวณ	
12	ชั้นนี้-แอมฟาย	1	100%	1	ชั้นนี้-แอมฟาย	2.72590E-56
				2	ญาญา	5.14356E-79
				3	โอบามา	1.43023E-108
				4	หมาก-ปริณ	1.71380E-117
				5	เก้า-ฮอร์โมน	9.27497E-167
13	ชั้นนี้-แอมฟาย	1	100%	1	ชั้นนี้-แอมฟาย	3.34982E-117
				2	ญาญา	1.46325E-127
				3	พอล-วอคเกอร์	8.58276E-131
				4	หมาก-ปริณ	2.64267E-137
				5	เก้า-ฮอร์โมน	7.58400E-161
14	ชีดาน	2	80%	1	ญาญา	5.67394E-74
				2	ชีดาน	2.16660E-85
				3	อนันดา	1.08928E-125
				4	เก้า-ฮอร์โมน	3.10445E-132
				5	พอล-วอคเกอร์	5.48364E-16
15	ชีดาน	-	0	-	-	
16	ชีดาน	-	0	-	-	
17	ญาญา	1	100%	1	ญาญา	3.59257E-72
				2	เก้า-ฮอร์โมน	5.98276E-132
				3	ชั้นนี้-แอมฟาย	6.49158E-142
				4	โอบามา	3.16069E-142
				5	หมาก-ปริณ	7.66008E-143
18	ญาญา	1	100%	1	ญาญา	7.20724E-62
				2	พอล-วอคเกอร์	1.15265E-129
				3	ชาคริต แย้มนาม	2.75481E-149
				4	เก้า-ฮอร์โมน	3.61502E-154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ผลลัพธ์ อยู่ใน ลำดับที่	คะแนน ระดับความ ถูกต้อง	ผลลัพธ์ของลำดับที่ปรากฏ		
				รายชื่อ	ผลการคำนวณ	
18	ญาญา		100%	5	หมาก-ปริณ	9.39235E-158
19	ญาญา	1	100%	1	ญาญา	1.98008E-77
				2	หมาก-ปริณ	3.92379E-127
				3	ชั้นนี้-แอมฟาย	1.17906E-133
				4	พอล-วอคเกอร์	3.71051E-138
				5	ชาคริต เข้มนาม	1.83845E-143
20	ญาญา	1	100%	1	ญาญา	5.96094E-86
				2	มาริโอ้ เมาเร่อ	1.41994E-109
				3	เก้า-ฮอว์โมน	1.28720E-144
				4	โอบามา	1.60255E-179
				5	ชีดาน	1.71422E-193
21	ญาญา	1	100%	1	ญาญา	4.62250E-154
				2	เก้า-ฮอว์โมน	1.03643E-167
				3	พอล-วอคเกอร์	1.81200E-235
				4	หมาก-ปริณ	5.84626E-291
				5	ชีดาน	1.79185E-304
22	ญาญา	1	100%	1	ญาญา	4.09147E-71
				2	คิมเบอดี	3.11014E-80
				3	หมาก-ปริณ	5.55696E-119
				4	พอล-วอคเกอร์	3.03705E-124
				5	ชั้นนี้-แอมฟาย	9.00225E-144
23	ญาญา	3	60%	1	ชั้นนี้-แอมฟาย	1.63112E-90
				2	พอล-วอคเกอร์	2.33988E-114
				3	ญาญา	3.79301E-118
				4	โอบามา	6.26660E-164

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ผลลัพธ์ อยู่ใน ลำดับที่	คะแนน ระดับความ ถูกต้อง	ผลลัพธ์ของลำดับที่ปรากฏ		
				รายชื่อ	ผลการคำนวณ	
24	ณเดช คูกิมิยะ	-	0	-	-	
25	ณเดช คูกิมิยะ	-	0	-	-	
26	ทักษิณ	-	0	-	-	
27	ทักษิณ	-	0	-	-	
28	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	3	60%	1	ญาญา	6.52642E-95
				2	เกล้า-ฮอร์โมน	1.96444E-115
				3	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	5.64915E-203
				4	หมาก-ปริณ	9.23735E-259
				5	อนันดา	0.00000E+00
29	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	3	60%	1	แพนเค้ก เขมนิจ	4.51103E-131
				2	เกล้า-ฮอร์โมน	6.45551E-158
				3	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	7.54215E-182
				4	อนันดา	0.00000E+00
30	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	2	80%	1	เกล้า-ฮอร์โมน	4.09428E-132
				2	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	1.36512E-194
31	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	1	100%	1	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	3.43136E-179
				2	เกล้า-ฮอร์โมน	0
				3	อนันดา	0
32	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	2	80%	1	เกล้า-ฮอร์โมน	8.01138E-139
				2	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	1.74934E-252
				3	อนันดา	0.00000E+00
33	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	3	60%	1	ญาญา	2.07707E-100
				2	เกล้า-ฮอร์โมน	2.87086E-104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ผลลัพธ์ อยู่ใน ลำดับที่	คะแนน ระดับความ ถูกต้อง	ผลลัพธ์ของลำดับที่ปรากฏ		
				รายชื่อ	ผลการคำนวณ	
33	ปิ่นปิ่น-สอร์โมน	3	60%	3	ปิ่นปิ่น-สอร์โมน	6.76753E-179
				4	หมาก-ปรีณ	8.74886E-208
				5	ณเดช กูมิยะ	8.35614E-288
34	ปิ่นปิ่น-สอร์โมน	1	100%	1	ปิ่นปิ่น-สอร์โมน	7.73939E-150
				2	เกล้า-สอร์โมน	5.42993E-192
35	พอล-วอคเกอร์	2	80%	1	ญาญา	3.32264E-82
				2	พอล-วอคเกอร์	1.92327E-90
				3	โอบามา	1.09482E-120
				4	หมาก-ปรีณ	5.46666E-143
				5	เกล้า-สอร์โมน	8.54252E-153
36	พอล-วอคเกอร์	5	20%	1	ญาญา	1.41084E-74
				2	เกล้า-สอร์โมน	2.48136E-144
				3	หมาก-ปรีณ	1.13783E-155
				4	ปิ่นปิ่น-สอร์โมน	3.83553E-175
				5	พอล-วอคเกอร์	2.02688E-19
37	พอล-วอคเกอร์	2	80%	1	โอบามา	4.16507E-91
				2	พอล-วอคเกอร์	9.17628E-93
				3	ญาญา	1.08754E-98
				4	หมาก-ปรีณ	7.76196E-140
38	แพนเค้ก เขมนิจ	4	40%	1	ญาญา	4.10982E-100
				2	เกล้า-สอร์โมน	3.05232E-148
				3	พอล-วอคเกอร์	7.28135E-179
				4	แพนเค้ก เขมนิจ	5.90331E-207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ผลลัพธ์ อยู่ใน ลำดับที่	คะแนน ระดับความ ถูกต้อง	ผลลัพธ์ของลำดับที่ปรากฏ		
				รายชื่อ	ผลการคำนวณ	
39	แพนเค้ก เชมนิจ	-	0			
40	แพนเค้ก เชมนิจ	4	40%	1	ญาญา	5.60437E-111
				2	เก้า-ฮอร์โมน	2.14891E-147
				3	ชีดาน	1.02176E-246
				4	แพนเค้ก เชมนิจ	3.14321E-255
				5	พอล-วอคเกอร์	8.37051E-260
41	แพนเค้ก เชมนิจ	4	40%	1	ญาญา	7.22667E-94
				2	พอล-วอคเกอร์	1.97909E-165
				3	เก้า-ฮอร์โมน	2.95096E-179
				4	แพนเค้ก เชมนิจ	3.49880E-191
				5	ปิ่นปิ่น-ฮอร์โมน	1.27812E-271
42	มารีไอ้ เมาเรือ	3	60%	1	ญาญา	4.56962E-89
				2	เก้า-ฮอร์โมน	6.08582E-153
				3	มารีไอ้ เมาเรือ	8.67597E-189
				4	หมาก-ปริณ	3.53253E-198
				5	พอล-วอคเกอร์	6.63209E-203
43	มารีไอ้ เมาเรือ	4	40%	1	หมาก-ปริณ	1.26388E-120
				2	พอล-วอคเกอร์	6.36552E-135
				3	เก้า-ฮอร์โมน	7.62609E-142
				4	มารีไอ้ เมาเรือ	1.62928E-156
44	หมาก-ปริณ	-	0			
45	หมาก-ปริณ	1	100%	1	หมาก-ปริณ	2.04114E-78
				2	ญาญา	6.62176E-82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ชื่อ	ผลลัพธ์ อยู่ใน ลำดับที่	คะแนน ระดับความ ถูกต้อง	ผลลัพธ์ของลำดับที่ปรากฏ		
				รายชื่อ	ผลการคำนวณ	
45	หมาก-ปรีณ	1	100%	3	ชั้นนี้-แอมฟาย	4.03037E-118
				4	โอบามา	2.51266E-118
				5	เก้า-ฮอร์โมน	3.58352E-129
46	ญาญา	1	100%	1	ญาญา	1.98008E-77
				2	หมาก-ปรีณ	3.92379E-127
				3	ชั้นนี้-แอมฟาย	1.17906E-133
				4	พอล-วอคเกอร์	3.71051E-138
				5	ชาคริต แยมนาม	1.83845E-143
47	หมาก-ปรีณ	-	0			
48	หมาก-ปรีณ	2	80%	1	ญาญา	4.50181E-76
				2	หมาก-ปรีณ	1.65292E-92
				3	ชั้นนี้-แอมฟาย	4.05008E-93
				4	พอล-วอคเกอร์	1.04378E-133
				5	มารีไอ้เมารื้อ	6.02562E-141
49	โอบามา	5	20%	1	ญาญา	8.82488E-99
				2	พอล-วอคเกอร์	2.31832E-141
				3	เก้า-ฮอร์โมน	3.06760E-143
				4	ชั้นนี้-แอมฟาย	1.15900E-190
				5	โอบามา	8.95797E-227
50	โอบามา	4	40%	1	ญาญา	2.61689E-97
				2	พอล-วอคเกอร์	6.93873E-142
				3	เก้า-ฮอร์โมน	3.05606E-144
				4	โอบามา	5.05831E-171
				5	หมาก-ปรีณ	8.48083E-199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ตารางที่ 4.7 ตารางสรุปผลตารางแสดงระดับเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง

ระดับความถูกต้อง					
100%	80%	60%	40%	20%	0%
13 รูป	12 รูป	7 รูป	4 รูป	4 รูป	10 รูป

### 4.3 สรุปผลการทดลองระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

#### 4.3.1 สรุปผลการทดลองภาพที่เคยถูกสอน โดยใช้ค่าจากการเก็บข้อมูลที่ได้จากวิธีการสแกน

##### พิกเซลภาพใบหน้าตรง

จากผลการตารางการทดลอง 4.2 พบว่าผลลัพธ์ของระบบรู้จำใบหน้าที่ใช้ค่าจากการเก็บข้อมูลที่ได้จากวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรงมีค่าความคลาดเคลื่อนที่สูง ซึ่งจากการวิเคราะห์ปัญหาน่าจะเกิดจากไม่มีวิธีการดึงลักษณะเด่นบนใบหน้าที่ดี ซึ่งข้อมูลผลลัพธ์ที่บันทึกได้นั้นใช้การสแกนค่าสีแต่ละพิกเซลทุกๆพิกเซล นั้นหมายความว่า ไม่ว่าจะระดับแสงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ลักษณะการเอียงของใบหน้า หรือลักษณะการแสดงอารมณ์ของใบหน้า จะทำให้การตีความหมายของภาพก็จะแตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถได้ข้อมูลที่ใช้แทนใบหน้าได้ ส่งผลทำให้การคำนวณของระบบรู้จำใบหน้าด้วยกลไกฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลผิดพลาด

#### 4.3.2 สรุปผลการทดลองภาพที่เคยถูกสอน โดยใช้ค่าจากการเก็บข้อมูลที่ได้จากวิธีการหาค่า

##### สัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

จากผลการตารางการทดลอง 4.4 พบว่าผลลัพธ์ของระบบรู้จำใบหน้าที่ใช้ค่าจากการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นเนื่องจากกระบวนการที่ใช้การหาจุดต่างๆบนใบหน้าแล้วหาระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของใบหน้าไปยังจุดต่างๆขององค์ประกอบของใบหน้า ซึ่งทำให้ระดับแสงและเงาไม่ถูกนำมาเป็นปัจจัยในการคำนวณ แต่ระดับการวางตำแหน่งของใบหน้าและการแสดงออกของใบหน้าเช่นการ ยิ้ม การหัวเราะ เป็นต้น จะมีผลกระทบต่อกรเก็บข้อมูลและนำมาใช้กับระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งผู้พัฒนาได้มีการวิเคราะห์ผลส่วนของการเก็บข้อมูลใบหน้าแล้วในบทที่ 3 ทำให้ผู้พัฒนาทราบว่ารูปลักษณะของคางของคนคนเดียวกัน ค่าที่เก็บสามารถเปลี่ยนไปได้หากมีการแสดงออกของใบหน้าที่เปลี่ยนไป

แต่อย่างไรก็ตามวิธีการใช้ค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า น่าจะมีความแม่นยำที่มากกว่า ซึ่งลำดับการทดลองต่อไปจะเป็นการทดลองกับกลุ่มรูปภาพ 50 รูปภาพแตกต่าง

กันที่ไม่เคยผ่านการสอนโดยระบบ ซึ่งผู้พัฒนาจะใช้วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าในทดลองเป็นหลัก เนื่องจากมีความแม่นยำของผลลัพธ์ที่สูงกว่าวิธีการสแกนฟิกเซลภาพใบหน้าตรง

#### 4.3.3 สรุปผลการทดลองภาพที่ไม่เคยถูกสอน

ซึ่งการในการทดลองได้ใช้ค่าจากการเก็บข้อมูลภาพที่ได้จากวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความแม่นยำสูงกว่าวิธีการสแกนฟิกเซลภาพใบหน้าตรงโดยอ้างอิงจากการทดลองที่ผ่านมา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่าจากการทดลองด้วย 50 รูปภาพระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลสามารถสรุปได้ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 4.8 ตารางสรุปผลการทดลองภาพที่ไม่เคยถูกสอน

ระดับความถูกต้อง (ผลลัพธ์อยู่ในลำดับที่ 1 ถึง 5)	คะแนน ความถูกต้อง	จำนวนรูปภาพที่สามารถทายผลได้ถูกต้อง (รูป)
1	100%	13
2	80%	12
3	60%	7
4	40%	4
5	20%	4
-	0	10

จากข้อมูลที่บันทึกพบว่าระดับความถูกต้องที่อยู่ในเกณฑ์ 80% ถึง 100% มีจำนวน 25 รูป จากทั้งหมด 50 รูป ที่ใช้ในการทดลอง โดยคิดเป็น 50% จากทั้งหมดที่ระบบสามารถทายผลลัพธ์ใบหน้าได้ถูกต้อง แต่ในระดับความถูกต้องที่ไม่ถึง 60% ก็มีจำนวนถึง 25 รูปเช่นกัน ซึ่งผลที่คาดเคลื่อนนั้นผู้พัฒนาวิเคราะห์แล้วว่าจะเกิดจากรูปถ่ายที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นมีจำนวนที่น้อยไม่สามารถหาแหล่งข้อมูลรูปภาพที่มีรูปใบหน้าลักษณะตั้งตรงได้เพียงพอในการทดลองและนำมาใช้ในขั้นตอนการสอนเพื่อทดสอบระบบ

## สรุปและวิจารณ์

จากผลการทดลองในบทที่ 4 พบว่าวิธีการของฮิตเดนมาร์คอฟโมเดลสามารถนำเข้ามาประยุกต์ใช้ได้กับการรู้จำใบหน้า แต่การทำงานของระบบการรู้จำใบหน้าโดยรวมวิธีการของฮิตเดนมาร์คอฟโมเดลโดยลำพังไม่สามารถที่จะทำงานได้เอง ต้องอาศัยกลไกการตรวจจับใบหน้าเข้ามาร่วมทำงานด้วยซึ่งจะต้องมีเทคนิคต่างๆที่จะสามารถเก็บข้อมูลใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและนำไปใช้งานเพื่อใช้แยกแยะลักษณะเด่นบนใบหน้า ถ้าหากว่าส่วนของการรับข้อมูลภาพใบหน้าทำงานได้ดี มีความแม่นยำและสามารถดึงลักษณะเด่นบนใบหน้าออกมาได้ก็จะทำให้ผลลัพธ์ของระบบการรู้จำใบหน้าดีมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้นำเสนอวิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง และวิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าที่นำมาใช้กับฮิตเดนมาร์คอฟโมเดล ในการพัฒนาระบบรู้จำใบหน้า ซึ่งในระหว่างการพัฒนาาระบบนั้น ผู้พัฒนาได้พบเจอปัญหาและอุปสรรคต่างๆ และเห็นช่องทางการพัฒนาระบบให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นในหลายด้าน โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 5.1 สรุปจากการศึกษาทฤษฎีและการทดลองกับวิธีของฮิตเดนมาร์คอฟโมเดล

ระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิตเดนมาร์คอฟโมเดลเป็นระบบที่ใช้ข้อมูลภาพใบหน้าตั้งตรงที่ได้จากการตรวจจับใบหน้าแล้วตีความหมายของภาพใบหน้าให้อยู่ในรูปของลำดับข้อมูลปรากฏ เพื่อส่งต่อไปยังส่วนของฮิตเดนมาร์คอฟโมเดลในการรู้จำข้อมูล โดยจะเห็นได้ว่าส่วนของการตีความหมายภาพใบหน้าหรือที่เรียกว่าเป็นขั้นตอนการหาลักษณะเด่นของใบหน้ามีความสำคัญอย่างมาก ถ้าหากว่าข้อมูลลำดับปรากฏที่จะนำไปใช้นั้นไม่มีความเป็นเอกลักษณ์ที่จะใช้แทนลักษณะใบหน้าของแต่ละบุคคลได้ ก็จะทำให้ส่วนของการรู้จำด้วยฮิตเดนมาร์คอฟโมเดลไม่สามารถที่จะทำงานได้อย่างแม่นยำด้วย ดังนั้นในงานวิจัยพัฒนาระบบนี้ผู้พัฒนาจึงได้นำเสนอวิธีการเก็บข้อมูลใบหน้าที่สามารถดึงลักษณะเด่นของใบหน้าออกมาได้ 2 วิธีการคือ

- วิธีการสแกนพิกเซลภาพใบหน้าตรง
- วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้า

เพื่อนำไปใช้กับฮิตเดนมาร์คอฟโมเดลที่มีความสามารถในการทำนายจากลำดับข้อมูลปรากฏได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการสแกนพิกเซลใบหน้าตรงเป็นการใช้หลักการการตรวจจับใบหน้าของ Haar like Features โดยกระบวนการตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีนี้เป็นเพียงแค่การจำกัดบริเวณใบหน้าตรงโดยการตีกรอบบริเวณของใบหน้าบนภาพ ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณพื้นที่ของใบหน้าส่วนที่เราสนใจเท่านั้น ผู้พัฒนาจึงได้นำมาประยุกต์ใช้โดยทำการการปรับขนาดของรูปภาพที่ตรวจจับได้และแปลงค่าสีของรูปภาพใบหน้าให้อยู่ในรูปของภาพขาวดำ เพื่อลดระดับแสงที่ควบคุมได้ยาก ซึ่งสามารถอ่านรายละเอียดขั้นตอนและหลักการได้ในบทที่ 3 หลังจากนั้นได้มีการทดลองเก็บข้อมูลใบหน้าเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้พบว่าภาพพื้นหลังที่ติดเข้ามาด้วยและตำแหน่งของการวางลักษณะของใบหน้ามีผลต่อความแม่นยำในการรู้ของระบบ ถึงแม้ว่าจะเป็นรูปคนคนเดียวกันแต่ถ้าหากภาพพื้นหลังหรือมีวัตถุใดๆเข้ามาในภาพเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้มีการตีความหมายของภาพว่าเป็นคนละคนกัน ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้คิดค้นออกแบบกล่องอุปกรณ์เสริมที่จะใช้ในการควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเก็บข้อมูล โดยมีการจำกัดบริเวณของใบหน้าด้วยการทำช่องรับภาพใบหน้าให้มีขนาดเท่ากับใบหน้าพอดี โดยติดตั้งกล้องเว็บแคมไว้ภายในกล่องเพื่อรับภาพรวมถึงยังมีการติดตั้งหลอดไฟแอลอีดี LED ไว้ภายในกล่องเพื่อกำจัดปัญหาเรื่องของแสง โดยหากนำมาใช้งานร่วมกันแล้วก็สามารถที่จะจำกัดพื้นภาพหลังและควบคุมระดับแสงได้ แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลก็ยังพบว่าปัจจัยในการเก็บข้อมูลใบหน้ายังไม่เพียงพอที่จะสามารถนำมาใช้เป็นลำดับข้อมูลปรากฏที่มีความเป็นเอกลักษณ์สามารถใช้ในการแยกแยะออกจากข้อมูลใบหน้าอื่นๆ ได้ จึงเป็นที่มาของวิธีการหาความเป็นเอกลักษณ์ให้กับใบหน้าแต่ละแบบ

วิธีการหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าโดยผู้พัฒนาได้นำเทคนิคของการตรวจจับใบหน้าที่สามารถระบุตำแหน่งองค์ประกอบต่างๆบนใบหน้าได้ เช่น ตา จมูก ปาก ลักษณะคาง เป็นต้น เทคนิคนี้มาจาก LUXAND (<http://www.luxand.com>) โดยวิธีดังกล่าวผู้พัฒนาได้นำมาพัฒนาเพิ่มเติมในการประยุกต์หาระยะห่างระหว่างจุดต่างๆบนใบหน้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลให้กับระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลโดยการหาค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของใบหน้าไปยังจุดต่างๆบนใบหน้าด้วย Euclidean distance แล้วทำการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยพบว่าในบริเวณใบหน้าของแต่ละบุคคลนั้นจะมีค่าระยะห่างขององค์ประกอบบนใบหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลใบหน้านั้นยังคงสามารถที่จะพัฒนาต่อไปได้อีกในเรื่องของตำแหน่งความละเอียดของระยะห่างแต่ละจุด และผู้พัฒนายังพบข้อด้อยของวิธีนี้นั้นคือลักษณะของคางที่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการวางใบหน้า, การแสดงออกทางอารมณ์ เช่นการยิ้ม, การ

หัวเราะ เป็นต้น ส่วนของรายละเอียดนั้นผู้พัฒนาได้อธิบายการวิเคราะห์ข้อมูลไว้แล้วภายในบทที่3 ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักๆดังนี้

1. การค้นหาดวงตาและมุมปากและคำนวณความยาวของเส้นแนวตั้งบนใบหน้า
2. การค้นหาลักษณะตำแหน่งจุดต่างๆบนใบหน้าที่เกิดขึ้นจริง
3. การหาค่าสัดส่วนระยะห่างขององค์ประกอบของใบหน้า และวิเคราะห์ผลจากภาพ เพื่อที่จะนำมาใช้กับระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

สุดท้ายผู้พัฒนาก็ได้พบว่าในส่วนของการเก็บข้อมูลใบหน้านี้ยังคงสามารถเพิ่มปัจจัยอื่นๆได้นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาเช่น การเก็บภาพใบหน้าในมุมต่างๆ การเก็บค่าสีผิว หรือปัจจัยอื่นๆอีกมากมายเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้เป็นข้อมูลใบหน้าที่มีความเป็นเอกลักษณ์และมีประสิทธิภาพ

ส่วนของการรู้จำด้วยวิธีการของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเป็นส่วนที่เข้ามาทำการรู้จำภาพใบหน้าจากการศึกษาแล้วพบว่ามีส่วนของการปรับค่าต่างๆของพารามิเตอร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาให้ดีขึ้น โดยในการพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลนี้มีการใช้วิธีการของบอม-เวลช์ Baum-Welch algorithm ในการปรับค่าพารามิเตอร์ใหม่ แต่ด้วยหลักการของบอม-เวลช์ ซึ่งเป็นแบบ local search ทำให้ในบางครั้งได้ผลลัพธ์ค่าโมเดลที่ดีและบางครั้งได้ผลลัพธ์ที่ไม่ดี (ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการ Initial Value) แต่ผู้พัฒนาก็ได้เลือกทำการเก็บเฉพาะค่าที่ดีไว้ใช้ สุดท้ายแล้วส่วนของกระบวนการสอน นี้ก็ยังคงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณค่าโมเดลให้มากขึ้นได้ หากมีการศึกษาวิธีการอื่นในการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อนำเข้ามาใช้งานร่วมกัน เพื่อให้การคำนวณค่าความน่าจะเป็นของแต่ละ โมเดลที่ใช้เปรียบเทียบในการรู้จำใบหน้าดีขึ้นด้วย

## 5.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค

1. ปัญหาเรื่องประสิทธิภาพของระบบ เนื่องจากปัญหาในการสร้างโมเดลให้กับแต่ละใบหน้านั้น ต้องใช้ลำดับข้อมูลปรากฏหรือการเก็บข้อมูลภาพที่จากภาพใบหน้า ซึ่งระบบการรู้จำใบหน้าจะต้องมีส่วนการหาลักษณะเด่นบนใบหน้าที่มีประสิทธิภาพ เพื่อหาความเป็นเอกลักษณ์ที่ใช้ในการแบ่งแยกใบหน้าแต่ละรูปภาพได้ และสุดท้ายต้องมีขั้นตอนการปรับค่าพารามิเตอร์ให้กับ โมเดลที่ดี เพื่อให้ได้ค่าโมเดลที่สูงขึ้น
2. การเก็บข้อมูลภาพใบหน้า มีหลายปัจจัยที่ผู้พัฒนาพบและมีผลต่อการรู้จำ เช่น ปัจจัยระดับแสงที่ควบคุมได้ยาก ซึ่งในการทดลองจะต้องควบคุมจุดที่รับภาพในการทำการทดลองและลักษณะใบหน้าที่ตรวจจับได้ต้องอยู่ในแนวใบหน้าตรงรวมถึงพื้นหลังซึ่งต้องควบคุมให้เปลี่ยนแปลงน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดด้วย ผู้พัฒนาได้มีการนำเสนอใช้กล่องอุปกรณ์เสริมเพื่อควบคุมระดับแสงได้แล้ว แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้งานจริง ปัจจัยเรื่องของการแสดงออกทางใบหน้า โดยหารูปภาพผู้ทดลองแสดงท่าทางที่เปลี่ยนไปเช่น การยิ้ม หัวเราะ เป็นต้นการตีความหมายภาพด้วยวิธีที่ผู้พัฒนานำเสนอ ก็จะคลาดเคลื่อนผิดไปด้วย ซึ่งผู้พัฒนาคิดว่าจะต้องมีวิธีการเก็บข้อมูลในส่วนนี้ที่จะสามารถรองรับการเก็บข้อมูลได้กับสถานะหลากหลาย

3. ข้อมูลรูปภาพที่ใช้ในการทดลอง ผู้พัฒนาได้ใช้รูปภาพใบหน้าโดยค้นหาจาก Internet ในการทดลองกับระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ซึ่งไม่สามารถควบคุมลักษณะของใบหน้าในภาพได้จึงทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน และจำนวนของรูปใบหน้าที่สามารถนำมาใช้ได้จริงก็มีจำนวนไม่มาก

4. ปัญหาในศึกษาการใช้ ทฤษฎีของฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลเพื่อให้สามารถทำงานได้เร็วและแม่นยำ ซึ่งยังมีอีกหลายวิธีที่สามารถนำเข้ามาใช้ร่วมกันในการปรับค่าพารามิเตอร์ เพื่อสร้างเป็นโมเดลที่มีค่าที่ดีขึ้นได้

### 5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

ระบบการรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลนี้ได้พัฒนาขึ้น และสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ในอีกหลายๆด้าน ในส่วนของการประยุกต์ใช้งานก็สามารถที่จะพัฒนาด้านฮาร์ดแวร์เพื่อให้สามารถนำไปติดตั้งใช้สำหรับตรวจสอบบุคคลเข้าออก, เช็ชื่อนักศึกษา หรือใช้ในเรื่องของการระบุตัวตนได้ เป็นต้น และในเรื่องของการเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าซึ่งผู้พัฒนาคิดว่าสามารถพัฒนาต่อได้อีกมากมายหลายวิธี เช่นการพัฒนาขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพใบหน้าเพื่อหาลักษณะเด่นบนใบหน้า หรือเป็นการเพิ่มความสามารถในการตรวจจับและรู้จำใบหน้าได้ในหลายๆสภาพแวดล้อมที่รวดเร็ว เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจจับให้กับระบบรู้จำใบหน้า ที่หลากหลายสถานะมากขึ้น

## บรรณานุกรม

- Baum, L. E. & Petrie, T. 1966. **Statistical inference for probabilistic functions of finite state Markov chains.** *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 37, 1966.
- Baum, L. E. 1972. **An inequality and associated maximization technique in statistical estimation for probabilistic functions of Markov processes,** *Inequalities*, vol. 3, pp. 1-8, 1972.
- Baum, L. E.; Petrie, T.; Soules, G. & Weiss, N. 1970. **A maximization technique occurring in the statistical analysis of probabilistic functions of Markov chains.** *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 41, 1970.
- Bicego, M.; Castellani, U. & Murino, V. 2003b. **Using hidden markov models and wavelets for face recognition.** *Proceedings of Image Analysis and Processing 2003.* 12th International Conference on, pp. 52–56, 2003.
- Bicego, M.; Murino, V. & Figueiredo, M. 2003a. **A sequential pruning strategy for the selection of the number of states in hidden markov models.** *Pattern Recognition Letters*, Vol. 24, pp. 1395–1407, 2003.
- Chiang, C.-C., Tai, W.-K., Yang, M.-T., Huang, Y.-T., and Huang, C.-J. 2003. **A Novel Method for Detecting Lips, Eyes and Faces in Real Time.** *Real-Time Imaging*. Vol.9 August: 277-287.
- Chien, J-T. & Liao, C-P. 2008. **Maximum Confidence Hidden Markov Modeling for Face Recognition.** *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE Transactions on , Vol. 30, No 4, pp. 606-616, April 2008
- Figueiredo, M.; Leitao, J. & Jain, A. 1999. **On fitting mixture models.** *Proceedings of the Second International Workshop on Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition*, Springer-Verlag, pp. 54-69, 1999.
- Iancu, C. 2010. **Face recognition using statistical methods.** PhD thesis, NUI Galway, 2010.
- Corcoran, P.M. & Iancu, C. 2011. **Automatic Face Recognition System for Hidden Markov Model Techniques,** *Face Recognition Volume 2*, Intech Publishing, 2011.
- Jelinek, F.; Bahl, L.R. & Mercer, R.L. 1975. **Design of a linguistic statistical decoder for the recognition of continuous speech.** *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 21, No 3, pp. 250 – 256, 1975.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- Juang, B.H. & Rabiner, L.R. 2005. **Automatic speech recognition - a brief history of the technology development**. Elsevier Encyclopedia of Language and Linguistics, Second Edition, 2005.
- Juang, B.H. 1984. **On the hidden markov model and dynamic time warping for speech recognition-a unified view**. AT&T Technical Journal, Vol. 63, No 7, pp. 1213–1243, September 1984.
- Kawaguchi, T., Hidaka, D., and Rizon, M. 2000. **Detection of Eyes from Human Faces by Hough Transform and Separability Filter**. In **Proceedings of International Conference on Image Processing**. Vol.1, 10-13 Sept. Vancouver. Pp. 49-52.
- Kohir, V.V. & Desai, U.B. 1998. **Face recognition using a dct-hmm approach**. Applications of Computer Vision, WACV '98, Proceedings, Fourth IEEE Workshop on, pp. 226–231, October 1998.
- Kohir, V.V. & Desai, U.B. 1999. **A transform domain face recognition approach**. TENCON 99, Proceedings of the IEEE Region 10 Conference, Vol. 1, pp. 104–107, September 1999.
- Kohir, V.V. & Desai, U.B. 2000. **Face recognition**. **IEEE International Symposium on Circuits and Systems**, Geneva, Switzerland, May 2000.
- Lawrence R. Rabiner. 1989., Feb “**A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition**”, Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 2, 257-286
- Le, H.S. & Li, H. 2004. **Face identification system using single hidden markov model and single sample image per person**. IEEE International Joint Conference on Neural Networks, Vol. 1, 2004.
- Levinson, S.E.; Rabiner, L.R. & Sondhi, M.M. 1983. **An introduction to the application of the theory of probabilistic functions of a markov process to automatic speech recognition**. **Bell System Technical Journal**, Vol. 62, No 4, pp. 1035–1074, April 1983
- Luxand. 2005-2015. **Detect and Recognize Faces with Luxand FaceSDK**. [Online] Available: <https://www.luxand.com/facesdk/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- Martinez, A. 1999. **Face image retrieval using hmms**. IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, CBAIVL '99 Proceedings, pp. 35–39, June 1999.
- Nefian, A.V. & Hayes III, M.H. 1999. **An embedded hmm-based approach for face detection and recognition. Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP '99**. Proceedings, IEEE International Conference, 6:3553–3556, March 1999.
- Nefian, A.V. & Hayes III, M.H. Oct. 1998. **Face detection and recognition using hidden markov models. Image Processing, ICIP 98, Proceedings. 1998 International Conference on, Vol. 1, pp. 141–145, October 1998.**
- NIDA Development Journal 2553 .Sunthorn Kanghae and Ohm Sornil. **Automatic Face Recognition Using Facial Attractiveness การรู้จำหน้าคนแบบอัตโนมัติโดยใช้ความมีเสน่ห์ของใบหน้า** .Vol.50 No.4/2010
- P. Viola and M. Jones. 2001. **“Rapid object detection using a Boosted cascade of simple features,”** Proc. Int’l Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1-9
- P. Viola and M. Jones. 2004 **“Robust real-time face detection,”** International Journal of Computer Vision, vol. 57, no. 2, pp. 137-154
- Park, H.S. & Lee, S.W. 1998. **A Truly 2D Hidden Markov Model For Off-Line Handwritten Character Recognition**. Pattern Recognition, Vol. 31, No 12, pp. 1849-1864, December 1998.
- Paul Viola and Michael J. Jones. 2001. **“Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. IEEE CVPR”**. [Online] Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.3.7597>.
- Rabiner, L.R. & Juang, B.H. 1986. **An introduction to hidden markov models**. IEEE ASSP Magazine, Vol. 3, No 1, pp. 4–16, 1986.
- Rabiner, L.R. 1989. **A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition**. Proceedings of IEEE, Vol. 77, No 2, pp. 257–286, February 1989.
- Samaria, F. & Fallside, F. 1993. **Face identification and feature extraction using hidden markov models**. Image Processing: Theory and Applications, Elsevier, pp. 295–298, 1993.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- Samaria, F. & Harter, A.C. 1994. **Parameterization of a stochastic model for human face identification. Applications of Computer Vision**, 1994., Proceedings of the Second IEEE Workshop on, Vol. 77, pp. 138–142, December 1994.
- SWU Engineering Journal. 2011. “การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ **Haar-like Face Detection based-on Haar-like Features**”. 6(2), 34-43
- Tian, Q.-C., Pan, Q., Cheng, Y.-M., and Gao, Q.-X. 2004. **Fast Algorithm and Application of Hough Transformation in Iris Segmentation**. In Proceedings of 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2004. Vol.7, 26-29 Aug. Pp. 3977-3980.
- Toennies, K., Behrens, F., and Aurnhammer, M. 2002. **Feasibility of Hough-Transform-Based Iris Localization for Real-Time-Application**. In Proceedings of the 16th International Conference on Pattern Recognition. Vol.2, 11-15Aug. Pp. 1053-1056.
- Wallhoff, F., Muller, S. & Rigoll, G. 2001. **Hybrid face recognition system for profile views using the mugshot database**. IEEE ICCV Workshop on Recognition, Analysis and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems, Proceedings, pp. 149–156, July 2001.
- Wallhoff, F.; Eickeler, S. & Rigoll, G. 2001. **A comparison of discrete and continuous output modeling techniques for a pseudo-2d hidden markov model face recognition system**. International Conference on Image Processing, Proceedings, Vol. 2, pp. 685–688, October 2001.
- Yujian, L. 2007. **An analytic solution for estimating two-dimensional hidden Markov models. Applied Mathematics and Computation**, Vol. 185, No 2, pp. 810-822, February 2007.



### ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คู่มือการใช้งานระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

ความต้องการพื้นฐานสำหรับการใช้ระบบ

ระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบโปรแกรม ซึ่งมีความต้องการพื้นฐานสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน ดังนี้

1. ติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 หรือ Version ที่สูงกว่า
2. อุปกรณ์กล้องเว็บแคม
3. Luxand FaceSDK License Key

กลุ่มผู้ใช้งาน

การใช้งานระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล จะแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ผู้ใช้ที่ไม่ได้ทำการบันทึกใบหน้าเข้าสู่ระบบ
2. ผู้ใช้งานระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล  
คือผู้ที่ทำการลงทะเบียนระบบ โดยบันทึกใบหน้าและกำหนดชื่อ เรียบร้อยแล้ว

วิธีการใช้งาน

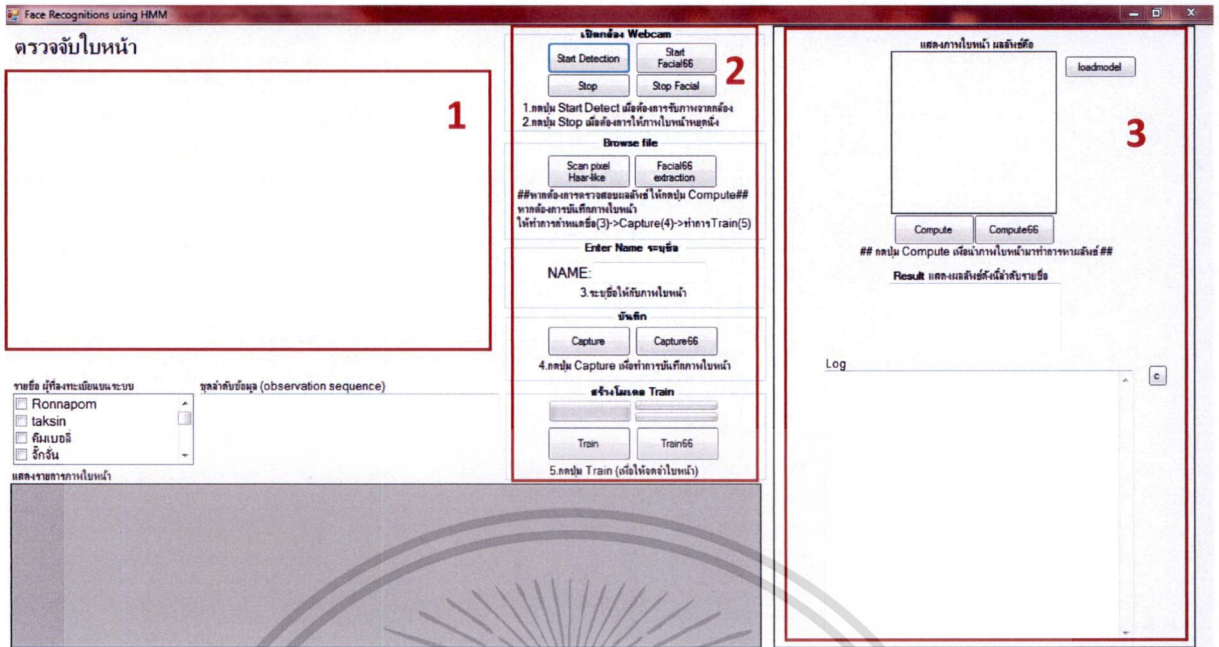
ซึ่งวิธีการใช้งานจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

1. การบันทึกใบหน้าเข้าสู่ระบบ
2. การใช้งานส่วนของการรู้จำใบหน้า

การบันทึกใบหน้าเข้าสู่ระบบ สามารถทำตามขั้นตอนได้ดังนี้

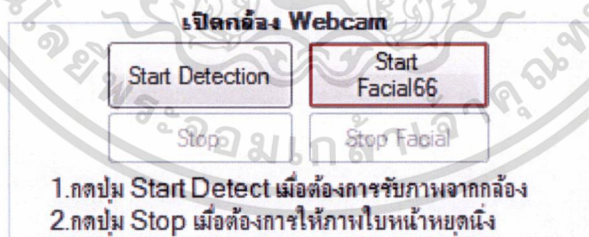
1. เริ่มต้นเปิดโปรแกรม ผู้ใช้จะพบหน้าจอแสดงผลในการเริ่มต้นใช้งาน ดังรูปที่ 1 ซึ่งหน้าจอแสดงผลหลักจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามหมายเลขดังนี้
  - หมายเลข 1 ส่วนของการแสดงผลการตรวจจับใบหน้า
  - หมายเลข 2 ส่วนของเมนูการใช้งาน
  - หมายเลขที่ 3 ส่วนของการแสดงผล ของระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงภาพหน้าจอแสดงผล

2. เริ่มทำการตรวจจับภาพใบหน้า โดยจะแบ่งออกเป็น 2 วิธี (ให้เลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง)
  - 2.1 ตรวจจับภาพใบหน้าด้วยกล้องเว็บแคม
    - 2.1.1 ให้ผู้ใช้ทำการคลิกปุ่ม Start Facial66 บริเวณเมนู “เปิดกล้อง Webcam” ดังแสดงตามรูปตัวอย่างที่ 2

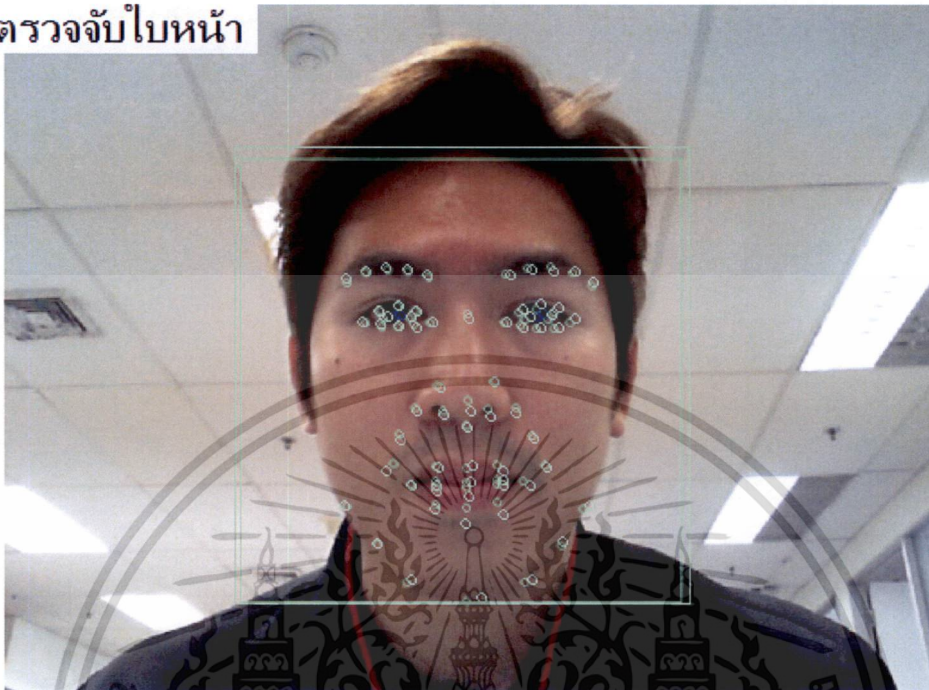


รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างปุ่ม Start Facial66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

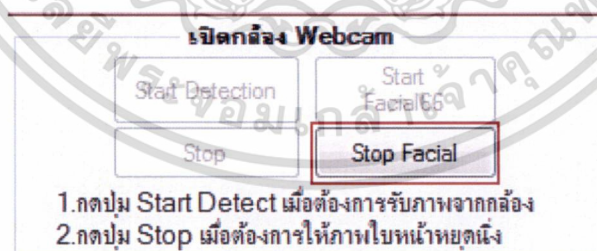
2.1.2 ระบบจะแสดงผลการตรวจจับใบหน้าบนจอแสดงผลดังนี้

### ตรวจจับใบหน้า



รูปที่ 3 แสดงผลการตรวจจับใบหน้าจากกล้องเว็บแคม

2.1.3 ให้ผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Stop Facial บริเวณเมนู เพื่อหยุดภาพ จากการตรวจจับด้วยกล้องเว็บแคม

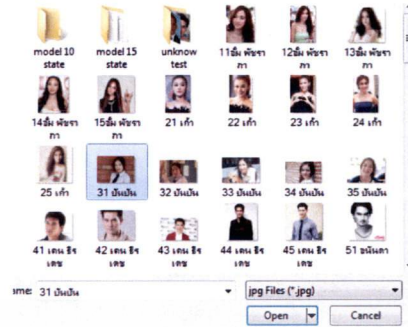
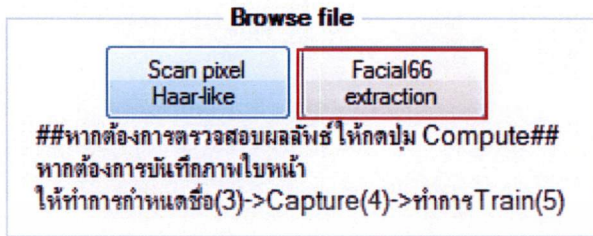


รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างปุ่ม Stop Facial

2.2 ตรวจจับภาพใบหน้าด้วยการค้นหารูปภาพ

2.2.1 ให้ผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Browse extraction บริเวณเมนู “Browse file” ดังแสดงตามรูปตัวอย่างที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

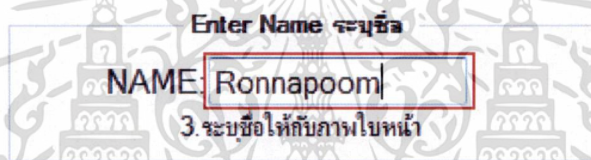


(a)

(b)

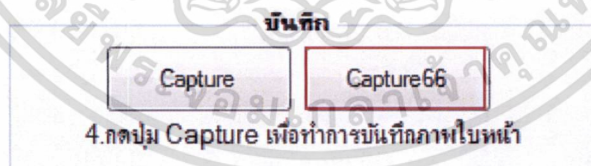
รูปที่ 5 (a) และ(b) แสดงตัวอย่างการค้นหารูปภาพโดยการกดปุ่ม Browse extraction

3. ทำการระบุชื่อภายในช่อง “Enter Name ระบุชื่อ”



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการระบุชื่อผู้ใช้งาน

4. ทำการบันทึกภาพและชื่อ โดยการกดปุ่ม Capture66 บริเวณเมนู “บันทึก”



รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการกดปุ่ม Capture66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระบบจะแสดงรายชื่อที่มีการบันทึกภาพลงระบบดังรูปที่ 7

รายชื่อ ผู้ลงทะเบียนระบบ

- Ronnapoom
- TEST NAME

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างการกดปุ่ม Capture66

6. เริ่มทำการสอนระบบ โดยเลือกรายชื่อที่จะทำการสอนในรายการชื่อ ซึ่งอยู่บริเวณเมนู "รายชื่อ ผู้ลงทะเบียนระบบ" แล้วทำการกดปุ่ม Train66

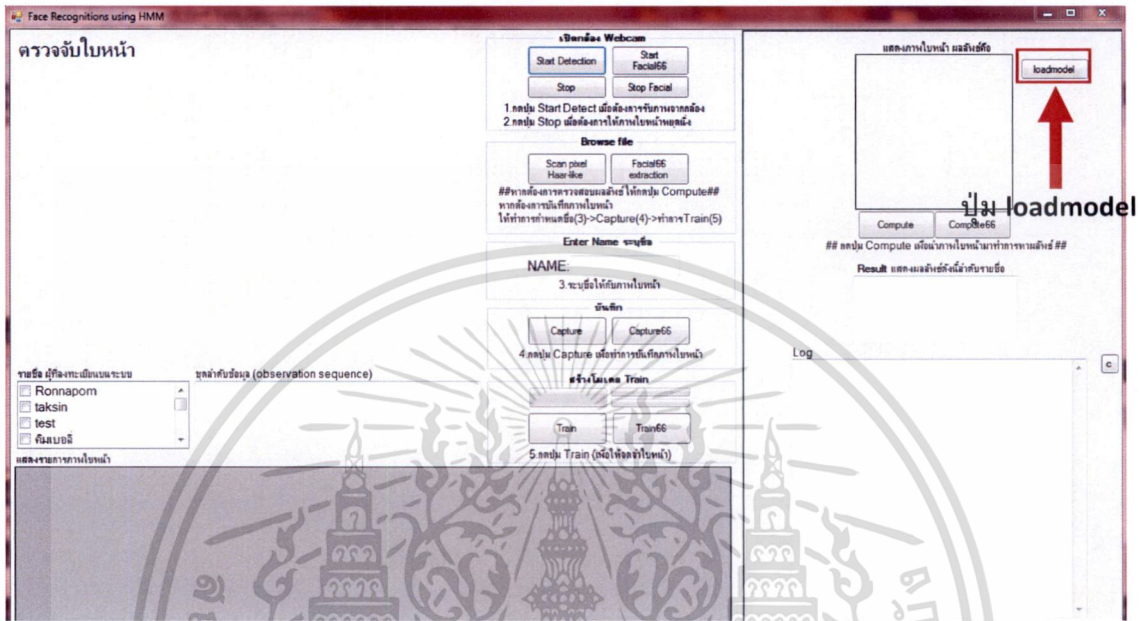


รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างการกดปุ่ม Train66

หลังจากที่ทำการสอนระบบ โดยการกดปุ่ม Train66 ระบบจะทำการบันทึกค่าโมเดลจากภาพใบหน้า ที่ภายในโฟลเดอร์ Bin/Debug ของโปรแกรมระบบ สิ้นสุดขั้นตอนการบันทึกใบหน้าเข้าสู่ระบบ

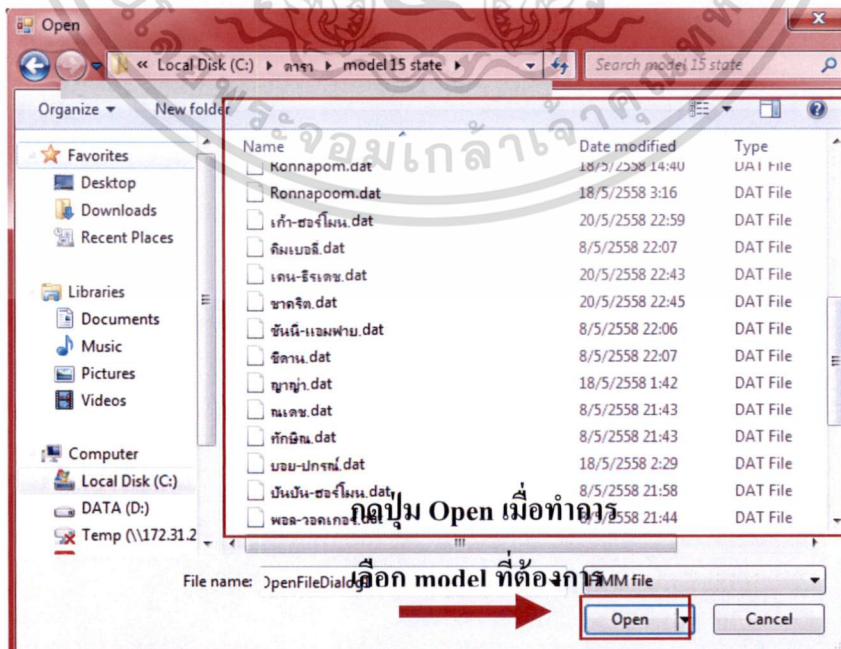
การใช้งานส่วนของความรู้จำใบหน้า สามารถทำตามขั้นตอนได้ดังนี้

1. เริ่มต้นเปิดโปรแกรม และกดปุ่ม loadmodel (ไฟล์ model นี้จะมีนามสกุลเป็น .dat ซึ่งได้หลังจากขั้นตอนการบันทึกใบหน้าเข้าสู่ระบบ)



รูปที่ 9 แสดงปุ่มการ loadmodel

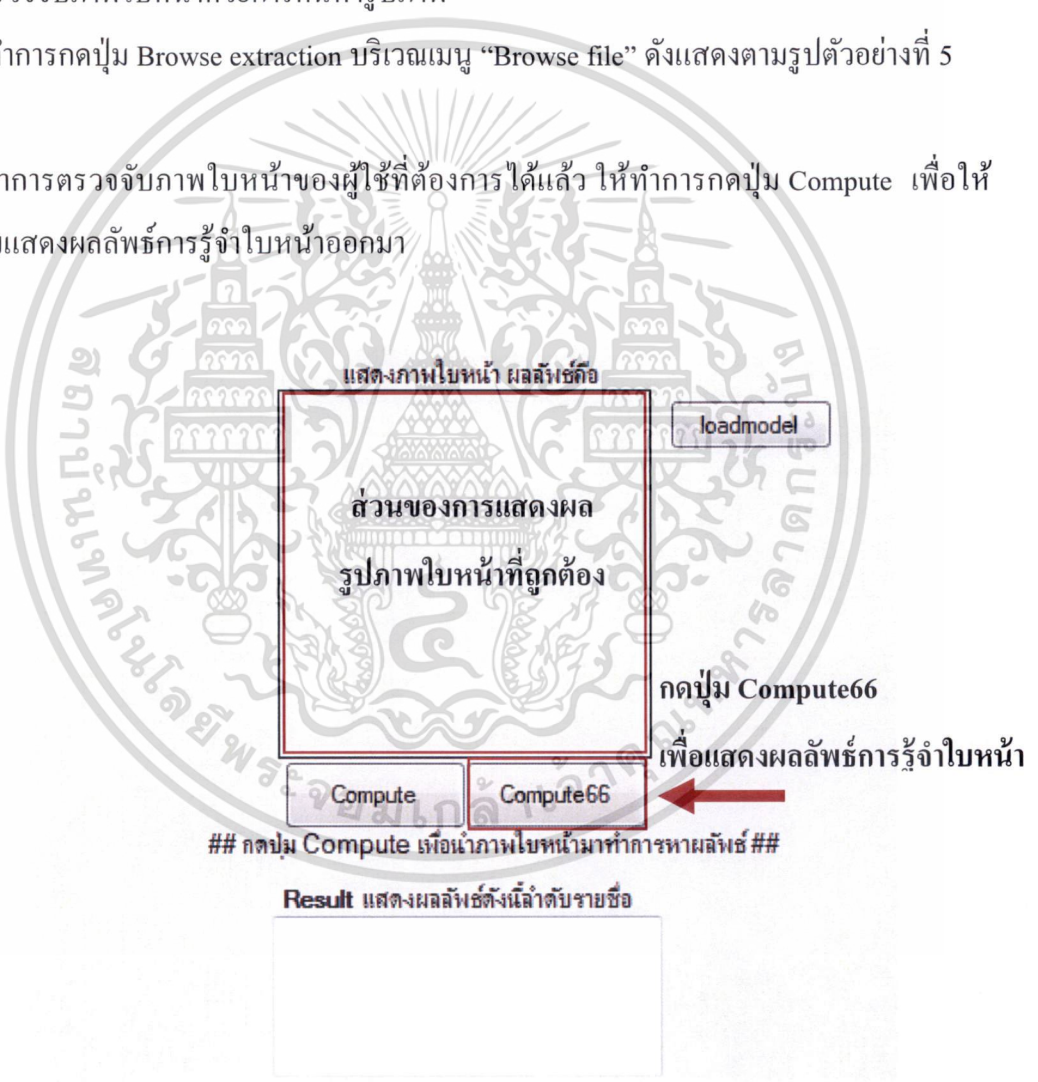
2. ทำการเลือกกลุ่มไฟล์ model ที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม Open



รูปที่ 10 แสดงการเลือก model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการตรวจจับภาพใบหน้า ที่ต้องการให้ระบบทำนายผลการรู้จำ ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีคือ (โดยผู้ใช้งานจะต้องเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น)
  - 3.1 ตรวจจับภาพใบหน้าด้วยกล้องเว็บแคม
    - ทำการกดปุ่ม Start Facial66 บริเวณเมนู “เปิดกล้อง Webcam” ดังแสดงตามรูปที่ 2
    - จากนั้นทำการกดปุ่ม Stop Facial เพื่อหยุดภาพในการตรวจจับด้วยกล้องเว็บแคมตามรูปที่ 4
  - 3.2 ตรวจจับภาพใบหน้าด้วยการค้นหารูปภาพ
    - ทำการกดปุ่ม Browse extraction บริเวณเมนู “Browse file” ดังแสดงตามรูปตัวอย่างที่ 5
4. เมื่อทำการตรวจจับภาพใบหน้าของผู้ใช้ที่ต้องการได้แล้ว ให้ทำการกดปุ่ม Compute เพื่อให้ระบบแสดงผลพัทธ์การรู้จำใบหน้าออกมา



รูปที่ 11 แสดงส่วนของการแสดงผลพัทธ์ของระบบ

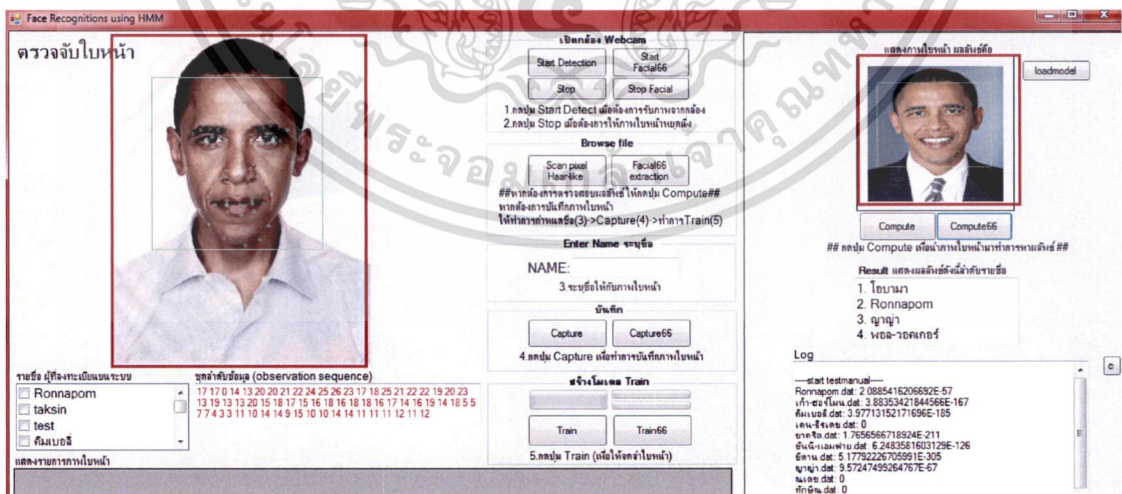
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 ส่วนของการแสดงผลพัทธ์ของระบบ

ผลลัพธ์ลำดับรายชื่อ มีความหมายดังนี้

- หมายเลข 1 คือผลลัพธ์ที่ระบบคำนวณ มีความเป็นไปได้มากที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง
- หมายเลข 2 คือผลลัพธ์ที่ระบบคำนวณ มีความเป็นไปได้มากที่สุดเป็นอันดับที่สอง
- หมายเลข 3 คือผลลัพธ์ที่ระบบคำนวณ มีความเป็นไปได้มากที่สุดเป็นอันดับที่สาม
- หมายเลข 4 คือผลลัพธ์ที่ระบบคำนวณ มีความเป็นไปได้มากที่สุดเป็นอันดับที่สี่



รูปที่ 13 แสดงตัวอย่างการใช้งานระบบรู้จำใบหน้าและแสดงผลพัทธ์ออกมา

สิ้นสุดขั้นตอนการใช้งานระบบรู้จำใบหน้าด้วยฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

นายรณภูมิ อัครพงษ์

วัน เดือน ปีเกิด

31 พฤษภาคม พ.ศ. 2528

ที่อยู่

355/55 หมู่ที่3 ตำบลโนนสูง อ.เมืองอุดรธานี

จ. อุดรธานี 41330

อีเมล

ronnabomb@gmail.com

ประวัติการศึกษา

2544

มัธยมศึกษาตอนปลาย สาย วิทยาศาสตร์ โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล

อุดรธานี

จังหวัดอุดรธานี

2546

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้