

การจำหน้าคนด้วยการประมวลสัญญาณดิจิทัล

FACE RECOGNITION WITH DIGITAL SIGNAL PROCESSING



โดย  
นายชาติรี เกรื่อนันตา  
นายธานี เสือจ้อย  
นายบัญชา พันธุ์ทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

นพ.  
15111  
2545

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 50138

วัน,เดือน,ปี 1 เม.ย. 2547

.b.....  
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำหน้าคนด้วยการประมวลสัญญาณดิจิทัล

FACE RECOGNITION WITH DIGITAL SIGNAL PROCESSING

โดย

นายชาติเรื่อนันตา 43015010

นายธานี เสือจ้อย 43015016

นายบัญชา พันธุ์ทอง 43015019

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. อัครพล ตีร์รัตน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจำหน่ายคนด้วยการประมวลสัญญาณดิจิทัล

FACE RECOGNITION WITH DIGITAL SIGNAL PROCESSING

ผู้จัดทำ

1. นายชาติเรี เกื่อนันตา 43015010
2. นายธานี เสือขี้ 43015016
3. นายบัญชา พันธุ์ทอง 43015019

อัครพล อัครพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

( อ. อัครพล อัครพันธ์ )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำหน้าคนด้วยการประมวลสัญญาณดิจิทัล  
FACE RECOGNITION WITH DIGITAL SIGNAL  
PROCESSING

โดย นายชาติเรี ตรีอนันตา 43015010  
นายธานี เสือจ้อย 43015016  
นายบัญชา พันธุ์ทอง 43015019

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. อัครพล ตรีรัตน์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอเกี่ยวกับ การเรียนรู้และจดจำลักษณะความเหมือนและความแตกต่างของใบหน้ามนุษย์ จากข้อมูลที่เป็นภาพถ่ายสีหน้าตรง โดยใช้กระบวนการประมวลผลภาพในการวิเคราะห์หาลักษณะประกอบและลักษณะเด่นของแต่ละบุคคล เพื่อใช้ในการจดจำและสืบค้นจากฐานข้อมูลที่มีอยู่เพื่อเปรียบเทียบและระบุได้ว่าเป็นภาพใคร

ABSTRACT

This project proposes the design of face recognition scheme. In this project, we use the concept of Image Processing in order to accomplish the algorithm. There are basically 2 significant parts in this algorithm which are the classification of the image and recognition of the image.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 ความเป็นมาของหัวข้อปริญญานิพนธ์	1
1.2.1 การเทียบเทมเพลต	1
1.2.2 การเทียบลักษณะทางเรขาคณิต	2
1.2.3 การเทียบกราฟ	2
1.2.4 ใบหน้าไอเคน	3
1.2.5 โครงข่ายประสาทเทียม	4
1.2.6 ภาพ 3 มิติ	4
1.3 ความซับซ้อนและยุ่งยากในการรู้จำใบหน้าด้วยคอมพิวเตอร์	5
1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	5
1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	7
2.1 การนำระบบรู้จำใบหน้าไปใช้จริงในปัจจุบัน	7
2.2 สิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้บนภาพใบหน้าในการรู้จำใบหน้า	8
2.3 ระบบฐานข้อมูลและภาพที่เข้ามาตรวจสอบ	8
2.4 ระบบการมองเห็นภาพ	9
2.5 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ	10
2.5.1 พิกเซล	10
2.5.2 ตำแหน่งของพิกเซล	11
2.5.3 ระดับสีเทา	12
2.5.4 ฮิสโตแกรม	13
2.5.5 การแปลงระดับสีเทา	13
2.6 พื้นฐานและระบบของโครงสร้างสี่ที่ใช่	14
2.6.1 ระบบของโครงสร้างสี่อาร์จีบี	14
2.6.2 ระบบของโครงสร้างสีวายซีบีซีอาร์	15
2.6.3 ระบบของสีโครงสร้างสีเอชเอสวี	15
2.7 งานวิจัยเกี่ยวกับสีผิวของคริสโตฟี และจีโออร์จีโอส	16
2.8 ทฤษฎีมอโฟโลยีในการแยกส่วนของใบหน้า	20
2.8.1 การขยายกลุ่มของพิกเซล	20
2.8.2 การหดของกลุ่มพิกเซล	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การอุดรูของกลุ่มพิกเซล	24
2.9 การแยกลักษณะเด่นของใบหน้าด้วยตัวกรองเกเบอร์	25
2.10 การแสดงออกของพื้นผิวและการกอบกู้คืนของพื้นผิว	26
2.10.1 การแสดงออกของพื้นผิว	26
2.10.2 การวัดค่าการหมุนตัวที่ไม่เปลี่ยนแปลงความคลั่งกัน	28
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	30
3.1 การตรวจจับใบหน้าจากภาพ	30
3.2 การรู้จำภาพใบหน้า	33
3.3 โพลีชาร์ตแสดงขั้นตอนของโครงการ	34
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	38
4.1 การทดลองที่ 1 การตรวจจับส่วนที่เป็นใบหน้า	38
4.2 การทดลองที่ 2 การทำอโฟโลจิคอล	40
4.3 การทดลองที่ 3 การแปลงเกเบอร์	41
4.4 การทดลองที่ 4 การทดสอบฐานข้อมูล	42
4.5 การทดลองที่ 5 การสร้างฐานข้อมูลและการวิเคราะห์ครั้งที่ 1	43
4.6 การทดลองที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งที่ 2	44
4.7 การทดลองที่ 7	45
4.8 การทดลองที่ 8	45
4.9 การทดลองที่ 9	46
4.10 การทดลองที่ 10	46
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ผล	48
5.1 ผลที่ได้จากการตรวจจับ ใบหน้า	48
5.2 ผลที่ได้จากการรู้จำ ใบหน้า	48
ภาคผนวก ก.	
ภาคผนวก ข.	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 พิกเซลแสดงลักษณะของจุดภาพและตำแหน่งของพิกเซล	10
รูปที่ 2.2 คณิตศาสตร์แสดงพิกเซลในเมตริกซ์ภาพ	10
รูปที่ 2.3 (ก) ลักษณะที่ตกกระจายไม่เท่ากันบนพื้นผิว	
(ข) ค่าของพิกเซลของภาพพื้นผิว	11
รูปที่ 2.4 ค่าของพิกเซลของภาพพื้นผิวภาพขาวดำ	12
รูปที่ 2.5 ค่าของพิกเซลของพื้นผิวภาพระดับสีเทา	12
รูปที่ 2.6 ซีสโตแกรมของ 8 ระดับสีเทาจากเมตริก 4×5	13
รูปที่ 2.7 ซีสโตแกรมของระดับสีเทา	14
รูปที่ 2.8 (ก) แสดงโครงสร้างสีอาร์จีบี	
(ข) แสดงโครงสร้างสีอาร์จีบีเป็นลูกบาศก์หนึ่งหน่วย	15
รูปที่ 2.9 (ก) แสดงโครงสร้างสีเอชเอสบี	
(ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างสีเอชเอสบี กับอาร์จีบี	16
รูปที่ 2.10 (ก) แสดงกลุ่มตัวอย่างสีผิวในแกนของเวกซ์ชีบีซีอาร์	
(ข) แสดงกลุ่มตัวอย่างสีผิวในแกนของเอชเอสบี	17
รูปที่ 2.11 แสดงกรอบพื้นที่สีผิว โครงสร้างสีเวกซ์ชีบีซีอาร์ ที่ระนาบ $Y=160$	18
รูปที่ 2.12 แสดงกรอบพื้นที่สีผิว โครงสร้างสีเอชเอสบี ที่ระนาบ $V=70$	19
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการทำมอโฟโลยี	20
รูปที่ 2.14 ลักษณะการดำเนินการขยายกลุ่มพิกเซล	21
รูปที่ 2.15 (ก) แสดงการดำเนินการขยายกลุ่มของพิกเซลของภาพระดับสีเทา	
(ข) แสดงการดำเนินการขยายกลุ่มของพิกเซลของภาพขาวดำ	22
รูปที่ 2.16 ลักษณะการดำเนินการหดของกลุ่มพิกเซล	23
รูปที่ 2.17 ลักษณะการดำเนินการอุดรูของกลุ่มพิกเซล	24
รูปที่ 2.18 (ก) แสดงภาพก่อนทำการอุดรูของภาพระดับสีเทา	
(ข) แสดงผลการอุดรูของภาพระดับสีเทา	25
รูปที่ 2.19 รูปแบบของค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบลักษณะเด่นของภาพ	27
รูปที่ 2.20 ส่วนจริงของสเกลคือ 5 และ 6 ค่าการปรับตัว	28
รูปที่ 2.21 ขนาดของเกเบอร์เมื่อกำหนดให้ 5 สเกลที่แตกต่างกัน	29
รูปที่ 3.1 โพลีชาร์ตการตรวจจับส่วนที่เป็นใบหน้า	34
รูปที่ 3.2 โพลีชาร์ตการทำมอโฟโลจิคอล	35
รูปที่ 3.3 โพลีชาร์ตการสร้างฐานข้อมูล	36
รูปที่ 3.4 โพลีชาร์ตภาพรวมของระบบการรู้จำภาพใบหน้า	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 ภาพต้นแบบภาพถ่ายสีหน้าตรงความละเอียด 288×216 พิกเซล	38
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลกลุ่มสีภาพต้นฉบับ	38
รูปที่ 4.3 (ก) ภาพที่ผ่านการเปลี่ยน โครงสร้างสีเป็นวายซีบีซีอาร์	
(ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการตัดสีผิว	39
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลกลุ่มสีของภาพที่ถูกตัดสีผิว	39
รูปที่ 4.5 (ก) ภาพที่ผ่านกระบวนการขยายกลุ่มของพิกเซล	
(ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการอุดรูกลุ่มของพิกเซล	40
รูปที่ 4.6 (ก) ภาพที่ผ่านกระบวนการหดรหัสของกลุ่มพิกเซล	
(ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการแปลงเป็นภาพขาวดำ	40
รูปที่ 4.7 ภาพขาวดำที่ดูคล้ายภาพต้นแบบโดยการคูณจุดต่อจุด	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของภาพที่นำเข้ามาทำการกรองเกเบอร์	43
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 5	44
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 6	44
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 7	45
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 8	45
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 9	46
ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 10	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำระบบการมองเห็น (Vision System) มาประยุกต์ใช้กับงานหลายแขนงซึ่งเราสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป ดังเช่น ระบบบาร์โค้ด ระบบรักษาความปลอดภัย หรือระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ในโครงการการรู้จำใบหน้าคนด้วยการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลก็เป็นประโยชน์จากระบบการมองเห็นแบบหนึ่ง เนื่องด้วยปัจจุบันคอมพิวเตอร์และวิธีการต่างๆ ในการประมวลผลภาพมีความสามารถสูงขึ้นมา โดยทางด้านการเรียนรู้และจดจำ ไม่ว่าจะเป็นการรู้จำวัตถุ รู้จำเสียงพูด หรือรู้จำตัวอักษร ในโครงการนี้เป็น การนำเสนอวิธีการรู้จำภาพใบหน้ามนุษย์จากภาพถ่ายสีหน้าตรง ซึ่งในการรู้จำใบหน้าในปัจจุบันที่มีในเอกสารและวารสารทางวิชาการต่างๆ โดยแนวทางของวิธีการที่นำเสนอนี้ยังสามารถพัฒนาต่อไป เพื่อเพิ่มความสามารถได้อีกมากมายในอนาคต

#### 1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เป็นโปรแกรมใช้งาน (Application) เพื่อให้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์มีฐานข้อมูลเกี่ยวกับใบหน้าแต่ละคนอยู่ และเมื่อมีใบหน้าเข้ามาตรวจสอบกับใบหน้าในฐานข้อมูลที่มีอยู่ ก็สามารถรู้จำ บ่งชี้บุคคลแต่ละคนที่มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลได้ โดยโครงการนี้มี 2 ส่วนหลักคือ ส่วนของการแยกองค์ประกอบเพื่อค้นหาส่วนที่เป็นใบหน้าหรือการตรวจจับใบหน้า (Face Detection) และส่วนของการรู้จำภาพใบหน้า (Face Recognition)

#### 1.2 ความเป็นมาของหัวข้อปริญญาานิพนธ์

การรู้จำใบหน้าในปัจจุบันนี้ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงโดยวิธีการต่างๆ โดยตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันที่มีการค้นคว้าและวิจัย ซึ่งสิ่งนี้เหตุผลหนึ่งที่สามารถบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้ก็เนื่องจากการเลียนแบบการมองเห็นของมนุษย์ และในการรู้จำใบหน้านั้นระกอบด้วย 2 ส่วนที่น่าทึ่ง คือ การตรวจจับเพื่อค้นหาส่วนที่เป็นภาพใบหน้า และการรู้จำภาพใบหน้าว่าเป็นภาพของบุคคลใด ได้เคยรู้จักมาก่อนหรือเปล่า

จากเรื่องราวต่างๆ ของการรู้จำใบหน้าที่ได้สำรวจบทความต่างๆ นั้น ได้พบเห็นอย่างชัดเจนถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา แนวทางที่ต่างวิ่งไปสู่อุปสรรคและความสำเร็จต่างๆ ที่ได้เกิดขึ้นในแนวทางของตน โดยแต่ละวิธีได้มีแนวความคิดในด้านการพิจารณาการมองเห็นใบหน้า และวิธีการในการตัดสินใจรู้จำใบหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 กลุ่มการวิจัย คือ

##### 1.2.1 การเทียบเทมเพลต (Template Matching)

ในวิธีการเทียบเทมเพลตนี้ทำงานโดยการหาความสัมพันธ์ (Correlation) ของภาพ 2 ภาพโดยตรง ให้ผลอย่างมีประสิทธิภาพโดยมีอัตราในการรู้จำเป็น 100% เมื่อภาพมีขนาดเดียวกัน มีการวางอยู่ตรงกัน และมีการส่องสว่างของแสงเดียวกัน ถ้าภาพที่เข้ามาทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ต้องมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญต์เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมวลผลก่อน (Processing) เพื่อให้ภาพเข้าสู่ตำแหน่งหรือการส่องสว่างใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธีนี้ใช้ประยุกต์ในงานที่ต้องการภาพที่เข้ามาตรวจสอบตรงกับภาพในฐานข้อมูลนั่นเอง

### 1.2.2 การเทียบลักษณะทางเรขาคณิต (Geometrical Features Matching)

มีนักวิจัยจำนวนมากที่เลือกรู้จำใบหน้าในลักษณะทางเรขาคณิต คืออาศัยอัตราส่วนหรือสัดส่วนของระยะทางจากตาซ้ายไปตาขวา จากตาไปจมูก จากจมูกไปปาก รูปร่างของปาก รูปร่างของตา และจากรูปร่างของคาง ซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพของใบหน้า ดังมีรายละเอียดของการวิจัยดังนี้

เคนนาดี (Kanade) ปี 1973 ได้นำเสนอวิธีการแยกลักษณะเด่นอัตโนมัติ (Automatic Features Extraction) โดยใช้อัตราส่วนของระยะทาง (Ratios of Distance) โดยมีของผลการรู้จำอยู่ระหว่าง 45-75% ของฐานข้อมูลภาพ 20 คน

บรูเนลลี และพอร์กีโอ (Brunelli & Poggio) ปี 1993 ได้คำนวณเขตของลักษณะทางเรขาคณิต เช่นความกว้างของจมูก ตำแหน่งของปากบนใบหน้า และรูปร่างของคาง โดยมีอัตราการรู้จำ 90% ของฐานข้อมูล 47 คน อย่างไรก็ตามพวกเขาได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อพวกเขาใช้วิธีการเทียบเทมเพลตอย่างง่ายนั้นให้ผลในการรู้จำที่ 100% โดยใช้ฐานข้อมูลเดียวกัน

คอร์ก (Cox) และคณะ ปี 1996 ได้นำเสนอเทคนิคระยะทางผสม (Mixture Distance) ที่ทำให้ได้อัตราการรู้จำสูงมากถึง 95% โดยใช้ฐานข้อมูลภาพที่สุ่มมาทดสอบทีละ 96 ภาพ จากทั้งหมด 685 ภาพ ซึ่งใบหน้าของแต่ละภาพนั้นจะถูกแทนด้วยระยะทางต่างๆ ถึง 30 อย่าง

ระบบการรู้จำใบหน้าแบบที่มีการพิจารณาลักษณะทางเรขาคณิตนี้ จะสามารถนำไปใช้ในระบบที่มีประโยชน์และเป็นไปได้ในทางปฏิบัติในการค้นหาในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ได้ ถ้ามีการวัดระยะทางจากจุดที่เป็นลักษณะเด่นได้อย่างถูกต้องเที่ยงตรง ทั้งนี้เพราะข้อมูลที่ได้อาจมีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับการพิจารณาแบบอื่นๆ จึงใช้เวลาน้อยกว่าแบบอื่นๆ ในการค้นหา ดังนั้นจึงมีการสร้างระบบฐานข้อมูลขึ้นมาสนับสนุนวิธีการแบบนี้ ซึ่งฐานข้อมูลดังกล่าวเรียกว่าฐานข้อมูลภาพถ่ายหลายด้าน (Mugshot Database) ทั้งนี้เพราะถ้ามีภาพด้านข้างด้วยจะเป็นการช่วยหาจุดที่เป็นลักษณะเด่นได้เที่ยงตรงแม่นยำมากขึ้น แต่ทั้งนี้ความเที่ยงตรงในการวัดยังขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมที่ใช้ด้วย ดังนั้นในปัจจุบันการทำงานอย่างอัตโนมัติก็ยังไม่ค่อยมีความเที่ยงตรงนัก จึงต้องรอกันต่อไป สำหรับวิธีการแบบนี้

### 1.2.3 การเทียบกราฟ (Graph Matching)

เป็นวิธีการมองใบหน้าในลักษณะที่เป็นเวกเตอร์ของกราฟ ซึ่งมีจุดและเส้นในการเชื่อมต่อเป็นโครงร่างที่ฟัดไปบนใบหน้าบนลักษณะเด่นที่พิจารณา เช่น รูปร่างกราฟของตา ปาก จมูก คางกับหู และคิ้ว เป็นต้น ดังมีรายละเอียดของการวิจัยดังนี้

ลาเดอร์ (Lader) และคณะ ปี 1991 เสนอสถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อแบบยืดหยุ่น (Dynamic Link Architecture) สำหรับการรู้จำภาพเป้าหมายแบบไม่ขึ้นกับ ความเพี้ยน โดยใช้การเทียบกราฟแบบยืดหดได้ (Elastic Graph Matching) เพื่อหากราฟในฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงที่สุด วัตถุเป้าหมายนั้นจะถูกแทนด้วย

กราฟต่างๆ กัน (Space Graph) ที่มีจำนวนไม่มากนัก ซึ่งมุมจะถูกแบ่งแยกประเภท (Label) แทนด้วยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันความโค้งด้วยวิธีการของเขา และขอบต่างๆ ก็ถูกแบ่งแยกประเภท แทนด้วยระยะทางทางเรขาคณิต เมื่อป้อนภาพเข้ามา 1 ภาพ และค้นหาในฐานข้อมูลจำนวน 87 คน และภาพทดสอบที่มีหลายๆ ลักษณะรวมทั้งมีการหมุน 15 องศาด้วย ซึ่งใช้เวลาในการแมทซิง (Matching) 25 วินาที โดยการใช้ทรานสปิวเตอร์ (Transputer) จำนวน 23 ตัว ในการประมวลผล แต่ในบทความดังกล่าวไม่ได้บอกอัตราการรู้จำได้เลย

วิสคอต (Wiskott) และคณะ ปี 1995 ได้มีการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าวนี้ใหม่ โดยทดสอบฐานข้อมูลฟีเลท (FERET Database) ปรากฏว่ามีผลในการรู้จำสูงมากถึง 97.3% แต่ในบทความไม่ได้บอกเวลาที่ใช้ในการแมทซิง และตัวประมวลผลที่ใช้เลย ดังนั้นคงเป็นไปได้ว่าระบบดังกล่าวคงใช้ตัวประมวลผลที่มีประสิทธิภาพและความเร็วสูงมาก และคงใช้เวลานานในการประมวลผล จึงไม่ต้องการที่จะบันทึกไว้ให้เป็นข้อค้อยของระบบของพวกเขา

#### 1.2.4 ใบหน้าไอเกน (Eigen Face)

เทอร์ค และเพนทแลนด์ (Turk & Pentland) ปี 1991 จากมหาวิทยาลัยแมสซาชูเซต (MIT) ได้ริเริ่มและเสนอวิธีการในการรู้จำใบหน้าโดยทำการฉาย (Projection) ภาพใบหน้าไปยังองค์ประกอบหลัก (Principal Components) โดยเรียกภาพใบหน้าที่ดังกล่าวนี้ว่าใบหน้าไอเกน (Eigenface) โดยนำใบหน้าไอเกนดังกล่าวไปทำการค้นหาในฐานข้อมูลใบหน้าไอเกน โดยพวกเขาได้แสดงให้เห็นว่าโดยการทดสอบกับฐานข้อมูลใบหน้าไอเกน 16 คนที่มีการเลื่อน การวางตำแหน่งศีรษะหลายๆ ลักษณะ มีการย่อขยาย และการเปลี่ยนแปลงของแสง โดยการแทนด้วยใบหน้าไอเกนที่ใช้เทคนิคของพวกเขาแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยระบบยังคงมีความสามารถในการรู้จำ 96% มีการวางตำแหน่งศีรษะเปลี่ยนแปลงจะมีความสามารถในการรู้จำ 85% และมีการย่อขยายนั่นพวกเขาได้ใช้อัลกอริทึมในการปรับขนาดของศีรษะ ให้มีขนาดเดียวกับขนาดใบหน้าไอเกนโดยใช้การประมาณขนาดของศีรษะ และนำส่วนกลางของใบหน้ามาใช้เท่านั้นเพื่อลดผลจากการเปลี่ยนแปลงของทรงผม และฉากด้านหลังที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ดังมีรายละเอียดของการวิจัยดังนี้

เพนทแลนด์ (Pentland) และคณะ ปี 1993-1994 มีผลการรู้จำที่ดีในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ โดยมีอัตราการรู้จำ 95% ในฐานข้อมูล 200 คนที่สุ่มมาจากฐานข้อมูลขนาด 3000 คน ซึ่งเป็นขนาดฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ

มาห์แดม และเพนทแลนด์ (Mahadam & Pentland) ปี 1994 มีผลการรู้จำที่ดีมาก โดยทดลองกับฐานข้อมูลฟีเลท โดยมีข้อผิดพลาดเพียงตรงที่ใช้ภาพด้านหน้าเพียง 150 ภาพเท่านั้น ระบบมีการทำการประมวลผลก่อน (Preprocessing) เพื่อหาตำแหน่งของศีรษะ ลักษณะเด่น และทำการนอร์มอลไลซ์ (Normalization) ทางเรขาคณิตของใบหน้า โดยการเลื่อนตำแหน่ง การหมุน การย่อขยายภาพ ปรับแสง และปรับคอนทราสต์ (Contrast) ของภาพ

สเวท และเวง (Swets & Weng) ปี 1996 เสนอวิธีการของการแยกลักษณะเด่นไอเกน (Selecting Discriminant Eigenfeature) โดยการวิเคราะห์แบ่งแยกหลายมิติแบบเชิงเส้น (Multidimensional Linear

Discriminant Analysis) พวกเขาเสนอวิธีการในการหาลักษณะเด่นที่มากที่สุด (Most Express Feature : เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEF) และการแยกลักษณะเด่นที่มากที่สุด (Most Discriminatory Feature : MDF) แต่ไม่มีผลในการรู้จำที่เทียบเท่ากับใบหน้าไอเคนแบบเดิมให้ดูในบทความของพวกเขา

โดยสรุปแล้ววิธีการใช้ใบหน้าไอเคนนั้น เป็นวิธีที่รวดเร็วและง่าย สามารถใช้ได้ในทางปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตาม จิตจำกักจะอยู่ที่มันต้องการความคล้ายกันมากของจุดภาพความสว่างของภาพในฐานข้อมูลกับภาพที่เข้ามาทดสอบ ซึ่งต้องใช้กระบวนการประมวลผลก่อนที่ดีในการทำออร์มอลไลซ์ภาพให้มีขนาดใกล้เคียงกัน

### 1.2.5 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

จนถึงปัจจุบันมีการเสนอบทความที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการรู้จำใบหน้ามากมาย แต่ส่วนใหญ่แล้วนำเสนอด้วยวิธีการต่างๆ ที่เสนอนั้น มีการทดสอบกับฐานข้อมูลขนาดเล็กๆ ได้เท่านั้น (ต่ำกว่า 20 คน) จะมีที่ใช้ฐานข้อมูลขนาดใหญ่มีไม่มากบทความนัก ซึ่งวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถมากขึ้น โดยจะช่วยลดความยุ่งยากลงได้มากที่สุดทีเดียว โดยมันได้ถอดแบบมาจากการทำงานของระบบสมองมนุษย์ ดังมีรายละเอียดของการวิจัยดังนี้

เดมเมอร์ (Demer) ปี 1993 ใช้สัมประสิทธิ์ 50 ตัวแรกจากส่วนประกอบหลัก (Principal Component) ที่ดึงมาจากภาพ แล้วนำมาใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบมาตรฐานของเปอร์เซพตรอนหลายชั้น (Standard Multilayer Perceptron) ในการรู้จำ ผลการรู้จำค่อนข้างดี แต่ฐานข้อมูลที่ใช้ค่อนข้างง่ายเกินไป และภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงของแสง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากการหมุน โดยใช้ฐานข้อมูลเพียง 20 คนเท่านั้น

ลอว์เลนซ์ (Lawrence) และคณะ ปี 1997 ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบผสม (Hybrid Neural Network) โดยใช้การผสมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบจัดกลุ่ม (Self-Organizing Map Neural Network : SOM) ในการลดการควอนไทซ์ (Quantization) ของข้อมูลภาพใบหน้า ไปในทอพอโลยีสเปซ (Topological Space) และโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network : CNN) ในการรู้จำ ซึ่ง Lawrence และคณะ ได้เปรียบเทียบผลการรู้จำของพวกเขาได้ดังนี้

1. โครงข่ายประสาทเทียมแบบจัดกลุ่มในการลดมิติข้อมูล + โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันในการรู้จำ มีความถูกต้องในการรู้จำ 96.2%
2. การแปลงแบบคาร์ยูเนนเลิฟ (KL Transform) ในการลดข้อมูล + โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันในการลดข้อมูลมีความถูกต้อง 94.7%
3. โครงข่ายประสาทเทียมแบบจัดกลุ่มในการลดการควอนไทซ์ ข้อมูล + โครงข่ายประสาทเทียมแบบเปอร์เซพตรอนหลายชั้น (Multilayer Proceptron) ในการรู้จำ มีความถูกต้อง 60%
4. ใบหน้าไอเคน มีความถูกต้อง 89.5%

โดยฐานข้อมูลที่ Lawrence และคณะ ใช้ทดสอบระบบเป็นภาพบุคคลที่มีท่าทางแตกต่างกันคนละ 10 ภาพเป็นจำนวน 40 คน ซึ่งภาพนี้ถ่ายมาต่างเวลากัน ตั้งแต่เดือนเมษายน ปี 1992 ถึงปี 1994 เดียวกัน ภาพมีการเปลี่ยนแปลงของการแสดงออก เช่น การเปิดปิดตา ยิ้มและไม่ยิ้ม และมีแว่นหรือไม่มีฟันหลาหลังเป็นสีดำเนื้อเดียวกันทั้งหมด และศีรษะวางอยู่ประมาณตรงกลางภาพถ่าย ซึ่งบางภาพอาจมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมุนไปประมาณ 20 องศา และบางภาพอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดประมาณ 10% รูปแบบของภาพนั้นเป็นภาพระดับสีเทา (Gray-scale Image) ขนาด 92×112 พิกเซล

### 1.2.6 ภาพ 3 มิติ (Face 3D)

การมองภาพใบหน้าเป็น 3 มิติ เป็นวิธีการขั้นสูงและเป็นวิธีที่ดีมากในปัจจุบัน และมีการทำเป็นธุรกิจผลิตซอฟต์แวร์เพื่อเป็นการค้าเรียบร้อยแล้ว โดยมีชื่อซอฟต์แวร์ว่า “ FaceIt ” ผลิตโดยบริษัทวิชชั่นนิคคอร์ปอเรชั่น (Visionics Corporation) ในการรู้จำภาพใบหน้าในรูปแบบ 3 มิติแบบเวลาจริง (Real Time) ที่ไม่ต้องการฮาร์ดแวร์เพิ่มพิเศษในโลกแห่งความเป็นจริง และมีความเร็วในการประมวลผลสูงมากจนกระทั่งสามารถทำกับภาพนิ่งและกับภาพจากวิดีโอก็ได้ ซึ่งความสามารถจริงของระบบอยู่ที่ความเร็วและการแก้ปัญหาเรื่องการขมวดคิ้ว การยิ้ม การกระพริบตา แสงและขนาด และปัญหาต่างๆ ได้ทั้งหมด อีกทั้งยังเป็นแนวทางที่ใช้ลักษณะสามมิติที่เป็นลักษณะเด่นคือ จมูก ปาก แก้ม กระจก และแนวขากรรไกรที่จะสามารถจะพัฒนาเป็นการประมาณ ใบหน้าเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นหรือลดลงได้อีกด้วย

### 1.3 ความซับซ้อนและยุ่งยากในการรู้จำใบหน้าด้วยคอมพิวเตอร์

ในการรู้จำใบหน้านั้นมนุษย์ดูเหมือนจะทำได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย ซึ่งคอมพิวเตอร์ไม่ได้รู้จำได้อย่างง่ายๆ ซึ่งมีประเด็นดังนี้

ความยากอันดับแรกคือ ในการประยุกต์ใช้งานในโลกแห่งความเป็นจริงนั้นต้องการระบบที่มีความถูกต้องสูงมาก เช่น ระบบรักษาความปลอดภัย และระบบเครื่องเอทีเอ็ม (ATM Cash Machine) ที่ใช้การรู้จำภาพใบหน้าในการระบุคนนั้น จะต้องมีความเร็วสูงแบบเวลาจริงและต้องไม่มีการผิดพลาดได้เลย ในการประยุกต์ทางด้านตรวจจับคนที่เจ้าหน้าที่ทางกฎหมายต้องการจับตัวและผู้ลักขโมยนั้น ระบบที่ติดตั้งที่สถานีที่สาธารณะต่างๆ และระบบจะต้องสามารถเลือกสรร คัดเลือกบุคคลผิดกฎหมายที่ต้องการนั้นออกมาให้ได้ ในขณะที่ทุกคนต่างก็กำลังเดินหรือเคลื่อนไหวกันอยู่ ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากมาก

ความยากอันดับที่สองคือ ในการรู้จำภาพ ใบหน้าที่มีประสิทธิภาพจริงๆ นั้น ไม่สามารถใช้การประมวลผลภาพแบบเก่าๆ เช่น การเทียบภาพได้ ซึ่งส่วนที่ทำทายนั้นแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการตรวจจับใบหน้า ที่จะต้องทำการตัดสินใจว่าในภาพนั้นมีภาพใบหน้าอยู่หรือไม่ และอยู่ตรงตำแหน่งใดในภาพ และส่วนที่สองเป็นการรู้จำใบหน้าที่จะต้องระบุได้ว่าเป็นบุคคลใด จากฐานข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งใบหน้านั้นยากในการที่จะตรวจจับและรู้จำทั้งนี้เพราะข้อเท็จจริงที่ว่ามันมีรูปแบบไม่ตายตัว ซึ่งใบหน้าอาจเปลี่ยนแปลง ตำแหน่ง ขนาด พื้นหลังต่างๆ การส่องสว่าง การแสดงออกทางอารมณ์ การวางตัวของศีรษะ ทรงผม คิ้ว หนวด ใต้วง หรือสวมหมวก ซึ่งเหล่านี้เป็นเรื่องที่เป็นปัญหาอย่างมาก อีกทั้งถ้าเป็นภาพจากกล้องวิดีโอ จะต้องแก้ปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่ของภาพด้วย

### 1.4 ขอบเขตของปริญาณิพนธ์

โครงการนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับใบหน้า เพื่อตรวจหาส่วนที่เป็นใบหน้าในภาพถ่ายด้วยการ

ตัดสีผิวและใช้เทคนิคของมอโฟโลจิคอล (Morphology) ในการทำให้ได้รูปของใบหน้าที่สมบูรณ์ โดยใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือการประมวลผลภาพ (Image Processing Toolbox) ของโปรแกรมแมทแลป (Matlab) และทำการรู้จำภาพใบหน้า ด้วยวิธีการเทียบของค้ประกอบที่ผ่านตัวกรองเกเบอร์ (Gabor Filter)

### 1.5 เนื้อหาของปริญญาานิพนธ์

เนื้อหาของปริญญาานิพนธ์ได้แยกเป็น 5 บท เพื่อแสดงถึง วิธีการที่เคยใช้กันในการรู้จำใบหน้า ทฤษฎีที่นำมาใช้ในปริญญาานิพนธ์ ผลการทดลอง สรุป ปัญหาที่พบ ดังมีรายละเอียดในบทต่างๆ ดังต่อไปนี้

ในบทที่ 2 กล่าวถึงระบบรู้จำใบหน้าไปใช้จริงในปัจจุบัน ระบบฐานข้อมูลและภาพที่เข้ามา ตรวจสอบระบบการมองเห็นภาพ หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ

ในบทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีและสมการที่ใช้ในการตรวจจับแยกส่วนของใบหน้า ทฤษฎีและสมการที่ใช้หาลักษณะเด่นของใบหน้าด้วยตัวกรองเกเบอร์

ในบทที่ 4 กล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลอง ในการตรวจจับแยกส่วนของใบหน้าโดยวิธีตัดสีผิว ผลในการหาลักษณะเด่นของใบหน้า และผลในการแมทซิง

ในบทที่ 5 กล่าวถึง บทวิจารณ์และสรุปผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีหรือหลักการ

#### 2.1 การนำระบบรู้จำใบหน้าไปใช้จริงในปัจจุบัน

##### 2.1.1 ฝ้าดูบุคคลแปลกหน้า

เป็นการทำงานอัตโนมัติ ในการฝ้าดูบุคคลที่ไม่มีอยู่ในข้อมูล มันสามารถส่งเสียงเตือน เมื่อเห็นคนแปลกหน้า และสามารถเก็บบันทึกภาพใบหน้านั้นได้ด้วย ซึ่งทำให้เรากลับมาดูภาพใบหน้าคนแปลกหน้าได้ทั้งหมดได้เมื่อต้องการ หรือในภายหลังถึงสุดวันวันนั้น ทั้งยังมีการบันทึกเวลาที่บุคคลนั้นเข้ามาให้เห็นด้วย ซึ่งจะสามารถดูง่ายกว่าดูจากวิดีโอ เพราะมีการเก็บเฉพาะภาพที่เป็นใบหน้าบุคคลแปลกหน้าเท่านั้น ไม่ได้บันทึกแบบต่อเนื่องซึ่งต้องใช้เวลาในการดูและค้นหาอย่างมาก

##### 2.1.2 ฝ้าดูบุคคลที่รู้จัก

เป็นการติดตามบุคคลในครอบครัวหรือบุคคลในฐานะข้อมูล ที่เข้ามาและออกไปตัวอย่างเช่น ถ้าตำรวจต้องการฝ้าดูบุคคลต่างๆ ที่เข้าและออกอาคาร ก็สามารถใช้ระบบดังกล่าวในการบันทึกเวลาและดูความบ่อยเพียงใดที่เขาผู้นั้นเข้ามาให้ระบบตรวจจับมองเห็นได้ การทำงานลักษณะเช่นนี้สามารถบันทึกข้อมูลวันเวลาและจำนวนครั้งที่บุคคลคนนั้นเข้ามาให้เห็นได้ด้วย

##### 2.1.3 ล็อกหน้าจอ (Screen Lock)

เป็นการทำงานที่เหมือนกับการล็อกหน้าจอแบบปกติ ที่ใช้การป้อนรหัสผ่าน เพื่อเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์หรือระบบเครื่องถ่ายนิ่งเอง เว้นแต่ว่ามันจะมีการปลดล็อกอัตโนมัติเมื่อผู้ใช้กลับมาและมองไปที่กล้องจับภาพ หมายความว่า จะไม่ยอมให้บุคคลอื่นๆ เข้ามาใช้เครื่องหรือเข้าสู่ระบบได้ ระบบนี้สามารถออกแบบให้ปลดล็อกเมื่อผู้ส่งล็อกเพียงคนเดียวที่ยินยอมนั้นกลับมาอีกครั้ง หรือสามารถออกแบบให้ปลดล็อกเมื่อกลุ่มใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูลใดคนหนึ่งกลับมาก็ได้

##### 2.1.4 ค้นหาในฐานข้อมูลภาพ

การทำงานนี้สามารถค้นหาภาพใบหน้าในฐานข้อมูลภาพขนาดใหญ่ หรืออาจจะเป็นฐานข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่เป็นวิดีโอขนาดใหญ่ก็ได้ โดยจะมีการกวาดหาอย่างอัตโนมัติในทุกๆ ภาพหรือทุกๆ เฟรมของวิดีโอ ที่มีภาพบุคคลที่เราต้องการหาซึ่งอาจจะต้องการหาหลายคนในคราวเดียว ตัวอย่างเช่น การค้นหาภาพจากแถบบันทึกวิดีโอ ซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นเรื่องที่น่าเบื่อ และเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลามากคือการค้นหาภาพบุคคลที่ต้องการ ซึ่งหากวิดีโอมีเป็นจำนวนมากๆ หรือต้องทำบ่อยๆ กลับไปกลับมา จะเป็นเรื่องน่าเบื่อมาก แต่หากใช้โปรแกรมรู้จำใบหน้าทำการค้นหาแทน มันจะทำได้โดยไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อยในการค้นหาต่อเนื่องกันเป็นชั่วโมงๆ โดยไม่มีการหยุดพัก หรือถ้าเป็นการค้นหาในฐานข้อมูลภาพขนาดใหญ่ เช่นในฐานข้อมูลกรมตำรวจเป็นต้น มันจะเป็นการหาบุคคลที่มีใบหน้าคล้ายกับภาพที่เราต้องการค้นหา โดยจะแสดงรายชื่อประวัติและภาพออกมาตามลำดับความคล้าย อาจจะเป็น 5 หรือ 25 อันดับแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่เอกสารนี้เป็นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้น หรืออาจจะเป็นการนำมาใช้กับการตรวจสอบฐานข้อมูลในระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อสืบค้นหาประวัติ โดยตรวจสอบจากรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูลก็ได้

## 2.2 สิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้บนภาพใบหน้าในการรู้จำใบหน้า

### 2.2.1 สภาพแวดล้อม

การส่องสว่าง

พื้นหลังในแบบต่างๆ

ความใกล้เคียงของสีผิวกับพื้นหลัง

### 2.2.2 การแสดงออกทางอารมณ์บนใบหน้า

การขมวดคิ้ว

ลักษณะของปาก (เช่น ยิ้ม )

กระพริบตา

### 2.2.3 องค์ประกอบอื่นๆ

ใส่แว่น หรือสวมหมวก

ทรงผม

ขนาดศีรษะ เนื่องจากระยะใกล้ไกลจากกล้อง (Scaling)

ตำแหน่งและการวางตัวศีรษะ (Orientation Rotation Translation)

การเคลื่อนที่ของภาพในการเดินผ่านกล้อง

## 2.3 ระบบฐานข้อมูลและภาพที่เข้ามาตรวจสอบ

### 2.3.1 ฐานข้อมูลภาพเกี่ยวกับภาพที่เข้ามาตรวจสอบ

ระบบรู้จำที่ใช้ฐานข้อมูลภาพแบบนี้ออกแบบได้ง่ายที่สุด แต่มีวงจำกัดในการประยุกต์ใช้งานได้ บางอย่างเท่านั้น เช่น ใช้ภาพจากบัตรในการเข้าสู่อาคารสำนักงานและค้นหาภาพที่ใกล้เคียงกันจาก ฐานข้อมูลภาพ เป็นต้น

### 2.3.2 ฐานข้อมูล 1 ภาพต่อคน ถ่ายต่างสถานที่ต่างเวลากับภาพที่เข้ามาตรวจสอบ

กรณีนี้ต้องใช้กระบวนการประมวลผลระดับสูงในการรู้จำ เพราะภาพทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบ ต่างกัน หลายกรณี ถึงแม้เป็นคนๆ เดียวกันก็ตาม แต่กรณีนี้สามารถนำประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด และฐานข้อมูลจะสร้างขึ้นมได้ง่ายที่สุด

### 2.3.3 ฐานข้อมูลหลายภาพต่อ 1 คน ด้านหน้าทั้งหมด เปลี่ยนท่าทาง ต่างสถานที่และเวลา

กรณีนี้มักใช้ในกระบวนการประมวลผลที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการรู้จำ เพื่อให้สามารถเรียนรู้ ได้ในหลายๆ ท่าทาง

### 2.3.4 ฐานข้อมูลหลายภาพต่อ 1 คน ด้านหน้าและ ด้านข้าง ถ่ายต่างสถานที่ และเวลา

กรณีนี้มักใช้ในกระบวนการประมวลผลที่ใช้ในลักษณะทางเรขาคณิตในการรู้จำ เพื่อให้สามารถแก้ไข ข้อผิดพลาดในการหาจุดเด่นจากภาพด้านหน้าภาพเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ระบบการมองเห็นภาพ (Vision System)

กลไกระบบการมองเห็นภาพนั้น จะหมายรวมถึงทุกสิ่งที่เป็นต่อการได้มาซึ่งรหัสทางดิจิทัลที่ใช้แทนภาพนั้นๆ การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงข้อมูล และรวมทั้งการนำเสนอภาพที่ได้หลังการปรับปรุงแล้วด้วย ซึ่งระบบการมองเห็นภาพนี้อาจมีความยุ่งยากซับซ้อนต่างกันตามลักษณะการใช้งาน แต่ก็สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนกว้างๆ ได้ 3 ขั้นตอน คือ การได้มาซึ่งภาพ (Image Acquisition) กระบวนการประมวลผลภาพ (Processing) ผลที่ได้ และการแสดงผล (Output or Display)

### 2.4.1 การได้มาซึ่งภาพ

การได้มาซึ่งภาพนี้จะหมายถึง การแปลงภาพที่เราเห็นในลักษณะทางกายภาพนั้นให้เป็นเซตของข้อมูลทางดิจิทัล ซึ่งเซตของข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลต่อไป หน่วยการได้มาซึ่งภาพสามารถพิจารณาได้เป็น 4 ส่วน คือ

1. การส่องสว่าง (Illumination) การส่องสว่างเป็นตัวสำคัญที่มีผลกระทบต่ออินพุตที่จะป้อนให้กลไกการมองเห็น เราจำเป็นต้องออกแบบการส่องสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งานซึ่งจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ชนิดและวิธีการของแหล่งกำเนิดแสงจะมีผลต่อกำลังงานแสง และนั่นก็คือจะมีผลต่อกระบวนการประมวลผลภาพและผลลัพธ์ที่ได้เช่นกัน
2. รูปแบบของภาพหรือการโฟกัสภาพ (Image formation or Focusing) ซึ่งภาพที่ได้มามีโฟกัสภาพไม่ตรงตำแหน่งไบหนาก็จะทำให้มีปัญหาในกระบวนการตรวจจับไบหน้า
3. การตรวจจับภาพหรือการเซนซิง (Image detection or Sensing)
4. รูปแบบผลของสัญญาณที่ได้จากกล้อง (Formatting camera output signal)

### 2.4.2 กระบวนการประมวลผลภาพ

หน้าที่พื้นฐานของกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) ได้แก่ การสร้างภาพใหม่โดยแยกแยะส่วนที่เราต้องการหรือสนใจกับสิ่งรบกวนออกจากกัน (Noise elimination) การหาขอบภาพ (Edge enhancement) การกรอง (Filtering) และการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา (Gray-scale Modification)

นอกจากนี้กระบวนการประมวลผลอาจซับซ้อนขึ้นตามลักษณะการนำไปใช้งานและมีนำเอาอุปกรณ์ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เข้าใช้มาช่วยด้วย

### 2.4.3 ผลที่ได้และการแสดงผล(Output or Display)

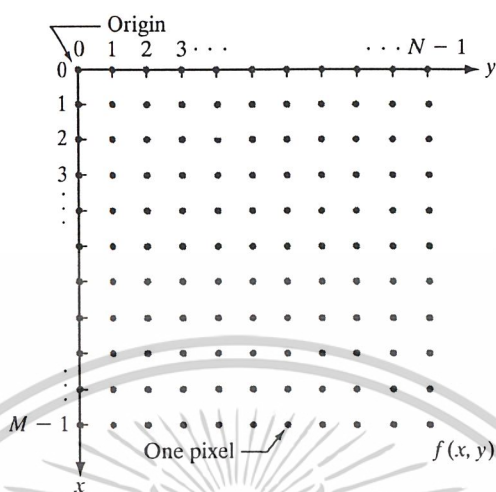
รูปแบบของการแสดงผลนั้นขึ้นอยู่กับว่า จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในลักษณะใดต่อ หรือแสดงผลอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด เช่น การแสดงผลโดยการพิมพ์ แสดงผลผ่านหน้าจอ และแสดงในรูปสัญญาณควบคุม เป็นต้น ผลที่ได้จากการตรวจจับไบหน้าและการรู้จำไบหน้านี้จะทำการแสดงผลที่หน้าจอ แต่ในการนำภาพเข้ามาทำเป็นฐานข้อมูลจะประมวลผลและเก็บเป็นข้อมูลไว้ โดยผลที่ได้นี้จะไม่นำมาแสดงที่

หน้าจอ แต่จะเก็บเป็นฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ

### 2.5.1 พิกเซล (Pixel)



รูปที่ 2.1 พิกเซลแสดงลักษณะของจุดภาพและตำแหน่งของพิกเซล

$N$  คือ จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในหลักหนึ่งๆ

$M$  คือ จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแถวหนึ่งๆ

ในภาพหนึ่งๆ เราสามารถอธิบายได้เป็นเมตริกซ์ของจุดพิกเซลขนาด  $N \times M$  โดยใช้คู่ลำดับ  $p(i, j)$  แทนค่าของจุดแต่ละจุด โดย  $i$  และ  $j$  เป็นจำนวนบวกสเกลาร์  $p(i, j)$  นี้จะบ่งชี้ความเข้มแสงที่จุดพิกเซลนั้นๆ ของภาพ

	0			$j \rightarrow$	$M$
0	$p(0, 0)$	$p(0, 1)$	$p(0, 2)$	$p(0, 3)$	$p(0, 4)$
	$p(1, 0)$	$p(1, 1)$	$p(1, 2)$	$p(1, 3)$	$p(1, 4)$
	$p(2, 0)$	$p(2, 1)$	$p(2, 2)$	$p(2, 3)$	
$i$	$p(3, 0)$	$p(3, 1)$	$p(3, 2)$		
	$p(4, 0)$	$p(4, 1)$	$p(4, 2)$		
$N$					

รูปที่ 2.2 ดัชนีแสดงพิกเซลในเมตริกซ์ภาพ

ค่าที่กำกับแต่ละพิกเซลจะแสดงถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงในภาพที่จุดพิกเซลนั้นแทนอยู่โดย

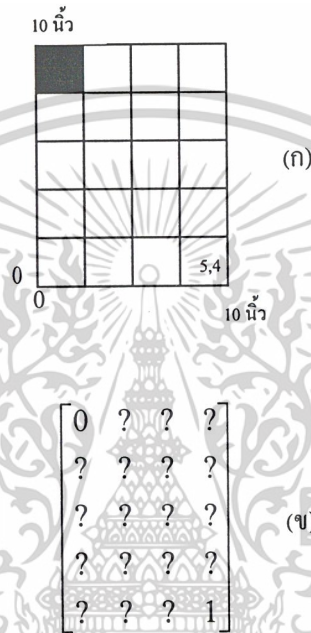
ค่าของพิกเซลดังกล่าวจะเขียนแทนด้วย  $P(i, j)$  มีค่าตั้งแต่ 0-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.2 ตำแหน่งของพิกเซล (Pixel Location)

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าในภาพๆหนึ่ง เราจะแทนด้วยอาร์เรย์ (Array)  $N \times M$  และค่าในแต่ละจุดพิกเซล จะหมายถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงที่ตกกระทบถึงภาพ ณ จุดพิกเซลนั้น นั้น พิจารณากรณีตัวอย่างเช่น ภาพขนาด  $10 \times 10$  นิ้ว หากไม่มีแสงมาตกกระทบบริเวณด้านบนของภาพ แต่มีแสงที่สว่างมากมาตกกระทบบริเวณส่วนล่างเท่านั้น (ดังแสดงในรูปที่ 2.3) เราจะใช้ระบบเลขฐานสองแทนค่าความเข้มของการส่องสว่าง โดยบริเวณที่ไม่ถูกแสงจะแทนด้วย “0” และบริเวณที่ถูกแสงจะแทนด้วย “1”



รูปที่ 2.3 (ก) ลักษณะที่ตกกระทบแสงไม่เท่ากันบนพื้นผิว

(ข) ค่าของพิกเซลของภาพพื้นผิว

จะเห็นว่าขณะนี้ภาพจะถูกเขียนแทนด้วยเมตริกซ์ขนาด  $5 \times 4$  (5 แถว 4 หลัก) แต่ละส่วนย่อยของภาพ (ขนาด  $2.5 \times 2.0$  นิ้ว) จะมีค่าที่ขึ้นอยู่กับแสงที่ตกกระทบเฉลี่ย

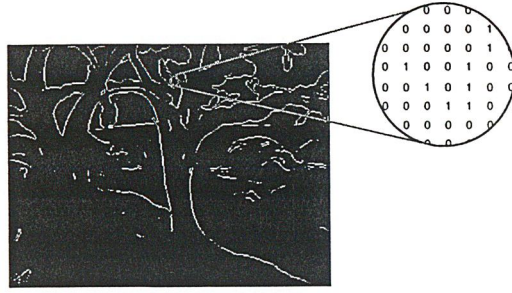
บริเวณขนาด  $2.5 \times 2.0$  นิ้ว ตรงส่วนมุมบนซ้ายของภาพจะถูกแทนด้วยตำแหน่ง (1,1) ในเมตริกซ์  $5 \times 4$  มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งนั่นก็หมายถึงไม่มีแสงมาตกกระทบ

บริเวณขนาด  $2.5 \times 2.0$  นิ้ว ตรงส่วนมุมขวาล่างของภาพถูกแทนด้วยตำแหน่ง (5,4) มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงมีความเข้มของการส่องสว่างสูงสุด

ทั้งนี้หมายเหตุไว้ว่า หากใช้ระบบ 16 ระดับสีเทา (16 Gray level System) แทนระบบเลขไบนารี จุดพิกเซลที่ (1,1) จะมีค่าเท่ากับ 0 และจุด (5,4) จะมีค่าเท่ากับ 15

อีกประการหนึ่ง ผู้ออกแบบระบบจะต้องกำหนดค่าเทรชโฮลด์ (Threshold value) ของความเข้มของการส่องสว่าง ที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการเปลี่ยนระดับจาก 0 เป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



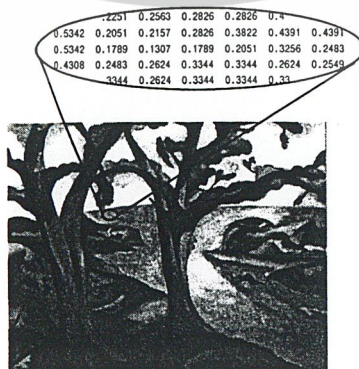
รูปที่ 2.4 ค่าของพิกเซลของภาพพื้นผิวภาพขาวดำ (Binary Image)

### 2.5.3 ระดับสีเทา (Gray Level)

หากเราต้องการค่าข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น ก็จำเป็นที่จะต้องเพิ่มจำนวนบิตในการแสดงค่าของแต่ละพิกเซล ยกตัวอย่างเช่น หากแบ่งความเข้มของการส่องสว่างให้มี 4 ระดับก็ต้องใช้เลขฐานสอง 2 บิต และ 4 บิต สำหรับ 16 ระดับ และ 8 บิต สำหรับ 256 ระดับ ซึ่งจำนวนระดับที่ใช้ในระดับสีเทานี้ มักเป็นเลขยกกำลังของ 2 ค่าที่ต่ำสุดคือ 0 กำหนดให้เป็นสีดำ และ 1 หรือตัวเลขที่น้อยกว่าค่าสูงสุดของระดับสีเทาอยู่ 1 (เช่น 15 สำหรับระดับสีเทา 16 ระดับ) แทนสีขาว ค่าที่กำหนดให้ในแต่ละพิกเซลมักเป็นจำนวนเต็ม

ในยุคแรกๆ ของระบบการมองเห็นภาพ จะใช้ระบบเลขฐานสอง แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น การแบ่งระดับเป็น 16, 64 หรือ 256 เป็นเรื่องธรรมดา แต่ทั้งนี้ในการมองเห็นของมนุษย์ จะสามารถแยกแยะความแตกต่างได้เพียง 10-15 ระดับเท่านั้น การแบ่งโดยละเอียดเป็น 64 หรือ 256 ระดับ อาจจะไปประยุกต์ใช้กับงานการประมวลผลภาพแบบอื่นๆ

จะเห็นว่าจำนวนระดับสีเทาจะเป็นตัวจำกัดรายละเอียดของภาพ โดยทั่วไปแล้วยิ่งแบ่งระดับสีเทาเป็นหลายระดับก็เป็นการเพิ่มคุณภาพของภาพด้วย และการเพิ่มจำนวนพิกเซล เช่น จาก  $30 \times 35$  เป็น  $250 \times 256$  ก็จะเป็นการเพิ่มความละเอียด (Resolution) และรายละเอียด (Detail) ของภาพเช่นกัน จะเห็นว่าแตกต่างกับการขยาย (Zoom) ภาพคือ การเพิ่มขยายของแต่ละพิกเซลให้ใหญ่ขึ้น ไม่ได้เป็นการเพิ่มจำนวนความละเอียด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
รูปที่ 2.5 ค่าของพิกเซลของพื้นผิวภาพระดับสีเทา (Gray-scale Image) ผู้ประยोजनाด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.4 ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรมเป็นการแสดงให้เห็นถึงความถี่ของการนับจำนวนพิกเซล ที่มีค่าความเข้มแต่ละค่า หนึ่งๆ ในภาพระดับสีเทา โดยแกนอนในกราฟแสดงค่าระดับสีเทา โดยแกนตั้งจะแสดงถึงค่าจำนวน พิกเซล ขั้นตอนการสร้างฮิสโตแกรมมีดังนี้

1. ทำการดิจิไทซ์ (Digitizing) ภาพ
2. นับจุดพิกเซลในแต่ละระดับสีเทา
3. พล็อตกราฟระหว่างจำนวนจุดกับระดับสีเทา

ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.6



รูปร่างของฮิสโตแกรมสามารถบอกลักษณะบางประการของภาพได้ เช่น หากฮิสโตแกรมมี ลักษณะที่แคบ ก็จะหมายถึงการขาดคอนทราสต์ (Contrast : การแยกแยะความผิดแผกของสี) ในภาพ ฮิสโตแกรมมีประโยชน์ในการกำหนดระดับเทรชโฮล (Threshold Level) ซึ่งก็คือการเปลี่ยนภาพ ระดับสีเทาให้เป็นภาพไบนารี หรือเพื่อปรับปรุงบางส่วนของสเปกตรัมของระดับสีเทา

### 2.5.5 การแปลงระดับสีเทา (Gray-level Transformation)

1. การเปลี่ยนแปลงความสว่าง (Global Alternative in brightness)

เป็นการใช้ค่าคงที่บวกหรือลบออกจากทุกพิกเซลของภาพ เพื่อเพิ่มหรือลดความสว่างของภาพ

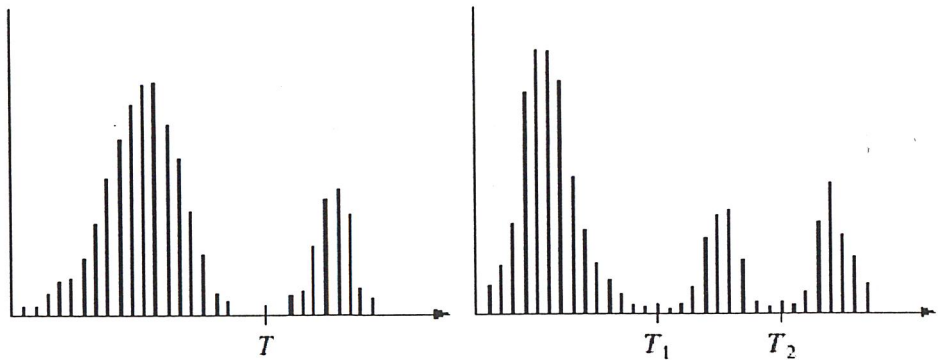
2. การทำเทรชโฮล (Thresholding)

เป็นการเปลี่ยนแปลงหรือหาแนวโน้มของค่าระดับสีเทาในภาพ เพื่อทำให้เป็นดิจิตอลมากขึ้น โดยจะนำภาพมาทำฮิสโตแกรม แล้วกำหนดค่าระดับสีเทาที่แน่นอนขึ้นมาเพื่อที่จะเป็นจุดตัดทำเทรชโฮล

(Optimum Thresholding) จากนั้นจะทำการตัดหรือปิดส่วนของระดับสีเทาที่เราไม่ต้องการออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ใช้เทรชโวล 1 จุด (Single Threshold)

(ข) ใช้เทรชโวลหลายจุด (Multiple Threshold)

รูปที่ 2.7 ฮิสโตแกรมของระดับสีเทา

ประโยชน์ของเทรชโวล ได้แก่ การทำให้เป็นภาพแบบไบนารี หากดูจากรูปที่ 2.7 จุดที่อยู่ในช่วงทางซ้ายมือทั้งหมดของจุดตัดเทรชโวล  $T$  จะถูกทำเป็นสีขาว และจุดในช่วงทางขวามือทั้งหมดจะทำการเป็นสีดำ หรือการช่วยให้หาขอบของภาพได้ง่ายขึ้น เป็นต้น แต่ทั้งนี้ก็เป็นการยากที่จะกำหนดจุดตัดเทรชโวลที่ดีที่สุดออกมาได้เหมาะสม

### 3. บันช์ซิ่ง (Bunching) และการควอนไทซ์ (Quantize)

บางครั้งบันช์ซิ่งจะหมายความรวมถึงการควอนไทซ์ด้วย ซึ่งใช้เพื่อลดระดับสีเทาของภาพที่ไม่ต้องการลง ซึ่งการควอนไทซ์นั้นเป็นการประมาณค่าระดับสีเทาให้เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งจะเป็นไปตามกฎคือ หากเป็นจุดทศนิยมให้ปัดขึ้นทั้งหมด การปัดจุดทศนิยมนี้ก็คือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั่นเอง

### 4. สปลิตติ้ง (Splitting)

เป็นการเพิ่มความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่มของระดับสีเทา ยกตัวอย่างเช่น หากเรามีตัวอักษรเขียนอยู่บนฉาก โดยตัวเลขมีระดับสีเทาที่ 98 ฉากมีระดับสีเทาที่ 99 ซึ่งตาของมนุษย์ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างเพียงเท่านี้ได้ ฮิสโตแกรมที่ได้ก็จะมีลักษณะแบน ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการสปลิตติ้งฮิสโตแกรม โดยทำการดึงค่า 99 ขึ้นเป็น 120 ดึงค่า 98 ลงเป็น 80 ซึ่งก็จะทำให้ระหว่างตัวเลขและตัวอักษรมีความแตกต่างกันมากขึ้นจนสามารถสังเกตแยกแยะได้ โดยเทคนิคนี้จะมีประโยชน์มากในกรณีที่เราต้องการดึงเฉพาะบางส่วนของภาพออกมา

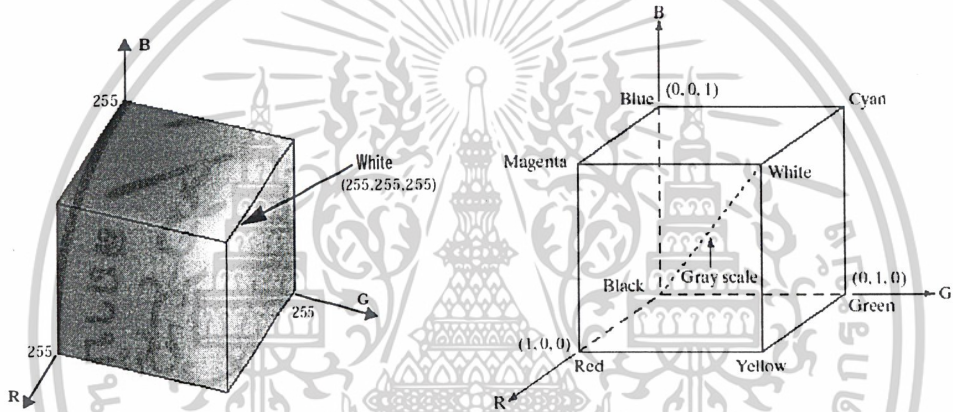
## 2.6 พื้นฐานและระบบของโครงสร้างสีที่ใช้

### 2.6.1 ระบบของโครงสร้างสีอาร์จีบี (RGB Color Model)

ในโครงสร้างสีนี้ สีแต่ละสีจะปรากฏในรูปของแม่สี (แดง เขียวและน้ำเงิน) โครงสร้างสีนี้มีโครงสร้างเป็นลักษณะแกนคาร์ทีเซียน โคออดิเนต (Cartesian coordinate) โดยมีลักษณะเป็นทรงลูกบาศก์ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ก) ค่าของสีแดง สีเขียว และสีฟ้า จะอยู่ที่มุมทั้งสาม และค่าสีคราม ม่วง และเหลือง จะอยู่ที่มุมทั้งสาม ที่เหลือ สีดำจะอยู่ที่จุดกำเนิด สีขาวจะอยู่ไกลสุดในลักษณะทแยงมุมกับจุดกำเนิด ค่าของระดับสีเทา (Gray Scale) จะอยู่บนเส้นที่เชื่อมระหว่างสีดำกับสีขาวในลักษณะทแยงมุมกับจุดกำเนิด ค่าของสีคือจุดที่อยู่บนผิวหรือในลูกบาศก์ถูกกำหนดค่าโดยเวกเตอร์ที่ชี้ออกจากจุดกำเนิด ซึ่งช่องว่างแต่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละทีในลูกบาศก์เรียกว่า ความลึกของพิกเซล (Pixel Depth) โดยแม่สีแต่ละสีมีค่า 8 บิต แต่ละแม่สีจะมี  $2^8 = 256$  สี เพราะฉะนั้นแม่สีทั้งสามระนาบจะมีความลึกของพิกเซล 24 บิต โดยรวมสีทั้งหมดของความลึกของพิกเซลในลูกบาศก์ (24-บิตอาร์จีบี) จะได้ทั้งหมด  $(2^8)^3 = 16,777,216$  สี เพื่อความสะดวกเราจะสมมุติให้ค่าสีถูกนอร์มอลไลซ์ ทั้งสามสีให้มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ลูกบาศก์ที่แสดงในรูปที่ 2.8 (ข) นี้ จึงได้เป็นลูกบาศก์หนึ่งหน่วย

ภาพในโครงสร้างสีอาร์จีบี ประกอบด้วยภาพสามระนาบที่เป็นอิสระจากกัน สำหรับแต่ละแม่สีเมื่อป้อนเข้าไปในมอนิเตอร์ที่เป็นแบบอาร์จีบี ภาพทั้งสามสีจะรวมตัวกันที่จอภาพกลายเป็นภาพสีผสม ดังนั้นการใช้โครงสร้างสีอาร์จีบี ในการประมวลผลภาพนั้นจะมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เมื่อภาพถูกแยกสีออกโดยธรรมชาติให้อยู่ในเทอมของทั้งสามแม่สี กล้องถ่ายภาพดิจิทัลส่วนใหญ่ที่ให้ภาพสีดิจิทัลจะอยู่ในรูปแบบของโครงสร้างสีอาร์จีบี ดังนั้นโครงสร้างสีนี้จึงเป็นโครงสร้างสีที่สำคัญมาก ในการประมวลผลภาพ



รูปที่ 2.8 (ก) แสดงโครงสร้างสีอาร์จีบี

(ข) แสดงโครงสร้างสีอาร์จีบี เป็นลูกบาศก์หนึ่งหน่วย

2.6.1 ระบบของโครงสร้างสีวายซีบีซีอาร์ (YCbCr Color Model)

ในโครงสร้างสีนี้จะใช้เป็นที่แพร่หลายสำหรับดิจิทัลวิดีโอ ในรูปแบบของโครงสร้างสีนี้ ค่าปริมาณของแสงในการส่องสว่างจะเก็บข้อมูลนี้ไว้ในส่วนของ (Y) และในส่วนความแตกต่างของสีนั้นจะแบ่งได้เป็น 2 สีคือ Cb และ Cr โดย Cb จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างส่วนประกอบของสีฟ้า และอ้างอิงถึงค่าในหมวดสีฟ้า นั้น ส่วน Cr จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสีแดงและอ้างอิงถึงค่าในหมวดสีแดง นั้น โดยโครงสร้างสีวายซีบีซีอาร์ มีความเที่ยงตรงและแม่นยำมากขึ้น ในส่วนของการส่องสว่าง และหมวดสี ซึ่งเป็นโครงสร้างสีที่ใช้กันในการเข้ารหัสแบบเอ็มพีอีจี้ และเจพีอีจี้ (MPEG & JPEG)

2.6.3 ระบบของสีโครงสร้างสีเอชเอสวี

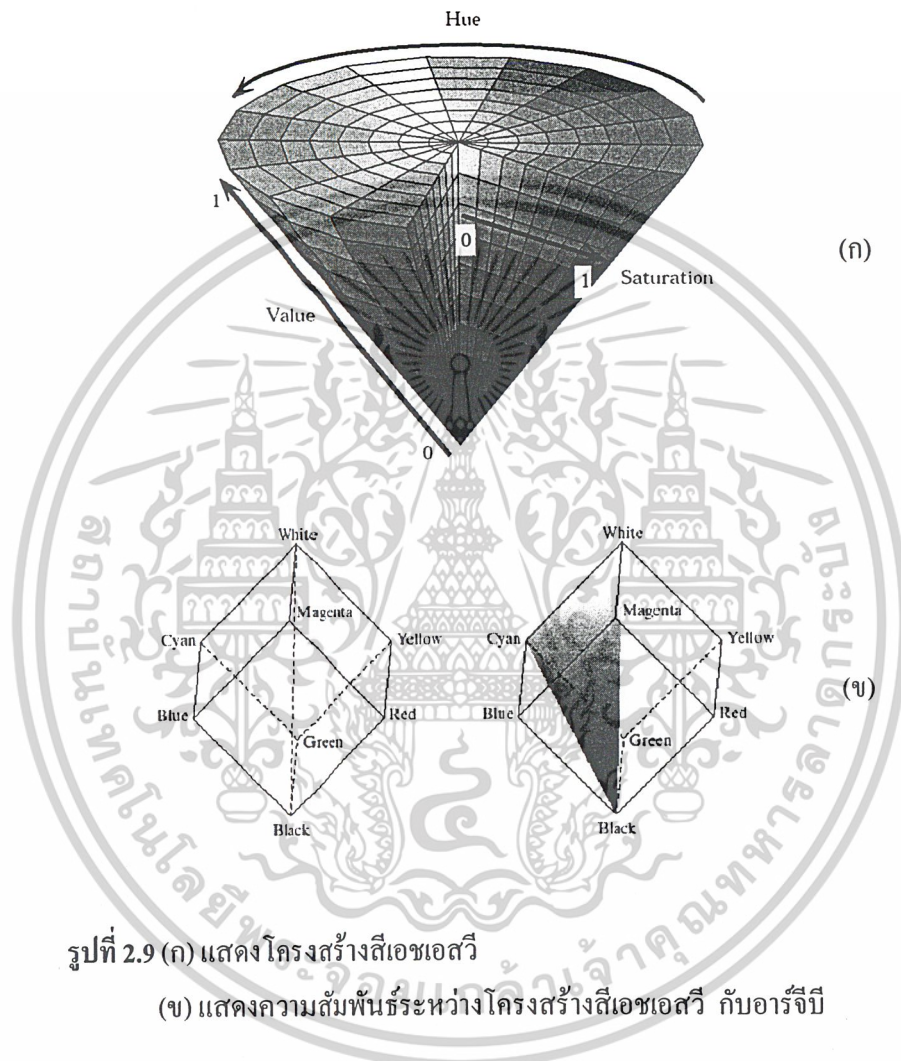
ในส่วนของโครงสร้างสีเอชเอสวี (H : hue คือการจัดระดับของสี S : saturation คือความอิ่มตัวของสี V : value คือค่าตำแหน่งของระดับสีและความอิ่มตัวของสีนั้นๆหรือมองเป็นความสว่างของสีนั้นๆ)

ซึ่งบ่อยครั้งที่ถูกใช้ในการเลือกสีจากแผ่นเลือกสี เพราะว่ามันมีลักษณะการแบ่งเขตสีได้ดีกว่าอาร์จีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าในการจัดระดับของสี (Hue) จะแปรค่า จาก 0 ไปยัง 1.0 ระดับของสีจะแปรจากสีแดง ไปยัง เหลือง เขียว เขียวแกมฟ้า ฟ้า และ ม่วง จนกลับยังสีแดง ส่วนความอิ่มตัวของสี (Saturation) จะแปรค่าจาก 0 ไปยัง 1.0 เช่นกัน โดยแกนสีเดียวกันในระดับของสีนั้นจะแปรค่าจาก ค่าที่ยังไม่มีความอิ่มตัวของสี (ระดับสีเทา) ไปยังที่อิ่มตัวของสีนั้นเต็มที่ ส่วนค่าความสว่างของสี (Values) ก็แปรค่าจาก 0 ไปยัง 1.0 เช่นกัน โดยจะเห็นได้ว่าสีนั้นจะมีความสว่างเพิ่มขึ้น



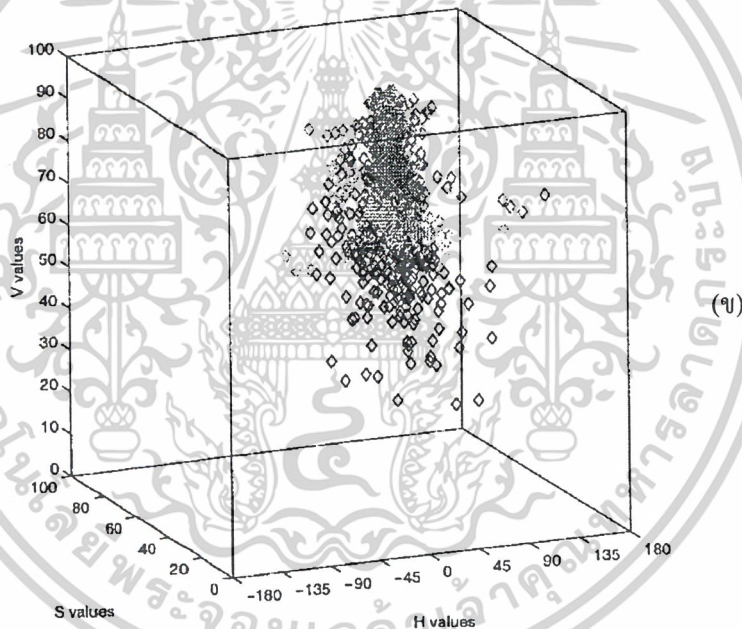
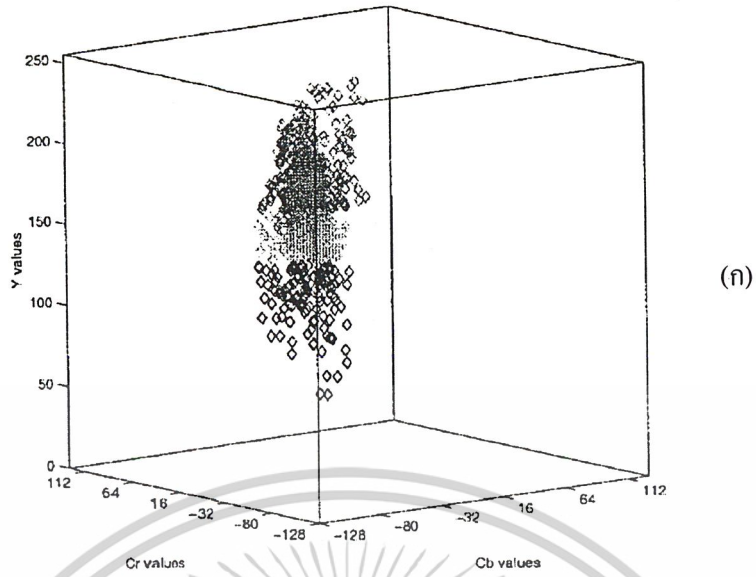
รูปที่ 2.9 (ก) แสดง โครงสร้างสีเอชเอสวี

(ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง โครงสร้างสีเอชเอสวี กับอาร์จีบี

## 2.7 งานวิจัยเกี่ยวกับสีผิวของคริสโตฟี และจีโออร์จีโอต (Christophe Garcia & Georgios Tziritas)

จากงานวิจัยเรื่อง “Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis” ในหัวข้อ “Skin Color Segmentation” เสนอไว้ว่า ในงานวิจัยนั้นใช้โครงสร้างสีสองแบบ คือวายซีบีซีอาร์ ซึ่งเป็นโครงสร้างสีที่ใช้กันในการเข้ารหัสแบบเอ็มพีอีจี และเจพีอีจี (MPEG & JPEG) และโครงสร้างสีเอชเอสวี ที่ใช้ในงานคอมพิวเตอร์กราฟฟิก และใกล้เคียงกับวิธีการผสมสีของศิลปิน ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ เป็นการสุ่มตัวอย่างสีผิว 950 ตัวอย่าง โดยสุ่มจากหลากหลายเชื้อชาติ และมีความสว่างในภาพต่างๆกันไป โดยจะมีการแสดงกลุ่มตัวอย่างสีผิวในแกนของวายซีบีซีอาร์และเอชเอสวีดังรูปที่ 2.10 นี้ ซึ่งจะแสดงเป็นกราฟข้อมูล 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 (ก) แสดงกลุ่มตัวอย่างสี่ผิวในแกนของวายซีบีซีอาร์  
 (ข) แสดงกลุ่มตัวอย่างสี่ผิวในแกนของเอชเอสวี

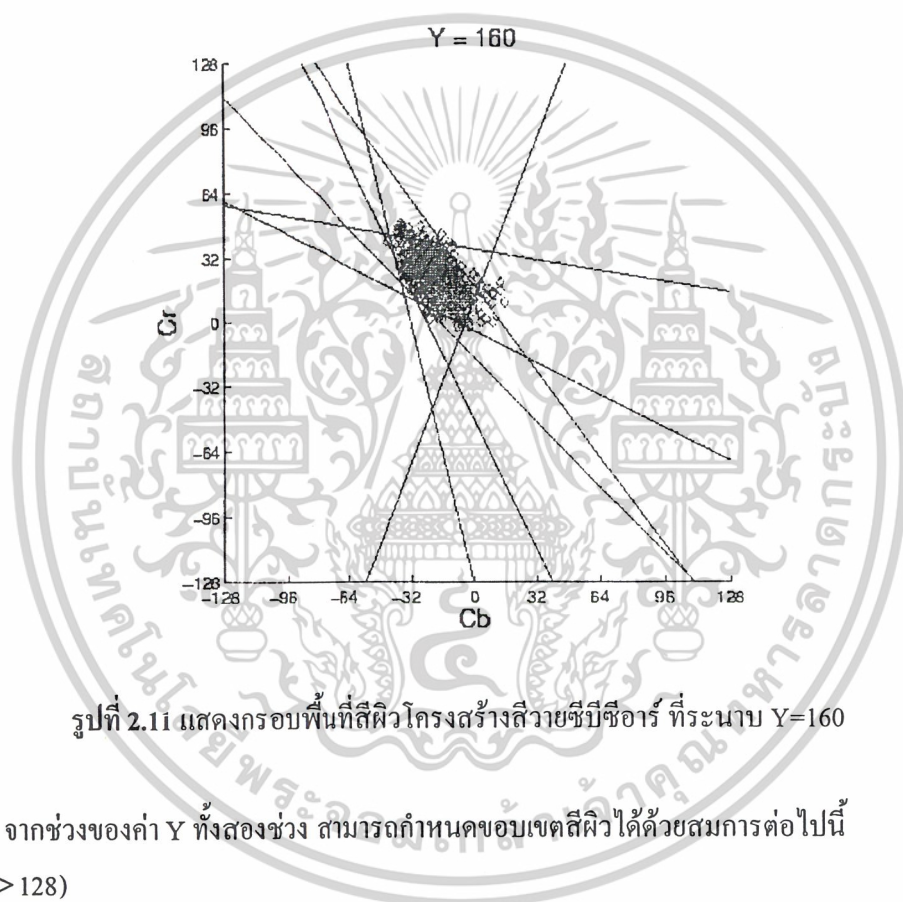
ในรูปที่ 2.10 (ก) เป็นการนำตัวอย่างสี่ผิวที่ได้จากการสุ่มจำนวน 950 ตัวอย่าง แปลงจากโครงสร้างสี่อาร์จีบี ให้อยู่ในโครงสร้างสี่วายซีบีซีอาร์ แล้วนำมาแสดงเป็นกราฟข้อมูล 3 มิติ เพื่อแสดงการกระจายตัวของกลุ่มสี่ผิวดังกล่าว

ในรูปที่ 2.10 (ข) เป็นการนำตัวอย่างสี่ผิวที่ได้จากการสุ่มจำนวน 950 ตัวอย่าง แปลงจากโครงสร้างสี่อาร์จีบี ให้อยู่ในโครงสร้างสี่เอชเอสวี แล้วนำมาแสดงเป็นกราฟข้อมูล 3 มิติ เพื่อแสดงการกระจายตัวของกลุ่มสี่ผิวดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟเราสามารถสังเกตเห็นได้ว่า ตัวอย่างสี่เหลี่ยมทั้งในวายซีบีซีอาร์ และเอชเอสวี ต่างก็มีการกระจายตัวที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยข้อมูลค่อนข้างที่จะบีบอัดรวมตัวกันอยู่เป็นกลุ่ม ในงานวิจัยนั้นมุ่งที่จะสร้างขอบเขต 3 มิติเพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มของตัวอย่างสี่เหลี่ยมที่สุ่มได้มากที่สุดด้วยสมการเส้นตรง

ในกราฟวายซีบีซีอาร์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า  $Y$  มีผลเพียงเล็กน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงในระนาบ  $CbCr$  จึงกำหนดค่า  $Y = 160$  เพื่อให้ได้กราฟในระนาบ  $CbCr$  และกำหนดสมการเส้นตรงให้ครอบคลุมกลุ่มตัวอย่าง การกำหนดค่า  $Y$  ค่าเดียวนี้อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการตรวจหาใบหน้าจึงแบ่งช่วง  $Y$  ออกเป็นสองช่วงที่จุด  $Y=128$  ให้มีขอบเขตที่ต่างกันโดยกำหนดเป็นตัวแปรที่ต่างกัน โดยที่จุด  $Y=128$  เป็นจุดแบ่งขอบเขตความมืดกับความสว่าง



รูปที่ 2.11 แสดงกรอบพื้นที่สี่เหลี่ยมโครงสร้างสี่วายซีบีซีอาร์ ที่ระนาบ  $Y=160$

จากช่วงของค่า  $Y$  ทั้งสองช่วง สามารถกำหนดขอบเขตสี่เหลี่ยมได้ด้วยสมการต่อไปนี้  
เมื่อ ( $Y > 128$ )

$$\begin{aligned}\theta_1 &= -2 + \frac{256 - Y}{16}; \\ \theta_2 &= 20 - \frac{256 - Y}{16}; \\ \theta_3 &= 6; \quad \theta_4 = -8\end{aligned}\tag{2.1}$$

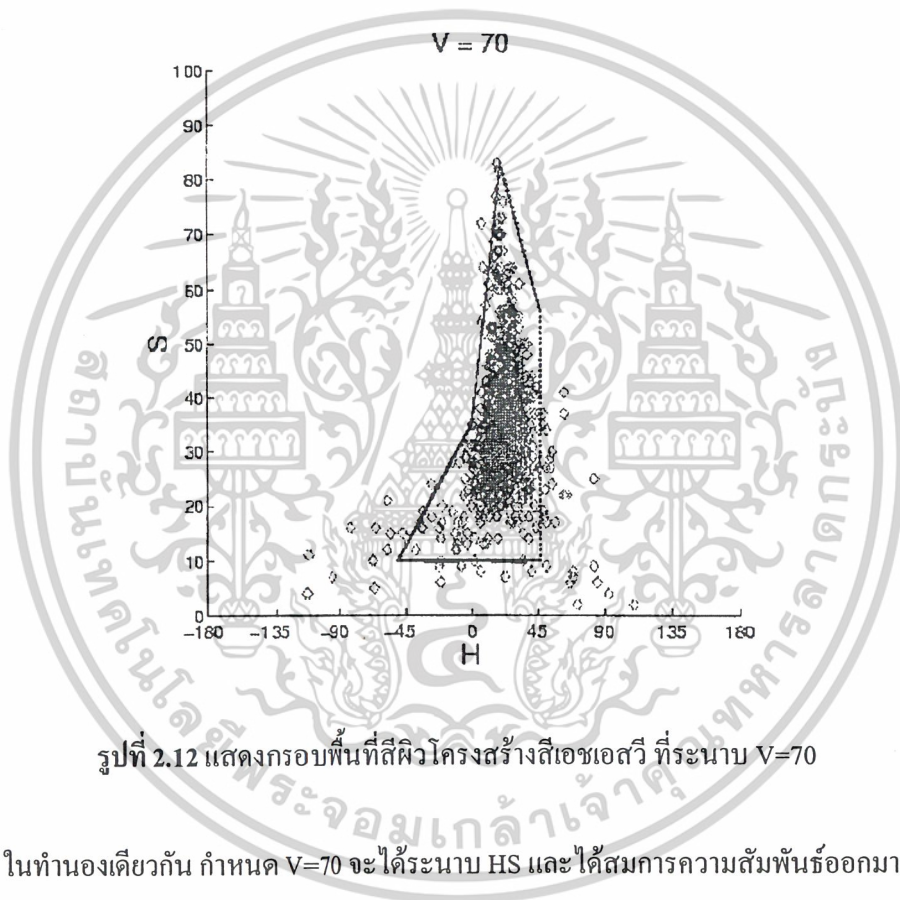
เมื่อ ( $Y \leq 128$ )

$$\begin{aligned}\theta_1 &= 6; \quad \theta_2 = 12; \\ \theta_3 &= 2 + \frac{Y}{32};\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta_4 = -16 + \frac{Y}{16}; \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} Cr &\geq -2(Cb + 24); & Cr &\geq -(Cb + 17); \\ Cr &\geq -4(Cb + 32); & Cr &\geq 2.5(Cb + \theta_1); \\ Cr &\geq \theta_3; & Cr &\geq 0.5(\theta_4 - Cb); \\ Cr &\geq \frac{220 - Cb}{6}; & Cr &\leq \frac{4}{3}(\theta_2 - Cb) \end{aligned}$$



$$S \geq 10; \quad V \geq 40;$$

$$S \leq -H - 0.1V + 110;$$

$$H \leq -0.4V + 75;$$

$$\text{ถ้า } H \geq 0$$

$$\text{แล้ว } S \leq 0.08(100 - V)H + 0.5V;$$

$$\text{ถ้า } H < 0$$

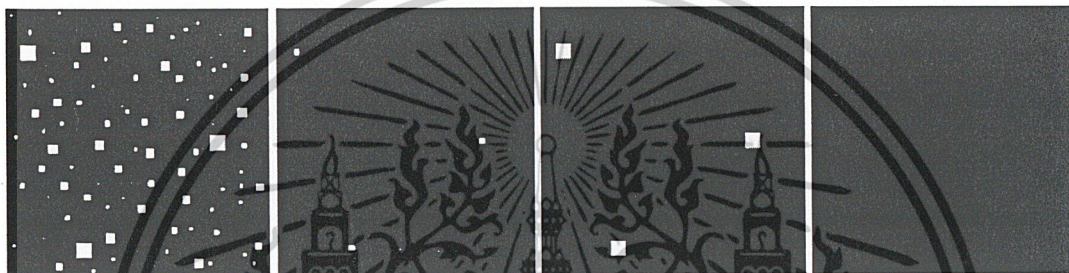
$$\text{แล้ว } S \leq 0.5H + 35;$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 ทฤษฎีมอร์โฟโลจิคอลในการแยกส่วนของใบหน้า

มอร์โฟโลจิคอล (Morphology) เป็นเทคนิคที่ใช้เป็นหลักในการประมวลผลภาพเกี่ยวกับรูปร่างที่เราต้องการเจาะจงโดยพิจารณาที่พื้นที่ส่วนของภาพที่เราต้องการ โดยค่าเอาต์พุทของแต่ละพิกเซลในส่วนของเราที่ต้องการแยกส่วนประกอบออกจากพื้นภาพที่เราไม่ต้องการ ซึ่งจากการเลือกขนาดและรูปร่างในส่วนที่เราต้องการแยกออกมาจากพื้นภาพทั้งหมด โดยเราสามารถทำได้ด้วยเทคนิคของมอร์โฟโลจิคอล

ในโครงการนี้จะใช้ตัวดำเนินการของมอร์โฟโลจิคอล ได้แก่ การขยายกลุ่มของพิกเซล (Dilation) การหดตัวของกลุ่มพิกเซล (Erosion) และการอุดรูของกลุ่มพิกเซล (Filling Holes Region) โดยกระบวนการเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของการตัดสีผิวออกจากภาพรวม เพื่อที่จะแยกส่วนของใบหน้ามาทำการรู้จำในอีกกระบวนการหนึ่ง



(ก) (ข) (ค) (ง)

- (ก) ภาพที่มีกลุ่มพิกเซลรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1, 3, 5, 7, 9 และ 15 พิกเซล  
 (ข) ผลจากการดำเนินการหดตัวของกลุ่มพิกเซล ด้วยโครงสร้างองค์ประกอบขนาด 13 พิกเซล  
 (ค) ผลจากการขยายกลุ่มของพิกเซลให้มีขนาดเท่าภาพ (ก)  
 (ง) ผลจากการอุดรูของกลุ่มพิกเซล

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการทำมอร์โฟโลจิคอล

### 2.8.1 การขยายกลุ่มของพิกเซล

ในการดำเนินการขยายกลุ่มของพิกเซลนี้เป็นพื้นฐานของการประมวลผลของมอร์โฟโลจิคอล โดยถ้ากำหนดให้  $A$  และ  $B$  เป็นกลุ่มของพิกเซลที่มีขนาดพื้นที่เป็น 2 มิติที่มีความกว้างและความยาว และการขยายกลุ่มของพิกเซลแทนด้วยเครื่องหมายการดำเนินการ  $A \oplus B$  เมื่อแทนด้วย

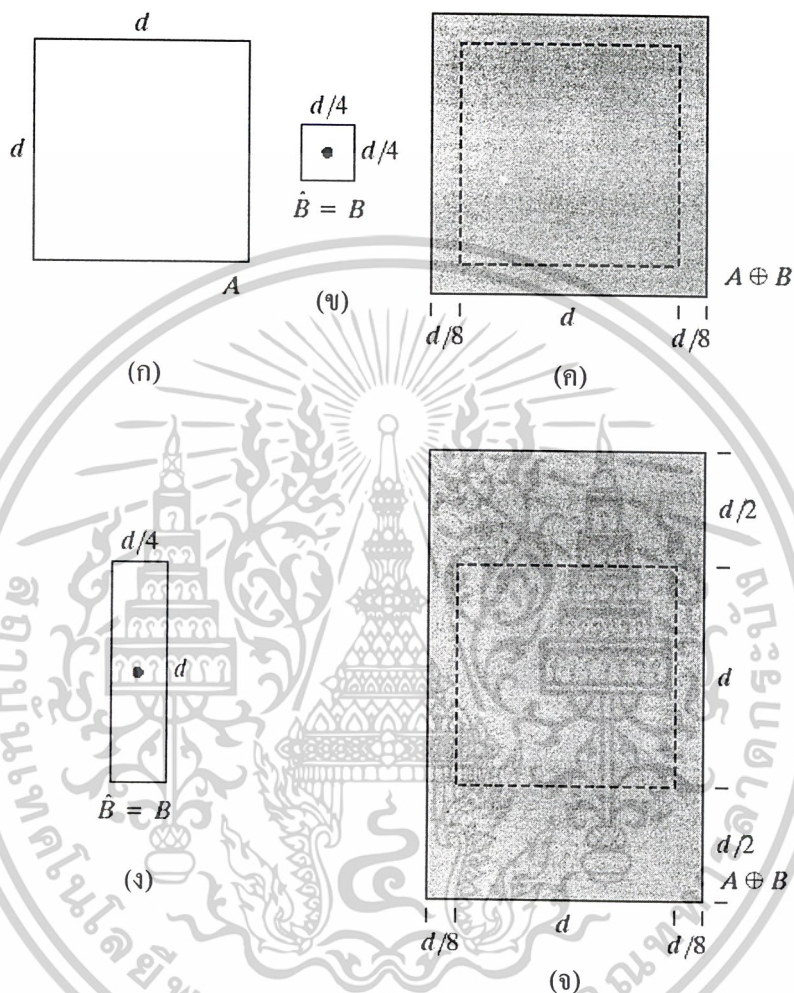
$$A \oplus B = \{z | (B)_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (2.3)$$

จากสมการนี้นำมาเขียนอีกรูปแบบหนึ่งได้เป็น

$$A \oplus B = \{z | [(B)_z] \cap A \subseteq A\} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการดำเนินการนี้ กลุ่มพิกเซลของ  $B$  นี้ใช้อย่างถึงโครงสร้างองค์ประกอบ (Structure Element) ของตัวดำเนินการในการขยายกลุ่มของพิกเซล เมื่อ  $B$  เป็นหน้ากากคอนโวลูชัน (Convolution Mask) โดยค่าในกลุ่มพิกเซลจะพิจารณาเป็นเมตริกที่มีสมาชิกเป็นค่าของพิกเซลนั้นๆ และจะทำการคอนโวลูชันกับกลุ่มพิกเซล  $A$  ที่ต้องการดำเนินการขยายขอบออกไป ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.14



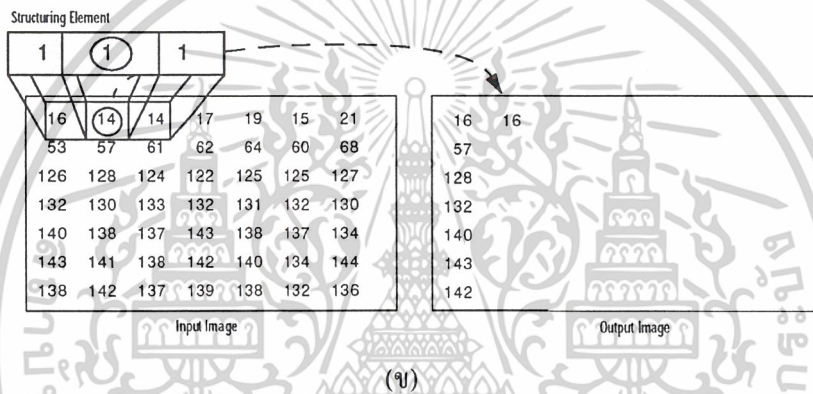
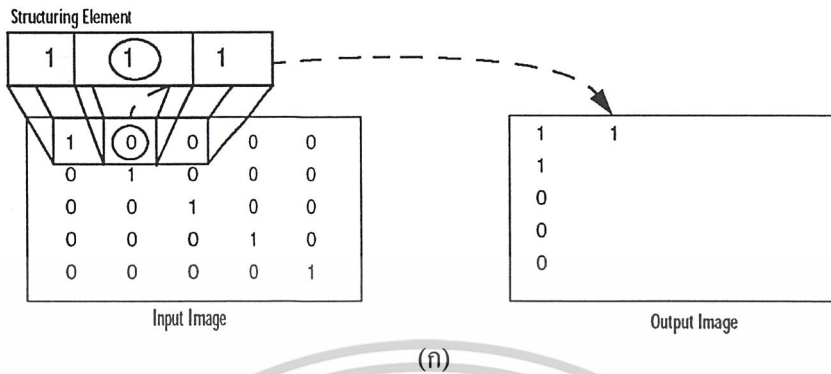
(ก) กลุ่มของพิกเซล  $A$  ที่ต้องการดำเนินการขยายขอบภาพ  
 (ข) โครงสร้างองค์ประกอบเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีจุดที่ตรงกลาง  
 (ค) ผลของการขยายกลุ่มของพิกเซล  $A$   
 (ง) เมื่อยืดโครงสร้างองค์ประกอบให้ยาวขึ้น  
 (จ) ผลของการขยายกลุ่มของพิกเซล  $A$  เมื่อยืดโครงสร้างองค์ประกอบ

รูปที่ 2.14 ลักษณะการดำเนินการขยายกลุ่มของพิกเซล

จากรูปจะเห็นได้ว่า รูปที่ 2.14 (ค) และ (จ) เป็นผลของการขยายกลุ่มของพิกเซลโดยการคอนโวลูชันที่เส้นประของรูปทั้งสองนั้น แสดงถึงขนาดของกลุ่มพิกเซลเดิมก่อนการขยายขอบออกไป ซึ่งผลของการดำเนินการขยายกลุ่มของพิกเซลจะให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำกับภาพขาวดำ (Binary Image) ส่วนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เป็นภาพระดับสีเทา (Gray-scale Image) นั้นต้องทำการเทรซโซลด์ ก่อนแล้วจึงแปลงกลับไปในรูปแบบของไบนารี ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.14 (ก)



รูปที่ 2.15 (ก) แสดงการดำเนินการขยายกลุ่มของพิกเซลของภาพระดับสีเทา  
(ข) แสดงการดำเนินการขยายกลุ่มของพิกเซลของภาพขาวดำ

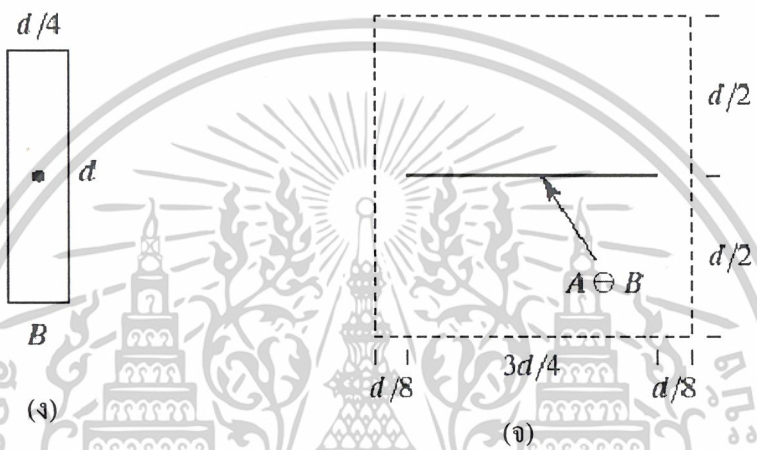
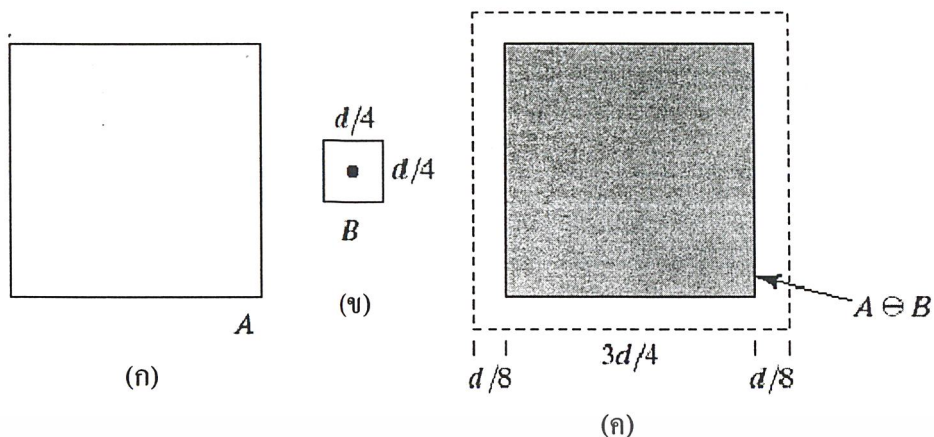
### 2.8.2 การหัดของกลุ่มพิกเซล

ในการดำเนินการหัดของกลุ่มพิกเซลนี้เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับการขยายตัวของกลุ่มพิกเซล โดยถ้ากำหนดให้ A และ B เป็นกลุ่มของพิกเซลที่มีขนาดพื้นที่เป็น 2 มิติที่มีความกว้างและความยาว และการหัดของกลุ่มพิกเซลแทนด้วยเครื่องหมายการดำเนินการ  $A \ominus B$  เมื่อแทนด้วย

$$A \ominus B = \{z | (z \in A) \text{ and } (z \notin B)\} \quad (2.5)$$

จากรูปที่ 2.16 (ค) ก็จะเห็นได้ว่าเส้นประนั้นคือขนาดของกลุ่มพิกเซล A ก่อนการหัดของกลุ่มพิกเซล และในส่วนที่เป็นสีเทานั้นเป็นขอบเขตที่ได้จำกัดด้วยการเคลื่อนตัวหัวเข้ามาของจุดกำเนิดของ B เมื่อทำการคอนโวลูชันกัน และเมื่อยืดโครงสร้างองค์ประกอบ B ให้ยาวขึ้นดังรูปที่ 2.16 (ง) จะเห็นว่ากลุ่มพิกเซล A จะหัดตัวเป็นเหลือเป็นเส้นในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) กลุ่มของพิกเซล  $A$  ที่ต้องการดำเนินการขยายขอบภาพ  
 (ข) โครงสร้างองค์ประกอบเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีจุดที่ตรงกลาง  
 (ค) ผลการหดของกลุ่มพิกเซล  $A$   
 (ง) เมื่อยืดโครงสร้างองค์ประกอบให้ยาวขึ้น  
 (จ) ผลการหดของกลุ่มพิกเซล  $A$  เมื่อยืดโครงสร้างองค์ประกอบ

รูปที่ 2.16 ลักษณะการดำเนินการหดของกลุ่มพิกเซล

จากรูปที่ 2.16 เห็นได้ว่าการทำการหดตัวของกลุ่มพิกเซล จะเป็นการดำเนินการที่ตรงกันข้ามกับการขยายกลุ่มของพิกเซล ดังนั้นการขยายกลุ่มของพิกเซล และการหดตัวของกลุ่มพิกเซล มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (Complementation) ซึ่งกันและกัน โดยมีดังสมการที่ (2.6)

$$\begin{aligned}
 (A \oplus B)^c &= A^c \oplus B^c \\
 (A \oplus B)^c &= \{Z|(B)_z \subseteq A\}^c \\
 (A \oplus B)^c &= \{Z|(B)_z \cap A^c = \phi\}^c \\
 (A \oplus B)^c &= \{Z|(B)_z \cap A^c \neq \phi\} \tag{2.6}
 \end{aligned}$$

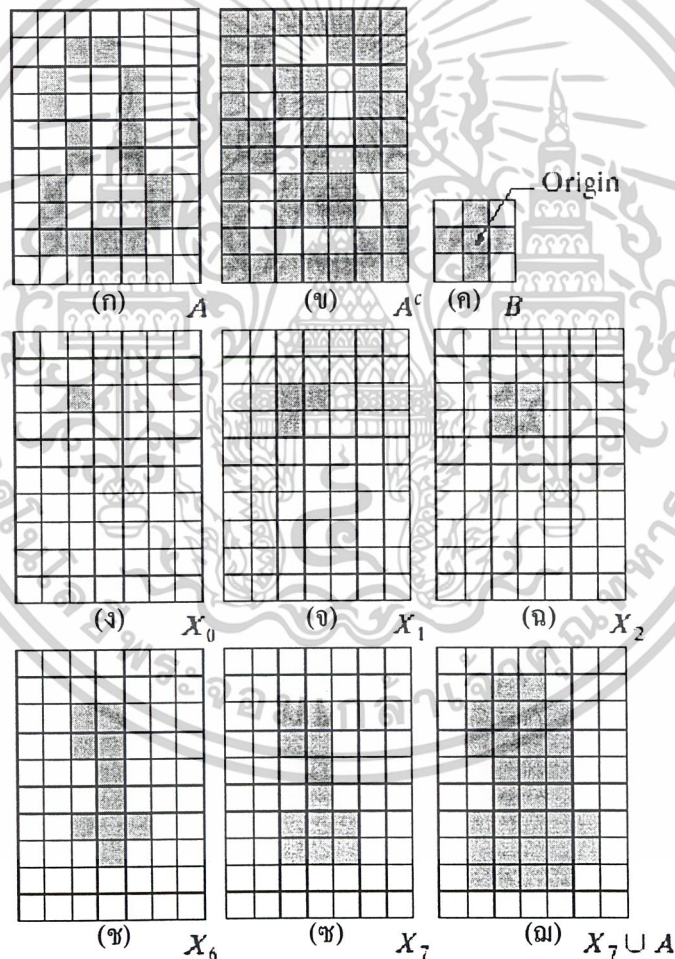
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การอุดรูของกลุ่มพิกเซล

จากพื้นฐานของการขยายกลุ่มของพิกเซล ได้นำมาพัฒนาอัลกอริทึมให้เป็นการอุดรูของกลุ่มพิกเซลของส่วนเติมเต็ม (Complemetation) และการอินเตอร์เซกชัน (Intersections) ของเซต

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c \quad ; k = 1, 2, 3, \dots \tag{2.7}$$

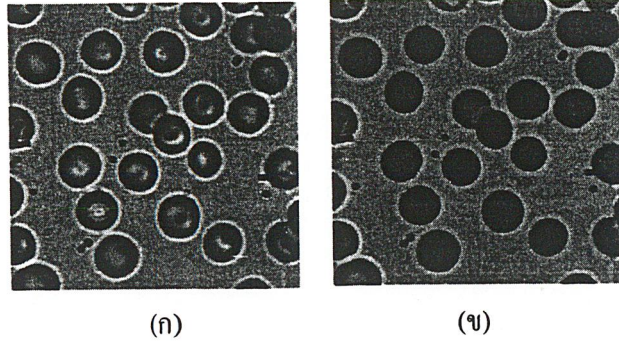
เมื่อกำหนดให้  $X_0 = p$  และ  $B$  เป็นโครงสร้างองค์ประกอบที่มีขนาดสมมาตรกัน และจากรูปที่ (ก) เป็นภาพกลุ่มพิกเซล  $A$  ที่เป็นขอบเขต (Boundary) และการคอนโวลูชันโดย  $B$  จะเป็นขั้นของ  $X_k$  และสุดท้ายจะอินเตอร์เซกชันกับ  $A$  โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นการอุดรูของกลุ่มพิกเซลที่เป็นขอบเขต ดังอย่างในรูปที่ 2.17



- (ก) กลุ่มพิกเซล  $A$  ที่เป็นเส้นขอบเขต
- (ข) คอมพลิเมนต์ ของ  $A$
- (ค) โครงสร้างองค์ประกอบ  $B$
- (ง) จุดพิกเซลเริ่มต้นภายในเส้นขอบเขต
- (จ)-(ซ) ขั้นตอนต่างของสมการ  $X_k$
- (ฌ) ผลของการยูเนียน เป็นพิกเซลที่ได้อุดรูแล้ว

รูปที่ 2.17 ลักษณะการดำเนินการอุดรูของกลุ่มพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 (ก) แสดงภาพก่อนทำการอุดรูของภาพระดับสีเทา  
(ข) แสดงผลการอุดรูของภาพระดับสีเทา

## 2.9 การแยกลักษณะเด่นของใบหน้าด้วยตัวกรองเกเบอร์ (Gabor Filter)

เกเบอร์เวฟเลต (Gabor Wavelet) ได้นำมาพิสูจน์แล้วว่า เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิเคราะห์พื้นผิวของภาพ โดยรูปแบบการเรียงตัวของพิกเซล และได้นำมาใช้อย่างแพร่หลายในการประมวลผลภาพ แต่ในโครงการนี้ได้นำมาใช้ในการแปลงกลับของภาพ (Image Retrieval) โดยใช้ตัวกรองเกเบอร์ ซึ่งในการหาลักษณะเด่นของพื้นผิว (Texture Feature) ได้โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของภาพที่ผ่านกระบวนการกรองเกเบอร์ โดยที่ทำการนอร์มอลไลซ์การหมุน (Rotation Normalization) ที่มีลักษณะการเคลื่อนตัวเป็นวงกลมของแต่ละอิลิเมนต์ขององค์ประกอบ (Feature Element) ทั้งทั้งภาพและจะมีทิศทาง การเคลื่อนตัวที่เป็นลักษณะเด่นออกมาเหมือนกัน

ถ้ากำหนดให้ตำแหน่งของพิกเซลใดๆ ในภาพคือ  $I(x,y)$  และขนาดของภาพนั้นคือ  $P \times Q$  โดยจะมีความสัมพันธ์ดังสมการคอนโวลูชันดังนี้

$$G_{mn}(x,y) = \sum_s \sum_t I(x-s,y-t) \Psi_{mn}^*(s,t) \quad (2.8)$$

จากสมการคอนโวลูชันนี้คือ รูปแบบการแปลงดิสครีตเกเบอร์เวฟเลต

โดยที่  $s$  และ  $t$  คือ ตัวแปรขนาดของหน้ากากตัวกรอง (Filter Mask Size)

$\Psi_{mn}^*$  คือ คอนจูเกตเชิงซ้อนของ  $\Psi_{mn}$

$\Psi_{mn}$  คือ ระดับของฟังก์ชันความคล้ายกัน (Class of Self-similar Function) โดยได้จากการแผ่ขยายตัวและการหมุนตัวของเวฟเลตหลัก (Mother Wavelet) ดังนี้

$$\Psi(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \cdot \exp(j2\pi Wx) \quad (2.9)$$

ซึ่ง  $W$  คือ ความถี่ของการมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะได้ฟังก์ชันความคล้ายกันของเกเบอร์เวฟเลต (Self-similar Gabor Wavelet) ดังนี้

$$\Psi_{mn}(x, y) = a^{-m} \Psi(\tilde{x}, \tilde{y}) \quad (2.10)$$

เมื่อ  $m$  และ  $n$  จะแสดงด้วยสเกล (Scale) และการปรับตัว (Orientation) ของเวฟเลตตามลำดับ  $m = 0, 1, \dots, M-1$ ,  $n = 0, 1, \dots, N-1$ , และ

$$\begin{aligned} \tilde{x} &= a^{-m}(x \cos \theta + y \sin \theta) \\ \tilde{y} &= a^{-m}(-x \sin \theta + y \cos \theta) \end{aligned} \quad (2.11)$$

โดยที่  $a > 1$  และ  $\theta = n\pi/N$

ตัวแปรในสมการข้างต้นนี้มีค่าดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} a &= (U_h / U_l)^{\frac{1}{M-1}} \\ W_{m,n} &= a^m U_l \\ \sigma_{x,m,n} &= \frac{(a+1)\sqrt{2 \ln 2}}{2\pi a^m (a-1)U_l} \\ \sigma_{y,m,n} &= \frac{1}{2\pi \tan\left(\frac{\pi}{2N}\right) \sqrt{\frac{U_h^2}{2 \ln 2} - \left(\frac{1}{2\pi \sigma_{x,m,n}}\right)^2}} \end{aligned} \quad (2.12)$$

ในโครงการของเราจะใช้ค่าที่ ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่ใช้ทั่วไปดังต่อไปนี้

$$U_l = 0.05, \quad U_h = 0.4$$

$S$  และ  $t$  มีช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 60

หน้าจกตัวกรองขนาด  $60 \times 60$

## 2.10 การแสดงออกของพื้นผิวและการกอบกู้คืนของพื้นผิว (Texture Representation and Retrieval)

ในส่วนี้จะเป็นเรื่องของการแสดงออกพื้นผิวโดยใช้การแปลงเกเบอร์ (Gabor Transform) โดยกระบวนการคำนวณความคล้ายคลึงของพื้นผิว (Texture Similarity) และการนอร์มอลไลซ์การหมุน

### 2.10.1 การแสดงออกของพื้นผิว (Texture Representation)

หลังจากที่เราใช้ตัวกรองเกเบอร์บนรูปภาพแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้คือความแตกต่างของการปรับตัวที่

แตกต่างกันที่สเกล โดยเราจะได้อารเรย์ของขนาด (Array of Magnitudes) ดังสมการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_{(m,n)} = \sum_x \sum_y |G_{mn}(x,y)| \tag{2.13}$$

เมื่อ  $m = 0, 1, \dots, M-1; n = 0, 1, \dots, N-1$

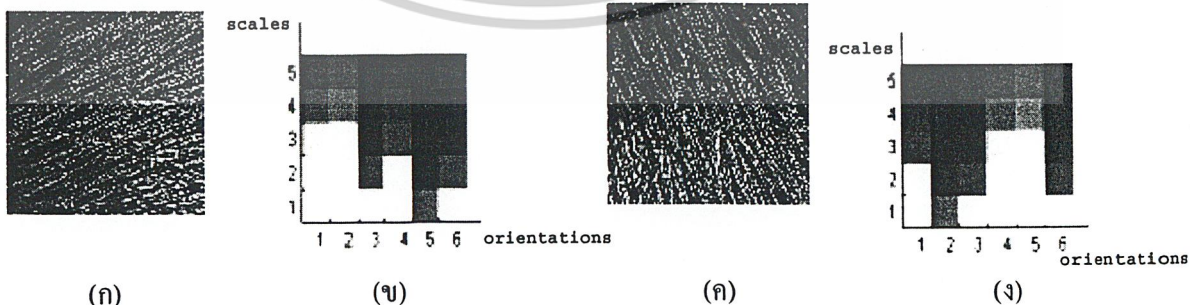
ค่าของขนาด (Magnitude) เหล่านี้ประกอบไปด้วยความแตกต่างของสเกลและการปรับตัว ของรูปภาพ จุดประสงค์หลักของการกอบกู้พื้นผิวภาพพื้นฐาน (Texture-based Retrieval) ก็เพื่อที่จะค้นหา รูปภาพที่มีมืองค์ประกอบคล้ายกัน หรือค้นหาบริเวณที่มีความคล้ายคลึงกันของพื้นผิว ซึ่งมันเป็นการ คาดคะเนภาพที่เรากำลังสนใจ หรือบริเวณที่เรากำลังพิจารณาที่มีพื้นผิวเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous Texture) โดยที่ค่าเฉลี่ยของขนาดคือ  $\mu_{mn}$  และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดที่ได้จากการแปลง สัมประสิทธิ์คือ  $\sigma_{mn}$  โดยตัวแปรทั้งหมดนี้แทนการตั้งองค์ประกอบของบริเวณที่พื้นผิวเป็นเนื้อเดียว

$$\mu_{mn} = \frac{E(m,n)}{P \times Q}$$

$$\sigma_{mn} = \frac{\sqrt{\sum_x \sum_y (|G_{mn}(x,y)| - \mu_{mn})^2}}{P \times Q} \tag{2.14}$$

ในองค์ประกอบของเวกเตอร์  $f$  นี้แสดงถึงการแสดงออกของพื้นผิว (Texture Representation) โดยที่สร้างมาจากค่าเฉลี่ยของขนาด  $\mu_{mn}$  และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดที่ได้จากการแปลง สัมประสิทธิ์  $\sigma_{mn}$  ให้เป็นส่วนประกอบของลักษณะเด่น ยกตัวอย่างเช่น มีขนาดสเกลคือ 5 และ 6 ค่าการ ปรับตัว โดยดูที่รูปประกอบที่รูปที่ 2.19 เพราะฉะนั้นเราจะได้องค์ประกอบของเวกเตอร์  $f$  ดังนี้

$$f = (\mu_{00}, \sigma_{00}, \mu_{01}, \sigma_{01}, \dots, \mu_{45}, \sigma_{45}) \tag{2.15}$$



(ก) รูปภาพฟาง (ข) ผลการแปลงเกเบอร์ของภาพ (ก)  
 (ค) ภาพที่ได้จากการหมุนภาพ (ก) 90° (ง) ผลการแปลงเกเบอร์ของภาพ (ค)

รูปที่ 2.19 รูปแบบของค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบลักษณะเด่นของภาพ  $\mu_{mn}$   
 เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิได้อนุญาตให้เผยแพร่โยชนด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังรูปที่ 2.19 ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของ 2 พื้นผิวภาพและผลของการแปลงเกเบอร์ที่ได้ โดยภาพ (ค) หมุนไป  $90^\circ$  จากภาพ (ก) และจากภาพ (ข) เป็นผลการแปลงเกเบอร์ของภาพ (ก) สังเกตได้ว่า ลักษณะทิศทางที่โดดเด่นอยู่ที่ การปรับภาพที่ค่า 2 ( $60^\circ$ ) ในขณะที่ภาพ (ข) สังเกตได้ว่าลักษณะทิศทางที่โดดเด่นอยู่ที่ การปรับภาพที่ค่า 5 ( $150^\circ$ )

### 2.10.2 การวัดค่าการหมุนตัวที่ไม่เปลี่ยนแปลงความคลึงกัน (Rotation Invariant Similarity)

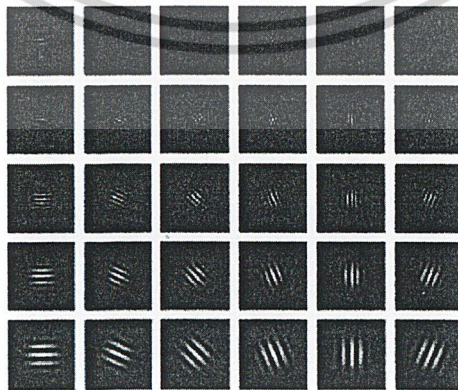
ในการวัดความคล้ายคลึงขององค์ประกอบบนพื้นผิวภาพที่เข้ามาทำการตรวจสอบ โดยกำหนดให้เป็น  $Q$  และเป้าหมายของภาพที่ต้องการตรวจสอบค้นหาในฐานข้อมูลเป็น  $T$  โดยมีสมการดังนี้

$$D(Q,T) = \sum_m \sum_n d_{mn}(Q,T) \quad (2.16)$$

เมื่อค่าระยะห่าง (Distance) คือ

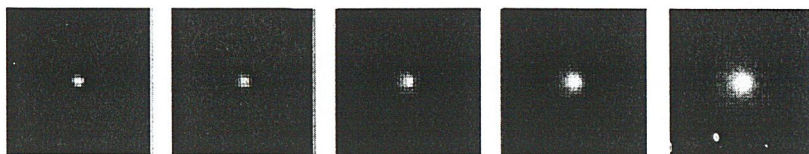
$$d_{mn} = \sqrt{(\mu_{mn}^Q - \mu_{mn}^T)^2 + (\sigma_{mn}^Q - \sigma_{mn}^T)^2} \quad (2.17)$$

เนื่องจากการวัดค่าความคล้ายคลึงกันของภาพนั้น ไม่ใช่เป็นการหมุนตัวที่ไม่เปลี่ยนแปลง (Rotation Invariant) แต่เป็นเพราะความคล้ายคลึงกันของพื้นผิวภาพด้วยความแตกต่างของทิศทาง จากตัวอย่างภาพในรูปที่ 2.19 (ก) และ (ค) ทั้งสองภาพนี้คือรูปเดียวกัน แต่แตกต่างที่การปรับหมุนภาพภาพเท่านั้น ซึ่งผลของภาพจะมีระยะห่าง (Distance) ที่สูงมาก ถ้าเราทำการวัดจุดพิกเซลโดยตรง โดยในจุดประสงค์ของการกรองเกเบอร์นี้เราต้องการให้ได้การวางตัวของลักษณะส่วนโค้งที่เด่นในบริเวณทั่วไปหน้า ไม่ว่าจะเป็นส่วนโค้งของคิ้ว ปาก ตา โดยดึงองค์ประกอบของส่วนโค้งโดยทั่วทั้งภาพ ผลที่ได้นี้เราจะคำนวณหาพลังงานรวม (Total Energy) ของแต่ละการปรับตัวของภาพ โดยการปรับตัวที่มีค่าพลังงานรวมสูงสุดนี้เราเรียกว่า ทิศทางที่โดดเด่น (Dominant Direction) โดยที่จะเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของเวกเตอร์  $r$



รูปที่ 2.20 ส่วนจริงของสเกลคือ 5 และ 6 ค่าการปรับตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ขนาดของเกเบอร์เมื่อกำหนดให้ 5 สเตลที่แตกต่างกัน

เราจำเป็นต้องพิสูจน์ว่าการหมุนตัวของภาพ ในโดเมนนั้นสัมพันธ์กับการเลื่อนตัวของส่วนโค้งในองค์ประกอบพื้นผิวของเวกเตอร์ โดยสมมติว่าภาพต้นแบบคือ  $I(x, y)$  และมีทิศทางที่โคจรคือ  $i\pi / N$  โดยที่  $I'(x, y)$  เป็นรูปแบบการปรับตัวของ  $I(x, y)$  และกำหนดให้ค่าการปรับตัวที่โคจรเริ่มที่ 0 เมื่อพิจารณาสเตลที่ต้องการเจาะจงคือ  $m$  และจะได้พลังงานในการกระจายตัว (Energy Distribution) ของ  $I(x, y)$  คือ

$$(E'_{m,0} \ E'_{m,1} \ \dots \ E'_{m,p} \ \dots \ E'_{m,N-1})$$

และได้พลังงานในการกระจายตัว (Energy Distribution) ของ  $I'(x, y)$  คือ

$$(E'_{m,p} \ E'_{m,1-p} \ \dots \ E'_{m,0} \ \dots \ E'_{m,N-1-p})$$

และจะได้  $E_{m,0} = E'_{m,p}$   $E_{m,1} = E'_{m,1-p}$  เนื่องจาก  $E'_{m,n} = E'_{m,n+N}$  (ภาพมีพลังงานในการกระจายตัวเท่ากัน หลังจากหมุนภาพไป  $180^\circ$ ) โดยมีค่า  $E'_{m,i+N} = E'_{m,p}$   $E'_{m,1-i+N} = E'_{m,1-i}$  เป็นต้น (การปรับตัวในทางตรงกันข้ามจะเพิ่มค่าโดย  $N$ ) และทำให้เราได้ค่าพลังงานในการกระจายตัวของ  $I'(x, y)$

$$(E'_{m,-i+N} \ E'_{m,1-i+N} \ \dots \ E'_{m,0} \ \dots \ E'_{m,N-1-p})$$

กำหนดให้ค่าการปรับตัวที่โคจรเริ่มที่ 0 เมื่อพิจารณาสเตลที่ต้องการเจาะจงคือ  $m$  และจะได้พลังงานในการกระจายตัว (Energy Distribution) ของ  $I(x, y)$  คือ

$$(E'_{m,0} \ E'_{m,1} \ \dots \ E'_{m,p} \ \dots \ E'_{m,N-1})$$

ค่าเหล่านี้เป็นการหมุนตัวของส่วนโค้งที่เป็นลักษณะเด่นของเวกเตอร์ เป็นการพิสูจน์การหมุนในพื้นที่โดเมนที่สัมพันธ์กับการเลื่อนตัวของส่วนโค้งขององค์ประกอบของลักษณะเด่น ดังรูปที่ 2.19 ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของ 2 พื้นผิวภาพและผลของการแปลงเกเบอร์ที่ได้

## บทที่ 3

## การคำนวณและการสร้าง

ในส่วนของการวิเคราะห์หาส่วนที่เป็นไบหน้านี้ อาจแบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ได้เป็นขั้นตอนดังนี้

## 3.1 การตรวจจับไบหน้าจากภาพ

3.1.1 เลือกภาพถ่ายบุคคลที่เป็นภาพสีหน้าตรงเห็นไบหน้าได้ชัดเจน เพื่อสอดคล้องกับการนำไปใช้เป็นข้อมูลในการรู้จำต่อไป โดยไม่อยู่ภายใต้เงื่อนไขของแสงที่ใช้ในการถ่ายภาพและความซับซ้อนของฉาก แต่สีของฉากหลังต้องแตกต่างไปจากสีผิวของมนุษย์ เนื่องด้วยวิธีการวิเคราะห์หาส่วนที่เป็นไบหน้าในเบื้องต้นใช้การวิเคราะห์สีผิวเป็นหลัก และต้องเป็นภาพที่ถูกจัดเก็บในรูปของข้อมูลที่เป็นไฟล์รูปภาพทั่วไป

3.1.2 นำข้อมูลที่ได้มาแปลงให้เป็นโครงสร้างสีเอชเอสวี หรือโครงสร้างสีวายซีบีซีอาร์ แบบใดแบบหนึ่ง เนื่องจากตัวแปรทั้งสามในโครงสร้างสีอาร์จีบี นั้นล้วนเป็นตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ภาพถ่ายที่มีความเข้มแสงต่างกันได้

1. การแปลงโครงสร้างสีอาร์จีบี ให้เป็นโครงสร้างสีเอชเอสวี นั้นใช้สมการในการแปลงดังนี้

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{1}{2} \frac{[(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]}} \right\} \quad (3.2)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R,G,B)] \quad (3.3)$$

$$V = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (3.4)$$

2. การแปลงโครงสร้างสีอาร์จีบี เป็นโครงสร้างสีวายซีบีซีอาร์ ใช้สมการในการแปลงดังนี้

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูในสถานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ทำการตัดบริเวณที่ไม่มีควมใกล้เคียงกับสี่ผิวนูนข้อยอก โดยใช้สมการที่ได้จากการทดลองคู่ตัวอย่างสี่ผิวนที่ปรากฏในงานวิจัยของคริสโตฟี การ์เซีย และจอร์จีโอส ซิติทัส (Christophe Garcia & Georgios Tziritas) โดยให้บริเวณที่มีใกล้เคียงกับสี่ผิวนไว้ ส่วนบริเวณอื่นๆที่ไม่ใช่ให้แทนที่ด้วยสี่ค่า ซึ่งจะใช้ทั้งสองโครงสร้างสี่

1. การตัดสี่แบบโครงสร้างสี่วายซีบีซีอาร์ จะใช้สมการ

เมื่อ ( $Y > 128$ )

$$\begin{aligned}\theta_1 &= -2 + \frac{256 - Y}{16}; \\ \theta_2 &= 20 - \frac{256 - Y}{16}; \\ \theta_3 &= 6; \quad \theta_4 = -8\end{aligned}\quad (3.6)$$

เมื่อ ( $Y \leq 128$ )

$$\begin{aligned}\theta_1 &= 6; \quad \theta_2 = 12; \\ \theta_3 &= 2 + \frac{Y}{32}; \\ \theta_4 &= -16 + \frac{Y}{16};\end{aligned}\quad (3.7)$$

$$\begin{aligned}Cr &\geq -2(Cb + 24); & Cr &\geq -(Cb + 17); \\ Cr &\geq -4(Cb + 32); & Cr &\geq 2.5(Cb + \theta_1); \\ Cr &\geq \theta_3; & Cr &\geq 0.5(\theta_4 - Cb); \\ Cr &\geq \frac{220 - Cb}{6}; & Cr &\leq \frac{4}{3}(\theta_2 - Cb)\end{aligned}$$

2. การตัดสี่แบบโครงสร้างสี่เอชเอสวี จะใช้สมการ

$$\begin{aligned}S &\geq 10; \quad V \geq 40; \\ S &\leq -H - 0.1V + 110; \\ H &\leq -0.4V + 75; \\ \text{ถ้า } H &\geq 0 \\ \text{แล้ว } S &\leq 0.08(100 - V)H + 0.5V; \\ \text{ถ้า } H &< 0 \\ \text{แล้ว } S &\leq 0.5H + 35;\end{aligned}\quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 แปลงภาพที่ตัดสี่เหลี่ยมทั้งสองแบบให้อยู่ในโครงสร้างสี่เหลี่ยมอาร์จีบี ตามเดิม

#### 1. การแปลงโครงสร้างสี่เหลี่ยมเอชเอตวี เป็นโครงสร้างสี่เหลี่ยมอาร์จีบี ใช้สมการ

$$0^\circ \leq H < 120^\circ$$

$$B = I(1-S)$$

$$R = I \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = I - (R+B)$$

(3.9)

$$120^\circ \leq H \leq 240^\circ$$

$$H = H - 120^\circ$$

$$R = I(1-S)$$

$$G = I \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = I - (R+G)$$

(3.10)

$$240^\circ \leq H \leq 360^\circ$$

$$H = H - 240^\circ$$

$$G = I(1-S)$$

$$B = I \left[ 1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$R = I - (G+B)$$

(3.11)

#### 2. การแปลงโครงสร้างสี่เหลี่ยมซีบีซีอาร์ เป็นโครงสร้างสี่เหลี่ยมอาร์จีบี ใช้สมการ

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.164 & 0 & 1.596 \\ 1.164 & -0.392 & -0.813 \\ 1.164 & 2.017 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y-16 \\ Cb-128 \\ Cr-128 \end{bmatrix}$$

(3.12)

แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้โครงสร้างสี่เหลี่ยมที่แตกต่างกันทั้งสองแบบ

3.1.5 เติมบริเวณสีอื่นๆ ที่อยู่ในบริเวณใบหน้าแต่ไม่ได้มีสีเดียวกับกลุ่มสีผิวมนุษย์ที่ถูกตัดออกไป ด้วยให้สมบรูณ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการรู้จำต่อไป โดยใช้วิธีการมอดูโลลิจดอล ในการเติมโดยมีขั้นตอนปพลิเคชันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แปลงภาพที่ได้จากการตัดสีให้เป็นภาพระดับสีเทา
2. ทำการหดของกลุ่มพิกเซล เพื่อเติมรอยแหว่งที่เป็นรูเล็กๆ ให้เต็ม และลดขนาดของรูใหญ่ให้เล็กลง เพื่อทำการอุดรูภาพด้วยวิธีการต่อไป
3. ทำการอุดรูด้วยวิธีการอุดรูกลุ่มของพิกเซล เนื่องจากการทำการขยายกลุ่มของพิกเซลให้รูที่มีขนาดใหญ่หายไปนั้น จะทำให้บริเวณของใบหน้าขยายใหญ่ขึ้นด้วยซึ่งเราจะไม่ได้บริเวณที่เป็นใบหน้าจริงๆ แต่การอุดรูกลุ่มของพิกเซล อย่างเดียวนั้น ไม่สามารถอุดรูรั้วขนาดใหญ่ได้ เป็นเหตุให้ต้องใช้ทั้งสองวิธีการร่วมกัน
4. ทำการหดของกลุ่มพิกเซล เพื่อเป็นการหัวของกลุ่มของพิกเซล
5. นำภาพที่ได้มาแปลงเป็นภาพขาวดำ

3.1.6 ใช้ภาพที่แปลงเป็นภาพขาวดำเป็นตัวกำหนดขอบเขตที่ต้องการจากจากภาพต้นแบบ โดยใช้วิธีการคูณภาพทั้งสองแบบจุดต่อจุด จะได้ภาพที่เป็นอาร์จีบี ที่มีบริเวณที่เป็นสีเท่ากับ บริเวณภาพของภาพขาวดำ

3.1.7 นำภาพที่ได้มาทำการตัด(Crop) เอาเฉพาะส่วนที่เป็นหน้า แล้วทำการปรับขนาดให้เป็น 120×800 พิกเซล

### 3.2 การรู้จำภาพใบหน้า

3.2.1 นำภาพที่ได้มาทำการคอนโวลูชัน กับสมการแปลงเกเบอร์

$$G_{mn}(x, y) = \sum_s \sum_t I(x-s, y-t) \psi_{mn}^*(s, t) \quad (3.13)$$

$$\psi(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \cdot \exp(j2\pi Wx) \quad (3.14)$$

$$\psi_{mn}(x, y) = a^{-m} \psi(\tilde{x}, \tilde{y}) \quad (3.15)$$

โดยใช้หน้ากากตัวกรอง(Convolution mask) ขนาด 60×60 โดยมี 5 สเตล และ 6 การปรับตัว (Orientation) โดยนำข้อมูลที่ได้ออกไปทำการบันทึกเป็นฐานข้อมูลชุดที่ 1

3.2.2 จากฐานข้อมูลชุดที่ 1 ทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ทำการบันทึกเป็นฐานข้อมูลชุดที่ 2

3.2.3 ทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 โดยใช้ฐานข้อมูลชุดที่ 2 ในการหาค่าระยะห่าง (Distance)

$$d_{mn} = \sqrt{(\mu_{mn}^e - \mu_{mn}^r)^2 + (\sigma_{mn}^e - \sigma_{mn}^r)^2} \quad (3.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

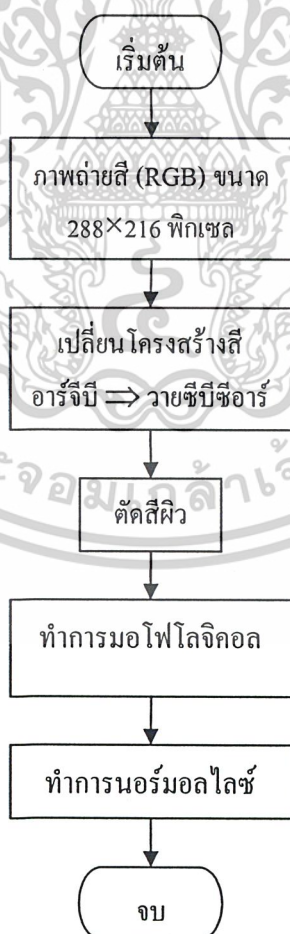
เพื่อทำการจัดกลุ่มของข้อมูลที่คล้ายกัน ระหว่างภาพที่นำเข้ามาตรวจสอบ (Target Image) กับ ภาพฐานข้อมูล แล้วเลือกกลุ่มของข้อมูลที่มีระยะห่างระหว่างภาพที่นำเข้ามาตรวจสอบกับภาพฐานข้อมูลที่ระยะห่างน้อยกว่า 10 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับขอบเขตของระยะทางทั้งหมด มาทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 2

3.2.4 การวิเคราะห์ครั้งที่ 2 นำกลุ่มของข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง ระหว่างภาพที่นำเข้ามาตรวจสอบกับภาพฐานข้อมูล โดยใช้สมการแมทซิง

$$S_u(J, J') = \frac{\sum_{j=1}^{Gf} a_j a'_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^{Gf} a_j^2 \sum_{j=1}^{Gf} a'^2_j}} \quad (3.17)$$

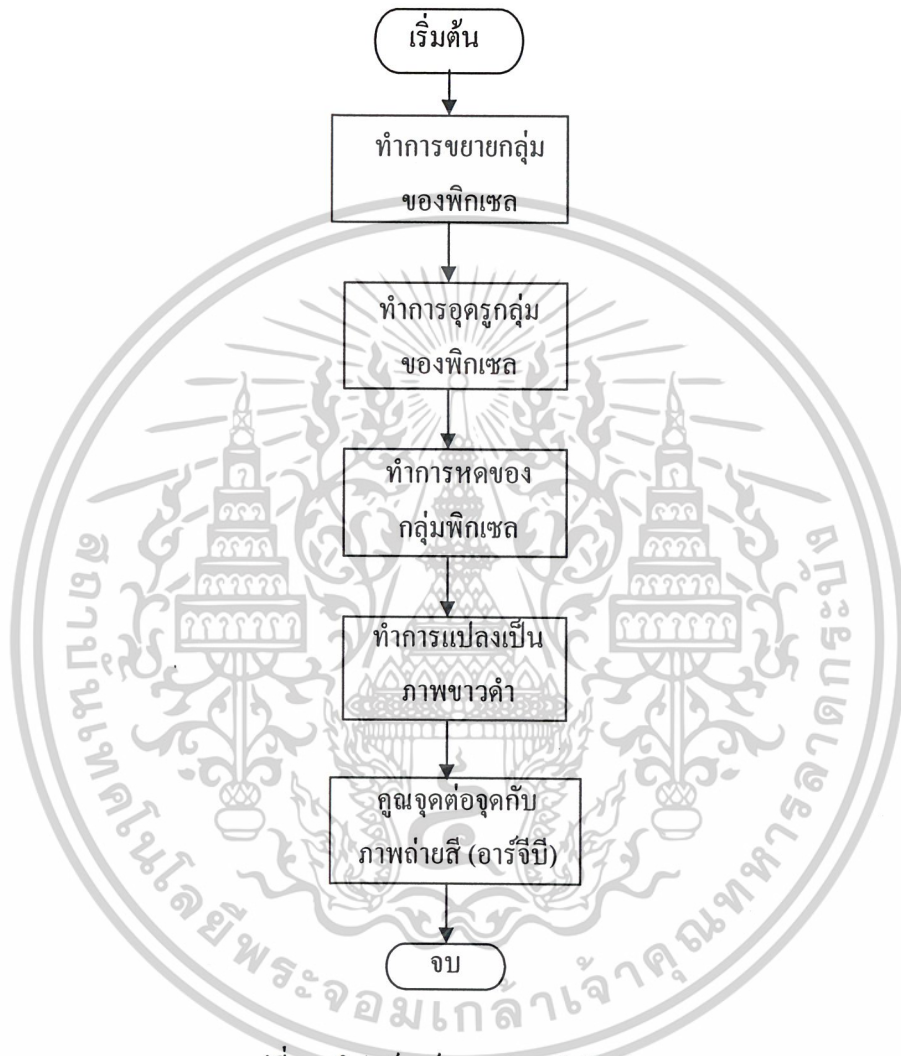
3.2.5 ทำการตัดสินใจระบุภาพว่าภาพที่นำเข้ามาตรวจสอบว่าเป็นบุคคลใดในภาพฐานข้อมูล โดยใช้ค่าที่มากที่สุดที่ได้จากสมการแมทซิง

### 3.3 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนของโครงการ



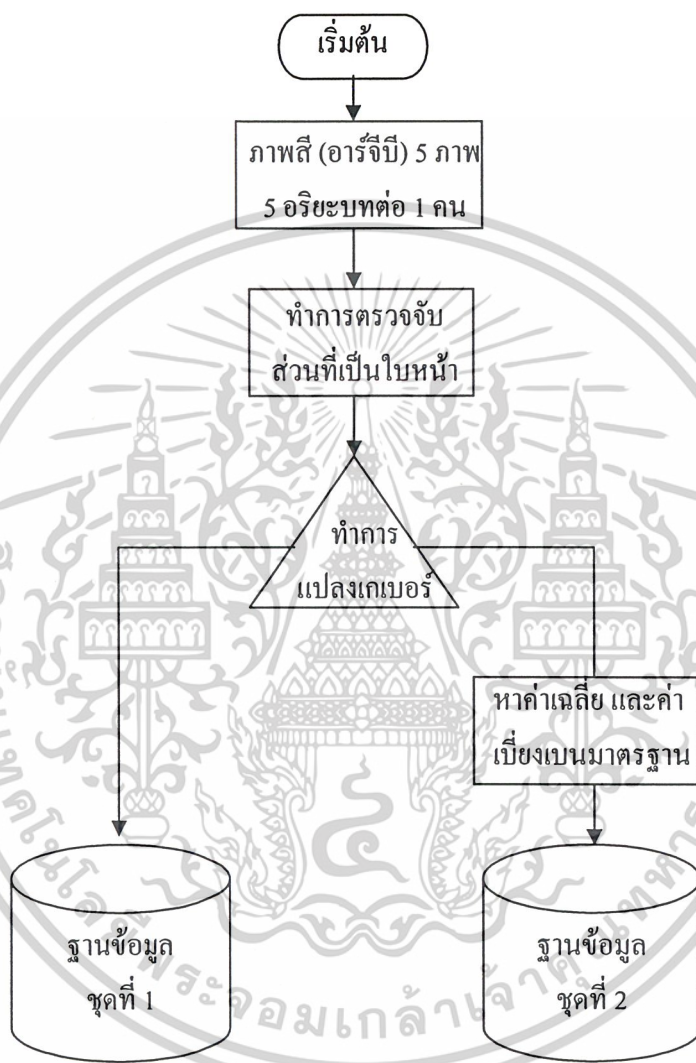
รูปที่ 3.1 โฟลว์ชาร์ตการตรวจจับส่วนที่เป็นใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



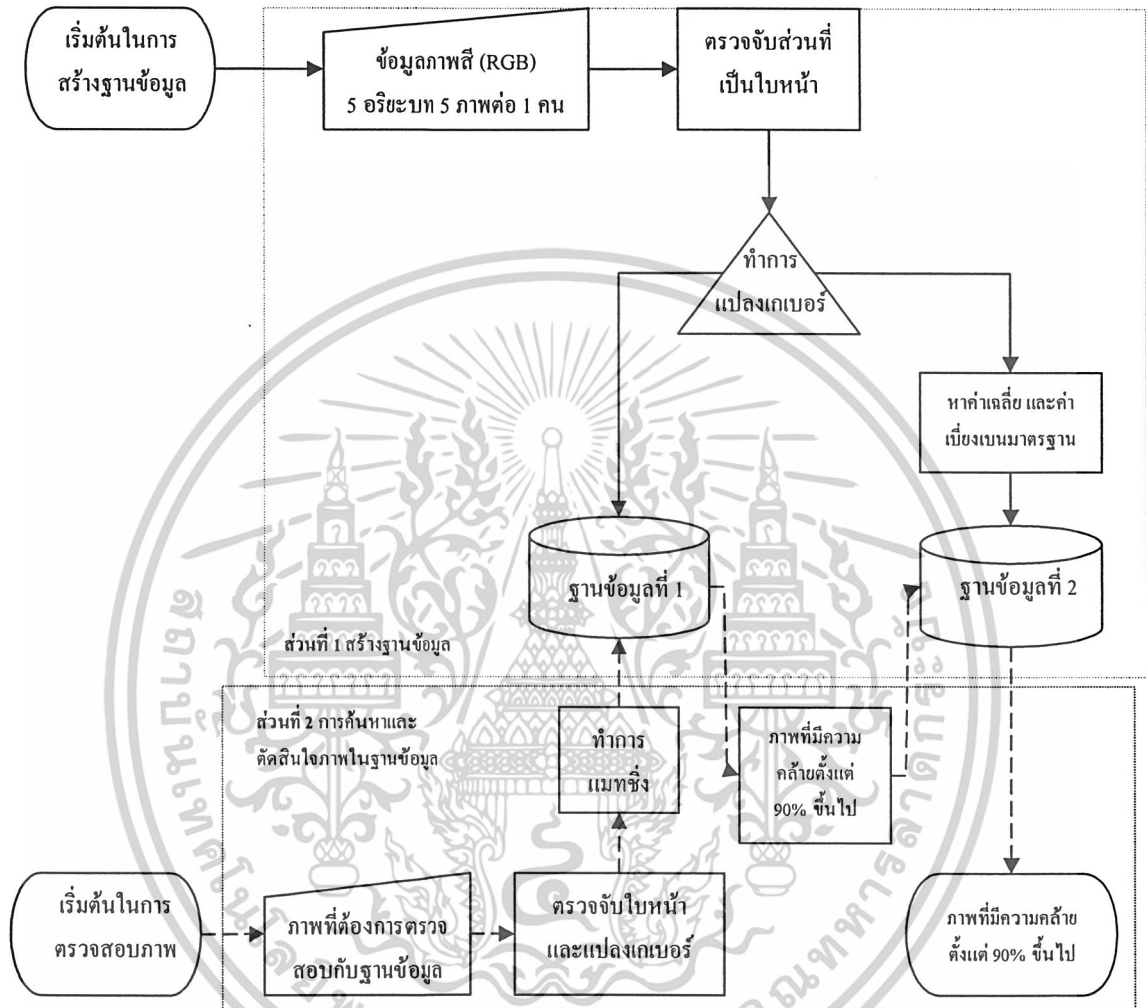
รูปที่ 3.2 โฟลว์ชาร์ตการทำอโฟโลจิคอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 โพลีชาร์ตการสร้างฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตภาพรวมของระบบการรู้จำภาพใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

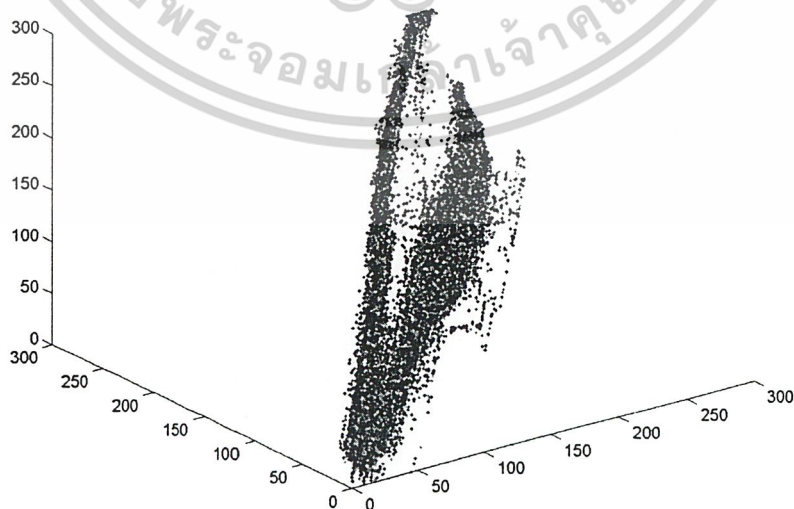
#### 4.1 การทดลองที่ 1 การตรวจจับส่วนที่เป็นใบหน้า

1. นำภาพต้นแบบภาพถ่ายสีหน้าตรงความละเอียด 288×216 พิกเซล มาเปลี่ยนโครงสร้างสีจากอาร์จีบี ไปเป็นโครงสร้างสีวายซีบีซีอาร์ ด้วยสมการ 3.5
2. ทำการตัดสีผิวด้วยสมการ 3.6
3. บันทึกผลการทดลอง
4. สรุปผลการทดลอง

#### ผลการทดลองที่ 1

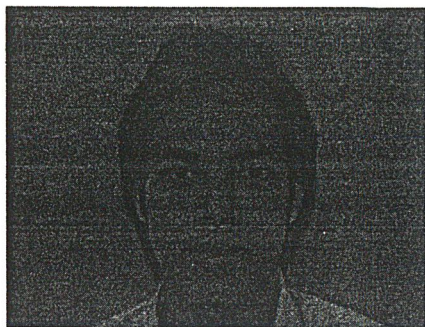


รูปที่ 4.1 ภาพต้นแบบภาพถ่ายสีหน้าตรงความละเอียด 288×216 พิกเซล

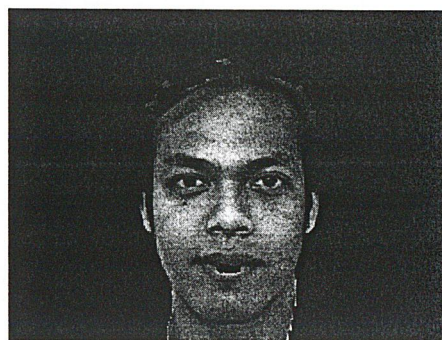


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลกลุ่มสีภาพต้นฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

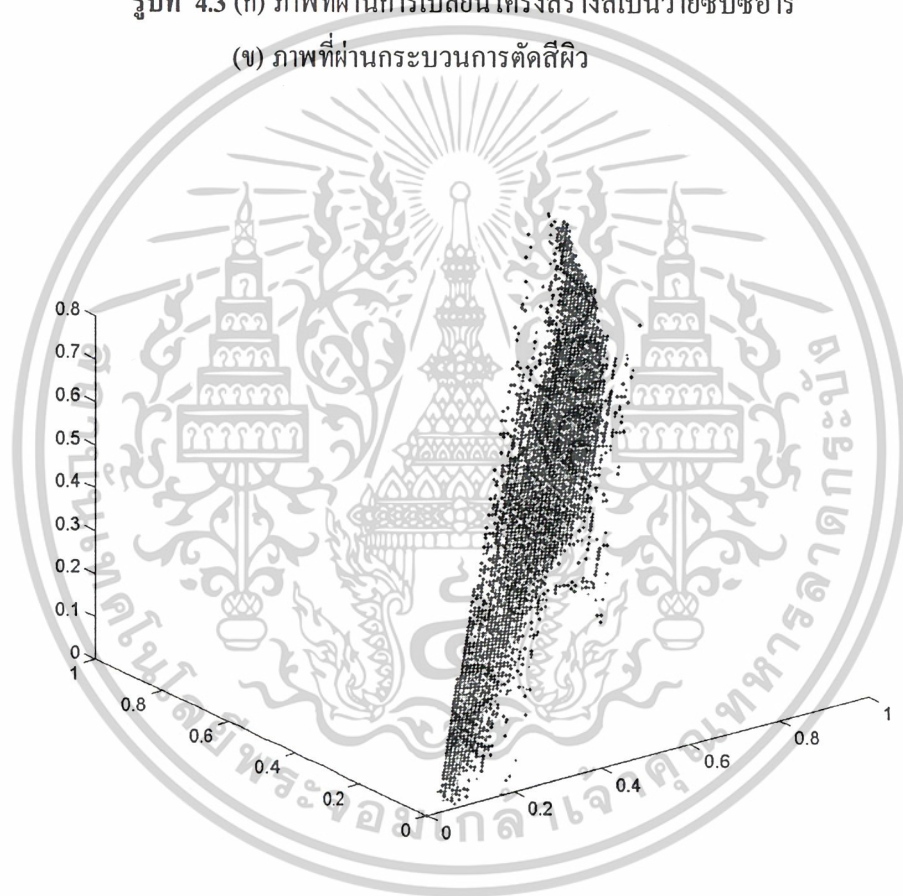


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.3 (ก) ภาพที่ผ่านการเปลี่ยนโครงสร้างสีเป็นขาวดำซีบีซีอาร์  
(ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการตัดสีผิว



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลกลุ่มสีของภาพที่ถูกตัดสีผิว

#### สรุปผลการทดลองที่ 1

จากรูปที่ 4.3 (ข) พบว่าผลที่ออกมา ใบหน้าสามารถที่จะแยกออกมาจากพื้นภาพทั้งหมด ซึ่งมีกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างสี โดยเฉพาะส่วนที่เป็นใบหน้า ใบหู และลำคอ เท่านั้น ซึ่งทั้งหมดนี้ก็เป็นกระบวนการในการตรวจจับใบหน้าของภาพที่เข้ามาตรวจสอบ โดยภายในภาพยังมีรูสิดำที่ยังต้องการอุดรูในกระบวนการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

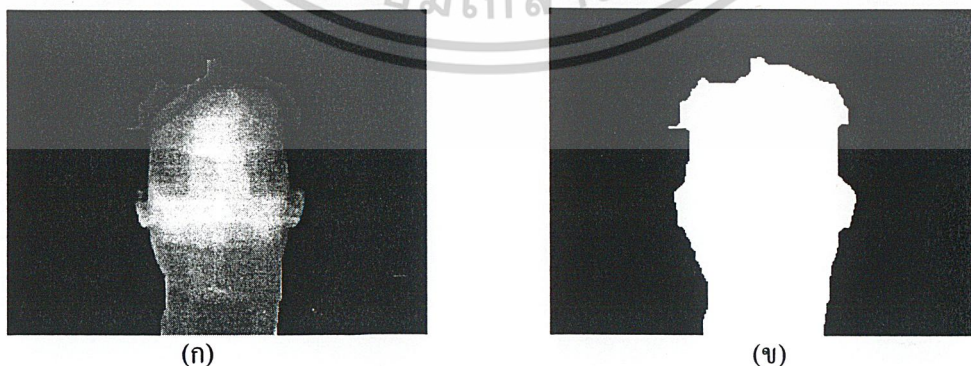
#### 4.2 การทดลองที่ 2 การทำมอร์โฟโลจิกอล (Morphological)

1. นำภาพที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาทำการขยายกลุ่มของพิกเซล ด้วยสมการที่ 2.3
2. ทำการอุดรูกลุ่มของพิกเซล ด้วยสมการที่ 2.7
3. ทำการหดของกลุ่มพิกเซล ด้วยสมการที่ 2.5
4. ทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ จากนั้นนำภาพที่ได้ไปคูณกับภาพต้นแบบโดยการคูณจุดต่อจุด (Point to Point Multiple)
5. บันทึกผลการทดลอง
6. สรุปผลการทดลอง

#### ผลการทดลองที่ 2



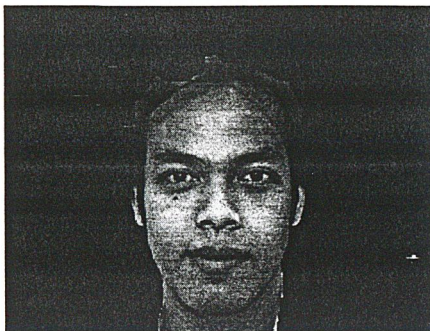
รูปที่ 4.5 (ก) ภาพที่ผ่านกระบวนการขยายกลุ่มของพิกเซล  
(ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการอุดรูกลุ่มของพิกเซล



รูปที่ 4.6 (ก) ภาพที่ผ่านกระบวนการหดของกลุ่มพิกเซล

(ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการแปลงเป็นภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพขาวดำที่ดูคล้ายกับภาพค้นแบบ โดยการจุดต่อจุด

## สรุปผลการทดลองที่ 2

จากรูปที่ 4.7 เห็นได้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.3 (ข) ตรงตำแหน่งปากเมื่อหลังจากการอุดรูของกลุ่มพิกเซลจะมีลักษณะของใบหน้าที่สมบูรณ์ ไม่มีรูโหว่บนใบหน้า และจะนำภาพใบหน้าที่สมบูรณ์นี้ไปผ่านการแปลงเกเบอร์ในกระบวนการถัดไป

## 4.3 การทดลองที่ 3 การแปลงเกเบอร์ (Gabor Transform) โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนดังนี้

1. นำภาพสี (อาร์จีบี) มาทำการคอนโวลูชันกับสมการตัวกรองเกเบอร์
  - 1.1. เก็บผลการทดลองที่ได้เป็นข้อมูลชุดที่ 1.1
  - 1.2. นำข้อมูลชุดที่ 1.1 ทำการหาค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำเป็นข้อมูลชุดที่ 1.2
2. นำภาพสี (อาร์จีบี) มาแปลงเป็นภาพระดับสีเทาทำการคอนโวลูชันกับสมการตัวกรองเกเบอร์
  - 2.1. เก็บผลการทดลองที่ได้เป็นข้อมูลชุดที่ 2.1
  - 2.2. นำข้อมูลชุดที่ 2.1 ทำการหาค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำเป็นข้อมูลชุดที่ 2.2
3. นำภาพสี (อาร์จีบี) มาแปลงเป็นภาพขาวดำทำการคอนโวลูชันกับสมการตัวกรองเกเบอร์
  - 3.1. เก็บผลการทดลองที่ได้เป็นข้อมูลชุดที่ 3.1
  - 3.2. นำข้อมูลชุดที่ 3.1 ทำการหาค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำเป็นข้อมูลชุดที่ 3.2
4. นำภาพสี (อาร์จีบี) มาทำการหาขอบตัดสี (Edge Detection) เพื่อหารูปร่างใบหน้าทำการคอนโวลูชันกับสมการตัวกรองเกเบอร์
  - 4.1. เก็บผลการทดลองที่ได้เป็นข้อมูลชุดที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.2. นำข้อมูลชุดที่ 4.1 ทำการหาค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำเป็นข้อมูลชุดที่ 4.2
- 4.3. นำภาพสีหน้าตรงของคนี่ 1 มาทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ตามสมการที่ 3.16 โดยเปรียบเทียบกับทุกภาพ
- 4.4. บันทึกผลการทดลอง
- 4.5. ตารางสรุปผลการทดลอง

#### 4.4 การทดลองที่ 4 การทดสอบฐานข้อมูล

1. นำภาพสีที่ใช้สำหรับทำเป็นฐานข้อมูลของคน 2 คน จำนวน 5 ภาพ ซึ่งประกอบด้วยภาพที่มีอริษะบตต่างๆ กันคือ

- 1.1. ภาพถ่ายหน้าตรง
- 1.2. ภาพถ่ายที่โบหน้าเอียงไปทางซ้าย
- 1.3. ภาพถ่ายที่โบหน้าเอียงไปทางขวา
- 1.4. ภาพถ่ายเงหน้า
- 1.5. ภาพถ่ายก้มหน้า

มาผ่านกระบวนการตามการทดลองที่ 1 ถึงการทดลองที่ 3

2. นำผลที่ได้มาจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล

#### ผลการทดลองที่ 3 และ 4

ส่วนที่ 1 จากการนำภาพสี (อาร์จีบี) มาทำการคอนโวลูชันจะได้เป็นข้อมูลชุดที่ 1.1 ที่มีขนาดใหญ่ และมีใช้เวลาในการประมวลผลนาน

เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 สามารถบอกความแตกต่างของคน 2 คนได้

ส่วนที่ 2 จากการนำภาพสี (อาร์จีบี) มาแปลงเป็นภาพระดับสีเทามาทำการคอนโวลูชันกับสมการตัวกรองเกเบอร์ จะได้ข้อมูลที่มีขนาดเล็กกว่าการที่นำภาพสี (อาร์จีบี) มาทำการคอนโวลูชันโดยตรงถึง 3 เท่า และใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า

เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 สามารถบอกความแตกต่างของคน 2 คนได้

ส่วนที่ 3 จากการนำภาพสี (อาร์จีบี) มาแปลงเป็นภาพขาวดำมาทำการคอนโวลูชันกับสมการตัวกรองเกเบอร์ จะได้ขนาดของข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ที่มีขนาดเท่ากับข้อมูลที่ได้จากข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์จากการคอนโวลูชันด้วยภาพระดับสีเทา และใช้เวลาในการประมวลผลเท่ากัน

เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ไม่สามารถบอกความแตกต่างของคน 2 คนได้

ส่วนที่ 4 จากการนำภาพสี (อาร์จีบี) มาทำการหาขอบตัดสี เพื่อหารูปร่างโบหน้ามาทำการคอนโวลูชันกับสมการตัวกรองเกเบอร์จะได้ขนาดของข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ที่มีขนาดเท่ากับข้อมูลที่ได้จากข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์จากการคอนโวลูชันด้วยภาพระดับสีเทา และใช้เวลาในการประมวลผลเท่ากัน

เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ไม่สามารถบอกความแตกต่างของคน 2 คนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่	ขนาดของข้อมูลที่ได้	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล	บอกความแตกต่างของคน 2 คน
1 ภาพสีอาร์จีบี	ขนาดใหญ่	นานมาก	ได้
2 ภาพระดับสีเทา	เล็กกว่า 3 เท่า	น้อย	ได้
3 ภาพขาวดำ	เล็กกว่า 3 เท่า	น้อย	ไม่ได้
4 ภาพขอบตัดสี	เล็กกว่า 3 เท่า	น้อย	ไม่ได้

#### ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของภาพที่นำมาทำการกรองเกเบอร์

#### 4.5 การทดลองที่ 5 การสร้างฐานข้อมูลและการวิเคราะห์ครั้งที่ 1

- นำภาพสีที่ใช้สำหรับทำเป็นฐานข้อมูลของคน 10 คน คนละ 5 ภาพ ซึ่งประกอบด้วยภาพที่มี  
อริยบทต่างๆ กันคือ  
ภาพถ่ายหน้าตรง  
ภาพถ่ายที่ใบหน้าเอียงไปทางซ้าย  
ภาพถ่ายที่ใบหน้าเอียงไปทางขวา  
ภาพถ่ายเงหน้า  
ภาพถ่ายก้มหน้า
- นำภาพฐานข้อมูลมาผ่านการตรวจจับหาส่วนใบหน้าตามการทดลองที่ 1 และผ่าน  
กระบวนการมอโฟโลจิคอลตามการทดลองที่ 2
- จากนั้นนำภาพที่ได้ มาแปลงเป็นภาพระดับสีเทา และทำการคอนโวลูชันกับตัวกรองเกเบอร์  
และนำมาจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลชุดที่ 1
- นำกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการคอนโวลูชันของแต่ละภาพมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
แล้วจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลชุดที่ 2
- นำภาพถ่ายสีหน้าตรงที่เป็นภาพที่เข้ามาตรวจสอบจำนวน 10 คน โดยทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึง  
4 ได้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพที่นำมาตรวจสอบ
- ทำการหาระยะห่างระหว่างค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพที่นำมาตรวจสอบ  
กับค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพที่อยู่ในฐานข้อมูลชุดที่ 2 โดยสมการที่ 3.11 แล้ว  
นำระยะห่างที่ได้มาเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์
- ระบุภาพจากฐานข้อมูลโดยใช้ภาพที่มีเปอร์เซ็นต์สูงสุด
- บันทึกผลการทดลอง พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. สรุปผลการทดลอง

## ผลการทดลองที่ 5

จำนวนผู้ทดลอง	จำนวนที่ทดสอบได้ ถูกต้อง	จำนวนที่ทดสอบที่ ผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
10 คน	3 คน	7 คน	30 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 5

## สรุปผลการทดลองที่ 5

จากผลการทดลองนี้เป็นการประมวลผลแบบหระะหว่างของค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจากผลการทดลองที่ปรากฏ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมีค่อนข้างสูง เนื่องจากการประมวลผลนี้เป็นแบบมองภาพรวม แต่สังเกตได้ว่าภาพที่ผิดพลาดยังคงมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในกลุ่มที่มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

## 4.6 การทดลองที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งที่ 2

1. นำกลุ่มของข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 5) ที่มีความเหมือนกับภาพที่เข้ามาตรวจสอบตั้งแต่ 90 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปมาทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 โดยใช้สมการแม่ทิงที่ 3.17
2. บันทึกผลการทดลอง
3. สรุปผลการทดลอง

## ผลการทดลองที่ 6

จำนวนผู้ทดลอง	จำนวนที่ทดสอบได้ ถูกต้อง	จำนวนที่ทดสอบที่ ผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
10 คน	9 คน	1 คน	90 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 6

## สรุปผลการทดลองที่ 6

จากผลการทดลองนี้ เห็นได้ว่ามีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมากกว่าผลการทดลองที่ 5 เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบทุกค่าที่ได้จากการทำคอนโวลูชัน แต่การทดลองที่ 5 ใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาทำการเปรียบเทียบ แต่การเปรียบเทียบทุกค่ากับทุกรูปในฐานข้อมูลต้องใช้เวลาาน จึงใช้ค่าเฉลี่ยและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้มาจัดกลุ่มฐานข้อมูล ก่อนแล้วจึงเปรียบเทียบแบบทุกค่ากับเฉพาะภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

#### 4.7 การทดลองที่ 7

1. ทำตามการทดลองที่ 5 และการทดลองที่ 6 แต่เปลี่ยนจำนวนของบุคคลที่ใช้ทำฐานข้อมูลเป็น 15 คน และภาพที่เข้ามาตรวจสอบเป็น 15 คน
2. บันทึกผลการทดลอง
3. สรุปผลการทดลอง

#### ผลการทดลองที่ 7

จำนวนผู้ทดลอง	จำนวนที่ทดสอบได้	จำนวนที่ทดสอบที่	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด	
15 คน	13 คน	2 คน	86 เปอร์เซ็นต์

#### ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 7

#### สรุปผลการทดลองที่ 7

จากการทดลองนี้พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องลดลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากภาพที่ใช้เป็นฐานข้อมูลมีจำนวนมากขึ้นและมีภาพใบหน้าที่มีความคล้ายกันมากทำให้เกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบ

#### 4.8 การทดลองที่ 8

1. ทำตามการทดลองที่ 5 และการทดลองที่ 6 แต่เปลี่ยนจำนวนของบุคคลที่ใช้ทำฐานข้อมูลเป็น 20 คน และภาพที่เข้ามาตรวจสอบเป็น 20 คน
2. บันทึกและสรุปผลการทดลอง

#### ผลการทดลองที่ 8

จำนวนผู้ทดลอง	จำนวนที่ทดสอบได้	จำนวนที่ทดสอบที่	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
	ถูกต้อง	ผิดพลาด	
20 คน	17 คน	3 คน	85 เปอร์เซ็นต์

#### ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกักรับจ้างเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สรุปผลการทดลองที่ 8

จากการทดลองนี้พบว่ามีการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องลดลงเล็กน้อยเนื่องจากภาพที่ใช้เป็นฐานข้อมูลมีจำนวนมากขึ้นและมีภาพใบหน้าที่มีความคล้ายกันเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบ

#### 4.9 การทดลองที่ 9

1. ทำตามการทดลองที่ 5 และการทดลองที่ 6 แต่เปลี่ยนจำนวนของบุคคลที่ใช้ทำฐานข้อมูลเป็น 30 คน และภาพที่เข้ามาตรวจสอบเป็น 30 คน
2. บันทึกและสรุปผลการทดลอง

#### ผลการทดลองที่ 9

จำนวนผู้ทดลอง	จำนวนที่ทดสอบได้ถูกต้อง	จำนวนที่ทดสอบที่ผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
30 คน	27 คน	3 คน	90 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 9

#### สรุปผลการทดลองที่ 9

จากการทดลองนี้พบว่ามีการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากภาพที่ใช้เป็นฐานข้อมูลมีจำนวนมากขึ้นแต่ไม่มีภาพใบหน้าที่มีความคล้ายกันเพิ่มขึ้น

#### 4.10 การทดลองที่ 10

1. นำภาพที่ได้จากการทดลองที่ 2 มาตัด(Crop) ให้เหลือแต่ใบหน้า แล้วปรับขนาด(Normalize) ให้เป็นขนาด 120×80 พิกเซล แล้วทำตามการทดลองที่ 3 ถึงการทดลองที่ 9
2. บันทึกและสรุปผลการทดลอง

#### ผลการทดลองที่ 10

จำนวนผู้ทดลอง	จำนวนที่ทดสอบได้ถูกต้อง	จำนวนที่ทดสอบที่ผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
30 คน	27 คน	3 คน	90 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สรุปผลการทดลองที่ 10

จากการทดลองนี้พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องใกล้เคียงกับภาพที่ยังไม่ได้ปรับขนาด แต่การประมวลผลเร็วกว่า เนื่องจากภาพที่ใช้ประมวลผลมีขนาดเล็กกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุปและวิจารณ์ผล

#### 5.1 ผลที่ได้จากการตรวจจับใบหน้า

จากผลการทดลองพบว่า การตรวจจับใบหน้าและตัดแยกใบหน้าออกจากฉากหลังสามารถทำได้ โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ภาพต้องไม่มีส่วนของพื้นหลังที่มีสีใกล้เคียงกับสีผิวของมนุษย์ โดยจากการทดลองนำภาพหลายรูปแบบมาทำการทดลอง พบว่าในบางครั้งที่ภาพมีเงาที่ตกกระทบบนพื้นหลังมีสีใกล้เคียงกับสีผิวจึงเกิดการตรวจจับเงานั้นด้วยทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้า แต่ความเข้มแสงต่าง ๆ นั้น ไม่มีผลต่อการตรวจจับใบหน้า

#### 5.2 ผลที่ได้จากการรู้จำใบหน้า

จากผลการทดลองพบว่า การรู้จำใบหน้าสามารถทำได้ โดยแยกเป็นสองวิธีการ

วิธีการแรก การรู้จำโดยใช้ค่าระยะห่างของค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้ค่าระยะทางมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเหมือน โดยให้ระยะทางที่น้อยที่สุดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเหมือนที่มากที่สุดแล้วทำการระบุคนในฐานข้อมูลโดยให้ภาพที่ค่าเปอร์เซ็นต์ของความเหมือนที่มากที่สุดคือบุคคลเดียวกับภาพที่นำมาทดสอบ พบว่าความถูกต้องในการระบุบุคคลจากฐานข้อมูลโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงสุดนั้นถูกต้องเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ แต่จากการสังเกตค่าระยะห่างของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพฐานข้อมูล เกิดการเกาะกลุ่ม โดยภาพที่ถูกต้องนั้นมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องอยู่ในกลุ่มที่มีความเหมือนตั้งแต่ 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จึงได้ตัดสินใจใช้กลุ่มของฐานข้อมูลที่มีความเหมือนตั้งแต่ 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปมาทำการรู้จำในครั้งที่สอง

วิธีการที่สอง การรู้จำโดยใช้สมการเมทริกซ์ที่ 3.12 ให้เปรียบเทียบข้อมูลที่ผ่านตัวกรองเกเบอร์มาทำการเปรียบเทียบโดยตรง ผลที่ได้สามารถรู้จำใบหน้าได้ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

ความผิดพลาดที่เกิดมีสาเหตุมาจากเงื่อนไขของแสง โดยภาพที่มีความต่างกันของความเข้มแสงมากๆ จะสามารถตรวจจับใบหน้าได้แต่จะเกิดความผิดพลาดในการรู้จำ เนื่องจากภาพที่มีดมากจะไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของรายละเอียดบนใบหน้าได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตัวอย่าง ผลจากการทำงานของโปรแกรม

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งที่ 1 นั้นจะทำการวิเคราะห์ทุกๆฐานข้อมูล และทำการตัดสินใจเลือกเอาเฉพาะฐานข้อมูลที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนเกิน 90 เปอร์เซ็นต์มาทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 แล้วทำการตัดสินใจเลือกฐานข้อมูลที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนมากที่สุดนำไปทำการระบุว่าภาพของบุคคลที่นำเข้ามาทำฐานข้อมูลนั้นเป็นภาพของบุคคลคนเดียวกับภาพของบุคคลที่นำมาทำการทดสอบ

### ตัวอย่างที่ 1

ฐานข้อมูลชุดที่	ค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1	ค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 2
1	82.1293	
2	89.6102	
3	98.6736	96.5911
4	78.7055	
5	78.2458	
6	86.0099	
7	87.8343	
8	93.7298	81.9728
9	84.5737	
10	75.6111	

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ของฐานข้อมูลชุดที่ 3 และฐานข้อมูลชุดที่ 8 จะถูกนำไปทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 เนื่องจากมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนเกิน 90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการระบุว่าภาพของบุคคลที่ใช้ทำฐานข้อมูลชุดที่ 3 เป็นบุคคลคนเดียวกับบุคคลในภาพที่นำมาทำการทดสอบ

ตัวอย่างที่ 2

ฐานข้อมูลชุดที่	ค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือน ที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1	ค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือน ที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 2
1	82.6774	
2	83.6064	
3	96.7645	83.9262
4	82.0195	
5	95.2931	85.2942
6	89.0144	
7	88.8346	
8	82.9426	
9	94.0492	90.8412
10	94.8106	79.2317

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ของฐานข้อมูลชุดที่ 3 ฐานข้อมูลชุดที่ 5 ฐานข้อมูลชุดที่ 9 และฐานข้อมูลชุดที่ 10 จะถูกนำไปทำการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 เนื่องจากมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมือนเกิน 90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการระบุภาพของบุคคลที่ใช้ทำฐานข้อมูลชุดที่ 9 เป็นบุคคลคนเดียวกับบุคคลในภาพที่นำมาทำการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Skin Color Segmentation and Morphological

```
Clear all
I = image_input
S = size(I);
R = S(1,1);
C = S(1,2);
YCC = rgb2ycbcr(I);
YCC = im2double(YCC);
Y = YCC(:,:,1);
Cb = YCC(:,:,2);
Cr = YCC(:,:,3);
Y = Y*255;
Cb = (Cb*255)-127;
Cr = (Cr*255)-127;
for y = 1:1:R
    for x = 1:1:C
        if Y(y,x) > 128
            C1 = (-2) + ((256-Y(y,x))/16);
            C2 = 20 - ((256-Y(y,x))/16);
            C3 = 6;
            C4 = -8;
        else
            C1 = 6;
            C2 = 12;
            C3 = 2 + (Y(y,x)/32);
            C4 = (-16) + (Y(y,x)/16);
        end
        if Cr(y,x) >= (-2)*(Cb(y,x)+24)
            if Cr(y,x) >= -(Cb(y,x)+17)
                if Cr(y,x) >= (-4)*(Cb(y,x)+32)
                    if Cr(y,x) >= 2.5*(Cb(y,x)+C1)
                        if Cr(y,x) >= C3
                            if Cr(y,x) >= 0.5*(C4-Cb(y,x))
                                if Cr(y,x) <= (220-Cb(y,x))/6
                                    if Cr(y,x) <= ((C2-Cb(y,x))*4)/3
                                        else
                                            Y(y,x) = 0;
                                            Cb(y,x) = 0;
                                            Cr(y,x) = 0;
                                        end
                                    else
                                        Y(y,x) = 0;
                                        Cb(y,x) = 0;
                                        Cr(y,x) = 0;
                                    end
                                end
                            else
                                Y(y,x) = 0;
                                Cb(y,x) = 0;
                                Cr(y,x) = 0;
                            end
                        end
                    else
                        Y(y,x) = 0;
                        Cb(y,x) = 0;
                        Cr(y,x) = 0;
                    end
                end
            end
        end
    end
end
else
    Y(y,x) = 0;
    Cb(y,x) = 0;
    Cr(y,x) = 0;
end
end
else
    Y(y,x) = 0;
    Cb(y,x) = 0;
    Cr(y,x) = 0;
end
end
else
    Y(y,x) = 0;
    Cb(y,x) = 0;
    Cr(y,x) = 0;
end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        end
    else
        Y(y,x) = 0;
        Cb(y,x) = 0;
        Cr(y,x) = 0;
    end

    else
        Y(y,x) = 0;
        Cb(y,x) = 0;
        Cr(y,x) = 0;
    end

    else
        Y(y,x) = 0;
        Cb(y,x) = 0;
        Cr(y,x) = 0;
    end

    end
end
end
Y = Y/255;
Cb = (Cb+127)/255;
Cr = (Cr+127)/255;
ycc = YCC;
ycc(:,:,1) = Y;
ycc(:,:,2) = Cb;
ycc(:,:,3) = Cr;
I1 = ycbcr2rgb(ycc);
figure,imshow(I)
%figure,plot3(I(:,:,1),I(:,:,2),I(:,:,3),'r')
%xlabel('R')
%ylabel('G')
%zlabel('B')
%grid on
%figure,imshow(YCC)
%figure,imshow(ycc)
%figure,imshow(I1)
%figure,plot3(I1(:,:,1),I1(:,:,2),I1(:,:,3),'r')
%xlabel('R')
%ylabel('G')
%zlabel('B')
%grid on
clear C
clear C1
clear C2
clear C3
clear C4
clear Cb
clear Cr
clear R
clear S
clear Y
clear YCC
clear x
clear y
clear ycc
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%BWr = I1(:,:,1);
BWr = rgb2gray(I1);
BW1 = im2bw(BWr);
SE1 = strel('disk',10,8);
SE2 = strel('disk',10,8);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

H1 = imdilate(BWr,SE1);
H2 = imfill(H1,'holes');
H3 = imerode(H2,SE2);
BW2 = im2bw(H3,0.1);
%figure,imshow(BWr)
%figure,imshow(BW1)
%figure,imshow(H1)
%figure,imshow(H2)
%figure,imshow(H3)
%figure,imshow(BW2)
%I2r = I(:,:,1);
%I2g = I(:,:,2);
%I2b = I(:,:,3);
BW2 = im2double(BW2);
I2 = im2double(I);
%I2g = im2double(I2g);
%I2b = im2double(I2b);
I2(:,:,1) = I2(:,:,1).*BW2;
I2(:,:,2) = I2(:,:,2).*BW2;
I2(:,:,3) = I2(:,:,3).*BW2;
%I3 = I;
%I3 = im2double(I3);
%I3(:,:,1) = I2r;
%I3(:,:,2) = I2g;
%I3(:,:,3) = I2b;
I3 = im2uint8(I2);
figure,imshow(I3)
I4 = rgb2gray(I3);
I5 = im2bw(I3);
%figure,imshow(I4)
figure,imshow(I5)
clear BW1
clear BW2
clear BWr
clear H1
clear H2
clear H3
clear I
clear I1
clear I2b
clear I2g
clear I2r
clear I3
clear SE1
clear SE2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
I = I4;
clear I4
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

Gabor

```
clear all
```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
a1 = 1/4;
a2 = Uh/Ul;
a = a2^a1;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for b = 1:1:5
    b1 = m(b);
    b2 = a^b1;
    b3 = b2*U1;
    W(b) = b3;
    b4 = sqrt(2*(log(2)));
    b5 = (a+1)*b4;
    b6 = a-1;
    b7 = 2*pi*b3*b6;
    b8 = b5/b7;
    SDx(b) = b8;
    b9 = (Uh^2)/(2*(log(2)));
    b10 = 2*pi*b8;
    b11 = (1/b10)^2;
    b12 = sqrt(b9-b11);
    b13 = pi/(2*6);
    b14 = tan(b13);
    b15 = 2*pi*b14*b12;
    b16 = 1/b15;
    SDy(b) = b16;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for c = 1:1:6
    c1 = n(c);
    c2 = (c1*pi)/6;
    O(c) = c2;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
n = 1;
for mm = 1:1:5
    b1 = m(mm);
    b2 = (-1)*b1;
    c1 = a^b2;
    c2 = SDx(mm);
    c3 = SDy(mm);
    c4 = W(mm);
    for nn = 1:1:6
        c5 = O(nn);
        for yy = 1:1:60
            a1 = y(yy);
            for xx = 1:1:60
                a2 = x(xx);
                b3 = cos(c5);
                b4 = sin(c5);
                b5 = a2*b3;
                b6 = a1*b4;
                c6 = b5+b6;
                X = c1*c6;
                b7 = (-1)*a2*b4;
                b8 = a1*b3;
                b9 = b7+b8;
                Y = c1*b9;
                e1 = 2*pi*c2*c3;
                g1 = 1/e1;
                e2 = (X/c2)^2;
                e3 = (Y/c3)^2;
                e4 = e2+e3;
                e5 = (-1)*0.5*e4;
                g2 = exp(e5);
                e6 = 2*pi*c4*X;
                g3 = exp(i*e6);
            end
        end
    end
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        g4 = g1*g2*g3;
        g5 = c1*g4;
        g(yy,xx) = g5;
    end
end
G(:, :, n) = g;
n = n+1;
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

Convolution

```

for n = 1:1:30
    h = SW_G_W(:, :, n);
    a0 = conj(h);
    a1 = imfilter(I, h);
    a2 = im2double(a1);
    a3 = abs(a2);
    CW(:, :, n) = a3;
    disp(n)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

Mean and Standard Deviation

```

disp('MEAN")
for n = 1:1:a4
    b1 = a0(:, :, n);
    b2 = 0;
    for y = 1:1:a2
        for x = 1:1:a3
            b3 = b1(y, x);
            b2 = b2+b3;
        end
    end
    b3 = a2*a3;
    b4 = b2/b3;
    MEAN(n) = b4;
    disp(n)
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp('SD")
for n = 1:1:a4
    b1 = a0(:, :, n);
    b2 = MEAN(n);
    b3 = 0;
    for y = 1:1:a2
        for x = 1:1:a3
            b4 = b1(y, x);
            b5 = b4-b2;
            b6 = b5^2;
            b3 = b3+b6;
        end
    end
    b7 = sqrt(b3);
    b8 = a2*a3;
    b9 = b7/b8;
    SD(n) = b9;
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

disp(n)
end
clear CW
clear a0
clear a1
clear a2
clear a3
clear a4
clear n
clear x
clear y
clear b1
clear b2
clear b3
clear b4
clear b5
clear b6
clear b7
clear b8
clear b9

```

%%%

Similarity Measurement

```

for n = 1:1:30
    c1 = a1(n);
    c2 = b1(n);
    c3 = c1-c2;
    c4 = c3^2;
    d1 = a2(n);
    d2 = b2(n);
    d3 = d1-d2;
    d4 = d3^2;
    e1 = c4+d4;
    e2 = sqrt(e1);
    e3 = e3+e2;
end

```

%%%

Similarity Matching

```

S1 = size(A);
S2 = S1(1);
S3 = S1(2);
S4 = S1(3);
c6 = 0;
for k = 1:1:S4
    a1 = A(:, :, k);
    b1 = B(:, :, k);
    a4 = 0;
    b4 = 0;
    c2 = 0;
    for y = 1:1:S2
        for x = 1:1:S3
            a2 = a1(y, x);
            a3 = a2^2;
            a4 = a4+a3;
            b2 = b1(y, x);
            b3 = b2^2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        b4 = b4+b3;
        c1 = a2*b2;
        c2 = c2+c1;
    end
end
c3 = a4*b4;
c4 = sqrt(c3);
if c4 == 0
    c5 = 0;
else
    c5 = c2/c4;
end
SM1(k) = c5;
c6 = c6+c5;
end
c7 = c6/S4;
SM = c7
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%clear A
clear B
clear S1
clear S2
clear S3
clear S4
clear a1
clear a2
clear a3
clear a3
clear a4
clear b1
clear b2
clear b3
clear b4
clear c1
clear c2
clear c3
clear c4
clear c5
clear c6
clear c7
clear k
clear x
clear y
clear SM1

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยได้รับความช่วยเหลือ และชี้แนะจากหลายท่าน ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อัครพล ตรีรัตน์ ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือด้านข้อมูล ขอขอบคุณ อาจารย์อรรถจักร จิตต์โสภักตร์ ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในด้านการประมวลผลภาพ ผู้เขียนพึงระลึกอยู่เสมอว่ารายงานฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้เลย หากขาดความช่วยเหลือจากทุกท่านจึงขอขอบพระคุณมาอย่างสูง

ชาตรี เกรื่อนันตา

ธานี เสือจ้อย

บัญชา พันธุ์ทอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

- [1] R.C. Gonzalez and R.C.Woods, "Digital Image Processing", Second Edition, Addison-Wesley Publish Company, Inc., 2001
- [2] The MathWorks, "Image Processing Toolbox", The MathWorks, Inc., User's Guide ©COPYRIGHT 1993 - 2001
- [3] Christophe Garcia and Georgios Tziritas, "Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis", IEEE Transactions On Multimedia, Vol. 1, No. 3, September 1999
- [4] Yongsheng Gao and Maylor K.H. Leung, "Face Recognition Using Line Edge Map", IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 24, No. 6, June 2002
- [5] Dengsheng Zhang, Aylwin Wong, Maria Indrawan, Guojun Lu, "Content-based Image Retrieval Using Gabor Texture Features", Gippsland School of Computing and Information Technology Monash University Churchill, Victoria, 3842, Australia, 2002
- [6] María José Escobar and Javier Ruiz-del-Solar, "Biologically-based Face Recognition using Gabor Filters and Log-Polar Images", Department of Electronics, Universidad Téc. Fed. Santa María, Valparaíso, 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้